

Ny metodik för sortprovning av ensilagemajs, H086002

Avkastning, fodervärde och odlingssäkerhet (slutrapport)

Mårten Hetta, Christian Swensson, Elisabet Nadeau, Anne-Maj Gustavsson, Magnus Halling och Kjell Martinsson

Bakgrund

Fodermajs är idag ett viktigt fodermedel för mjölk- och köttproduktion. I Danmark har odlingen ökat från 19 000 hektar år 1990 till idag 200 000 hektar och i Sverige har odlingen under motsvarande tidsperiod ökat från 2 000 till 20 000 hektar. Det som skiljer majsen från andra typer av grovfoder är växtens unika morfologi och tillväxt. I relation till andra foderväxter utmärker sig även majsen genom den stora variationen i sortmaterial avseende, avkastning, kvalitet och tidighet. Förutom det stora numerära utbudet, har även sorterna en förhållandevis hög omsättning på marknaden. Nya sorter introduceras varje år och i samma takt ersätts gamla, vilket skapar ett behov av en omfattande sortprovning. Näringen, Hushållningssällskapen och SLU satsar därför tillsammans stora resurser på sortprovning av majs. De sorter som når "topp-10" i sortprovningen representerar omkring 90 procent av marknaden för utsäde, som är värd 20 miljoner kr i omsättning för utsädesföretagen och en stor utgift för lantbruket. För att skapa en uppfattning om aktuella frågeställningar i praktisk odling av majs i Sverige har det genomförts flera enkäter samt tillhörande foderanalyser hos praktiska lantbrukare, t.ex. studien vid SLU i Skara i samarbete med rådgivare i sydöstra och sydvästra Sverige (Nadeau et al., 2009). Studierna har visat att det efterfrågas mer en utvecklad sortprovning av majs och att det finns behov av kunskap om odling och konservering av majsensilage. Målet med projektet var därför att öka kunskapen om majsens fysiologiska utveckling och fodervärde under svenska odlingsförhållanden och därmed skapa underlag för en konkurrenskraftig majsodling baserat på internationella jämförelsetal d.v.s. Amerikansk standard enligt Milk 2006 beskrivet av Shaver et al., (2006) och/eller nordisk foderanalys NorFor Volden (2011).

Material och metoder

Odling i fält

Odlingen genomfördes under 2008 och 2009 på tre platser, Kristianstad (56° N), Skara (58° N) och Västerås (59° N). Studien hade en experimentell design som omfattade tre majssorter med stigande tidighet enligt FAO ranking, Avenir (FAO 180); Isberi (FAO 190) och Burli (FAO 210) i två randomiserade block på varje plats. Majsen såddes med 72 000 plantor per hektar i rutor om 12 x 3 m. Plantornas mognad graderades från "silking" (R1) till mjölmognad "dent" (R5) enligt ett kanadensiskt system (OMAFRA, 2009). Alla sorter skördades vid fyra tillfällen, med ökad fysiologisk mognad. I samband med skörd fastställdes torrsubstanshalten (TS) och skördemängden (Kg TS/ha). För att uppskatta värmebehovet för majsens utveckling beräknades den ackumulerade mängden majsvarmeenheter "crop heat units (CHU)" för varje plats från sådd till skörd enligt MAO (1997). Insamlade data analyserades statistiskt, plats för plats. För att skatta sortens skördemängd och näringsvärden användes grödans TS som kovariat parameter, vilket gör det möjligt att jämföra alla sorter vid samma mognad (TS halt) och även skatta linjära (L) och kvadratiska (K) effekter av ökad mognad. Fältstudien av för odling av majs har skett genom samarbete med Hushållningssällskapen i Kristianstad, Skara och Västerås.

Fraktionering av växtmaterialet

För att skapa en uppfattning om majsens morfologiska sammansättning handskördades fem plantor i varje ruta (totalt 700 plantor under två år). De handskördade plantorna fraktionerades efter torkning (60° C i 48 h) i fyra fraktioner, stam, blad, spindel och kärnor. Vikten av de enskilda fraktionerna vägdes för varje planta. För att skapa tillräckligt stora fraktioner för foderanalyser skapades ett samlingsprov från varje ruta. Totalt gav detta fem växtfraktioner per ruta, inklusive ett re-konstituerat prov som representerar hela plantan. Sambanden mellan den morfologiska sammansättningen, majsens kvalitet och odlingsbetingelser gjordes med enkla korrelationer, principal komponent analys (PCA) och multivariat regression (PLS).

Foderanalyser, Norfor, Milk 2006 och gas produktionskinetik

Samtliga foderprov (fraktioner och hela plantor, n=700) analyserades (våtkemiskt) för koncentration av råprotein, fett, neutral detergent fiber (NDF), fibersmältbarhet *in vitro* (NDFD) och stärkelse vid University of Wisconsin, USA. För varje foderfraktion beräknades sen fodervärdet enligt amerikansk standard "Milk, 2006" d.v.s. förväntad mjölkproduktion kg Mjolk per hektar och Kg Mjolk per ton TS enligt Shaver et al., (2006). De sammanslagna proverna (ett prov per ruta, n= 130) som representerar hela plantorna analyserades dessutom med fullständig Norfor analys enligt Volden (2011), omfattande koncentrationer av aska, råprotein, lösligt protein, NDF, iNDF (NIR), stärkelse, socker, växttråd och VOS (*in vitro* smältbarhet enligt Lindgren, 1983). För varje prov beräknades innehållet av nettoenergi innehållet för mjölkproduktion (NEL20) enligt NorFor (Volden, 2011). Dessutom analyserades alla proven som representerar hela plantan från 2009 med referensmetoden för koncentration av iNDF *in sacco* enligt NorFor standard med fistulerade kor (Åkerlind et al., 2011). Slutligen analyserades samtliga prov av fraktioner och hela plantor från Kristianstad (2008) med gas produktionsmetoden (n=60) *in vitro* (Hetta et al., 2012). Gasproduktionsdata användes för att bestämma nedbrytningshastigheten i våmmen beroende på sort, plantans mognad och sammansättning. Förutom ovanstående analyser har även proven från 2009 analyserats för enzymfordöjlig organisk substans (EFOS) enligt Hvelplund och Weisbjerg (1993) och för koncentration av iNDF hos Valio Oy i Finland. När flera olika analystekniker har använts för att testa samma parametrar såsom smältbarhet, har vi utvärderat analysteknikerna med linjär regressionsanalys av residualerna (observerad – predikterad) enligt en statistisk modell som föreslagits av St:Pierre (2003).

Ensileringsstudier

Majs av sorten Avenir skördades 2009 på Götala forskningsstation, SLU Skara vid degmognad (28 % TS, den 24 september), dent mognad (mjölmognad) då kärnan hade hårdnat (37 % TS, 20 oktober) och vid fysiologisk mognad då kärnan var fullmatad (41 % ts, 2 november). Majsen hackades till 13 mm längd och ensilerades i 1,7-liters småsilor i 4 och 16 veckor. Vid ensileringen tillsattes KOFASIL MAJS N, 2 liter/ton grönmassa (natriumbensoat och kaliumsorbat; ADDCON EUROPE GmbH), ProMyr XR 680, 4 l/ton (myrsyra, propionsyra, formiat, Perstorp, Sverige). För ensilage, som lagrades i 16 veckor användes även KOFASIL LIF "M" (mjölksyrabakterien *Lactobacillus buchneri* DSM 13573, som producerar både mjölksyra och ättiksyra och omvandlar mjölksyra till ättiksyra; ADDCON EUROPE GmbH) med en dosering på 100 000 koloniformande enheter/g grönmassa. Behandlat ensilage jämfördes med obehandlat ensilage och 3 silor användes per behandling för varje lagringstid. Ensilagen analyserades med avseende på näringsinnehåll och hygien, förekomst av jäst och mögel samt tendens till värmeutveckling efter öppning (lagringsstabilitet). Ensilagens lagringsstabilitet mättes som antal dagar innan temperaturen i ensilagen hade ökat 2°C över omgivningstemperaturen på 20°C under en 2-veckors luftningsperiod. Smältbarhet av organisk substans i ensilagen mättes före och efter luftningen.

Resultat

Majsens värmebehov i relation till tidighet och plats

De skattade behoven av majsvärmeenheter för de tre sorterna för att nå olika mognadsstadier redovisas i Tabell 1 nedan. Det är tydligt att den sena sorten Burli behövde mer majsvärmeenheter för att inleda den reproduktiva fasen av plantornas utveckling (silking) i relation till de tidigare sorterna. Resultaten visar även att majsens på de olika platserna har olika behov av majsvärmeenheter. I Västerås, som är den nordligaste platsen behövdes omkring 300 majsvärmeenheter mer, för att nå samma mognad som vid de två andra platserna. Vidare analys av data visar även att det var bara i Kristianstad som alla tre sorter nådde rekommenderad mognad för ensilageskörd, (R5). I Skara var det bara sorten Avenir som nådde R5 och i Västerås nådde ingen sort fram till längre än R3, ytterligare information om klimat och mognad finns redovisat av Mussadiq et al. (2012).

Tabell 1. Medelbehov av majsvärmeenheter (CHU) från sådd till för att nå olika mognadsstadier hos fodermjajs.

	Kristianstad			Skara			Västerås		
	Avenir	Isberi	Burli	Avenir	Isberi	Burli	Avenir	Isberi	Burli
CHU									
Silking (R1)	1156 ^b	1366 ^a	1409 ^a	1136 ^c	1251 ^b	1398 ^a	1569 ^c	1630 ^b	1720 ^a
Blåsmognad (R2)	1364 ^b	1523 ^a	1601 ^a	1575 ^a	1406 ^b	1579 ^a	1920 ^c	1953 ^b	2011 ^a
Mjölkmognad (R3)	1662 ^b	1830 ^a	1884 ^a	1759 ^a	1737 ^a	1822 ^a	2142 ^c	2179 ^b	2273 ^a
Degmognad (R4)	2029 ^b	2243 ^a	2280 ^a	2117	–*	–	–	–	–
Mjölkmognad (R5)	2352 ^c	2503 ^b	2565 ^a	2252	–	–	–	–	–

a, b, c = medelvärden inom plats med olika bokstäver signifikant skilda $P \leq 0.01$, n= *Ingen skattning möjlig.

Tabell 2. Skörd (kg TS/ha) och kvalitet vid medel TS för varje plats samt skattning av sannolikhet för linjära (L) och kvadratiska(K) effekter. Max och Min visar vid vilket TS som den kvadratiska effekten är högst resp. lägst.

Parameter	Sort				P≤		TS Min/Max (%)		
	Avenir	Isberi	Burli	SEM	Sort	L	K	Max	Min
Kristianstad (30% TS)									
Skörd	14000 ^b	17500 ^a	18300 ^a	443	0.01	0.01	0.01	35	
Stärkelse (%)	31 ^a	26 ^b	23 ^b	13	0.01	0.01	0.01	36	
NEL20 (MJ)	5.9 ^a	5.7 ^b	5.6 ^b	0.05	0.01	0.01	0.01	34	
Skara (25% TS)									
Skörd	9450 ^b	11550 ^a	11450 ^a	560	0.01	0.01	0.01	34	
Stärkelse (%)	20 ^a	23 ^a	19 ^a	18.1	0.03	0.01	0.01	27	
NEL20 (MJ)	5.5 ^a	5.4 ^{ab}	5.3 ^b	0.10	0.11	0.01	0.01	27	
Västerås (21 % TS)									
Skörd	8100 ^b	9300 ^a	9700 ^a	370	0.01	0.01	–	–	
Stärkelse (%)	7,9 ^a	8,0 ^a	4,4 ^a	14.2	0.06	0.03	0.01		17
NEL20 (MJ)	5.4 ^a	5.3 ^a	5.3 ^a	0.08	0.70	0.41	–	–	

a, b, c = medelvärden inom plats med olika bokstäver signifikant skilda $P \leq 0.01$

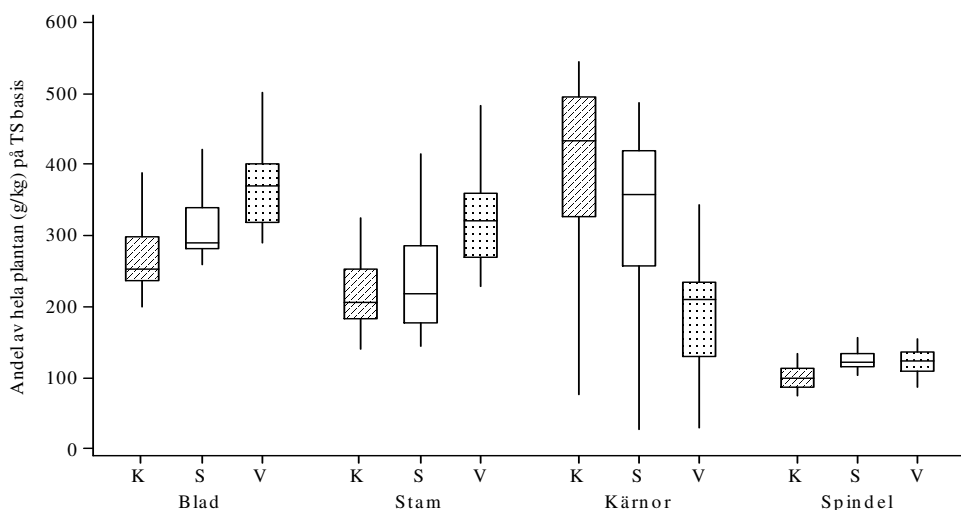
Skörderesultat och foderkvalitet enligt NorFor

Odlingsresultaten och kvalitetsanalyserna enligt NorFor finns redovisade i sammandrag i Tabell 2. Skördarna var betydligt högre i Kristianstad än i Skara som i sin tur var högre än Västerås, som hade den lägsta avkastningen i studien. Resultaten visar att den senaste sorten Burli gav den högsta avkastningen vid alla tre platser, men att den tidiga sorten Avenir, hade den högsta foderkvaliteten oavsett odlingsbetingelser (plats). Analyserna av de linjära (L) och kvadratiska (K) effekterna av ökad mognad visar tydligt att i Kristianstad sammanfaller skörde- och kvalitetsoptimum vid ca 35 procent TS, vilket ligger väl i linje med de internationella normerna för bra majsensilage. I Skara och Västerås är det i huvudsak linjära effekter av ökad mognad. Slutsatsen blir att på den nordligaste orten är svårt tala om någon optimering av skördetillfälle på samma villkor som i Skåne, vilket tydligt visas Tabell 2. En

fullständig beskrivning av odlingsresultaten och kvalitetsanalyserna finns redovisade finns redovisade av Mussadiq et al. (2012).

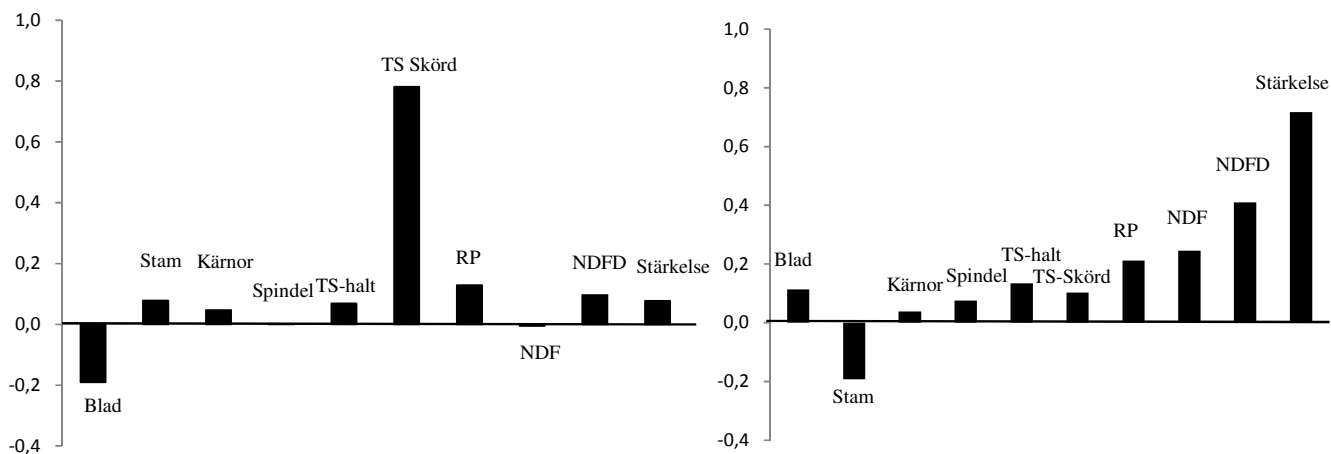
Majsens morfologiska utveckling i relation till plats, sort, mognad och fodervärde

Det fanns tydliga effekter av odlingsplats på majsens morfologiska sammansättning vilket Figur 1 visar. För Kristianstad och Skara var rankningen andel av morfologiska fraktioner som följer; kärnor>blad>stam>spindel, men i Västerås var de rankade enligt ordning blad > stam> kärnor>spindel. Data visar sammantaget att den högsta andelen av blad och stammar fanns i Västerås och högst andel kärnor fanns i Kristianstad. Vi har även utvärderat vilka fraktioner och kvalitetsparametrar som har störst betydelse för förväntad mjölkproduktion kg Mjolk per hektar och Kg Mjolk per ton TS enligt modellen Milk 2006 Shaver et al., (2006) vilket finns redovisat i Figur 2.



Figur 1. Boxplot som visar fördelningen av de olika fraktionerna av stam, blad, spindel och kärnor på de olika platserna K=Kristianstad, S=Skara och V= Västerås. Resultaten är polade för alla sorter och båda åren.

Grafen (Figur 2A) visar tydligt att den parameter som har störst betydelse för den förväntade mjölkproduktionen per hektar är skörden (Kg TS/ha) och att andelen blad har en negativ effekt på den förväntade mjölkproduktionen vid utfodring av majsens. Om man i stället tittar på fodervärdet beskrivet som den förväntade mjölkavkastningen per ton foder, ser man att det är andelen stärkelse och fibersmältbarheten som har störst positiv betydelse och att andelen stam har störst negativ effekt för den förväntade mjölkproduktionen per ton foder.



Figur. 2. Regressionsvektorer (PLS) för att prediktera avkastning och fodervärde enligt modellen MILK 2006 grafen till vänster visar Kg mjölk/hektar och grafen till höger visar Kg mjölk/ton foder (TS) för fodermjäs.

Nedbrytningshastigheten av majsens bestämt med gas produktionstekniken in vitro

Resultaten från analyserna som representerar hela plantan vid en medel TS-halt på 33 procent är redovisade i Tabell 3 nedan. Om man går vidare med den regressionsanalysen (data inte redovisade) ser man att smältbarheten för hela plantan inte påverkas av ökad mognad, däremot kan man se att smältbarheten för fibern sjunker med ökad mognad. Regressionsanalysen visar även att nedbrytningshastigheten för hela växten ökar något med ökad mognad, vilket kopplas till en ökad andel stärkelse i mer mogen majs. En fullständig redovisning av metodik och resultat med gasproduktionstekniken *in vitro* finns redovisad av Hetta et al., (2012) och där redovisas även kinetikstudier av, stam, blad, spindel och kärnor.

Tabell 3. Nedbrytning i våmmen skattad med gasproduktionstekniken *in vitro* vid medel TS för Kristianstad (2008) samt skattning av sannolikhet (P) effekt av sort (hybrid) samt för för linjära (L) och kvadratiska(K) effekter av ökad mognad.

Parameter	Sort			SEM ¹	P		
	Avenir	Isberi	Burli		H	L	Q
<i>In vitro parametrar</i>							
OMD (g/kg OM)	862 ^a	849 ^b	827 ^c	3.7	<0.001	-	-
NDFD (g/kg aNDFom)	706 ^b	664 ^{ab}	625 ^a	12.1	0.001	0.002	-
GP 72 h (ml/g OM)	314	311	318	8.2	0.829	-	-
<i>Modellerad nedbrytning</i>							
Smältbarhet <i>in vivo</i> (g/kg OM)	708	699	667	11.3	0.060	-	-
Nedbrytningshastighet i våmmen kd (/h)	0.081	0.081	0.085	0.003	0.706	0.050	-

a, b, c = medelvärden inom plats med olika bokstäver signifikant skilda $P \leq 0.01$. GP, gasproduktion; OM, organisk substans; OMD, smältbar organisk substans, NDFD smältbarhet på fiber (NDF) och kd, nedbrytningshastighet. ¹Standard error of the mean (standard fel) ;

Jämförelser mellan olika tekniker för att bestämma smältbarhet i majs

Resultaten för jämförelserna mellan de olika analysteknikerna (helgröda) finns redovisade i Tabell 4. Data visar regressionsanalyser av residualerna mellan analyserat och predikterat värde. I tabellen ser man att den svenska NIR modellen för iNDF underskattar och att den finska iNDF modellen överskattar iNDF koncentrationen i majs. Båda teknikerna har dessutom ett lutningsfel vilket innebar att avvikelserna mellan observerad och predikterad iNDF koncentration minskade med ökade koncentrationer av iNDF. När det gäller smältbarhet OMD ser man att alla testade tekniker underskattar smältbarheten något, men att felskattningen minskar med ökad smältbarhet, utom för VOS tekniken som inte hade något lutningsfel kopplat till metoden.

Tabell 4. Test av analysfel hos olika metoder genom regressionsanalys av residualerna mellan observerad och predikterad smältbarhet hos fiber iNDF och organisk substans (OMD).

Analysmetod	Intercept	SE ^a	Signifikans	Lutning	SE	Signifikans
iNDF _{NIRS-S} ^b	7.45	2.098	$P < 0.001$	-0.34	0.112	$P < 0.001$
iNDF _{NIRS-F} ^c	-28.92	1.938	$P < 0.001$	-0.32	0.095	$P < 0.001$
OMD _{EFOS} ^d	1.43	0.233	$P < 0.001$	-0.28	0.076	$P < 0.001$
OMD _{VOS} ^e	1.42	0.195	$P < 0.001$	0.03	0.082	
OMD _{NIRS-F} ^f	1.52	0.190	$P < 0.001$	-0.18	0.063	$P < 0.01$

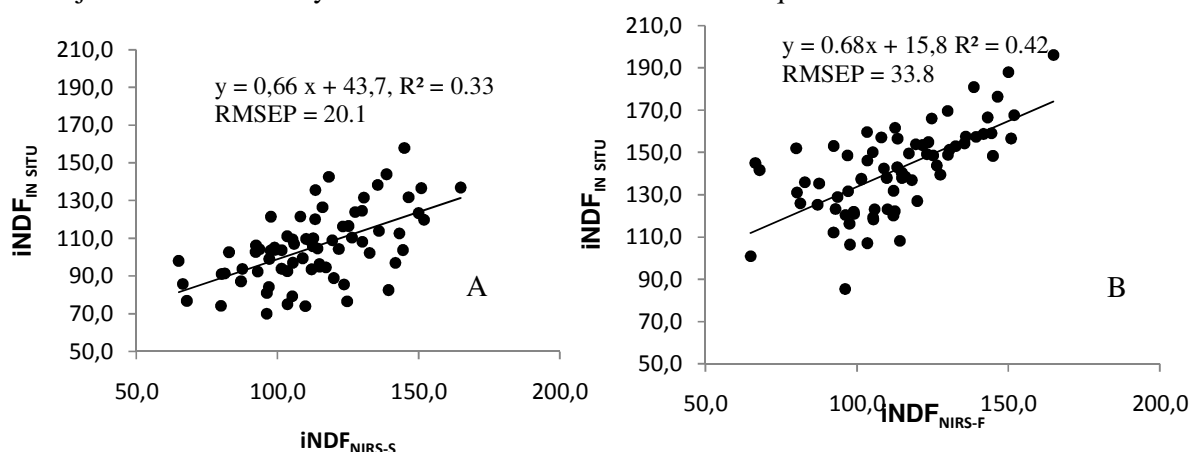
^aSE = standard error, ^b iNDF predikterad från svensk NIR modell, ^c iNDF predikterad från finsk NIR modell.

^dOMD predikterad från EFOS (Weisbjerg and Hvelplund, 1993), ^eOMD predikterad från VOS (Lindgren, 1979)

^fOMD predikterad från finsk NIR modell.

Vi har vidare tittat på kvalitén på de olika analysmetoderna och då ser man att OMD predikterades bäst från VOS följt av finsk NIR modell och EFOS på sista plats. Ingen av NIR

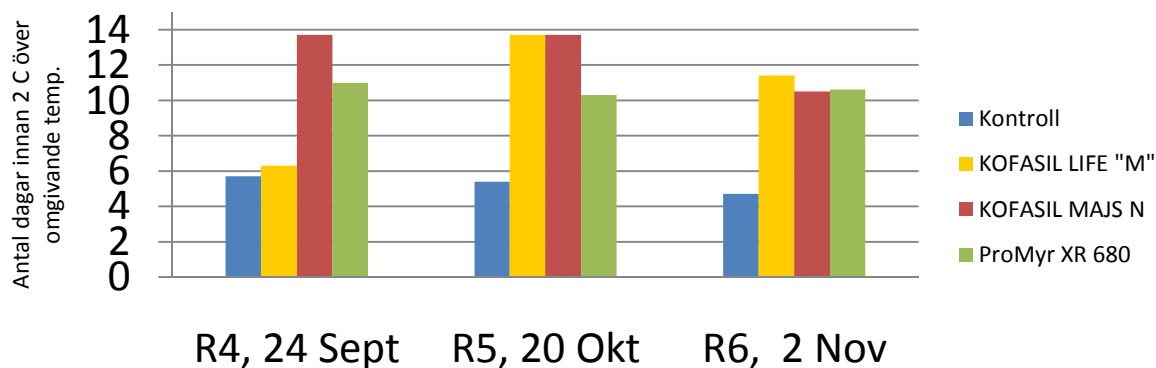
modellerna hade särskilt bra prediktioner av iNDF se Figur 3. En mer fullständig redogörelse av jämförelsen av analysmetoder finns redovisat av Mussadiq et al. 2012.



Figur 3. Jämförelser av prediktioner av iNDF i fodermajs gjorda med NIR i Sverige (A) och Finland (B).

Ensileringsstudie

Majsen innehöll 27, 32 och 36 % stärkelse vid de tre olika skördetidpunkterna (R4, R5 och R6) samt 385–441 g NDF och 72 g råprotein vid skörd. Samtliga ensilage visade god konservering med pH-värde från 3,8 till 4,6. Ensilage behandlat med KOFASIL MAJS N och ensilage utan tillsats visade god mjölksyrabildning vid samtliga tre mognadsstadier. Tillsats av KOFASIL LIFE "M" visade lägre mjölksyrahalt men högre ättiksyrahalt vid de två senare skördetidpunkterna och ProMyr XR 680 begränsade förjäsningen. Små mängder jäst upptäcktes i obehandlat ensilage och i ensilage behandlat med bakteriepreparatet vid det första mognadsstadiet. Ensilage behandlat med KOFASIL MAJS N var mer stabilt mot värmeutveckling än obehandlat ensilage vid samtliga skördetidpunkter och lagringstider (Figur 4). Ensilage behandlat med ProMyr XR 680 var mer lagringsstabilt än ensilage utan tillsats i 67% av fallen. Vidare var ensilage behandlat med KOFASIL LIFE "M" mera stabilt mot värmeutveckling än det obehandlade ensilaget vid de två senare mognadsstadierna, då ensilaget med bakteriepreparatet visade god ättiksyrabildning utan förekomst av jäst. Ättiksyra motverkar förekomst av jäst och mögel. Smältbarheten hos ensilage behandlat med KOFASIL MAJS N och ProMyr XR 680 var oförändrad under luftningen, medan smältbarheten hos obehandlat ensilage minskade med i genomsnitt 9 %. Smältbarheten hos ensilage behandlat med bakteriepreparatet KOFASIL® LIFE "M" minskade med 4 % under luftningen och denna minskning skedde i ensilage skördat vid degmognad (tidig skörd).



Figur 4. Lagringsstabilitet mätt under två veckor i majsensilage lagrat i 16 veckor .

Diskussion

Majsens värmebehov i relation till tidighet och plats

Majs som gröda behöver lite vatten i förhållande till den traditionella vallen vilket gör att den växer bra även under torra förhållanden. Men majsen växer dock långsamt vid temperaturer under +10° C. Rekommendationen i Sverige är att man behöver ca 2400 majsvarmeenheter (CHU) räknat från den första maj för att kunna odla majs fram till ensilering med god kvalitet d.v.s. degmognad. Våra data visar dock att redan vid 2200 majsvarmeenheter kan man skörda tidiga sorter i Kristianstad och Skara. I Västerås behövdes det betydligt mer värme skulle nå samma mognad som vid de andra två platserna. Skillnaderna i värmebehov som vi funnit mellan sorter och platser, visar tydligt att det finns behov av vidare vetenskapliga studier av samspel mellan sort, odlingsplats och mognad hos fodermajs i Norden.

Skörderesultat och foderkvalitet enligt NorFor

Skillnaderna i mognad mellan sorter och platser återspeglas i även avseende skörd och foderkvalitet. De höga skördenivåerna och goda näringsinnehållet i Kristianstad visar att majsodlingen är konkurrenskraftig mot vallen som foder. I Skara och Västerås var skördenivåerna betydligt lägre och kvalitén på grödan som foder sämre än i Kristianstad. Detta gör att vid de nordliga områden kan det vara svårare att konkurrera med ett vallensilage i fråga om kostnad och näringsinnehåll. Analyserna av de linjära och kvadratiska effekterna av plantans mognad visar att i Kristianstad sammanfaller skörde- och kvalitetsoptimum vid ca 35 procent TS, vilket ligger väl i linje med de internationella normerna för bra majsensilage. Linjära effekter av ökad mognad innebär att grödans tillväxt inte har avstannat utan pågår. Kvadratiska effekter innebär att majsen börjar närma sig fysiologisk mognad och kärnornas fyllnad av stärkelse börjar avta. I Skara var det bara den tidiga sorten Avenir som nådde önskvärd mognad, men i Västerås var det ingen av sorterna som hade tillräcklig tidighet för att ge ett bra majsensilage avseende kvalitet. Studien visar även att skillnader mellan sorterna i både skörd och mängd minskar vid högre breddgrader d.v.s. nordliga områden.

Majsens morfologiska utveckling i relation till plats, sort, mognad och fodervärde

Majsen skiljde sig inte bara till skörd och näringsvärde mellan sorter och platser utan även till morfologisk sammansättning, vilket inte är visat tidigare i Norden. Vi valde att utvärdera den morfologiska sammansättningen med den amerikanska modellen Milk 2006 enligt Shaver et al. (2006) som beräknar förväntad mjölkproduktion kg Mjolk per hektar och Kg Mjolk per ton TS. Utifrån resultaten av den multivariata analysen av plantornas sammansättning och näringsvärde är det tydligt att kärnorna är den viktigaste fraktionen för att säkerställa en hög mjölkproduktion. Men analysen visar även att en stor del av den mjölk som förväntas produceras kommer från bladfraktionen. Studien visar även att fodervärdet hos majsen är negativt korrelerad till andelen stam. Vår analys visar att parametern förväntad mjölkproduktion per ha, enligt den amerikanska modellen i stort sätt bara reperesterar skördenivån (TS skörd), vilket i viss mån diskvalificerar modellen som ett integrerat mått på skörd och kvalitet. Mängden förväntad mjölkproduktion i beräknat utifrån Kg Mjolk per ton TS visade sig vara ett spännande kvalitetsmått där både stärkelse innehåll och fibersmältbarhet (NDFD) var de viktigaste egenskaperna. Man kan även dra slutsatsen från den multivariata analysen att det fanns en starkare korrelation mellan plats och den morfologiska sammansättning än mellan sorter och morfologisk utveckling, även om det var tydligt att senare sorter har större andel stam och blad än tidiga sorter som hade mer kärnor.

Nedbrytningshastigheten av majsens bestämt med gas produktionstekniken in vitro

Helsäd av majs är ett komplext fodermedel och under plantans mognad förändras i både sammansättning och nedbrytningshastighet i våmmen. Under mognaden minskar andelen NDF och andelen stärkelse ökar, vilket gör att nedbrytningshastigheten i våmmen stiger med ökad mognad, vilket våra studier med gasproduktionstekniken visar. Majsens mognad bestäms ofta med grödans TS-halt och våra analyser visar att den parameter som har högst betydelse för plantans nedbrytningshastighet i våmmen är just TS-halten. Det är en parameter som är relativt enkel att mäta både på gårdar och på laboratorium. Det nämns ofta i litteraturen att majs har en långsam stärkelse i relation till andra spannmålssorter och att fiberkvaliten är betydligt sämre än vallfoder. Våra beräkningar av nedbrytningshastigheten i våmmen gjorda utifrån gasproduktionsanalyserna av kärnor och fiber stämmer med den internationella litteraturen på området. Den visar att kärnorna når sin maximala nedbrytningshastighet vid 25 % TS, då ännu inte allt socker har omlagrats till stärkelse. Allt eftersom stärkelsehalten ökar och sockerhalten minskar, sjunker sen kärnornas nedbrytningshastighet. Fraktionerna blad och spindel minskar sin nedbrytningshastighet i våmmen i takt med att andelen fibrer ökar och att fibersmältbarheten sjunker. Fraktionen stam har en relativt låg och konstant nedbrytningshastighet, vilket gör att det är andelen stam i växten och inte mognaden som avgör dess påverkan på fodervärdet. Studien visar tydligt att gasproduktionstekniken inte har, de inneboende problemen med att skilja på lösliga och olösliga substrat som ofta är fallet med analystekniker som bygger på filtrering för att bestämma nedbrytningen av foder i våmmen. Metoden är därför ett kraftfullt verktyg för att bestämma nedbrytningshastigheter i våmmen hos komplexa substrat, som helsäd av majs.

Jämförelser mellan olika tekniker för att bestämma smältbarhet i majs

Lantbruket är i behov av tillförlitliga och kostnadseffektiva metoder för att bestämma fodervärdet hos olika grödor och sorter. Inte minst är det viktigt i förädlingsarbete och sortprovning, då felskatiga analyser kan påverka både det genetiska urvalet och rankingen av sorter i fält. Som man kan se av studierna av den morfologiska studien i relation till kvalitén finner man att en stor del av mjölken förväntas produceras från stam och blad och i det perspektivet blir fiberkvalitén av stor vikt. I Norden har vi valt att beskriva fiberkvalitén med analys som kallas iNDF. Metoden när den utförs våtkemiskt, är dock både dyr och kostnadskrävande. Men iNDF har visat sig ha mycket goda möjligheter att predikteras med NIR metodik. Det gör att i praktiken så analyseras alla kommersiella prover med NIR teknik som är snabb och billig. När det gäller grödan majs, så har det i Sverige tvivlats på kvaliteten på NIR analyserna. Våra data understöder den kritiken - eftersom att inget av de två kalibreringsset som vi har testat ger bra prediktioner av iNDF koncentrationen hos majs, vilket tydligt visas i Figur 3. Den dåliga prediktionen från det svenska kalibreringssetet kan möjligen förklaras att referensproverna kommer från flera olika nordiska studier och flera även olika laboratorier i Norden, där analys metodiken inte varit helt enhetlig. Den dåliga prediktionen från det finska kalibreringssetet kan förklaras av att det inte ingått helsäd av majs i referensmaterialet. När det gäller smältbarheten av organisk substans var det VOS metoden som gav de bästa resultaten dvs resultatens avvikelser (residualer) var inte påverkade av sort plats eller mognad. EFOS gav de sämsta resultaten, detta är något uppseendeväckande då Norfor rekommenderar EFOS som metod för analys helsäd av majs. Andra studier för att bestämma har visat att iNDF, går bra att bestämma med NIR teknik om bara referensmaterialet är korrekt. Av studien kan man därför dra slutsatsen att det finns ett tydligt behov av att ta fram en ny NIR kalibrering för att bestämma fiberkvaliten hos majs, som bygger på ett enhetligt referensmaterial med goda analysrutiner.

Slutsatser i relation till ställda hypoteser i ansökan

- *Förutom av vegetationsperiod och temperatur påverkas majsens sorts specifika utveckling (fysiologi) och fodervärde även av dagslängden/latitud.*

Våra resultat visar tydligt att majsens fodervärde påverkas av odlingsplats där de nordliga platserna visade på ett betydligt lägre fodervärde än de sydliga. Studien kan dock inte påvisa att detta beror på dagslängden (fotoperiod), även om det inte går att utesluta att långa dagar är negativt för majsens mognad, vilket antyds av skillnaderna i värmebehov mellan platserna.

- *Sortprovning av majs blir mer transparent om man använder internationella jämförelsetal som kg mjölk per hektar (USA) eller GJ NEL₂₀ per hektar (NorFor).*

Studien visar tydligt att genom att använda enheterna MILK 2006 (USA) eller NEL₂₀(Danmark) i sortprovningen kan vi direkt jämföra de svenska resultaten med internationella data. Dessutom ger den de nya måtten lantbrukaren ett fodervärde, vilket inte ges av nuvarande svensk sortprovning.

- *Tillsatsmedel vid ensilering av majs förbättrar den hygieniska kvalitén och minskar risken för varmgång vid uttagning och utfodring.*

Studien visar att tillsatsmedel behövs för att förhindra värmeutveckling och minskad smältbarhet i majsensilage efter öppning av silon. KOFASIL® MAJS N var mest effektiv i detta hänseende. Samtliga ensilage visade god förjäsning/konservering oavsett mognadsstadium vid skörd och lagringstid.

Publikationer Vetenskapliga "peer review"

- Mussadiq, Z., Hetta, M., Swensson, C. & Gustavsson, A-M. 2012 . Plant development, agronomic performance and nutritive value of forage maize depending on hybrid and marginal site conditions at high latitudes. *Acta Agriculturae Scandinavica, B Plant Sciences* 62:420-430.
- Hetta, M., Mussadiq, Z., Gustavsson, A-M. & Swensson, C. 2012. Effects of hybrid and maturity on performance and nutritive characteristics of forage maize at high latitudes, estimated using the gas production technique. *Animal feed science and technology*, 171, 20-30
- Mussadiq, Z., Gustavsson, A-M., Geladi, P., Swensson, C. & Hetta, M. 2012 B. Multivariate models of the predicted milk yield and forage quality in maize depending on growing site, plant maturity, contribution and nutritional quality of morphological fractions. Submitted to: *Animal Feed science and technology*
- Mussadiq, Z., Krizsan, S. J., Hetta, M., Ramin, M. & Huhtanen, P. 2012 C. Effect of hybrid and maturity on feed value predictions of forage maize at high latitudes. Manuscript for *Animal*
- Nadeau, E., Swensson, E., Zaralis, K., Helander, C., Pauly, T. and Arnesson, A. 2011. Effects of additive on aerobic stability and nutritive value of maize silage stored during different time periods when harvested at advancing maturity stages. *Advances in Animal Biosciences*, vol. 2, part 2, pp. 393. Cambridge University Press.

Doktorsavhandling

Mussadiq, Z., 2012. Performance of Forage Maize at High Latitudes. *Acta Universitatis Agriculturae Sueciae*, Doctorial Thesis 2012:54 ISBN 978-91-576-7701-3

Examensarbete inom Agronomprogrammet, 30 hp

Swensson, E. 2010. Effekt av skördetidpunkt och tillsatsmedel på kvalitet och lagringsstabilitet hos majsensilage. SLU. Institutionen för husdjurens miljö och hälsa. Studentarbete 309.

Populärvetenskaplig redovisning

Swensson, C., Mussadiq, Z. & Hetta, M. 2008. Skörda majs i rätt utvecklingsstadium. Rådgivarsajten, Svensk Mjök. 2008-10-10.

Swensson, C., Hetta M., Nadeau E., Lidström E-M., Gustafsson K. 2009. Majs trivs bäst i varma landskap. *Forskning Special*

- Swensson, C., Mussadiq Z., Hetta M. 2009. Majs, vilken sort skall man välja och när skall ensilaget skördas? LTJ-fakultetens faktablad, Info nr 8 2009:
- Hetta, M. 2009. Skörda majs i rätt tid, inte för tidigt och inte för sent. 26-27 Augusti 2009 vid Djurhälso- och utfodrings konferensen i Uppsala. 62-63.
- Mussadiq, Z., Hetta, M., Swensson, C. & Gustavsson, A-M. 2011., Plant development, agronomic performance and nutritive value depending on hybrid, maturity and site in forage maize grown at high latitudes. (Oral presentation) Proceedings of the 2nd Nordic Feed Science Conference, Uppsala, Sweden
- Swensson, C., Mussadiq Z., Gustavsson A-M., Hetta M. 2011. Läget, läget, läget är helt avgörande för att lyckas med odling av majs LTJ-fakultetens faktablad vol. 27
- Swensson, C., Mussadiq Z., Nadeau E., Hetta M., Lidström E-M. 2011. Majsdagen 2008 - intryck från Vittskövle, Slutredovisning av projekt nr 306, Partnerskap Alnarp 1-8.
- Hetta, M. 2012. Majs i nordliga områden - möjligheter och begränsningar. NJV, SLU Grovfoder konferensen i Umeå 2012
- Nadeau, E., Swensson, E., Zaralis, K. och Helander, C. 2011. Tillsatsmedels effekt pålagringsstabilitet och fodervärde i majsensilage. Svenska Vallbrev Nr. 5. Svenska Vallföreningen.

Övrig resultatförmedling till näringen

Resultaten av studien har kontinuerligt redovisats för näring och samhälle. Vi inledde rapportering och dialog i projektet med att ordna med Nordiska workshop's 2009 och 2010 i Umeå. Arrangemangen som har varit mycket välbesökta har lockat många deltagare från både näring, hushållningssällskap och forskare. På mötena har vi återkopplat odlingsresultat och kvalitetsanalyser från projektet med synpunkter från olika aktörer, så som utsädesföretag, rådgivare och försöksutövare. Vidare har vi medverkat vid flera fältvandringar med temat majs i samverkan med HS i Kristianstad och även varit aktiva vid Lantmännens majstävling, samband med Borgeby fältdagar 2009. Resultat från projektet har redovisats på Svensk mjölks djurhälso- och utfodringskonferensen i Uppsala 2009 och på Grovfoderkonferensen i Umeå 2012. Vidare har vi redovisat resultaten på Nordic Feed Science conference 2012 med många deltagare från hela Norden. Slutligen har projektets resultat uppmärksammats i lantbrukspressen bland annat i tidningarna Land, Jordbiten, Arvensis och Husdjur under 2012.

Referenser

- Lindgren, E. 1983. Nykalibrering av VOS-metoden för bestämning av energivärde hos vallfoder. (A new calibration of rumen fluid organic matter solubility to determine energy value in forages). Working paper. Department of Animal nutrition and Management, Swedish University of Agricultural Sciences, Uppsala, Sweden. (In Swedish).
- MAO, 1997. Corn Heat Units for Corn and Other warm season Crops in Ontario Publication 93-119: Fact sheet. Ministry of Agriculture Ontario, Canada.
- Nadeau, E., Arnesson, A., Rustas, B-O & Swensson, C. 2009. Majsodling och foderkvalitet – hur ser det ut i verkligheten? Svensk Mjolk. Djurhälso- och Utfodringskonferens 26-27 augusti, Uppsala, 59-60.
- OMAFRA, Ontario Ministry of Agriculture, Food and Rural Affairs. (2009). Corn: Development. Accessed online 8th July 2012 from, <http://www.omafra.gov.on.ca/english/crops/pub811/1corn.htm>
- St-Pierre N.R. 2003. Reassessment of bias in predicted nitrogen flows to the duodenum by NRC 2001. Journal of Dairy Science 86, 344-350.
- Schwab, E. C., R. D. Shaver, J. G. Lauer, J. G. & Coors. 2003. Estimating silage energy value and milk yield to rank corn hybrids. Animal Feed Science and Technology 109:1-18.
- Shaver, R., Lauer, J., Coors, J. & Hoffman, P. (2006). MILK 2006 Excel spreadsheet. Accessed online 15th March 2010 from, www.uwex.edu/ces/crops/uwforage/dec_soft.htm.
- Volden, H. (2011). Norfor – The Nordic feed evaluation system, 2011. Overall model description. In: Volden H. (Ed) NorFor–The Nordic Feed evaluation system. Wageningen, the Netherlands. EAAP publication No 130, 23-25.
- Weisberg MR and Hvelplund T 1993. Bestemmelse af nettoenergiindhold (FEK) i råvarer og kraftfoderblandinger. Forskningsrapport nr. 3. Statens Husdyrbrugsforsøg, Denmark. 30 pp. (Danish).