



2014-04-26

Förändringar av halmens hygieniska kvalitet under skördeperioden. Orienterande försök under 2013

Gunnar Lundin och Martin Sundberg

Innehåll

Sammanfattning	2
Bakgrund	3
Bärgning av halm.....	3
Mögel tillväxt	4
Luftburna mikroorganismer.....	5
Frågeställning	5
Syfte	5
Genomförande	5
Resultat.....	8
Väderlek.....	8
Vattenhalt.....	9
Mikrobiella analyser	10
Mängd damm och luftburna mikroorganismer	11
Diskussion	12
Referenser.....	15
Litteratur	15
Personliga meddelanden	15
Bilaga 1. Väderdata och vattenhalter	16

Sammanfattning

Ökad konkurrens om halmråvara kan förväntas medföra att halm kommer att bärgas i områden och vid tidpunkter som är mindre gynnsamma än vad som är fallet idag. Vidare kan förväntade klimatförändringar innebära att skördarbetet kommer att såväl fördröjas som utföras under fuktigare förhållanden. I de fall halmen blir liggande lång tid på fältet efter skördetröskningen riskerar man att dess hygieniska kvalitet reduceras genom att halmen angrips av fältsvampar.

Undersökningen syftade till att belysa hur halmens hygieniska status påverkas vid utdragna tidsperioder mellan skördetröskning och bärgning.

Studierna utfördes med halm från vårkorn på ett fält i Uppsalatrakten. Korngrödan skördetröskades den 3 september. Under den påföljande månaden togs regelbundna prover ur strängarna för att dokumentera förändringar i halmens mikroflora och vattenhalt. I samband med skördetröskningen togs också prover på kärna och halm för analys av mykotoxiner.

Vid tidpunkten för skördetröskning var halmens innehåll av mögelsvampar en tiopotens högre än för kärnans. Vidare var de uppmätta nivåerna i halmen väsentligt högre än riktvärdet för foderspannmål. Halterna av mykotoxiner i kärna och halm låg i regel under detektionsgränsen.

Under de två första veckorna efter skördetröskningen rådde sommarlikt väder vilket medförde mycket låg vattenhalt i halmen och en stabil nivå avseende halmens innehåll mögelsvampar och bakterier. Kraftiga regn i mitten av månaden blötte emellertid upp halmsträngarna vilket resulterade i mikrobiell tillväxt.

Under återstoden av försöksperioden planade kurvorna för den mikrobiella tillväxten ånyo ut, trots viss uppfuktning av regn. Detta torde hänga samman med sjunkande utomhustemperaturer.

För att bestämma mängden damm och luftburna mikroorganismer som alstrades av den bärgade halmen användes en roterande dammkammare. Jämfört med tidigare referenser visade såväl uppmätta dammkoncentrationer som mikrobiell status på tämligen höga värden. Detta var dock inte helt oväntat genom att halmen vid mätningarna blev utsatt för betydande mekanisk bearbetning samtidigt som genererat damm ackumulerades i det slutna utrymmet.

Mätningarna av dammets mikrobiella status gav ingen entydig bild av utvecklingen under skördeperioden. Medan antalet luftburna bakterier ökade var antalet luftburna mögelsvampar oförändrat. Detta trots att halmens innehåll av såväl bakterier som mögelsvampar efter hand ökat i fält.

För den halm som bärgades tre dagar efter skördetröskningen registrerades i dammkammaren större mängder luftburet damm än den som bärgades vid de två efterföljande tillfällena. Troligen orsakades detta av ett initialt stort innehåll av partiklar med organiskt eller oorganiskt (jord) ursprung. Att dammängderna sedan minskat beror troligen på att en stor del av dessa små partiklar försvunnit genom inverkan av regn och vind.

Bakgrund

Bärgning av halm

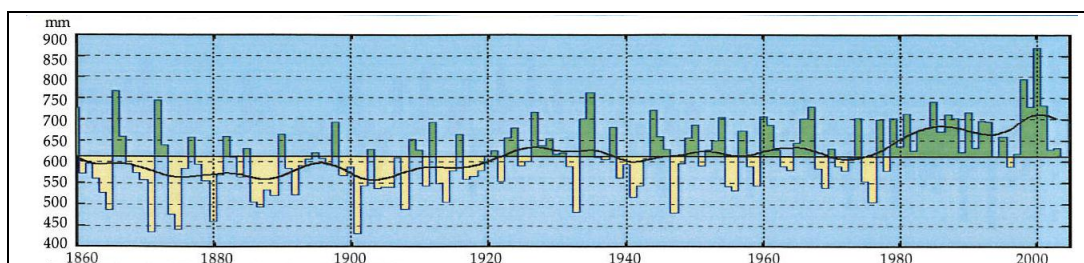
I Sverige produceras årligen cirka 2,4 miljoner ton halm varav ungefär 1,6 miljoner ton beräknas vara möjlig att skörda. Hälften därav eller 0,8 miljoner ton används som strö till husdjuren (Nilsson & Bernesson, 2009). Till eldning utnyttjas idag endast 0,1 miljoner ton, men den totala användningen till energi (förbränning, biogas, etanol) kan förväntas öka i takt med stigande energipriser. Sammantaget kan konkurrensen om halmråvara förväntas öka. Detta torde i sin tur innebära att halm kommer att bärgas även i områden och vid tidpunkter som är mindre gynnsamma än vad som är fallet idag.

Det är angeläget att den halm som bärgas har god hygienisk status (Eliasson - Selling & Mattsson, 2010). Bland annat har under senare år uppmärksamats att användning av ströhalv med nedsatt hygienisk kvalitet kunnat ge fruktsamhetsstörningar i smågrisproduktionen. Men dålig halm kan även orsaka hälsostörningar hos personalen.

I de fall halmen blir liggande lång tid på fältet efter skördetröskningen riskerar man att dess hygieniska kvalitet reduceras genom att halmen angrips av fältsvampar. I synnerhet gäller detta under fuktiga förhållanden. Å andra sidan medför utsträckta liggstider på fältet att uppsugningsförmågan hos ströhalmen ökar när halmens vaxskikt efter hand bryts ner. Även förbränningsegenskaperna förbättras genom att alkalimetaller och klor tvättas ut vilket minskar tendenserna till slagning (Hadders, 1994).

Att halmen kan bli liggande på fältet under utsträckta tidsperioder hänger delvis samman med att halmbärgningen infaller under växtodlingssäsongens mest hektiska tidsperiod, runt månadsskiftet augusti-september. Bärgningen av halm konkurrerar här med skördetröskning och höstsådd, aktiviteter som anses vara av högre dignitet för det företagsekonomiska resultatet.

I många fall skjuts halmbärgningen dock ofrivilligt framåt i tiden p.g.a. besvärliga väderförhållanden under hösten. I sammanhanget kan nämnas att nederbörden i Sverige successivt har ökat, Figur 1. Studier visar att nederbördsökningen kommer att bestå eller öka, samtidigt som extrema väderförhållanden väntas förekomma mer ofta.



Figur 1. Nederbörd för Sverige 1860-2003, årsmedelvärden (SMHI, 2004).

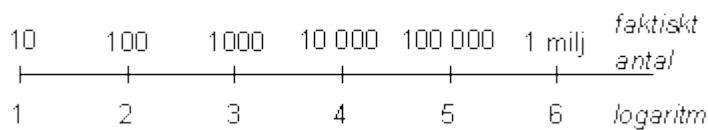
Mögeltillväxt

Mögelsvampar som påträffas i foder brukar klassificeras i någon av grupperna *fältflora* eller *lagringsflora*. Mögelsvampar tillhörande fältfloran infekterar grödan redan på åkern, där de kan växa till i stående eller nyslaget växtmaterial när vattenhalten är hög. De fältsvampar som är vanligast i Sverige tillhör släktena *Cladosporium*, *Fusarium* och *Alternaria* vilka samtliga kräver en vattenaktivitet¹ över 0,85 för att växa till (Filtenborg et al., 2004). Denna vattenaktivitet motsvarar vid 20° temperatur en vattenhalt i kornhalm om cirka 18 % (Swain, 1985).

I den torrare miljö som råder i lagret är förhållandena helt annorlunda, och där sker normalt ingen tillväxt av fältflora. Många av de mögelsvampar som tillhör lagringsfloran anses kunna växa till även när vattenaktiviteten understiger 0,75, däribland arter av *Eurotium*, *Aspergillus* samt *Wallemia sebi*. Arter av *Penicillium* har något högre fuktighetsanspråk och kräver en vattenaktivitet på åtminstone 0,78 (Filtenborg et al., 2004).

En majoritet av mögelsvamparna gynnas av temperaturer mellan 10 och 30°C. I temperaturer över eller under detta intervall avtar tillväxten, och vid temperaturer under 5°C upphör tillväxten för de flesta arter.

I mikrobiologiska undersökningar bestäms antalet kolonibildande enheter (CFU, Colony Forming Units) av olika mikroorganismer. Eftersom mikroorganismer ofta förekommer i riklig mängd brukar antalet som regel anges i logaritmisk form (log CFU). Sambandet mellan faktiskt antal och logaritmvärden framgår nedan.



Några generellt vedertagna gränsvärden för hur stort innehåll av mögelsporer som kan anses vara acceptabelt i halm finns inte. I sammanhanget kan nämnas att det för spannmål till foder finns ett riktvärde på max 100 000 kolonibildande enheter, CFU, per gram (Jordbruksverket, 2006). Detta värde är satt utifrån de halter som erfarenhetsmässigt förekommer i normal respektive mögelskadad spannmål. Högre halter behöver nödvändigtvis inte betyda att fodret är skadligt, utan riktvärdet är i första hand satt med tanke på att skydda djuren eftersom det skulle kunna innebära en hälsorisk (Nord-Bjerselius & Pettersson, 2007). Även om riktvärdet i fråga avser spannmål, kan det ändå tjäna om utgångspunkt vid kvalitetsbedömning av sådan halm som används till foder och strö. Naturligtvis innebär ett stort innehåll av mögelsporer också arbetsmiljörisker för de människor som ska hantera fodret.

¹ Vattenaktiviteten för en produkt fastställs genom mätning av den relativa fuktigheten hos den omgivande luften vid termodynamisk jämvikt. Detta inträffar när utbytet av vatten och värme mellan produkten och den omgivande atmosfären är oförändrat noll. Vattenaktiviteten är numeriskt lika med den relativa luftfuktigheten uttryckt som decimaltal.

Luftburna mikroorganismer

Det damm som bildas när man hanterar foder eller strömaterial som utsatts för mikrobiell tillväxt innehåller stora mängder mögelsporer, fragment av mycel samt bakterier. Upprepad exponering kan ge en rad olika besvär såsom akut toxisk alveolit eller, än mer allvarligt, allergisk alveolit.

Akut toxisk alveolit är ett inflammatoriskt tillstånd i lungblåsan och kallas även för *Organic Dust Toxic Syndrome* (ODTS). Sjukdomen kan uppkomma vid kortvariga, enstaka exponeringstillfällen för organiskt damm.

Allergisk alveolit är benämningen på den "kroniska" lungsjukdom som kan uppkomma efter upprepade exponeringar under lång tid för organiskt damm. Sjukdomen kan pågå i flera månader. Risken för att insjukna i allergisk alveolit är stor vid en mögeldammhalt över 10^7 sporer/m³ (Blomquist, 2002).

Beträffande koncentrationen av organiskt, respirabelt damm uppgår det hygieniska gränsvärdet till 5 mg/m³. Denna nivå avser exponeringen under en arbetsdag. Om dammet innehåller speciella, biologiskt verksamma ämnen kan det vara hälsoskadligt vid betydligt lägre halter än gränsvärdet (AFS 2005:17).

Frågeställning

Ökad konkurrens om halmråvara kan förväntas medföra att halm kommer att bärgas i områden och vid tidpunkter som är mindre gynnsamma än vad som är fallet idag. Vidare kan förväntade klimatförändringar innebära att skördarbetet kommer att såväl fördröjas som utföras under fuktigare förhållanden. I vilken mån utdragen halmskörd under varierande väderförhållanden inverkar på halmens hygieniska kvalitet är emellertid ofullständigt klarlagt.

Syfte

Undersökningen syftade till att belysa hur halmens hygieniska kvalitet påverkas vid utdragna tidsperioder mellan skördetröskning och bärgning.

Genomförande

Studierna utfördes med halm från vårkorn på ett fält beläget ca 10 km sydväst om Uppsala. Korngrödan skördetröskades den 3 september. Vattenhalten i kärnan var då enligt skördetröskans mätsystem 17-18 %. Fem strängar à drygt 100 meter med ohackad halm lämnades kvar på fältet för att ingå i försöket, Figur 2. Under den påföljande månaden togs regelbundna prover ur strängarna för att dokumentera förändringar i halmens mikroflora och vattenhalt. En regnmätare placerades i anslutning till halmsträngarna på försöksfältet och avlästes i samband med provtagningarna.



Figur 2. Halmsträngarna låg i nästintill nord-sydlig riktning på en öppen del av försöksfältet som sluttade svagt mot sydsydost. Ramsta 3 september 2013. Foto: Martin Sundberg.

Provtagning

För att få representativa prover samlades halm från minst fem platser fördelade över försöksfältet. Halmen placerades i en tunna ur vilken provmaterial borrades ut med en 40 mm provborr och samlades i plastpåsar. Vid varje provtagningstillfälle togs ett prov för bestämning av vattenhalt samt två prover för bestämning av mikroflora. Den första provtagningen gjordes direkt efter skördetröskningen. Under de påföljande tre veckorna utfördes ytterligare sex provtagningar med 3-4 dagars intervall. Därutöver skedde en sista provtagning den 3 oktober. Totalt utfördes således provtagning vid åtta tillfällen under den månad försöket pågick. Vid behov torkades proverna avsedda för bestämning av mikroflora vid låg temperatur så att de kunde lagras i väntan på analys. All provtagning på försöksfältet gjordes under eftermiddagar.

Utöver ovanstående prover insamlades vid tre ”bärgningstillfällen” större mängder halm för senare bestämning av dess innehåll av inhalerbart damm samt luftburna mikroorganismer. Den första insamlingen gjordes tre dagar efter skördetröskning (6 sept.), därefter 20 dagar respektive en månad efter skördetröskning (23 sept. och 3 okt.). Tidpunkterna valdes så att halmen var tillräckligt torr för att kunna lagras utan ytterligare torkning. Vid varje bärgningstillfälle togs tre prover med halm insamlad från olika delar av försöksfältet. Proverna lades i 100-liters säckar av flerskiktspapper. Varje säck innehöll ca 3,5 kg halm.

I samband med skördetröskningen togs också två prover på kärnan för analys av mikroflora samt innehåll av mykotoxiner. Toxinanalyser gjordes även på de två halmprover för mikroflorabestämning som togs vid detta tillfälle.

Analyser och bestämningar

Halmens vattenhalt bestämdes gravimetriskt genom vägning före och efter torkning i ventilerat värmeskåp, 105 °C under tre timmar.

Bestämningarna av halmens mikroflora gjordes vid Statens Veterinärmedicinska Anstalt (SVA) i Uppsala. Härvid bestämdes de totala halterna av mögelsvampar, jästsvampar och aeroba bakterier. Haltbestämning av mögel- och jästsvampar gjordes genom odling på DG18-plattor vid 25 °C, där också de dominerande släktena av mögelsvampar identifierades. För mögelsvampar gjordes även odling på Czapek dox-medium vid 37 °C. Haltbestämning av aeroba bakterier gjordes genom odling på TGYA-medium vid 30 °C. Vidare bestämdes halterna av Fusariumsvampar genom odling på CZID-medium vid 25 °C i UV-ljus. Utöver detta gjordes direktutlägg (utan haltbestämning) för att få en uppfattning om vilka andra släkten som förekom i lägre halter.

Vid bearbetningen har medelvärdesberäkningarna av halter baserats på log-värden. För ett analyserat värde under detektionsgränsen (log CFU-värde <2) har ett log CFU-värde på 1 använts.

Även de mikrobiella analyserna av kärnan samt bestämningen av kärnans och halmens toxininnehåll utfördes av SVA. Vid de mikrobiella analyserna av kärnan bestämdes de totala halterna av mögel- och jästsvampar genom odling på DG18-plattor vid 25 °C. Vidare bestämdes graden av endogen infektion i kärnan avseende mögelsvampar av släktena *Cladosporium*, *Fusarium* och *Alternaria*. För *Cladosporium* gjordes detta genom odling på DG18-plattor vid 25 °C och för *Fusarium* och *Alternaria* genom odling på CZID-medium vid 25 °C i UV-ljus. Även endogen infektion av lagringssvampar undersöktes, både vid odling i 25 °C (DG18) och i 37 °C (Czapek dox).

Förekomsten av mykotoxinerna deoxynivalenol (DON), zearalenon (ZEA), T-2 toxin (T2) och HT-2 toxin (HT2) i halm kontrollerades med en kemisk metod (sk. LC-MS/MS, vätskekromatografi kopplad till tandemmasspektrometri). Proverna (10 g mald halm) extraheras då med en acetonitril/vatten/myrsyra-blandning (100 ml) i 1 timme. Efter filtrering renas extraktet med en reningskolonn (MultiSep[®]226). Efter rening späds provet 1:1 med vatten och analyseras sedan med LC-MS/MS (Tevell Åberg et al. 2013).

För att bestämma mängden luftburet damm respektive mikroorganismer som alstrades av den bärgade halmen användes en dammkammare som byggts vid JTI inom ramen för ett SLO-projekt (V132-0009-SLO), Figur 3.



Figur 3. Dammkammare för mätning av mängden luftburet damm och mikroorganismer. Utrustningen är i stort konstruerad som en tät roterande trumma med en invändig medbringare. Foto: Martin Sundberg.

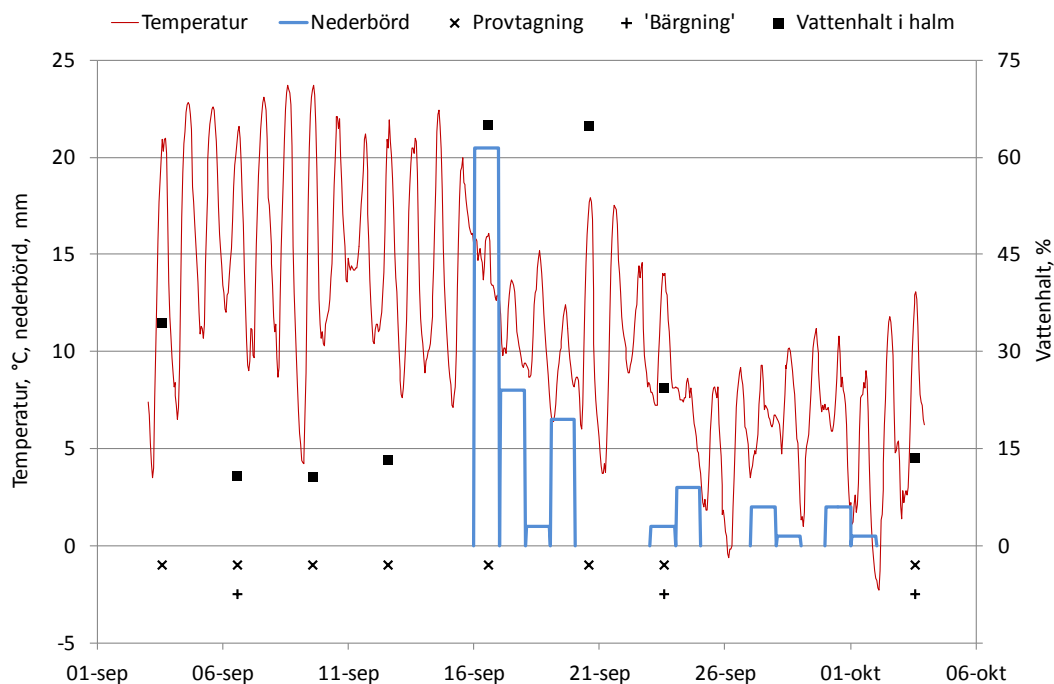
Vid mätningarna fylldes 3,1 kg halm i kammaren. I ena änden av kammaren monterades ett instrument som mätte koncentrationen i mg/m^3 av luftburna partiklar med storleken 0,1-10 μm (personalDataRAM, model pDR-1000AN; Thermo Electron Corporation, USA). Instrumentet i fråga mäter och lagrar data med ett intervall som i dessa mätningar ställdes till en sekund. Vid varje mätning roterade trumman under två minuter, där sedan medelvärdet för registreringarna under den sista minuten användes som värde för dammhalten.

För att bestämma mängden luftburna mikroorganismer i dammkammaren användes en tjänst för luftanalys som tillhandahålls av Eurofins Pegasuslab. I tjänsten ingår utrustning för provtagning samt mikrobiell analys. Omedelbart efter att trumman roterat de två minuterna anslöts en luftpump till ett tidigare monterat filter inuti trumman. Pumpen fick sedan gå i två minuter med ett av Eurofins kalibrerat flöde. Filtren lämnades därefter till laboratoriet för analys ("Spormätning i luft – utökad basanalys"). Dessa analyser gjordes för två av de tre proverna från respektive bärgningstillfälle, medan bestämningarna av mängden luftburet damm utfördes på samtliga prover.

Resultat

Väderlek

I diagrammet, Figur 4, åskådliggörs väderförhållandena under försöksperioden. Här finns också tidpunkterna för provtagning/bärgning inlagda, samt halmens vattenhalt vid dessa tillfällen. Väderdata och vattenhalter redovisas även i tabellform, se Bilaga 1.



Figur 4. Temperatur och nederbörd under försöksperioden. Data är hämtade från Ultuna, ca 11 km öster om försöksplatsen. Vidare anges provtagningstidpunkter samt motsvarande vattenhalter i halmen.

Som framgår av Figur 4 var vädret under nästan två veckor efter skördetröskningen sommarlikt med dagstemperaturer som nådde mellan 20 och 25 °C. Under denna period föll ingen nederbörd.

Den 16 september skedde ett markant omslag till mer höstbetonat väder med relativt riklig nederbörd och ett temperaturfall på ca 5 °C. Efter ytterligare en vecka föll temperaturen med ytterligare ca 5 °C och under nio dygn dominerade fuktig väderlek med frekvent nederbörd. Därefter stabiliserades vädret och efter ett par dagar med uppehåll avslutades försöket med den sista provtagningen den 3 oktober.

De ackumulerade nederbörds mängder som uppmättes på försöksfältet överensstämde ganska väl med de data som hämtats från Ultuna.

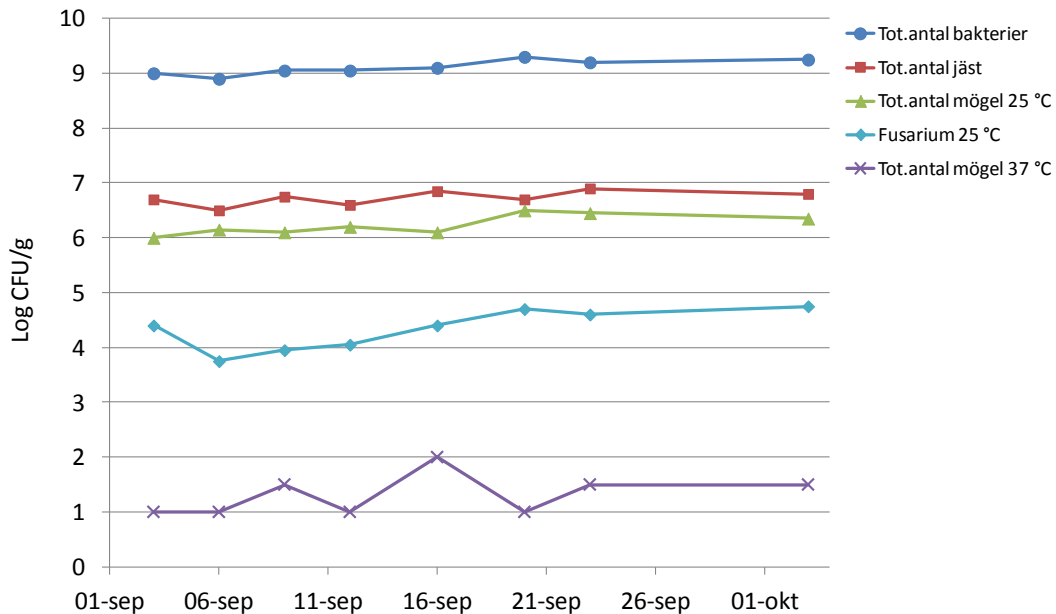
Vattenhalt

Vid skördetröskningen uppgick halmens vattenhalt till 35 %. Den torra och varma väderleken gjorde att halmen torkade snabbt och förblev torr under de två första veckorna, se Figur 4. Vid provtagningstillfällena på eftermiddagarna var halmen mycket torr; mellan 11 och 13 %. Sannolikt fuktades dock halmens ytskikt upp av hög luftfuktighet under nätter och morgnar.

Den nederbördsperiod som inleddes den 16 september gjorde att halmsträngarna fuktades upp helt och hållet, med genomsnittliga vattenhalter om 65 %. Därefter förekom måttliga mängder nederbörd vissa dagar, vilket troligen innebar att halmen aldrig torkat upp helt och hållet förrän försöket avslutades den 3 oktober. Vattenhalten på eftermiddagen var vid detta tillfälle strax under 14 %.

Mikrobiella analyser

I de mikrobiella analyserna av halmen påvisades betydande halter av såväl mögelsvampar, jästsvampar som aeroba bakterier, Figur 5 och Tabell 1. Mögelfloran dominerades genomgående av släktet *Cladosporium*. Tillväxten av mögelsvampar vid 37 °C var genomgående låg, med halter som högst på 100 CFU/g (log CFU=2).



Figur 5. Resultat från de mikrobiella analyserna av halmen. Alla punkter är medelvärden av två prover.

Tabell 1. Resultat från de mikrobiella analyserna av halmen, log CFU/g. Medelvärden av två prover.

Mikroflora	Datum							
	3/9	6/9	9/9	12/9	16/9	20/9	23/9	3/10
Tot. antal bakterier	9,0	8,9	9,1	9,1	9,1	9,3	9,2	9,3
Tot. antal jäst	6,7	6,5	6,8	6,6	6,9	6,7	6,9	6,8
Tot. antal mögel 25 °C	6,0	6,2	6,1	6,2	6,1	6,5	6,5	6,4
Tot. antal mögel 37 °C	1,0	1,0	1,5	1,0	2,0	1,0	1,5	1,5
Fusarium 25 °C	4,4	3,8	4,0	4,1	4,4	4,7	4,6	4,8

Resultaten från odlingarna med direktutlägg vid 25 °C visade att mögelsvampar av släktena *Cladosporium*, *Penicillium*, *Fusarium* och *Alternaria* fanns i samtliga prover.

De mikrobiella analyserna av kärnan visade på lägre halter av jäst- respektive mögelsvampar jämfört med halmen vid tidpunkten för skördetröskning, Tabell 2. Någon endogen infektion av lagringssvampar kunde inte påvisas, varken vid odling i 25 °C eller 37 °C.

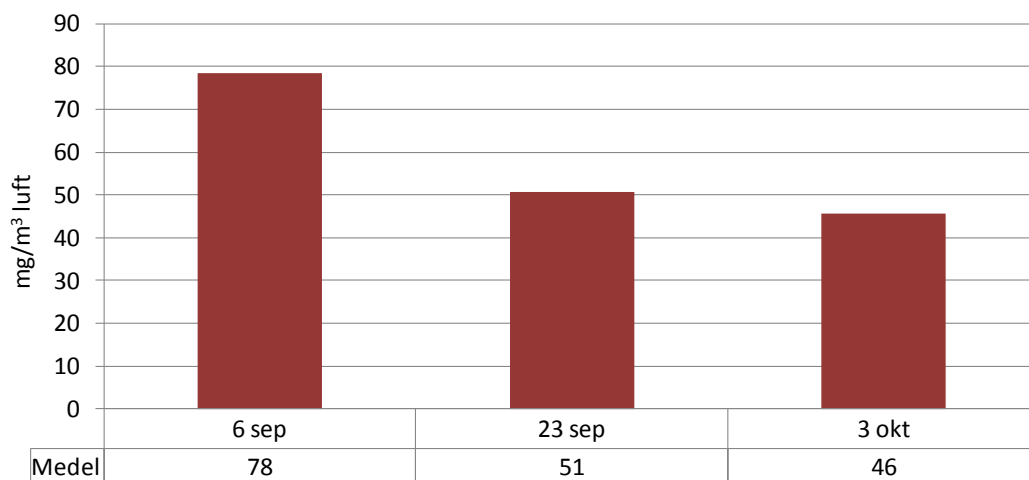
Tabell 2. Mikrobiella analyser av kärna vid skördetröskningen. Medelvärden av två prover.

Tot. antal jäst, log CFU/g	5,8
Tot. antal mögel 25 °C, log CFU/g	4,8
Endogen infektion av <i>Cladosporium</i> , %	73
Endogen infektion av <i>Fusarium</i> , %	17
Endogen infektion av <i>Alternaria</i> , %	82

Halterna av mykotoxiner i kärna och halm låg med ett undantag under detektionsgränsen för respektive toxin. Detta innebär att halterna av Deoxynivalenol (DON) understeg 300 µg/kg, förutom beträffande det ena halmprovet som höll 353 µg/kg. I alla prover var halterna Zearalenon (ZON) under 30 µg/kg och halterna HT-2+T-2 toxin under 80 µg/kg.

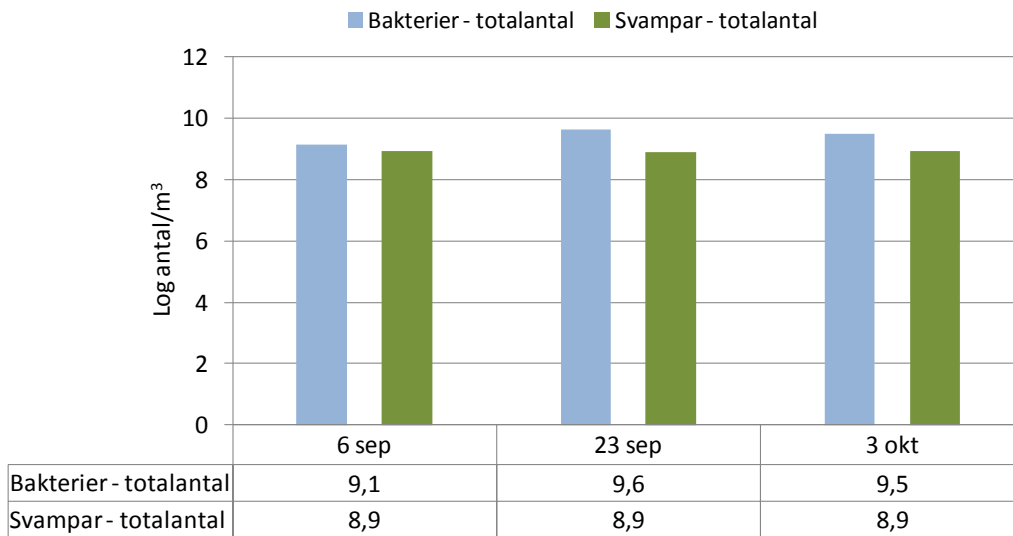
Mängd damm och luftburna mikroorganismer

Vilka dammkoncentrationer som registrerats i dammkammaren med halm från de tre bärgningstillfällena framgår av Figur 6. Den halm som bärgades tre dagar efter skördetröskningen genererade 60 % mer damm än den som bärgades vid de två efterföljande tillfällena.



Figur 6. Mängd damm med storleken 0,1-10 µm mätt i dammkammare. Medelvärden av tre prover.

Resultaten från de mikrobiella analyserna av luftproverna från dammkammaren redovisas i Figur 7. I samtliga sex prover påvisades förekomst av mögelsläktena *Cladosporium* och *Penicillium*.



Figur 7. Mikrobiella analyser av luftburna bakterier och svampar i halm. Medelvärden för två prover.

Diskussion

Den torra väderleken under de två första veckorna efter skördetröskningen medförde mycket låg vattenhalt i halmen. Under de eftermiddagar då provtagningen ägde rum uppgick vattenhalten till mellan 11 och 13 %. Den genomsnittliga vattenhalten under denna tidsperiod torde dock ha varit något högre p.g.a. av de normala dygnsvariationerna av luftens relativa fuktighet.

Ovanstående vattenhalter i kornhalm motsvarar vid temperaturen 20° en luftfuktighet understigande 70 % (Swain, 1985). Det vill säga en vattenaktivitet mindre än 0,7. Som nämnts i det tidigare kräver de vanligaste fältsvamparna vattenaktiviteter högre än 0,85 för att växa till. De första veckornas torra väderlek avspeglades följaktligen i en stabil nivå avseende halmens innehåll av totalmängden mögelsvampar. Även halten av det totala antalet bakterier uppvisade enbart små variationer.

Kraftiga regn i mitten av månaden blötte upp halmsträngarna, de uppmätta vattenhalterna uppgick då till cirka 65 %, d.v.s. långt över de 18 % som motsvarar vattenaktiviteten 0,85. Som kunde förväntas resulterade uppfuktningen i mikrobiell tillväxt.

Under återstoden av försöksperioden planade kurvorna för den mikrobiella tillväxten ånyo ut, trots viss uppfuktning av regn. Detta torde hänga samman med sjunkande utomhustemperaturer.

Vid de mikrobiella analyserna uppgick totalmängden mögelsvampar vid 25° till log CFU-värden mellan 6,0 och 6,5. Som nämnts i det tidigare föreligger inte några vedertagna gränsvärden för hur stort innehåll av mögelsporer som kan anses vara acceptabelt i halm. De uppmätta nivåerna var dock väsentligt högre än riktvärdet för foderspännmål, log CFU = 5 (Jordbruksverket, 2006).

Den låga tillväxten av mögelsvampar vid 37° tyder på att ingen värmebildning skett i halmsträngarna under försöksperioden (Hägglom pers. medd., 2014).

Enligt Jonsson (pers. medd., 2014) visar den erhållna mikrobiella statusen på nivåer som är vanliga för halm som analyseras vid SVA. I stort exemplifieras detta även av JTI:s tidigare försök med dammexponering i samband med skörd. Vid sådana studier under 2012 uppgick vid tidpunkten för skördetröskning de genomsnittliga log CFU-värdena i vetealm till nedanstående (Lundin & Geng, 2012).

Bakterier:	9,1
Jästsvampar:	5,1
Mögelsvampar (25°):	5,8
Mögelsvampar (37°):	<2

Vid de laboratoriemässiga mätningarna av mängden respirabelt luftburet damm som utfördes med JTI:s dammkammare varierade de genomsnittliga halterna mellan 46 och 78 mg/m³ luft. Som angetts i det tidigare uppgår det hygieniska gränsvärdet avseende exponering för organiskt, respirabelt damm till 5 mg/m³. Som jämförelse kan också nämnas att under JTI:s försök med dammexponering i samband med skörd av höstveten uppmättes halterna utanför skördetröskans hytt till som mest 15 mg/m³ (Lundin & Geng, 2011, Lundin & Geng, 2012).

Beträffande den mikrobiella statusen för luften i dammkammaren uppgick antalet svampar respektive bakterier per m³ luft till log CFU-värden om 8,9 och däröver. Således väsentligt överstigande den halt av mögelsvampar (log CFU = 7) där risken för att insjukna i allergisk bedömts vara stor (Blomquist, 2002). I JTI:s ovan nämnda försök i höstveten var motsvarande värden 8,1 och 8,4 för svampar respektive bakterier i luften utanför tröskhytten (Lundin & Geng, 2011, Lundin & Geng, 2012).

De i försöket uppmätta halterna av damm och luftburna mikroorganismer kan mot bakgrund av tidigare erfarenheter synas höga. Detta var dock inte helt oväntat genom att halmen i dammkammaren blev utsatt för betydande mekanisk bearbetning samtidigt som genererat damm ackumulerades i det slutna utrymmet.

Det bör framhållas att mätningarna i dammkammaren i första hand inte avser att beskriva den faktiska exponering som människor och djur riskerar att utsättas för. Motivet är i stället att under kontrollerade former kunna jämföra damningsbenägenheten för produkter/material av skilda slag och tillstånd. Det vill säga en fokusering på att åtgärda själva källan till dammet snarare än på graden av exponering, inverkan av personlig skyddsutrustning o. dyl.

Mätningarna av dammets mikrobiella status gav ingen entydig bild av utvecklingen under skördeperioden. Medan antalet luftburna bakterier ökade var antalet luftburna mögelsvampar oförändrat. Detta trots att halmens innehåll av såväl bakterier som mögelsvampar efter hand ökat i fält.

För den halm som bärgades tre dagar efter skördetröskningen registrerades i dammkammaren större mängder luftburet damm än den som bärgades vid de två efterföljande tillfällena. Detta är förvånande med tanke på att utsträckta liggtider i

fält erfarenhetsmässigt innebär att halmens vaxskikt efter hand bryts ned vilket borde göra den mer spröd och därmed mer damningsbenägen.

De höga dammhalterna från den först bärgade halmen kan inte heller förklaras mikrobiellt. Dammkammarmätningarna visade ju att detta material hade samma eller lägre innehåll av luftburna bakterier och svampar än den halm som bärgades senare (Figur 7). De större dammhalterna kan därför bara förklaras av ett initialt större innehåll av andra partiklar av organiskt eller oorganiskt (jord) ursprung. Att dammängderna sedan minskat beror troligen på att en stor del av dessa små partiklar försvunnit genom väderlekens påverkan (regn och vind). Sålunda ett förlopp liknande uttvättningen av alkalimetaller och klor från halmsträngar i fält vilket minskar tendenserna till slagning hos bränsehalm (Hadders, 1994).

Referenser

Litteratur

- AFS 2005:17. Hygieniska Gränsvärden och Åtgärder mot Luftföroreningar. Arbetsmiljöverkets föreskrifter om hygieniska gränsvärden och åtgärder mot luftföroreningar samt allmänna råd om tillämpningen av föreskrifterna. Arbetsmiljöverket, Solna.
- Blomquist G. 2002. Bioaerosoler: risker och mätningar. Rapport, Arbetslivsinstitutet, Umeå.
- Eliasson-Selling L. & Mattsson P., 2010. Fruktksamhetsmanual. Informationsbroschyr från Svenska Djurhälsovården, Jordbruksverket och Svenska Pig. www.svenskapig.se
- Filténborg, O., Frisvad, J.C. & Samson, R.A. 2004. Specific association of fungi to foods and influence of physical environmental factors s. 315. In: Introduction to food- and airborne fungi. 7 ed. Eds: Samson, R. A., Hoekstra, E.S. & Frisvad, J.C., Wageningen, The Netherlands.
- Hadders G., 1994. Förändringar under skördeperioden av bränsleegenskaperna hos halm. JTI-rapport nr 186, JTI – Institutet för jordbruks- och miljöteknik, Uppsala.
- Jordbruksverket, 2006. Statens jordbruksverks föreskrifter och allmänna råd om foder. SJVFS 2006:81.
- Lundin G. & Geng Q., 2011. Inverkan av svampbekämpning på dammexponering vid skörd och hantering av spannmål – en pilotstudie. Slutrapport H092-0004-SLO. www.jti.se
- Lundin G. & Geng Q., 2012. Inverkan av svampbekämpning på dammexponering vid skörd och hantering av spannmål – fortsatta försök. Slutrapport V11-0061-SLO. www.jti.se
- Nilsson S. & Bernesson D., 2009. Halm som bränsle. Del 1: Tillgångar och skördetidpunkter. Rapport nr 11 från Institutionen för energi och teknik, SLU. Uppsala. ISSN 1654-9406
- Nord-Bjerselius, U. & Pettersson, H. 2007. Mögel och mögelgifter i foder. Broschyr framtagen av SVA, SLU och Svensk Mjölk.
- SMHI, 2004. Variationer och trender i nederbörden. Faktablad nr 22. Norrköping.
- Swain G., 1985. Equilibrium Moisture Content of Straw. JTI-rapport nr 63. ISSN 0346-7597. Uppsala.
- Tevell Åberg, A, Solyakov, A, Bondesson, U, 2013. Development and in-house validation of an LC-MS/MS method for the quantification of the mycotoxins deoxynivalenol, zearalenone, T-2 and HT-2 toxin, ochratoxin A, and fumonisin B1 and B2 in vegetable animal feed. Food Addit Contam Part A Chem Anal Control Expo Risk Assess. 2013;30 (3):541-9.

Personliga meddelanden

- Hägglom Per, 2014. SVA – Statens Veterinärmedicinska Anstalt, Uppsala.
- Jonsson Eva, 2014. SVA – Statens Veterinärmedicinska Anstalt, Uppsala.

Bilaga 1. Väderdata och vattenhalter

Temperatur och relativ luftfuktighet (dygnsmedelvärden) samt dygnsnederbörd och halmens vattenhalt.

Datum	Temperatur, °C	Nederbörd, mm	Rel. fukt, %	Vh i halm, %
03-sep	12,9	0	72	34,5
04-sep	15,7	0	68	
05-sep	17,0	0	72	
06-sep	16,2	0	74	10,8
07-sep	16,5	0	71	
08-sep	15,5	0	71	
09-sep	13,6	0	67	10,6
10-sep	16,3	0	80	
11-sep	15,8	0	83	
12-sep	14,9	0	82	13,2
13-sep	14,0	0	80	
14-sep	14,2	0	80	
15-sep	14,6	0	79	
16-sep	14,4	20,5	85	65,0
17-sep	11,2	8	90	
18-sep	11,1	1,0	84	
19-sep	9,3	6,5	90	
20-sep	10,8	0	80	64,9
21-sep	10,8	0	74	
22-sep	10,7	0	79	
23-sep	10,0	1,0	64	24,3
24-sep	7,2	3,0	86	
25-sep	4,5	0	80	
26-sep	4,5	0	65	
27-sep	6,4	2,0	75	
28-sep	7,2	0,5	82	
29-sep	6,9	0	87	
30-sep	6,8	2,0	85	
01-okt	3,7	0,5	83	
02-okt	5,2	0	74	
03-okt	7,1	0	73	13,6