

乳酸菌と尿素添加が梱包密度の低い飼料イネサイレージの 長期貯蔵性に及ぼす影響

細谷 肇・斉藤健一・反町 裕・米本貞夫

Effects of Lactic Acid Bacteria and Urea Addition
on Long-term Storability of Rice Whole Crop Silage with Low Packing Density

Hajime HOSOYA, Ken-ichi SAITOH, Yutaka SORIMACHI and Sadao YONEMOTO

要 約

現在普及しているコンバイン型専用収穫機で調製した飼料イネのロールペールサイレージは、他の収穫体系に比較して梱包密度が低い傾向にあり、長期貯蔵における品質の保持に懸念が持たれる。通年での利用拡大のため、収穫調製時における乳酸菌（畜草1号）添加と尿素添加の効果を検討した。黄熟期の飼料専用品種クサホナミを10月に収穫し、4ヵ月、7ヵ月、10ヵ月、13ヵ月貯蔵後、それぞれのサイレージ発酵品質とかびの発生状況を調査した。

乳酸菌添加ではサイレージの乳酸発酵の進行が早く、貯蔵4-7ヵ月で乳酸の生成量が顕著に多く、酪酸生成に対する抑制効果が通年で高い傾向にあった。尿素添加では貯蔵当初の発酵が抑制され7ヵ月貯蔵から乳酸含量が増加したが、酪酸の生成も同時に認められた。無添加では乳酸発酵の進行が遅く、13ヵ月の長期貯蔵で酪酸の生成が多かった。

かびの発生は尿素添加で少なく、廃棄率が通年で最も低い傾向にあった。乳酸菌添加のかびによる廃棄率は、高温の夏期に至る前の10ヵ月貯蔵までなら尿素添加に近い水準であった。無添加では4ヵ月貯蔵の早い段階からかびの発生が拡大する危険があった。

低密度梱包のロールペールでは、長期間のかび抑制を優先するなら尿素添加、早期からの良質発酵と夏期に至る前の給与なら乳酸菌添加が有効と判断された。

緒 言

飼料イネサイレージは、適切な収穫調製によって良質で嗜好性の高い大家畜向け粗飼料となり、適切な給与によって乳量・乳質や増体・肉質面で他の粗飼料に遜色のない効果が得られる^{1,2)}。飼料自給率向上のため飼料イネの増産が期待される中、安定的な通年供給を確立するにはサイレージの高品質化と長期貯蔵技術が極めて重要である^{3,4)}。

千葉県では旭市のコントラクタ組織がコンバイン型専用収穫機体系¹⁾により飼料イネのロールペールサイレージを調製し、県下の畜産農家に供給するシステムができ

ている^{5,6)}。利用畜産農家の主体は肉牛経営で、主に育成から肥育前期の段階で給与されている⁷⁾。一方で肥育後期における給与^{1,8)}が検討され、また、乳用牛の育成期から泌乳期、乾乳期における通年的な給与¹⁾が可能であることから、利用拡大のために本体系での長期貯蔵が必要となる。

現在普及しているコンバイン型専用収穫機で調製されたロールペールは、フレール型専用収穫機¹⁾や飼料作物収穫用機械の汎用利用体系によるものより梱包密度が低くてサイレージ発酵における乳酸の生成量が少なく⁹⁾、かびの発生が比較的多いことが報告されている¹⁰⁾。これらの品質改善が期待される調製時の乳酸菌添加あるいは尿素添加^{1,11)}を取り上げ、通年利用を想定した飼料イネサイレージの貯蔵性に対する効果を経時的な視点で検討した。

平成20年8月31日受付

材料及び方法

1. 飼料イネの収穫調製と添加剤処理

千葉県旭市農家圃場に作付けされた飼料専用品種クサホナミを、2005年10月3日に黄熟期でダイレクトカット方式にて収穫した。コンバイン型専用収穫機(型式HW1000)で刈取り後、ただちに自走式ベールラッパ(SW1010W)で白色ストレッチフィルム6層巻きのロールベールに調製した。

収穫機に装備された添加装置¹²⁾を使い、乳酸菌添加、尿素添加、無処理(無添加)の3処理区分を設定した(以下、乳酸菌区、尿素区、無処理区と表記)。乳酸菌株は飼料イネサイレージ調製用として開発された畜草1号¹³⁾を用い、その凍結乾燥製剤を水道水に溶かして0.14%溶液を作製し、材料草原物重量の0.5%相当の溶液を収穫時に添加した。同様に、尿素は33%溶液¹⁴⁾を作製し、原物1.0%相当量を添加した。

2. ロールベールの貯蔵、開封、サンプリング

調製後に当センター(八街市)へ運搬し、遮へい物及び日陰がない平坦な野外圃場内に直置きし、縦置き1段で保管した。

各処理区分とも8個ずつを供試し、収穫4ヵ月後(2006年1月23日)、同7ヵ月後(同4月24、27日)、同10ヵ月後(同7月26、27日)、同13ヵ月後(同10月26、30日)の4回に2個ずつ、総計24個を開封した。

ベールの外観を観察した後に開封し、直ちに以下の処置を行った。目視により確認されたかびの発生部位は手作業で分離して廃棄部分とし、ストレッチフィルムとベール結束用トワインを除いたロールベール正味原物重量に対する廃棄率を算出した。

田中らの方法¹⁵⁾に準じ、縦置きロールベールの上部、中央部、下部のかび発生がない部分から等重量をサンプリングし、これを混合して分析試料とした。なお、田中らは上中下各部についてそれぞれベール表層部2ヵ所と中心部1ヵ所の計3ヵ所ずつを採取しているが、本試験はベール表面から15-25cm内部の同心円上を等間隔に4ヵ所と中心部1ヵ所の計5ヵ所ずつを採取した。

3. 発酵品質及び飼料成分分析

サイレージの抽出液調製、pH測定、揮発性塩基態窒素(VBN)及び全窒素(TN)の定量を常法¹⁶⁾により行い、TNに対するVBNの割合(VBN/TN)を算出した。有機酸の分析は高速液体クロマトグラフィによるポストカラムpH緩衝化電気伝導度検出法^{17,18)}で乳酸と揮発性脂肪酸(VFA)の同時定量を行った。乳酸、酢酸、プロピオン酸、ノーマル酪酸(n-酪酸)の含量から、サイレージの評価基準であるV-SCOREとフリーク評点¹⁹⁾を求めた。また、飼料分析用試料の調製、一般成分分析、デタージェント分析を常法¹⁹⁾にて行

い、水分の測定のほか、粗蛋白質(CP)、粗脂肪(EE)、可溶無窒素物(NFE)、粗繊維(C.Fib)、粗灰分(C.Ash)、酸性デタージェント繊維(ADF)、中性デタージェント繊維(NDF)を乾物中の含量として定量した。可消化養分総量(TDN)は日本標準飼料成分表(2001年版)に掲載の消化率²⁰⁾を用いて算出した。

統計処理は、貯蔵期間別に3処理区分を因子とする一元配置法で分散分析を行い、Tukeyの方法により平均値の多重比較を行った。

結 果

1. 供試ロールベールの状況

収穫は当日を含む事前1週間にまとまった降水がない条件下で実施され、材料草及び圃場ともに良好な状態で、材料草の水分含量(地際刈り)は平均58.4%、刈り高は平均9.6cmであった。

供試した全24個の開封時における正味原物重量の平均と標準偏差は190±11kg、乾物梱包密度は97±10kg/m³であった。収穫機の特長としてベール成形時に穂部が円柱形の片側に集中する²¹⁾が、穂部を上側に縦置き保管されたロールベールは、乳酸菌区が1個、尿素区が6個、無処理区が7個であった。

貯蔵中に大きな梱包フィルム破損はなかったが、開封時には微小なピンホールが各区とも計2ヵ所ずつ観察された。その内訳は、乳酸菌区が収穫13ヵ月後開封の1個に2ヵ所、尿素区が10ヵ月と13ヵ月後開封の各1個に1ヵ所ずつ、無処理区が4ヵ月と10ヵ月後開封の各1個に1ヵ所ずつであった。

2. サイレージ発酵品質

表1に、貯蔵期間別、処理区別のpH、VBN/TN、有機酸含量、V-SCORE、フリーク評点を示した。

pHは、乳酸菌区の4、7、10ヵ月貯蔵で低く推移し、10ヵ月貯蔵では他2区との間に有意差が認められた。他の2区は10ヵ月後からpHが5以下に低下し、13ヵ月貯蔵では明確な処理区間差が認められなかった。

VBN/TNは、各区とも7ヵ月後から増加した。尿素区は高い値で推移し、4、13ヵ月貯蔵では他2区との間に有意差が認められた。

有機酸の総量は各区分とも貯蔵の経過とともに増加傾向にあり、いずれも酢酸の生成が多く認められた。収穫7ヵ月後までは乳酸菌区の乳酸と酢酸及び総酸含量が他区に比較して有意に高く、特に乳酸の生成が顕著に早かった。他の2区で乳酸生成が増加してくるのは、尿素区が7ヵ月後、無処理区が10ヵ月後以降であった。n-酪酸は、乳酸菌区が最も低い傾向にあった。

V-SCOREは、尿素区が低い値で推移したが、有意差が認められたのは4、13ヵ月貯蔵であった。乳酸菌区のV-SCOREは一貫して高い値であったが、特に13ヵ

表1 貯蔵期間別・処理区分別の発酵品質

貯蔵期間	処理区分	pH	VBN/TN (%)	有機酸含量 (新鮮物中%)					発酵品質評価 (点)	
				乳酸	酢酸	プロピオン酸	n-酪酸	総酸	V-SCORE	フリーク評点
4 ヶ月	乳酸菌添加	5.00	4.2a	0.16 ^B	0.34 ^b	0.00	0.01	0.51 ^b	98 ^B	43
	尿素添加	5.96	6.6b	0.04 ^A	0.21 ^{ab}	0.01	0.03	0.28 ^a	94 ^A	11
	無処理	5.69	3.6a	0.04 ^A	0.16 ^a	0.00	0.01	0.22 ^a	99 ^C	15
7 ヶ月	乳酸菌添加	4.95	10.2	0.27 ^b	0.95 ^b	0.01	0.01 ^a	1.24 ^b	81	50 ^B
	尿素添加	5.78	18.0	0.21 ^{ab}	0.61 ^{ab}	0.02	0.05 ^b	0.89 ^{ab}	57	12 ^A
	無処理	5.68	7.2	0.09 ^a	0.36 ^a	0.01	0.02 ^{ab}	0.47 ^a	93	20 ^A
10 ヶ月	乳酸菌添加	4.59 ^A	8.9	0.52	1.08	0.02	0.02	1.64	84	44 ^b
	尿素添加	4.89 ^B	17.6	0.64	0.82	0.04	0.14	1.64	48	17 ^{ab}
	無処理	4.94 ^B	7.4	0.25	0.58	0.01	0.07	0.90	87	12 ^a
13 ヶ月	乳酸菌添加	4.67	11.6 ^{Aa}	0.47	1.18 ^b	0.03	0.05 ^a	1.75	71 ^{Bb}	32
	尿素添加	4.69	18.6 ^{Bb}	1.21	0.82 ^a	0.04	0.11 ^{ab}	2.19	41 ^{Aa}	35
	無処理	4.64	12.9 ^{ABa}	0.71	0.77 ^a	0.03	0.25 ^b	1.77	53 ^{ABa}	14

平均値、n=2

貯蔵期間ごとの縦列異符号間に有意差あり；ABC: P<0.01、abc: P<0.05 (Tukey)

月貯蔵ではn-酪酸の低さから他区に対して有意差が認められた。

フリーク評点は、乳酸生成量の多い乳酸菌区が高く推移する傾向で、7、10 ヶ月貯蔵で有意であった。13 ヶ月貯蔵では他の2区の乳酸含量が上回り、評点に有意差がなくなった。

3. かびの発生状況

表2に、貯蔵期間別、処理区分別にかびの発生状況を示した。目視によりかびと判断したコロニーの中には、酵母の代謝産物や細菌に分類される放線菌の菌糸が混入している可能性があるが、いずれも好気性微生物の増殖で損失に結びつくものとして廃棄対象とした。

かびの発生による廃棄率は、貯蔵期間を通じて尿素区が最も少ない傾向にあった。10 ヶ月後までなら乳酸菌区も尿素区に近い水準にあった。尿素区に対し、無処理区は4 ヶ月貯蔵で、乳酸菌区は13 ヶ月貯蔵で廃棄率が有意に高かった。

13 ヶ月貯蔵では、乳酸菌区と無処理区でロールベール表層から内部へのかびの侵入が多く観察された。

供試ロールベールを個々にみると、梱包フィルムにピンホールが存在する場合、かびによる廃棄率が全供

試ベールの平均より低いケースはなかった。しかしピンホールのないロールベールでも、存在したベール以上に廃棄率が高いものがあり、今回の結果全体ではピンホールの有無と廃棄ロスの関係に明確な一貫性はなかった。

4. 飼料成分

表3に、貯蔵期間別、処理区分別の分析値を示した。貯蔵期間を通じ、処理区分間で飼料成分値、栄養価の変動に一定の傾向は認められなかった。

考 察

水稻を糊熟期から黄熟期に収穫しホールクロップサイレージに調製すると、水分は60%前後に分布し、pHは比較的高く、乳酸含量が低いわりに酢酸含量が高く、酪酸も認められ、VBN/TNは比較的低いと報告されている²¹⁾。基幹的な飼料作物であるトウモロコシと比べ、茎部が中空であることから形態的にもサイロ内に相当の空気が残存しやすく、これは乳酸菌の生育にとって好ましい条件ではなく、乳酸の生成・蓄積が抑えられた結果、pHの低下が緩慢となり、酪酸の生成に結びつくものとされる²²⁾。酢酸はヘテロ乳酸菌の発酵によっても生成され

表2 貯蔵期間別・処理区分別のかび発生状況

貯蔵期間	処理区分	ロールベールの条件				かびの発生	
		正味原物重量 (kg)	水分 (%)	梱包密度 (乾物 kg/m ³)	フィルムのピンホール数	廃棄量 (kg/ヶール原物)	廃棄率 (%/ヶール原物)
4 ヶ月	乳酸菌添加	191	64.4 ^b	91	0	7.7 ^{ab}	4.0 ^{ab}
	尿素添加	202	59.9 ^a	108	0	3.9 ^a	2.0 ^a
	無処理	198	63.9 ^{ab}	95	1	16.0 ^b	8.1 ^b
7 ヶ月	乳酸菌添加	172	63.0	85	0	7.7	4.5
	尿素添加	180	61.7	92	0	5.5	3.1
	無処理	173	61.0	90	0	10.1	5.9
10 ヶ月	乳酸菌添加	197	61.0	103	0	11.7	5.9
	尿素添加	200	61.7	102	1	8.5	4.3
	無処理	199	59.4	108	1	10.2	5.1
13 ヶ月	乳酸菌添加	190	63.4	93	2	36.2 ^b	19.1 ^b
	尿素添加	190	59.4	103	1	12.2 ^a	6.4 ^a
	無処理	188	61.0	98	0	27.7 ^{ab}	14.7 ^{ab}

平均値、n=2

貯蔵期間ごとの縦列異符号間に有意差あり；abc: P<0.05 (Tukey)

表3 貯蔵期間別・処理区分別のサイレージ飼料成分と栄養価

貯蔵期間	処理区分	飼料成分 (乾物中%)							TDN (乾物中%)
		CP	EE	NFE	C.Fib	C.Ash	ADF	NDF	
4 ヶ月	乳酸菌添加	4.9	2.4	41.8	33.4	17.5	37.4	58.7	51.1
	尿素添加	5.2	2.5	46.7	30.9	14.8	31.9	50.6	53.6
	無処理	5.0	2.4	43.4	32.6	16.7	36.8	56.8	51.8
7 ヶ月	乳酸菌添加	5.1	3.4	41.1	32.3	18.2	35.4	58.5	51.5
	尿素添加	5.6	2.4	44.5	29.4	18.1	32.3	54.3	51.5
	無処理	5.6	2.2	43.7	31.1	17.4	33.5	55.3	51.4
10 ヶ月	乳酸菌添加	5.9	2.4	44.7	29.6	17.5	34.0	54.4	51.8
	尿素添加	5.9	2.9	43.9	28.7	18.6	33.5	55.9	51.5
	無処理	5.9	2.7	46.9	27.9	16.5	31.7	52.7	53.0
13 ヶ月	乳酸菌添加	6.0	2.3	42.9	30.5	18.3	34.9	56.0	50.9
	尿素添加	6.2	2.3	45.9	28.3	17.3	32.1	52.8	52.1
	無処理	5.5	2.5	45.9	28.5	17.6	34.2	55.2	52.0

平均値、n=2

TDN は日本標準飼料成分表 (2001 年版) 掲載の消化率を用いて算出

るが、材料草の詰込みや密封後長時間にわたって好気性あるいは通性嫌気性のコリ型細菌の増殖が維持されると酢酸含有率の高いサイレージになりやすいことが知られ²³⁾、このことは調製当初から酢酸が多く生成されるイネサイレージに当てはまる事が指摘されている²²⁾。

イネに付着する野生乳酸菌数はトウモロコシやソルガムに比較して少なく、特にサイレージ発酵能力が高く重要な役割を果たす乳酸桿菌の菌数レベルが著しく低い²⁴⁾。また、乳酸発酵の材料として必須である可溶性炭水化合物の含量はトウモロコシに比べはるかに少ない²⁵⁾。これらは飼料イネのサイレージ材料草として避けられない周辺環境であり、発酵品質に関する基本的な性質と捉えられ、良質発酵のために恵まれた条件下にあるとは言い難い。

加えて、本研究では収穫機に調整不良があり、本機種での通常の梱包密度が得られなかった。供試ロールペールの平均乾物梱包密度 97kg/m³は、もともと低いとされる本機種の平均的な値 (127 kg/m³)⁹⁾ の 76% 水準でしかなく、良質な乳酸発酵を得ること及び長期貯蔵で品質を維持することに非常に不利な状況にあった。

材料草としてのイネに付着する微生物は、乳酸菌が少ないのに対し、好気性細菌、糸状菌(かび)、酵母などの菌数レベルが著しく高い^{24,26)}。梱包密度が低いとペール内部に空気が多く残存することになるため、乳酸菌の増殖が抑制されるばかりでなく、好気性の微生物、特にかびの発生が家畜への給与現場では危惧される。

以上の観点から本研究結果をみると、畜草 1 号を添加した乳酸菌区は 4 ヶ月貯蔵の段階から乳酸の生成が多く、梱包密度が低い不利な状況下でも早い段階から比較的その増殖能力の高さを示していると考えられる。特に 7 ヶ月貯蔵までは、対照に位置づけられる無処理区との乳酸含量の差が顕著である。さらに注目されるのは、13 ヶ月貯蔵までの長期にわたり n-酪酸の生成が低く抑制されていることである。飼料イネ材料草に付着する乳酸球菌はサイレージ発酵の初期段階でスターターとして活発に増殖し、生産する乳酸やバクテオリシンなどの抗菌物質が好気性細菌や酪酸菌を抑制する先兵的役割を果たし、そ

の後の乳酸桿菌による優勢発酵をスムーズに導く²⁶⁾。しかし通年で n-酪酸が抑制された本結果は、VBN/TN が 12.5 以下の優ランク¹⁹⁾ で維持されたことと合わせ、乳酸桿菌である畜草 1 号が蛋白質分解菌でもある酪酸菌やバチルス菌の増殖を抑え、n-酪酸とアンモニア態窒素の生成量を抑制したと考えられ¹³⁾、今回のような低密度条件下でも有効かつ持続的に作用したものと推察される。なお、穂部を上側に縦置き保管されたペールは乳酸菌区だけが 1 個と少なかったが、上下の置き方の違いによる発酵品質への影響は認められなかった¹⁰⁾。

尿素区については、従来のアンモニア処理に相当する梱包後の品質保持効果と飼料価値改善効果¹⁴⁾ を得るためには、本研究の尿素添加量は必要量から比べて低い。本収穫機の添加装置は乳酸菌添加を目的としたものであり、添加液のタンク容量や設置スペースから本来の尿素添加作業に利用することは困難である¹²⁾。今回実施した対原物 1% 程度の尿素液添加は、本来の尿素添加の効果水準を求めるのではなく、かびの発生防止の目的に絞って活用することが有利と報告されている²⁷⁾。尿素区でも貯蔵期間が長くなるにつれ廃棄率がやや増加傾向ではあったが、他の 2 区に比べ、かびの抑制について通年で安定した効果が発現していると考えられる。ピンホールがあった 10 ヶ月、13 ヶ月貯蔵でもその負の影響は明確には認められていない。いずれの貯蔵でもかびを皆無にすることはできなかったが、低密度条件下で得られた効果として評価すべきである。VBN/TN が他区に比べ通年で高いため V-SCORE が 7 ヶ月貯蔵以降は不良評価¹⁹⁾ であるが、これはイネに含まれるウレアゼ活性によるアンモニア発生の影響と考えられ、尿素処理の効果が現れた証左と考えられる。飼料成分は、他区より粗蛋白質が高め、繊維成分が低めの傾向がうかがえるが、貯蔵期間を通じた一貫したものではなく、十分な量の尿素添加で得られる飼料価値の改善効果は今回の添加水準では明確には現れないと考えられた。7 ヶ月貯蔵以降の乳酸含量の増加と pH の低下傾向はサイレージ発酵が遅れて始まったことを意味し、13 ヶ月貯蔵では乳酸菌区の乳酸生成量を上回る水準になっている。これは尿素添加の効果

で長く高 pH が維持された状況から、材料草に付着していた野生乳酸菌が増殖できる環境に移行したものと考えられる。しかし、同時に n- 酪酸の生成が多く、高能力の畜草 1 号添加で得られる発酵品質には至らない。さらに、個々のペールで発酵が本格的となるタイミングは全く一定ではないであろうし、その後の発酵の進行具合を含め品質にばらつきが生じやすいものと考えられる。

無処理区は、低密度梱包の影響が最も明確に現れている。乳酸及び総酸の生成量が少なく、13 ヶ月貯蔵で他区並みの水準に追いつくことから、サイレージ発酵の進行が遅いことがわかる。尿素区と同様に野生乳酸菌による発酵で、酪酸菌の抑制が劣っており、長期貯蔵の 13 ヶ月では特に酪酸含量が高まっている。そのため、高乳酸、低酪酸で高得点となるフリーク評点は一貫して低い。気密性が低い環境で優良な乳酸菌やアンモニアがない状況では、調製後早い段階からかびの増殖により廃棄率が高まるおそれがある。4 ヶ月貯蔵では供試ペールのひとつにピンホールが存在したが、その有無にかかわらず廃棄率が高く有意差が検出されたことから、早期からの損失の危険が他区より大きいと考えられる。

各区とも 13 ヶ月貯蔵でかびによる廃棄率が高まったが、貯蔵場所の月間平均で日平均気温 26、日最高気温 30 弱を記録した 8 月を経た影響が考えられた。特に乳酸菌区と尿素区で廃棄率が高かったが、高温適性の高い種類のかびがペール内部まで侵入したと推察される。乳酸菌区は 10 ヶ月貯蔵までは尿素区に次ぐ程度のかび抑制が可能であったが、13 ヶ月貯蔵で廃棄率が増大したのは 2 ヶ所発生したピンホールの影響が原因のひとつと考えられる。しかし、ピンホールのないペールでも廃棄率が高く、尿素区との間に有意差が検出された。梱包密度の高いフレール型専用収穫機¹⁹⁾で畜草 1 号を添加したロールペールでは、370 日貯蔵でも糸状菌が増殖しなかったと報告されている^{4,13)}。一方、貯蔵期間中にフィルムが破損した場合、乳酸菌添加の有無にかかわらずサイレージは変敗し、糸状菌が多く検出される¹³⁾。低密度梱包は気密性の点でフィルム破損に準じる不利な環境であり、乳酸菌添加効果の限界が 13 ヶ月貯蔵で現れたと考えられる。これを回避するには、収穫時に梱包密度を高める工夫とフィルム破損に配慮した貯蔵が重要であるが、長期貯蔵するロールペールについては梱包フィルムの巻き数を多くすることが有効である²⁸⁾。8 層巻き以上の調製によって、乳酸菌添加や尿素添加のより高い効果が、夏期を越え通年で発揮される可能性が増すものと期待される。

本研究のような低密度梱包条件では、かびの抑制を最重要視するならば尿素処理が適当であり、夏期を越えての長期貯蔵でも安全性が高い。乳酸菌添加は調製後比較的早く給与を始め、夏前までに終わってしまう場合に高品質なサイレージとして利用できる。無処理のペールでは、サイレージ発酵の面でもかび抑制の面でも低品質となる

リスクが高いと判断される。

いずれの処理区分も全体的に、乳酸菌が優占する pH4.2 には至らず、酢酸含量の水準が高い結果であり、低密度梱包の影響が現れていると考えられる。調製技術の改善や高性能収穫機の開発で梱包密度が向上し適切な貯蔵がなされれば、かび発生の危険が低減して尿素添加の必要性が低くなり、乳酸菌による発酵品質向上の方向に進むであろう。

本稿を校閲していただいた畜産草地研究所機能性飼料研究チームの蔡義民氏に深く感謝いたします。

引用文献

- 1) 全国飼料増産行動会議・日本草地畜産種子協会編 (2006)、稲発酵粗飼料生産・給与技術マニュアル：25-62
- 2) 石田元彦(2002)、関西畜産学会報 150：17-27
- 3) 石田元彦(2006)、DAIRYMAN 56(11)：30-31
- 4) 蔡 義民(2004)、畜産の研究 58(9)：957-966
- 5) 鈴木一好・染井英夫(2006)、千葉畜七研報 6：59-60
- 6) 鈴木一好・染井英夫(2007)、千葉畜七研報 7：41-45
- 7) 鈴木一好(2007)、草地第 44 巻第 67 号、千葉県草地協会：15-23
- 8) 石崎重信・山田真希夫(2007)、平成 19 年度関東東海北陸農業研究成果情報、畜産草地部会 4
- 9) 百瀬義男・原 拓夫・土屋 学・袖山栄次・渡辺晴彦(2006)、日草誌 51(4)：408-411
- 10) 斉藤健一・米本貞夫(2003)、千葉畜七研報 3：37-44
- 11) 蔡 義民(2004)、畜産の研究 58(6)：661-669
- 12) 浦川修司・吉村雄志・平岡啓司・山本泰也(2003)、日草誌 49(3)：254-257
- 13) 蔡 義民・藤田泰仁・村井 勝・小川増弘・吉田宣夫・北村 亭・三浦俊治(2003)、日草誌 49(5)：477-485
- 14) 吉田宣夫(1999)、畜産の研究 53(1)：134-140
- 15) 田中 治・篠田 満(2003)、日草誌 49(2)：163-169
- 16) 大山嘉信・柁木茂彦(1975)、サイレージ試験法、草地試験場資料 50(3)：37-60
- 17) 林 守正(1992)、島津評論 49(1・2)：59-64
- 18) 渡邊晴生(1998)、千葉畜七研報 22：33-47
- 19) 自給飼料品質評価研究会編(2001)、改訂粗飼料の品質評価ガイドブック、日本草地畜産種子協会：5-101
- 20) 農業技術研究機構編(2001)、日本標準飼料成分表(2001 年版)、中央畜産会：48-49
- 21) 浦川修司(1999)、畜産の研究 53(1)：141-146
- 22) 永西 修・四十万谷吉郎(1998)、日草誌 44(2)：179-181
- 23) 高野信雄・大島光昭・萬田富治・安宅一夫(1989)

粗飼料・草地ハンドブック、養賢堂：555-568

- 24) 蔡 義民・大桃定洋・熊井清雄(1994) 日草誌 39(4):
420-428
- 25) 蔡 義民(2003) 畜産の研究 57(8): 861-866
- 26) 蔡 義民(2001) 日草誌 47(5): 527-533
- 27) 斉藤健一・米本貞夫(2003) 千葉畜セ研報 3: 45-50
- 28) 斉藤健一・米本貞夫(2006) 千葉畜セ研報 6: 63-64