

# 飼料用稲の高品質飼料化調製技術の確立

酒向奈都美、佐田竜一、齋藤憲夫、齋藤栄

## 要 約

飼料用稲を調製する際、糊熟期～黄熟期では、無添加でも V-SCORE 80 点以上、出穂期では、市販乳酸菌製剤添加により V-SCORE 80 点以上のサイレージを調製できた。しかし、糊熟期～黄熟期において無添加で調製すると、酪酸や揮発性塩基態窒素 (VBN) の発生が確認できたため、市販乳酸菌製剤および糖蜜を添加することで、乳酸発酵を促し、さらなる品質の改善が見込まれた。また、糊熟期において、原材料に対し 0.1%の糖蜜添加が、最も低コストにするために有効であると考えられた。

## 目 的

栃木県における飼料用稲の作付面積は年々拡大しており、平成 28 年度における作付面積は、ホールクロップサイレージ (以下、WCS) 用稲 1,700ha、飼料用米 10,400ha である<sup>1)</sup>。作付面積の拡大に伴い、コントラクター等生産組織の作業受託面積は増加しており、WCS 用稲の生産組織から畜産農家への流通が増加しているが、調製された WCS の品質にはばらつきがみられ、このことが WCS を利用する畜産農家の利用拡大への意欲を低下させている。

また、近年、WCS 用稲を収穫適期といわれる糊熟～黄熟期よりも早い熟期である出穂～乳熟期に刈取り、消化性の高い飼料を生産したいという農家の声もある。しかし、収穫時期を早期化することで水分含量が高いサイレージとなり、品質を確保することが困難になっている。

そこで、さまざまな収穫時期の飼料用稲を用いて、添加剤を使用し、安定かつ高品質な WCS を調製することを目的に本試験を実施した。

## 材料及び方法

試験は平成 25 年度から 27 年度の 3 年間実施し、いずれも、栃木県那須町の畜産農家が栽培した飼料用稲「夢あおば」を用いた。

試験 1 は、各熟期において乳酸菌と糖蜜を添加し、サイレージ調製し、その栄養分析と発酵品質分析を行った。(平成 25 年度)

試験 2 は、黄熟期において糖蜜の添加量を変更し、試験 1 と同様に分析を行った。(平成 26 年度)

試験 3 は、糊熟期および出穂期において糖蜜の添加量を変更し、試験 1 と同様に分析を行った。

試験 1 各熟期における乳酸菌、糖蜜の影響

乳熟期(出穂から 14 日後)、黄熟期(出穂から 35 日後)、完熟期の「夢あおば」を用い、何も添加しない「無添加」、乳酸菌製剤(畜草 1 号プラス)を添加した「乳酸菌」、乳酸菌製剤に加え糖蜜を原材料に対し 3%添加した「乳酸菌+糖蜜 3%」の 3 試験区を設けた。

試験 2 黄熟期における乳酸菌、糖蜜の影響

黄熟期(出穂から 35 日後)の「夢あおば」を用い、何も添加しない「無添加」、材料に対し糖蜜を 0.1%添加した「糖蜜 0.1%」、材料に対し糖蜜を 1%添加した「糖蜜 1%」、乳酸菌製剤を添加した「乳酸菌」、乳酸菌と糖蜜 0.1%添加した「乳酸菌+糖蜜 0.1%」、乳酸菌と糖蜜 1%を添加した「乳酸菌+糖蜜 1%」の 6 試験区を設けた。

試験 3 糊熟期及び出穂期における乳酸菌、糖蜜の影響

糊熟期(出穂から 20 日後)、出穂期の「夢あおば」を用い、試験 2 同様、6 試験区を設けた。

試験 1～3 に用いた飼料用稲は、刈取高 15cm で手刈りし、2～3cm に細切後、小規模サイレージ発酵試験法(パウチ法)によって調製した。調製したサイレージは、2 か月程度室温に置き、開封後、栄養成分は酵素分析法で、有機酸は高速液体クロマトグラフィー、全窒素(TN)・揮発性塩基態窒素(VBN)は自動窒素分析装置で分析した。

## 結果及び考察

試験 1 各熟期における乳酸菌、糖蜜の影響

(1) 栄養成分

表 1 に試験区毎の栄養成分の結果を示した。

収穫ステージが進むにつれ、水分、粗灰分(CA)、粗蛋白質(CP)、細胞壁物質(OCW)、中性デタージェント繊維

(NDF)は低下したが、反対に可消化養分総量(TDN)は高くなった。この傾向は、日本標準飼料成分表<sup>2)</sup>に記載されている数値の傾向と同様であった。

(2) 発酵品質

表2に試験区毎の発酵品質を示した。

pHは、全ての熟期において「無添加」より「乳酸菌+糖蜜3%」で大きく低下し、「乳酸菌」は「無添加」と同程度か、やや低下した。

乳酸含量は、全ての熟期において「無添加」より「乳酸菌+糖蜜3%」が多く、このことがpHの低下に寄与したと考えられた。酪酸含量は、全ての熟期において「無添加」より「乳酸菌+糖蜜3%」が少なかったが、乳熟期の「乳酸菌+糖蜜3%」は、新鮮物中0.24%で、他の熟期よりも多く発生しており、酪酸発酵したと考えられる。

V-SCOREは、収穫ステージが進むことで、高得点となった。また、乳熟期および黄熟期は、「無添加」と「乳酸菌」のV-SCOREは大きく変わらず、「乳酸菌+糖蜜3%」で点

数が高くなった。

「乳酸菌」の添加効果がみられなかった要因として、土の混入や降雨後の採材による影響が考えられた。すなわち、乳熟期は、刈り倒して採材したために、飼料用稲に土が付着し、このことが、乳酸菌添加の効果を低下させたと考えられた。また、黄熟期は、採材が降雨後となり、飼料用稲に水滴が付着し、調製時の水分を上昇させ、さらに酪酸菌等の不良発酵微生物を増加させることに繋がったと考えられた。

一方、完熟期は、「無添加」でもV-SCOREが100点となった。これは、材料中水分が60%程度であったため、発酵に関与する微生物の活性が低かったため、V-SCOREが高かったと考えられた。

乳熟期および黄熟期は、「乳酸菌+糖蜜3%」が最も発酵品質が良好となったが、「乳酸菌+糖蜜3%」では、WCS1ロール調製するのに1,000円以上のコストがかかってしまうため、低コスト化を図るため、糖蜜のみの添加と糖蜜の添加量を減らして発酵品質への影響を検討した。

表1 サイレージ中の栄養成分(試験1)

		乳熟期			黄熟期			完熟期		
		無添加	乳酸菌	乳酸菌+糖蜜3%	無添加	乳酸菌	乳酸菌+糖蜜3%	無添加	乳酸菌	乳酸菌+糖蜜3%
DM	(%)	24.8	25.1	27.1	31.4	31.6	33.2	38.6	38.2	39.1
水分	(%)	75.2	74.9	72.9	68.6	68.4	66.8	61.4	61.8	60.9
CA	(乾物中%)	18.3	18.3	17.1	15.1	15.5	14.6	12.6	12.8	12.6
CP		9.3	9.2	9.3	7.2	7.1	7.4	6.7	6.8	6.7
OCC		15.6	17.1	22.1	36.5	35.6	39.6	47.9	46.7	48.6
OCW		66.1	64.6	60.9	48.4	48.9	45.8	39.5	40.5	38.8
Oa		7.7	8.2	7.9	5.7	5.4	5.1	4.0	4.4	3.9
Ob		58.3	56.4	53.0	42.7	43.5	40.7	35.5	36.1	34.9
NDF		61.3	59.6	55.6	44.2	42.8	40.9	37.3	38.4	36.1
TDN		45.1	46.1	48.6	53.8	53.1	54.9	58.5	58.3	58.7

注)DM:乾物 CA:粗灰分 CP:粗タンパク質 OCC:細胞内容物質 OCW:細胞壁物質 Oa:高消化性繊維 Ob:低消化性繊維 NDF:中性デタージェント繊維 TDN:可消化養分総量  
栄養成分は酵素法による

TDN推定式:  $TDN = -5.45 + 0.89 \times (OCC + Oa) + 0.45 \times OCW$  (出口ら、1997年)

表2 サイレージ中の発酵品質(試験1)

		乳熟期			黄熟期			完熟期		
		無添加	乳酸菌	乳酸菌+糖蜜3%	無添加	乳酸菌	乳酸菌+糖蜜3%	無添加	乳酸菌	乳酸菌+糖蜜3%
pH		5.24	5.27	4.33	5.00	5.03	4.26	5.24	4.89	4.36
乳酸	(新鮮物中%)	0.12	0.12	0.75	0.22	0.23	0.76	0.28	0.36	0.66
酢酸		0.39	0.36	0.13	0.29	0.29	0.15	0.06	0.09	0.08
プロピオン酸		0.03	0.03	0.01	0.02	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00
酪酸		0.40	0.45	0.24	0.23	0.28	0.01	0.01	0.00	0.00
VBN/TN		12.7	15.2	6.9	9.5	10.7	2.8	4.9	4.8	2.5
V-SCORE		43	31	77	71	62	99	100	100	100

注)VBN:揮発性塩基性窒素(主にアンモニア) TN:総窒素

V-SCORE:酢酸と酪酸、VBN/TN比の値で評価

## 試験2 黄熟期における乳酸菌、糖蜜の影響

表3に試験区毎の栄養成分、表4に発酵品質の結果を示した。栄養成分については、全ての試験区において各項目の数値に大きな差はなかった。

「無添加」は、pHは、5.48と高い値であったが、V-SCOREは、93点と品質は良好であった。これは、水分が62.5%で、水分含量が高くなかったため、酪酸菌等の不良微生物による発酵が起きにくかったことから、V-SCOREの点数が高得点になったと考えられた。一般に、糖(WSC)含量の低い作物をサイレージ調製する場合、予乾によって材料の浸透圧を高め、比較的高いpH条件下で酪酸菌の生育を阻害する技術は知られている。その結果、サイレージ発酵は著しく抑制され、有機酸総量は少なくなり、とくに酪酸はほとんどなくなる<sup>3)</sup>と言われ、今回の試験2の黄熟期の水分においては、「無添加」でも品質が良好になったと考えられた。

pHは、「無添加」に比べ糖蜜や乳酸菌を添加した区にお

いて低くなり、特に乳酸菌を添加した区でpH4.0以下となった。このことから、水分60%程度では、乳酸菌を添加することで、乳酸含量が高まりpH低下することが、乳酸発酵に効果的であることが明らかになった。

また、乳酸菌にさらに糖蜜を加えた区では、「乳酸菌」よりもやや乳酸含量が増加しているが、その量は微量であった。したがって、乳酸菌に糖蜜1%の添加量では、試験1の「乳酸菌+糖蜜3%」のように乳酸発酵をさらに高めることは困難であると考えられた。

試験2の結果から、水分含量が60%程度の黄熟期であれば、「無添加」であっても、V-SCORE80点以上のサイレージを調製することは可能であった。ただし、微生物は気温が高まると活性が高まるので、「無添加」の高pHのサイレージは、春以降の不良発酵が懸念される。そのため、長期保存を考慮すると、pHを十分下げるために「乳酸菌」の添加が望ましいと考えられた。

表3 サイレージ中の栄養成分(試験2)

項目	試験区					
	無添加	糖蜜0.1%	糖蜜1%	乳酸菌	乳酸菌+糖蜜0.1%	乳酸菌+糖蜜1%
DM (%)	37.5	38.3	38.0	37.9	38.2	38.7
水分 (%)	62.5	61.7	62.0	62.1	61.8	61.3
CA (%DM)	14.1	13.7	13.8	14.4	14.4	14.2
CP	8.5	8.3	8.2	7.9	8.5	8.4
OCC	44.3	45.3	45.7	42.4	44.0	44.8
OCW	41.6	41.0	40.5	43.2	41.6	41.0
Oa	4.0	3.7	3.2	3.6	3.5	3.4
Ob	37.6	37.3	37.3	39.6	38.1	37.6
TDN	56.3	56.6	56.3	54.9	55.5	55.9

注) DM: 乾物 CA: 粗灰分 CP: 粗タンパク質 OCC: 細胞内容物質 OCW: 細胞壁物質

Oa: 高消化性繊維 Ob: 低消化性繊維 TDN: 可消化養分総量

栄養成分は酵素法による

TDN推定式:  $TDN = -5.45 + 0.89 \times (OCC + Oa) + 0.45 \times OCW$  (出口ら、1997年)

表4 サイレージ中の発酵品質(試験2)

項目	試験区					
	無添加	糖蜜0.1%	糖蜜1%	乳酸菌	乳酸菌+糖蜜0.1%	乳酸菌+糖蜜1%
pH	5.48	4.60	4.66	3.88	3.81	3.77
乳酸 (新鮮物中%)	0.25	0.59	0.55	1.11	1.19	1.23
酢酸	0.16	0.28	0.30	0.15	0.14	0.13
プロピオン酸	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
酪酸	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
VBN/TN	7.4	6.0	6.7	2.0	1.9	2.0
V-SCORE	93	96	94	100	100	100

注) VBN: 揮発性塩基性窒素 (主にアンモニア) TN: 総窒素

V-SCORE: 酢酸と酪酸、VBN/TN比の値で評価

試験3 糊熟期及び出穂期における乳酸菌、糖蜜の影響  
表5に糊熟期における栄養成分、表6に糊熟期における発酵品質、表7に出穂期における栄養成分、表8に出穂期における発酵品質の結果を示した。

糊熟期では、水分は全ての試験区において68%程度であった。また、pHは「無添加」で3.98と低く、V-SCOREも87点と品質は良好であった。これは、水分が乳酸発酵に適する水分であったため、「無添加」でも乳酸発酵が進み、良質なサイレージを調製することが出来たと考えられた。しかし、糖蜜や乳酸菌を添加した区では、「無添加」よりも乳酸含量が増加し、V-SCOREも高得点となったため、より乳酸発酵を活発にするためには糖蜜や乳酸菌を添加することは有効であると思われた。

出穂期では、水分が全ての試験区において78%程度であった。pHは、「無添加」で4.44と低いものの、V-SCOREは50点であり、品質は良くなかった。これは、水分が高いため、乳酸発酵もしたが、それ以上に酪酸菌の活性が高く、酪酸やアンモニアを産生し、V-SCOREが低くなったと考えられた。また、糖蜜を添加した区では、「無添加」よりも乳酸含量が増加し、酪酸含量が減少したが、V-SCOREは80点以下で良好なサイレージにならなかった。糖含量の少ない飼料用稲は、糖の添加が有効であるという報告<sup>4) 5)</sup>はあるが、水分の高い材料では、乳酸菌の初期濃度が低いため、糖蜜のみを添加しても、効果が低くなってしまふ。そのため、糖蜜のみの添加は、品質が向上しなかったと考えられた。

一方、乳酸菌や乳酸菌に加えて糖蜜を添加した区では

pH4.0以下、V-SCOREは80点以上となり、良質なサイレージとなった。このことから、水分が80%に近い出穂期においては、乳酸菌を添加することで良質なサイレージを調製することができると考えられた。

試験1～3において、水分の異なる飼料用稲を用いて試験を行ったが、試験1は乳酸菌添加のみでは乳熟期及び黄熟期の発酵品質は無添加と同程度で品質向上は図れない結果となった。しかし、試験2、3においては乳酸菌添加によって乳酸含量が増加し、品質が向上した。これは、試験1は、採材時が降雨の翌日であったため、植物体に多少の泥がついていた可能性が考えられた。したがって、実際の収穫機を使った調製時には、乳酸菌の添加も品質向上には有効であると考えられるが、降雨の翌日などの植物体への泥の付着が品質を低下させる恐れがあることを考慮する必要がある。

試験2、3の結果から、各熟期における発酵品質と調製の資材費について、表9に示した。水分含量が60～70%の黄熟期、糊熟期については、無添加であってもV-SCOREは80点以上となり、良質サイレージを調製できた。しかし、長期保存や広域流通を考えると、よりpHを低下させ、乳酸発酵する乳酸菌の添加(黄熟期)や糖蜜0.1%(糊熟期)が有効であると考えられる。また、水分80%程度になる出穂期においては、酪酸発酵を抑えるために、乳酸菌の添加は重要であると考えられた。

表5 糊熟期におけるサイレージ中の栄養成分(試験3)

項目	試験区						
	無添加	糖蜜0.1%	糖蜜1%	乳酸菌	乳酸菌+糖蜜0.1%	乳酸菌+糖蜜1%	
DM (%)	31.0	31.2	32.6	31.6	32.0	32.1	
水分 (%)	69.0	68.8	67.4	68.4	68.0	67.9	
CA (%DM)	15.8	16.1	15.9	15.9	15.6	16.1	
CP	6.9	7.1	6.7	6.9	6.5	6.5	
OCC	31.1	31.6	32.7	31.0	34.0	32.0	
OCW	53.1	52.3	51.4	53.1	50.4	51.9	
Oa	6.7	6.6	6.3	6.6	6.4	6.4	
Ob	46.5	45.7	45.1	46.4	44.0	45.5	
TDN	51.4	51.6	51.7	51.6	52.4	51.3	

注) DM: 乾物 CA: 粗灰分 CP: 粗タンパク質 OCC: 細胞内容物質 OCW: 細胞壁物質  
Oa: 高消化性繊維 Ob: 低消化性繊維 TDN: 可消化養分総量  
栄養成分は酵素法による

TDN推定式:  $TDN = -5.45 + 0.89 \times (OCC + Oa) + 0.45 \times OCW$  (出口ら、1997年)

表6 糊熟期におけるサイレージ中の発酵品質(試験3)

項目	試験区					
	無添加	糖蜜0.1%	糖蜜1%	乳酸菌	乳酸菌+糖蜜0.1%	乳酸菌+糖蜜1%
pH	3.98	3.82	3.64	3.69	3.66	3.86
乳酸 (新鮮物中%)	0.81	1.04	1.27	1.17	1.17	0.97
酢酸	0.20	0.15	0.10	0.11	0.11	0.22
プロピオン酸	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
酪酸	0.10	0.03	0.00	0.00	0.00	0.03
VBN/TN	7.4	5.7	2.6	3.3	3.0	4.8
V-SCORE	87	96	100	100	100	97

注) VBN:揮発性塩基性窒素(主にアンモニア) TN:総窒素  
V-SCORE:酢酸と酪酸、VBN/TN比の値で評価

表7 出穂期におけるサイレージ中の栄養成分(試験3)

項目	試験区					
	無添加	糖蜜0.1%	糖蜜1%	乳酸菌	乳酸菌+糖蜜0.1%	乳酸菌+糖蜜1%
DM (%)	20.2	22.1	21.9	22.7	22.4	22.9
水分 (%)	79.8	77.9	78.1	77.3	77.6	77.1
CA (%DM)	19.8	19.8	18.5	18.2	18.3	17.9
CP	8.7	8.4	7.7	8.5	8.4	8.5
OCC	22.5	23.7	23.7	24.2	23.5	23.5
OCW	57.7	56.5	57.9	57.5	58.2	58.6
Oa	7.7	7.3	8.0	7.8	7.9	7.8
Ob	50.0	49.2	49.9	49.7	50.3	50.8
TDN	50.4	50.1	50.3	50.4	50.3	50.0

注) DM:乾物 CA:粗灰分 CP:粗タンパク質 OCC:細胞内容物質 OCW:細胞壁物質  
Oa:高消化性繊維 Ob:低消化性繊維 TDN:可消化養分総量  
栄養成分は酵素法による  
TDN推定式:  $TDN = -5.45 + 0.89 \times (OCC + Oa) + 0.45 \times OCW$  (出口ら、1997年)

表8 出穂期におけるサイレージ中の発酵品質(試験3)

項目	試験区					
	無添加	糖蜜0.1%	糖蜜1%	乳酸菌	乳酸菌+糖蜜0.1%	乳酸菌+糖蜜1%
pH	4.44	4.42	4.17	3.74	3.88	3.82
乳酸 (新鮮物中%)	0.17	0.30	0.52	0.85	0.68	0.79
酢酸	0.28	0.19	0.20	0.10	0.12	0.11
プロピオン酸	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00
酪酸	0.52	0.43	0.25	0.01	0.09	0.07
VBN/TN	9.4	9.7	9.1	4.2	5.9	5.0
V-SCORE	50	56	72	99	91	95

注) VBN:揮発性塩基性窒素(主にアンモニア) TN:総窒素  
V-SCORE:酢酸と酪酸、VBN/TN比の値で評価

表9 稲WCSの品質と資材費

収獲熟期 \ 添加剤	無添加	糖蜜0.1%	糖蜜1%	乳酸菌
黄熟期	○	○	○	◎
糊熟期	○	◎	◎	◎
出穂期	×	×	△	◎
資材費 (φ1mロール1個あたり)	0円	50円	500円	250円

注)◎:V-SCORE 80点以上であり、十分乳酸発酵している。

○:V-SCORE 80点以上であるが、乳酸発酵不十分であるため長期保存による品質悪化の懸念がある。

△:V-SCORE 60点以上で品質は可である。

×:V-SCORE 60点未満で不良発酵している。

### 参考文献

- 1) 農林水産省、平成28年産飼肥料作物の作付(栽培)面積
- 2) 日本標準飼料成分表(2009年版).中央畜産会 p60-61
- 3) 大山嘉信(1971)、日本畜産学会報 42、p301-317
- 4) 吉田宣夫(1994)、埼玉県畜産試験場特別研究報告第1号、p1-74
- 5) 蔡ら(2003)、日本草地学会報 49(5)、p477-485