

# Applicering av ensileringsmedel vid slåtter

*Application of silage additives during moving*

Martin Sundberg  
Thomas Pauly

© **JTI – Institutet för jordbruks- och miljöteknik 2000**

Enligt lagen om upphovsrätt är det förbjudet  
att utan skriftligt tillstånd från copyrightinnehavaren  
helt eller delvis mångfaldiga detta arbete.

# Innehåll

Förord.....	3
Sammanfattning .....	4
Summary.....	5
Inledning .....	6
Tidigare studier.....	7
Syfte .....	8
Genomförande.....	8
Fördelningsjämnhet.....	8
Förändringar under förtorkning.....	10
Provtagning.....	11
Analyser och bestämningar.....	12
Resultat.....	12
Fördelningsjämnhet.....	12
Förändringar under förtorkning.....	13
Väderlek.....	13
Torkning.....	14
Förändring av aktiv substans .....	15
Diskussion.....	17
Slutsatser .....	18
Referenser .....	19
Bilaga 1 .....	20

## Förord

Vid användning av tillsatser för att styra upp ensileringsprocessen är det viktigt att de blir jämnt fördelade i fodret för att den förväntade effekten ska uppnås. En ojämn fördelning innebär att tillsatsmedlet inte utnyttjas optimalt, vare sig ur biologisk eller ekonomisk synpunkt. I de ensileringsystem där man inte använder hack för att bärga fodret, är det idag svårt att få en tillfredsställande inblandning av tillsatsmedlet. Om man i sådana system istället skulle kunna applicera preparatet i det stående beståndet direkt framför slätterkrossen, finns betydligt bättre förutsättningar för en jämnare fördelning. I denna rapport redovisas en studie som genomförts för att utvärdera de grundläggande förutsättningarna för att tillämpa ett sådant system.

Projektet har genomförts som ett samarbete mellan JTI – Institutet för jordbruks- och miljöteknik och institutionen för husdjurens utfodring och vård (HUV) vid SLU. Projektet har planerats av forskningsledare Martin Sundberg (JTI) tillsammans med forskare Thomas Pauly (HUV). Martin Sundberg har även haft det övergripande ansvaret för projektet. Försöksassistent Claes Jonsson vid JTI och försökstekniker Johan Andersson vid HUV har medverkat vid det praktiska genomförandet av försöken.

Projektet har finansierats med medel från Stiftelsen Lantbruksforskning. Till alla som på olika sätt bidragit till studiens genomförande framförs ett varmt tack.

Ultuna, Uppsala i juni 2000

*Lennart Nelson*

Chef för JTI – Institutet för jordbruks- och miljöteknik

## Sammanfattning

För att få förväntad effekt av ett ensileringsmedel är det viktigt att det är jämnt fördelat i grönmassan. I ensileringsystem där grödan bärgas med balpress eller lastarvagn appliceras tillsatsmedel normalt ovanpå strängen vid pickupen, vilket inte ger en tillfredsställande inblandning av medlet. Om man i sådana system istället kunde applicera preparatet i det stående beståndet direkt framför slätterkrossen, skulle förutsättningarna för en jämnare fördelning förbättras betydligt. Syftet med föreliggande studie var att klarlägga de grundläggande förutsättningarna för att tillämpa denna metod för applicering av ensileringsmedel.

Studien omfattade två delar. I den första undersöktes i vilken utsträckning applicering vid slätter kan ge en jämnare fördelning av tillsatsmedel i jämförelse med traditionell applicering vid pickupen i en press. I den andra delen undersöktes hur mängden aktiv substans för tre olika tillsatsmedel förändras under förtorkningen och om preparat med syror kan ge en snabbare förtorkning.

Till försöken användes en slätterkross där fyra munstycken hade monterats i den horisontella plåthuvu framför rotorerna. Under fältförsöken rådde en varm och torr väderlek.

I den första delen ingick två försöksled där en vattenlösning med svart färgpigment tillsattes antingen i slätterkrossen eller vid pickupen i samband med bärgningen med balpress. I varje led pressades två rundbalar. För bestämning av fördelningsjämnheten borrades två borrhärdar ut i varje bal. Från vardera borrhärd togs 10 små segment på 2 gram i obruten följd ut. Efter sköljning med vatten bestämdes koncentrationen av färgpigment i sköljvätskan genom att mäta absorbansen i en spektrofotometer. Utifrån detta beräknades sedan mängden märkvätska i proven uttryckt som liter per ton grönmassa. Som mått på fördelningsjämnheten beräknades variationskoefficienten för de tio proven i varje borrhärd.

Förändringarna under förtorkning studerades i två försök där tre tillsatsmedel applicerades vid slätter; myrsyra, blandning av myrsyra, propionsyra och ammoniak (*Promyr*, Perstorp AB) och mjölksyrabakterier (*Biophast*, Biotal Ltd.). Två gånger dagligen under tre dygn togs prov för bestämning av mängden aktiv substans (syror eller mjölksyrabakterier) samt torrsbstanshalt.

Applicering i balpress gav en variationskoefficient med avseende på fördelningsjämnhet som var ca 50 % högre än vid tillsättning framför slätterkrossen. Skillnaden mellan försöksleden var dock inte statistiskt signifikant.

I alla försöksled minskade såväl mängden syra som antalet mjölksyrabakterier i grönmassan mycket snabbt efter slätter. Redan efter cirka fem timmar hade halterna reducerats till ungefär hälften. Efter tre dygn återstod ungefär 20 % av den ursprungligen tillsatta mängden. Vid 40-45 % ts-halt (rekommenderas för balensilage) fanns mindre än 30 % kvar. I båda försöken torkade de båda leden med syratillsats långsammare än kontrolleret med mjölksyrabakterier.

Metoden att applicera tillsatsmedel med syror eller mjölksyrabakterier vid slätter kan bara rekommenderas vid mycket korta förtorkningstider, när fodret bärgas inom några få timmar efter slättern.

## Summary

It is important that silage additives are evenly distributed in the forage if the desired effects are to be obtained. In ensiling systems where forage is harvested by baler or loading-wagon, additives are normally sprayed on top of the swath during collection, a method that does not give satisfactory incorporation of the additives. An alternative method in such systems could be to apply the additive into the standing crop directly in front of the mower. This would considerably improve the conditions for uniform distribution of the additives. The aim of this study was to investigate the effectiveness of using this method for applying silage additives.

The study consisted of two parts. In the first part, an investigation was made of the extent to which application during mowing could give a more uniform distribution of additives in the grass compared with the traditional method of applying additives during baling. In the second part, the changes in active ingredients for three additives were studied during wilting. Furthermore, the effect of acids on drying rate was investigated.

In the experiments, a mower conditioner was used in which four spray nozzles were mounted in the horizontal metal hood in front of the rotary discs. The weather during the field experiments was warm and dry.

The first part of the study included two treatments, involving the spraying of an aqueous solution of black pigment either in the mower or above the pickup in the baler. For each treatment two round bales were pressed. Two core samples were taken from each bale to determine the uniformity of application. From each core, ten small consecutive segments (2 g) were taken. After rinsing the segments with water, the concentration of pigment in the rinsing water was determined by measuring the absorbency in a spectrophotometer. From this the amount of marking-solution in the samples was calculated as litres per ton fresh weight. As a measure for distribution uniformity, the coefficient of variation was calculated for the ten samples in each core.

Changes during wilting were studied in two experiments, where three silage additives were applied during mowing: formic acid; a mixture of formic acid, propionic acid and ammonia (*Promyr*, Perstorp AB); and lactic acid bacteria (*Biophast*, Biotal Ltd.). Twice daily during a period of three days, samples were taken for determination of the amount of active ingredients (acids or lactic acid bacteria) and dry matter content.

Regarding the distribution uniformity, baler application gave a 50 per cent higher coefficient of variation than application in the mower. However, the difference between treatments was not statistically significant.

In all treatments the amount of acid, as well as the number of lactic acid bacteria, decreased very rapidly after mowing with the values being reduced by approximately half after five hours. After three days about 20 per cent of the amounts initially added, remained. At 40-45 per cent DM (recommended for bale silage) there was less than 30 per cent left. In both experiments, the two treatments with acid based additives were found to dry more slowly than the control with lactic acid bacteria.

The method of applying additives with acids or lactic acid bacteria during mowing can be recommended only for very short wilting periods when the forage is collected within a few hours after mowing.

## Inledning

Under senare år har intresset för användning av tillsatsmedel vid ensilering ökat kraftigt. Detta kan ses som en naturlig följd i lantbrukarnas strävanden att mer oberoende av yttre förutsättningar kunna bereda ett ensilage med jämn och hög kvalitet, ur såväl hygienisk som näringsmässig synpunkt. En mindre lyckad ensilering ger sämre näringsvärde, vilket i sin tur för till lägre mjölkavkastning och/eller högre kraftfoderkostnader. Under ogynnsamma ensileringsförhållanden kan det dessutom ske en tillväxt av smörsyrabakterier (klostridier), vilket innebär ökade risker för prisavdrag på den försålda mjölken.

Avsikten med tillsättning av ensileringsmedel är främst att gynna mjölksyrbildningen samt att hindra tillväxt av oönskade mikroorganismer. I Sverige har myrsyra under många år varit det mest använda tillsatsmedlet. Ren myrsyra är emellertid både korrosivt och frätande, vilket gör användningen av preparatet mindre tilltalande. På senare år har därför den rena myrsyran fått stå tillbaka för nya preparat som inte är lika aggressiva. Även om användningen av olika syrabaserade preparat fortfarande dominerar, kan vi idag se en kraftigt ökad användning av så kallade biologiska tillsatsmedel. Detta gäller framför allt sådana som innehåller mjölksyrabakterier och/eller fibernedbrytande enzymer.

Oavsett vilken typ av tillsats som används är det naturligtvis viktigt att fördelningen i fodret blir så jämn som möjligt för att uppnå förväntad effekt. En ojämn fördelning innebär att tillsatsmedlet inte utnyttjas optimalt, vare sig ur biologisk eller ekonomisk synpunkt. De bästa möjligheterna till en jämn fördelning har man vid användning av hackar, där medlet tillsätts i utblåsningsröret efter hacktrumman. När fodret bärgas med lastarvagn eller balpress tillsätts medlet som regel ovanpå strängen vid pickupen, vilket ger betydligt sämre inblandning av tillsatsmedlet (Corporaal & van Schooten, 1989). I princip blir bara ovansidan av strängen behandlad. Detta problem blir naturligtvis mer påtagligt ju kraftigare strängen är. Den nuvarande utvecklingen med successivt ökande arbetsbredder vid slätter innebär således accentuerade problem med ojämn fördelning. En annan utvecklingstrend som försvårar effektiv användning av tillsatsmedel är den stadigt ökande användningen av pressar och lastarvagnar, medan användningen av exakt-hackar minskar.

En möjlighet att få en jämnare fördelning av tillsatsmedel i ensileringsystem med balpress och lastarvagn skulle kunna vara att tillsätta preparatet redan vid slåttern. Genom att applicera medlet direkt i det stående beståndet på hela arbetsbredden framför slätterkrossen, har man betydligt bättre förutsättningar för en jämn inblandning. Dessutom bör grönmassans passage genom maskinen, inte minst i krossorganet, medverka till att ytterligare förbättra fördelningen.

Att tillsätta ensileringsmedel vid slåttern skulle inte innebära några egentliga tekniska svårigheter. De frågor som uppstår är mer av biologisk-fysikalisk karaktär. Hur stor förbättring med avseende på jämnhet som erhålls i jämförelse med dagens system är naturligtvis *en* viktig fråga. Hur lämplig metoden är för olika typer av tillsatsmedel är en annan.

## Tidigare studier

Någon studie av hur teknik, tidpunkt m.m. för applicering av ensileringsmedel påverkar fördelningsjämnhet och/eller ensileringsresultat i ett långsträigt material har såvitt känt inte genomförts. Däremot finns en del studier redovisade inom närliggande områden som har viss relevans även i detta sammanhang.

Under 1970-talet utfördes en hel del försök med tillsatsmedel för konservering av fuktigt hö, framför allt i Storbritannien. I ett tidigt skede konstaterades då att penetreringen av preparatet i strängen blev otillfredsställande när det applicerades vid pickupen i samband med pressningen av balar (Klinner, 1976). Den ojämna fördelningen med denna teknik ansågs vara en förklaring till varierande resultat i försök och att det i fältförsök behövdes betydligt större preparatmängder än i laboratorieexperiment för att uppnå samma effekt (Lacey et al., 1978; Charlick et al., 1980). I en laboratoriestudie konstaterades att en ansamling av så lite som ett gram obehandlat hö var tillräckligt för att initiera en mögeltillväxt (Lord et al., 1981). För att undersöka möjligheterna att uppnå en jämnare fördelning genomfördes vid dåvarande NIAE i England ett relativt omfattande arbete. Det bästa resultatet erhöles med en speciellt framtagen ”vändare”, där preparatet applicerades i ett uttunnat materialflöde och med relativt stora droppar (Charlick et al., 1980). En liknande utrustning har även provats i Nederländerna vid försök med grönmassa för ensilage (Corporaal & van Schooten, 1989). Fördelningsjämnheten blev dock inte bättre än vid tillsättning i lastarvagn, och sämre än vid tillsättning i en hack.

I flera laboratorieförsök har behandling av vallgrödor med organiska syror gett en ökad torkningshastighet (Harris & Tullberg, 1980). Orsaken anses vara att syran förstör det tunna vaxlager som skyddar växterna från uttorkning. En snabbare torkning har också konstaterats i en del försök under praktiska fältförhållanden, men resultaten från fältförsöken har inte varit entydiga. I vissa fall har torkningen gått snabbare bara till en början, därefter till och med långsammare än i ett obehandlat material.

En annan effekt av organiska syror är att de kraftigt inhiberar växternas cellandning (McDonald et al., 1991). Cellandningen är en process som förbrukar lättlösligt socker och som ökar i intensitet ju fuktigare växtmaterialet är (Wood & Parker, 1971). Applicering av en syra redan vid slåtter skulle således kunna innebära att mer socker finns kvar vid inläggningen än om syran tillsätts efter förtorkningsperioden.

För att metoden med att applicera tillsatsmedel vid slåttern ska vara intressant, måste huvuddelen av mängden aktiv substans i medlet finnas kvar vid inläggningen. Härvidlag skulle flyktigheten hos framför allt de organiska syrorna kunna utgöra en begränsning för metodens användning. I ett försök där myr- och propionsyra applicerades i en gröda som fick stå kvar på rot efter behandlingen konstaterades en snabb minskning av syrakoncentrationen på växtmaterialet, efter två dygn fanns bara ca 20 % kvar (Pirkelmann, 1972). Några studier som belyser hur snabbt syra avdunstar när grönmassan förtorkas i sträng har emellertid inte återfunnits.

Endast ett försök med tillsats av mjölksyrabakterier i samband med slåtter har återfunnits i litteraturen (Spoelstra & Hindle, 1989). I fyra försök undersökte man hur antalet mjölksyrabakterier förändrades under förtorkning dels i grön-

massa där mjölksyrabakterier applicerats i stående gröda precis innan slåtter, dels i ett obehandlat kontrollad. Man konstaterade att antalet mjölksyrabakterier minskade snabbt i den inokulerade grödmassan, i genomsnitt 80 % reduktion per dygn. I kontrollad däremot noterades ett ökat antal under förtorkningen. I ett franskt försök applicerades mjölksyrabakterier i den stående grödan ett dygn före slåtter (Andreieu & Gouet, 1991). Vid skörden efterföljande dag hade antalet reducerats med en faktor 100.

## Syfte

Syftet med studien var att klarlägga de grundläggande förutsättningarna för att tillämpa ett system med applicering av ensileringsmedel vid slåttern. Studien omfattade två delar där följande frågeställningar behandlades:

I del 1 ”**Fördelningsjämnhet**” undersöktes i vilken utsträckning applicering vid slåtter kan ge en jämnare fördelning av tillsatsmedel i jämförelse med traditionell applicering vid pickupen i en press.

I del 2 ”**Förändringar under förtorkning**” undersöktes hur mängden aktiv substans för tre olika tillsatsmedel förändras under förtorkningen och om preparat med syror kan ge en snabbare förtorkning.

## Genomförande

Den gröda som användes i försöken var en gräsdominerad andraårsvall med ungefär lika andelar ängssvingel och timotej. Därutöver fanns en liten andel rödklöver, ca 5 %. Grödan var vid försöken ca 80-85 cm hög och avkastningen låg på drygt 6 ton ts/ha.

Timvisa värden på lufttemperatur, relativ luftfuktighet, nederbörd, vindhastighet och vindriktning registrerades under försöksperioden med en väderstation (Vicon) som var placerad på försöksfältet. Dessa väderdata kompletterades senare med timvisa medelvärden för globalstrålning från Ultuna meteorologstation, belägen ca 3 km från försöksfältet.

I försöken användes en slåtterkross med 280 cm skärvidd (Kverneland-Taarup 347). Krossen hade tallriksrotorer och en behandlingsrotor med fasta slagor. Strängplåtarna på krossen vinklades så att en sträng med ca 1,3 meters bredd erhöles. I plåthuvens horisontella del framför rotorerna monterades fyra munstycken av spegelspridartyp (Perstorp TK 1), bild 1. Munstyckena riktades bakåt, så att den solfjäderformade sprutduschen nådde fram ungefär till centrum på rotorerna. Vätsketillförseln fram till munstyckena ombesörjdes av en konventionell syrapump (Perstorp).

## Fördelningsjämnhet

Studier av fördelningsjämnheten gjordes i ett försök med slåtter den 14 juni. För att få möjlighet att mäta avsättningen på grödan användes i denna delstudie ett svart färgpigment (*Nigrosin WLF*, Bayer) upplöst i vatten. Två försöksled ingick:

1. Applicering i slåtterkross vid slåtter
2. Applicering i rundbalspress vid bärgning





*Bild 1. På slåtterkrossen som användes i försöken monterades fyra munstycken i plåthuven framför rotorbalen.*

På eftermiddagen slogs först två strängar à ca 80 m *utan* tillsättning av märkvätska. Därefter slogs två lika långa strängar *med* tillsättning av märkvätska i slåtterkrossen. Efter ca fyra timmar pressades två rundbalar i varje försöksled, med början i de strängar där märkvätska applicerats vid slåtern. Pressen som användes var av flexkammartyp (New Holland 644) och hade vid detta tillfälle inget skärverk inkopplat. Märkvätskan applicerades via två munstycken (Perstorp nr 2), monterade över pickupen med ett avstånd på ca 45 cm från varandra. Ambitionen var att genom anpassning av pumpflöde och körhastighet, få någorlunda lika dosering i båda försöksleden.

Efter märkning av balarna transporterades de till en försökshall för provtagning. Balarna var 1,2 meter breda och hade en diameter på 1,1 meter. För provtagningen användes en borrh med 40 mm diameter och borrhningen skedde genomgående till 25 cm djup. Ur mantelytan på varje bal togs först två borrhkärnor för att användas för bestämning av fördelningsjämnheten. Dessa borrhades dels på mitten av balen, dels ca 20 cm från gaveln. Borrhkärnorna stöttes ur borren direkt i avpassade plastslangar, vilket innebar att kärnans form och struktur kunde bibehållas. Även från motstående sida borrhades två borrhkärnor, en från mitten och en ca 20 cm från gaveln. Dessa två prov användes för att bestämma genomsnittlig mängd Nigrosin i grönmassan. Proven placerades i märkta plastpåsar och lades i frysskåp (-25°C).

Den genomsnittliga mängden Nigrosin i grönmassan bestämdes i de två hela borrhproven från varje bal. Strax före bestämningen av Nigrosin-avsättningen tillsattes destillerat vatten till de frusna proven motsvarande 3,5 gånger borrhkärnans vikt, som var mellan 70 och 120 g. Både provets och vattnets vikt noterades med 0,1 g noggrannhet.

I borrhproven för bestämning av fördelningsjämnheten avlägsnades först ca 2 cm från den del som varit belägen längst in i balen. Därefter togs 10 delprov på ca 2 g i obruten följd. Vid invägningen av proven tillsågs att mängden i varje delprov var

lika på 0,1 g när, samtidigt som vikten noterades med 0,01 g noggrannhet. Strax före bestämningen av mängd Nigrosin i delprovet tillsattes ca 7 g destillerat vatten till det frusna provet, vilket även här motsvarar 3,5 gånger delprovets vikt.

Provet knådades lätt i handen ca 10 sekunder varefter ca 10 ml av provvätskan filtrerades genom ett filterpapper (Munktell 00R). Provvätskans absorbans mättes i en spektrofotometer (*Ultrospec K 4053*, LBK Biochrom, Cambridge, England) med en liten flödeskyvett. Absorbansen mättes vid 570 nm, vilket är den våglängd där Nigrosin har sin maximala absorbans (Wretblad 1997). För varje prov gjordes 2-3 bestämningar. Som blankprov användes destillerat vatten. För att kunna korrigera för bakgrundsabsorbansen från grönmassan gjordes några mätningar på fryst grönmassa utan tillsats av Nigrosin. Med hänsyn tagen till spädningsgraden kunde sedan ett korrigerat värde på absorbansen ( $A$ ) i varje prov räknas fram:

$$A = A_p - A_g$$

$A_p$  = uppmätt absorbans i provet

$A_g$  = absorbans i grönmassa

På underlag av absorbansmätningar av fem lösningar med kända Nigrosin-koncentrationer, beräknas sedan en proportionalitetskonstant  $k$ . För att få ett mer praktiskt nära mått på mängden märkvätska i proven har mätvärdena räknats om så att resultaten uttrycks i liter märkvätska per ton grönmassa enligt följande:

$$Y = (A \cdot k \cdot m_v \cdot 1000) / (m_p \cdot N)$$

$Y$  = mängd applicerad märkvätska i provet (l/ton grönmassa)

$A$  = medelvärde av 2 – 3 absorbansvärden av ett prov

$k$  = proportionalitetskonstant = 0,05563 (Nigrosin (g/l) =  $k \cdot A$ )

$m_v$  = vikt av tillsatt vatten (g)

$m_p$  = provets vikt (g)

$N$  = märkvätskans koncentration av Nigrosin (g/l)

Fördelningsjämnheten av mängden applicerad märkvätska i de uppdelade borrhproven uttrycktes med hjälp av variationskoefficienter (VK). VK uttrycker standardavvikelsen i procent av medelvärdet. Medelvärden och VK från alla åtta uppdelade borrhprov bearbetades i en variansanalys för att avgöra om skillnaderna mellan tillsättningen i balpress och slåtterkross var statistiskt signifikanta. Borrhproven tagna från balens mitt respektive sida behandlades som två upprepade mätningar av experimentenheten (bal).

## Förändringar under förtorkning

I detta delförsök studerades tre ensileringsmedel:

Myrsyra, 85 % (Perstorp AB)

Promyr (Perstorp AB)

Mjölksyrabakterier (*Biophast*, Biotol Ltd.)

Promyr är ett syrabaserat ensileringsmedel som består av 45 % myrsyra, 21 % propionsyra och ca 6 % ammoniak. Tillsatsen av ammoniak innebär att man får en buffring av syrorna. Detta gör att preparatet blir mindre aggressivt samtidigt som syrorna inte blir så lättflyktiga. Syftet med att ha med detta preparat i studien

var att se om det buffrade medlet leder till en mindre preparatförlust under förtorkningen än ren myrsyra. Det biologiska preparatet innehåller tre typer av mjölksyrabakterier (*Lactobacillus plantarum*, *Pediococcus pentosaceus* och en *Propionibacter*-stam) samt en blandning av olika enzymer (polysackaraser) som bryter ned hemicellulosan i grönmassan till enkla sockerarter. I behandlingen med det biologiska preparatet tillfördes ca 100 000 ( $10^5$ ) mjölksyrabakterier per gram grönmassa.

Två omgångar genomfördes med slåtter den 10 respektive 14 juni. Försöksleden slogs i ordningen: mjölksyrabakterier, Promyr, myrsyra. För varje försöksled slogs en ca 80 m lång sträng med full skärbredd (280 cm) en bit in i beståndet. Detta för att få en remsa med stående gröda på ca en meter som skydd för eventuell vindavdrift mellan försöksleden, bild 2. Applicerad mängd vätska var vid det första slåttertillfället ca 11 gram per kg torrsbstans av grönmassa och ca 13 gram per kg torrsbstans vid det andra slåttertillfället. Tidsdifferensen för slåttarna mellan varje försöksled var 15-20 minuter.

Eftersom mjölksyrabakterier inte påverkar grönmassans torkningsegenskaper fick denna behandling utgöra kontrollen i torkningsdelen.



*Bild 2. Varje försöksled slogs med full skärbredd en bit in i beståndet. Detta för att få en remsa med stående gröda som skydd för eventuell vindavdrift mellan försöksleden*

## Provtagning

Prov togs två gånger dagligen under tre dygn, där den första provtagningen gjordes direkt efter slåtter av varje försöksled. Vid provtagningstillfällena togs två separata prov från strängen i varje försöksled, med ca 40 meters förskjutning mellan de två provplatserna.

Till varje prov samlades material från 2 till 2,5 meters längd av strängen ihop och placerades i en tunna. Med en 40 mm provborr borrades 6 proppar i cirkel ur tunnan, där varannan borrkärna ingick i ett prov för ts-bestämning och varannan i ett prov för bestämning av aktiv substans. Mellan varje provplats i en sträng lämna-

des ett avstånd på två meter för att säkerställa att provtagningen alltid skedde i orörd sträng. Proven placerades i plastpåsar som efter förslutning lades i en kylväska med frysklampor. Efter avslutad provtagning placerades de prov som skulle bestämmas med avseende på syrainnehåll i en frysbox. Proven i ledet med mjölksyrabakterier bereddes och sattes för odling samma kväll som proven tagits. De prov som tagits på förmiddagen förvarades fram till dess i kylskåp.

## Analyser och bestämningar

### *Torrsubstanshalt*

Bestämning av torrsubstanshalt gjordes genom torkning vid 105°C under tre timmar i ventilerat torkskåp. Mängden torrsubstans i proven var som regel mellan 30 och 60 g.

### *Mjölksyrabakterier*

Ett representativt prov på 30 g grönmassa invägdes i en Stomacher-påse och 270 g autoklaverad Ringer-lösning tillsattes (spädning 1:10). Provet knådades därefter i 120 s i en Stomacher (*modell 3500*, Seward Medical Ltd., London). Från varje prov gjordes en spädningsserie upp till  $10^{-5}$  och från varje spädning mellan  $10^{-2}$  och  $10^{-5}$  gjordes två agarplattor (åtta plattor/prov). Odlingsmediet var Rogosa-agar (Merck 1.05413) med tillsats av sterilfiltrerad ättiksyra som sänkte pH till 5,5. På varje platta ingöts 1 ml av spädningvätskan i ca 20 ml varm agar. Efter tre dagars odling vid 30°C räknades antalet kolonier på plattorna. Beräkningen av antalet mjölksyrabakterier gjordes enligt Niemelä (1983). Antalet enterokocker, en grupp tarmlevande mjölksyrabakterier, kan inte bestämmas med denna analysmetod.

### *Syror*

Innehållet av myr- och propionsyra bestämdes i pressvattnet från grönmasseproven (ca 40 g). För att få fram pressvatten från de torrare proven tillsattes destillerat vatten motsvarande hälften av provets vikt när ts-halten var över 30 %, 75 % av provets vikt när ts-halten var över 35 %, 100 % av provets vikt när ts-halten var över 45 % och 133 % av provets vikt när ts-halten var över 60 % (max 68 % ts). Koncentrationen av myr- och propionsyra i pressvattnet bestämdes med HPLC (high-performance liquid chromatography). För närmare analysbeskrivning, se Rammer (1996).

## Resultat

### Fördelningsjämnhet

Analyserna av de *hela* borrhärderna visade på ett innehåll av märkvätska på mellan 1,3 och 3,4 l per ton grönmassa, tabell 1. I jämförelse med dessa värden låg de *uppdelade* borrhärderna i genomsnitt knappt 0,4 l/ton högre, tabell 2. Skillnaden kan bero på att endast mellan 17 och 29 % av hela borrhärderna analyserades i de uppdelade proven och att jämförelsen baseras på endast åtta borrhärderna. Av tabell 1 framgår också att en något större mängd märkvätska i båda försöksleden återfanns i mitten på balen än ca 20 cm från gaveln.

Tabell 1. Mängden märkvätska (l/ton) och dess fördelning i grönmassan. Varje värde representerar ett borrhprov.

	Balpress				Slätterkross			
	bal 1		bal 2		bal 3		bal 4	
	mitt	sida	mitt	sida	mitt	sida	mitt	sida
Hela borrhprov	2,4	1,8	3,4	2,3	3,3	1,7	2,6	1,3
Uppdelade borrhprov								
- medelvärde	3,4	2,3	3,1	2,6	3,5	2,2	2,7	2,0
- variationskoefficient	48	45	27	64	24	25	27	46

Inte något av de analyserade småsegmenten på 2 gram var helt utan märkvätska, tabell 2. Som lägst återfanns motsvarande 0,8 liter per ton grönmassa i ett av segmenten efter tillsättning i balpressen och 1,0 liter per ton efter tillsättning i slätterkrossen. Analyserade mängder märkvätska i småsegmenten redovisas i bilaga 1.

Tabell 2. Mängden märkvätska (l/ton) och dess fördelning i grönmassan. Jämförelse mellan tillsättning i balpress och slätterkross ( $n = 4$  för hela borrhprov,  $n=40$  för uppdelade borrhprov).

	Balpress	Slätterkross	Skillnad	LSD *
Hela borrhprov	2,47	2,23	0,24	1,1
Uppdelade borrhprov				
- medelvärde	2,86	2,58	0,28	0,5
- min	0,8	1,0		
- max	6,4	5,4		
- variationskoefficient	45,8	30,4	15,4	23,7

\* LSD anger den minsta skillnaden som krävs för att två medelvärden ska skilja sig signifikant från varandra ( $p < 0,05$ ).

Variationskoefficienterna i tabell 2 visar att märkvätskan verkar vara jämnare fördelad vid tillsättningen i slätterkrossen än i balpressen. Skillnaden är dock inte statistiskt signifikant ( $p < 0,05$ ). Det framträdde inte några typiska mönster i hur mängden märkvätska varierade mellan de intilliggande segmenten inom borrhkärnorna, utan avvikelserna från borrhprovets medelvärde verkade vara slumpmässiga, se bilaga 1.

## Förändringar under förtorkning

### Väderlek

Hela försöksperioden karakteriserades av en varm, torr och övervägande solig väderlek, bild 3. Ingen nederbörd föll under de två försöksomgångarna. Däremot kom drygt 8 mm regn dagen innan den första omgången slogs, vilket innebar att det i början av detta försök fanns en del markfukt som kan ha hämmat torkningen något. Grödan var heller inte helt torr vid slättertillfället.

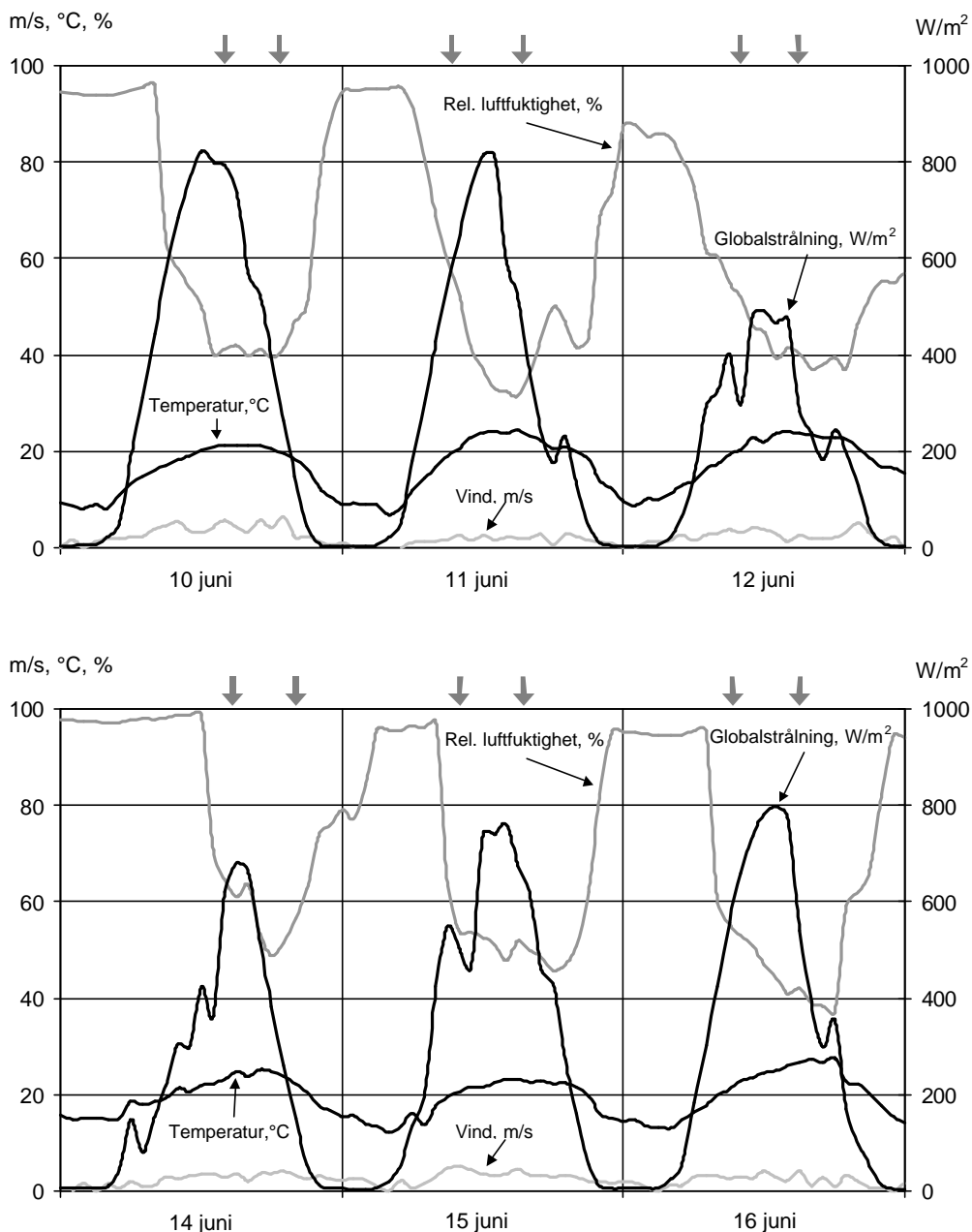


Bild 3. Väderleken under de två försöksomgångarna. Pilarna i överkant på diagrammen visar tidpunkter för provtagning.

## Torkning

Torkningsförloppen i de båda försöksomgångarna redovisas grafiskt i bild 4. Den gynnsamma väderleken återspeglas i en snabb ökning av ts-halten i båda försöken, redan ett dygn efter slätter hade den ökat till 40-45 %.

Av bilderna framgår att i båda försöken är skillnaden mellan de tre försöksleden relativt liten fram till och med den tredje provtagningen (ca ett dygn efter slätter). Därefter divergerar försöksleden något, där de båda leden med syror torkat långsammare än det med mjölksyrabakterier (inokulant). Detta mönster är tydligare i den andra omgången än i den första. Man kan också se att rangordningen mellan leden med myrsyra och Promyr är omkastad mellan de båda försöksomgångarna.

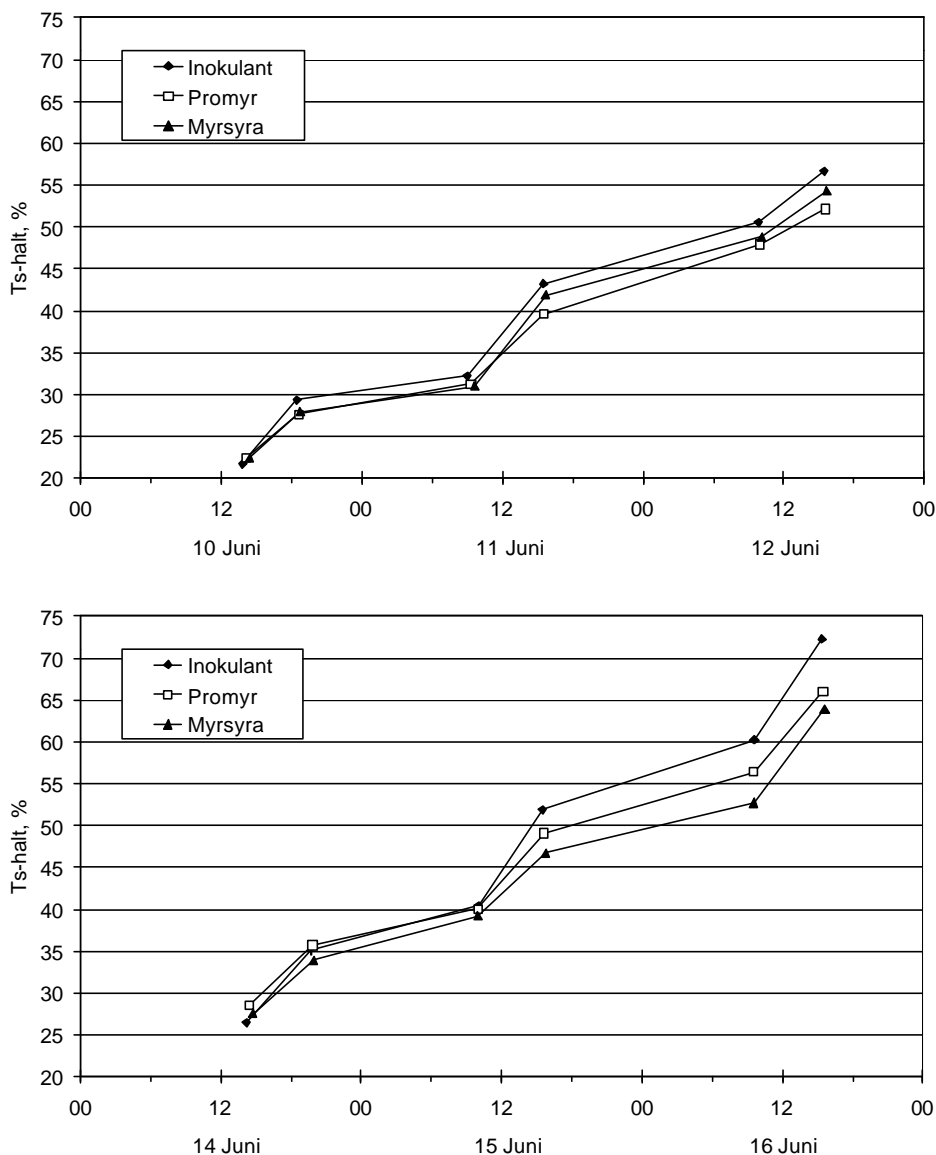


Bild 4. Torkningsförlopp i de båda försöksomgångarna. Varje markering representerar ett värde för två prov.

### Förändring av aktiv substans

För både syror och mjölksyrabakterier gjordes bestämningarna med avseende på mängd (antal) per gram *färskt* material. Eftersom ts-halten hela tiden förändras under torkningen, är färskvikten ingen relevant bas för jämförelser. Resultaten har därför räknats om till mängd (antal) per gram *torrsubstans*. Av praktiska skäl användes då de ts-halter som vid samma provtagningstillfälle bestämts i torkningsdelen.

Hur mängden aktiv substans förändrats under förtorkningen i de båda försöken framgår av bild 5. Eftersom de absoluta mängderna i detta sammanhang är av underordnat intresse, har vi valt att uttrycka förändringen i hur mycket som finns kvar i procent av ursprunglig mängd. Med ursprunglig mängd menas här den som registrerats vid den första provtagningen direkt efter slätter.

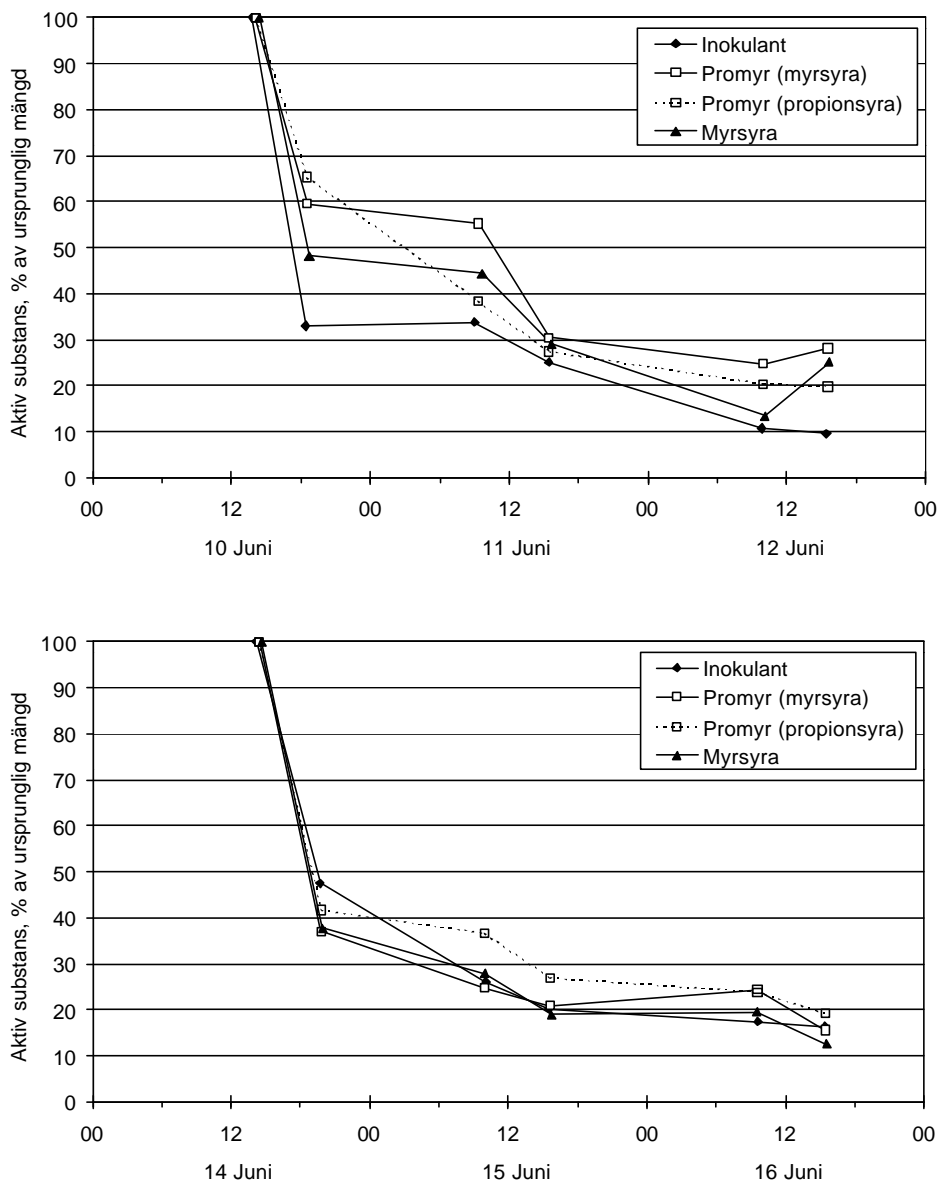


Bild 5. Förändringar av aktiv substans i de båda försöksomgångarna. Varje markering representerar ett medelvärde för två prov.

Resultaten visar att mängden aktiv substans genomgående minskade mycket snabbt efter slätter. I den andra försöksomgången var det överlag mycket liten skillnad mellan försöksleden. Redan vid den andra provtagningen, ca 5 timmar efter slätter, fanns mindre än hälften av de ursprungliga mängderna kvar i grönmassan. Även om det fanns en större variation mellan försöksleden i början av den första omgången, var huvuddragen i förändringarna ändå likartade i båda omgångarna. Efter tre dygn hade mängderna överlag minskat till nedåt 20 %.

Ett annat sätt att uttrycka resultaten är att sätta ts-halten som oberoende variabel istället för tiden, bild 6. Man ser då att när väl den initiala skillnaden på grund av olika ts-halt vid slätter jämnats ut, ligger alla försöksled relativt väl samlade. Man kan se att vid en ts-halt på 40-45 %, den förtorkningsgrad som rekommenderas vid balensilering, fanns endast ca 30 % av de aktiva substanserna kvar.



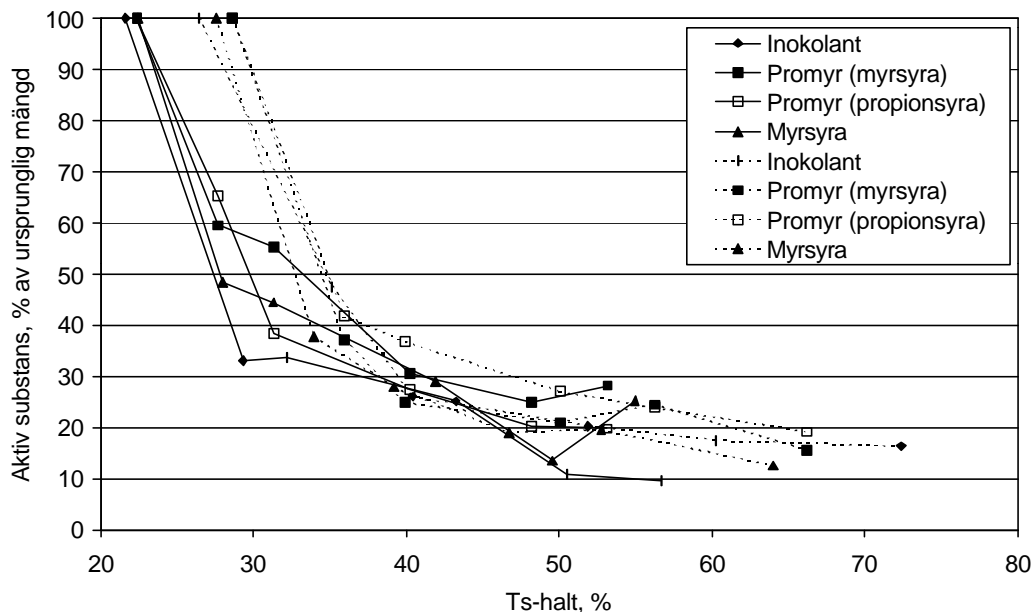


Bild 6. Förändringar av aktiv substans i de båda försöksomgångarna som funktion av ts-halt. Varje markering representerar ett medelvärde för två prov. Heldragna linjer avser den första försöksomgången medan de streckade avser omgång två.

## Diskussion

Jämförelsen av fördelningsjämnheten mellan tillsättningen av märkvätska i balpressen eller i slätterkrossen visade på en större variation i grönmassan från balpressen än i grönmassan från slätterkrossen. Skillnaden var dock inte statistiskt signifikant och måste därför tydas med försiktighet. I förhållande till genomsnittlig mängd märkvätska i respektive försöksled, var den lägsta mängden som hittades i något av de segmenterade proven 71 % lägre för ledet med balpress och 62 % lägre för ledet med slätterkross. När det gäller den största återfunna mängden var den 122 % större för ledet med balpress och 110 % större för ledet med slätterkross. Den maximala avvikelser kring medelvärdena var således asymmetrisk för båda försöksleden.

Varför mer märkvätska hamnade i mitten av balarnas mantelyta än på dess sida har inte fastställts, men kan bero på ojämnheter i flöde mellan munstyckena och/eller en effekt av överlappning av sprutduschen från de olika munstyckena.

Åtminstone efter ca ett dygn erhöles i båda förtorkningsförsöken snabbare torkning i kontrolleret än i de båda leden med syror. Orsaken till detta har inte klarlagts i dessa försök, men samstämmiga resultat finns redovisade från ett brittiskt försök med myrsyra (Jones, 1990). I torkningsförsök med gräs visade Jones att vattenavgången sker snabbare från en intakt planta än när blad och strå skiljs och torkas separat. Detta beror på att man normalt har en transport av vatten från strået till bladen under torkningen. När grödan behandlas med syra dör bladen av snabbare, vilket hindrar denna interna vattentransport i växten. Även om bladen således torkar snabbare efter en syrabehandling, försvåras vattenavgången från strået så pass mycket att växten som helhet torkar långsammare. Denna effekt är inte omedelbar utan uppstår när bladen vissnat, alltså när torkningen fortgått en tid – vilket mycket väl överensstämmer med resultaten i denna studie. Vad som orsakar att rangordningen för myrsyra och Promyr kastats om mellan de två försöken har vi dock ingen förklaring till.

En vanlig rekommendation för tillsatser med mjölksyrabakterier är att de bör tillföras i en mängd på minst 100 000 ( $10^5$ ) per gram grönmassa. Om de tillförs vid slåtter måste man därför, om man vill leva upp till denna rekommendation, kompensera för den reduktion av antalet som sker under förtorkning. Resultaten visar att beroende på hur långt förtorkningen ska drivas kan dosen behöva ökas två till fem gånger, vilket innebär merkostnader. Man måste dock vara medveten om att väderleken, och därmed miljön i strängen, påverkar livsvillkoren för mjölksyrabakterierna. I detta sammanhang ska påpekas att man i de tidigare refererade holländska försöken (Spoelstra & Hindle, 1989), som huvudsakligen genomfördes under fuktiga väderbetingelser, erhöll mycket snarlika resultat.

Kommersiellt saluförs många olika typer av mjölksyrabakterier för ensilering. En egenskap som kan skilja mellan dessa är osmotoleransen, dvs. hur snabbt tillväxten avtar vid minskad vattentillgång. Om mjölksyrabakterier ska tillsättas vid slåtter bör det vara en fördel att använda stammar med hög osmotolerans. Denna egenskap är dock inget som anges i varudeklarationen för produkten. Hur pass osmotoleranta de mjölksyrabakterier som användes i denna studie var är inte heller känt.

Även för preparat med syror finns rekommendationer om hur stor dosen bör vara. På samma sätt som med mjölksyrabakterier, måste man vid användning av syrabaserade preparat vid slåtter öka dosen för att kompensera för den avdunstning som sker under förtorkningen. En nackdel med stora mängder syra är dock att mjölksyrabakterierna kan hämmas. Principen att tillsätta syror vid slåtter kan emellertid ge andra fördelar. Eftersom syror dödar växtcellerna, upphör respirationen (cellandningen) i en stor del av växtmassan. Vid respirationen förbrukas socker i växterna. Mer socker kommer således att finnas kvar som näring till mjölksyrabakterierna vid ensileringen. Syror har också en god effekt mot många oönskade mikroorganismer, exempelvis enterobakterier, vilket ger ett bättre utgångsläge för ett lyckat ensileringsresultat. Ytterligare en positiv effekt är att syrorna hämmar proteinnedbrytningen, vilket i slutändan kan ge ett bättre proteinutnyttjande i utfodringen. Dessa aspekter på syratillsättning vid slåtter har inte undersökts i studien.

## Slutsatser

Applicering i balpress gav en variationskoefficient med avseende på fördelningsjämnhet som var ca 50 % högre än vid tillsättning framför slåtterkrossen. Skillnaden mellan försöksleden var dock inte statistiskt signifikant.

Under de betingelser som rådde under försöken minskade såväl syramängd som antalet mjölksyrabakterier under förtorkningen snabbt och med likartad hastighet. Buffring av syrorna med ammoniak minskade inte avdunstningshastigheten av syra.

Metoden att applicera tillsatsmedel med syror eller mjölksyrabakterier vid slåtter kan bara rekommenderas vid mycket korta förtorkningstider, när fodret bärgas inom några få timmar efter slåtern. Även då bör dock dosen ökas något.

Applicering av syror vid slåtter gav en långsammare förtorkning, troligen på grund av att den interna vattentransporten i växten från strå till blad upphör.

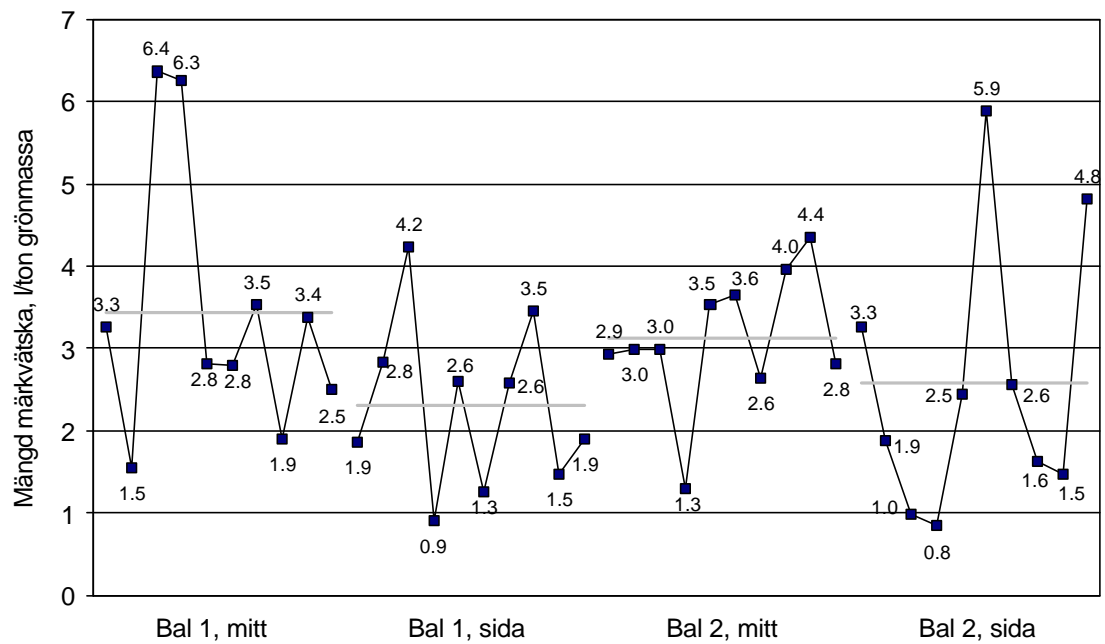
## Referenser

- Andreieu, J-P. & Gouet, J. 1991. Variations and modifications of epiphytic microflora on standing crops and after their harvest for silage. *Landbauforschung Völkenrode, Sonderheft 123*, 287-289.
- Charlick, R. H., Holden, M. R., Klinner, W. E. & Shepperson, G. 1980. The use of preservatives in haymaking. *Journal of Agricultural Engineering Research 25*, 87-89.
- Corporaal, J. & van Schooten, H. A. 1989. Verdeling van toevoegmiddelen bij het inkuilen van gras (*Distribution of additives in making grass silage*). Report no. 117. Proefstation voor de Rundveehouderij, Lelystad, Nederlanderna.
- Harris, C. E. & Tullberg, J. N. 1980. Review paper. Pathways of water loss from legumes and grasses cut for conservation. *Grass and Forage Science 35*, 1-11.
- Jones, L. 1990. The effect of formic acid on the rate of water loss from cut grass and lucerne. *Grass and Forage Science 45*, 83-90.
- Klinner, W. E. 1976. Mechanical and chemical field treatment of grass for conservation. NIAE Report no. 21, Silsoe, UK.
- Lacey, J., Lord, K. A., King, H. G. C. & Manlove, R. 1978. Preservation of baled hay with propionic and formic acids and a proprietary additive. *Annals of Applied Biology 88*, 65-73.
- Lord, K. A., Cayley, G. R. & Lacey, J. 1981. Laboratory application of preservatives to hay and the effects of irregular distribution on mould development. *Animal Feed Science and Technology 6*, 73-82.
- McDonald, P., Henderson, N. & Heron, S. 1991. The biochemistry of silage. Second edition. Cambrian Printers Ltd, Aberystwyth, UK.
- Niemelä, S. 1983. Statistical evaluation of results from quantitative microbiological examinations. Nordisk Metodik-Kommitté för Livsmedel (NMKL), c/o Statens Livsmedelsverk, Uppsala. 31 sidor. ISSN 0281-5303.
- Pirkelmann, H. 1972. Die chemische Desikkation von Halmfutter im stehenden Bestand. *Das wirtschaftseigene Futter 18*, 140-153.
- Rammer, C. 1996. Quality of grass silage infected with spores of *Clostridium tyrobutyricum*. *Grass and Forage Science 5*: 88-95.
- Spoelstra, S. F. & Hindle, V. A. 1989. Influence of wilting on chemical and microbial parameters of grass relevant to ensiling. *Netherlands Journal of Agricultural Science 37*, 355-364.
- Wood, J. G. M. & Parker, J. 1971. Respiration during the drying of hay. *Journal of Agricultural Engineering Research 16*, 179-191.
- Wretblad, P. 1997. Fördelning av sprutvätska i spannmåls- och potatisbestånd med fyra olika appliceringstekniker. SLU, Institutionen för lantbruksteknik, Uppsala. Rapport nr 223.

## Bilaga 1

Analyserade mängder märkvätska i 2 g segment från delade borkkärnor. De horisontella grå linjerna i diagrammen visar medelvärden för alla tio segment i en borkkärna.

## Applicering i balpress



## Applicering i slätterkross

