平成２８年度　成績概要書

１．研究課題名と成果の要点

１）研究成果名：トウモロコシ子実主体サイレージの収穫調製技術と飼料特性

（研究課題名：大規模畑作地域における自給濃厚飼料生産利用技術の開発

２）キーワード：ハイモイスチャーシェルドコーン（HMSC）、コーンコブミックス（CCM）、収穫調製作業、乳牛飼養、香気成分

３）成果の要約：普通コンバイン、粉砕機、フレコンバッグによるトウモコロコシ子実主体サイレージ（HMSC、CCM）の収穫調製作業は生産現場に適用でき良質サイレージが得られる。イアコーンサイレージに比べデンプン収量の損失はない。HMSC の成分、栄養価は乾燥トウモロコシ子実と同等で、その代替として泌乳牛へ給与できる。

２．研究機関名

１）担当機関・部・グループ・担当者名：北農研センター・酪農研究領域・自給飼料生産・利用Ｇ・グループ長　青木康浩、水田作研究領域・水田機械作業Ｇ、酪農研究領域・大規模家畜管理Ｇ

２）共同研究機関（協力機関）：家畜改良センター十勝牧場、胆振農業改良普及センター東胆振支所、（有）ジェネシス美瑛、（株）スキット、（株）共成レンテム、（株）北海道クボタ

３．研究期間：平成 22～28 年度　（2010～2016 年度）

４．研究概要

１）研究の背景

自給濃厚飼料として、トウモロコシ雌穂（イアコーン）サイレージ（ECS）の生産利用が道内を中心に増加しつつある。しかし ECS は輸入乾燥トウモロコシ子実よりデンプンやエネルギーの含量が低いため、現行の家畜生産性を維持向上するには、より高栄養価の濃厚飼料資源の確保が必須である。その点でトウモロコシの子実のみを収穫しサイレージ化したハイモイスチャーシェルドコーン（HMSC）や、子実と芯を材料とするコーンコブミックス（CCM）といった子実主体サイレージは有望であるが、それらに関する国内での研究はこれまでほとんどない。

２）研究の目的

子実主体サイレージの低コスト生産・利用技術の確立に向けて、普通コンバインを用いた収穫調製作業の実用性を検討するとともに、その飼料特性を明らかにする。また、泌乳牛における飼養試験により子実主体サイレージ給与の妥当性を検証する。さらに、生産現場において収穫調製作業の実用性を検証する。

５．研究内容

１）トウモロコシ子実主体サイレージの収穫調製作業手順の検討

ねらい：普通コンバインとフレコンバッグを利用した HMSC 収穫調製作業について、設定した手順による作業能率を明らかにして実用上の課題を抽出する。

試験項目等：所内試験として、スナッパヘッド装着普通コンバインによる子実の収穫、子実の運搬と粉砕、フレコンへの充填と脱気・密封といった手順での作業時間、圃場作業量を測定する。

２）トウモロコシ子実主体サイレージの飼料特性および栄養収量

ねらい：道内において実用規模で収穫調製する HMSC および CCM について、飼料特性および栄養収量の特徴を明らかにする。

試験項目等：道内 2 試験地での 4 回の試験で生産された HMSC と CCM の飼料成分、発酵品質、栄養価、ルーメン内分解性を調べる。HMSC の原物、乾物（DM）、デンプン、可消化養分総量（TDN）の収量を ECS と比較する。

３）泌乳牛に対するトウモロコシ子実主体サイレージの給与実証

ねらい：同一圃場由来の ECS、HMSC、乾燥子実（DC：乾燥後に HMSC 同様に粉砕）を泌乳牛に給与して飼養成績、血液性状、乳中揮発性成分の特徴を明らかにする。

試験項目等：6 頭に 3×3 ラテン方格で ECS、HMSC または DC を含む飼料を給与し、採食量、乳量、乳成分、飼料の栄養価、血液性状および生乳の香気に関与する揮発性成分含量を調べる。

４）生産現場における HMSC および CCM の収穫調製作業体系の検証

ねらい：畑作経営および TMR センターにおいて HMSC、CCM を収穫調製し、その実用性を検証する。

試験項目等：現地 2 ヵ所で１）の作業手順を基本として収穫調製し、作業能率を調べる。

６．成果概要

１）所内試験（表 1「北農研」）での収穫作業量は 0.48ha/時で、その改善には作業時間の 54%を占める待機時間の圧縮が重要であり、また調製作業に 8 名を要し、機械化などで作業人数を減らすことが課題と考えられた。

２）HMSC は CCM より乾物やデンプンを多く含み、繊維成分は少なかった（表 2）。発酵品質は、水分が低すぎずに 30%程度であれば良質なサイレージとして調製可能であった（表 2）。HMSC の TDN（90.7%）は CCM（84.3%）より高く（表 2）輸入トウモロコシ子実（日本標準飼料成分表：93.6%）と類似する水準だった。HMSC の原物収量は ECS の 69.3%だが、デンプン収量は 99.5%、TDN 収量も 91.6%と、成分、栄養価換算の収量は大きく代償された（表 3）。DM のルーメン内分解は HMSC がもっとも著しく、次いで CCM、ECS の順であったが、デンプンについては飼料間で差がなかった。

３）ECS、HMSC、DC 給与時の飼養成績（表 4）に差はないが、HMSC および DC 給与メニューでは ECS 給与時に比べ配合飼料を節減でき、広域流通に適する DC と同様に、化石エネルギーによる乾燥を要さない HMSC も有用といえた。乳中ラクトン類（甘い香りに関与）は DC 給与時より HMSC 給与時に多い傾向がみられた。

４）生産現場の実情に合わせた作業体系では、１）と比べ収穫作業人数を少なくできた上、圃場作業量は良好になり、農家 A では既存の脱気装置の利用などで調製作業人数を減らすことができ、充分実用的であった（表 1）。

＜具体的データ＞

表 1　収穫調製の作業人数および作業量

区分	作業	作業人数 北農研	作業人数 農家A	作業人数 農家B	作業機と作業員の配置 作業機	北農研	農家A	農家B
収穫	収穫	1	1	1	普通コンバイン	○	○	○
	運搬	2	1	1	トラック	○	○	△
					フォークリフト			△
	計	3	2	2				
調製	投入	1		1	ホイルローダ[1]	△	△	▲
	粉砕		1		粉砕機	△	○	▲
	充填	4	2	4	（なし）			
	移動	1	1	1	フォークリフト	○	△	○
	密封	2	1	2	（なし）			
	計	8	5	8				
1時間当たり収穫面積（ha）		0.48	0.76	0.64				

○:作業員 1 名専業で担当、△、▲:作業員共通、1)農家 B ではフォークリフト。収穫作業時間（北農研）の内訳:収穫 27.2%、旋回・移動 6.4%、排出 12.4%、待機 54.0%。

表 2　HMSC、CCM の成分、栄養価および発酵品質

	HMSC 平均	HMSC（最小-最大）	CCM 平均	CCM（最小-最大）
飼料成分（%）				
DM	70.73	(68.9 - 74.7)	66.80	(65.6 - 67.8)
CP	8.25	(6.9 - 9.4)	8.00	(6.9 - 8.7)
aNDFom	11.08	(8.4 - 13.5)	16.25	(13.4 - 18)
デンプン	68.58	(66.7 - 70.6)	61.50	(55.4 - 63.6)
TDN（DM中%）	90.65	(90.4 - 91.4)	84.30	(80.4 - 88.8)
発酵品質				
pH	4.59	(4.06 - 5.67)	4.23	(4.04 - 4.44)
VBN/TN(%)	2.29	(0.58 - 5.15)	2.71	(2.04 - 3.28)
乳酸（原物中%）	0.65	(0.09 - 1.28)	0.82	(0.55 - 1.33)
酢酸(原物中%)	0.20	(0.1 - 0.28)	0.22	(0.17 - 0.28)
エタノール（原物中%）	0.16	(0.1 - 0.24)	0.17	(0.12 - 0.28)

4 試験のデータをとりまとめた結果。飼料成分は、DM は原物中、他は DM 中として示す。TDN は去勢ヒツジ（各試験、各飼料 4 頭）を用いた全糞採取法により査定。カビ毒の分析結果（HMSC5 試料、CCM2 試料）:アフラトキシン B_1、B_2、G_1、G_2、、ニバレノールは未検出、デオキシニバレノールは 0.11～0.31mg/kg（管理基準:4（3 ヵ月齢以上の牛）または 1mg/kg）。

表 3　ECS と HMSC の成分、栄養価および収量

	ECS	HMSC	*P*
含量（%）			
DM	59.4	67.6	0.007
CP	8.9	9.6	0.029
デンプン	53.9	69.2	0.008
TDN	77.2	91.4	<0.001
収量（kg/10a）			
原物	1897	1315 (69.3)	0.012
DM	1127	872 (77.3)	0.013
CP	100	84 (83.8)	0.026
デンプン	607	604 (99.5)	0.455
TDN	866	793 (91.6)	0.047

成分、TDN 含量は、DM は原物中、他は DM 中として示す。括弧内は HMSC の収量の ECS に対する比率（%）

表 4　ECS、HMSC または乾燥子実を含む飼料（飼料 E、飼料 H および飼料 D）の給与時における泌乳牛の飼養成績

	飼料 E	飼料 H	飼料 D
DMI（kg/日）	24.5	24.4	25.0
乳量（kg/日）	35.6	35.5	35.2
乳脂肪率（%）	4.10	4.08	4.27
FCM量（kg/日）	36.1	36.1	36.7
乳蛋白質率（%）	3.65	3.74	3.77
乳糖率（%）	4.60	4.58	4.54
無脂固形分率（%）	9.43	9.60	9.60
FCM/DMI	1.59	1.42	1.46

飼料 E、H、D の飼料構成（乾物比%）:牧草サイレージ（CP15.3、aNDFom53.9、TDN66.1%）58.4、63.3、63.5;配合飼料 19.2、17.0、16.9%;大豆粕 3.8、3.6、3.4;ナタネ粕 3.7、3.6、3.3;この他に飼料 E は ECS14.9%、飼料 H は HMSC12.5%、飼料 D は乾燥子実 12.9%を含む。飼料中 DM、CP はそれぞれ 67.9～69.0、15.9～16.0%、TDN 設計値は 72%。表中測定値の飼料間の差はすべての項目において有意でない（P≧0.05）。

７．成果の活用策

１）成果の活用面と留意点

（１）輸入トウモロコシ子実に代わり、HMSC や CCM の導入の意向がある TMR センター等で活用する。

（２）普通コンバインを所有し、飼料用トウモロコシを作付けする意向のある耕種農家が、トウモロコシ子実主体サイレージの生産に取り組む上で、収穫調製作業の基本形となり、現地実証を通じて改良を進めるための技術情報となる。

（３）飼料分析サービス機関などで主流である近赤外分析による成分含量の測定は、HMSC、CCM については実用化に至ってないため、成分含量は化学分析によって定量する必要がある。

（４）収穫調製作業は組作業が必要となるので、共同作業または作業受託組織により行うことが望ましい。

２）残された問題とその対応

（１）収穫調製作業の作業能率向上と生産費低減について、後続研究において継続して検討を進める。

（２）HMSC や CCM の成分、栄養価の変動要因について、栽培、収穫などに関わる諸条件の影響を後続研究において検討する。

８．研究成果の発表等

大下ら（2016）トウモロコシ子実主体サイレージ（HMSC および CCM）の飼料成分組成、発酵品質および栄養価．日畜会報 87：125-131.

大下ら（2016）ハイモイスチャーシェルドコーンとイアコーンサイレージの飼料成分組成、栄養価および圃場収量の比較．日草誌 62：140-145.

青木ら（2016）イアコーンサイレージ、ハイモイスチャーシェルドコーンおよび乾燥トウモロコシ子実の給与が泌乳牛の飼養成績および血液性状に及ぼす影響．日草誌 62：146-151.