

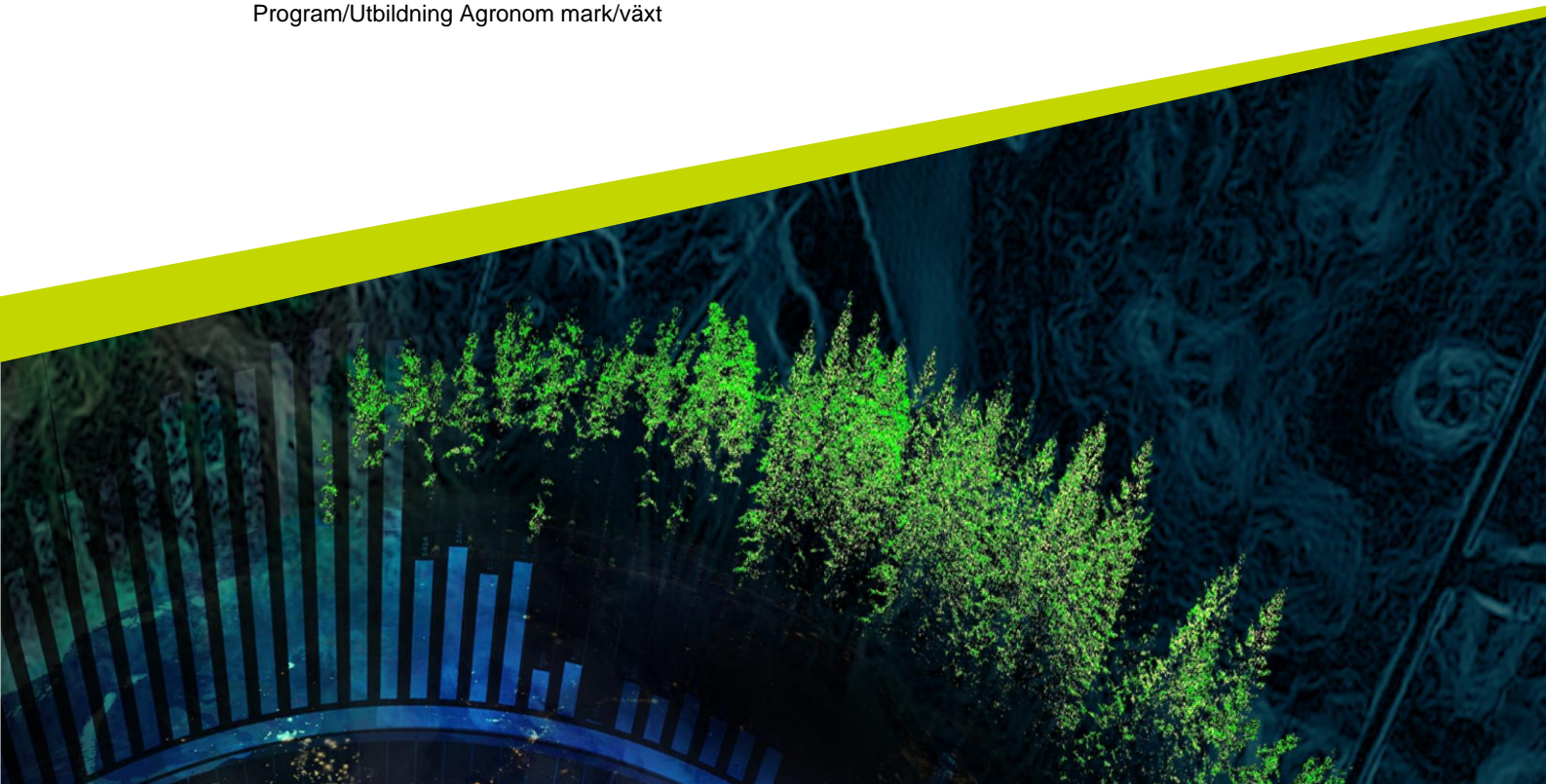


Mjöldryga (*Claviceps purpurea*)

Ett ökande problem i Sverige

Linus Holgersson

Examensarbete/Självständigt arbete • 15 hp
Sveriges lantbruksuniversitet, SLU
Fakultet/Institution skoglig mykologi och växtpatologi
Program/Utbildning Agronom mark/växt



Mjöldryga ett ökande problem

Linus Holgersson

Handledare: Björn Andersson, SLU, inst. för skoglig mykologi och växtpatologi
Bitr. handledare: Hanna Friberg, SLU, inst. för skoglig mykologi och växtpatologi
Examinator: Ida Karlsson, SLU, inst. för växtproduktionsekologi

Omfattning: 15 hp
Nivå och fördjupning: Grundnivå
Kurstitel: självständigt arbete i biologi
Kurskod: EX0894
Program/utbildning: Agronom mark/växt
Kursansvarig inst.: Inst. för vatten och miljö

Utgivningsort: Uppsala
Utgivningsår: 2020

Arkivering och publicering

Godkända självständiga arbeten (examensarbeten) vid SLU publiceras elektroniskt. Som student äger du upphovsrätten till ditt arbete och behöver godkänna publiceringen. Metadata och fulltext blir då synliga och sökbara på internet. I samband med att dokumentet laddas upp arkiveras det även digitalt.

JA, jag ger härmed min tillåtelse till att föreliggande arbete publiceras enligt SLU:s avtal om överlåtelse av rätt att publicera verk.

<https://www.slu.se/site/bibliotek/publicera-och-analysera/registrera-och-publicera/avtal-for-publicering/>

NEJ, jag ger inte min tillåtelse att publicera fulltexten av föreliggande arbete. Arbetet laddas dock upp för arkivering och metadata och abstract blir synliga och sökbara.

SAMMANFATTNING

Mjöldryga orsakas av den ascomykota svampen *Claviceps purpurea*. Mjöldryga har lett till flera massförgiftningar genom historien på grund av de svampgifter som bildas i svampens sklerotier. Svampen bildar sklerotier vilka är mjöldrygans övervintringsstadie. Sklerotierna gror på våren och bildar sporer som kan infektera nybildade, obefruktade blommor. *Claviceps purpurea* kan angripa runt 400 olika gräsarter och har de flesta gräs i Sverige som värdväxt. Gifterna som bildas av svampen är av typen alkaloider som kan leda till hallucinationer och kallbrand. Enligt Haarmann *et al.* (2009) har man sen 1800-talets mitt trott att alkaloidhalterna i skörden var helt korrelerade till antalet sklerotier, men senare studier har visat på att detta inte alltid är givet då man har hittat spannmålspartier med höga nivåer av alkaloider i utan att man sett några sklerotier (Ruhland & Tischler, 2008). Diskussioner om att sänka de tillåtna alkaloidhalterna i spannmål har förts i EU, men i februari 2020 tog man beslut att skjuta upp beslutet till 2021. Innan har det inte funnits något gränsvärde för alkaloider men för sklerotier. Förslaget är om en sänkning av gränsvärde för sklerotier och alkaloider (Pettersson, 2020, pers. komm.). Mjöldryga har blivit ett större problem på senare år i Sverige, och under 2019 förekom ovanligt mycket mjöldryga (Persson, 2020). Detta ställer nya krav på rensning till livsmedel, animalieproduktion och utsäde.

ABSTRACT

Ergot is a plant disease caused by *Claviceps purpurea*, a fungus belonging to the phylum ascomycota. Ergot forms sclerotia which are the overwintering stage. The sclerotia germinates in the spring and produce spores that can infect newly formed and unfertilized flowers. *Claviceps purpurea* can attack around 400 different grasses and it has most of the grasses in Sweden as host plants. Ergot has led to mass poisonings throughout history because of the toxins formed in the sclerotia. These alkaloid toxins are formed in the sclerotia and can lead to hallucinations and gangrene in mammals. Since the middle of the 1800s it has been believed that the alkaloid levels in cereals were fully correlated with the number of sclerotia (Haarmann *et al.* 2009), but later studies have shown that this is not always the case since high levels of alkaloids have been found in cereal lots without any sclerotia. Lowering the allowed alkaloid levels in food and feed have been discussed in the EU, but in February 2020 it was decided to launch the current levels to 2021 (Arcella *et al.*, 2017). Ergot has become an increasing problem in recent years in Sweden and in 2019 there was an unusual amount of ergot (Pettersson, 2020, pers. comm.). This puts new demands on cleaning cereals from ergot that are used in food, animal feed and as seed.

INNEHÅLL

SAMMANFATTNING	5
ABSTRACT	5
INNEHÅLL	6
INLEDNING	7
BAKGRUND	8
MJÖLDRYGANS LIVSCYKEL	9
Infektion	9
Spridning	11
Sklerotiebildning	12
ÅTGÄRDER	12
Förädling	12
Bestånd	13
Växtföljd	13
Bekämpa alternativa värdväxter	13
Fungicidbehandling	14
Rensning	14
Andra åtgärder	15
ERGOTALKALOIDER	15
Antal tillåtna sklerotier och mykotoxinhalterhalter	16
Samband mellan antal sklerotier och ergotalkaloidhalt	16
MJÖLDRYGA I SVERIGE	18
Mjöldryga året 2019	18
ANIMALIEPRODUKTION	19
DISKUSSION	20
KÄLLHÄNVISNING	23

INLEDNING

Claviceps purpurea kan orsaka mjöldryga i runt 400 gräsarter, innefattande de flesta gräsarterna i Sverige. Mjöldryga är ett särskilt stort problem i råg men även vete, korn och havre kan drabbas. Sjukdomen orsakar skördeförluster och ger problem med mykotoxinbildning i form av alkaloider. Det finns förslag på nya gränsvärden för hur mycket alkaloider man får ha i spannmål. Det har diskuterats om dessa borde sänkas, men i februari 2020 valde man att skjuta upp beslutet till en ny omröstning 2021. Studier visar på att det inte behöver finnas något samband mellan mängden sklerotier och koncentrationen av alkaloider (Arcella *et al*, 2017). Sklerotier kan innehålla mycket låga halter eller vara helt fria från alkaloider. Man har också hittat alkaloider i prover som inte innehåller några sklerotier (Ruhland & Tischler, 2008). Detta ställer nya krav på analys av spannmål eftersom detta visar att det inte räcker med att enbart rensa bort sklerotierna, utan för att vara säker måste man veta koncentrationen av alkaloider i spannmålen. Man har sett ett ökande problem med mjöldryga i Sverige på senare år (Persson, 2020). Mjöldryga har en väl anpassad livscykel där primärinfektion sker via sporer bildade på sklerotier som gror på våren. Spridning sker senare med så kallad honungsdagg producerad av svampen innehållande konidier. Konidierna sprids med insekter, vatten och närkontakt (Miedaner & Geiger, 2015). Eftersom det inte finns någon direkt bekämpning mot mjöldryga leder detta till att lantbrukare måste jobba förebyggande för att minska angrepp av mjöldryga genom växtföljd, plöjning och klippning av åkerkanter.

BAKGRUND

Mjöldryga är en svampsjukdom orsakad av *Claviceps purpurea* som tillhör de ascomykota svamparna. Mjöldrygan och dess effekter på människor har länge varit kända. Man har hittat beskrivningar från 600 år före Kristi födelse av effekter från att äta bröd innehållande sklerotier, och en bok från 350 före Kristus beskriver hur ett skadligt gräs kan orsaka missfall och död i barnsäng hos kvinnor. År 944–945 dog hälften av Paris 20 000 invånare av för höga halter alkaloider i maten de åt. Texter från 1300-talet beskriver hur mjöldryga minskade människors fertilitet. Mjöldryga anses också vara en av anledningarna till häxjakten på vissa platser under 1600-talet eftersom dess påverkan på människor ansågs vara förknippad med ondska. Från slutet av 1500-talet och början på 1600-talet finns beskrivningar av rågbröd som den vanligaste källan till symtom som hallucinationer, ryckningar och spasmer. Under medeltiden kunde rågbröd som var förorenat med ergotalkaloider orsaka stora epidemier. Symptomen kallades St. Anthony's Fire eftersom man upplevde en brännande känsla i lemmarna. Även på senare tid har det skett massförgiftningar, framförallt i fattiga utvecklingsländer, till exempel i Etiopien 1977–1978 samt i Indien på slutet av 1900-talet. I Europa skedde de senaste massförgiftningarna i Tyskland 1879–1881 och 1926–1927 i Ryssland. Det var inte förrän i början av 1800-talet som mykologen Louis Rene Tulasne kunde bevisa att det fanns ett samband mellan förekomst av mjöldrygesklerotier i råg och sjukdomen ergotism. Detta medförde att man började sortera bort sklerotierna från spannmålen vilket ledde till minskade problem med ergotalkaloider och dess effekter på människor. (Haarmann *et al.* 2009).

Ergotalkaloider har dock inte enbart haft negativa effekter utan använts i olika mediciner för att framkalla aborter eller påskynda födslar i Europa. Detta var en riskfylld behandling eftersom kvinnorna medicinerades genom att äta sklerotier (Haarmann *et al.* 2009). Man har behandlat kvinnor med ergotalkaloider under och efter förlossning sedan 1800-talet för att på så sätt minska blödning som är en av orsakerna till dödsfall i barnsäng. Ergotalkaloider har också använts till att lindra migrän och har sedan 1850-talet även givits till människor med Parkinsons sjukdom. Den kanske mest kända ergotalkaloiden är lysergsyrdietylamid (även kallad LSD), en kraftfull hallucinogen som upptäcktes av forskaren Albert Hofmann år 1938. Det har forskats på att använda LSD som antidepressivt läkemedel, och inom psykiatri användes LSD till människor med neuroser, minskad sexlust och ångest. Läkemedlet användes senare som en drog på 60-talet som gjorde att FN och den amerikanska regeringen

förbjöd läkemedel med LSD 1966. På senare år har forskningen av LSD blivit aktuellt igen i behandling av autism (Haarmann *et al.* 2009).

Det finns två olika former av symtom av ergotism. En form av ergotism orsakar kramper som ger symtom som muskelspasmer, feber och hallucinationer. En förgiftad person verkar frånvarande, har svårt att prata, blir manisk och får skakningar eller förvrängda uppfattningar om verkligheten. Detta orsakas av att alkaloiderna stimulerar och påverkar det centrala nervsystemet. Den andra varianten av ergotism visar sig som förhöjd ämnesomsättning, skiftande puls och smärta i inre organ. Blodkärnen drar ihop sig vilket minskar blod och syretillförsel till kroppens yttre extremiteter. En fortsatt exponering leder till förlorad känsla i fingrar och tår, kallbrand och förlust av fingrar och tår (Miedaner & Geiger, 2015).

MJÖLDRYGANS LIVSCYKEL

Infektion

Den primära infektionen på våren sker via ascosporer som bildas då sklerotierna börjar gro. Groningen stimuleras av regn och hög luftfuktighet, och på en groende sklerotie kan upp till 50 stroma med peritecier (fruktkroppar) som innehåller asci (sporsäckar) bildas (Pettersson, 1990). Stromat är en klubbliknande struktur med en vitaktig fot och rött huvud. I asci bildas manliga (antheridia) och kvinnliga (ascogonia) könsceller. Sexuella sporer uppkommer genom att två haploida celler bildar dipolida, ascogena hyfer. Därefter sker meios och i varje asci bildas åtta stycken trådformiga ascosporer (Miedaner & Geiger 2015). Dessa avsöndras vid hög fuktighet eller växlande väder, och sprids vidare med vind, regndroppar eller insekter (Pettersson, 1990). Svampen infekterar sin värdväxt via fruktämnet vid full blom (Haarmann *et al.* 2009). För att ascosporena ska kunna infektera värdväxten krävs att blomanlaget är obefruktat. De värdväxter som har en lång blomningsperiod är mer utsatta för mjöldryga då risken för att sporer skall hamna på ett obefruktat blommanlag då är större. Eftersom mjöldryga inte kan infektera befruktade blommor har svampen bara en kort tid på sig att infektera innan pollen har satt sig på märket. Det är framförallt hur snabbt tillväxten sker hos pollenröret respektive svampens hyfer som avgör om pistillen kommer bli befruktad eller infekterad. Faktorer som större märke, mindre öppen blomma, kort exponeringstid för pollen och en snabb torkning av märket efter befruktning minskar risken för uppkomst av mjöldryga (Miedaner & Geiger, 2015). Spannmålsarter är väldigt olika i hur öppet de blommor, och av spannmålsgrödorna blommor råg helt öppet medan korn blommor stängt (Pettersson, 2020, pers. komm.).

För att infektion skall vara möjlig måste blomman vara öppen. För att kunna skydda sig mot infektion måste blomman ha täta högblad som kan öppnas och stängas för att undvika infektion. (Pettersson, 1990). När en spor har landat på märket bildar den två groddslangar som antingen kan växa externt på märket eller penetrera ett försvagat område på kutikulan och infektera pistillen. Kutikulan på märket är tunn (ca 15 nm) och svampen kan penetrera den utan att bilda speciella infektionsstrukturer. Efter att ha tagit sig igenom det yttre lagret växer svampmycelet mot basen av fröämnet och lever sedan endofytiskt under resten av koloniseringsfasen. Svampen använder cellväggsnedbrytande enzymer för att livnära sig under koloniseringsfasen. När pollineringen sker underlättas genomträngningen av svampen, och att pollentuben och svampens groddslang följer samma väg ner till fruktämnet i pistillen gör att blomman har svårt att skilja på pollen och svamp, något som gynnar svampens tillväxt och koloniseringsprocess.

Inne i pistillen förenas flera hyfer från sporer som har grott på märket och växer runt fruktämnet eftersom detta skyddas av ett hölje som svampen till en början inte kan ta sig igenom. Efter två dagar har svampen etablerat sig runt höljet, och börjar då attackera och kolonisera hela fröämnet. Det är framförallt efter det att svampen kommer åt det näringsrika floemexudatet som svampen börjar grenna sig och ta över hela fröämnet. Svampen sprider sig inte längre ner än fröämnets nedre axel och en gräns mellan svamp- och växtvävnad bildas efter 6 dagar. Detta orsakas av att värdväxten bildar fenoler under infektionen och bildar en barriär som stoppar svamptillväxten genom inhibering av svampens kitinbrytande enzymer (Kren & Cvak, 1999).

Det är framförallt tre olika faktorer som påverkar möjligheten för mjöldryga att infektera sin värdväxt; hur länge blomman håller sig öppen, hur stort märket är och hur lång tid det tar för märket att ta upp pollen. En annan aspekt är hur mycket pollen som växten avger, något som ökar chanserna för befruktning och därmed en mindre andel sterila kärnor (Miedaner & Geiger, 2015). Växter med jod- eller borbrist löper större risk att bli infekterade av mjöldryga. Detta beror på att brist på dessa ämnen har visats ge sämre pollenutveckling och pollensterilitet. Jordar som har bra halter av jod och bor ökar livskraften för pollen som gör att blomman kan förbi stängd och därmed få en minskad exponering för sporer (Menzies & Turkington, 2014).

Grödor som vete och korn är självpollinerande, vilket innebär att blomman vanligtvis inte öppnar sig. Denna gör att de är mindre utsatta för infektion av *C. purpurea* och uppkomst av

mjöldryga. Växter som pärlhirs kan minska sin känslighet för mjöldryga genom att göra en könskorrigering vid smitta som gör att märket tappar sin funktion att ta upp pollen (Miedaner & Geiger, 2015). Hybridråg är extra känslig för mjöldryga, och en orsak kan vara att blomningsperioden inte är helt synkroniserad och att denna typ av råg därför har en längre blomningstid. Det har gjorts fältförsök i råg med cytoplasmisk manlig sterilitet (CMS) för att med olika förädlingsmål öka produktionen av pollen som kan reducera andelen plantor som inte(?) kan exponeras utav pollen. Man använder sig av manlig sterilitet i hybridförädlingen för att på så sätt säkra över vissa goda egenskaper till nästa generation innan man korsar med feminin individ för att få ut vissa egenskaper i F1 generationen vilket är pollenproduktionen. Detta ledde till att man fick en bättre pollentillförsel, men gjorde grödorna mer mottagliga för mjöldryga. CMS gör att märket kommer upp ifrån de yttre skyddande blomanlagen och exponeras för pollen och svampsporer innan växten har börjat blomma, och detta gör att tiden för att bli infekterad av svampsporer blir längre. Det finns rapporter om att *C. purpurea* kan infektera även den befruktade pistillen. Sena sidoskott kan blomma efter denna tidsperiod som gör att de blir extra känsliga för mjöldryga och dess sporer (Miedaner & Geiger, 2015). I råg kan obefruktade blommor hålla på att öppna och stänga sig i flera dagar. Vädret spelar en speciellt viktig roll för hur mycket mjöldryga man får i ett bestånd vid osynkroniserad blomning. Temperatur och luftfuktighet påverkar tillväxten hos svampen. Optimal temperatur för svamptillväxt ligger mellan 20–30 grader, och vid temperaturer under 10 grader minskar tillväxten starkt. Detta gör att vid lägre temperaturer är risken för infektion mindre och förutsättningar för befruktning bättre. Dock kan svalt och regnigt väder under meiosperioden hos värdväxten påverka pollenproduktion negativt. Generellt minskar pollentillgång och pollenspridning vid regniga förhållanden för alla växter. Pollen klumpar ihop sig och kan inte spridas över längre avstånd och detta leder till att blomningen blir längre eftersom befruktningen drar ut på tiden. I försök med mjöldryga och manligt steril råg visade sig miljön ha en signifikant högre effekt på förekomst av mjöldryga än rågsort.

Spridning

Fem till sju dagar efter infektion har svampen tagit över hela fröämnet och börjar producera asexuella sporer, så kallade konidier. Tillsammans med växtens floem produceras en söt, klibbig vätska, så kallad honungsdagg, (Haarmann *et al.* 2009). Tiden från infektion till bildning av honungsdagg är i genomsnitt 6,9 dagar för korn, 8,5 dagar för råg och 10,3 dagar för vete (Menzies & Turkington, 2014). Honungsdaggen attraherar insekter som sprider

svampens sporer vidare till blomanlag på samma eller andra plantor. Denna sekundära spridning kan även ske via regnstänk eller närkontakt mellan ax. (Schiff, 2006).

Sklerotiebildning

Cirka två veckor efter att produktionen av honungsdagg börjat inleds sklerotiebildningen. Sklerotierna består av en vitaktig mycelvävnad och lagringsvävnad. Det yttersta lagret (cortex) är pigmenterat i en mörklila färg och skyddar sklerotien mot uttorkning, UV-ljus och andra miljöfaktorer (Miedaner & Geiger, 2015). I början växer sklerotierna inne i sin värdväxt, men efter 12 dagar börjar man se dem sticka fram ur småaxen. Man tror att triglycerider och fettsyran ricinoleat triggat bildandet av sklerotier (Kren & Cvak, 1999). En sklerotie innehåller 30–40% fett varav 2% är alkaloider, och resten är fria fettsyror (Komarova & Tolkachev, 2001). Sklerotierna fungerar som övervintringsstruktur och när de fullbildats är livscykelns slutet (Haarmann *et al.* 2009). Sklerotierna kan bli 2-50 mm långa och några mm breda, och har ungefär ett års livslängd (Pettersson 1990). Första året gror 83-92%, och andra året ligger gröningsfrekvensen runt 43-47%, men vissa sklerotier kan även gro ett tredje år (Wegulo & Carlson, 2011). Sklerotierna kräver minst 25 dagars vernaliseringsperiod med en temperatur mellan -10 till 0 grader för aktivering av enzymer för lipidmobilisering och groning (Kren & Cvak, 1999). Sklerotierna gror på markytan på våren precis innan gräsen börjar blomma.

ÅTGÄRDER

Förädling

Växtförädlingsföretaget KWS arbetar med en gen som förekommer naturligt i vilda gräs, och som kan ge ökad pollenproduktion hos hybridråg. Detta gör att hybridrågen kan producera mer pollen som ökar chansen för pistillen att bli befruktad vid blomning. Andra förädlingsföretag använder sig av en 10% inblandning av icke-hybridråg för att få mer pollen då öppenpollinerad råg genererar mer pollen än hybrider. Blomningen, som sker när rågen ryker, pågår bara under 5–6 timmar. Om det inte finns tillräckligt med pollen för att befrukta alla öppna blommor, ökar risken för att sporer eller konidier av *C. purpurea* ska fastna på märket istället och infektera fruktämnet (Yngvesson, 2020, pers komm.).

Det går att minska förekomsten av mjöldryga genom att förädla fram så kallad kvalitativ resistens som bygger på ett fåtal gener som gör värden resistent. Fördelen med denna typ av resistens är att det är relativt lätt att förädla på ett fåtal gener men nackdelen är att resistensen kan brytas genom anpassning av patogenen. Förädlingsföretag arbetar därför med att ta fram kvantitativ resistens som är mera hållbar genom att den bygger på flera gener, vilket gör det svårare för svampen att bryta resistensen. I råg vill förädlingsföretagen förstärka resistens mot mjöldryga genom en ökad kallosbildning (Miedaner & Geiger, 2015). Kallos är en polysackarid som finns i cellväggen hos olika högre växter, och som är viktig i flera olika processer i växtens utveckling, bland annat genom att fungera som ett försvar mot flera abiotiska eller biotiska faktorer som påverkar växter negativt (Chen & Kim, 2009). Studier har också visat att mjöldrygan använder signaler mellan pollen och märket när den infekterar blomman. Genom att motverka dessa svampsignaler skulle man kunna reducera infektioner av mjöldryga (Miedaner & Geiger, 2015).

Bestånd

Att ha en gröda med sent utvecklade sidoskott har visat sig medföra en större risk för infektioner av mjöldryga eftersom dessa blommar i otakt med normalt utvecklade skott. De sent infekterade sidoskotten medför att honungsdagg bildas under längre tid, något som leder till att det blir en större risk för infektion och, därmed för sklerotieförekomst i den skördade spannmålen. På grund av detta är det viktigt att ha ett jämt bestånd, något som man kan uppnå genom anpassad utsädesmängd och gödningsgiva samt en bra dränering. Beskuggade delar eller torka kan orsaka ett ojämnt bestånd i fältet. Om man får en del av fältet med mycket mjöldryga bör man tröska dessa separat för att hålla nere nivåerna av ergotalkaloider. (Miedaner & Geiger, 2015).

Växtföljd

En annan åtgärd är växtföljd med odling av grödor som inte är mottagliga för mjöldryga och på så sätt inte förökar upp sklerotierna i fältet. Eftersom sklerotierna bara överlever ca ett år är en varierad växtföljd ett effektivt sätt att minska risken för uppkomst av mjöldryga. Vid plöjningsfri odling är växtföljden extra viktig, eftersom plöjning är ett sätt att reducera andelen groende sklerotier och därmed spridningen av ascosporer (Miedaner & Geiger, 2015).

Bekämpa alternativa värdväxter

Det är framförallt vilda gräs utanför fältet som utgör smittkällan till mjöldryga. Det är på grund av detta viktigt att slå fältkanter, områden längs vattendrag, träda och vall innan de

blommar (Wegulo & Carlsson, 2011). Spillsäd, särskilt råg, kan vara en källa till mjöldryga i ett vete- eller kornfält. Ogräs som kvickrot och vitgröe är värdväxter för *C. purpurea*, och detta gör att det är extra viktigt att bekämpa dessa ogräs. Det är också viktigt att använda sig av rensat certifierat utsäde för att minska risken att man får in sklerotier i fält (Holstmark, 2004).

Fungicidbehandling

I Tyskland rekommenderas att använda fungicider mot mjöldryga. Vissa strobiluriner förhindrar bildandet av konidier, och azoler minskar myceltillväxten hos mjöldryga med 70–90%. Den bästa effekten av fungicider uppnås vid förebyggande behandling vid ett lågt svamptryck under torra förhållanden. Flera behandlingar kan öka behandlingseffekten, men det är svårt att få detta ekonomiskt lönsamt. På grund av att fungicider inte rör sig systemiskt från huvudvävnaden till pistillen och märket är det viktigt att fungiciden når blomman och märket för att få ett bra skydd (Miedaner & Geiger, 2015).

Laboratorietester av effekten av betningsmedel på sklerotier visade bäst effekt av Baytan (triadimenol, fuberidazol, imazalil) och Jockey (fluquinconazol, prochloraz) som hindrade sklerotierna att gro. Vid tester i fält grodde mellan 12–42% av sklerotierna som behandlats Baytan, medan behandling med Panocrine (guazatine) och Kinto (prochlorazol, triticonazol) visade bäst resultat med 1–12,8% grodda sklerotier. Groningen skedde också 9–21 dagar senare jämfört med obehandlade sklerotier. Man har även gjort försök med biologisk bekämpning för att hindra groendet av sklerotier med hjälp av bakterien *Pseudomonas aureofaciens* och svampen *Trichoderma lignorum*. Dessa försök visade sig inte ha någon signifikant effekt på sklerotiegroningen (Dabkevičius & Mikaliūnaitė, 2006). I Sverige används inte fungicider mot mjöldryga.

Rensning

Rensning av utsädet separerar mekaniskt bort sklerotierna. Genom att blåsa in luft kan man separera spannmålskärnorna från sklerotierna eftersom de är tyngre. En annan metod som använder sig av att sortera med hjälp av färg. Spannmålen passerar då en höghastighetskamera, och eftersom sklerotierna har en annan färg än frön så kan man skilja dem från spannmålskärnorna och sortera bort dem. Kostnaden för en sådan anläggning är hög och tekniken används till hybridfröproduktion då man där har mycket höga krav på utsädets renhet (Miedaner & Geiger, 2015).

Andra åtgärder

Mjöldryga utvecklas bättre vid fuktiga förhållanden. En bevattning vid blomning skulle kunna gynna starten av sjukdomsförloppet, men kunskapen om detta är liten. Bränning efter skörd är ett annat sätt att bekämpa mjöldrygan, men är inte lagligt i EU och USA (Miedaner & Geiger, 2015). Viktigt är att se till att man ska rensa utsädet från sklerotier för att undvika en uppförökning av mjöldryga inne i fältet (Erlandsson, 2013).

ERGOTALKALOIDER

Släktet *claviceps* kan producera toxiner vid namn alkaloider. Man delar in ergotalkaloider i två olika grupper i förhållandet till deras struktur: aminosyraalkaloider och aminalkaloider (Haschek *et al.* 2002). Det finns olika sorts alkaloider i mjöldryga men de viktigaste alkaloiderna är ergotamin, ergokristin, ergokornin, ergosin, ergokryptin och ergovalin som kan ge symptom på ergotism. När man har diskuterat gränsvärdet för ergotalkaloider så har man tittat på 12st olika alkaloider. Det skiljer mellan sklerotierna i sammansättningen av alkaloider och det är framförallt miljön och det genetiska perspektivet som skiljer alkaloidinnehållet i sklerotierna. Den totala alkaloidkoncentrationen används som ett mått för att beräkna toxiciteten. (Miedaner & Geiger, 2015). För att förhindra att människor och djur ska utsättas för ergotalkaloider måste man testa levererad spannmål för att bestämma vilka partier som har för höga halter av ergotalkaloider. En metod som man använder sig av är tunnskiktsspektrometri (TLC) som är en form av spektrometri som är billig, snabb och enkel. För att kunna analysera kärnorna använder man kiseldioxidplattor som läggs i lösningsmedel. Kapillärkrafter drar proverna uppåt på pappret och beroende på koncentration av ergotalkaloider i lösningen vandrar proverna olika långt på plattan. Därefter kan UV-ljus användas för att bestämma vilka alkaloider som finns i provet. TLC fungerar väl för detektering av rena kulturer och sklerotier men har låg detektionsnivå. Högupplösande vätskekromatografi (HPLC) har samma grundprincip som TLC men har fördelar genom att flödet genereras av pumpar jämfört med TLC där de kapillära krafterna sköter flödet. HPLC har mycket hög känslighet för detektion av alkaloider (Kren & Cvak, 1999), och den erbjuder både kvalitativ bestämning (identifikation av vilka alkaloider man har i provet), och kvantitativa (koncentration av alkaloider i provet). Immunanalysmetoder (ELISA) är snabba och billiga, men är mindre specifika, det vill säga inte lika bra i att identifiera enskilda alkaloider. Detta är en nackdel eftersom olika alkaloider är olika toxiska (Crews, 2015).

Antal tillåtna sklerotier och gränsvärden för alkaloidhalter

I Storbritannien och Tyskland får endast ett sklerotium eller en sklerotiedel förekomma i 500g av allt spannmål vid statliga kontroller. I certifierat utsäde tillåts tre sklerotier eller bitar per 500g, förutom i råg i Tyskland, där 4 sklerotier eller bitar tillåts per 500g (Miedaner & Geiger, 2015). I Sverige får certifierat utsäde max innehålla 6 sklerotier per kg utsäde och i hybridråg max 8 sklerotier per kg (Jordbruksverket, 2017). Hittills har EU haft gränsvärden för andelen sklerotier men inte för koncentrationen av alkaloider. I det nya förslaget ska man istället införa gränsvärden för hur mycket alkaloider man får ha i sin spannmål. De förslag man jobbar på ligger i att sänka gränsvärden för både andelen sklerotier och koncentrationen alkaloider var för sig i två olika steg. Gränsen för sklerotier i EU ligger på 0,2 g/kg och 0,5 g/kg för råg. De nya förslaget är att sänka gränsvärdet för sklerotier till 0,2 g/kg för råg. Gränsvärdet för alkaloider föreslås först bli 100 µg/kg och 500 för råg och sedan sänkas i råg till 250 µg/kg och 50 µg/kg för övrigt spannmål (Pettersson, 2020, pers. komm.) (Miedaner & Geiger, 2015).

2.9	Ergot	g/kg	Omröstning februari 2020?
2.9.1.1	Obehandlat spannmål	0,2	
2.9.1.1	Obehandlad råg	0,5 0,2	Sänkning från 1.7.2022
2.9.2	Ergotalkaloider	µg/kg	Omröstning februari 2020?
2.9.2.1	Kvarnprodukter av korn, vete, spelt och havre, askhalt < 900 mg/100g	100 50	Sänkning från 1.7.2022
2.9.2.2	Kvarnprodukter av korn, vete, spelt och havre, askhalt > 900 mg/100g	150	
2.9.2.3	Kvarnprodukter av råg	500 250	Sänkning från 1.7.2022
2.9.2.4	Spannmålsbaserade livsmedel för småbarn och spädbarn	20	

Bild1: EU förslag för nya gränsvärden för sklerotier (g/kg) och alkaloider (µg/kg)

Samband mellan antal sklerotier och ergotalkaloidhalt

EFSA (European Food Safety Authority) är EUs myndighet för livsmedels säkerhet. EFSA har gjort en studie där man har tagit in data från det kroatiska livsmedelsverket och Arvalis Institut du Végétal i Frankrike (Arcella *et al* , 2017). Arvalis Institut du Végétal är en

organisation i Frankrike som jobbar med jordbruksgrödor (ARVALIS portal, u.å). I denna undersökning ingick 2526 prover från Arvalis varav 618 analyserades för förekomst av ergotalkaloider, och från det kroatiska livsmedelsverket testades 20 prov på råg. Korrelationsanalys användes för att hitta samband mellan förekomst av sklerotier och ergotalkaloidhalt. Analyserna av rågprover från det kroatiska livsmedelsverket och Arvalis Institut du Végétal visade en korrelationskoefficient från nära noll till 0,806. Detta tyder på att det inte behöver finnas ett samband mellan dessa faktorer då det kan finnas alkaloider utan förekomst av sklerotier. Av de 618 proverna som analyserades för förekomst av alkaloider hade 87 en hög andel sklerotier (1,1 - 180 mg/kg), men trots detta visade dessa prover låga halter av ergotalkaloider. Det gjordes även en visuell kontroll av sklerotier i de 20 proverna från Kroatien. I elva prover hittades inga sklerotier, men trots detta hade 5 prover ergotalkaloidhalter på mellan 22–171 µg/kg. I prover från Arvalis kunde man i 41 prover inte hitta några sklerotier, men 5 av dessa prover innehöll 10–23 µg ergotalkaloider per kg spannmål. Man har fått liknande resultat i andra studier, och denna brist på korrelation mellan mängd sklerotier och ergotalkaloidhalter kan förklaras av förekomst av små partiklar av sklerotier som inte uppmärksammas vid visuell inspektion. Finns det sklerotier i ett prov är det en god indikation att det finns ergotalkaloider i spannmålen men studier har alltså visat att det inte behöver finnas något samband mellan sklerotieinnehåll och alkaloidhalt (Arcella *et al*, 2017).

Vid en liknade studie på Wageningen University and Research i Nederländerna samlades prover in av Netherlands Food and Consumer Products Safety Organisation. Etthundraåttiofyra prover på spannmål från olika länder med fokus på Europa ingick i studien. Av dessa prover valdes 120 ut för analys. 67 prover (56%) innehöll sklerotier, i genomsnitt 317 mg sklerotier per kg spannmål (max 6554 mg/kg). Tio prover överskred gränsen för 1000 mg/kg. Det togs även prov på sklerotierna, och analyser visade på stora skillnader i alkaloidinnehåll, från 1–6003 µg/kg alkaloider med ett genomsnitt på 659 µg/mg. De flesta proverna var råg, och av 60 rågprover visade sig 45 innehålla alkaloider. Elva av 120 prover (9%) visade sig vara falskt negativa, det vill säga de innehöll alkaloider men utan att man kunde hitta några sklerotier. Medianen för de prov som var falskt negativa var 56 µg/kg och maxvärdet var 297 µg/kg. Studien visade att mer än 70% av de 120 spannmålsproverna innehöll ergotalkaloider. Korrelationen mellan mängden sklerotier uttryckt som mg/kg och mängden alkaloidhalt uttryckt som µg/kg var mellan 0,2 och 0,35. Denna låga siffra visar att mängden sklerotier är en dålig förutsägelse för halten av alkaloider i spannmål. Tjugo procent

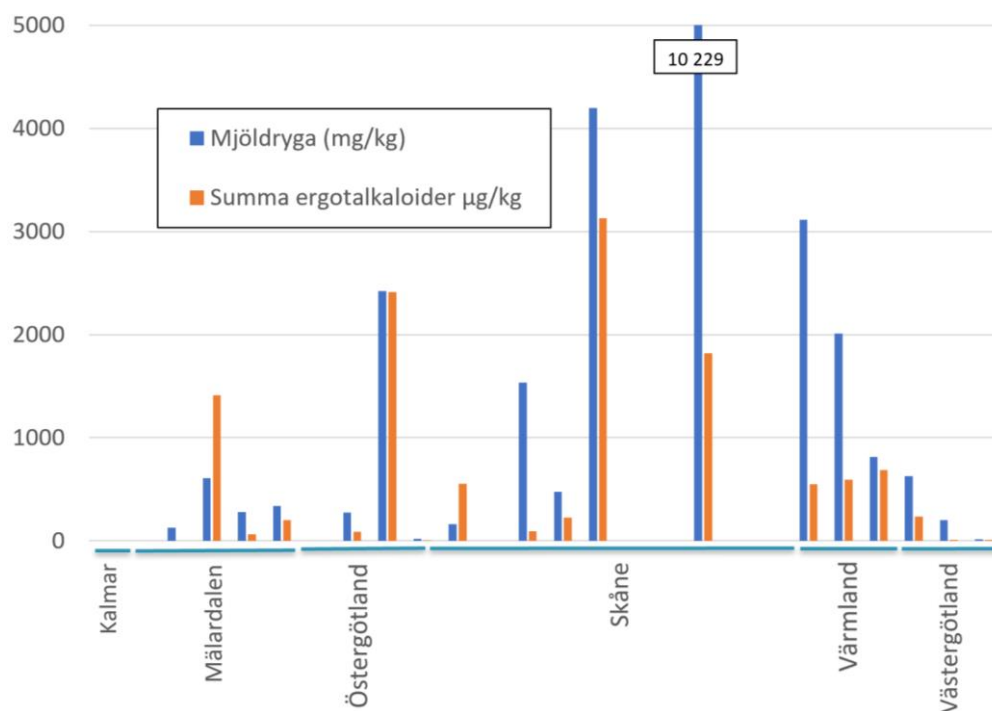
av proverna var falsk positiva, det vill säga att det fanns sklerotier men inga ergotalkaloider, trots att 3 av proverna var över EU gräns för innehåll av sklerotier (Mulder et al, 2012).

I en annan studie av M. Ruhland, och J. Tischler (2008) i Tyskland analyserades 56 spannmålsprover för innehåll av sklerotier och alkaloider. Sjutton falskt negativa prover hittades, det vill säga prover med alkaloider utan sklerotier (Mulder et al, 2012). I denna studie reducerades alkaloidhalten med ca 70% vid borttagning av sklerotierna. Att det inte går att få bort alkaloider helt i provet beror troligen på att det fortfarande finns små sklerotiedelar eller damm kvar efter rensningen. Det visade sig vid ett prov från den tyska studien så fanns 85,4% alkaloiderna kvar i provet vid borttagandet av sklerotier (Ruhland & Tischler, 2008).

MJÖLDRYGA I SVERIGE

Mjöldryga året 2019

Den höga förekomsten av sklerotier i 2019 års skörd i Sverige har lett till oro eftersom de nya gränsvärden som diskuteras i EU kan leda till att flera odlare inte får sin spannmål godkänd som livsmedel. Foder och spannmål är en förening för företag som handlar eller förädlar foder och spannmål, och som representerar sina medlemmars intressen i samtal med regering, riksdag och andra myndigheter (Foder och spannmål, u.å). Föreningen organiserar insamling av prover för analys av fusariumtoxiner, och samlade under hösten 2019 även in rågprover från hela Sverige för att undersöka sambandet mellan sklerotieförekomst och ergotalkaloidhalter, samt bestämma förekomst av tolv olika ergotalkaloider. Proverna analyserades av SVA. Det konstaterades att andelen sklerotier i proverna varierade mellan olika regioner i landet, se figur 1. De kunde också se att det inte fanns något starkt samband mellan sklerotieförekomst och alkaloidhalt i proverna. Sklerotieförekomsten varierade mellan 0 mg/kg upp till 10 229 mg/kg i ett prov i Skåne. Resultaten visade att bara 18 av de 26 uttagna proverna skulle bli godkända om ett nytt gränsvärde skulle ligga på 250 mg/kg för råg. För sklerotier skulle 13/26 uttagna prover bli godkända om ett nytt gränsvärde skulle ligga på 0,2 g/kg. Dock ska man understryka att dessa prover valdes ut eftersom de var kraftigt kontaminerade, vilket gör att resultaten inte är representativa för all rågodling (Pettersson, 2020, pers. komm.).



Figur1: Halter av mjöldrygesklerotier (mg/kg) och ergotalkaloider (µg/kg) i rågprover insamlade i olika regioner i Sverige 2019.

ANIMALIEPRODUKTION

Mjöldryga orsakar problem för betande djur, och boskap som får i sig ergotalkaloider drabbas av minskad aptit, som leder till lägre viktökning, fettnekros och en sämre kroppstemperaturreglering. Symtomen är också förknippade med minskad fertilitet och mjölkproduktion. Idisslare kan få problem med klövarna under vintermånaderna, och hästar visar symtom med snedvridningar i benstrukturen och dödfödda föl (Haarmann *et al.* 2009). Det har också observerats andra effekter på hästar, som till exempel vaggande gång, och dåsigheit, kramper och förlamning i bakbenen, och i värsta fall kan detta leda till döden. Smågrisar vars mödrar som får 1% mjöldryga i fodret reducerar sin vikt till hälften och tre dagar efter grisning visar det att alla grisar har dött (Kren & Cvak, 1999). Vissa av ergotalkaloider ger sammandragningar i glattmusklerna vilket minskar blodtillförseln och orsakar förlust av kroppsdelar som öron, svansar och hovar eller klövar. Dessa symtom är vanligast hos nötkreatur. Symtomen kan bli ännu tydligare när det blir kallt då kapillär-cirkulationen begränsas ytterligare. Förlust av kroppsdelar är dock ovanligt eftersom alkaloider som orsakar dessa symtom bara beräknas finnas i 0,2% av all föda (Kren & Cvak, 1999).

I en rapport från EFSA konstaterade man att exponering för alkaloider varierar mellan olika djurarter, och om råg fanns med i fodret så ökade ergotalkaloid-exponeringen mycket kraftigt

(Arcella *et al*, 2017). I Kanada har man har satt gränsvärden för ergotalkaloider i foder. Foder till fjäderfä utom kycklingar får innehålla 1000 µg/kg, grisfoder 6000 µg/kg och för kycklingar är den satt till 9000 µg/kg. I Uruguay är gränsen för djurfoder satt till 450 µg/kg (Crews, 2015).

DISKUSSION

Mulder *et al.* (2012) drog slutsatsen att det tidigare förslaget år 2012 på 2000 µg/g ergotalkaloider i sklerotier kan vara för hög eftersom flera europeiska studier visar att medelvärdet ligger runt 800 µg sklerotier per g spannmål i prover från nordvästra och centrala Europa. Mindre än 10% av proverna hade inga sklerotier men visade ändå spår av ergotalkaloider med ett högsta värde på 297 µg/kg. Prover som var falskt negativa (9,2%) innehöll inga sklerotier men visade fortfarande halter av ergotalkaloider. Det högsta värdet som uppmättes för ett falskt negativt prov var 297 µg/kg. Endast två prov översteg denna gräns med mängden sklerotier. Det finns ett svagt samband mellan halten av ergotalkaloider och mängden sklerotier. Det är möjligt att reducera halten av ergotalkaloider med 70% genom rensning, men alkaloider kan finnas i små sklerotiepartiklar. Detta medför att bara förlita sig på rensning kan medföra hälsorisker för människor och djur (Arcella *et al*, 2017; Mulder *et al*, 2012).

I studier har kvalitativ och kvantitativ bestämning av tolv ergotalkaloider genomförts i Sverige under senare år. Studien visade att en stor andel av de undersökta spannmålsproverna låg över de planerade alkaloidgränsvärdena inom EU. Om det skulle bli en sänkning av gränsvärdena för alkaloiderna eller mängden sklerotier skulle detta alltså kunna leda till sämre odlingssäkerhet i Sverige på framförallt råg genom mera nedklassning och lägre avsalupriser. Detta kan leda till att fler väljer att odla en mindre andel råg i sin växtföljd, och att råg till kvarnarna kanske skulle bli en större bristvara än vad den är idag. Eftersom vi inte har någon fungicid som vi kan bekämpa *C. purpurea* med här i Sverige måste lantbrukare jobba mera förebyggande för att hålla nere angreppen av mjöldryga. I framtiden kommer kemikalieföretagen behöva hitta nya metoder till att kunna bekämpa mjöldryga om problemen med sjukdomen fortsätter att öka. Lantbrukarna kommer behöva nya fungicider för att kunna hålla nere förekomsten för att på så sätt öka odlingssäkerheten. Förädlingsföretag försöker att få fram nya råghybridsorter på grund av dessa sorters högre avkastning jämfört med vanliga sorter. Hybridsorter av råg har dock en lägre pollenproduktion än öppenpollinerade sorter, vilket innebär att risken för att problem med mjöldryga kan vara större hos hybridsorter. Förädlingsföretaget KWS jobbar därför med att ta en gen från naturligt gräs som man för in i

hybridsorten som gör att rågen producerar mer pollen vid blomningen. I ett fältförsök 2019 jämfördes hybridsorter med och icke hybridsorter där de som den bästa avkastningen för icke hybrider hade ett relativt tal på 90 i jämförelse med hybriderna som hade ett relativt tal på 113, motsvarande en skillnad på 2,5 ton/ha. Arter som vete, korn och havre är inte korspollinerare utan självpollinerare. Förädling med hybrider som är självpollinerare är mindre framgångsrik då processen är kostsam och besvärlig men trots det förekommer denna sorts förädling hos korn och vete (Yngvesson, 2020, pers komm).

En annan metod är förädling där förädlingsföretagen skulle kunna få fram hybridrågsorter med bättre pollenproduktion eller med resistens mot mjöldryga.

Ökad förekomst av mjöldryga i råg är problematiskt eftersom detta skulle leda till att en mindre andel råg skulle kunna användas som livsmedel. Detta skulle minska intresset för att odla råg, något som ytterligare skulle öka risken för brist på råg för humankonsumtion. I februari 2020 beslutade EU att skjuta upp omröstningen om gränsvärden för ergotalkaloider, men ett nytt beslut förväntas komma 2021 om en sänkning av gränsvärdet. Förslaget var att sänka gränsvärdet i två steg både för sklerotier och alkaloider. Första steget är att sänka gränsvärdet till 0,2 g/kg sklerotier från dagens värde på 0,5 g/kg i råg. För korn, vete, havre ligger redan gränsvärdet på 0,2 g sklerotier per kg spannmål och förslaget är att behålla detta. Nästa steg är att införa gränsvärde för summan alkaloider för korn, vete, havre på 100 µg alkaloider per kg spannmål, men föreslås senare sänkas till 50 µg/kg. För råg var förslaget en stegvis halvering av gränsvärdet, från 500 µg alkaloider per kg spannmål till 250 µg/kg (Pettersson, 2020, pers. komm.). Man kan spekulera om anledningen till den ökade förekomsten av mjöldryga i Sverige. En orsak kan vara att det har kommit nya sorter på senare tid, en annan teori kan vara att gräs från mångåriga gräsmarker används som foder. Gräskantzoner för att öka den biologiska mångfalden kan vara en ytterligare bidragande källa till en ökad förekomst av mjöldryga (Åkesson, 2019). Vilda gräs som finns intill fälten är en viktig smittkälla till mjöldryga i spannmålsfält. Landsbygdsprogrammet 2016 innebar att man kunde anlägga kantzoner för att kunna få miljöersättning. Kantzonerna har som syfte att behålla den biologiska mångfalden i fälten och att vara en skyddszon för näringsläckage till vattendrag. I dessa kantzoner får det max vara 15% baljväxter och resten gräs eller icke kvävefixerande örter på grund av risken för kväveläckage under vintern. Mjöldryga angriper många gräsarter som hundäxing, ven, svingel, timotej och rajgräs, vilket gör det problematiskt att välja en fröblandning för kantzoner nära grödor mottagliga för mjöldryga (Karlsson, 2013). Skyddskanter får inte slås förrän första juli då har gräset hunnit blomma och utveckla

mjöldryga vars ascosporer och konidier kan spridas in i fält med blommande grödor. När det gäller förgröningsstöd för slättområden så måste markägaren ha minst 5% av arealen i ekologisk fokusareal. Denna areal får inte skörda trädan förrän 15 juli, och detta ökar risken att trädan blir en smittkälla till omkringliggande fält. Man kan därför diskutera lämpligheten i kantzoner och förgröningsstöd framförallt nära fält med hybridråg. Användning av fröblandningar med så liten andel gräs som möjligt för att undvika att mjöldrygan ska kunna börja växa inne i fälten skulle kunna vara ett bättre alternativ (Jordbruksverket, 2016).

Flera olika teorier finns om varför just odlingsåret 2019 visade stor förekomst av mjöldryga. Sommaren 2018 var ovanligt varm och torr, och detta ledde till att de mesta av växtligheten var torkstressad med en ojämn tillväxt. Det är framförallt viktigt för hybridråg att ha en jämn tillväxt så att blomningen sker samtidigt. Torka kan ha gjort att blomningen blivit mera utdragen och ökat exponeringen av obefruktade blommor för mjöldrygans sporer. Det torra vädret under 2018 gav en dålig valltillväxt som ledde till foderbrist i stora delar av landet. Lantbruk med djurproduktion fick det svårt att skaffa fram foder till djuren som gjorde att man fick ta gräs från mångåriga gräsmarker som inte hade använts till foder förut, vilket ökade risken för alkaloider i fodret. Ett svalare väder under 2019 kan ha varit gynnsamt för mjöldrygan, och gynnsamma infektionsförhållanden för svampen på grund av en utdragen blomningsperiod skulle kunna förklara de höga halterna av mjöldryga.

Flera olika undersökningar har visat att sambandet mellan halten av alkaloider och antal sklerotier i spannmål är svagt. Mera forskning om sambandet mellan sklerotier och koncentrationen av alkaloider i Sverige behövs, eftersom detta bara har undersökts under 2019. Vad som gör att man kan hitta alkaloider trots att man inte ser några sklerotier är oklart, men man tror att dammet eller små delar från sklerotierna kan förorena spannmålen (Arcella *et al*, 2017). Ett skifte från att enbart bestämma hur mycket sklerotier som finns till att mäta koncentrationen av alkaloider i spannmål är på grund av detta motiverat, men är mer komplicerat, tar längre tid och ökar kostnaderna för vid spannmålsanläggningar och kvarnar. Det finns därför ett behov att ta fram nya metoder för bestämning av alkaloidinnehåll för att komma runt bristerna med att enbart sortera bort sklerotier.

Forskning för att ta fram kunskap om betydelsen av kantzoner med gräs intill främst rågfält är också betydelsefull. Om gräs i kantzoner är en orsak till ökade problem med mjöldryga skulle sådan kunskap kunna vara ett underlag vid utformningen av nya förgröningsstöd. Utveckling av fungicider med effekt på mjöldryga är också viktigt, eftersom preparat med god effekt mot sjukdomen inte finns i Sverige. Biologisk bekämpning skulle kunna vara ett alternativ i

framtiden, och ett sätt att bekämpa mjöldrygan på ett mera hållbart sätt. Att förebygga problem med mjöldryga är dock allra viktigast för att minska problemen med sjukdomen. Genom att ha en bra växtföljd och genom att plöja efter odling av mottagliga grödor kan man reducera andelen sklerotier i fälten.

KÄLLHÄNVISNING

- 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), <https://doi.org/10.2903/j.efsa.2017.4902>
- Arvalis. Institute du végétal. (u.å). *Who we are*. Tillgänglig: <https://www.english.arvalisinstitutduvegetal.fr/view-1344-arvstatiques.html> [2020-05-30]
- Chen XY, Kim JY. (2009) Callose synthesis in higher plants. *Plant Signaling & Behavior* (6):489-492. <https://doi.org/10.4161/psb.4.6.8359>
- Crews, C. (2015). Analysis of Ergot Alkaloids. *Toxins*, vol. 7 (6), 2024–2050. <https://doi.org/10.3390/toxins7062024>
- Dabkevičius, Z. & Mikaliūnaitė, R. (2006). The effect of fungicidal seed treaters on germination of rye ergot (*Claviceps purpurea* (Fr.) Tul.) sclerotia and on ascocarp formation. *Crop Protection*. 25 (7), 677-683. <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2005.07.012>
- Erlandsson, Staffan. (2013). *NATIONELLA BRANSCHRIKTLINJER-för livsmedels- och fodersäkerhet vid produktion av spannmål, oljevaxter och trindsäd*. Tillgänglig: http://håbo-tibble.se/dokument/pdf/LivsmedelsverketBrl_spannmål_oljevaxter_trindsad.pdf [2020-05-08]
- Foder och spannmål. (u.å). Information om foder och spannmål. Tillgänglig: <https://www.foderochspannmal.se/allman-information.aspx> [2020-05-27]
- Haarmann, T., Rolke, Y., Giesbert, S. & Tudzynski, P. (2009). Ergot: from witchcraft to biotechnology. *Molecular Plant Pathology*, vol. 10 (4), 563–577. <https://doi.org/10.1111/j.1364-3703.2009.00548.x>
- Haschek, W.M., Voss, K.A. & Beasley, V.R. (2002). 25 - Selected Mycotoxins Affecting Animal and Human Health. I: Haschek, W.M., Rousseaux, C.G., & Wallig, M.A. (red.) *Handbook of Toxicologic Pathology (Second Edition)*. San Diego: Academic Press, ss. 645–699.
- Holstmark, Katarina. (2004). *Skadegörare i ekologisk odling*. Tillgänglig: http://www2.jordbruksverket.se/webdav/files/SJV/trycksaker/Pdf_ovrigt/p8_12.pdf. [2020-05-10]

- Jordbruksverket. (2016). *Gynna mångfalden på kantzoner*. Tillgänglig: https://www2.jordbruksverket.se/download/18.6c5ddbfe158d47f0fe2ced4a/1481189421409/jo16_19.pdf [2020-05-10]
- Jordbruksverket. (2017). *Utsäde-skadegörare, analys och behandling*. Tillgänglig: <https://issuu.com/jordbruksverket/docs/be28v2> [2020-05-12]
- Karlsson, Tellie . (2013). *Skadegörare i vallgräs*. Tillgänglig: <http://grovfoderverktyget.se/?p=31104&m=4498> [2020-05-16]
- Komarova, E.L., Tolkachev, O.N.(2001). The Chemistry of Peptide Ergot Alkaloids. Part 1. Classification and Chemistry of Ergot Peptides. *Pharmaceutical Chemistry Journal*. 35, 504–513. <https://doi.org/10.1023/A:1014050926916>
- Kren, V. & Cvak, L. (1999). *Ergot: The Genus Claviceps. Medicinal and Aromatic Plants - Industrial Profiles*. CRC Press. ISBN 9780203304198. Tillgänglig: <http://books.google.se/books> [2020-06-15]
- 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, <https://doi.org/10.1080/07060661.2014.986527>
- Miedaner T, Geiger HH. (2015).Biology, genetics, and management of ergot (*Claviceps* spp.) in rye, sorghum, and pearl millet. *Toxins* 7; 3659-678. <https://doi.org/10.3390/toxins7030659>
- Mulder P.P.J., van Raamsdonk, L.W.D. van Egmond, H.J. Voogt, J. van Brakel, M.W. van der Horst G.M. Jong J. de. P.P.J. (2012). Dutch survey ergot alkaloids and sclerotia in animal feeds. RIKILT Report 2012.005. Tillgänglig: <https://edepot.wur.nl/234699>. [2020-04-21]
- Persson, Paula. (2020).*Mjöldryga och kolvsjuka- två uppstickare 2019*. Tillgänglig:<https://www.slu.se/globalassets/ew/org/inst/mom/fieldstations/uddevallakof/2020/3paulapersson.pdf> [2020-04-21]
- Pettersson, CG. Scientific Project Manager på Lantmännen. 2020. Personlig kommunikation 2020-03-31 – 2020-05-05.
- Pettersson, M.-L. (1990). *Faktablad om växtskydd- Mjöldryga*. Tillgänglig https://www.slu.se/globalassets/ew/org/inst/ekol/faktablad/faktablad-vaxtskydd/faktablad_om_vaxtskydd_18j.pdf [2020-04-20]
- Ruhland, M., Tischler, J. (2008). Determination of ergot alkaloids in feed by HPLC. *Mycotoxycological Research*. 24, 73–79 <https://doi.org/10.1007/BF02985284>
- Schiff P. L. (2006). Ergot and its alkaloids. *American journal of pharmaceutical education*, 70 (5), 98. <https://doi.org/10.5688/aj700598>
- Wegulo, S.N. & Carlson, M.P.(2011). *Ergot of Small Grain Cereals and Grasses and its*

Health Effects on Humans and Livestock. Tillgänglig:
<http://extensionpublications.unl.edu/assets/pdf/ec1880.pdf> [2020-04-25]

Yngvesson, Nils. Säljare och rådgivare på KWS Scandinavia. (2020).
Personlig kommunikation 2020-4-27.

Åkesson, Ulrika. (2019). *Stort intresse för fusariumtoxiner och ergotalkaloider*. Tillgänglig:
<https://agrovast.se/stort-intresse-for-fusariumtoxiner-och-ergotalkaloider/> [2020-04-25]

Ett stort tack till!

Björn Andersson

CG Pettersson

Hanna Friberg

Ida Karlsson