



JTI – Institutet för jordbruks- och miljöteknik

Skyddstäckning av hö med fiberduk

Martin Sundberg och Karin Artursson



ingår i
SP-koncernen

Skyddstäckning av hö med fiberduk

Protective covering of hay with nonwoven fabric

Martin Sundberg och Karin Artursson

En referens till denna rapport kan skrivas på följande sätt:

Sundberg, M. & Artursson, K. 2012. Skyddstäckning av hö med fiberduk. Rapport 408, Lantbruk & Industri. JTI – Institutet för jordbruks- och miljöteknik, Uppsala

A reference to this report can be written in the following manner:

Sundberg, M. & Artursson, K. 2012. Protective covering of hay with nonwoven fabric. Report 408, Agriculture & Industry. JTI – Swedish Institute of Agricultural and Environmental Engineering. Uppsala, Sweden

Innehåll

Förord.....	5
Sammanfattning	7
Summary	8
Bakgrund.....	9
Syfte	11
Genomförande	11
Resultat	14
Temperatur och luftfuktighet	14
Vattenaktivitet	16
Mikroflora i hö	16
Diskussion.....	19
Slutsatser.....	20
Referenser	21

Förord

Hö är ett viktigt foder för många djurslag inom jordbruket, inte minst inom svensk hästhållning där det används i stor omfattning. För att inte utgöra hälsomässiga risker, är det av stor betydelse att inte höet är av undermålig hygienisk kvalitet. Att skador på grund av mögeltillväxt kan ske under vinterlagringen är dock ett från praktiken välkänt faktum. Syftet med detta projekt har varit att undersöka om enkla, kommersiellt tillgängliga täckningsmaterial från andra branscher kan användas för att förhindra eller avsevärt begränsa uppfuktning och mögeltillväxt i hö under vinterlagring.

Projektet har planerats av forskare Martin Sundberg vid JTI. Denne har också ansvarat för projektets praktiska genomförande, resultatbearbetning och författandet av denna rapport. Statens Veterinärmedicinska Anstalt (SVA) har förutom att utföra de mikrobiologiska analyserna även bistått med kompletterande mikrobiologisk kompetens i projektet. Sålunda har docent Karin Artursson vid SVA bidragit med synpunkter samt viss faktakomplettering till denna rapport.

Projektet har till största delen finansierats av Stiftelsen Hästforskning, medan kompletterande finansiering till det sista försöksåret ställdes till förfogande av SLO-fonden vid KSLA.

Till alla som bidragit till projektets genomförande framförs ett varmt tack. Ett särskilt tack riktas till försöksvärden på Tibble gård för ett mycket gott samarbete under försökens genomförande.

Uppsala i december 2012

Eva Pettersson

VD för JTI – Institutet för jordbruks- och miljöteknik

Sammanfattning

Höst och vinter är utomhusluftens relativa fuktighet hög under långa perioder. Eftersom hö absorberar fukt från den omgivande luften, kan vattenhalten i lagrat hö snabbt stiga till en nivå där mögelsvampar har möjligheter att växa till. Under vinterlagringen är det därför mycket vanligt att höets kvalitet försämras avsevärt, speciellt i ytskiktet. Tillväxt av mögelsvampar i höet kan på flera sätt orsaka hälsoproblem för både djur och människor. Ett i praktiken vanligt sätt att undvika uppfuktning av höet är att täcka ytlagret med halm. Denna metod anses dock av många som arbetskrävande och otymplig, varför alternativa metoder för att undvika mögeltillväxt är av stort praktiskt intresse.

Syftet med detta projekt var att undersöka om kommersiellt tillgänglig fiberduk som täckningsmaterial kan förhindra eller avsevärt begränsa uppfuktning och mögeltillväxt i hö under vinterlagring.

I tre försök under tre lagringssäsonger täcktes fem balar vardera med permeabel fiberduk av två olika tjocklekar och tillverkade av polypropen. Ytterligare fem balar utan täckning utgjorde kontrollen. I försök 2 gjordes en utvidgning med ytterligare två försöksled, där de båda fiberdukarna från föregående år återanvändes. Avsikten var att undersöka risken för återkontaminering vid användning av samma fiberduk under flera år.

Givare för att registrera temperatur och luftfuktighet placerades i ytskiktet av höet i respektive försöksled. En likadan givare placerades också ovanför höytan för att registrera omgivningsklimatet i lagerutrymmet.

Den första provtagningen av höet gjordes vid försökens start i början av augusti, där den initiala halten av mögelsvampar och fukt i fem balar bestämdes genom mikrobiell analys och mätning av vattenaktivitet. Samma bestämmningar gjordes vid brytningen av försöken i början av februari då prover togs från ytskiktet i varje försöksbal. De mikrobiella analyserna omfattade haltbestämning av lagerskade-svampar i släktena *Aspergillus*, *Eurotium*, *Penicillium* samt *Wallemia*. Erhållna data bearbetades statistiskt för att fastställa eventuella signifikanta skillnader mellan försöksleden.

Tyvärr kom två av de tre täckningsförsöken att bli utförda under vintrar som var ovanligt kalla och därmed hämmade mögelsvamparna. Det andra försöksåret kunde i princip ingen tillväxt av någon lagringssvamp konstateras. Som en konsekvens av detta går det heller inte att uttala sig om huruvida återanvändning av täckdukarna kan ha någon negativ effekt.

Skyddstäckningen hade i dessa försök ingen entydig inverkan på tillväxten av mögelsvampar i höet. Skillnaderna mellan försöksleden var i de flesta fall små, och endast i ett fåtal fall statistiskt signifikanta. Fiberdukens tjocklek hade inte någon inverkan på mögeltillväxtens omfattning. I de tre försöken gav täckningen med fiberduk endast i två fall minskad tillväxt av någon av de i studien undersökta släktena – i ett försök minskade tillväxten av *Penicillium*, i ett annat tillväxten av *Eurotium*. Å andra sidan registrerades i ett av försöken en ökad tillväxt av *Wallemia* i det försöksled som täcktes med tjock fiberduk. Sammantaget bedöms de erhållna resultaten inte tillräckligt tydliga för att kunna rekommendera skyddstäckning med fiberduk som en metod att reducera tillväxten av mögelsvampar under vinterlagring.

Summary

During autumn and winter the relative humidity in outdoor air is high for long periods. Under these conditions, hay can absorb moisture from the air and the moisture content in the stored hay can rise to levels suitable for mould growth. During winter storage it is very common that hay quality deteriorates significantly, particularly in the surface layer. The growth of moulds in hay can also cause health problems for both animals and humans. A common way to prevent the hay from absorbing moisture is to cover the surface layer with straw. However, this method is generally considered to be laborious and cumbersome, so alternative methods to prevent mould growth are of great practical interest.

The aim of this project was to investigate whether covering hay with commercially available permeable nonwoven polypropylene fabric could prevent or significantly limit moisture uptake and subsequent mould growth during winter storage. Two thicknesses of the nonwoven fabric were tested. Three experiments were carried out during three storage seasons, where five bales were covered with each thickness of the fabric and another five uncovered bales were used for the control. In the second experiment, two extra treatments with five bales each were added where the two fabrics from previous year were reused. The aim of this was to assess the risk of contamination from reusing the fabric used during previous years.

Sensors to record temperature and humidity were placed in the hay surface in each treatment. A similar sensor was placed above the hay surface to record the ambient environment in the storage space. Sampling occurred in the surface layer for determining mould contents by microbiological analysis and moisture by measurements of water activity. The microbiological analyses included mould counts of storage fungi in the genera *Aspergillus*, *Eurotium*, *Penicillium* and *Wallemia*.

Initial sampling of five bales was carried out at the onset of each experiment in early August to determine initial moisture and mould content. Post storage sampling from each bale occurred in early February. The data obtained were analysed statistically to determine significant differences between treatments.

Unfortunately, two of the three storage seasons were unusually cold which inhibited the growth of mould fungi. During the second experiment with extra treatments, virtually no growth of fungi was observed in any treatment including the control. As a consequence, it is not possible to state whether reuse of the fabrics can have a negative effect.

Protection covering during storage did not affect the growth of moulds in hay in this study. The differences between experimental treatments were in general small, and only in a few cases statistically significant. The thickness of fabric had no effect on the extent of mould growth. In the three experiments, coverage with fabric only in two cases resulted in decreased growth of any of the genera included in this study – in one experiment the growth of *Penicillium* was reduced, in another the growth of *Eurotium*. On the other hand, in one of the experiments an *increased* growth of *Wallemia* was observed in the treatment covered with the thick fabric. Taken together, the results obtained are not clear enough to recommend protective coverage with nonwoven fabric as a method to reduce the growth of mould fungi during winter storage.

Bakgrund

Ett bra grovfoder är basen i all utfodring av hästar. Traditionellt utgörs detta av hö, men på senare år har även användningen av ensilage ökat i omfattning (Müller, 2007). Att man i vissa fall vill ersätta höet med ett fuktigare grovfoder, beror bland annat på problem med dammigt och möjligt hö som kan leda till allergier och kroniska respiratoriska åkommor hos hästarna. Ett hygieniskt friskt hö av god kvalitet kommer emellertid alltid att vara efterfrågat inom hästsektorn.

Hö är ett biologiskt material som är hygroskopiskt, det vill säga att dess fuktinnehåll påverkas och varierar med den omgivande luftens. Om ett hö tillräckligt länge är i kontakt med luft med en viss relativ luftfuktighet inställer sig en jämvikt mellan luftfuktigheten i den omgivande luften och vattenhalten i materialet (Lehmann, 1971). Under längre perioder med hög luftfuktighet kan därför vattenhalten i det lagrade höet stiga till en nivå där mikroorganismer, främst mögelsvampar, har möjligheter att växa till. Speciellt under hösten och vintern kan fuktigheten i uteluften vara hög under långa perioder, vilket gör att vattenhalten i lagrets ytskikt kan stiga över det gränsvärde då mikroorganismerna börjar växa. En ökning av vattenhalten i höet kan även orsakas av kondensutfällning vid temperaturomslag.

En tillväxt av mögelsvampar kan på olika sätt orsaka hälsoproblem för både djuren som ska konsumera det och de människor som hanterar fodret (Nord-Bjerselius & Pettersson, 2007). Sporer som andas in kan ge problem i luftvägar och lungor, och beroende på sporens storlek fastnar de på olika ställen i luftvägarna. Förutom att mögel kan ge upphov till både allergiska reaktioner och infektioner, finns en risk att svamparna under sin tillväxt kan ha producerat giftiga ämnen, så kallade mykotoxiner. En genomgång av hälsorisker för människor och djur på grund av mögeltillväxt i hö har redovisats av Sundberg m.fl., 2008.

För att undvika mikrobiell tillväxt i höet bör vattenhalten inte någon gång under lagringen överstiga ca 15 % (Jeppsson, 1979). Materialets vattenhalt är dock ingen bra indikator för mikroorganismernas tillväxtbetingelser. Ett betydligt bättre mått är begreppet vattenaktivitet [A_w] som beskriver hur kraftigt vattnet är bundet till en substans, och därmed också hur tillgängligt vattnet är (Christian, 1980). För att kraftigt begränsa mögelsvamparnas möjligheter att växa till bör vattenaktiviteten ligga under 0,7.

En majoritet av mögelsvampar trivs och tillväxer bra vid 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. Det finns emellertid arter som anpassat sig och kan växa vid ännu lägre temperaturer. De lägsta temperaturnivåerna för mögeltillväxt som rapporterats ligger i intervallet -7 till 0°C, och gäller bland annat arter av *Penicillium* (Pitt & Hocking, 1997). De flesta arter som återfinns i lagrade produkter har dock en optimal tillväxt vid 25-35°C (McDonald et al., 1991). Ju mer temperaturen avviker från den optimala för en viss mögelsvamp, desto mer fukt krävs för att tillväxt ska kunna ske, vilket illustreras i bild 1.

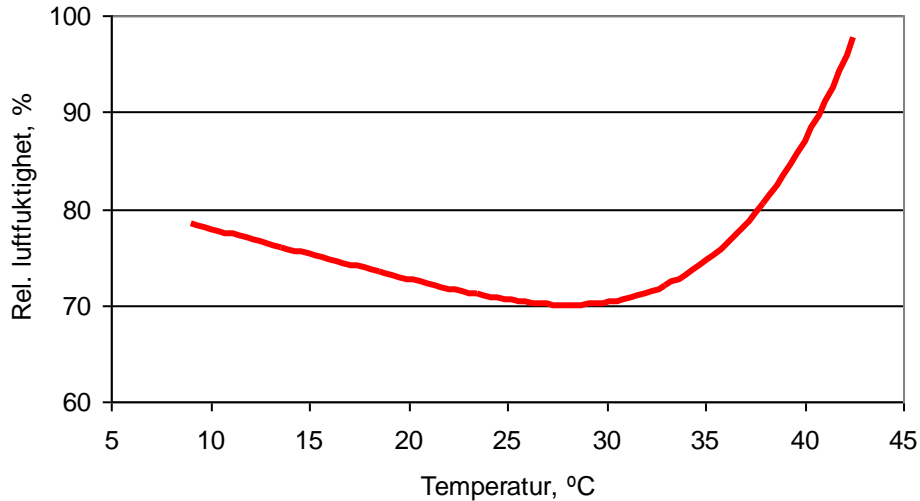


Bild 1. Principbild som visar hur mögelsvampars minimikrav på luftfuktighet varierar med temperaturen. Efter Lehmann, 1971

I ett tidigare projekt, finansierat av Stiftelsen Svensk Hästforskning, gjordes en ingående dokumentation av fuktighetsvariationer och mögeltillväxt i hö under vinterlagringen (Sundberg m.fl., 2008). I studien som omfattade tre gårdar under två lagringssäsonger, gjordes vid sex tillfällen under vintern en haltbestämning för olika släkter av mögelsvampar. Resultaten visade tydligt att den fukt som absorberas i hölagrets ytskikt under senhösten, relativt omgående leder till att mögelsvampar börjar växa till. Tillväxten skedde snabbt, och nådde redan i november nivåer som får betraktas som oacceptabla.

Resultaten från den ovan refererade studien visade tydligt på behovet att på något sätt skydda höet för uppfuktning. Ett i praktiken vanligt sätt att undvika uppfuktning och mögeltillväxt är att täcka ytlagret med halm, oftast i form av balar. Även om denna metod som regel ger ett bra resultat, anses den arbetskrävande och otymplig och är i första hand tillämplig i höpartier som ligger orörda under lång tid. I de flesta hölager sker emellertid uttagningen av fodret med frekventa intervall. Det är heller inte alltid halm finns att tillgå, på grund av till exempel begränsad spannmålsodling i regionen eller besvärliga skördeförhållanden vissa år. Halmen kommer också alltmer att efterfrågas som biobränsle. Mot denna bakgrund är alternativa metoder för att undvika mögeltillväxt av stort praktiskt intresse.

I Sverige var det tidigare vanligt att man för hand strödde ut salt på höet i samband med att det lagrades in. Såvitt känt gjordes emellertid då aldrig några regelrätta studier av vilken effekt detta skulle kunna ha på höets hygieniska kvalitet och/eller smaklighet. Under senare år har dock ett par försök gjorts i syfte att undersöka om salttillsats kan ge en hämmande effekt på mögeltillväxten under vinterlagringen (Rousell, 2005; Sundberg, 2008). Inte i något av dessa försök kunde emellertid någon effekt av saltningen på den hygieniska kvaliteten påvisas.

Förutom att ett alternativt täckmaterial ska ge önskad funktion med avseende på att begränsa tillväxten av mögelsvampar, finns ytterligare några önskemål som bör vara uppfyllda:

- Enkelt att lägga på och ta av
- Helst kunna användas under flera säsonger
- Rimligt pris
- Tillverkat av icke-organiskt material för att inte kunna utgöra substrat för mögelsvamparna

Syfte

Syftet med detta projekt har varit att undersöka om kommersiellt tillgänglig fiberduk som täckningsmaterial kan förhindra eller avsevärt begränsa uppfuktning och mögeltillväxt i hö under vinterlagring.

Genomförande

Försöken utfördes på en gård i södra Uppland under tre lagringssäsonger åren 2009-2012, i fortsättningen benämnt *försök 1-3*. På gården hanteras höet i form av småbalar som staplas in och torkas på hötork.

Alla tre försöksåren ingick följande försöksled:

- Täckning med tunn fiberduk, ca 100 g/m²
- Täckning med tjock fiberduk, ca 200 g/m²
- Kontroll, ingen täckning

I försök 2 kompletterades ovanstående led med ytterligare två försöksled, där de båda fiberdukarna från det första året återanvändes. Syftet med detta var att undersöka om det på grund av eventuellt kvarvarande mögelsporer finns kontamineringsrisker med att använda täckningsmaterialet under flera år. Mellan försöksåren förvarades de båda fiberdukarna skyddade i plastpåsar. Vid återanvändningen användes samma sida av dukarna mot höytan som i det första försöket.

I försöken användes två geotextilier i form av permeabla fiberdukar tillverkade av polypropen (Edilfloor Geodren, Italien). Geotextil används ofta vid markbyggnadsarbeten som markförstärkning eller för att separera olika fyllningsmaterial. Fiberdukar finns att tillgå i en mängd olika utföranden och material beroende på den specifika användningen. De dukar som användes i försöken hade en ungefärlig vikt på 100 respektive 200 g/m². Den tunna duken hör till standardsortimentet inom byggvaruhandeln och kostade när försöken genomfördes ca 10 SEK per m².

Höet i försöken bärgades alla försöksår i början av juli. Väderleken under förtorkningen i fält var genomgående gynnsam. Fläktarna i hötorken kördes fram till början av augusti. Den hygieniska kvaliteten på höet bedömdes samtliga år som god.

Alla tre åren riggades försöket i början av augusti. Vid riggningen staplades balarna som ingick i försöket om, så att en så torr höyta som möjligt skulle erhållas när försöket startade. Balarna stackades så att de på sidorna och undertill var omgivna av andra höbalar i lagret för att få direkt luftexponering endast ovanifrån. I varje försöksled ingick fem balar. I försöksleden med skyddstäckning veks fiberduken ned runt försöksbalarna till ungefär halva balhöjden.



Bild 2. Det första försöket 2009-2010 med fem balar vardera täckta med två fiberdukar av olika tjocklek, samt i mitten kontrolleddet utan skyddstäckning. Samma försöksdesign användes för det sista försöket 2011-2012.



Bild 3. I det andra försöket 2010-2011 ingick både nya och från föregående års försök återanvända fiberdukar.

I det första försöket placerades givare för temperatur och luftfuktighet (Rotronic HygroClip S, Rotronic AG, Basserdorf, Switzerland) i ytskiktet av höet i respektive försöksled. Givarna lades in ca 5 cm under balarnas överyta. Alla givarna var via kabel anslutna till loggrar (Rotronic HygroLog) vilka var programmerade att lagra mätdata varannan timme. En likadan givare monterades hängande ca 80 cm ovanför balstapeln för att mäta omgivningsklimatet i lagringsutrymmet. Till det andra och tredje försöket användes en nyare mätutrustning vad gäller både givare (Rotronoc HygroClip 2) och loggrar (Rotronoc HygroLog HL-NTP-P). I övrigt utfördes mätningarna på samma sätt som i försök 1.

Uttagning av prover för mikrobiell analys och bestämning av vattenaktivitet [A_w] gjordes genom att med en provbör borra ut minst 100 gram hö från balens ytskikt (ned till ca 5 cm djup).

Den första provtagningen av höet gjordes i direkt anslutning till riggning av försöken i början av augusti. Avsikten med dessa prover var att kvantifiera vilken initial halt av mögelsvampar och fukt som fanns i höet. Efter ca sex månaders ytterligare lagring bröts försöket och de fem balarna i varje försöksled provtogs. Tidpunkten för brytning var vald utifrån resultat från tidigare studier som indikerar att såväl vattenaktivitet som antal lagringssvampar i höets ytskikt ofta är som högst någon gång under senvintern (Roussel et al., 2004; Sundberg et al., 2008). Exakta datum för provtagningarna återfinns i tabell 1.

Tabell 1. Datum för provtagningar av höet i de tre försöken.

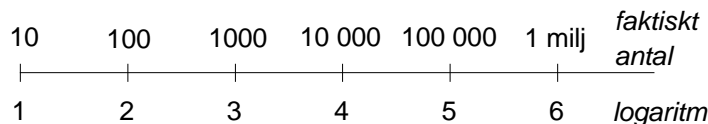
	Start	Avslut
År 1	6 augusti 2009	9 februari 2010
År 2	11 augusti 2010	2 februari 2011
År 3	9 augusti 2011	8 februari 2012

De mikrobiella analyserna omfattade haltbestämning av mögelsvampar av släktena *Aspergillus* spp, *Penicillium* spp, *Eurotium* spp samt *Wallemia* spp. Haltbestämning gjordes genom ytspridning av homogeniserat prov i 10-spädningar (w/w) i 0,1 % peptonsaltvatten på DG18-plattor (Oxoid, Basingstoke, England) i 25°C i 5 dygn. Antalet kolonibildande enheter räknades vid lämpliga spädningar och koncentrationen mögel i ursprungsprovet bestämdes. Med denna metod blir den lägsta halt som kan bestämmas 100 kolonibildande enheter per gram prov.

Förutom mikrobiell analys bestämdes i höproverna även vattenaktiviteten, vilket är ett mått på vattnets tillgänglighet för mikroorganismer i materialet. För att hämma en tillväxt av mögelsvampar bör vattenaktiviteten i höet helst ligga under värdet 0,7. Vattenaktiviteten bestämdes med ett instrument som använder kyldspegel-teknik för att finna daggpunktstemperaturen (AquaLab Series 3/4).

Såväl de mikrobiella analyserna som bestämningar av vattenaktivitet utfördes av Statens Veterinärmedicinska Anstalt (SVA) i Uppsala.

I mikrobiologiska undersökningar bestäms antalet kolonibildande enheter (CFU, Colony Forming Units) per gram prov av olika mikroorganismer. Eftersom mikroorganismer ofta förekommer i riklig mängd brukar halten som regel anges i logaritmsk form (10^{\log} CFU per gram). Sambandet mellan faktiskt antal och logaritmvärden framgår nedan.



Vid *medelvärdesberäkningar* av halter har de logaritmerade värdena använts. För halter som legat under detektionsgränsen (log CFU-värde <2 per gram) har då ett log CFU-värde på 1,0 använts. Vid *summering* har de faktiska antalen använts, varefter den erhållna summan logaritmerats.

Den statistiska analysen av data utfördes med hjälp av blandade linjära modeller i SAS (The Mixed Procedure), varvid signifikanta skillnader ($p < 0,05$; Tukey-Kramer) bestämdes.

Resultat

Temperatur och luftfuktighet

I bild 4 visas registrerade veckomedelvärden för temperatur i den omgivande luften i hölagret. Eftersom lagerlokalen utgjordes av en gles oisolerad byggnad återspeglar dessa registreringar ganska väl utomhusklimatet. Det första försöksåret kom vinterkylan i mitten av december och höll sedan i sig fram till försöket bröts. Det andra försöksåret blev det rejält kallt redan i slutet av november. Hela december var också mycket kylig, medan januari sedan blev mildare. Båda dessa vintrar kan karakteriseras som mycket kalla och snörika, vilket diskuteras ytterligare i slutet av denna rapport. Det tredje försöksåret var hösten och vintern jämförelsevis mild, och förutom alldeles i slutet av försöksperioden fanns inga längre perioder med stark kyla. Temperaturförhållandena under försöken och hur detta kan ha inverkat på resultaten tas upp mer ingående i diskussionsavsnittet.

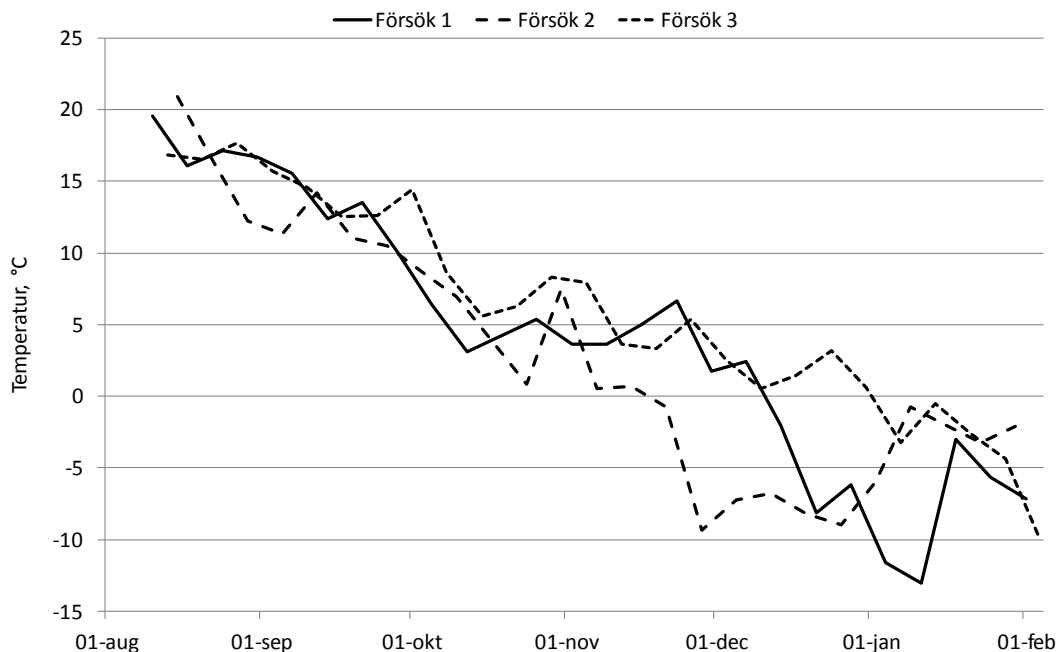


Bild 4. Veckomedelvärden för temperatur i den omgivande luften i hölagret under den tidsperiod lagringsförsöken pågick.

De temperaturer som uppmättes på ca 5 cm djup under höytan skiljde inte mellan försöksleden och följde väl temperaturen i omgivningen, om än med en viss eftersläpning. Någon separat redovisning av temperaturerna i höet görs därför inte här.

I bild 5 visas på motsvarande sätt veckomedelvärden för relativ luftfuktighet, dels i den omgivande luften och dels på ca 5 cm djup under höytan. För det sistnämnda redovisas inte resultaten för enskilda försöksled, eftersom det inte heller här fanns några tydliga eller konsekventa skillnader dem emellan.

Det övergripande mönstret från registreringarna av luftfuktigheten visar att den i omgivningen steg stadigt under hösten, för att sedan under en stor del av vintern ligga på runt 90 %. Under försök 1 var dock luftfuktigheten något lägre i början och mot slutet av försöksperioden jämfört med de två efterföljande försöken. I alla tre försök steg luftfuktigheten i höets ytskikt snabbt under hösten fram till omkring

november-december då kurvorna planade ut. Denna process skedde långsammare och till en något lägre nivå i försök 1, vilket troligen är en återspeglning av att omgivningsluften då var något torrare.

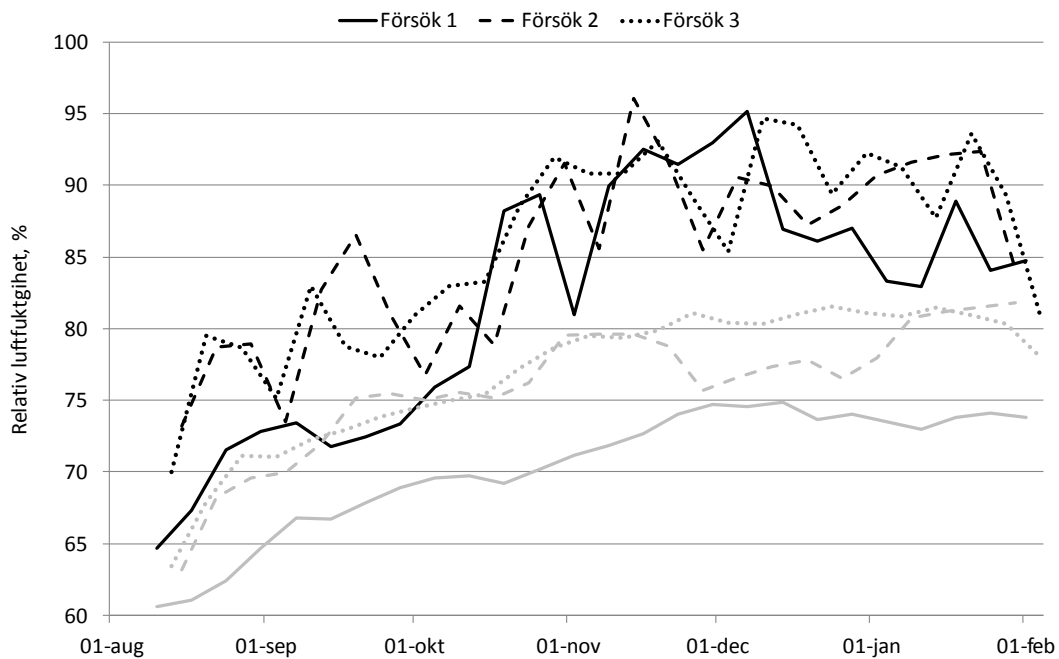


Bild 5. Veckomedelvärden för relativ luftfuktighet i den omgivande luften i hölagret (svarta linjer) samt i höets ytskikt (gråa linjer) under den tidsperiod lagringsförsöken pågick.

För den omgivande luften återfinns i tabell 2 motsvarande resultat som i graferna, men i en mer komprimerad struktur i form av tabulerade månadsmedelvärden.

Tabell 2. Månadsmedelvärden för relativ luftfuktighet och temperatur i hölagrets omgivningsluft.

	Försök 1	Försök 2	Försök 3
Temperatur, °C			
Augusti	17,4 ^a	16,8 ^b	16,9 ^c
September	13,6	11,6	14,0
Oktober	4,6	5,4	7,9
November	4,7	-0,9	5,3
December	-3,4	-8,0	1,6
Januari	-8,7	-2,7	-2,4
Relativ luftfuktighet, %			
Augusti	68,1 ^a	76,8 ^b	75,9 ^c
September	72,2	80,8	79,0
Oktober	82,1	82,4	85,9
November	90,9	90,4	90,8
December	91,4	88,9	91,0
Januari	84,7	90,3	91,0

a) från och med 7 augusti

b) från och med 12 augusti

c) från och med 10 augusti

Vattenaktivitet

I alla tre försöken var den initiala vattenaktiviteten (A_w) i höet vid försökets start i början av augusti ca 0,6, tabell 3. Detta visar på att höet då var väl nedtorkat och värdet understiger med god marginal den nivå där mögelsvampar kan börja växa till (A_w ca 0,7).

Tabell 3. Vattenaktivitet (A_w) vid lagringens början (initialt) och efter sex månaders lagring. Medelvärden för fem prover ur olika balar.

	Initialt	Efter sex månaders lagring				
		Tjock fiberduk	Tunn fiberduk	Utan täckning	Återanv. Tjock	Återanv. Tunn
Försök 1	0,61	0,80	0,79	0,80	-	-
Försök 2	0,59	0,79	0,80	0,79	0,79	0,78
Försök 3	0,59	0,77 ^a	0,79 ^b	0,81 ^c	-	-

Värden med olika bokstav inom samma rad är signifikant skilda ($p < 0,05$)

Vid försökens brytning i början av februari efter sex månaders lagring hade vattenaktiviteten genomgående stigit till ca 0,8. Varken i det första eller andra försöket fanns några signifikanta skillnader i vattenaktivitet mellan försöksleden. I det tredje försöket däremot, kunde signifikanta skillnaden mellan alla tre försöksleden konstateras.

Mikroflora i hö

Vid bearbetningen av analysresultaten utslöts en bal i det första försöket. Balen ingick i försöksledet täckt med den tjocka fiberduken. Enligt laboratoriepersonalen på SVA var detta prov avvikande jämfört med alla övriga. Vid odlingen växte *Penicillium*, men framför allt en mycket riklig mängd *zygomyceter*. Den senare är en mögelsvamp som finns i gräs, hö och ensilage. Denna kraftiga växt samt växten av *Penicillium* kan ha hämmat de andra mögelsvamparna, som alla lästes av till under 100 CFU/g ($\log \text{CFU} < 2$). Orsaken till denna avvikelse är oklar.

Resultaten av de mikrobiella analyserna för alla tre försöken finns redovisat i tabell 4, samt grafiskt i bild 6.

De initiala halterna av mögelsvampar när försöken inleddes i början av augusti var överlag mycket låga, oftast under detektionsgränsen 100 CFU/g. Eftersom de undersökta släktena tillhör gruppen lagringssvampar, är detta ett resultat som kan förväntas. I försök 2 och 3 kunde dock något förhöjda initiala halter av *Penicillium* konstateras. Under lagringen minskade sedan halterna i försök 2, medan de i försök 3 ökade något.

Resultaten av analyserna efter sex månaders lagring visade att skillnaderna mellan försöksleden i de flesta fall var små, och endast i ett fåtal fall statistiskt signifikanta.

Tabell 4. Halter av lagringssvamparna *Aspergillus*, *Penicillium*, *Eurotium* och *Wallemia* vid lagringens början (initialt) och efter sex månaders lagring. Medelvärden för fem prover ur olika balar om inte annat anges. Log CFU/g.

	Mögelsvamp	Initialt	Efter sex månaders lagring				
			Tjock ny fiberduk	Tunn ny fiberduk	Utan täckning	Återanv. Tjock	Återanv. Tunn
Försök 1	<i>Aspergillus</i> spp	<2	*3,05	2,34	2,94	-	-
	<i>Penicillium</i> spp	<2	*2,25 ^a	2,46 ^a	4,06 ^b	-	-
	<i>Eurotium</i> spp	<2	*1,25	1,00	1,72	-	-
	<i>Wallemia</i> spp	<2	*4,08 ^a	3,62 ^{ab}	2,58 ^b	-	-
	Summerat antal	<2	*4,14	3,69	4,14		
Försök 2	<i>Aspergillus</i> spp	<2	1,00	1,00	1,00	1,20	1,00
	<i>Penicillium</i> spp	2,86	1,86	1,66	1,56	2,04	1,94
	<i>Eurotium</i> spp	<2	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
	<i>Wallemia</i> spp	<2	1,32	1,72	1,72	1,00	1,20
	Summerat antal	<2	2,18	2,28	2,15	2,32	2,18
Försök 3	<i>Aspergillus</i> spp	<2	1,00	1,00	1,00	-	-
	<i>Penicillium</i> spp	3,80	4,06	4,14	4,46	-	-
	<i>Eurotium</i> spp	<2	1,40 ^a	1,72 ^a	3,48 ^b	-	-
	<i>Wallemia</i> spp	<2	4,28	3,66	4,60	-	-
	Summerat antal	<2	4,55	4,41	4,92		

Värden med olika bokstav inom samma rad är signifikant skilda ($p < 0,05$)

* Medelvärde för fyra balar

I det första försöket var halterna av *Penicillium* vid täckning med både tjock och tunn fiberduk signifikant lägre än i kontrolledet utan täckning. Däremot var halterna av *Wallemia* högre i de båda försöksleden med skyddstäckning, där dock endast skillnaden mellan ledet med tjock duk och kontrolledet var signifikant.

Det andra försöksåret kunde i princip ingen tillväxt av någon av de i studien undersökta lagringssvamparna konstateras i något av försöksleden.

Det tredje försöksåret noterades den kraftigaste tillväxten för de båda släktena *Wallemia* och *Penicillium*. Det fanns dock inga signifikanta skillnader mellan försöksleden. Däremot var tillväxten av *Eurotium* i kontrolledet signifikant högre än i de båda leden med skyddstäckning. Den registrerade halten var dock relativt måttlig.

När det gäller det summerade antalet av de fyra i studien undersökta släktena av mögelsvampar, fanns inga statistiskt påvisbara skillnader mellan försöksleden något av försöksåren.

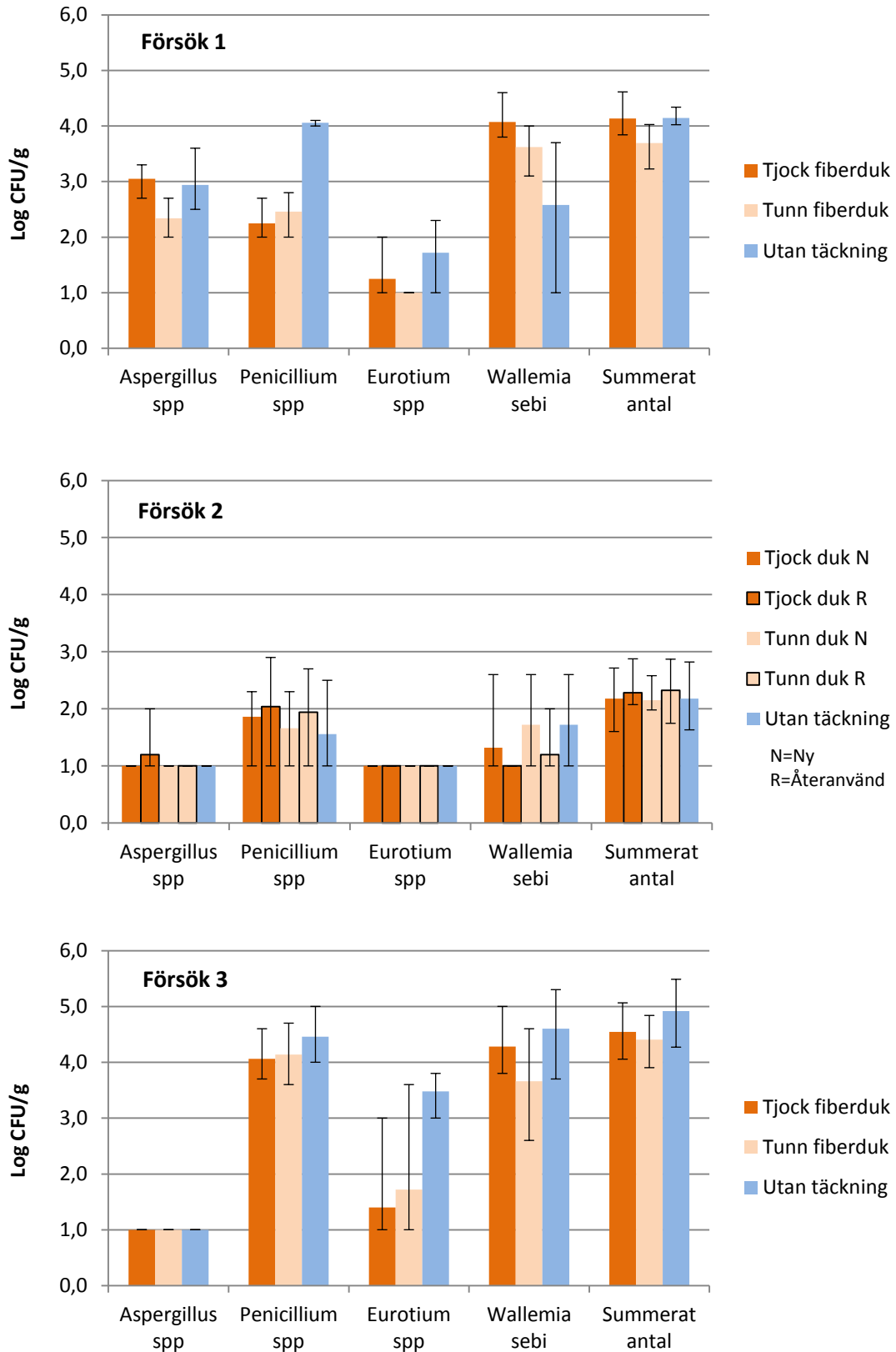


Bild 6. Halter av *Aspergillus* spp, *Penicillium* spp, *Eurotium* spp och *Wallemia* spp i höet efter sex månaders lagring. Medelvärden för fem prover ur olika balar, förutom i försöksledet med tjock fiberduk i försök 1 där en bal har uteslutits.

Diskussion

Tillväxten av lagringssvampar var i dessa tre försök betydligt måttligare i jämförelse med vad som konstaterades i den tidigare utförda tvååriga inventeringen på tre gårdar (Sundberg m.fl., 2008). En av dessa gårdar var densamma som den där de nu redovisade försöken genomfördes. Där konstaterades båda åren i inventeringen ett log CFU-värde på 6,9 för det summerade antalet mögelsvampar i mitten av februari. De släkter av mögelsvampar som bestämdes var desamma i båda studierna. I kontrollet utan skyddstäckning var i föreliggande studie motsvarande log CFU-värde i det första försöket 4,1, vilket innebär att det faktiska antalet var nästan tusen gånger lägre än i inventeringen. I försök 2 kunde i stort sett ingen tillväxt överhuvudtaget konstateras. För det summerade antalet mögelsvampar var log CFU-värdet 2,1. Det sista året (försök 3) var tillväxten kraftigare med ett log CFU-värde på 4,9, men fortfarande på en betydligt lägre nivå än i inventeringen.

Orsakerna till skillnaderna i mögeltillväxt mellan studierna kan inte helt klarläggas, men åtminstone för de två första försöksåren har sannolikt temperaturförhållandena haft stor betydelse. De två vintrarna när försök 1 och 2 genomfördes var i stora delar av Sverige ovanligt kalla, inte minst i Mälardalen där dessa försök med skyddstäckning utfördes. En majoritet av mögelsvampar trivs och tillväxer bra vid temperaturer mellan 10 och 30°C. I temperaturer över eller under detta intervall avtar tillväxten, och vid temperaturer under 5°C avstannar tillväxten för de flesta arter. En jämförande analys av temperaturförhållandena i höets ytskikt under de fem år som försöksdata har dokumenterats visas i bild 7 nedan.

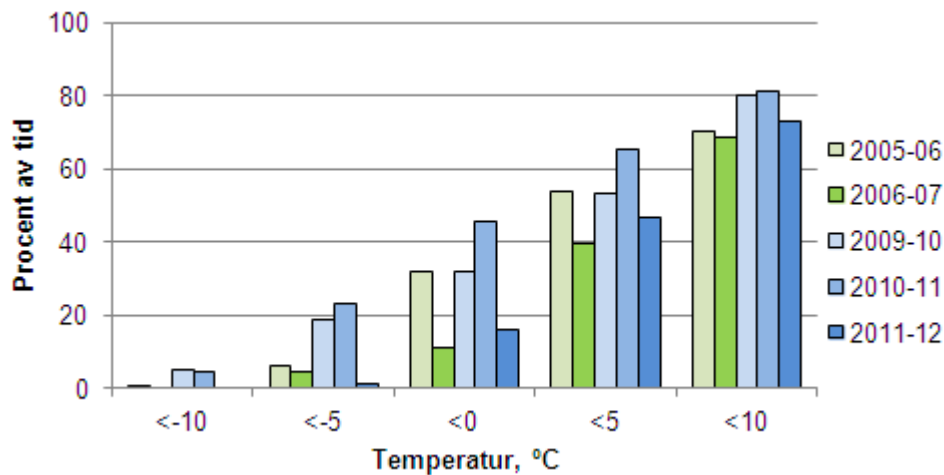


Bild 7. Procentandel av mätvärden under perioden 1 september till 31 januari som temperaturen i höets ytskikt (5 cm djup) understigit angivna nivåer. De tre sista lagrings-säsongerna avser de i denna rapport redovisade försöken, medan de två första avser tidigare utförda försök (Sundberg m.fl., 2008).

Man kan se att staplarna för försök 1 och 2 (2009-10 och 2010-11) i flera fall avviker från övriga år. Sålunda var temperaturen lägre än 10 °C under hela 80 % av den aktuella tidsperioden. Motsvarande värde för övriga försöksår var ca 70 %. Även när det gäller tider för temperaturer under både -5 °C och -10 °C var värdena högre i försök 1 och 2.

Temperaturförhållandena under de tre försöksåren framgår även i tabell 5, med månadsmedelvärden och normalvärden för Uppsala. De senare avser perioden 1961-1990, som är den nu gällande standardnormalperioden. Man ser här att medeltemperaturen under hela det sista kvartalet 2010 (försök 2) var under det normala. I försök 3 däremot, var medeltemperaturen högre än normalt för samtliga de månader som försöket pågick.

Tabell 5. Månadsmedelvärden för temperatur uppmätt i Uppsala under de tidsperioder försöken pågick. I kolumnen till höger anges normalvärden för temperatur i Uppsala under perioden 1961-1990, källa SMHI. Röd- respektive blåtoning indikerar att aktuellt månadsmedelvärde över- resp. understigit normalvärdet för månaden med minst 1 °C.

	Försök 1	Försök 2	Försök 3	Normal 1961-90
Augusti	16,9	16,2	16,9	15,2
September	13,2	11,2	13,4	10,9
Oktober	4,5	5,3	7,6	6,4
November	4,9	-1,1	5,1	1,2
December	-3,2	-7,9	1,6	-2,6
Januari	-8,6	-2,9	-2,4	-4,2

En förutsättning för att överhuvudtaget kunna bedöma effekten av en skyddstäckning, är att mögelsvampar växt till i det försöksled som inte täckts. Ur denna synvinkel var det därför olyckligt att två av de tre täckningsförsöken blev utförda under vintrar som varit ovanligt kalla och därmed hämmat mögelsvamparna. Som en konsekvens av den uteblivna mögeltillväxten i försök 2, går det heller inte att uttala sig om huruvida återanvändning av täckdukarna har någon negativ effekt på grund av återkontaminering.

Skyddstäckningen hade i dessa försök ingen entydig inverkan på tillväxten av mögelsvampar i höet. Skillnaderna mellan försöksleden var i de flesta fall små, och endast i ett fåtal fall statistiskt signifikanta. I de tre försöken gav täckningen med fiberduk endast i två fall minskad tillväxt av någon av de i studien undersökta släktena – ett år minskade tillväxten av *Penicillium*, ett annat år tillväxten av *Eurotium*. Å andra sidan registrerades ett år en ökad tillväxt av *Wallemia* i det försöksled som täckts med tjock fiberduk. Sammantaget bedöms de erhållna resultaten inte tillräckligt tydliga för att kunna rekommendera skyddstäckning med fiberduk som en metod att reducera tillväxten av mögelsvampar under vinterlagring.

Slutsatser

Under de förutsättningar som dessa försök genomfördes, kunde ingen entydig hämmande effekt på tillväxten av mögelsvampar påvisas vid skyddstäckning av hö med fiberduk under vinterlagringen. Fiberdukens tjocklek hade härvidlag inte någon inverkan på mögeltillväxtens omfattning. Risken för att återkontaminera höet vid återanvändning av fiberduk kunde inte fastställas, eftersom mögeltillväxten i princip helt uteblev i det försök där detta skulle undersökas.

Referenser

- Christian, J.H.B. 1980. Reduced water activity. In *Microbial Ecology of Foods. I. Factors Affecting Life and Death of Microorganisms*. J.H. Silliker, R.P. Elliott, A.C. Baird-Parker, F.L. Bryan, J.H.B. Christian, D.S. Clark, J.C. Olson, and T.A. Roberts (eds.). Academic Press, New York, s. 70-91.
- Jeppsson, R. 1980. Skultorkning. Luftmängdsbehov – Strömningsmotstånd – Energiåtgång. Meddelande 384. Jordbrukstekniska institutet, Uppsala.
- Lehmann, D. 1971. Verlustvorgänge und Schimmelbildung bei der Trocknung und Lagerung von Halmfutter. *Landtechnische Forschung* 19, 180-187.
- McDonald, P., Henderson, A.R. & Heron, S.J.E. 1991. *The Biochemistry of Silage*. Chalcombe Publications, Marlow, Bucks, UK, 152-155.
- Müller, C.E. 2007. *Wrapped Forage for Horses*. Doctoral Thesis No.2007:44. Swedish University of Agricultural Sciences, Uppsala.
- Nord-Bjerselius, U. & Pettersson, H. 2007. Mögel och mögelgifter i foder. Broschyr framtagen av SVA, SLU och Svensk Mjölk. (http://www.sva.se/upload/Redesign2011/Pdf/Djurh%C3%A4lsa/N%C3%B6tkreatur/1/mogel_och_mogelgifter_i_foder.pdf)
- Pitt, J.I. & Hocking, A.D. 1997. *Fungi and Food Spoilage*. Blackie Academic & Professional.
- Roussel, S., Reboux, G., Dalphin, J-C., Bardonnnet, K., Millon, L. & Piarroux, R. 2004. Microbiological evolution of hay and relapse in patients with farmer's lung. *Occup. Environ. Med.* 61: e3.
- Roussel, S., Reboux, G., Dalphin, J.C., Laplante, J.J. & Piarroux, R. 2005. Evaluation of salting as a hay preservative against farmer's lung disease agents. *Ann Agric Environ Med.*12(2), 217-221.
- Sundberg, M., Lindahl, C., Artursson, K. & Lundin G. 2008. Mögeltillväxt i hö under vinterlagring. JTI-rapport Lantbruk & Industri nr 363.
- Sundberg, M. 2008. Salttillsats i hö vid slåtter. Effekter på tillväxt av mögel-svampar under lagringen. JTI-rapport Lantbruk & Industri nr 366.

JTI – Institutet för jordbruks- och miljöteknik

Vi är ett tekniskt jordbruksinstitut med tydlig miljö- och energiprofil. Institutets fokus ligger på innovation och utveckling i nära samarbete med företag, organisationer och myndigheter.

På vår webbplats publiceras regelbundet notiser om aktuell forskning och utveckling vid JTI. Gratis mejlutskick av JTI:s nyhetsnotiser kan beställas på www.jti.se

På webbplatsen finns publikationer som kan läsas och laddas hem gratis. Se www.jti.se under fliken Publicerat.

Vissa publikationer kan beställas i tryckt form. För trycksaksbeställningar, kontakta publikationstjänst, tfn: 018-67 11 00, fax: 018-67 35 00, e-post: bestallning@jti.se



JTI – Institutet för jordbruks- och miljöteknik
Box 7033, 750 07 Uppsala
Telefon: 010-516 69 00, Telefax: 018-30 09 56
E-post: info@jti.se
www.jti.se