

「畜草2号」の添加効果と今後の展望

広島県立総合技術研究所畜産技術センター
飼養技術研究部 河野幸雄

1. はじめに

広島総技研畜技センターでは、西日本農業研究センター(旧近畿中国四国農研センター)との共同研究において、極短穂系 WCS (ホールクロップサイレージ) 用イネ品種の先駆けである「たちすずか」のサイレージ収穫調製から家畜への給与に関する研究に取り組んできた。これらの研究により、極短穂系品種は糖含量が多く、繊維の消化率が高く、刈遅れによる品質低下を生じにくいため収穫適期が長いなど、従来品種と大きく異なる特長を持つことが明らかになり、広島県内では極短穂系品種が急速に普及し、現在はほぼ 100%が本品種に転換している。このように劇的な品種転換に対し、農家現場における WCS の生産、収穫調製、給与の各場面で技術支援を行い、一方で WCS の周年利用や、立毛貯蔵による和牛肥育牛用の WCS 生産、バンカーサイロによる WCS 調製など、極短穂系品種の特性を活かした利用方法の検討を行ってきた。ここでは、これらの取り組みを通して、極短穂系品種の WCS 調製に適した乳酸菌製剤について検討した内容を紹介する。

2. WCS 調製における極短穂系イネの特徴

極短穂系品種の特徴の中で、サイレージ発酵に最も関係するのは糖含量が多いことである。極短穂系品種では乾物ベースにおける全草中の糖含量は 10%を超え、15%に至る場合もあり、従来品種の 2～7 倍にあたる。極短穂系品種の植物体に含まれる糖は主にスクロース、グルコース及びフルクトースの 3 種類で構成され、そのうち大部分をスクロースが占める。これらは何れも WCS 用の乳酸菌の栄養源になり得る糖であり、サイレージ発酵に寄与する。「たちすずか」の開発初期に実施した実験規模のガラス瓶サイロ、その後実施した実規模のロールラップサイロの何れにおいても、極短穂系品種の WCS は、従来品種「クサノホシ」と比較してサイレージの pH が低く、乳酸の生成量が多くなることが明らかとなった。農家現場に普及拡大した後に実施したフィールド調査においても同様の結果が得られた(表 1)。また、開発当初には、極短穂系品種は糖含量が多いため酵母によるアルコール発酵の増進によりエタノール含量が高まることを懸念する声も聞かれたが、実際には従来品種と違いはなく問題にならなかった。このように、極短穂系品種は糖含量が多いためサイレージ調製に有利であり、良質な WCS を調製することができる。

表1 WCS品質のフィールド調査結果

品種	n	TDN	CP	pH	乳酸	酪酸	VBN/N
		(%DM)	(%DM)		(%FM)	(%FM)	
たちすずか	68	59.1	6.3	4.3	0.94	0.014	4.01
		±3.6	±1.4	±0.5	±0.4	±0.04	±1.6
クサノホシ	16	53.8	7.3	4.7	0.53	0.1	5.21
		±6.2	±1.1	±0.3	±0.24	±0.1	±2.57

広島県内の畜産農家、フィードサンプラー利用(2012年)

3. WCSの保管中におけるカビの発生に対する「畜草2号」の添加効果

極短穂系品種は良質な WCS 調製に有利な品種である。しかし、pH や発酵産物を指標とする発酵品質は良好であるのに、カビが多発する事例が発生した(図1)。カビ発生の問題が最も顕在化したのは、和牛肥育牛用としてβ-カロテン含量を低下させるため、冬(11月末から12月)まで立毛貯蔵した後に収穫調製したロールラップサイロであった。このケースにおけるカビの発生状況は、①「およそ収穫翌年の5月から発生」し、②「ロール内部の不特定箇所ピンポン玉大から拳大のコロニーを形成」し、③「夏以降はコロニーが拡大することはない」、など、一般的にみられるカビの発生状況と異なる特徴が見られた。廃棄率は数%程度の場合が多く、被害の程度は必ずしも大きくないが、カビの発生個所がロール内部に散在するため取り除く作業に時間を要する点が利用者の悩みとなった。また、この現象は、冬季収穫の WCS だけでなく、極稀に秋収穫の WCS においても多発するケースもあった。一般的にロールラップサイロにおけるカビ発生はロール外周部のラップフィルムに接触する部位に多く見られ、原因はフィルムの気密性不良であることが多い。しかし、我々が遭遇した特異なカビの場合、原料草の履歴、pH などの発酵品質、詰込み密度、ラップフィルムの質や巻き数の何れにも問題がなく、当初は原因の特定が困難であった。改めて、問題となるカビの発生状況を整理して考える中で、特に冬季収穫の WCS に多発する点に着目し、内在するカビの発生機序を次のように推察した。

- ① 「冬季は環境温度が低いため乳酸菌もカビも休眠状態となり増殖しにくい。」
- ② 「冬季に収穫した WCS は気温が上昇する春まで発酵が進まない。」
- ③ 「春の気温上昇とともに乳酸菌もカビも活動を開始し競合する。」
- ④ 「サイロ内でカビが優勢となった箇所にカビのコロニーが現れる。」
- ⑤ 「カビは周囲の乳酸菌が優勢となり抗菌力が整った場所には拡大できない。」

実際に、冬季収穫した WCS を定期的に関封して、発酵品質を調査した結果、収穫調製後の pH の低下は緩やかで発酵速度が遅いことが確認された。このことから、問題となる内在性のカビの発生を防ぐためには、生育適温がカビよりも低い乳酸菌が必要であると考えた。このことが低温域でも生育可能な「畜草2号」に着目した最初のきっかけとなった。平成25年度に無添加 WCS と「畜草2号」添加 WCS の比較を実施した結果、春以降に開封した WCS の無添加区と添加区の pH は 3.96 と 3.94 で同様な値であったが、春以前に開封した WCS の pH は 4.55 と 4.16 となり、低温に強い「畜草2号」の添加効果が認められた。さらに、カビの発生率も無添加 WCS は 4% 台であったのに対し添加区は 1% 未満に改善し、「畜草2号」によるカビの抑制効果も認められた。



図1 たちすずかの立毛貯蔵(上)とWCSに発生したカビ
立毛貯蔵風景: 広島県中部2012年12月上旬, WCS写真: 2013年夏開封時

4. サイロ開封後の好気的変敗に対する「畜草2号」の添加効果

極短穂系品種のイネ WCS を利用する農家で問題視されたもう一つの課題は、ロールラップサイロを開封した後の変敗であった。サイロから取出したサイレージが外気に晒されるとサイレージに潜在する酵母などの真菌類が急激に増殖し、乳酸や揮発性脂肪酸などを消費し発熱する。これは、好気的変敗と呼ばれるサイレージ全般に生じ得る現象であり珍しいものではない。しかし、イネ WCS の利用者からは、従来品種よりも極短穂系品種のほうが、好気的変敗が発生する程度（発熱するまでの時間の長さや発熱の度合い）が大きいという意見が聞かれた。特に、小規模な和牛繁殖農家では1つのロールラップサイロが数日分の給与量に相当するため、好気的変敗は大きな問題である。この点について従来品種との比較試験などによる詳細な検討を行っていないため推測の域を出ないが、極短穂系品種の WCS には真菌類の栄養源となる乳酸などの発酵産物や残存糖が多く含まれるため、好気的変敗が生じやすいのかもしれない。

この課題に対し、WCS の保管中のカビ発生の抑制に効果があった「畜草2号」の添加効果を検証した。その結果、「畜草2号」はサイロ開封後の発熱を強力に抑制し、開封後5日目においても pH や乳酸などの発酵産物の含有量は開封時と同等の水準を維持するなど、好気的変敗に対しても強力な抑制効果をもつことが明らかになった（図2、表2）。

また、この時にサイレージ中の微生物の状況を調査した結果、供試したサイレージの開封時における酵母の個体数が、「畜草2号」添加区では無添加区の約1000分の1に抑えられていることが明らかになった。これらのことから、「畜草2号」添加区で観察された好気的変敗の抑制効果は、「畜草2号」の真菌類に対する抗菌力が有効に働き、開封時に生存する酵母の数が大幅に抑制されたことによるものと考えられる。

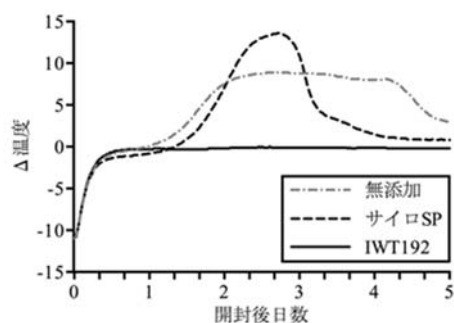


図2 開封後のWCS品温変化
たちすずか出穂後30日、サイロSP:コーンサイレージ用ヘテロ発酵型乳酸菌製剤、IWT192:「畜草2号」の株名称

表2 開封時と開封後5日目のpHと主要成分の含有量

乳酸菌	開封後	pH	乳酸	酢酸	エタノール	g/kg	
						12-PD	糖類
無添加	0日	4.29	13.4	2.9	15.3	0.1	25.4
	5日	6.28	3.0	0.5	0.6	nd	1.5
畜草2号	0日	4.00	15.8	6.3	17.9	1.9	15.4
	5日	3.96	17.5	6.8	11.9	2.1	14.1

たちすずか出穂後30日、
1,2PD:プロハンジオール、糖類:グルコース+フルクトース+スクロース+マンニトール

5. 「畜草2号」添加 WCS を混合したフレッシュ TMR の変敗抑制

混合調製した TMR をそのまま当日中に給与する形態であるフレッシュ TMR は、混合調製後に一定期間乳酸発酵させる発酵 TMR と区別される。フレッシュ TMR は、発酵 TMR と比較して発熱を伴う変敗を生じやすい短所があり、特に気温の高い夏季において、当日の朝に給与した TMR が夕方には飼槽の中で発熱していることも珍しくない。フレッシュ TMR の発熱は栄養価の低下や、嗜好性の悪化による飼料摂取量低下の原因になり、生産性を低下させるため、農家現場でしばしば問題となる。このため、フレッシュ TMR 体系の農家では、1日2回、朝夕に TMR を調製せざるを得ず、調製作業の負担が大きい。

これまでの調査において、イネ WCS を粗飼料として利用するフレッシュ TMR 体系の農家も多く存在し、最も多くイネ WCS を利用している農家では、フレッシュ TMR に 23% (乾物ベース) の極短穂系品種のイネ WCS を混合している。前節に述べたように「畜草2号」は WCS 単体において、開封後の好気的変敗を強力に抑制する効果を有していることから、フレッシュ TMR に混合するイネ WCS に、「畜草2号」を添加したものを用いて、変敗（発熱）に対する「畜草2号」の効果を複数年に渡り検証した。その結果、「畜草2号」を添加した WCS を原料として用いたフレッシュ TMR は、乳酸菌を添加していない WCS や、他の乳酸菌を添加して調製した WCS を用いた TMR よりも顕著に発熱が抑制され、外気温 25℃ で 5 日間空気に晒した状態でもほとんど発熱しない結果も得られた (図3)。これらの結果は、「畜草2号」を添加して調製した WCS に含まれていた抗菌力のある発酵産物によるものと考えられる。

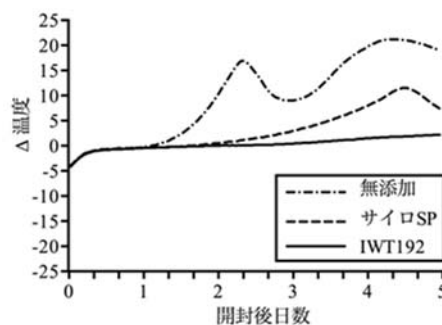


図3 フレッシュTMRの品温変化
たちすずかWCSを混合したTMR, サイロSP:コーンサイレージ用ヘロ発酵型乳酸菌製剤, IWT192:「畜草2号」の株名称

6. 極短穂系イネ WCS のバンカーサイロ調製における「畜草2号」の添加効果

比較的規模の大きい畜産農家でサイレージを利用する場合には、建設費用が安価で、機械力を用いて容易に詰込み・踏圧・取出しができ、必要な消耗資材やコストが少なくてすむバンカーサイロの利用が有効である。しかし、バンカーサイロはロールラップサイロと比較して、気密性が低いことや、開封後の取出し期間が長いことサイレージ品質の低下を招きやすい点に注意が必要である。このため、詰込み時に適切な踏圧作業を行い、詰込み密度を十分に高めることが重要である。しかし、イネの場合は茎部が強固な中空構造であるため詰込み密度を高くすることが難しいことや、原料草の糖含量が少なくサイレージ発酵が進みにくいことから、イネ WCS をバンカーサイロで調製することは困難とされてきた。今回、この問題を解決するために、高糖分である極短穂系イネ品種の活用、微細断収穫技術による詰込み密度の向上、さらに「畜草2号」の添加によるカビ発生および好気的

表3 バンカーサイロ開封時のpHと主要成分の含有量 g/kg

乳酸菌	pH	乳酸	酢酸	酪酸	エタノール	12-PD
無添加	3.87	23.2	6.1	0.1	8.6	0.6
畜草2号	3.84	21.6	10.3	nd	4.2	7.2

収穫調製: 2014年10月たちすずか微細断, 開封: 2015年9月
1,2PD: フロバンジオール

変敗抑制の効果を組合せ、イネ WCS のバンカーサイロ調製の可能性について検討した。試験では、「畜草2号」添加区と無添加区を設け、バンカーサイロの開封は調製翌年の9月に実施し、開封時から約1か月間、毎日20cmずつ取出しを行い、その間の品温変化等を調査した。結果は、開封時には添加区も無添加区も発酵品質は良好であった(表3)。しかし、開封後日数の経過とともに無添加区では開封後7日目頃から品温が徐々に上昇し、3週間後には場所によっては40℃を超え品質が著しく低下し大量に廃棄せざるを得ない状況となった。これに対し、「畜草2号」添加区では品温の上昇は認められず、品質を維持したまま最後まで取出すことができた(図4)。

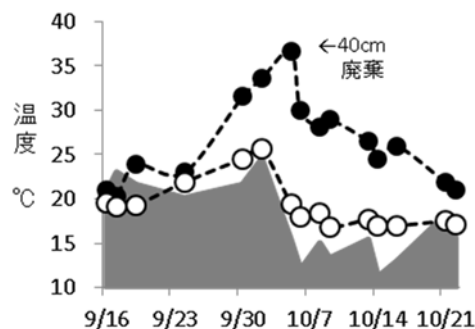


図4 バンカーサイロの品温変化
たちすずかWCS(出穂後30日), ■: 外気温, ●: 無添加, ○: 「畜草2号」

7. おわりに

優れた飼料特性をもつ極短穂系品種は、「たちすずか」「たちあやか」に続き、新たに縞葉枯れ病抵抗性を持つ「つきすずか」が登録され、今後さらに全国のイネ WCS 生産現場への普及拡大が見込まれる。今回開発された「畜草2号」は、WCSの周年利用やバンカーサイロ調製をはじめとする、極短穂系イネ WCSの高度利用に大きく貢献することが期待される。

本稿で紹介した研究結果は、農研機構畜産研究部門および雪印種苗株式会社との共同研究により得られた。卓越した技術と見識により自給飼料利用の発展に貢献されている両機関の担当者の皆さんと共に「畜草2号」の開発に携わらせて戴いたことに深く感謝したい。

引用文献

Matsushita K et.al(2011) ‘ Tachisuzuka’, a new rice cultivar with high straw yield and high sugar content for whole-crop silage use. Breeding Sci. 61 : 86-92

河野幸雄 (2011) 極短穂性飼料イネ品種「たちすずか」と摘穂処理した普通品種イネの類似性. 日草誌 57 別 : 105

河野幸雄ら (2014) 飼料イネ品種「たちすずか」によるホールクロップサイレージの栄養価と第一胃内分解性. 日草誌 60 (2) 91-96

農研機構近畿中国四国農業研究センター (2016) 画期的 WCS 用稲「たちすずか」の特性を活かした低コスト微細断収穫調製・給与マニュアル

http://www.naro.affrc.go.jp/publicity_report/publication/pamphlet/tech-pamph/index.html

平成28年度 自給飼料利用研究会 資料

編集・発行 国立研究開発法人 農業・食品産業技術総合研究機構 畜産研究部門
企画管理部 那須企画管理室 企画連携チーム
Tel. 0287-37-7005 Fax. 0287-36-6629
〒329-2793 栃木県那須塩原市千本松 768 番地

発行日 平成28年12月5日
印刷所 株式会社 近代工房 Tel. 0287-29-2223

本資料より転載・複製する場合は、国立研究開発法人 農業・食品産業技術総合研究機構の許可を得て下さい。