



Rätt sort av timotej och rödklöver ger
högst konsumtion av närproducerat foder

*Choose the right variety to produce
forage more efficient*

Elin Jonsson



Examensarbete nr 3:2010

Agronomprogrammet – inriktning husdjur

Institutionen för Norrländsk Jordbruksvetenskap

Sveriges Lantbruksuniversitet, Umeå 2010



Rätt sort av timotej och rödklöver ger högst konsumtion av närproducerat foder

*Choose the right variety to produce
forage more efficient*

Elin Jonsson

Nyckelord: fibersmältbarhet, sortval, grovfoder,
frivilligt foderintag, mjölkkor

EX0673 - Självständigt arbete i husdjursvetenskap, D 30 hp

Agronomprogrammet - inriktning husdjur

Handledare: Katarina Arvidsson, Inst. för Norrländsk Jordbruksvetenskap, SLU
Umeå

Examinator: Kjell Martinsson, Inst. för Norrländsk Jordbruksvetenskap, SLU Umeå

Institutionen för Norrländsk Jordbruksvetenskap
Fakulteten för Naturresurser och Lantbruksvetenskap
Sveriges Lantbruksuniversitet, Umeå 2010

Sammanfattning

Vallfoder är en stor och viktig del i mjölkornas foderstat i norra Sverige. Produktion av ett högkvalitativt grovfoder är av stor vikt för att minimera behovet av inköpta kraftfoder. Kons dagliga konsumtion bestäms av hennes behov av näring och energi samt vilket foder hon erbjuds. För att inte begränsa konsumtionen med för stor volym foder behöver vallfodret vara av god kvalitet avseende fibersmältbarhet och energiinnehåll. Syftet med detta examensarbete var att studera om fibersmältbarhet skiljer sig mellan sorter inom arterna timotej och rödklöver.

15 olika sorter av timotej respektive rödklöver ingående i SW Seed's sortprovning skördades vid tre påföljande veckor från provrutor i Röbbäcksdalen, Västerbotten, för att motsvara tidpunkten en vecka innan axgång/knoppning, veckan för axgång/knoppning samt veckan efter axgång/knoppning under sommaren 2009. Proverna analyserades med avseende på aska, VOS, NDF och iNDF.

Flera signifikant olika värden kunde observeras i en ANOVA-analys. Samtliga analyserade parametrar skiljde sig starkt signifikant för timotej. NDF och VOS vid knoppning för rödklöver visade inte en signifikant skillnad mellan sorter. En tendens till signifikant skillnad observeras för NDF efter knoppning hos rödklöver. Scheffé-testet uppvisade signifikanta skillnader mellan sorter för alla analysparametrar som fått en signifikans $<0,001$ i ANOVA-analysen. Olika sorter framstår som de signifikant bästa respektive sämsta för de olika analysparametrarna. Orsak till detta kan vara att de olika sorterna är olika tidiga och visar därför upp olika egenskaper vid de olika skördetidpunkterna.

De signifikanta skillnaderna som observeras indikerar att det finns en genetisk spridning inom arterna vilket möjliggör genetisk selektion för förbättrad tillgänglighet av vallfoderfiber.

Nyckelord: fibersmältbarhet, sortval, grovfoder, frivilligt foderintag, mjölkkor

Abstract

Forage is a big and important part of the ration for dairy cows in northern Sweden. Producing high quality forage is very important to minimize the need for purchased concentrate. How much feed the dairy cow will consume in one day is determined by her need for energy and nutrients together with the kind of feed she is offered. The feed intake can be restricted by bulky volume before the need for energy is met; therefore it is important to offer forage which has high fiber degradability and high energy content. The purpose of this thesis was to investigate if fiber degradability varies within species for timothy and red clover.

15 different varieties of timothy and red clover from SW Seed's variety trials were sown in Rönnebydalen, Västerbotten, Sweden. The varieties were harvested once during three following weeks to correspond the week before heading/budding, the week of heading/budding and the week after heading/budding during the summer of 2009. The samples were analyzed for ash, *in vitro* organic matter digestibility, NDF and iNDF.

Several significant differences were observed in a one way ANOVA-analysis. For timothy all parameters were highly significantly different. Also red clover had several strongly significant differences though there were some parameters not reaching significance. NDF and *in vitro* organic matter digestibility at budding were not significantly different and NDF at budding only showed a tendency for significance. Scheffé's test showed significant differences between varieties for all parameters reaching a significance of <0.001 at the ANOVA-analysis. Different varieties appear as the best and worst depending on when the samples were harvested. The reason could be that the different varieties are developing earlier or later, thus presenting different qualities at the different sampling occasions.

The significant differences found suggests that there is a genetic difference which enables a genetic selection for increased degradability of forage fiber.

Keywords: degradability of fiber, variety selection, forage, voluntary feed intake, dairy cows.

Förkortningar

- ADF – acid detergent fiber, representerar rå-lignin och cellulosa.
- BCS – body condition score, hullbedömning
- Bm3 – brown midrib mutation 3
- D-värde – smältbar organisk substans i torrsubstansen
- ECM – energy corrected milk
- FCM – fat corrected milk
- iNDF – insoluble NDF
- NDF – neutral detergent fiber, består vanligen av lignin, cellulosa och hemicellulosa. Anses vara ett mått på cellväggsinnehåll i växter.
- NDS – neutral detergent solubles, (= organisk substans – NDF). Anses innehålla kolhydrater såsom stärkelse, socker och pektin samt protein, lösliga fenoler, aska och lipider.
- OS – organisk substans
- pdNDF – potentiellt nedbrytbar NDF uttryckt i g/kg TS.
- %pdNDF – potentiellt nedbrytbar NDF uttryckt i procent av NDF.
- TS - torrsubstans
- VOS – vomvätskelöslig organisk substans

Innehållsförteckning

1	Inledning	11
1.1	Bakgrund	11
1.2	Litteraturgenomgång	12
1.2.1	Frivillig foderkonsumtion.....	12
1.2.2	Fodrets egenskaper påverkar konsumtionen	13
1.2.3	Skördetidpunkt	14
1.2.4	Timotej och rödklöver som vallväxter	15
1.2.5	Grovfoderkvalité	15
1.2.6	Genetisk modifiering för ökad smältbarhet av vallfoderfiber	17
1.2.7	Genetisk modifiering för ökad smältbarhet av fiber i majs	18
2	Material och metoder	20
2.1	Växtmaterial och klippning.....	20
2.2	Kemisk analys	21
2.3	Statistisk analys.....	21
3	Resultat	22
4	Diskussion	31
4.1	Slutsats.....	34
	Litteraturlista	35
	Tack till	37

1 Inledning

1.1 Bakgrund

Nötkreatur har genetisk potential för att producera mycket mjölk eller växa fort. I framtiden kommer produktionsförmågan troligtvis att förbättras ytterligare genom fortsatt selektiv avel. För att utnyttja denna potential blir det viktigt att förse djuren med en väl avvägd foderstat som uppfyller deras behov av energi och näringsämnen. Vallfodrets fiberinnehåll kan korreleras negativt till energidensitet och positivt till vomfyllnad vilken gör den till en viktig parameter i bedömning av vallfodrets näringsmässiga kvalitet. Vanliga vallväxter behöver i dagens läge ofta kompletteras med energirikare fodermedel för att täcka energibehovet för djuren. I framtiden kommer vallväxterna antagligen att komma till korta i ännu större utsträckning om man inte kan förbättra energins tillgänglighet i vallfoder. I södra Sverige och större delar av världen kan mjölkproduktion baseras på relativt billiga, energirika, fiberfattiga fodermedel som t.ex. spannmål och övriga kraftfodermedel. I norra delarna av Sverige däremot tillåter klimatet sällan en avsevärd produktion av eget kraftfoder utan där blir det speciellt viktigt för mjölkproducenterna att odla ett högkvalitativt grovfoder för att minimera behovet av inköpt kraftfoder. Det finns många anledningar att behålla stora mängder grovfoder i foderstaten även för mjölkproducenter utanför norra delarna av landet. Framförallt kan vomfunktioner och djurhälsa lyftas fram som två viktiga faktorer som förbättras betydligt av en foderstat med stora mängder grovfoder. Vidare är produktionskostnaden generellt sett lägre för grovfoder än för spannmål. Produktionen av grovfoder anses även vara mer miljövänlig än produktionen av spannmål då vallar skyddar marken mot erosioner och näringsläckage.

1.2 Litteraturgenomgång

1.2.1 Frivillig foderkonsumtion

Det har länge varit känt att en hög foderkonsumtion är viktig för den högmjölkan- de kon och energikonsumtionen ses ofta som den största begränsningen för hög mjölkavkastning (Allen, 2000). Kons dagliga produktion beror på den mängd smältbara näringsämnen hon kan äta varje dag (Mertens, 2009). Cellväggar som kommer från växter är den största källan till smältbar fiber för nötkreatur. Enzy- mer som produceras i magen hos däggdjur kan inte bryta ned polysackarider som finns i cellväggar. Idisslare fermenterar istället polysackariderna i växtfiber till energi med hjälp av mikrober i förmagarna (Buxton & Redfearn, 1997).

Den dagliga foderkonsumtionen är en funktion av antalet måltider djuret äter tillsammans med hur mycket foder djuret äter varje gång (Allen, 2000). Djur äter för att möta sitt energibehov (Mertens, 2009). Foderkonsumtionen begränsas av olika faktorer såsom djurets storlek, vilket foder som erbjuds, djurets fysiologiska status samt om djuret är mätt eller känner sig hungrigt. Stimulering av stretchre- ceptorer i vomväggen anses vara en begränsande faktor för foderkonsumtionen tillsammans med effekten av olika metaboliter samt osmolaritet mellan vom och omkringliggande vävnader (Allen, 2000). Foderstatens koncentrationsgrad, (MJ/kg TS) avgör hur mycket foder djuret orkar äta på en dag. Om man justerar koncentrationsgraden i foderstaten kan djuret till viss del svara med att öka eller minska sin konsumtion i motsvarande grad. När foderstaten har för låg koncentra- tionsgrad överstiger volymen foder djurets konsumtionskapacitet och djurets fo- derkonsumtion begränsas av fyllnad innan energibehovet är uppfyllt (Mertens, 2009).

För att åstadkomma en så hög konsumtion av energi som möjligt blir det alltså viktigt att optimera grovfodrets fyllnadseffekt i vommen. Grovfoder med hög smältbarhet bör i första hand tilldelas de högmjölkan- de djuren då det för dessa föreligger en större risk för att fodrets fyllnad begränsar konsumtionen innan ener- gibehovet är uppfyllt (Allen, 2000). Snabbare fibernedbrytning dvs. högre ned- brytningshastighet, skapar snabbare plats för mer foder i vommen vilket gör att mer foder kan konsumeras och därmed får djuret en högre näringskonsumtion (Ball m.fl., 2001). Mertens (2009) konstaterade att foderstatens fiberinnehåll och dess smältbarhet är de viktigaste faktorerna som reglerar den totala smältbarheten i foderstaten då fiber är den långsammast nedbrytbara foderkomponenten.

1.2.2 Fodrets egenskaper påverkar konsumtionen

Foder kan delas upp i två fraktioner, dels den fraktion som är nästan fullständigt smältbar, NDS, och dels den fraktion som varierar mest i smältbarhet, NDF. NDF-fraktionens smältbarhet är alltid lägre än NDS-fraktionens och NDF-fraktionen har därför stor betydelse för foderstatens totala smältbarhet (Mertens, 2009).

Rinne m.fl. (2002) citerar Forbes (1995) och Ellis (1999) som konstaterade att de metaboliska och fysiologiska regleringsfaktorerna inte behöver utesluta varandra utan många gånger kan foderkonsumtionen regleras genom att de två faktorerna kompletterar varandra. Huhtanen m.fl. (2007) utvärderade de faktorer som påverkar foderkonsumtionen hos mjölkkor. I denna studie fann man att fodrets D-värde är den viktigaste parametern för att beräkna förväntad daglig foderkonsumtion. Man fann att ett foders innehåll av iNDF kunde korreleras starkare till daglig foderkonsumtion än mängden NDF i ett foder, vilket demonstrerar vikten av NDF-kvalité och inte bara mängden NDF som sådan.

Oba och Allen (1999b) fann en korrelation mellan en hög andel av smältbar fiber och en högre foderkonsumtion, ökad mjölkavkastning, högre avkastning fettkorrigerad mjölk och en större viktökning. Huhtanen m.fl. (2007) konstaterade också att det framförallt var de högmjölkkande korna som drog fördel av ett ökat D-värde i foderstaten, då de ökade foderkonsumtionen med ökande D-värde i fodret. Dock har D-värdet ett optimumvärde vilket tyder på att en lägre konsumtion vid högre D-värde antagligen inte beror på fysisk reglering av foderkonsumtionen utan snarare att energi- och näringsbehovet redan blivit uppfyllt. Vid ett linjärt samband mellan högre smältbarhet av NDF och djurets respons ger 1 enhets ökning av NDF smältbarhet en ökad daglig foderkonsumtion med 0,17 kg TS., samt 0,25 kg ökad avkastning per dag av fettkorrigerad mjölk (4 %) (Oba & Allen, 1999b). Rinne m.fl. (2002) kunde i sin artikel koppla D-värdet till mjölkavkastning, där 10 g/kg minskat D-värde minskade mjölkproduktionen med 0,33 kg per ko och dag.

Vanhatalo m.fl. (2009) studerade den effekt tidpunkten för första skörd av timotej och rödklöver hade på kors kväve metabolism samt tillgången på aminosyror. De fann att den dagliga konsumtionen av timotej minskade med ökad mognad samtidigt som konsumtionen ökade för rödklöver. Man kunde även konstatera att en blandning av tidigt rödklöverensilage och sent timotejensilage gav högre foderkonsumtion än då de båda fodren utfodrades var för sig som enda grovfoder. Samma resultat rapporterade även Kuoppala m.fl. (2009) som studerade hur skördetidpunkten av timotej och rödklöver påverkade den dagliga konsumtionen av foder och cellväggsnedbrytningens kinetik. Vid en senarelagd skörd fann man att

koncentrationen av NDF, iNDF och lignin ökade samtidigt som NDS, aska och råprotein minskade.

Vom-pH kan ofta relateras till andelen snabbnedbrytbara kolhydrater i foderstaten. Lägst vom-pH fann Kuoppala m.fl. (2009) hos de djur som utfodrades tidigt skördat rödklöverensilage och hos de som fick en klöver/gräs 1:1 blandning. Hoover (1986) citerar flera källor, till exempel Ronning (1960) och Udén (1984), som konstaterade att redan en så liten komplettering som 10 – 15 % av foderstaten med snabbnedbrytbara kolhydrater minskar fibernedbrytningen, både *in vivo* och *in vitro*. Kraftig minskning av nedbrytningen uppstår dock först när över 30 % av foderstatens torrs substans utgörs av snabbnedbrytbara kolhydrater. Mould m.fl. (1984), som citeras av Hoover (1986), rapporterade att en sänkning av vom-pH från 6,8 till 6,0 orsakar en måttlig minskning av fibernedbrytningen samtidigt som en ytterligare sänkning till under pH 6,0 radikalt minskar fibersmältbarheten. Orsaken till att fibernedbrytningen minskar kan vara att vommikroberna inte kan fästa till cellväggarna i samma utsträckning vid lägre pH (enligt Cheng m.fl. 1984 som citeras av Hoover 1986). Russel (1979) fann att flera olika bakterier minskar i tillväxt vid pH under 6,0.

Hetta m fl. (2004) och Kuoppala m fl. (2009) fann att den potentiellt nedbrytbara delen av NDF var högre för rödklöver jämfört med gräs. Vidare fann Kuoppala m fl. (2009) att nedbrytningshastigheten för pdNDF var högre för rödklöver än för timotej. Artikelförfattarna kunde även se att en senareläggning av skörden minskade nedbrytningshastigheten av pdNDF hos gräs, samtidigt som den ökade hos rödklöver. När näringsvärdet hos timotej och rödklöver jämfördes mellan första skörd och skörd av återväxt av Rinne och Nykänen (2000), fann man att rödklöver hade ett högre näringsvärde, mätt som D-värde och innehåll av råprotein, i första skörden jämfört med timotej. Deras slutsats blev att skördetidpunkten för rödklöver är mer flexibel då smältbarheten hos rödklöver tenderar att minska långsammare än hos timotej.

1.2.3 Skördetidpunkt

När man vill skörda ett grovfoder av bra kvalitet finns det många olika faktorer att ta hänsyn till. Frankow-Lindberg och Halling (2009) citerar Halling (2008) som ansåg att olika sorter har olika utvecklingsrytm. Sortvalet kan därför påverka både skördens storlek och dess kvalitet. Även skördetidpunkten har en betydande roll vid produktionen av ett högkvalitativt grovfoder. Med en ökande mognad ökar halten fiber i växterna samtidigt som koncentrationen av råprotein och energi sjunker samt att smältbarheten av fodret minskar (Fogelfors, 2001). Enligt Rinne

m.fl. (1997) är det framförallt andelen cellulosa som ökar medan hemicellulosa minskar allteftersom vallväxterna mognar. Den organiska substansen hos vallväxter består vanligen av mellan 30 och 80 % fiber mätt som NDF. Fodervärdet för fibern varierar mycket beroende på dess struktur och kemiska sammansättning (Buxton & Redfearn, 1997).

Vallskörden rekommenderas ske när vallen innehåller mellan 10,5 och 11,5 MJ omsättbar energi per kilo torrsbstans då den skall utfodras till lakterande kor. Generellt är den optimala tidpunkten för första skörden för vall i norra Sverige runt midsommar och för varje dag som skörden försenas sjunker energiinnehållet med i genomsnitt 0,06 MJ omsättbar energi per kilo torrsbstans beroende på vad det är för vallväxtart och de speciella väderförhållandena just det året (Fogelfors, 2001). Ball m.fl. (2001) ansåg att kons prestation på den foderstat den konsumerar är det ultimata kvittot på att den har fått ett foder av rätt kvalité som den kan tillgodogöra sig.

1.2.4 Timotej och rödklöver som vallväxter

Timotej (*Phleum pratense* L.) och rödklöver (*Trifolium pratense* L.) är två vanliga vallväxter i skandinaviska blandvallar (Rinne & Nykänen, 2000). Timotej har god stråstyrka, vinterhärdighet, uthållighet samt smaklighet. Detta är egenskaper som gjort att timotej blivit ett av vårt lands viktigaste slättergräs. Timotej utvecklar både fertila och infertila skott i återväxten och ju fler fertila skott som produceras i återväxten desto färre skördar klarar växten av på en säsong. Timotej har en sen axgång i jämförelse med andra vallgräs och passar bra i ett system med två skördar per år (Halling, 2008).

Rödklöver är den mest odlade vallbaljväxten i Sverige. De tetraploida sorterna ger en högre skörd än de diploida men det är i gengäld svårare att producera frön ifrån de tetraploida sorterna. Rödklöver delas in i tre tidighetstyper, tidig, medel-sen och sen. Tiden för blomning för dessa inträffar vid olika tidpunkter och deras förmåga till återväxt är olika stor. Sen klöver blommar sent och har i regel svag återväxt men stor uthållighet. Med sin goda härdighet konkurrerar den sena klövern bra framförallt i norra Svealand och Norrland där det är kortare växtsäsong jämfört med i den södra landsändan (Halling, 2008).

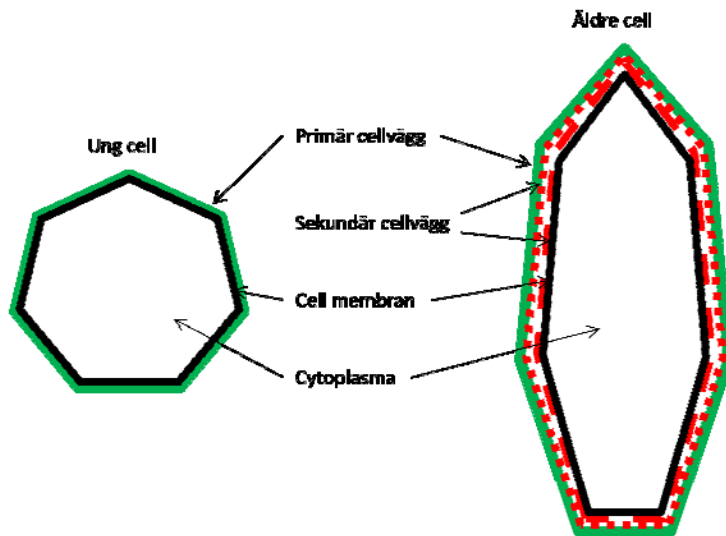
1.2.5 Grovfoderkvalité

Ball m.fl. (2001) konstaterar att kvoten mellan blad och stjälk är en viktig kvalitetsfaktor. Blad har vanligtvis en högre smältbarhet än stjälkar och under mognadens gång ökar proportionen stjälkar samtidigt som bladen minskar i mängd. En-

ligt Frankow-Lindberg & Halling (2009) bildar en gräsplanta två olika sorters skott vid tillväxt, dels vegetativa skott som enbart utvecklar blad, dels fertila skott som utvecklar strå och ax. En hög andel fertila skott i grödan gör att man kan förvänta sig en lägre smältbarhet på denna. Återväxten hos de gräs som kräver vernalisering, dvs. en period av kallare klimat för att stimulera blomning, har en högre blad:stjälk kvot i återväxten och utsätts för en mindre hastig kvalitetssänkning än de gräs som utvecklar många fertila skott. Enligt Ball m.fl. (2001) har tidiga sorter hos timotej tenderat till att ha högre smältbarhet än sena sorter och författarna tror att det har att göra med att de tidiga sorterna haft större del av sin tillväxt vid lägre temperaturer.

Jung och Allen (1995) citerar Iiyama m.fl. (1993) och Terashima m.fl. (1993) som delade in cellväggens tillväxt i två faser. Den primära fasen består av tillväxt i form av elongering (förlängning) där pektiner, xylaner och cellulosa ansätts. Fogelfors (2001) beskriver hur den töjbara primära cellväggen består av slumpmässigt arrangerade cellulosamolekyler, mikrofibriller. Dessa ligger inbäddade i en substans av hemicellulosa, pektiner och protein. Bacic m.fl. (1988) förklarade att den sekundära fasen, under vilken cellväggen tjocknar, tar fart när elongeringen är avslutad. De polysackarider som ansätts är oftast rika på cellulosa. Xylaner ansätts i viss mån medan inga pektiner bildas. Den sekundära cellväggen byggs upp utanför cellmembranet men innanför den primära cellväggen. Den består till en mycket stor del av cellulosa, mindre hemicellulosa, väldigt lite pektin och är dåligt töjbar (Fogelfors, 2001). Ansättning av lignin påbörjas i och med att den sekundära fasen inleds, enligt Terashima m.fl.(1993) som citeras av Jung och Allen (1995). Ansättningen börjar mellan cellerna och i den primära cellväggen för att sedan fortsätta i den sekundära. I figur 1 kan man se hur cellväggarna ordnar sig i förhållande till varandra.

Lignin anses vara en av de främsta barriärerna mot fibernedbrytning (Buxton & Redfearn, 1997). Delmer & Stone (1988) konstaterade att olika växtceller lignifieras i olika grad. Mesofyll i bladen genomgår en väldigt liten förtjockning under den sekundära fasen och ansätter nästan inget lignin. Kärnvävnader ansätter lignin i större utsträckning än andra vävnader samtidigt som dess cellvägg förtjockas i högre grad.



Figur 1. Illustration över hur växtcellen ser ut under tillväxten. Den vänstra är en ung cell med enbart en primär cellvägg. Den högra är en äldre elongerad cell där den sekundära cellväggen har bildats.

Lignin behövs för att ge växter mekaniskt stöd i framförallt stjälk och blad samt för att skapa stabilitet och styrka hos cellväggarna. Buxton och Redfearn (1997) menade att mycket tyder på att lignin även förser växterna med skydd mot olika stressfaktorer såsom kyla, insekter och sjukdomar. Detta betyder att det finns vissa praktiska hinder att minska ligninhalten i vallväxter i alltför stor utsträckning då man fortfarande vill att de ska kunna växa och överleva i olika miljöer. I sin artikel citerar Buxton och Redfearn (1997), Buxton m.fl. (1996) som konstaterade att ligninkoncentrationen var nära sammankopplad med den osmältbara delen av torrsubstansen hos vallväxter. Vidare citerar Buxton och Redfearn (1997), Jung och Deetz (1993) som konstaterade att lignin verkar fungera som en fysisk barriär mot mikrobiell nedbrytning.

1.2.6 Genetisk modifiering för ökad smältbarhet av vallfoderfiber

Då det finns en genetisk variation i fibersmältbarhet kan det ske genetisk selektion för en ökad fibersmältbarhet. I en studie av Casler m.fl.(2002), där man selekterade lucern, foderlosta och hirs för ökad *in vitro* smältbarhet kunde man koppla den ökade smältbarheten till minskad andel lignin i växterna. Casler & Hatfield (2006) jämförde två olika sorter av foderlosta, en som var selekterad för lägre innehåll av NDF samt en sort som inte blivit selekterad avseende innehåll av NDF. Vid den kemiska analysen kunde man se att det som skiljde de två sorterna åt var att kon-

centrationen av lösliga cellväggar ökade då man selekterade för en minskad andel NDF. Komponenter som är viktiga för en cellvägg fanns tillgängliga i båda sorterna men man kunde se att de strukturella kovalenta bindningarna med lignin skapades vid ett senare utvecklingsstadium hos den selekterade sorten. Även om andelen NDF ökade med ökad mognad i båda sorterna kunde man inte se att sorten selekterad för lägre NDF hann ikapp den oselecterade sorten.

Casler m.fl. (2002) studerade ligninets betydelse för hårdighet mot yttre fysiologiska faktorer, såsom kyla och sjukdomar, hos olika arter. Många av de växter som dog under försöksåren dog i anslutning till vintermånaderna. Foderlösta var den som visade högst överlevnad under försöket medan lucern var den art som visade sämst överlevnad där så mycket som 90 % av plantorna dog ut innan försöket avslutades. De diskuterade att lignin eventuellt kan vara kopplat till vinterhårdighet hos lucern även om det inte fanns något genetiskt bevis för att lignin är kopplat till reproduktionsframgångar.

1.2.7 Genetisk modifiering för ökad smältbarhet av fiber i majs

Brown midrib (bm3) är en recessivt nedärvd mutation hos bland annat majs och sorghum, som gör att ligninet i dessa mutanter är mer lösligt än det normala ligninet. Detta får till följd att fibersmältbarheten generellt är högre för brown midrib mutanter (Buxton & Redfearn, 1997).

Oba och Allen (1999a) utfodrade kor med majsensilage gjort av samma sort, antingen med eller utan bm3 mutationen för att studera effekten av bm3 mutationen på foderkonsumtion och mjölkavkastning hos kor i höglaktation. Foderstaterna anpassades för att innehålla lika mängd NDF i början av försöket. Smältbarheten av olika näringsämnen skiljde sig inte signifikant mellan foderstaterna förutom för NDF och ADF där smältbarheten var högre för bm3-majsen. Författarna fann att de kor som utfodrades med bm3-majsen hade en högre daglig konsumtion av NDF än kor som inte utfodrades med bm3-majsen, detta trots att halten av NDF i foderstaten för bm3 minskade under försökets gång. Korna hade även högre avkastning av fettkorrigerad mjölk (3,5 %), liksom av mjölkavkastning mätt som torrsubstans, samt fett-, protein och laktos (Oba & Allen, 1999a).

Frenchick m.fl. (1976) kunde inte se någon skillnad i daglig foderkonsumtion mellan kor som fick majs med bm3 mutation, omuterad analog samt en kontrollmajs av annan sort. Man kunde dock se att djur utfodrade med bm3-majsen hade högre mjölkavkastning mätt i liter men med mindre fett, dock fanns det ingen skillnad jämfört med andra behandlingar när mjölkproduktionen angavs som

ECM. Inte heller Rook m.fl. (1977) fann någon variation i smältbarhet mellan komponenterna i foderstaten även om de generellt sett var högre för bm3-majsen.

Oba och Allen (1999a) fann att kor som fick bm3-ensilaget hade en högre energibalans jämfört med de kor som fick den omuterade analogen. Djuren hade också en högre kroppsvikt och större ökning i BCS. Denna skillnad var inte signifikant, men hade antagligen kunnat uppnås i en längre studie. Rook m.fl. (1977) fann att kor som utfodrades med bm3 majs i början av laktationen tenderade att ha en mindre viktnedgång än kor som åt av kontrollmajs, även om skillnaden inte var signifikant. Vid utfodring av bm3-majs något senare i laktationen fann man en snabbare viktökning för dessa kor. Även Frenchick m.fl. (1976) fann en större viktökning till följd av utfodring med bm3-majs.

Vid jämförelse mellan högmjölkkande kor och kor som passerat sin högsta mjölkavkastning fann man att det var de högmjölkkande korna som hade störst fördel av att utfodras med den muterade majsen eftersom de hade den största positiva responsen både vad gäller daglig konsumtion och mjölkavkastning (Oba & Allen, 1999a). Detta överensstämmer med Huhtanen m.fl. (2007) som konstaterade att det är högmjölkkande kor som visar den största positiva responsen på ett ökat D-värde. Vid *in vitro* beräkningar av bm3 majsens NDF-smältbarhet av Oba och Allen (1999a) skattade de NDF-smältbarheten till 9,7 enheter högre än för den vanliga majsen. Detta verkar ha varit en överskattning av smältbarheten för beräkningar av den totala NDF smältbarheten *in vivo* visade endast på 2,2 enheters skillnad. Orsaken till överskattningen kan vara att NDF-fraktionen inte uppehöll sig i vommen i 30 h som den gjorde vid *in vitro* analysen.

Syftet med detta examensarbete var att undersöka om det föreligger skillnader i smältbarhet hos vallfoderfibern mellan skördetidpunkter och mellan olika sorter inom en vallväxtart, med hypotesen att det finns skillnad i vallfoderfiberns nedbrytningsmönster inom art som inte bara kan förklaras av en tidigare eller senare skördetidpunkt.

2 Material och metoder

2.1 Växtmaterial och klippning.

Det växtmaterial som ingick i denna studie hämtades från SW Seed's sortprovning. 15 olika sorter av timotej respektive rödklöver såddes i försöksrutor om två block, A och B, vid Röbbäcksdalen i Västerbotten (63°48'N, 20°14' Ö) för att skördas säsongen 2009. I tabell 1 och tabell 2 finns de sorter som såddes med motsvarande numrering som användes vid analysen av sorterna.

Tabell 1. Lista över de 15 sorter timotej som såddes

Timotej	Sort
1	Grindstad
2	SWN TT0002
3	SWN TT0004
4	SWN TT0401
5	SWN TT0402
6	SWN TT0403
7	SWN TT9310
8	SWN TT9324
9	SWN TT9402
10	Tryggve
11	SWN TT9319
12	SWN TT9904
13	SWN TT0005
14	SWÅ TT05061
15	SWÅ TT05060

Tabell 2. Lista över de 15 sorter rödklöver som såddes

Rödklöver	Sort
1	Betty
2	SW Torun
3	SW Yngve
4	SWÅ RK98055
5	SWÅ RK99054
6	SWÅ RK02027
7	SWÅ RK03009
8	SWÅ RK03012
9	SWÅ RK04082
10	SWÅ RK01068
11	SWÅ RK04020
12	SWÅ RK02019
13	SWÅ RK02020
14	SWÅ RK03013
15	SWÅ RK03014

Alla rutorna gödslades den 27 maj med 200 kg/hektar av PK 7-25 (fosfor och kalium). Rutorna med timotej gödslades även med NS 27-4 Axan (kväve och svavel), 300 kg/ha vid samma tidpunkt.

Med början den 15:e juni klipptes rutorna en gång i veckan i tre veckor. De olika klippningstillfällena skulle motsvara en vecka före axgång/knoppning, vid axgång/knoppning och en vecka efter axgång/knoppning. Proven torkades i 60° C över natt i torkskåp och maldes genom en hammarkvarn med ett 1 mm såll (Slagy 200, Kamas Kvarnmaskiner AB, Malmö, Sverige).

2.2 Kemisk analys

Kungsängens forskningscentrum i Uppsala, Sverige, analyserade proven med avseende på aska genom förbränning av provet i 550° C i 3 timmar, VOS (enligt Lindgren, 1979 och Lindgren 1983) och NDF (enligt Chai & Udén, 1998).

Analys av iNDF utfördes genom NIRS av Agrilab AB, Uppsala, Sverige.

2.3 Statistisk analys

Materialet analyserades med hjälp av Minitab (© 2006 Minitab Inc.) enligt modellen:

$$y_{ij} = \mu + \alpha_i + \beta_j + (\alpha\beta)_{ij} + \gamma_k + (\beta\gamma)_{jk} + e_{ijk}$$

α_i = skördetillfälle (1, 2, 3)

β_j = sort (1 – 15)

γ_k = block (A, B)

$(\alpha\beta)_{ij}$ = samspel skördetillfälle*sort

$(\beta\gamma)_{jk}$ = samspel sort*block

e_{ijk} = error

, med avseende på NDF (% av TS), VOS (% av OS), pdNDF (g/kg TS), pdNDF (% av NDF) och iNDF (g iNDF/kg NDF).

pdNDF räknades fram genom formeln: $\text{NDF (g/kg TS)} - \text{iNDF (g/kg TS)} / \text{NDF (g/kg TS)}$ (Allen & Mertens, 1988).

Scheffe's test utfördes med hjälp av SAS 9.2 (Copyright © 2002-2008 by SAS Institute Inc., Cary, NC, USA) med $\alpha = 0,05$.

3 Resultat

Tabell 3 och tabell 4 visar högsta och lägsta värde samt medelvärde och standardavvikelse som NDF (% av TS), VOS (% av OS), pdNDF (g/kg TS och % av NDF) och iNDF (g/kg TS) som erhöles i detta försök för timotej respektive rödklöver.

Tabell 3. Minsta och högsta värden samt medelvärden och standardavvikelser för timotej avseende NDF, VOS, pdNDF, och iNDF

Timotej		Minsta värde	Högsta värde	Medelvärde	Standardavvikelse
NDF (% av TS)	före axgång	47,9	55,6	52,1	2,16
	vid axgång	53,6	59,9	56,9	1,34
	efter axgång	59,1	65	61,2	1,35
VOS (% av OS)	före axgång	89,8	94,7	92,3	1,31
	vid axgång	84	90,1	87,8	1,37
	efter axgång	72	78,6	76,7	1,55
pdNDF (g/kg TS)	före axgång	415	470	442	16,03
	vid axgång	448	493	474	9,87
	efter axgång	484	520	498	8,87
% pdNDF av NDF	före axgång	84	87	85	0,88
	vid axgång	82	85	83	0,80
	efter axgång	80	83	81	0,84
iNDF (g/kg TS)	före axgång	62,7	87,7	79,9	6,90
	vid axgång	88,2	105,4	94,9	5,98
	efter axgång	103	130	114,1	6,99

Tabell 4. Minsta och högsta värden samt medelvärden och standardavvikelser för rödklöver avseende NDF, VOS pdNDF, och iNDF

Rödklöver		Minsta värde	Högsta värde	Medelvärde	Standardavvikelse
NDF (% av TS)	före knoppning	21,2	29,3	23,7	1,80
	vid knoppning	21,4	26,5	24,3	1,26
	efter knoppning	29,3	38	33,6	2,13
VOS (% av OS)	före knoppning	85,3	89,3	87,4	1,12
	vid knoppning	85	88,2	87	0,77
	efter knoppning	77	80,9	79,2	1,14
pdNDF (g/kg TS)	före knoppning	167	239	186	14,49
	vid knoppning	182	214	196	9,30
	efter knoppning	216	270	245	14,52
% pdNDF av NDF	före knoppning	74	80	76	1,72
	vid knoppning	74	81	78	1,94
	efter knoppning	65	79	71	4,52
iNDF (g/kg TS)	före knoppning	48,8	75,5	58,7	5,80
	vid knoppning	46,6	67,3	55,2	5,19
	efter knoppning	73,7	122,5	101,2	18,79

Tabell 5. Envägs-ANOVA för timotej

Timotej	P-värde	Signifikans
NDF (% av TS)	före axgång	< 0,001 ***
	vid axgång	< 0,001 ***
	efter axgång	< 0,001 ***
VOS (% av OS)	före axgång	< 0,001 ***
	vid axgång	< 0,001 ***
	efter axgång	< 0,001 ***
pdNDF (g/kg TS)	före axgång	< 0,001 ***
	vid axgång	< 0,001 ***
	efter axgång	< 0,001 ***
% pdNDF av NDF	före axgång	< 0,001 ***
	vid axgång	< 0,001 ***
	efter axgång	< 0,001 ***
iNDF (g/kg TS)	före axgång	< 0,001 ***
	vid axgång	< 0,001 ***
	efter axgång	< 0,001 ***

Vid analysen erhöjls ett signifikant samspel mellan skörd och sort för samtliga parametrar. För att eliminera detta samspel analyserades varje skördetillfälle för sig med en envägs ANOVA.

För envägs ANOVA:n fanns flera starkt signifikanta värden på 5 % -igt konfidensintervall (se tabell 5 och tabell 6) utom för rödklöver där NDF och VOS vid knoppning inte visar upp någon signifikans. För NDF efter knoppning hos rödklöver erhöjls en tendens till signifikans.

Tabell 6. Envägs ANOVA för rödklöver

Rödklöver		P-värde	Signifikans
NDF (% av TS)	före knoppning	< 0,001	***
	vid knoppning	0,387	-
	efter knoppning	0,061	(*)
VOS (% av OS)	före knoppning	< 0,001	***
	vid knoppning	0,096	-
	efter knoppning	0,001	**
pdNDF (g/kg TS)	före knoppning	< 0,001	***
	vid knoppning	< 0,001	***
	efter knoppning	< 0,001	***
% pdNDF av NDF	före knoppning	< 0,001	***
	vid knoppning	< 0,001	***
	efter knoppning	< 0,001	***
iNDF (g/kg TS)	före knoppning	< 0,001	***
	vid knoppning	< 0,001	***
	efter knoppning	< 0,001	***

Scheffé-testet för timotej presenteras i tabell 7. Sort nummer 4 skiljer ut sig som en sort med högre VOS-värde innan och vid axgång. Efter axgång är den inte högst men skiljer sig signifikant från den sort som hade det lägsta VOS-värdet (värden visas ej). För %pdNDF har sort 4 signifikant högt värde innan axgång. Vid axgång och efter axgång är värdet signifikant lägre (visas ej).

Sort 15 har ett konstant högre värde för iNDF (värde visas ej före axgång) och signifikant lägre värde för %pdNDF för samtliga klippningar. VOS-värdet ligger konstant signifikant lägre över samtliga klippningar. Ett signifikant högre värde för NDF syns vid axgång samt efter axgång. Före axgång har sort 15 signifikant lägre värde än de med högst värde men skiljer sig även signifikant från de med lägst värde.

Tabell 7. Scheffé's test för timotej.

Timotej		Signifikant högre värde	Signifikant lägre värde
NDF (% av TS)	före axgång	1	10, 4
	vid axgång	15	8
	efter axgång	15	1, 6
VOS (% av OS)	före axgång	4, 10	15, 1
	vid axgång	4, 12, 8, 13, 10, 11, 5	15
	efter axgång	12	15
pdNDF (g/kg TS)	före axgång	1	10, 4
	vid axgång	15	8
	efter axgång	15	6, 10, 1
% pdNDF av NDF	före axgång	4	15, 14, 5, 8, 11, 3
	vid axgång	7	15, 14, 5, 2
	efter axgång	12	15, 14, 5
iNDF (g/kg TS)	före axgång	14, 1, 3, 11	4, 10
	vid axgång	2, 15, 5	10
	efter axgång	15	12

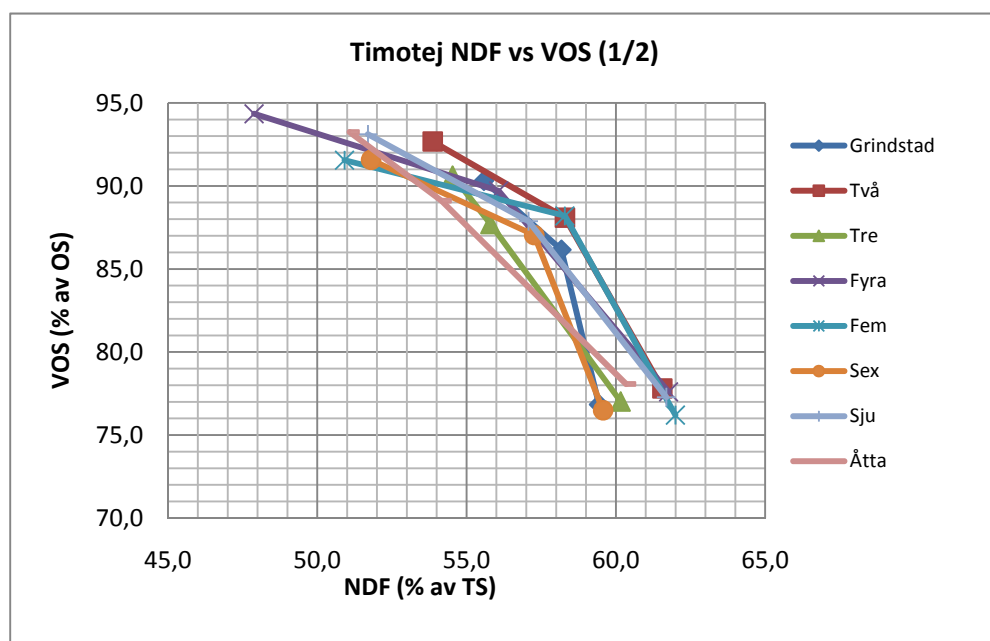
Tabell 8. Scheffé's test för rödklöver.

Rödklöver		Signifikant högre värde	Signifikant lägre värde
NDF (% av TS)	före knoppning	1	8, 5, 6, 3, 11, 2, 9, 4
	vid knoppning	ingen sign. skillnad	ingen sign. skillnad
	efter knoppning	ingen sign. skillnad	ingen sign. skillnad
VOS (% av OS)	före knoppning	15, 12, 3, 14	2
	vid knoppning	ingen sign. skillnad	ingen sign. skillnad
	efter knoppning	ingen sign. skillnad	ingen sign. skillnad
pdNDF (g/kg TS)	före knoppning	1	4
	vid knoppning	14	5
	efter knoppning	13, 15	2
% pdNDF av NDF	före knoppning	14	6, 4
	vid knoppning	14	1
	efter knoppning	13, 11, 9, 10, 12, 1	5, 6, 3, 2
iNDF (g/kg TS)	före knoppning	1	14, 15
	vid knoppning	1	13
	efter knoppning	6, 8, 7, 5, 4, 14, 3, 15, 2	13, 1, 10, 9, 11, 12

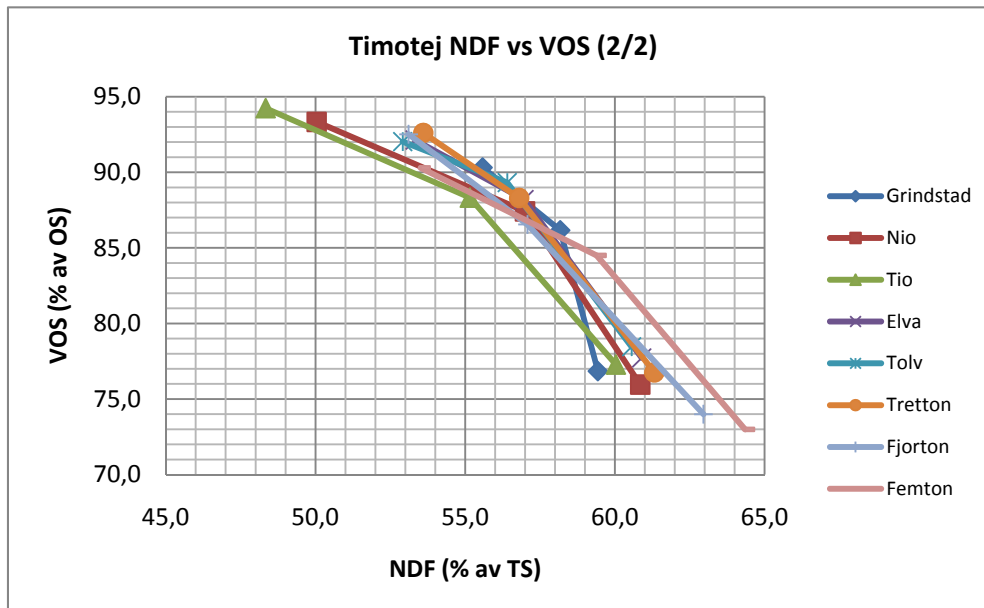
För rödklöver visas inga signifikanta skillnader mellan sorter för VOS och NDF från knoppning och framåt enligt Scheffé-testet, se tabell 8. Det är dessa som inte fått en signifikans $<0,001$ i envägs ANOVA:n, tabell 6. Sort 1 har ett signifikant högre värde för NDF före knoppning och även signifikant högre värde före och vid knoppning för iNDF. Sort 14 har signifikant högre VOS-värde före knoppning, signifikant högre värde för %pdNDF före och vid knoppning. Efter knoppning skiljer den sig signifikant både från de bästa och de sämsta sorterna. För iNDF har sort 14 signifikant lägre värde före och vid knoppning.

För iNDF efter knoppning delar sorterna upp sig i två grupper. Det finns ingen signifikant skillnad inom de två grupperna.

För att minska risken att sorterna rankas utifrån sin tidighet istället för sin faktiska skillnad i smältbarhet kan man studera skillnaden i VOS vid ett givet NDF. Figur 2 och figur 3 visar hur sambandet NDF/ VOS ser ut för timotej. Vid NDF 58 % av TS får man ett VOS-värde som varierar från 82 % för sort 10 till 88 % för sort 2 och 5.

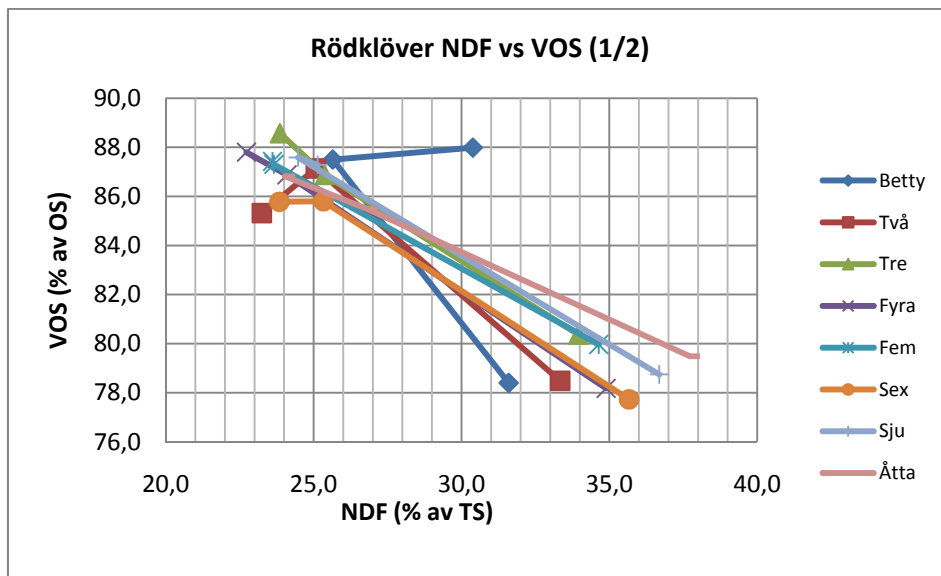


Figur 2. Diagram över hur VOS förändras när NDF förändras. Klippningen innan axgång är till vänster på diagrammet och följande är vid axgång och efter axgång.

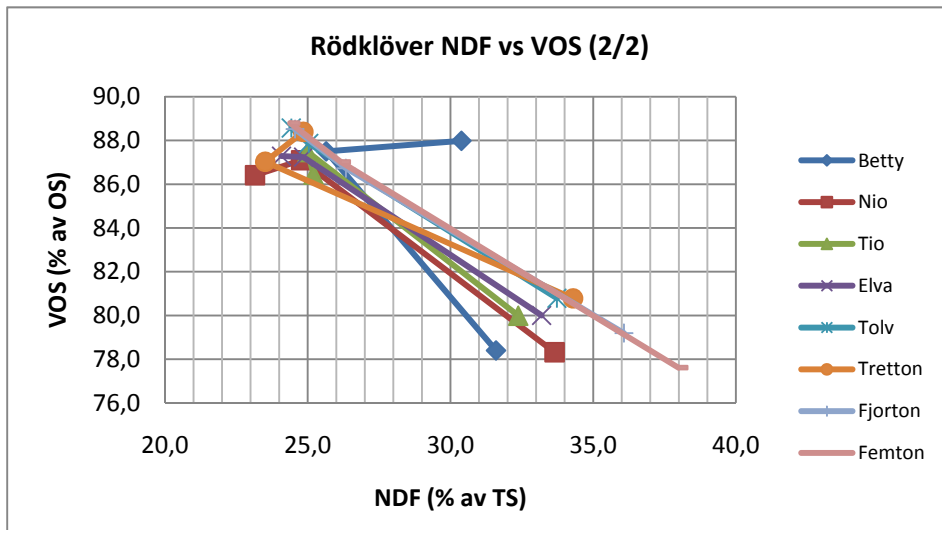


Figur 3. Diagram över hur VOS förändras när NDF förändras. Klippningen innan axgång är till vänster på diagrammet och följande är vid axgång och efter axgång.

Motsvarande diagram (figur 4 och figur 5) för rödklöver visar att vid 31 % NDF av TS kan VOS variera mellan 79 % för Betty (sort 1) och 83 % för sort 8, 12 och 15. Dock finns det avvikande kurvor i diagrammen.

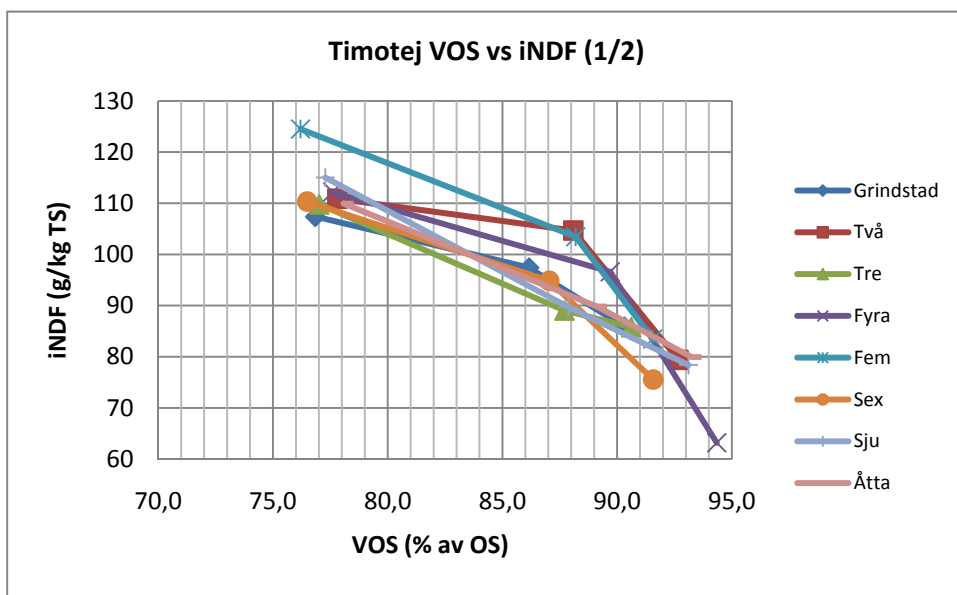


Figur 4. Diagram över hur VOS förändras när NDF förändras. Klippningen innan knoppning är till vänster på diagrammet och följande är vid knoppning och efter knoppning.

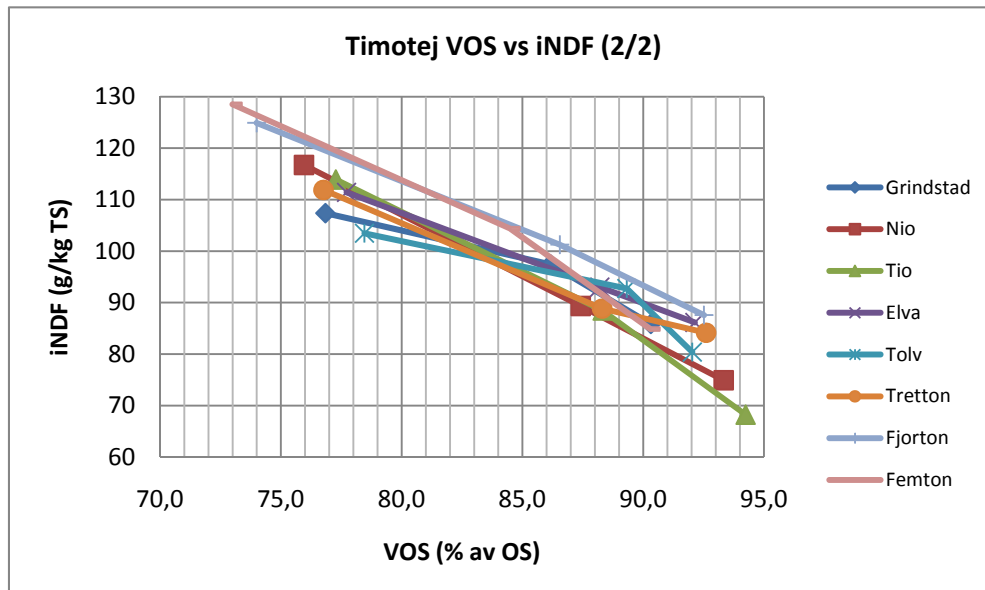


Figur 5. Diagram över hur VOS förändras när NDF förändras. Klippningen innan knoppning är till vänster på diagrammet och följande är vid knoppning och efter knoppning.

Jämför man den osmältbara delen av NDF, dvs. iNDF mot VOS får man diagram enligt figur 6 och figur 7 för timotej. Vid ett värde av 100 g iNDF/kg TS får man ett värde på VOS som varierar mellan 82 % för sort 3 och 12 till 89 % för sort 2 och 5.

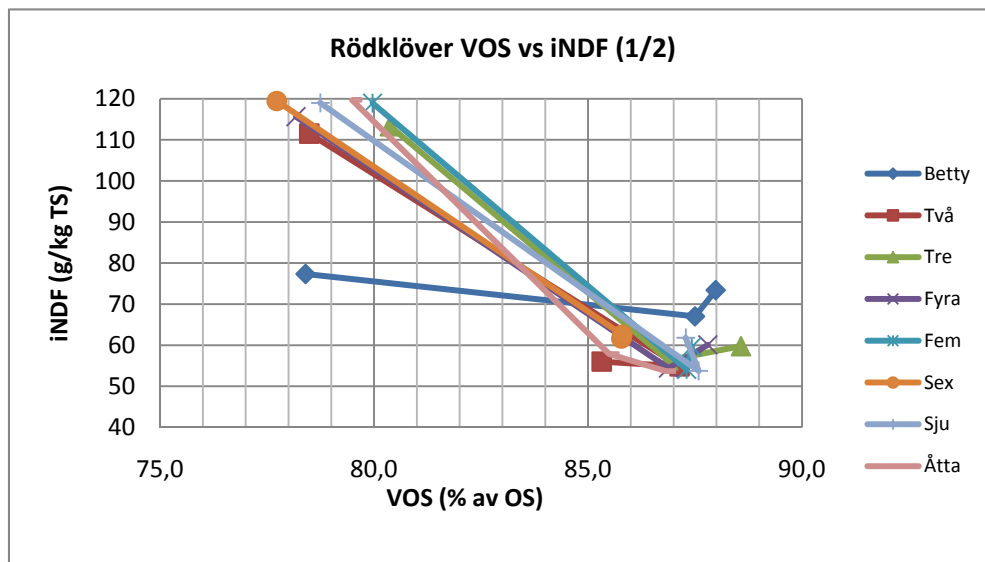


Figur 6. Diagrammet visar hur VOS förändras när iNDF förändras. Klippningen innan axgång är till höger på diagrammet och följande är vid axgång och efter axgång.

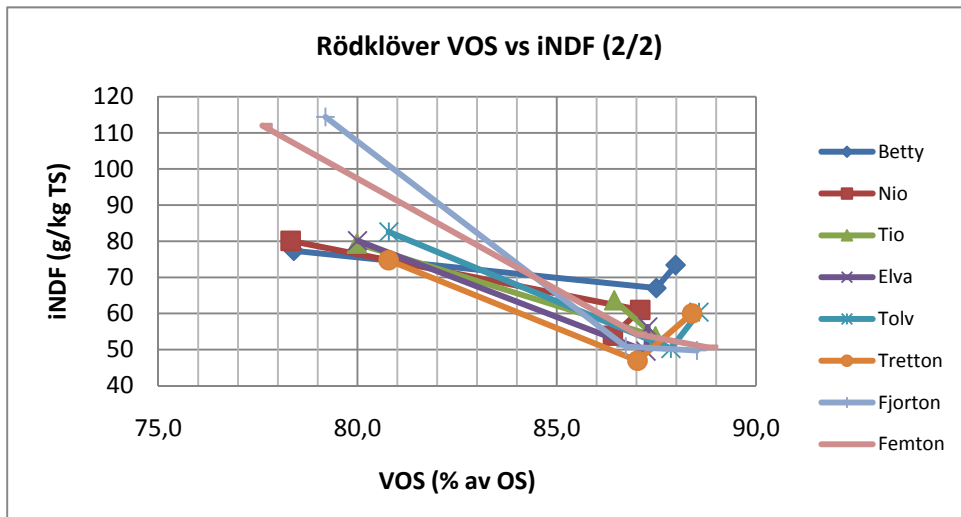


Figur 7. Diagrammet visar hur VOS förändras när iNDF förändras. Klippningen innan axgång är till höger på diagrammet och följade är vid axgång och efter axgång.

För rödklöver betar sig motsvarande diagram lite annorlunda, se figur 8 och figur 9. Värdena på sort 1, 9, 10, 11, 12 och 13 vid klippningen efter axgång avviker från övriga sorter. Vid 60 g iNDF/kg TS får man ett VOS-värde som sträcker sig mellan 84 % för sort 13 till 87 % för sort 9 och 10.



Figur 8. Diagrammet visar hur VOS förändras när iNDF förändras. Klippningen innan knoppning är till höger på diagrammet och följade är vid knoppning och efter knoppning.



Figur 9. Diagrammet visar hur VOS förändras när iNDF förändras. Klippningen innan knoppning är till höger på diagrammet och följade är vid knoppning och efter knoppning.

4 Diskussion

Samspelet mellan sort och skördetillfälle tyder på att olika sorter klassar sig olika beroende på när de har skördats. Detta gäller för samtliga analysparametrar. Resultatet skulle kunna indikera sorternas olika tidighet men även att lignifieringen sker i olika takt för olika sorter.

Envägs ANOVA:n visar på signifikanta skillnader för rödklöver som sedan inte syns i Scheffé's test, detta kan vara på grund av att Scheffé-test ofta har striktare gränser än andra test (Engstrand & Olsson, 2003). Signifikanta skillnader mellan sorter tyder på att det finns en variation inom arterna. På Kungsängens forskningscentrum har standardprovet ett NDF-värde på 55,7 % av TS och en standardavvikelse på 0,75. Standardprovets VOS-värde ligger på 83,2 % av OS med en standardavvikelse på 0,6 (Börje Ericson, personligt meddelande 2010).

För timotej är det samma sorter som dyker upp som högsta och lägsta värden fler än en gång. En optimal sort bör ha ett högre VOS-värde kombinerat med ett lägre värde för NDF och ett hög procentuell möjlig smältbar NDF (låg andel iNDF). Sort 4 är ett exempel på en sort som utmärker sig på ett positivt sätt genom att kombinera flera egenskaper en optimal sort skulle ha. Däremot syns sort 15 vara en sort som utmärker sig på ett mindre bra sätt genom att verka ha mer svår-lösliga fiber.

För rödklöver utmärker sort 14 sig som en sort med flera positiva egenskaper då den har högt VOS-värde, hög %pdNDF samt ett signifikant lägre värde för iNDF. Sort 1, Betty, är en sort som sticker ut med att verka ha mycket fiber, och lägre tillgänglighet på dessa.

Oba & Allen (1999b) relaterade en hög andel smältbar fiber till högre foderkonsumtion, mjölkproduktion, avkastning FCM och viktökning. Man konstaterade att om sambandet mellan smältbar NDF och mjölkproduktion är linjär skulle en ökning av smältbar NDF med 1 enhet generera 0,25 kg FCM (4 %) per ko och dag. Beräknat för varje klippning skulle rätt sortval kunna generera så mycket som 2 kg

mer mjölk per ko och dag både avseende timotej och rödklöver, se tabell 9 och tabell 10. I tabellerna kan man se att skillnaden är störst för timotej före axgång och både före och efter knoppning för rödklöver.

Tabell 9. Möjlig skillnad i mjölkproduktion för kor som konsumerar olika sorter. Kg FCM (4 %) per ko och dag.

Timotej	FCM
före axgång	1,925
vid axgång	1,575
efter axgång	1,475

Tabell 10. Möjlig skillnad i mjölkproduktion för kor som konsumerar olika sorter. Kg FCM (4 %) per ko och dag.

Rödklöver	FCM
före knoppning	2,025
vid knoppning	1,275
efter knoppning	2,175

Rinne m fl. (2002) kunde i sin artikel koppla D-värdet till mjölkavkastning. När D-värdet steg med 10 g/kg TS ökade mjölkproduktionen med 0,33 kg per ko och dag. Om man därför tittar på hur mjölkproduktionen skulle påverkas av sortval enligt Rinne m fl. (2002) kan man enligt tabell 11 se att det skulle skilja upp till nära 2 kg mjölk per ko och dag om man väljer rätt sort av timotej. För rödklöver, enligt tabell 12, kan man se att det skulle kunna skilja nästan 1 kg mjölk per ko och dag.

I det första exemplet räknar man på NDF och vad dess smältbarhet kan göra för den förväntade mjölkavkastningen och i det andra exemplet är det fodrets innehåll av organisk substans och dess smältbarhet som förutsäger mjölkproduktionen. Trots olika beräkningsmetodik slutar den förväntade mjölkproduktionen i samma storleksordning för timotej medan den varierar mera för rödklöver. Förbättrade analysmetoder för rödklöver kanske skulle kunna få denna siffra att bli samstämmig. Sorternas tidighet kan mycket väl påverka utfallet av beräkningarna då en sen sort får fördel med lite NDF av hög smältbarhet i början av tillväxten jämfört med en tidig sort som har kommit längre i sin utveckling. Sena sorter kan dra fördel även när man studerar den organiska substansen då de inte har hunnit åldras i samma utsträckning som de tidiga sorterna i slutet på försöket.

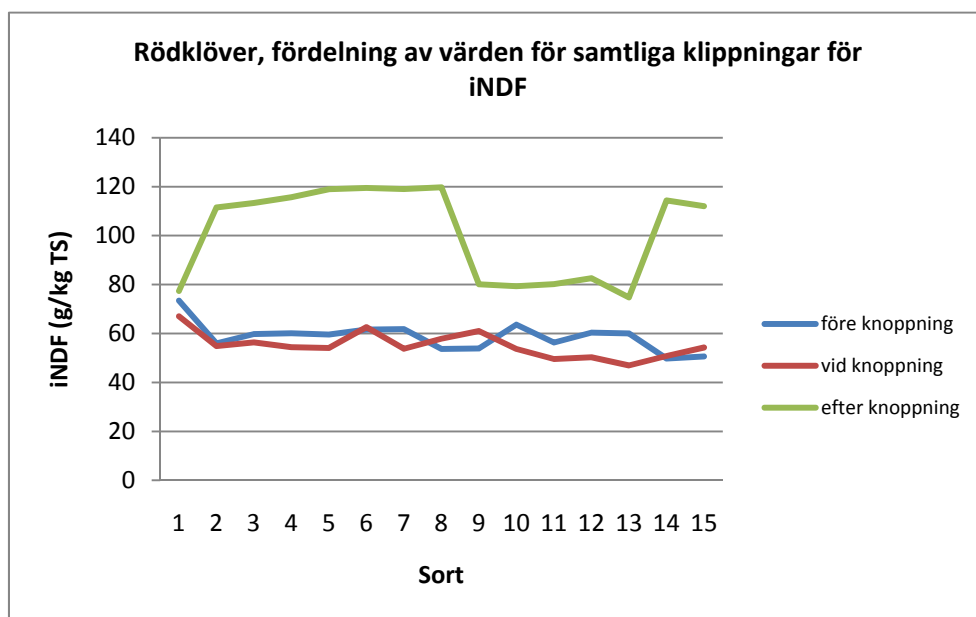
Tabell 11. Möjlig skillnad i mjölkproduktion för kor som konsumerar ensilage av olika sorters timotej. Skillnad i kilo mjölk per ko och dag

Timotej	kg mjölk
före axgång	0,94
vid axgång	1,34
efter axgång	1,78

Tabell 12. Möjlig skillnad i mjölkproduktion för kor som konsumerar ensilage av olika sorters rödklöver. Skillnad i kilo mjölk per ko och dag

Rödklöver	kg mjölk
före knoppning	0,60
vid knoppning	0,72
efter knoppning	0,85

Graferna för rödklöver avseende NDF/VOS har avvikande värden vid första klippningen för flera av sorterna. Mätmetoden för NDF och/eller VOS verkar vara osäker för rödklöver i tidigt stadiet. Mätningen av iNDF är osäker för rödklöver och detta kan man bland annat se i figur 10 över hur de tre klippningarna har fördelat sig. Sorterna 1, 9, 10, 11, 12 och 13 har avvikande värden jämfört med värdena för 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 14 och 15 vid tredje klippningen. Sorterna 1, 9, 10, 11, 12 och 13 är de sorter som pekats ut med avvikande värde jämfört med de andra sorterna för iNDF vs VOS. Det är även dessa sorter som har signifikant lägre värde i Scheffé-testet för iNDF. NIR-metoden är kalibrerad på gräs och detta kan antagligen förklara variationen i resultatet.



Figur 10. Graf över hur värdena för iNDF fördelat sig för rödklöver över samtliga tre klippningar.

4.1 Slutsats

Då de flesta av parametrarna vid en jämförelse visade på signifikanta skillnader borde det finnas goda möjligheter att förbättra vallfoderfibers tillgänglighet hos timotej och rödklöver. Osäkerheten i rödklöver-resultaten visar på behovet av analysmetoder anpassade speciellt för rödklöver. Ett välavvägt sortval beroende på planerad skördetidpunkt skulle kunna generera upp till 2 kg mjölk mer per ko och dag i tanken.

Litteraturlista

- Allen, M. S. & Mertens D. R., 1988. Evaluating constraints of fiber digestion by rumen microbes. *The Journal of Nutrition* 118 1988, s.261-270.
- Allen, M. S., 2000. Effects of diet on short-term regulation of feed intake by lactating dairy cattle. *Journal of Dairy Science*, vol. 83 No. 7, 2000 s. 1598 – 1624.
- Bacic, A., Harris, P. J. & Stone, B. A., 1988. Structure and function of plant cell walls. I: Preiss, J., (red.) *Biochemistry of plants. Vol. 14 Carbohydrates* s. 529. Academic Press, San Diego, CA.
- Ball, D., Collins, M., Lacefield, G., Martin, N., Mertens, D., Olson, K., Putnam, D., Undersander, D. & Wolf, M., 2001. *Understanding forage quality*.
- Buxton, D. R. & Redfearn, D. D., 1997. Plant limitations to fiber digestion and utilization. *The Journal of Nutrition* vol. 127 No. 5 1997 s. 814S – 818S.
- Casler, M. D., Buxton, D. R. & Vogel, K. P., 2002, Genetic modification of lignin concentration affects fitness of perennial herbaceous plants. *Theor Appl Genet* 104, 2002 s. 127 – 131.
- Casler, M.D. & Hatfield, R.D., 2006, Cell wall composition of Smooth Bromegrass plants selected for divergent fiber concentration. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, vol. 54, No. 21, 2006 s. 8206 – 8211.
- Chai, W. & Udén, P., 1998. An alternative oven method combined with different detergent strengths in the analysis of neutral detergent fibre. *Animal Feed Science and Technology* 74, 1998 s. 281-288.
- Delmer, D. P. & Stone B. A., 1988. I: Preiss, J., (red.) *Biochemistry of plants. Vol. 14 Carbohydrates* s. 373. Academic Press, San Diego, CA.
- Engstrand, U. & Olsson, U., 2003. *Variansanalys och försöksplanering*. Studentlitteratur, Lund.
- Ericson, B. Laboratorieförstare på Kungsängens forskningscentrum, Institutionen för Husdjurens utfodring och vård, Sveriges Lantbruksuniversitet Uppsala. Personligt meddelande. borje.ericson@huv.slu.se 2010-04-28
- Fogelfors, H., 2001, *Växtproduktion i jordbruket*. Natur och Kultur/LTs förlag, Borås. s. 85 – 86, 213 – 223
- Frankow-Lindberg, B. & Halling, M., 2009. Slutrapport över projektet V0630001, Kvalitet och kväveutnyttjande hos olika timotejsorter. Stiftelsen Lantbruksforskning.
- Frenchick, G. E., Johnson, D. G., Murphy, J. M. & Otterby, D. E., 1976. Brown midrib corn silage in dairy cattle rations. *Journal of Dairy Science* vol. 59 No. 12, 1976 s. 2126 – 2129.
- Gustavsson, A-M. & Martinsson, K., 2004, Seasonal variation in biochemical composition of cell walls, digestibility, growth and phenology in timothy. *European Journal of Agronomy* 20, 2004 s. 293 – 312.

- Halling, M., 2008. Vallväxter till slåtter, bete samt grönfoderväxter. Sortval för södra och mellersta Sverige 2008/2009.
- Hetta, M., Gustavsson, A-M., Cone, J.W. & Martinsson, K., 2004, *In vitro* degradation characteristics of timothy and red clover at different harvest times. *Acta Agriculturae Scandinavica, Section A – Animal Science*, 54:1 2004 s. 20 – 29.
- Hoover, W. H., 1986. Chemical factors involved in ruminal fiber digestion. *Journal of Dairy Science* vol. 69 No. 10, 1986 s. 2755 – 2766.
- Huhtanen, P., Rinne, M. & Nousianen, J., 2007, Evaluation of the factors affecting silage intake of dairy cows: a revision of the relative silage dry-matter intake index. *Animal* 1, 2007 s. 758 – 770.
- Jung, H. G. & Allen, M. S., 1995. Characteristics of plant cell walls affecting intake and digestibility of forages by ruminants. *Journal of Animal Science* 73 1995 s. 2774 – 2790.
- Kuoppala, K., Ahvenjärvi, S. Rinne, M. & Vanhatalo, A., 2009, Effects of feeding grass or red clover silage cut at two maturity stages in dairy cows. 2. Dry matter intake and cell wall digestion kinetics. *Journal of Dairy Science* vol. 92 No. 11, 2009 s. 5634 – 5644.
- Lindgren, E. 1979. Vallfodrets näringsvärde bestämt in vivo med olika laboratoriemetoder, rapport 45. Institutionen för Husdjurens utfodring och vård, Sveriges Lantbruksuniversitet, Uppsala.
- Lindgren, E. 1983. Nykalibrering av VOS-metoden för bestämning av energivärde hos vallfoder. Institutionen för Husdjurens utfodring och vård, Sveriges Lantbruksuniversitet, Uppsala.
- Mertens, D. R., 2009. Impact of NDF content and digestibility on dairy cow performance. *WCDS Advances in Dairy Technology* Vol. 21, 2009 s. 191 – 201.
- Oba, M. & Allen, M. S., 1999a, Effects of brown midrib 3 mutation in corn silage on dry matter intake and productivity of high yielding dairy cows. *Journal of Dairy Science* vol. 82, No. 1, 1999 s. 135 – 142.
- Oba, M. & Allen, M. S., 1999b, Evaluation of the importance of the digestibility of neutral detergent fiber from forage: effects on dry matter intake and milk yield of dairy cows. *Journal of Dairy Science* vol. 82 No. 3. 1999 s. 589 – 596.
- Rinne, M., Jaakkola, S. & Huhtanen, P., 1997, Grass maturity effects on cattle fed silage-based diets. 1. Organic matter digestion, rumen fermentation and nitrogen utilization. *Animal feed science and technology* 67 (1997) s. 1 – 17.
- Rinne, M. & Nykänen, A., 2000, Timing of primary growth harvest affects the yield and nutritive value of timothy-red clover mixtures. *Agricultural and food science in Finland*, vol 9, 2000 s. 121 – 134.
- Rinne, M., Huhtanen, P. & Jaakkola, S., 2002. Digestive processes of dairy cows fed silages harvested at four stages of grass maturity. *Journal of Animal Science* 80, 2002 s. 1986 – 1998.
- Rook, J. A., Muller, L. D. & Shank, D. B., 1977. Intake and digestibility of brown-midrib corn silage by lactating dairy cows. *Journal of Dairy Science* Vol. 60 No. 12 1977 s. 1894-1904.
- Vanhatalo, A., Kuoppala, K., Ahvenjärvi, S. & Rinne, M., 2009, Effects of feeding grass or red clover silage cut at two maturity stages in dairy cows. 1. Nitrogen metabolism and supply of amino acids. *Journal of Dairy Science* vol. 92 No. 11, 2009 s. 5620 – 5634.

Tack till

Jag skulle vilja tacka alla på Institutionen för Norrländsk Jordbruksvetenskap som hjälpt mig med stort och smått och glada tillrop under skapandet av mitt examensarbete.

Tack till SW Seed som bidragit med växtmaterial och tack till Regional Jordbruksforskning för Norra Sverige för finansiering av projektet.

Även stort tack till familj och vänner som stöttat när det tagit emot och hejat på när det gått bra.