



Effekt av spannmålsgröda, skördetidpunkt och tillsatsmedel på foderkvaliteten hos helsäd

*Effects of plant species, stage of maturity and additive on the
feeding value of whole crop cereals*

Elisabet Nadeau



Sveriges Lantbruksuniversitet
Institutionen för husdjurens miljö och hälsa
Avdelningen för produktionssystem

Skara 2004

Rapport 6

*Swedish University of Agricultural Sciences
Department of Animal Environment and Health
Section of Production Systems*

Report 6

ISSN 1652-2885



Effekt av spannmålsgröda, skördetidpunkt och tillsatsmedel på foderkvaliteten hos helsäd

Effects of plant species, stage of maturity and additive on the feeding value of whole crop cereals

Elisabet Nadeau



Sveriges Lantbruksuniversitet
Institutionen för husdjurens miljö och hälsa
Avdelningen för produktionssystem

Skara 2004

Rapport 6

*Swedish University of Agricultural Sciences
Department of Animal Environment and Health
Section of Production Systems*

Report 6

ISSN 1652-2885

FÖRORD

Detta arbete ingår i ett riksomfattande forskningsprogram om helsäd, som belyser hela kedjan från odling till utfodring och produktion, med syfte att öka kunskapen om helsäd som fodermedel samt att skatta viktiga smältbarhetsparametrar för helsäd genom att använda olika metoder. Resultat från forskningsprogrammet redovisades vid Jordbrukskonferensen, SLU Uppsala, den 23-24 november 2004 och artiklar har skickats in till "International Silage Conference" den 3-6 juli 2005. Syftet med detta delprojekt var att kunna skapa rekommendationer för val av spannmålsgröda, skördetidpunkt och tillsatsmedel vid odling och ensilering av helsäd. Vomnedbrytning av fiber och torrsubstans i helsädesensilage från samma försök redovisas som ett 20 poängs examensarbete med titeln "Vomnedbrytningsprofil av fiber i helsäd – effekt av gröda, skördetidpunkt och metodik" av Susanne Bååth Jacobsson (2005). Projektet finansierades av Stiftelsen lantbruksforskning, Agroväst och SLU.

Ett varmt tack riktas till alla, som medverkat i projektet. Stort tack till Rolf Tunared och övrig personal vid Lanna försöksstation, SLU Skara, för er skicklighet i utförande av fältförsök samt till Roland Svanberg och Leif Brohede, AnalyCen AB, Lidköping för er stora samarbetsvilja och engagemang i projektet. Tack också till mina arbetskamrater vid avdelningen för produktionssystem, institutionen för husdjurens miljö och hälsa, och avdelningen för precisionsodling, institutionen för markvetenskap, SLU, för ett gott samarbete vid skörd och ensilering. Sist ett tack till Per Lingvall, avdelningen för fodervetenskap, och till Börje Ericson, Kungsängens forskningslaboratorium, institutionen för husdjurens utfodring och vård, SLU, för gott samarbete.

Skara i december 2004

Författaren

INNEHÅLLSFÖRTECKNING

SAMMANFATTNING	7
INLEDNING	9
Gröda och utvecklingsstadium	9
Ensilering	10
Syfte	10
MATERIAL OCH METODER	11
Sådd och skörd	11
Ensilering	12
Analyser	13
Statistisk analys	14
RESULTAT OCH DISKUSSION	15
Avkastning och näringsinnehåll	15
Fermentationsprodukter	20
Proteinnedbrytning	22
SLUTSATSER	25
SUMMARY	27
REFERENSER	29

SAMMANFATTNING

Till vår kännedom finns endast ett fåtal försök utförda, i vilka man samtidigt har studerat effekter av gröda, skördetidpunkt och tillsatsmedel på helsädens fodervärde. Dessutom har många försök utförts i bl.a. Canada och USA, där klimatet är annorlunda från de nordiska förhållandena. Syftet med detta försök var att kunna skapa rekommendationer för val av spannmålsgröda, skördetidpunkt och tillsatsmedel vid odling och ensilering av helsäd inom stora delar av norra Europa.

Försöket utfördes under två växtodlingssäsonger, 2002 och 2003, på Lanna försöksstation, SLU Skara. Rågvete, korn, vårvete och havre skördades vid tidig mjölkmodnad respektive tidig degmodnad. Skördade mängder vägdes och torrsubbstans (ts)-halt i det färska materialet vid skörd bestämdes. Ax/strå-kvoten bestämdes under andra försöksåret. Grödorna hackades till 2 cm:s partikellängd och ensilerades i 4-liters silor i 90 dagar. ProensTM, 4 liter/ton färskt material (Perstorp AB, Perstorp, Sverige), eller Lactisil 200[®] NB, 200 000 koloniformande enheter av mjölksyraproducerande bakterier per gram färskt material (Medipharm AB, Kågeröd, Sverige), tillsattes det färska materialet innan ensilering och jämfördes med ett försöksled utan tillsats. Silorna vägdes vid inläggning av det färska materialet och efter 90 dagar för bestämning av torrsubbstansförlusterna under ensilering. Ensilagens kemiska sammansättning bestämdes. Försöket utfördes som en split-split-split-plot design med försöksår som "whole plot", gröda som "subplot", med tre upprepningar i fält för varje försöksår, skördetidpunkt som "sub-subplot" och helsädesbehandling som "sub-sub-subplot".

Hektarsavkastning ($P < 0,05$) och ts-halt ($P < 0,0001$) ökade med senare skördetidpunkt. Stärkelseinlagringen var högre i korn och vårvete än i havre och rågvete med senare utvecklingsstadium ($P < 0,0001$), vilket kan förklaras av den större ökningen av ax/strå-kvoten vid senare skörd ($P < 0,001$) av dessa grödor jämfört med havre och rågvete. Innehåll av neutral detergent fibre (NDF), acid detergent fibre (ADF) och acid detergent lignin (ADL) var högre i havre och vårvete än i korn och rågvete ($P < 0,05$). Innehållen av NDF och ADF minskade ($P < 0,001$), medan ADL koncentrationen var oförändrad, med senare skördetidpunkt. Den totalt högre socker + stärkelsehalten och den lägre fiberhalten resulterade i högre smältbarhet av den organiska substansen i korn och rågvete än i havre och vårvete ($P < 0,05$).

Det syrabehandlade ensilaget hade sockerhalter överstigande de i det färska materialet, förutom rågvete vid tidigt mjölkmodnadsstadium ($P < 0,0001$). Skillnaderna var betydligt större för grödor skördade vid sent än vid tidigt utvecklingsstadium, vilket tyder på att stärkelse har brutits ner. På grund av lägre ts-halt i samtliga helsädesgrödor var fermenteringen mer omfattande med högre sockerförbrukning och syrabildning vid tidig mjölkmodnad än vid tidig degmodnad. Den högre mjölksyrabildningen vid tidig skörd resulterade i lägre pH vid tidig än vid sen skörd.

Mängd producerad mjölksyra var tillräckligt stor i förhållande till mängd producerad ättiksyra och pH var tillfredsställande lågt i samtliga ensilage för att begränsa tillväxt av klostridiesporer och smörsyrabildning. Det var endast kontrollensilage av havre skördad vid degmodnad, som hade en hög smörsyrainhalt av 0,28 % av prov, vilket anses som mindre bra (> 0,3% av prov = dåligt). Antal klostridiesporer var för samma gröda log 3,0 cfu/g i andra försöksåret, vilket är vid gränsvärdet för dåligt ensilage. Tillsatsmedlen minskade ts-förlusterna under ensilering med i genomsnitt 2-4 procentenheter och tillsats av syra var mest effektiv genom att begränsa förlusterna av ts till 2-5 % ($P < 0,0001$). Båda tillsatsmedlen begränsade proteinets nedbrytning under ensilering men syrapreparatet var mer effektivt än bakteriemedlet ($P < 0,05$).

Korn och rågvete är, med hänsyn till näringsvärde, smältbarhet och ensilagekvalitet, bättre passade som helsädesgrödor än havre och vårvete. Skörd vid tidig mjölkmodnad ger en sockerrik gröda med 'lagom' ts-halt för ensilering i silo. Den tidiga skörden ger en mer lättpackad och lättensilerad gröda än en gröda skördad vid tidig degmodnad. Dessa

egenskaper hos tidigt skördad gröda bör vägas mot den högre hektarsavkastningen vid senare skörd. Hetsäd bör ensileras med tillsatsmedel för att begränsa nedbrytning av proteinet, förbättra fermenteringen och minska torrsbstansförlusterna. Båda tillsatsmedlen förbättrade ensilagekvaliteten men syrapreparatet var effektivare än inokulanten med att minska proteinnedbrytning och torrsbstansförluster under ensilering. Den förhöjda sockerhalten i syrabehandlat ensilage kan ha positiv inverkan på kväveomsättning och produktion hos mjölkkor och köttjur.

INLEDNING

Det riksomfattande forskningsprogrammet om helsäd mellan SLUs samtliga huvudorter belyser hela kedjan från odling till utfodring och produktion. Resultat från forskningsprogrammet redovisades vid Jordbrukskonferensen, SLU Uppsala, den 23-24 november 2004 (Nadeau, 2004a; Bertilsson & Knicky, 2004; Bååth Jacobsson & Nadeau, 2004; Frank, Rustas & Wallsten, 2004). Odlings- och ensileringsförsöket, som redovisas i denna rapport och av Nadeau (2004a, 2004b), ingår i detta forskningsprogram.

Gröda och utvecklingsstadium

Alla fyra spannmålsslagen korn, havre, vete och rågvete används som helsädesgrödor i Sverige. Stråsäden odlas ofta i kombination med en proteingröda, såsom ärt eller åkerböna. I ett forskningsprojekt där man vill renodla effekterna av gröda är det dock fördelaktigt att odla spannmålsgrödorna i renbestånd. Spannmålsslagen skiljer sig åt i näringsinnehåll. Korn har högre ax/strå-kvot än havre och rågvete (Khorasani m fl., 1997; Tuveesson, 1998), vilket resulterar i högre stärkelsehalt i korn (159 g/kg ts) än i havre och rågvete (85 respektive 78 g/kg ts; Khorasani m fl., 1993). Eftersom axet till största delen består av stärkelse var fiberhalten, bestämd som neutral detergent fibre (NDF) och acid detergent fibre (ADF), samt ligninhalten, bestämd som acid detergent lignin (ADL), lägre i korn än i havre och rågvete (Khorasani m fl., 1993; Khorasani m fl., 1997). Havre hade högst koncentration av NDF och ADF medan rågvete, som hade störst andel strå, hade högst ligninhalt. Bergen m fl. (1991) visade högst innehåll av vattenlösliga kolhydrater i höstvetete, följt av korn och havre. Ett flertal studier har påvisat endast små skillnader i råproteinhalt (115-127 g/kg ts) mellan korn, havre och rågvete (Khorasani m fl., 1993; McCartney & Vaage, 1994; Khorasani m fl., 1997).

Smältbarheten av torrs substans (ts), organisk substans och NDF är högre i korn än i havre (Cherney & Marten, 1982a; McCartney & Vaage, 1994). Fibersmältbarheten, bestämd som nedbrytning av NDF i vommen, är högre i korn och rågvete än i havre och vårsvete (Bååth Jacobsson & Nadeau, 2004; Bååth Jacobsson, 2005).

Vid senare mognadsstadium ökar ts-halten och därmed ts-avkastningen hos helsäd. Vid degmognad varierar ts-innehållet vanligtvis mellan 35 och 45 % och ts-avkastningen mellan 9 och 10 ton/hektar (Tuveesson, 1997; Cherney & Marten, 1982a). Innehållet av protein är lågt i helsäd av spannmål och minskar med mognaden (Cherney & Marten, 1982a; Khorasani m fl., 1997; Crovetto m fl., 1998). Socker omvandlas till stärkelse när kärnorna utvecklas i axet, vilket medför att sockerhalten minskar och stärkelsehalten ökar vid senare utvecklingsstadium. Crovetto m fl. (1998) visade låga och oförändrade stärkelsehalter för höstvetete under axvidgning, blomning och mjölk-mognad, 23, 26 och 27 g/kg ts för respektive utvecklingsstadium, för att sedan visa en stor ökning vid degmognad till 188 g/kg ts. Likaså visade Ohlsson (1996) en fördubbling av stärkelsehalten i vårkorn från mjölk-mognad till degmognad, samtidigt som innehållet av vattenlösliga kolhydrater minskade från 144 till 105 g/kg ts. Stärkelsehalten i helsäd av spannmålsgrödor är ofta mellan 200 och 300 g/kg ts vid degmognad (Sundberg & Ohlsson, 1998; Nadeau & Arnesson, 2002).

Fiberhalten, bestämd som NDF, ökar med senare mognad fram till axgång, minskar under kärninlagringen och håller sig sedan någorlunda konstant (Cherney & Marten, 1982a; Khorasani m fl., 1997; Crovetto m fl., 1998; Filya, 2003). Det allra mesta av NDF i helsäd återfinns i strået och nedbrytbarheten av NDF i idisslarens vom minskar med senare utvecklingsstadium hos helsäd (Crovetto m fl., 1998; Filya, 2003; Bååth Jacobsson & Nadeau, 2004; Bååth Jacobsson, 2005). Minskningen av fibrernas smältbarhet med senare mognadsstadium orsakas av en ansamling av ts i axet under växtens utveckling, vilken belastar strået och orsakar förändringar i sammansättningen av cellväggarna (Kennely & Weinberg, 2003), såsom ökad ligninhalt (Cherney & Marten, 1982b) samt bildandet av kovalenta bindningar mellan hemicellulosa och lignin (Jung & Allen, 1995). Torrs substansens smältbarhet minskar inte lika mycket efter axgång som före axgång beroende på att axet ökar i

smältbarhet under kärninlagringen och att ax/strå-kvoten ökar efter begynnande axgång. Torrsubbansens smältbarhet är ungefär 58 % fyra veckor efter axgång (Cherney & Marten, 1982b).

Ensilering

Ensileringssegenskaperna hos helsäd varierar med skördetidpunkt beroende på att näringsinnehållet förändras och att ts-halten ökar vid senare mognadsstadier. Den stigande ts-halten leder till att kärnorna blir hårdare och strået styvare. Växtmaterialet är därför mer lättpackat, vilket snabbare bidrar till en syrefri miljö och till en raskare start på fermenteringen, vid tidigare mognadsstadier, som t.ex. mjölmognad, än vid senare mognadsstadier, som degmognad. Den högre vattenhalten vid tidigare utvecklingsstadium bidrar också till en mer omfattande fermentering vid tidig än vid sen skörd. Helsäd, skördad vid senare mognadsstadier, från degmognad och framåt, kan behöva ensileras med tillsatsmedel för att förbättra fermenteringen och öka lagringsstabiliteten (McAllister m fl., 1995; Adesogan m fl., 1997). Resultat av Bergen m fl. (1991) visar att direktskördad havre och korn har större sockerförbrukning och mer omfattande mjölksyrabildning när skörden sker vid mjölmognadsstadiet (25 % ts) än när skörden sker vid degmognad (35 % ts). Höstvetete hade också en högre sockerförbrukning vid mjölmognad (35 % ts) än vid degmognad (44 % ts) men däremot fanns det inga skillnader i mjölksyraproduktion mellan utvecklingsstadier. Likaså fann Crovetto m fl. (1998) endast små skillnader i mjölksyrahalter mellan olika skördetidpunkter (från 20 till 36 % ts) hos höstvetete, inokulerad med *Lactobacillus plantarum*. Den högre sockerförbrukningen vid tidig än vid sen skörd vid oförändrad mjölksyrabildning kan bero på en högre buffrande kapacitet hos spannmålsgrödor skördade vid mjölmognadsstadiet än grödor skördade vid degmognad. Samtliga ensilage var av god kvalitet med pH vid 4,0 och koncentrationer av mjölksyra, ättiksyra och ammoniak-kväve vid 7,9, 0,9 och 2,1 % av ts (Bergen m fl., 1991).

Williams m fl. (1995) rapporterade att förtorkning av vete-helsäd från 21 % ts till 28 eller 39 % ts, minskade ts-förlusterna under ensilering medan inokulering med mjölksyrabakterier av grödan ökade ts-förlusterna under ensilering. Vete-helsäden var skördad vid tidig axgång.

Danska försök visar ofta på ett stort antal klostridiesporer i helsädesensilage trots höga ts-halter och låga pH-värden (Ohlsson, 1996; Ohlsson, 1997). Klostridiesporer, som producerar smörsyra och vätgas, kan överföras till mjölken och orsaka problem vid osttillverkningen. Höga halter av klostridiesporer i mjölk ger avdrag i producentpriset på mjölk i Sverige. Tillsats av en inokulant (Lactisil® 200NB), som innehåller *Lactobacillus plantarum*, *Enterococcus faecium*, *Pediococcus acidilactici*, *Lactococcus lactis*, cellulas och natriumbensoat (Medipharm AB, Kågeröd, Sverige), gav minskat antal klostridier i gräs och gräs/klöver-ensilage samt i helsädesensilage av korn (Lingvall och Knicky, pers. medd.).

Syfte

Till vår kännedom finns endast ett fåtal försök utförda, i vilka man samtidigt har studerat effekter av gröda, skördetidpunkt och tillsatsmedel på helsädens fodervärde. Dessutom har många försök utförts i bl.a. Canada och USA, där klimatet är annorlunda från de nordiska förhållandena.

Syftet med detta försök var att kunna skapa rekommendationer för val av spannmålsgröda, skördetidpunkt och tillsatsmedel vid odling och ensilering av helsäd inom främst de nordiska länderna men som även kan användas i stora delar av norra Europa.

MATERIAL OCH METODER

Sådd och skörd

Försöket utfördes under två växtodlingssäsonger på Lanna försöksstation, SLU Skara. Vårvete (Vinjett), korn (Henny) och havre (Belinda) såddes i försöksrutor den 17 april 2002 och 2003. Rågvete (Prego) såddes den 30 september 2001 och den 20 september 2002. Jordarten var måttligt mullhaltig styv lera med en mullhalt av 3,2 % och lerhalt av 41,8 % 2002. Jordens pH var 7,2, P-AL 5,2, K-AL 11,0 och Mg-AL 32,3 mg/100 g lufttorr jord. År 2003 var jordarten måttligt mullhaltig mellanlera med en mullhalt av 3,5 %, lerhalt 32,6 %, pH 6,8, P-AL 4,5, K-AL 12,0 och Mg-AL 33,2 mg/100 g lufttorr jord. Fosfor, kalium, och magnesiumtillstånden i båda jordarterna var därmed tillfredsställande och inte begränsande på avkastningen. Vårvete, korn och havre gödslades med 110 kg kväve (N)/ha och rågvete med 130 kg N/ha i april-maj 2002. Under andra försöksåret gödslades korn och havre med 100 kg N/ha, vårvete med 120 kg N/ha och rågvete med 130 kg N/ha i maj 2003. Samtliga grödor skördades vid 15 cm:s stubb höjd vid tidig mjölkmodnad (73) respektive tidig degmodnad (83; Zadoks m.fl., 1974; figur 1). Skördade mängder vägdes och ts-halt av det färska materialet vid skörd bestämdes. Försöksrutorna var tillräckligt stora för att kunna skatta hektarsavkastningen. Det var i genomsnitt 14 respektive 12 dagar mellan de två skördetidpunkterna 2002 och 2003 (tabell 1). Ax och strå från samtliga grödor under andra försöksåret separerades genom klippning samt torkades och vägdes för bestämning av ax/strå-kvoten på torrsbstansbasis.



Figur 1. Skörd av helsäd på Lanna försöksstation, SLU Skara.

Tabell 1. Skördedatum för helsädesgrödor.

Gröda	Utvecklingsstadium			
	Tidig mjölkmodnad (Zadoks 73)		Tidig degmodnad (Zadoks 83)	
	2002	2003	2002	2003
Korn	5/7	14/7	16/7	29/7
Rågvete	25/6	7/7	12/7	17/7
Havre	12/7	17/7	29/7	31/7
Vårvete	16/7	11/7	29/7	22/7

Ensilering

Grödorna hackades till 2 cm:s partikellängd och ensilerades i 4-liters silor med jäsrör. Tillsatsmedlen ProensTM, 4 liter/ton färskt material (Perstorp AB, Perstorp, Sverige), och Lactisil 200[®] NB, 200 000 koloniformande enheter, "colony forming units" (cfu) av mjölksyraproducerande bakterier per gram färskt material (Medipharm AB, Kågeröd, Sverige), blandades med vatten så att en total vätskemängd av 4 % av det färska materialets vikt tillsattes med sprayflaska innan ensilering. ProensTM innehåller 2/3 myrsyra och 1/3 propionsyra och Lactisil 200[®] NB innehåller *Lactobacillus plantarum*, *Enterococcus faecium*, *Pediococcus acidilactici* och *Lactococcus lactis* plus enzymet cellulas (6 500 internationella enheter/g färskt material) och natriumbensoat. Färskt material, som ensilerades utan tillsats, sprayades med vatten så att vätskemängden blev 4 % av det färska materialets vikt. De hackade växtmaterialet packades för hand i silorna och växtmaterialet ensilerades i 90 dagar (figur 2).



Figur 2. Inläggning av helsäd i silor.

Tomma och fyllda silor vägdes vid inläggning av det färska materialet och efter 90 dagars ensilering för bestämning av torrsubstansförlusterna under ensilering (figur 3).



Figur 3. Silo med jäsrör vägs.

Analyser

Efter silobrytning hölls ensilagen frusna innan analys av kemisk sammansättning och vomnedbrytbarhet av NDF *in situ* (Kungsängen) och *in vitro* (AnalyCen AB, Lidköping; se Examensarbetet ”Vomnedbrytningsprofil av fiber i helsäd – effekt av gröda, skördetidpunkt och metodik” av Susanne Bååth Jacobsson, 2005).

I tabell 2 visas vilka analyser som utfördes på vilka behandlingar av helsädesgrödorna korn, rågvete, havre och vårvete.

Tabell 2. Analyser utförda på färskt material och ensilage av helsäd i försöket.

Analys	Färskt material	Ensilage			Laboratorium
		Kontroll	Inokulant	Syra	
Torrsubstans	x	x	x	x	SLU Skara, AnalyCen AB, Lidköping
Aska	x	x			
NDF ¹	x	x			AnalyCen AB, Lidköping
ADF, ADL ²		x			AnalyCen AB, Lidköping
Stärkelse	x	x			AnalyCen AB, Lidköping
Socker	x	x	x	x	AnalyCen AB, Lidköping
VOS ³		x			AnalyCen AB, Lidköping
EFOS ⁴		x			AnalyCen A/S, Fredricia, Danmark
Råprotein	x	x	x	x	AnalyCen AB, Lidköping
Ammoniak-kväve	x	x	x	x	AnalyCen AB, Lidköping
pH		x	x	x	AnalyCen AB, Lidköping
Syror, etanol, butandiol		x	x	x	Kungsängen forskningslaboratorium, SLU
Klostridiesporer, år 2		x	x	x	AnalyCen AB, Lidköping

¹NDF=neutral detergent fibre=totalfiber (hemicellulosa, cellulosa och lignin).

²ADF=acid detergent fibre (cellulosa och lignin), ADL=acid detergent lignin (lignin).

³VOS=vomvätskelöslig organisk substans.

⁴EFOS=enzympfördrojlignig organisk substans, dansk smältbarhetsmetod i vilken enzymer istället för vomvätska används.

För färskt material bestämdes torrsubstansen vid 105°C i 24 timmar medan torrsubstansen i ensilage bestämdes vid 60°C i 24 timmar. Innehåll av råprotein, ammoniak-kväve, stärkelse, socker, NDF, ADF, ADL, aska, vomvätskelöslig organisk substans (VOS) och enzympfördrojlignig organisk substans (EFOS) analyserades på torkade och malda prover. Råproteinhalten bestämdes genom analys av totala kvävekoncentrationen enligt Kjeldahl (NMKL, 1976) i en Tecator ”autosampler 1035 analyzer”, multiplicerat med faktorn 6,25. Ammoniak-kvävehalten bestämdes med Tecators ”Kjeltec Auto Sampler System 1035 Analyzer”. Stärkelse analyserades enzymatiskt enligt Statens lantbrukskemiska laboratorium 38 (1989) och socker enligt Ekelund (1966). Innehåll av NDF, ADF och ADL analyserades enligt Goering & Van Soest (1970) och askhalten bestämdes vid 550°C i 16 timmar. Bestämning av VOS skedde genom *in vitro* inkubering av prov i vomvätska och buffert i 96 timmar (Lindgren, 1979). Analys av EFOS utfördes genom *in vitro* inkubering av prov i buffert och tillsatta enzymer utan användande av vomvätska (Plantedirektoratet, 1993). Analys av organiska syror, etanol, 2,3-butandiol och pH genomfördes på pressvatten från blöta prover. Syrorna och alkoholen analyserades vätskekromatografiskt med HPLC-teknik (Andersson & Hedlund, 1983) och pH bestämdes med en pH elektrod. Antalet klostridiesporer i ensilage från andra försöksåret analyserades från blöta prover enligt Jonsson (1990).

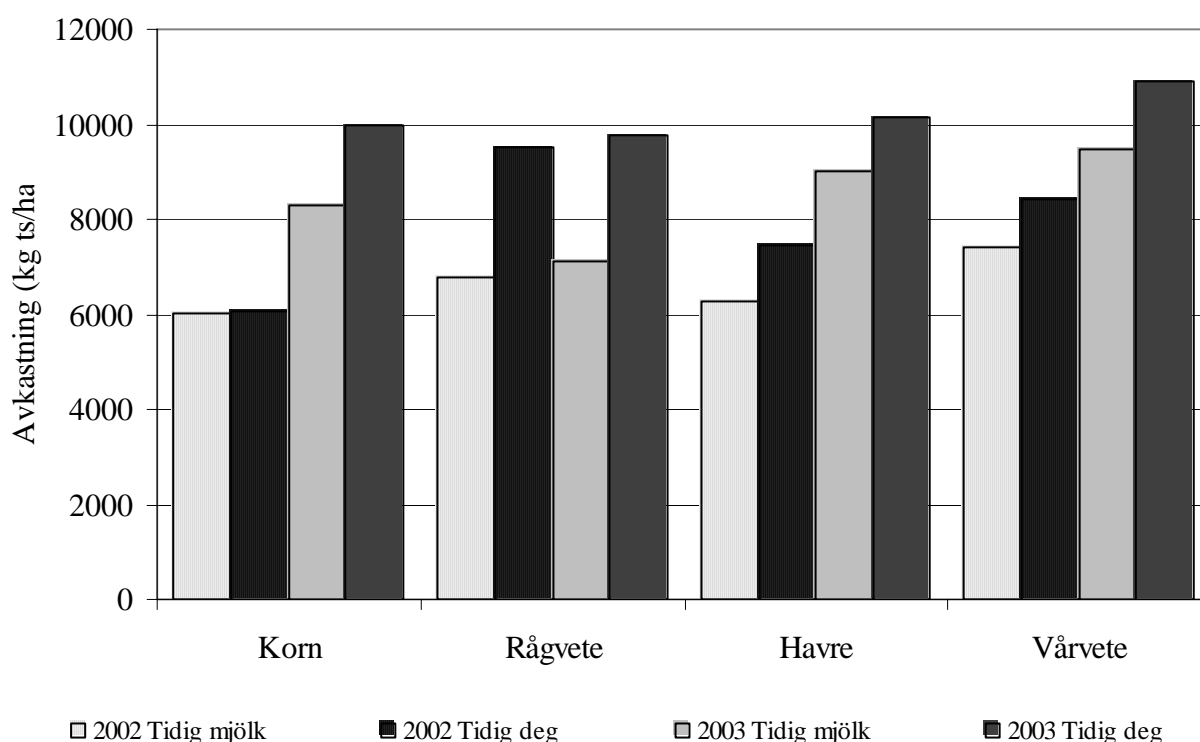
Statistisk analys

Data analyserades enligt variansanalys med en split-split-split-plot design med användande av "general linear model procedure" (PROC GLM) i SAS (1999). Försöksår ($n = 2$) behandlades som "whole plot", gröda ($n = 4$) som "subplot", utvecklingsstadium ($n = 2$) som "sub-subplot" och helsädesbehandling ($n = 4$) som "sub-sub-subplot". Det fanns tre replikat av varje gröda inom varje år. Eftersom platsen för försöksrutorna skiljde mellan år, var replikaten nästade inom år. Effekt av år testades mot residualtermen replikat(år) och effekt av gröda och dess samspel med år testades mot gröda x replikat(år) som residualterm. Effekt av utvecklingsstadium och dess samspel med år och gröda testades mot residualtermen utvecklingsstadium x gröda x replikat(år). Eftersom effekter av gröda, utvecklingsstadium och helsädesbehandling (färskt material, obehandlat ensilage, inokulerat ensilage och syrabehandlat ensilage) var lika mellan år för de flesta analyserade variabler, presenteras datan som medelvärden över år. Huruvida, data för ts-avkastning/ha presenteras för varje år eftersom denna variabel hade signifikanta samspel mellan år, gröda och utvecklingsstadium. Signifikanta F - test vid 0,05 (*), 0,01 (**), och 0,001 (***) signifikansnivå rapporteras, om inget annat anges. När ett signifikant F - värde upptäcktes, minsta signifikanta skillnad vid $P < 0,05$ användes för att bestämma signifikanta skillnader mellan medelvärden i huvudeffekterna av gröda och helsädesbehandling samt i samspelet mellan gröda, utvecklingsstadium och helsädesbehandling (Cochran & Cox, 1957).

RESULTAT OCH DISKUSSION

Avkastning och näringsinnehåll

I likhet med tidigare undersökningar (Cherney & Marten, 1982a; Tuveesson, 1997), ökade hektarsavkastningen för samtliga grödor med senare skördetidpunkt, förutom för korn 2002, som var angripet av bladmögel (figur 4). Avkastningsökningen var störst för rågvete, med 39 %, medan avkastningen för havre och vårvete ökade med 14-15 % från tidig mjölk- till tidig degmognadsstadium, som genomsnitt över de två åren. Kornet ökade i avkastning med 20 % under 2003. Under 2002 hade rågvete och vårvete 17 % högre avkastning än havre i genomsnitt över mognadsstadier men i 2003 hade vårvete högst och rågvete lägst avkastning medan korn och havre inte skiljde sig åt. Avkastningsskillnaderna beror till stor del på skillnader i ts-halt mellan grödorna (Figur 4 och 5). Avkastningen är minst lika hög i denna studie som i tidigare studier (Cherney & Marten, 1982a; Tuveesson, 1997).



Figur 4. Hektarsavkastning för spannmålsgrödor skördade vid tidigt mjölk- respektive tidigt degmognadsstadium under 2002 och 2003. Minsta signifikanta skillnad vid 5 % nivå ($LSD_{0,05}$) för samspelet gröda \times utvecklingsstadium \times år var 560 kg ts/ha ($P < 0,05$).

Havre hade 47 respektive 94 % högre ax/strå-kvot än rågvete och vårvete vid tidig mjölk-mognad men skiljde sig inte från den i korn, som var 49 % högre än den i vårvete (tabell 3). Ax/strå-kvoten ökade mest i vårvete (181 %), följt av korn (163 %), med senare utvecklingsstadium, medan ökningen i ax/strå-kvot mellan utvecklingsstadier var minst i rågvete (37%). Detta resulterade i att korn hade högst ax/strå-kvot medan rågvete hade lägst kvot vid tidig degmognad.

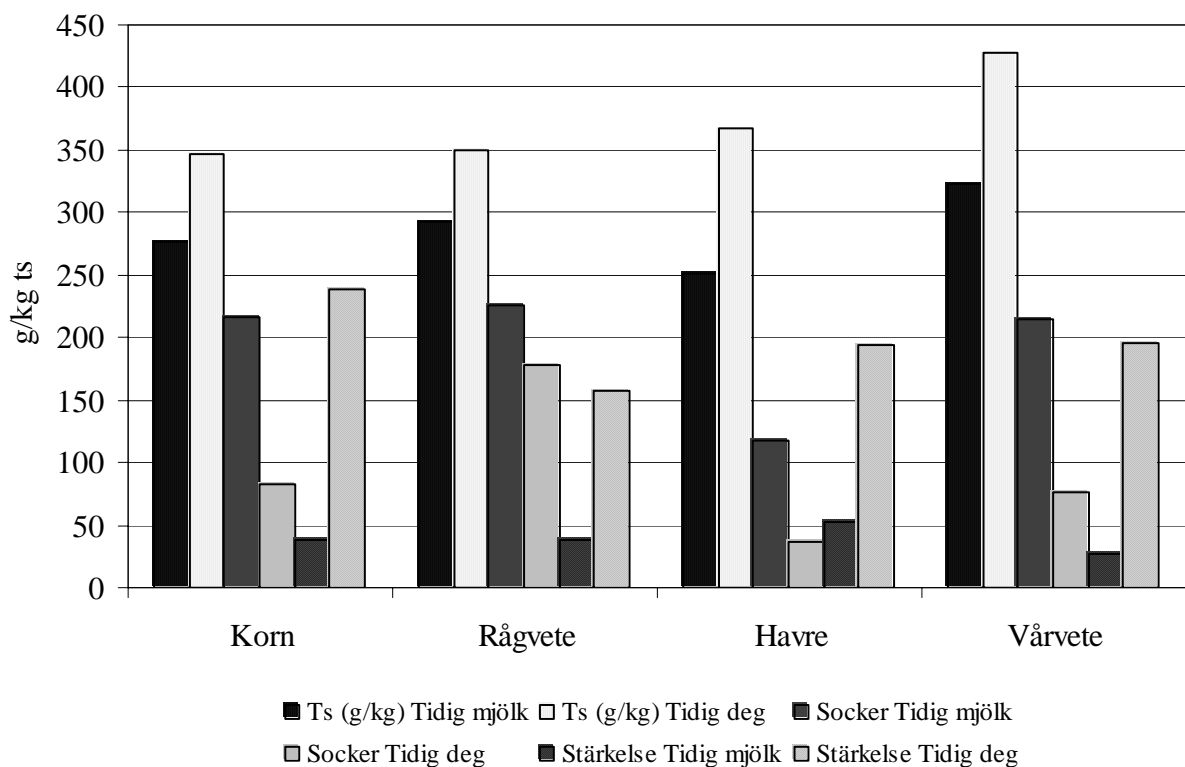
Tabell 3. Förändringar i ax/strå-kvot hos helsädesgrödor vid senare utvecklingsstadium. Data är medelvärden av tre upprepningar för färskt material från andra försöksåret 2003.

	Korn		Rågvete		Havre		Vårvete		Signifikans ¹	
	Tidig mjölk	Tidig deg	Tidig mjölk	Tidig deg	Tidig mjölk	Tidig deg	Tidig mjölk	Tidig deg	P	LSD _{0,05}
g ts/g ts	0,70	1,85	0,62	0,85	0,91	1,39	0,47	1,32	0,001	0,23
Ax/strå-kvot										
Medel gröda		1,27		0,73		1,15		0,89	0,0003	0,16

¹Signifikanta effekter av samspelet gröda x utveckling och huvudeffekten av gröda visade med *P*-värden och minsta signifikanta skillnad mellan medelvärden inom samspelet och huvudeffekten vid 5 % nivå (LSD_{0,05} = least significant difference).

Vårvete hade högre ts-halt än övriga grödor, vilka inte skiljde sig åt nämnvärt i ts (figur 5). Havre ökade mest i ts-inlagring med 46 %, följt av vårvete med 32 %, korn 25 % och rågvete 20 % mellan de två utvecklingsstadierna. Mellan tidig mjölk och tidig degmognad utvecklades kärnorna i axet varvid socker omvandlades till stärkelse (Ohlsson, 1996; Sundberg & Ohlsson, 1998). Trots att sockerhalten minskade lika mycket i havre som i korn och vårvete (ca 65 %) med senare utvecklingsstadium, var ökningen i stärkelseinlagring i havre endast 273 % jämfört med korn och vårvete, som hade 526 respektive 626 % ökning (figur 5). Ökningen i stärkelseinlagring hos havre var jämförbar med den i rågvete på 313 %, som hade en minskning i sockerhalten på endast 21 % mellan tidig mjölk och tidig degmognad. Sockret i havren, skördad vid degmognad, kan möjligtvis ha förbrukats genom cellandning i det färska materialet, varvid koldioxid och vatten bildas. Andningen resulterar i en onormalt stor minskning av sockerhalten i grödan mellan skördetidpunkterna i förhållande till stärkelseinlagringens storlek. Den högre stärkelseinlagringen i korn och vårvete med senare utvecklingsstadium kan förklaras av den större ökningen av ax/strå-kvoten i dessa grödor jämfört med havre och rågvete (tabell 3).

Sockethalten var högst medan stärkelsehalten var lägst för rågvete jämfört med vårvete, korn och havre. Innehållet av socker var 160 % högre i rågvete än i havre och i genomsnitt 37 % högre än i vårvete och korn. Korn hade den högsta stärkelsehalten, följt av vårvete och havre, som inte skiljde sig åt i stärkelseinnehåll. Skillnader i grödornas socker- och stärkelsehalter följer i stort sett skillnader i grödornas ax/strå-kvot och stämmer väl överens med tidigare resultat (Cherney & Marten, 1982b; Khorasani m fl., 1997; Tuveesson, 1998). Den totala koncentrationen av socker och stärkelse var högre i korn och rågvete än i havre och vårvete, av vilka havre hade den lägsta koncentrationen.



Figur 5. Förändringar i torrs substans (ts), socker och stärkelse i grödor, innan ensilering, med senarelagd skördetidpunkt. Resultaten visas som genomsnitt över två år. Minsta signifikanta skillnad vid 5 % nivå ($LSD_{0,05}$) för samspelet gröda \times utvecklingsstadium var för ts 11,7 g/kg ($P < 0,0001$), socker 15,6 g/kg ts ($P < 0,0001$) och stärkelse 18,0 g/kg ts ($P < 0,0001$).

Råproteinhalten var i genomsnitt 26 % högre för rågvete än för övriga tre grödor, vilka var jämförbara i råproteininnehåll fastän de skiljde sig åt signifikant (tabell 4). I genomsnitt över samtliga grödor minskade råproteininnehållet med 12 % med senare utvecklingsstadium, vilket överensstämmer väl med resultat från tidigare studier (Cherney & Marten, 1982a; Khorasani m fl., 1997; Crovetto m fl., 1998).

Fiberinnehållet i form av NDF och ADF var högre i havre och vårvetete än i korn och rågvete (tabell 4). Även innehållet av lignin var större i havre och vårvetete än i korn och rågvete. NDF och ADF är delvis nedbrytbara i vommen medan lignin anses som helt onedbrytbar. Den högre ligninhalten bidrog till lägre *in situ* nedbrytbarhet av NDF i vommen (nylonpåsar i vommen) av havre och vårvetete (medel 56 %) än av rågvete och korn (medel 66 %; Bååth Jacobsson & Nadeau, 2004; Bååth Jacobsson, 2005). Ligninets negativa inverkan på smältbarheten av fiber är väl dokumenterat (Thorstensson m fl., 1992; Jung & Allen, 1995; Nadeau m fl., 1996). Den totalt högre socker + stärkelsehalten, den lägre fiberhalten och den högre nedbrytbarheten av NDF i vommen (Bååth Jacobsson, 2005) resulterade i högre smältbarhet av den organiska substansen (VOS och EFOS) i korn och rågvete än i havre och vårvetete. Dessutom hade havre lägre smältbarhet än vårvetete enligt VOS-metoden medan det inte fanns någon skillnad i smältbarhet mellan havre och vårvetete när EFOS metoden användes. Liknande resultat visade Cherney & Marten (1982a) mellan korn och havre och förklarade att skillnaden i *in vitro* smältbarhet av ts berodde på en högre andel ax av totala växten i korn än i havre samt att smältbarheten av ts var högre i både blad, strå och ax för korn än för havre (Cherney & Marten, 1982b).

Halterna av NDF och ADF minskade med 12 respektive 14 % med senare skördetidpunkt medan ligninhalten var oförändrad (tabell 4). Eftersom den allra största delen av fibern (NDF,

ADF) i helsäd, liksom i övriga växter, återfinns i strået (stjälken), minskar innehållet av NDF och ADF något i hela plantan samtidigt som stärkelsen ökar markant när axet utvecklas och blir en större andel av den totala torrsubstansen i växten under mognadsprocessen (Cherney & Marten, 1982a; Khorasani m.fl., 1997). Samtidigt som NDF-halten minskar, minskar också nedbrytningsgraden av NDF i vommen *in situ* från 65 % vid tidig mjölk-mognad till 57 % vid tidig degmognad (Bååth Jacobsson & Nadeau, 2004; Bååth Jacobsson, 2005) trots att ligninhalten var oförändrad mellan skördetidpunkterna. Förändringar i cellväggarnas sammansättning i strået, för att kompensera för den ökade belastningen från axet under kärninlagringen av stärkelse, är en trolig orsak till den sänkta nedbrytningsgraden av NDF med senare skördetidpunkt (Kennely & Weinberg, 2003). Minskande nedbrytning av NDF vid senare skördetidpunkt har också visats i ett flertal andra försök (Ashbell m.fl., 1997; Crovetto m.fl., 1998; Filya, 2003)

Det fanns ett signifikant samspel mellan gröda och utvecklingsstadium för smältbarheten av den organiska substansen enligt VOS-metoden ($P = 0,03$). Rågvete ökade i smältbarhet av den organiska substansen från 758 till 815 g/kg med senare utvecklingsstadium från mjölk- till degmognad medan övriga grödor inte skiljde i smältbarhet mellan skördetidpunkterna när VOS-metoden användes (data visas ej). I genomsnitt över grödor ökade smältbarheten med 12 % från tidig till sen skörd när EFOS-metoden användes (tabell 4). Korn och rågvete hade högst smältbarhet av organisk substans enligt båda *in vitro* metoderna. Vårvete hade högre smältbarhet än havre enligt VOS men det fanns ingen skillnad i smältbarhet mellan vårvete och havre enligt EFOS-metoden. EFOS-analysen resulterade i genomsnitt i 26 % lägre smältbarhetsvärden än VOS-metoden. Denna skillnad i *in vitro* smältbarhet mellan metoderna kan bero på flera saker, av vilka en kan vara att det kan vara svårt att genom tillsats av enzymer skapa likartad mikroflora som finns i vomvätska. Askhalten anses som normala för helsäd och minskade med 9 % när grödan utvecklades från mjölk- till degmognadsstadiet.

Tabell 4. Kemisk sammansättning och smältbarhet hos ensilerade helsädesgrödor (utan tillsats) i genomsnitt över två utvecklingsstadier och vid de två utvecklingsstadierna som genomsnitt över grödorna. Resultaten är medelvärden över två år med tre upprepningar per år.

Kem. sammättn./ Smältbarhet, organisk substans	Gröda				Utvecklingsstadium	
	Korn	Rågvete	Havre	Vårvete	Tidig mjölk	Tidig deg
Råprotein, g/kg ts	84 ^b	101 ^a	79 ^c	77 ^d	91***	80
NDF ¹ , g/kg ts	520 ^b	502 ^b	547 ^a	547 ^a	563***	495
ADF ² , g/kg ts	294 ^b	295 ^b	331 ^a	334 ^a	337***	290
Lignin, g/kg ts	36 ^b	36 ^b	46 ^a	47 ^a	42	41
Aska, g/kg ts	78 ^a	73 ^b	77 ^a	70 ^c	78***	71
VOS ³ , g/kg	795 ^a	787 ^a	647 ^c	720 ^b	730	744
EFOS ⁴ , g/kg	588 ^a	577 ^a	513 ^b	515 ^b	517	580***

a, b, c, d Medelvärden med olika bokstäver inom samma rad skiljer sig signifikant ($P < 0,05$).

*** $P < 0,001$.

¹NDF=neutral detergent fibre = totalfiber (hemicellulosa, cellulosa och lignin).

²ADF=acid detergent fibre (cellulosa och lignin).

³VOS=vomvätskelöslig organisk substans.

⁴EFOS=enzymfördörlig organisk substans.

Det syrabehandlade ensilaget hade sockerhalter överstigande de i det färska materialet, förutom rågvete vid tidigt mjölk-mognadsstadium (tabell 5). Skillnaderna var betydligt större för grödor skördade vid sent än vid tidigt utvecklingsstadium. Syrabehandlat ensilage av havre, korn, vårvete och rågvete vid tidigt degmognadsstadium hade 159, 88, 62 respektive 35 % högre sockerhalt än i det färska materialet medan sockerhalten i syrabehandlat ensilage av havre, korn och vårvete, skördade vid tidigt mjölk-mognadsstadium endast var 25, 9 och 18 % högre än i det färska materialet. Detta tyder på att syrapreparatet har brutit ner kolhydratföreningar, såsom stärkelse och NDF, till socker. Den mindre skillnaden i

sockerinnehåll mellan syrabehandlat ensilage och färskt material vid tidig mjölkmodnad än vid tidig degmodnad beror delvis av en mer omfattande syrabildning under ensilering, varvid mer socker förbrukas, vid tidig än vid sen skörd (tabell 5 och 6). Eftersom stärkelsehalten är betydligt högre i sent än i tidigt skördad helsäd antar vi att det främst är stärkelsen, som har brutits ner till socker under ensilering av helsäd, med tillsats av syra. Huruvida den procentuella stärkelsenedbrytningen var högre i sent än i tidigt skördad helsäd vet vi ej eftersom vi inte har analyserat stärkelse i syrabehandlat ensilage. Resultat från en fältstudie utförd av Nadeau & Arnesson (2002) visar dock att både stärkelse och NDF bryts ner under ensilering av helsäd av havre/åkerböna/ärt och av havre, när Proens™ används som tillsats. Det är främst hemicellulosa i NDF-fraktionen, som bryts ner (Jaakkola, 1990; Jaakkola m fl., 1991). Nedbrytning av stärkelse och hemicellulosa kan också ha skett i inokulant-behandlat ensilage men detta kan inte påvisas lika tydligt som i det syrabehandlade ensilaget eftersom inokulanter stimulerar fermentering och därmed förbrukar socker medan syror begränsar fermenteringen och sparar socker under ensilering. Stärkelse och NDF analyserades endast i färskt material och kontrollensilage, vilka inte skiljde sig åt i innehåll. Den förhöjda sockerhalten i syrabehandlat helsädesensilage kan förse mjölkkor i tidig laktation med ”snabb energi” och därmed förbättra proteinutnyttjandet i vommen med minskade kväveförluster till miljön som följd (Frank m fl., 2002; Nadeau m fl., 2003).

Ensilage behandlat med inokulant hade högre sockerhalt än kontrollensilaget, förutom i havre och vårvete skördade vid degmodnadsstadiet. Havre, skördad vid tidigt degmodnadsstadium, hade den lägsta sockerkoncentrationen bland alla grödor och utvecklingsstadier.

Sockerinnehållet i sent skördad havre innan ensilering på 14 g/kg färskvikt är lägre än den lägst rekommenderade sockerkoncentrationen på 25 g/kg färskvikt för att en lyckad fermentering skall ske (Lundén-Pettersson & Lindgren, 1990). I likhet med resultat av Bergen m fl. (1991) resulterade den lägre ts-halten i helsädesgrödor, skördade vid tidig mjölkmodnad, i en mer omfattande fermentering med högre sockerförbrukning och syrabildning än vid tidig degmodnad (tabell 5 och 6). Den högre mjölksyrabildningen vid tidig skörd resulterade i lägre pH vid tidig än vid sen skörd (tabell 6).

Tabell 5. Socker (g/kg ts) i färskt material och ensilage hos olika helsädesgrödor skördade vid tidig mjölk- respektive tidig degmodnad. Medelvärden över två år med tre upprepningar per år.

Gröda/ Utveckling	Behandling				Signifikans ¹		Medel Gröda x Utv. ²
	Färskt material	Kontroll	Inokulant	Syra	P	LSD _{0,05}	
Korn	150	33	85	196	<0,0001	11,2	
Tidig mjölk	217	38	119	237	<0,0001	15,8	153***
Tidig deg	82	27	50	154			78
Rågvete	202	66	138	189			
Tidig mjölk	226	54	153	138			143
Tidig deg	178	78	123	240			155
Havre	78	22	37	122			
Tidig mjölk	118	14	47	148			82***
Tidig deg	37	30	28	96			48
Vårvete	146	50	88	189			
Tidig mjölk	215	56	135	254			165***
Tidig deg	77	44	41	125			72

¹ Signifikanta effekter av samspelen gröda x behandling (kursiverat) och gröda x utveckling x behandling visade med P-värden och minsta signifikanta skillnad mellan medelvärden inom samspelen vid 5% nivå (LSD = least significant difference).

Två medelvärden vid tidig mjölk- respektive tidig degmodnad inom samma spannmålslag inom kolumn skiljer sig signifikant () $P < 0,001$.

²Utv.=utvecklingsstadium.

Fermentationsprodukter

Ensilage behandlat med inokulant hade högre mjölksyrainhalt än kontrollensilage, förutom i havre vid båda mognadsstadierna och i vårvete vid mjölmognad (tabell 6). Som förväntat hade syrabehandlat ensilage den lägsta mjölksyrainhalten. Syrabehandlat ensilage hade lägre ättiksyrahalt än kontrollensilage för samtliga grödor och skördetidpunkter. Ensilage behandlat med inokulant hade också lägre ättiksyrahalt än kontrollensilage, förutom i havre och vårvete skördade vid tidig degmognad. Generellt var ättiksyrahalten lägre i syrabehandlat än i inokulant-behandlat ensilage.

Tabell 6. Mjölksyra, ättiksyra och pH i ensilage hos olika helsädesgrödor skördade vid tidig mjölk- respektive tidig degmognad. Medelvärden över två år med tre upprepningar per år.

Gröda/Utveckling	Behandling			Signifikans ¹	LSD _{0,05}	Medel Gröda ³ x Utv. ³
	Kontroll	Inokulant	Syra			
<i>Mjölksyra, g/kg ts</i>						
Korn	69	81	17	<0,0001	8,7	
Tidig mjölk	80	94	24	0,0049	12,3	66***
Tidig deg	58	68	9			45
Rågvede	62	87	28			
Tidig mjölk	73	97	42			71***
Tidig deg	51	78	14			47
Havre	73	67	26			
Tidig mjölk	99	75	35			70***
Tidig deg	47	59	17			41
Vårvede	41	57	4			
Tidig mjölk	56	67	6			43***
Tidig deg	26	47	2			25
<i>Ättiksyra, g/kg ts</i>						
Korn	20	7	3	<0,0001	2,3	
Tidig mjölk	28	8	4	<0,0001	3,3	14***
Tidig deg	12	6	2			6
Rågvede	24	8	12			
Tidig mjölk	27	9	20			19***
Tidig deg	20	8	3			10
Havre	11	6	3			
Tidig mjölk	17	7	3			9*
Tidig deg	6	6	2			5
Vårvede	14	5	2			
Tidig mjölk	23	7	2			10***
Tidig deg	6	3	1			4
<i>pH</i>						
Korn	4,13	4,03	4,37	<0,0001	0,077	
Tidig mjölk	4,15	4,00	4,23	NS ²		4,13
Tidig deg	4,10	4,05	4,50			4,22**
Rågvede	4,18	4,01	4,18			
Tidig mjölk	4,12	3,93	3,95			4,00
Tidig deg	4,25	4,08	4,40			4,24***
Havre	4,27	4,18	4,40			
Tidig mjölk	4,13	4,08	4,20			4,14
Tidig deg	4,40	4,28	4,60			4,43***
Vårvede	4,18	4,10	4,53			
Tidig mjölk	4,10	4,05	4,42			4,19
Tidig deg	4,27	4,15	4,65			4,36***

¹ Signifikanta effekter av samspelen gröda x behandling (kursiverat) och gröda x utveckling x behandling visade med *P*-värden och minsta signifikanta skillnad mellan medelvärden inom samspelen vid 5 % nivå (LSD_{0,05} = least significant difference).

*, **, ***Två medelvärden vid tidig mjölk- respektive tidig degmognad inom samma spannmålsslag inom kolumn skiljer sig signifikant (**P* < 0,05, ***P* < 0,01, ****P* < 0,001).

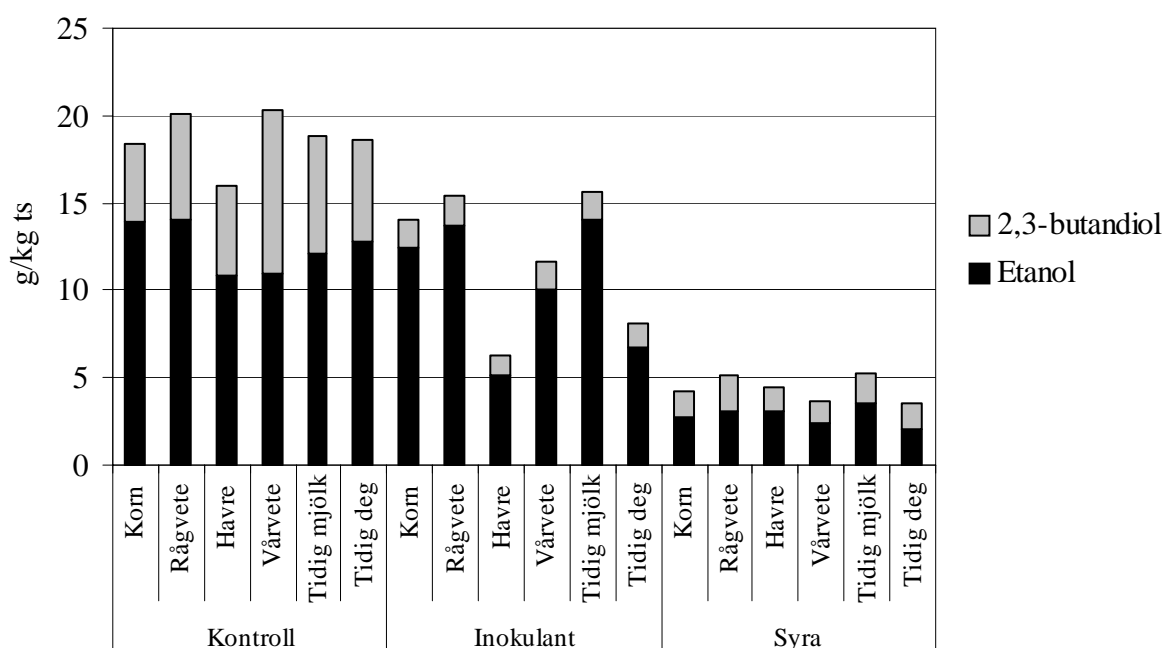
²NS=not significant (ej signifikant).

³Utv.=utvecklingsstadium.

Syrabehandlat rågvete ensilage, skördat vid mjölkmodnad hade dock högre ättiksyrahalt än inokulant-behandlat ensilage och det fanns ingen skillnad i ättiksyrahalt mellan syrabehandlat och inokulant-behandlat vårvete ensilage, skördat vid degmodnad.

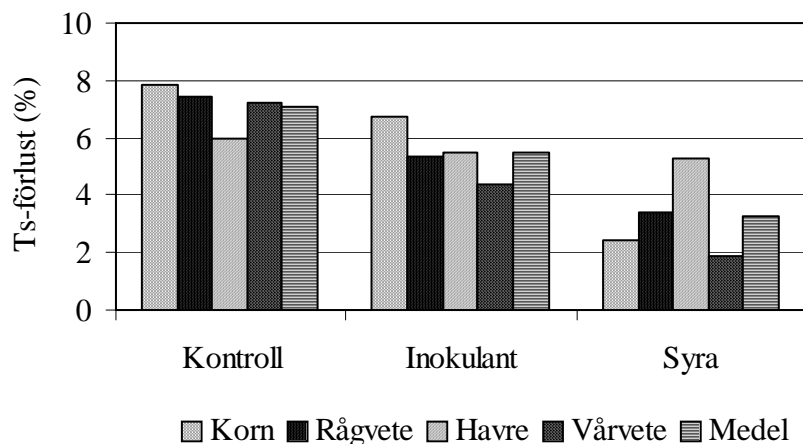
Mängd producerad mjölksyra var tillräckligt stor i förhållande till mängd producerad ättiksyra och pH var tillfredsställande lågt i samtliga ensilage (tabell 6) för att begränsa tillväxt av klostridiesporer och smörsyrabildning. Det var endast kontrollensilage av havre skördad vid degmodnad, som hade en diskutabel smörsyrashalt av 0,28 % av prov, vilket anses som mindre bra (> 0,3% av prov = dåligt). Antal klostridiesporer var för samma gröda log 3,0 cfu/g i andra försöksåret, vilket är vid gränsvärdet för dåligt ensilage. Kontrollensilage av vårvete, skördad vid tidig degmodnad, hade en smörsyrashalt av 0,18 % av prov och antal klostridiesporer var log 2,6 cfu/g i andra försöksåret. Tillsats av inokulant eller syra begränsade klostridietillväxten i ensilaget. Den hämmande effekten av Lactisil® 200 NB på klostridietillväxten har även visats i gräs och gräs/klöver-ensilage samt i helsädesensilage av korn (Lingvall och Knicky, pers. medd.). På grund av hög mjölksyrabildning, var pH lägst i inokulantbehandlat ensilage, följt av kontrollensilage och syrabehandlat ensilage. Det fanns små mängder propionsyra i ensilagen (0,8-1,6 g/kg ts).

Kontrollensilage innehöll ej försumbara halter etanol och 2,3-butandiol (figur 6). Syrabehandling minskade totala innehållet av dessa alkoholer i ensilaget. Alkoholerna indikerar förekomst av svamptillväxt i form av jäst och mögel. Tillsats av inokulant begränsade inte svamptillväxten i ensilaget lika effektivt som syrapreparatet. Det var ingen entydig effekt av utvecklingsstadium på alkoholinnehållet.



Figur 6. Innehåll av etanol och 2,3-butandiol i ensilage av olika helsädesgrödor ensilerade med eller utan tillsatsmedel i genomsnitt över två utvecklingsstadier samt effekt av utvecklingsstadium för vardera ensilagebehandling i genomsnitt över grödor. Data är genomsnitt över två år med tre upprepningar per år. Minsta signifikanta skillnad vid 5 % nivå ($LSD_{0,05}$) för samspelet gröda x behandling var för etanol 3,2 g/kg ts ($P < 0,01$) och för 2,3-butandiol 1,3 g/kg ts ($P < 0,0001$). Minsta signifikanta skillnad vid 5 % nivå ($LSD_{0,05}$) för samspelet utveckling x behandling var för etanol 2,3 g/kg ts ($P < 0,0001$). Samspelet utveckling x behandling var ej signifikant för 2,3-butandiol.

Kontrollensilaget förlorade 6-8 % av ts under ensileringen (figur 7). Genom att använda tillsatsmedel minskade ts-förlusterna under ensileringen med i genomsnitt 2-4 procentenheter och tillsats av syra var mest effektiv genom att begränsa förlusterna av ts till 2-5 %. Till skillnad från resultat av Williams m fl. (1995) minskade ts-förlusterna under ensilering genom tillsats av inokulant.



Figur 7. Torrsubstans (ts)-förlust i ensilage utan tillsats (kontroll) och i ensilage med tillsatt inokulant eller syra efter 90 dagars ensilering i 4-liters småsilar. Minsta signifikanta skillnad vid 5 % nivå ($LSD_{0,05}$) var för samspillet gröda x behandling 1,5 ($P < 0,001$) och för huvudeffekten ensilagebehandling 0,8 ($P < 0,0001$).

Proteinnedbrytning

Tillsats av syra begränsade proteinets nedbrytning under ensilering, vilket visar sig i liknande ammoniak-kvävehalter i syrabehandlat ensilage som i färskt material, förutom för sent skördad havre och rågvete vid båda skördetidpunkter, vilka hade något högre ammoniak-kvävehalter än i det färska materialet (tabell 7). Även tillsats av inokulant begränsade proteinets nedbrytning under ensilering, vilket visar sig i lägre ammoniak-kvävehalter i det behandlade än i det obehandlade ensilaget. Syrapreparatet var mer effektivt än bakteriemedlet med att minska proteinnedbrytningen. Ensilage behandlat med syra hade därför lägre ammoniak-kvävehalt än ensilage behandlat med inokulant, förutom tidigt skördad rågvete-ensilage, för vilken inga skillnader fanns mellan behandlingarna. Tillsatsmedlens effekt på proteinnedbrytningen stämmer väl överens med resultat av Slottner (2004).

Ammoniak-kvävehalten i g/kg ts var 13 respektive 18 % högre för tidigt skördat korn och rågvete än för sent skördat medan det inte fanns en effekt av skördetidpunkt på ammoniak-kvävekoncentrationen i havre och vårvede (tabell 7). Totala kväveinnehållet, vilket kan multipliceras med 6,25 för att få råproteinhalten, var relativt lågt i helsädesgrödorna, men kan anses som normal för helsäd av spannmål (Khorasani m fl., 1997). Totala kvävehalten minskade i genomsnitt med 14 % från tidig mjölkmodnad till tidig degmodnad (tabell 7).

Den låga totala kvävehalten resulterar i höga ammoniak-kvävekoncentrationer i g per kg totalkväve i helsäd av sträsädesgrödor jämfört med vallgrödor. Den minskande totala kvävehalten med senare skördetidpunkt kan också leda till ökande ammoniak-kvävekoncentrationer i g per kg totalkväve med senare utvecklingsstadium. Det är därför relevant att visa ammoniak-kvävehalten i g per kg ts istället för i g per kg totalkväve (tabell 7).

Tabell 7. Innehåll av totalkväve och ammoniak-kväve (g/kg ts) i färskt material och ensilage hos olika helsädesgrödor skördade vid tidig mjölk- respektive tidig degmognad. Medelvärden över två år med tre upprepningar per år.

Gröda/ Utveckling	Behandling				Signifikans ¹		Medel Gröda ₂ x Utv. ²
	Färskt material	Kontroll	Inokulant	Syra	<i>P</i>	LSD _{0,05}	
<i>Totalkväve</i>							
Korn	12,3	13,5	13,4	12,8	<0,0001	1,83	
Tidig mjölk	13,0	14,5	14,9	13,8	0,0007	2,58	14,0***
Tidig deg	11,5	12,4	11,9	11,8			11,9
Rågvete	14,5	16,2	15,6	15,2			
Tidig mjölk	15,8	17,8	16,9	16,5			16,8***
Tidig deg	13,3	14,6	14,2	13,9			14,0
Havre	11,9	12,6	12,1	12,3			
Tidig mjölk	12,6	13,0	13,0	13,1			12,9***
Tidig deg	11,2	12,2	11,1	11,5			11,5
Vårvete	11,0	12,3	11,8	11,4			
Tidig mjölk	11,4	13,0	12,5	12,0			12,2***
Tidig deg	10,6	11,6	11,2	10,8			11,0
<i>Ammoniak-kväve</i>							
Korn	1,20	2,15	1,79	1,24	0,0134	0,19	
Tidig mjölk	1,39	2,24	1,97	1,23	0,0667	0,23†	1,70*
Tidig deg	1,09	2,07	1,61	1,25			1,48
Rågvete	1,44	2,77	2,09	1,76			
Tidig mjölk	1,65	3,14	2,11	1,94			2,21***
Tidig deg	1,23	2,40	2,07	1,58			1,82
Havre	1,02	2,08	1,58	1,24			
Tidig mjölk	1,08	2,14	1,44	1,20			1,46
Tidig deg	0,97	2,02	1,72	1,27			1,49
Vårvete	1,18	1,92	1,60	1,22			
Tidig mjölk	1,19	1,83	1,58	1,09			1,42
Tidig deg	1,18	2,01	1,63	1,36			1,54

¹ Signifikanta effekter av samspelen gröda x behandling (kursiverat) och gröda x utveckling x behandling visade med *P*-värden och minsta signifikanta skillnad mellan medelvärden inom samspelen vid 5 % nivå (LSD_{0,05} = least significant difference).

*, ***Två medelvärden vid tidig mjölk- respektive tidig degmognad inom samma spannmålsslag inom kolumn skiljer sig signifikant (**P* < 0,05, ****P* < 0,001).

²Utv.=utvecklingsstadium.

†Least significant difference (LSD) vid 10 % signifikansnivå för samspelen gröda x utveckling x behandling med avseende på ammoniak-kväve.

SLUTSATSER

- Korn och rågvete är, med hänsyn till näringsvärde, smältbarhet och ensilagekvalitet, bättre passade som helsädesgrödor än havre och vårvete.
- Skörd vid tidig mjölkmodnad ger en sockerrik gröda med 'lagom' ts-halt för ensilering i silo. Den tidiga skörden ger en mer lättpackad och lättensilerad gröda än en gröda skördad vid tidig degmodnad. Dessa egenskaper hos tidigt skördad gröda bör vägas mot den högre hektarsavkastningen vid senare skörd.
- Helsäd bör ensileras med tillsatsmedel för att begränsa nedbrytning av proteinet, förbättra fermenteringen och minska torrsubstansförlusterna.
- Båda tillsatsmedlen förbättrade ensilagekvaliteten men syrapreparatet var effektivare än inokulanten med att minska proteinnedbrytningen och torrsubstansförlusterna under ensilering. Den förhöjda sockerhalten i syrabehandlat ensilage kan ha positiv inverkan på kväveomsättning och produktion hos mjölkkor och köttjur.

SUMMARY

Effects of plant species, stage of maturity and additive on the feeding value of whole crop cereals

To our knowledge, there only is limited research conducted where effects of plant species, stage of maturity, additive and their interactions on the feeding value of whole crop cereals are studied. In addition, many experiments have been conducted in Canada and in the USA, where the climate is different from the Nordic climate. The aim of this experiment was to gain knowledge to be able to give recommendations for what plant species, stage of maturity and additive to use when growing and ensiling whole crop cereals in North Europe, especially in the Nordic countries.

The experiment was conducted during two growing seasons, 2002 and 2003, at Lanna Research Station, The Swedish University of Agricultural Sciences, Skara. Triticale, barley, spring-sown wheat and oat were harvested at the early milk stage and at the early dough stage of maturity. Harvested fresh herbage was weighed and its dry-matter (DM) concentration was determined. The ear:stem ratio was determined during the second growing season 2003. The harvested crops were chopped to a particle size of 2 cm and the chopped herbage was ensiled in 4-litre silos for 90 days. ProensTM, 4 litres/tonne fresh herbage (Perstorp AB, Perstorp, Sweden), or Lactisil 200[®] NB, 200 000 colony-forming units of lactic-acid producing bacteria per gram of fresh herbage (Medipharm AB, Kågeröd, Sweden), was added to the fresh herbage before ensiling and was compared to the control treatment. The silos, including ensiled material, were weighed at ensiling and after 90 days of ensiling to determine DM losses. Chemical composition of the silages was determined. The experiment was designed as a split-split-split-plot with experimental year as the whole plot, plant species as the subplot, with three field replicates within each year, stage of maturity as the sub-subplot and herbage treatment as the sub-sub-subplot.

Dry-matter yield ($P < 0.05$) and DM concentration ($P < 0.0001$) increased with advanced maturity. Starch accumulation was more extensive in barley and spring-sown wheat than in oat and triticale with advanced maturity stage ($P < 0.0001$), that is a result of a bigger increase of the ear:stem ratio at delayed harvest ($P < 0.001$) of these plant species compared to oat and triticale. Concentrations of neutral detergent fibre (NDF), acid detergent fibre (ADF) and acid detergent lignin (ADL) were higher in oat and spring-sown wheat than in barley and triticale ($P < 0.05$). Concentrations of NDF and ADF decreased ($P < 0.001$), whereas the ADL concentration was consistent with delayed harvest. The higher sugar + starch concentrations and the lower fibre concentrations resulted in higher organic matter digestibilities of barley and triticale than of oat and spring-sown wheat ($P < 0.05$).

The acid-treated silage had sugar concentrations exceeding those in the fresh herbage, except for triticale at the early milk stage of maturity ($P < 0.0001$). The differences in starch concentrations were much larger for plant species harvested at early dough stage compared to early milk stage of maturity, which indicate starch degradation. Because of lower DM concentrations of the plants, the fermentation was more extensive with a higher sugar consumption and a higher acid production at the early milk stage than at the early dough stage of maturity. The decreased lactic acid production with delayed harvest resulted in a higher pH at late than at early harvest date.

Production of lactic acid was sufficient in relation to production of acetic acid and the pH was sufficiently low in all silages to restrict the growth of clostridial spores and butyric acid production. Only the untreated control silage of oat harvested at the early dough stage of maturity had a high butyric acid concentration of 0.28 % of sample weight, which is regarded as bad ($> 0,3$ % of sample weight = bad). Number of clostridial spores was for the oat crop log 3,0 cfu/g in the second experimental year, which is on the border line to be regarded as bad silage. The additives decreased the DM losses during ensiling, on average, by 2-4 percentage units but the addition of acid was most effective by restricting the DM losses to 2-5 % ($P <$

0.0001). Both additives restricted protein degradation during ensiling with the acid being more effective than the inoculant ($P < 0.05$).

Barley and triticale are, in regard to nutritional content, digestibility and hygienic quality of the silages, more suitable as whole-crop cereal silages than oat and spring-sown wheat. Harvest at the early milk stage of maturity results in a sugar-rich crop with suitable DM content for ensiling in silo. Harvest at the early milk stage of maturity also results in a crop that is easier to pack and to ensile than a crop harvested at the early dough stage of maturity. These beneficial traits of early harvested crops should be related to the increased DM yields of later harvested crops. Whole crop cereals should be ensiled with additives to restrict protein degradation, improve fermentation characteristics and decrease DM losses during ensiling. Both additives improved silage quality but the acid was more efficient than the inoculant to decrease protein degradation and DM losses during ensiling. The elevated sugar concentration in acid treated silage can improve nitrogen utilisation and production by dairy cows and beef cattle.

REFERENSER

- Adesogan, A. T., Owen, E. & Givens, D. I. 1997. The chemical composition, digestibility and energy value of fermented and urea-treated whole crop wheat harvested at three stages of maturity. *Grass Forage Sci.* 53:66-75.
- Andersson, R. & Hedlund, B. 1983. HPLC analysis of organic acids in lactic acid fermented vegetables. *Z. Lebensm. –Unters. Forsch.* 176:140-143.
- Ashbell, G., Weinberg, Z. G., Bruckental, I., Tabori, K. & Sharet, N. 1997. Wheat silage: Effect of cultivar and stage of maturity on yield and degradability in situ. *J. Agric. Food Chem.* 45:709-712.
- Bergen, W. G., Byrem, T. M. & Grant, A. L. 1991. Ensiling characteristics of whole-crop small grains harvested at milk and dough stages. *J. Anim. Sci.* 69:1766-1774.
- Bertilsson, J. & Knicky, M. 2004. Kornhelsäd i blandning med baljväxtensilage till mjölkkor – utfodring och kväveutnyttjande. pp. 61-62. Konferensrapport. Jordbrukskonferensen, 23-24/11. Sveriges lantbruksuniversitet, Uppsala.
- Bååth Jacobsson, S. 2005. Vomnedbrytningsprofil av fiber i helsäd – effekt av gröda, skördetidpunkt och metodik. Examensarbete Nr. 29. Institutionen för husdjurens miljö och hälsa, Avdelningen för produktionssystem, Sveriges lantbruksuniversitet, Skara.
- Bååth Jacobsson, S & Nadeau, E. 2004. Vomnedbrytning av fiber i helsäd – inverkan av gröda, skördetidpunkt och metodik. pp. 181. Konferensrapport. Jordbrukskonferensen, 23-24/11. Sveriges lantbruksuniversitet, Uppsala.
- Cherney, J. H. & Marten, G. C. 1982a. Small grain crop forage potential: I. Biological and chemical determinants of quality and yield. *Crop Sci.* 22:227-231.
- Cherney, J. H. & Marten, G. C. 1982b. Small grain crop forage potential: II. Interrelationships among biological, chemical, morphological, and anatomical determinants of quality. *Crop Sci.* 22:240-245.
- Cochran, W. G. & Cox, G. M. 1957. *Experimental Designs*. 2nd ed. John Wiley & Sons, Inc., New York NY.
- Crovetto, G. M., Galassi, G., Rapetti, L., Sandrucci, A. & Tamburini, A. 1998. Effect of the stage of maturity on the nutritive value of whole crop wheat silage. *Livest. Prod. Sci.* 55:21-32.
- Ekelund, S. 1966. Meddelande 28, bilaga VIII. Statens lantbrukskemiska kontrollanstalt.
- Filya, I. 2003. Nutritive value of whole crop wheat silage harvested at three stages of maturity. *Anim. Feed Sci. Technol.* 103:85-95.
- Frank, B., Persson, M. & Gustafsson, G. 2002. Feeding dairy cows for decreased ammonia emission. *Livest. Prod. Sci.* 76:171-179.
- Frank, B., Rustas, B-O & Wallsten, J. 2004. Konsumtion av helsädesgrödor till växande ungnöt. Pp. 57-60. Konferensrapport. Jordbrukskonferensen, 23-24/11. Sveriges lantbruksuniversitet, Uppsala.

- Goering, H. K. & Van Soest, P. J. 1970. Forage fiber analyses (apparatus, reagents, procedures, and some applications). Agricultural Handbook, No. 379, Agricultural Research Service, United States Department of Agriculture US Government Printing Office, Washington, DC, pp. 1-20.
- Jaakkola, S. 1990. The effect of cell wall degrading enzymes on the preservation of grass and on the silage intake and digestibility in sheep. *J. Agric. Sci., Finl.* 62:51-62.
- Jaakkola, S., Huhtanen, P. & Hissa, K. 1991. The effect of cell wall degrading enzymes or formic acid on fermentation quality and on digestion of grass silage by cattle. *Grass Forage Sci.* 46:75:87.
- Jonsson, A. 1990. Enumeration and confirmation of *C. tyrobutyricum* in silages using neutralred D-cycloserine and lactate dehydrogenase activity. *J. Dairy Sci.* 73:719-725.
- Jung, H. G. & Allen, M. S. 1995. Characteristics of plant cell walls affecting intake and digestibility of forages by ruminants. *J. Anim. Sci.* 73:2774-2790.
- Kennely, J. J. & Weinberg, Z. G. 2003. Small grain silage. In: buxton, D. R., Muck, R. E. & Harrison, J. H. (eds.), *Silage Science and Technology*. pp. 141-198. Agronomy 42. ASA, CSSA and SSSA, Inc., Madison, Wisconsin, USA.
- Khorasani, G. R., Jedel, P. E., Helm, J. H. & Kennelly, J. J. 1997. Influence of stage of maturity on yield components and chemical composition of cereal grain silages. *Can. J. Anim. Sci.* 77:259-267.
- Khorasani, G. R., Okine, E., Kennelly, J. J. & Helm, J. H. 1993. Effect of whole cereal grain silage substituted for alfalfa silage on performance of lactating dairy cows. *J. Dairy Sci.* 76:3536-3546.
- Lindgren, E. 1979. The nutritional value of roughages determined in vivo and by laboratory methods. Report no. 45. Department of Animal Nutrition, The Swedish University of Agricultural Sciences, Uppsala, Sweden, 61 pp. (In Swedish).
- Lundén-Pettersson, K. & Lindgren, S. 1990. The influence of the carbohydrate fraction and additives on silage quality. *Grass Forage Sci.* 45:223-233.
- McAllister, T.A., Selinger, L. B., McMahan, L. R., Bae, H. D., Lysyk, T. J., Oostling, S. J. & Cheng, K. J. 1995. Intake, digestibility and aerobic stability of barley silage inoculated with mixtures of *Lactobacillus plantarum* and *Enterococcus faecium*. *Can. J. Anim. Sci.* 75:425-432.
- McCartney, D. H. & Vaage, A. S. 1994. Comparative yield and feeding value of barley, oat and triticale silages. *Can. J. Anim. Sci.* 74(1):91-96.
- Nadeau, E. 2004a. Grödans, skördetidpunktens och tillsatsmedlets inverkan på helsädens foderkvalitet. pp. 53-56. Konferensrapport. Jordbrukskonferensen, 23-24/11. Sveriges lantbruksuniversitet, Uppsala.
- Nadeau, E. 2004b. Effects of species, maturity and additive on the feed quality of whole crop cereal silage. Inskickad till International Silage Conference. 3-6 juli 2005. Belfast, Irland.
- Nadeau, E. & Arnesson, A. 2002. Skörd och ensilering av helsädesgrödor samt deras inverkan på valletableringen. Rapport 3, Serie A, Husdjursproduktion. Institutionen för jordbruksvetenskap Skara, Sveriges lantbruksuniversitet.

Nadeau, E. M. G., Buxton, D. R., Lindgren, E. & Lingvall, P. 1996. Kinetics of cell wall digestion of orchardgrass and alfalfa silages treated with cellulase and formic acid. *J. Dairy Sci.* 79:2207-2216.

Nadeau, E., Karlsson, S., Gustafsson, A.H., Lundgren, A. and Hermansson, L. 2003. Foderstater för minskat kväveläckage. pp. 47-53. Konferensrapport. Djurhälso- och Utfodringskonferens. 19-21 augusti, Kalmar, Sweden. Svensk Mjök.

NMKL. 1976. Nordisk Metodkommitté för Livsmedel, nr 6.

Ohlsson, C. 1996. Effects of silage additives, harvest date, and particle reduction on quality of whole-crop barley – 1996. Report to Biotol Limited. Research Center Foulum, Danmark. 18 pp.

Ohlsson, C. 1997. Whole-crop barley treated with Biotol and ensiled in bunker silos at Silstrup Research Station in 1997. Report to Biotol Limited. Research Center Foulum, Denmark. 11 pp.

Plantedirektoratet. 1993. In vitro enzymmetode til bestemmelse af fordøjeligheden af organisk stof i foderstoffer til drøvtyggere. Metode 9.2, 7 januar, 2 version gældende fra 01-06-2002.

SAS, 1999. SAS System for Windows, Release 8e. SAS Institute Inc., Cary, NC, USA.

SLL, Statens lantbrukskemiska laboratorium. 1989. Nr. 38.

Slottnér, D. 2004. Protein degradation during ensilage. Influence of crop, additive and mechanical treatment. Doctoral thesis, Swedish University of Agricultural Sciences, Uppsala. *Acta Universitatis Agriculturae Sueciae, Agraria* 484.

Sundberg, M. & Ohlsson, C. 1998. Skörd och ensilering av helsäd. *Teknik för lantbruket* Nr. 71. JTI, Uppsala, Sverige. 15 s.

Thorstensson, E. M. G., Buxton, D. R. & Cherney, J. H. 1992. Apparent inhibition to digestion by lignin in normal and brown midrib stems. *J. Sci. Food Agric.* 59:183-188.

Turesson, M. 1997. Fältförsök med helsäd till ensilage i D- och E-län 1995-97. Pages 27-30 in *Försöksrapport 1997, Östra Sverige Försöken. Resultat från växtodlingsförsöken i Södermanland, Östergötland, Örebro och norra Kalmar län.* Sveriges lantbruksuniversitet, Uppsala.

Turesson, M. 1998. Helsäd till ensilage 1995-97. s. 19-22, *Försöksrapport 1998. Resultat från växtodlingsförsök 1997 utförda i F, G, sH, K och N-län, samt flerårsmedeltal.* Sveriges lantbruksuniversitet, Uppsala.

Williams, C. C., M. A. Froetschel, L. O. Ely & Amos, H. E. 1995. Effects of inoculation and wilting on the preservation and utilization of wheat forage. *J. Dairy Sci.* 78:1755-1765.

Zadoks, J. C., Chang, T. T. & Konzak, C. F. 1974. A decimal code for the growth stages of cereals. *Weed Research* 14:415-421.

Personliga meddelanden

Lingvall, P., försöksledare & Knicky, M., doktorand. 2004, Kungsängens forskningscentrum, Institutionen för husdjurens utfodring och vård, Avdelningen för fodervetenskap, Sveriges lantbruksuniversitet, Uppsala.

Vid **Institutionen för husdjurens miljö och hälsa** finns tre publikationsserier:

- * **Avhandlingar:** Här publiceras masters- och licentiatavhandlingar
- * **Rapporter:** Här publiceras olika typer av vetenskapliga rapporter från institutionen.
- * **Studentarbeten:** Här publiceras olika typer av studentarbeten, bl.a. examensarbeten, vanligtvis omfattande 5-20 poäng. Studentarbeten ingår som en obligatorisk del i olika program och syftar till att under handledning ge den studerande träning i att självständigt och på ett vetenskapligt sätt lösa en uppgift. Arbetenas innehåll, resultat och slutsatser bör således bedömas mot denna bakgrund.

Vill du veta mer om institutionens publikationer kan du hitta det här:
www.hmh.slu.se

DISTRIBUTION:

Sveriges lantbruksuniversitet
Fakulteten för veterinärmedicin och
husdjursvetenskap
Institutionen för husdjurens miljö och hälsa
Box 234
532 23 Skara
Tel 0511-67000
E-post: hmh@slu.se
Hemsida: www.hmh.slu.se

*Swedish University of Agricultural Sciences
Faculty of Veterinary Medicine and Animal
Science
Department of Animal Environment and Health
P.O.B. 234
SE-532 23 Skara, Sweden
Phone: +46 (0)511 67000
E-mail: hmh@slu.se
Homepage: www.hmh.slu.se*
