

# 発酵粗飼料用としての水稻品種 ‘ヒノヒカリ’，‘アケボノ’の特性

渡邊 丈洋・大家 理哉・長尾 伸一郎\*

Characteristics of Rice Cultivars ‘Hinohikari’ and ‘Akebono’ for the Whole Crop Silage

Takehiro Watanabe, Masaya Ooya and Shinichiro Nagao

## 緒言

水稻の生産調整と水田の有効活用，飼料自給率向上等の観点から，発酵粗飼料（ホールクロップサイレージ，以下WCS）用水稻の生産が全国的に推進されている。本県においても，WCS用水稻の作付面積は近年増加しており，2012年には中国四国地方で最大の364haに達した（農林水産省，2013）。

飼料用水稻品種の育成は，2000年代に入って急速に進んでおり（石田，2010），2002年に独立行政法人農研機構近畿中国四国農業研究センターで育成された‘ホシアオバ’と‘クサノホシ’は，県北部におけるWCS用水稻の主要品種として作付けされている。また，同センターは2010年に，WCS専用品種‘たちすずか’を育成しており，県北部を中心に普及が始まっている。特に‘たちすずか’は，従来の品種と比べて籾数が少なく植物体に占める茎葉の割合が著しく高い，特異的な品種であり，牛の消化性に優れ，発酵に必要な糖含量が高いとされている（松下ら，2012）。

一方，生産現場では飼料用品種の作付に対して，周辺の食用米生産圃場への花粉飛散による交雑や，圃場に落下した種子の漏生等に根強い懸念がある。特に県南部では，飼料用品種と開花期が重なりやすい中生及び晩生の主食用品種が作付けされ，移植栽培に比べて落下種子が漏生しやすい乾田直播栽培が広く普及していることから，主食用として一般に作付けされる品種をWCS用に生産している地域も多い（横溝，2010）。しかしながら，本県において主食用品種を活用するこ

との妥当性については，‘アケボノ’，‘ヤマビコ’，‘日本晴’を用いたWCSに対する牛の高い嗜好性を示した現地試験（吉田ら，1993）を除いてほとんど報告されていない。さらに，近年育成された飼料用品種との比較もされていないことから，生産現場における作付品種の選択に資する情報は限られている。

そこで，本研究では県南部で広く作付けされる主食用中生品種‘ヒノヒカリ’と晩生品種‘アケボノ’のWCS用水稻としての特性を明らかにし，これまで一般的に用いられてきた飼料用品種‘ホシアオバ’及び‘クサノホシ’との比較から，これら主食用品種をWCS用として活用することの妥当性を検討する。また，新たな飼料用品種‘たちすずか’について，本研究では参考品種として特性の比較に用い，他品種と比べて顕著に異なる点を中心に考察を加え，今後の普及に資する。

## 試験方法

本試験は，2010年から2012年までの3年間，岡山県農林水産総合センター農業研究所（赤磐市）における同一の水田圃場（中粒質灰色化低地水田土，壤質，2012年3月の土壌可給態窒素量は乾土100g当たり9.3mg）において行った。供試品種には，主食用品種の‘ヒノヒカリ’と‘アケボノ’，飼料用品種の‘ホシアオバ’と‘クサノホシ’を用い，参考品種として飼料用品種の‘たちすずか’を用いた。2010年は5月18日に播種し，6月24日に中苗を移植，2011年は5月23日に播種し，6月17日に稚苗を移植，2012年は5月21日に播種し，6月15日に

2013年12月20日受理

\*岡山県農林水産総合センター畜産研究所

稚苗を移植した。いずれの年も栽植密度は18.5株/m<sup>2</sup> (30cm×18cm) で1株3本の手植えを行った。移植後の水管理は浅水管理とし、7月下旬に落水して圃場にヒビが入る程度まで中干しした後は間断灌漑を行い、9月末に完全に落水した。施肥は表1に示した施用時期、肥料で、2010年は窒素成分量で9g/m<sup>2</sup>を全量基肥施用した標肥区のみ、2011年と2012年は同10g/m<sup>2</sup>を分施した標肥区に加え、同20g/m<sup>2</sup>を分施した多肥区を設けた。1区面積は6.3から13.5m<sup>2</sup>とし、2010年は3反復、2011年と2012年は2反復で、乱塊法により試験区を配置した。

生育と収量性をみるため、草丈、茎数、葉色値、部位別乾物重及び倒伏程度を調査した。草丈と茎数は、分けつ盛期(移植1か月後)、幼穂形成期(2010年は調査せず)及び黄熟期に調査した。葉色値は、分けつ盛期、幼穂形成期、穂揃期、糊熟期(出穂20日後)及び黄熟期に、葉緑素計(コニカミノルタ社、SPAD-502)を用いて調査した。部位別乾物重は、分けつ盛期、幼穂形成期(2010年は調査せず)、穂揃期及び黄熟期に調査した。乾物重は、各反復において生育が中庸な4株を土中から掘り取り、土、根及び枯死した茎葉を除去した後、穂、葉(葉身)、茎(葉鞘及び稈)に分割し、80℃で72時間乾燥して部位別に測定した。なお、穂揃期と黄熟期には地際から10cmを境に、茎を上部(上茎)と下部(下茎)に分けて同様に測定した。各品種の収量性の比較には、WCS用水稲の収穫適期が黄熟期とされていることから(名久井ら、1988;新出ら、2008a;日本草地畜産種子協会、2012)、黄熟期における上茎、葉及び穂の乾物重の合計(10cm上全乾物重)を用いた。倒伏程度は、2010年は黄熟期のみ、2011年は黄熟期から12月21日まで、2012年は、倒伏が始まった9月18日から黄熟期を経て11月12日まで調査し、0(無倒伏)から4(全倒伏)の範囲で判定した。

一方、収穫物の発酵品質及び飼料成分を分析するため、田中・大桃(1995)が開発したパウチ法を参考に、WCSを作成した。すなわち、黄熟期に地際10cmで刈り取り、2~3cm程度に鋏で細断した植物体150gを、ポリエチレンとナイロンの積層フィルムのパウチ(旭化成パックス社、飛竜KN-210)に入れ、真空包装機で吸引密封した。培養は25℃の人工気象器内で行い、培養期間は、2010年が80日間、2011年と2012年が40日間とした。2010年は発酵品質、2011年は飼料成分、2012年は発酵品質と飼料成分を、いずれも常法(自給飼料品質評価研究会、2009;日本土壤協会、2001)で分析した。

## 結果

### 1. 圃場での生育と収量性

各品種の出穂期と黄熟期を表2に示した。3年間で平均すると、‘ヒノヒカリ’の黄熟期は9月28日で、‘ホシアオバ’に比べ4日遅かった。‘アケボノ’の黄熟期は10月9日で、‘クサノホシ’と同じであり、‘たちすずか’に比べ1日早かった。これらのことからWCS用水稲としての早晩性を、‘ホシアオバ’と‘ヒノヒカリ’は中生品種、‘クサノホシ’、‘アケボノ’及び‘たちすずか’は晩生品種と位置付けた。

中生品種の生育の推移を表3に示した。‘ヒノヒカリ’は、‘ホシアオバ’と比べて生育期間を通じて草丈が短く葉色値が低い一方で茎数が多い傾向がみられた。また、‘ヒノヒカリ’は‘ホシアオバ’と同様に、標肥区に比べ多肥区で草丈や茎数が増加し、葉色値が上昇する傾向がみられ、施肥が及ぼす影響について品種間差は認められなかった。表4には乾物重の推移を示した。2010年は穂揃期、2011年と2012年は幼穂形成期において、‘ヒノヒカリ’は、‘ホシアオバ’と比べて

表1 施肥方法の概要

		2010年 <sup>z</sup>		2011年 <sup>y</sup>				2012年			
		基肥のみ	基肥	分けつ肥	中間追肥	穂肥①	穂肥②	合計	基肥 <sup>x</sup>	穂肥 <sup>w</sup>	合計
施用時期 (月/日)	ホシアオバ、ヒノヒカリ	6/21	6/23	7/8	7/20	8/5	8/15	6/13	8/7		
	クサノホシ、アケボノ、たちすずか	〃	〃	〃	〃	8/10	8/20	〃	8/14		
施用量 (窒素g/m <sup>2</sup> )	標肥区	9	4	2	0	2	2	10	6	4	10
	多肥区	—	6	4	2	4	4	20	12	8	20

<sup>z</sup> 施用肥料はLPE80で、140日型の被覆尿素(LPI40)と速効性の窒素・リン酸・カリウムが混合され、含まれている窒素のうち20%が速効性(N:P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>:K<sub>2</sub>O=14:14:14)

<sup>y</sup> 施用肥料は全時期とも確安(N:P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>:K<sub>2</sub>O=21:0:0)で、基肥のみPK化成でリン酸とカリウムを各6g/m<sup>2</sup>追加

<sup>x</sup> 施用肥料はIB050で、IB窒素を60%含む基肥用の緩効性肥料(N:P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>:K<sub>2</sub>O=10:15:10)

<sup>w</sup> 施用肥料はIB4号で、IB窒素を40%含む穂肥用の緩効性肥料(N:P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>:K<sub>2</sub>O=15:4:15)

地上部全乾物重が有意に小さかったが、いずれの年次においても、黄熟期には品種間に有意差が認められなかった。また、黄熟期における10cm上全乾物重についても、2010年と2012年には品種間に有意差が認められなかった。しかし、2011年は‘ヒノヒカリ’の10cm上全乾物重が‘ホシアオバ’に比べて有意に小さく、多肥による増収効果は‘ヒノヒカリ’が‘ホシアオバ’に比べて小さかった。

晩生品種の生育の推移を表5に示した。分けつ盛期及び幼穂形成期において、‘アケボノ’は草丈が短くて茎数が多く、‘クサノホシ’と‘たちすずか’は同

程度であった。一方、黄熟期には‘クサノホシ’と‘たちすずか’の間にも差がみられ、草丈は長い順に‘たちすずか’、‘クサノホシ’、‘アケボノ’であり、茎数は多い順に‘アケボノ’、‘たちすずか’、‘クサノホシ’であった。葉色値は、2010年には品種間差があまりみられなかったが、2011年と2012年には‘アケボノ’が‘クサノホシ’や‘たちすずか’と比べて低く推移する傾向がみられた。また、3品種ともに標肥区に比べ多肥区で草丈が長く、茎数が多く、葉色値が高い傾向がみられ、特に‘アケボノ’は多肥区における茎数の増加が顕著であった。表6には乾物重の推移を示した。

表2 各品種の出穂期と黄熟期

品種	出穂期(月/日)					平均	黄熟期(月/日)					平均
	2010年		2011年		2012年		2010年		2011年		2012年	
	標肥	多肥	標肥	多肥	標肥		多肥	標肥	多肥	標肥	多肥	
中生品種												
ヒノヒカリ	8/26	8/26	8/27	8/26	8/27	8/26	9/25	9/28	9/28	9/29	10/1	9/28
ホシアオバ	8/25	8/20	8/21	8/23	8/25	8/23	9/25	9/22	9/22	9/25	9/28	9/24
晩生品種												
アケボノ	9/3	8/31	9/1	9/2	9/6	9/2	10/11	10/6	10/6	10/8	10/12	10/9
クサノホシ	9/1	8/31	8/31	9/1	9/2	9/1	10/8	10/6	10/6	10/9	10/17	10/9
たちすずか	9/4	9/2	9/2	9/5	9/6	9/4	10/11	10/9	10/9	10/10	10/11	10/10

表3 中生品種における生育の推移<sup>2</sup>

年次	施肥	品種	草丈(cm)			茎数(本/m <sup>2</sup> )			葉色値(SPAD値)				
			分盛	幼形	黄熟	分盛	幼形	黄熟	分盛	幼形	穂揃	糊熟	黄熟
2010年	標肥	ヒノヒカリ	57		111	420		367	42	38	36	36	33
		ホシアオバ	65		134	312		216	43	41	43	42	40
		t検定 <sup>y</sup>	**		***	***		**	ns	*	**	*	**
2011年	標肥	ヒノヒカリ	48	73	111	542	519	361	39	32	36	35	29
		ホシアオバ	57	82	125	491	421	194	41	37	44	41	39
	多肥	ヒノヒカリ	51	77	120	576	600	421	40	35	39	39	35
		ホシアオバ	56	90	136	498	523	241	41	41	46	44	44
	品種平均	ヒノヒカリ	49	75	115	559	559	391	40	34	38	37	32
		ホシアオバ	56	86	131	494	472	218	41	39	45	42	42
分散分析 <sup>y</sup>	品種(A)	品種(A)	**	***	***	ns	*	**	**	***	***	***	***
		施肥(B)	ns	**	**	ns	*	*	*	**	***	***	**
		A×B	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	**	ns	ns
2012年	標肥	ヒノヒカリ	53	81	111	481	516	456	42	37	36	36	31
		ホシアオバ	59	94	130	424	403	289	42	42	43	42	36
	多肥	ヒノヒカリ	56	85	120	579	551	468	43	40	39	42	37
		ホシアオバ	64	97	143	532	472	331	44	46	45	45	42
	品種平均	ヒノヒカリ	54	83	116	530	534	462	42	38	38	39	34
		ホシアオバ	61	95	137	478	438	310	43	44	44	44	39
分散分析 <sup>y</sup>	品種(A)	品種(A)	**	**	***	ns	**	**	*	**	***	**	**
		施肥(B)	**	ns	***	*	ns	ns	**	*	**	**	**
		A×B	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns

<sup>2</sup> 「分盛」は分けつ盛期、「幼形」は幼穂形成期、「穂揃」は穂揃期、「糊熟」は糊熟期、「黄熟」は黄熟期を示す

<sup>y</sup> \*\*\*は0.1%水準、\*\*は1%水準、\*は5%水準で有意差があることを示す

表4 中生品種における地上部全乾物重の推移と黄熟期の10cm上全乾物重

年次	施肥	品種	地上部全乾物重(g/m <sup>2</sup> )				10cm上全乾物重(g/m <sup>2</sup> ) <sup>z</sup>	
			分けつ盛期	幼穂形成期	穂揃期	黄熟期	黄熟期	
2010年	標肥	ヒノヒカリ	138		932	1411	1265 (99)	
		ホシアオバ	158		1176	1395	1282 (100)	
		1検定 <sup>x</sup>	ns		**	ns	ns	
2011年	標肥	ヒノヒカリ	135	389	902	1276	1132 (101)	
		ホシアオバ	189	454	931	1214	1118 (100)	
	多肥	ヒノヒカリ	159	463	1065	1508	1358 (121)	
		ホシアオバ	192	554	1144	1577	1467 (131)	
	品種平均	ヒノヒカリ	147	426	983	1392	1245	
		ホシアオバ	190	504	1037	1395	1293	
分散分析 <sup>y</sup>	品種(A)	ns	**	ns	ns	*		
	施肥(B)	ns	**	**	***	***		
	A×B	ns	ns	ns	*	*		
2012年	標肥	ヒノヒカリ	133	637	1114	1621	1464 (114)	
		ホシアオバ	158	713	1131	1394	1286 (100)	
	多肥	ヒノヒカリ	165	686	1288	1572	1445 (112)	
		ホシアオバ	218	814	1335	1693	1580 (123)	
	品種平均	ヒノヒカリ	149	662	1201	1597	1455	
		ホシアオバ	188	763	1233	1544	1433	
分散分析 <sup>y</sup>	品種(A)	**	*	ns	ns	ns		
	施肥(B)	**	ns	*	ns	ns		
	A×B	ns	ns	ns	ns	ns		

<sup>z</sup> ( )内の数字は各年次内におけるホシアオバ標肥区の値を100とした相対値を示す

<sup>y</sup> \*\*\*は0.1%水準, \*\*は1%水準, \*は5%水準で有意差があることを示す

表5 晩生品種における生育の推移<sup>z</sup>

年次	施肥	品種	草丈(cm)			茎数(本/m <sup>2</sup> )			葉色値(SPAD値)				
			分盛	幼形	黄熟	分盛	幼形	黄熟	分盛	幼形	穂揃	糊熟	黄熟
2010年	標肥	アケボノ	58		127 c	440 a		347 a	42 b	38	37	40 a	35 a
		クサノホシ	57		134 b	347 b		215 c	43 ab	40	37	40 a	33 ab
		たちすずか	60		145 a	273 c		264 b	44 a	39	37	38 b	31 b
		分散分析 <sup>y</sup>	ns		***	***		***	*	ns	ns	*	*
2011年	標肥	アケボノ	47	78	116	595	525	317	39	32	39	40	31
		クサノホシ	49	84	128	484	407	178	42	35	41	42	29
		たちすずか	53	84	139	377	394	259	42	32	38	40	30
	多肥	アケボノ	48	84	128	676	558	366	41	35	40	43	38
		クサノホシ	51	89	139	475	403	199	44	36	44	45	37
		たちすずか	54	90	150	465	424	287	43	36	42	44	36
品種平均	アケボノ	47 b	81 b	122 c	635 a	542 a	341 a	40 b	33 b	39 b	42 b	34	
	クサノホシ	50 ab	86 ab	133 b	479 b	405 b	189 c	43 a	35 a	42 a	43 a	33	
	たちすずか	53 a	87 a	144 a	421 c	409 b	273 b	43 a	34 b	40 b	42 ab	33	
分散分析 <sup>y</sup>	品種(A)	**	*	***	***	***	***	**	**	**	*	ns	
	施肥(B)	ns	*	**	*	ns	*	*	***	**	***	***	
	A×B	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	*	ns	ns	ns	
2012年	標肥	アケボノ	50	84	129	484	535	387	41	36	37	39	34
		クサノホシ	57	98	140	486	343	241	44	38	41	41	34
		たちすずか	58	98	152	389	391	296	44	37	41	42	34
	多肥	アケボノ	54	93	143	630	639	502	42	40	40	42	36
		クサノホシ	60	107	146	472	421	257	45	41	44	45	37
		たちすずか	60	107	160	389	414	331	44	40	44	46	39
品種平均	アケボノ	52 b	89 b	136 b	557 a	587 a	444 a	41 b	38 b	38 b	40 b	35	
	クサノホシ	58 a	102 a	143 b	479 ab	382 b	249 c	45 a	40 a	43 a	43 a	36	
	たちすずか	59 a	102 a	156 a	389 b	403 b	314 b	44 a	39 ab	43 a	44 a	36	
分散分析 <sup>y</sup>	品種(A)	**	**	**	**	***	***	**	*	***	***	ns	
	施肥(B)	*	**	*	ns	**	**	ns	***	***	***	*	
	A×B	ns	ns	ns	ns	ns	**	ns	ns	ns	ns	ns	

<sup>z</sup> 「分盛」は分けつ盛期, 「幼形」は幼穂形成期, 「穂揃」は穂揃期, 「糊熟」は糊熟期, 「黄熟」は黄熟期を示し,

各年次内において異なる英文字間には5%水準(Tukey法)で有意差があることを示す

<sup>y</sup> \*\*\*は0.1%水準, \*\*は1%水準, \*は5%水準で有意差があることを示す

表6 晩生品種における地上部全乾物重の推移と黄熟期の10cm上全乾物重

年次	施肥	品種	地上部全乾物重(g/m <sup>2</sup> ) <sup>z</sup>				10cm上全乾物重(g/m <sup>2</sup> ) <sup>y</sup>	
			分けつ盛期	幼穂形成期	穂揃期	黄熟期	黄熟期	
2010年	標肥	アケボノ	144		1190	1354 b	1236	(102)
		クサノホシ	131		1151	1311 b	1211	(100)
		たちすずか	138		1317	1589 a	1302	(108)
	分散分析 <sup>x</sup>	ns		ns	**	ns		
2011年	標肥	アケボノ	143	615	919	1174	1049	(90)
		クサノホシ	142	547	851	1282	1162	(100)
		たちすずか	130	588	979	1457	1173	(101)
	多肥	アケボノ	158	641	1054	1384	1241	(107)
		クサノホシ	163	580	989	1341	1239	(107)
		たちすずか	167	653	1122	1647	1343	(116)
	品種平均	アケボノ	150	628	987	1279 b	1145	
		クサノホシ	153	563	920	1311 ab	1201	
		たちすずか	149	621	1051	1552 a	1258	
	分散分析 <sup>x</sup>	品種(A)	ns	ns	ns	*	ns	
施肥(B)		**	ns	*	ns	*		
A×B		ns	ns	ns	ns	ns		
2012年	標肥	アケボノ	125	761	1190	1344	1232	(84)
		クサノホシ	166	714	1090	1560	1461	(100)
		たちすずか	146	776	1174	1730	1422	(97)
	多肥	アケボノ	172	937	1253	1503	1385	(95)
		クサノホシ	160	896	1330	1251	1174	(80)
		たちすずか	177	863	1433	1870	1506	(103)
	品種平均	アケボノ	148 b	849	1221	1423 b	1309	
		クサノホシ	163 a	805	1210	1405 b	1317	
		たちすずか	162 ab	820	1304	1800 a	1464	
	分散分析 <sup>x</sup>	品種(A)	*	ns	ns	**	ns	
施肥(B)		**	**	**	ns	ns		
A×B		**	ns	ns	*	*		

<sup>z</sup> 各年次内において異なる英文字間には5%水準(Tukey法)で有意差があることを示す

<sup>y</sup> ( )内の数字は各年次内におけるクサノホシ標肥区の値を100とした相対値を示す

<sup>x</sup> \*\*\*は0.1%水準, \*\*は1%水準, \*は5%水準で有意差があることを示す

地上部全乾物重について、幼穂形成期及び穂揃期において品種間に有意差は認められず、黄熟期においては‘たちすずか’が顕著に大きかったが、‘アケボノ’と‘クサノホシ’との間には有意差が認められなかった。また、黄熟期における10cm上全乾物重については、品種間に有意差が認められなかった。ただし、‘たちすずか’では多肥区において‘アケボノ’や‘クサノホシ’に比べやや大きい傾向がみられた。

穂揃期と黄熟期における10cm上全乾物重と部位別の内訳について、各品種の試験全体の平均値を図1に示した。‘ヒノヒカリ’は‘ホシアオバ’と、‘アケボノ’は‘クサノホシ’と比べ、黄熟期の10cm上全乾物重に有意差が認められず、部位別の内訳にも異なる傾向は認められなかった。ただし、‘アケボノ’は‘たちすずか’との間に有意差が認められ、低収であった。なお、‘たちすずか’は10cm上全乾物重に占める上茎の割合が、他の4品種と比べて著しく大きく、10cm以下の下茎の乾物重も大きかった。さらに、穂揃期から黄熟期にかけて上茎と下茎の乾物重が増加しており、他

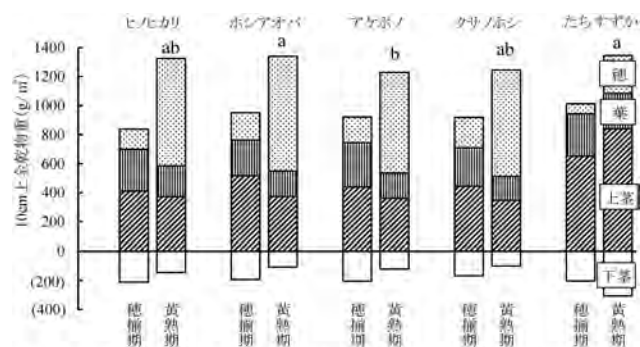


図1 穂揃期と黄熟期における10cm上全乾物重と部位別の内訳(試験全体の平均値)  
 葉は地際から10cmの高さを境に上部を「上茎」、下部を「下茎」とし、下茎の乾物重(g/m<sup>2</sup>)は10cm上全乾物重に含みず、図下部に示す  
 異なる英文字間には、黄熟期における10cm上全乾物重について、品種間に5%水準(品種、施肥、年次の3要因による分散分析, Tukey法)で有意差があることを示す

品種にはみられない特徴であった。

各品種の倒伏程度について、表7に示した。‘アケボノ’は3年間を通じて早期から倒伏が発生し、2012年には、黄熟期前後にほぼ全倒伏となった。‘クサノホシ’は‘アケボノ’に次いで早期に倒伏したが、標肥区に比べて多肥区では特に倒伏しやすく、2012年の多肥区では、黄熟期前の9月18日にほぼ全倒伏となった。‘ホ

表7 各品種における倒伏程度<sup>z</sup>の推移

施肥	品種	2010年		2011年					
		黄熟期 <sup>y</sup>	黄熟期 <sup>y</sup>	11/1	11/9	11/21	12/1	12/11	12/21
標肥	ヒノヒカリ	0	0	0	0	0	0	0	0
	ホシアオバ	0	0	0	0	0	1.0	1.8	2.3
	アケボノ	1.8	0	1.0	1.0	1.3	1.5	1.5	1.8
	クサノホシ	0	0	0	0	0	0	0	0.5
	たちすずか	0	0	0	0	0	0	0	0
多肥	ヒノヒカリ		0	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	1.0
	ホシアオバ		0	1.3	2.0	2.0	2.5	2.5	3.0
	アケボノ		0.5	1.5	1.5	1.5	2.0	2.0	2.3
	クサノホシ		0	1.5	1.8	2.5	3.0	3.0	3.3
	たちすずか		0	0	0	0	0	0	0

施肥	品種	2012年						
		9/18	黄熟期(中生) <sup>y</sup>	10/1	黄熟期(晩生) <sup>y</sup>	10/20	11/2	11/12
標肥	ヒノヒカリ	0	0	0	-	0	0.3	0.3
	ホシアオバ	0	0	0	-	1.0	1.9	3.5
	アケボノ	0	-	1.2	2.5	3.3	3.8	3.8
	クサノホシ	0	-	0	1.8	3.8	4.0	4.0
	たちすずか	0	-	0	0	0	0	0
多肥	ヒノヒカリ	0	1.9	1.9	-	2.8	3.0	3.0
	ホシアオバ	1.3	2.0	3.5	-	4.0	4.0	4.0
	アケボノ	1.6	-	3.0	3.8	4.0	4.0	4.0
	クサノホシ	3.7	-	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0
	たちすずか	0	-	0	0	0	0	0

<sup>z</sup> 0(無倒伏)から4(全倒伏)の範囲で示す

<sup>y</sup> 各品種の調査日は表2のとおり

シアオバ'は'クサノホシ'と比べ、全体的には倒伏程度がやや小さい傾向がみられたが、多肥区では'クサノホシ'と同様に倒伏しやすい傾向がみられた。一方、'ヒノヒカリ'はこれらの品種と比べて倒伏の発生程度が小さく、'たちすずか'は、試験全体で全く倒伏しなかった。

## 2. 飼料成分と発酵品質

作成したWCSに含まれる飼料成分の分析結果を表8に示した。一般成分5項目の含有率について、'たちすずか'を除く4品種間で比較すると、'ホシアオバ'は粗灰分(CA)の割合が大きく、'クサノホシ'は粗脂肪(EE)の割合がやや小さい傾向がみられたが、他の一般成分の含有率はほぼ同様であった。一方、'たちすずか'は他の4品種と比べ、粗蛋白質(CP)、EE及び粗繊維(CFI)の占める割合がやや小さく、可溶性無窒素分(NFE)の占める割合がやや大きい傾向がみられた。繊維と無機成分については、'ホシアオバ'の中性デタージェント繊維(NDF)及び各無機成分の含有率が、他の4品種と比べてやや異なり、特にリン(P)、カリウム(K)及びマグネシウム(Mg)の含有率が他の4品種と比べて有意に高かった。一方、'ホシアオバ'を除く4品種間では、特に目立った差異が認

められなかった。ただし、上に挙げたNDFや各無機成分に関しては、いずれも施肥または年次により有意差が認められた。NDFは、年次間差が品種間差と同程度に大きかった。また、P、K及びMgも同様に、施肥や年次間の差が大きかった。

作成したWCSの発酵品質を表9に示した。2010年には、'たちすずか'は乳酸発酵が良好に進んで、品質の指標となるフリーク法評点が高かったが、他の4品種はいずれも酢酸や酪酸が多く発生し、フリーク法評点が低かった。一方2012年には、標肥区、多肥区ともに、全ての品種で酢酸や酪酸が多く発生し、フリーク法評点が低かった。

## 考 察

水稻の栽培試験において、収穫調査は地際で刈り取るのが一般的であり、これまでに蓄積された茎葉重に関する知見のほとんどは、地際部分を含んだ値である。しかし、WCS用水稻はロールバールサイレージ(ロール)として収穫調製されるのが一般的であり、ロールへの土の混入を防ぐため、刈取高さは地際から10cm程度である。本研究では、10cm上全乾物重を用いて各品種の収量性を比較しており、WCS用水稻における実

表8 WCSに含まれる飼料成分<sup>z</sup> (乾物%)

年次	施肥	品種	一般成分 <sup>y</sup>					繊維		無機成分				
			CP	EE	NFE	CFI	CA	ADF	NDF	P	K	Ca	Mg	SiO <sub>2</sub>
2011年	標肥	ヒノヒカリ	6.0	3.2	59.9	20.9	10.0	32.1	51.6	0.23	1.16	0.26	0.14	6.09
		ホシアオバ	6.3	3.4	57.8	20.5	12.0	31.2	45.5	0.27	1.42	0.26	0.16	7.66
		アケボノ	5.8	3.0	59.1	22.1	10.0	32.2	48.8	0.19	1.27	0.24	0.10	6.46
		クサノホシ	5.3	2.9	56.5	23.5	11.8	32.7	49.8	0.22	1.38	0.25	0.12	7.08
		たちすずか	4.8	2.6	62.4	19.4	10.8	31.9	50.0	0.21	1.11	0.26	0.12	7.21
	多肥	ヒノヒカリ	7.8	3.5	58.5	20.3	9.8	33.6	52.1	0.26	1.49	0.25	0.15	5.39
		ホシアオバ	7.9	3.7	58.9	17.5	12.0	32.5	47.9	0.30	1.73	0.29	0.19	6.77
		アケボノ	7.7	3.2	56.5	22.8	9.8	33.6	50.8	0.21	1.44	0.23	0.11	5.80
		クサノホシ	7.4	3.0	57.3	22.1	10.2	33.9	49.4	0.25	1.43	0.24	0.13	5.85
		たちすずか	6.7	2.8	61.0	19.2	10.3	32.9	51.7	0.24	1.30	0.27	0.14	6.19
2012年	標肥	ヒノヒカリ	6.0	3.6	56.1	24.1	10.2	35.1	54.3	0.25	1.49	0.27	0.16	5.53
		ホシアオバ	6.2	3.5	56.2	22.6	11.4	33.2	49.2	0.29	1.63	0.32	0.19	6.02
		アケボノ	6.2	3.2	54.6	26.1	10.0	34.8	54.4	0.25	1.49	0.28	0.14	5.82
		クサノホシ	6.5	3.1	60.1	20.1	10.1	34.6	53.6	0.28	1.44	0.28	0.16	5.52
		たちすずか	5.7	2.7	63.0	18.2	10.4	33.4	53.4	0.25	1.34	0.30	0.16	6.04
	多肥	ヒノヒカリ	8.0	3.8	55.7	22.6	9.9	35.7	54.0	0.26	1.77	0.24	0.16	5.36
		ホシアオバ	8.4	3.9	54.9	21.4	11.4	35.1	51.9	0.30	2.05	0.31	0.20	5.32
		アケボノ	8.3	3.5	57.2	20.9	10.2	34.8	53.5	0.29	1.79	0.31	0.17	5.70
		クサノホシ	8.7	2.9	56.3	21.3	10.7	37.1	56.8	0.32	1.80	0.32	0.17	5.29
		たちすずか	7.7	2.9	60.2	17.8	11.4	34.7	53.3	0.29	1.74	0.34	0.19	6.19
品種平均 <sup>x</sup>	ヒノヒカリ	7.0 a	3.5 a	57.5 ab	22.0 ab	10.0 b	34.1	53.0 a	0.25 bc	1.48 b	0.25 b	0.15 b	5.59 b	
	ホシアオバ	7.2 a	3.6 a	57.0 b	20.5 ab	11.7 a	33.0	48.6 b	0.29 a	1.71 a	0.30 a	0.18 a	6.44 a	
	アケボノ	7.0 a	3.2 ab	56.8 b	22.9 a	10.0 b	33.8	51.9 ab	0.24 c	1.50 b	0.27 ab	0.13 c	5.94 ab	
	クサノホシ	7.0 a	3.0 bc	57.5 ab	21.8 ab	10.7 ab	34.6	52.4 a	0.26 b	1.51 b	0.27 ab	0.15 b	5.94 ab	
	たちすずか	6.2 b	2.7 c	61.7 a	18.6 b	10.7 ab	33.2	52.1 ab	0.24 c	1.37 b	0.29 ab	0.15 b	6.41 a	
施肥平均	標肥	5.9	3.1	58.6	21.7	10.7	33.1	51.1	0.24	1.37	0.27	0.14	6.34	
	多肥	7.9	3.3	57.7	20.6	10.6	34.4	52.1	0.27	1.65	0.28	0.16	5.79	
年次平均	2011年	6.6	3.1	58.8	20.8	10.7	32.7	49.8	0.24	1.37	0.26	0.14	6.45	
	2012年	7.2	3.3	57.4	21.5	10.6	34.9	53.5	0.28	1.66	0.30	0.17	5.68	
分散分析 <sup>w</sup>	品種(A)	**	***	*	*	**	ns	*	***	***	*	***	*	
	施肥(B)	***	*	ns	ns	ns	**	ns	***	***	ns	***	**	
	年次(C)	***	ns	ns	ns	ns	***	***	***	***	***	***	***	
	A×B	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	
	A×C	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	**	ns	ns	*	ns	
	B×C	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	
	A×B×C	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	

<sup>z</sup> CP; 粗蛋白質, EE; 粗脂肪, NFE; 可溶性無窒素分, CFI; 粗繊維, CA; 粗灰分, ADF; 酸性デタージェント繊維, NDF; 中性デタージェント繊維を示す

<sup>y</sup> 5項目の値の合計は100となる

<sup>x</sup> 各飼料成分において異なる英文字間には5%水準(Tukey法)で有意差があることを示す

<sup>w</sup> \*\*\*は0.1%水準, \*\*は1%水準, \*は5%水準で有意差があることを示す

表9 WCSの発酵品質

年次	施肥	品種	VBN/T-N <sup>z</sup>	pH	総酸 (新鮮物%)	酸組成(%)			フリーグ法 評点 <sup>y</sup>
						酢酸	酪酸	乳酸	
2010年	標肥	ヒノヒカリ	5.0	6.3	0.9	40.1	13.9	46.0	20
		ホシアオバ	6.9	6.4	1.0	42.1	6.2	51.7	26
		アケボノ	5.9	6.5	1.2	41.2	1.7	57.2	49
		クサノホシ	9.2	6.5	1.2	35.8	11.6	52.7	29
		たちすずか	4.8	5.7	2.2	18.0	0.0	82.1	98
2012年	標肥	ヒノヒカリ	6.6	5.2	0.6	43.4	5.0	51.6	30
		ホシアオバ	7.9	4.9	0.9	37.4	10.8	51.7	27
		アケボノ	4.1	5.1	1.1	31.0	3.7	65.3	50
		クサノホシ	4.2	5.4	0.6	42.1	6.7	51.2	26
		たちすずか	6.4	5.1	0.4	46.0	9.1	45.0	19
多肥	ヒノヒカリ	9.5	5.4	0.8	46.5	6.8	46.8	21	
	ホシアオバ	10.6	4.8	1.1	41.7	11.3	47.0	22	
	アケボノ	8.4	5.3	0.7	48.3	7.2	44.6	20	
	クサノホシ	11.6	5.4	0.9	29.6	5.5	65.0	46	
	たちすずか	6.2	5.1	0.7	44.1	14.5	41.4	16	

<sup>z</sup> 全窒素に対する揮発性塩基態窒素の割合を示す

<sup>y</sup> 発酵品質の評価指標(良質な乳酸発酵の進み具合)で, 0不良-100良を示す

用上の収量性を示していると考えられる。また、黄熟期に収穫したWCS用水稲の水分含有率は60から65%程度であることから（新出ら，2008a），10cm上全乾物重を約2.5倍することでロール現物の収量も推定できる。

‘ホシアオバ’と‘クサノホシ’は、WCS用水稲の多収を目的に育成された品種であり（前田ら，2003；春原ら，2003），10cm上全乾物重が‘ホシアオバ’と同程度であった‘ヒノヒカリ’及び‘クサノホシ’と同程度であった‘アケボノ’は、WCS用水稲品種として十分な収量性を有していることが明らかとなった。

一方、耐倒伏性が極めて強く、多肥区で多収になる傾向がみられた‘たちすずか’は、更なる多肥栽培も可能と考えられ、栽培条件次第では、大家ら（2013）が報告しているとおおり、従来品種のWCS用水稲としての収量水準を大きく上回る可能性も示唆された。なお、‘たちすずか’は穂揃期から黄熟期にかけての登熟期間における地上部全乾物重の増加が大きかった。これは‘たちすずか’のみで特異的にみられた茎（上茎及び下茎）の乾物重の増加によるものであり、登熟期間には茎葉の新たな発生が起こらないことから、この茎乾物重の増加は、茎に蓄積される同化産物量の増加を示していると考えられる。山口・松村（2004）は、総糊数が少ないものほど、登熟期間における同化産物が茎部に転流されて蓄積されやすいことを報告しており、松下ら（2012）も、‘たちすずか’の茎葉中の高い糖含量は総糊数の少なさに起因しているとしている。これらのことから、‘たちすずか’は他の品種とは異なり、登熟期間における同化産物の茎への転流及び蓄積が、収量に大きな影響を及ぼしていると考えられた。

本県のWCS用水稲の収穫調製は、主に専用の収穫機械を所有するコントラクター組織によって行われており、各組織が平均で40ha程度の面積を受け持っている（岡山県畜産協会，2012）。収穫調製作業にかかる時間は、圃場条件や機械性能にもよるが、一般に10a当たり20から30分程度であり（浦川，2011），1台の専用収穫機で1日に収穫できる面積の目安は1haである（石田，2010）。これらのことから、収穫期間は長期にならざるを得ず、黄熟期以降に収穫時期がずれこむ場合も多い。しかし、黄熟期を過ぎると倒伏しやすくなり、ロールへの泥の混入や水分過多による品質低下に加え、収穫機械の故障や作業速度の低下による収穫作業の更なる遅延といった重大な問題につながる（藤本，2011）。本研究で黄熟期以降を含めた耐倒伏性を検討した結果、‘ヒノヒカリ’は、‘たちすずか’に比べると弱かったものの、‘ホシアオバ’や‘クサノホ

シ’と比べて明らかに強かったことから、‘ヒノヒカリ’はWCS用水稲に適しており、倒伏の危険性を低く抑えることができると期待される。一方、‘アケボノ’は‘ホシアオバ’や‘クサノホシ’に比べてやや倒伏しやすかったことから、WCS用水稲として栽培する場合には、特に多肥栽培を避ける必要があり、倒伏防止につながるような水管理（中干し等）も重要であると考えられた。なお、‘たちすずか’は、黄熟期2か月後も強い耐倒伏性を維持し、天候不順や刈り遅れによる倒伏も回避でき（松下ら，2012），優れた品種であると考えられる。

水稲から作られたWCSの飼料価値については、これまで数多く検討されており、輸入乾草の代わりに乳牛に給与できることが明らかとなっている（石田，2010）。本研究で用いた‘ホシアオバ’についても、輸入チモシー乾草に比べて飼料価値は変わらないとの報告がある（細田ら，2005）。本研究における飼料成分含有率の分析では、‘ヒノヒカリ’、‘アケボノ’は‘ホシアオバ’、‘クサノホシ’と比べ、灰分（CA）等、一部で差が認められた項目もあったが、全体的に品種間差は小さく、同様に牛への給与を行うことができると考えられる。なお、本研究で示した飼料成分の含有率は、あくまで分析用に作成したWCSに含まれる総量に基づく値であり、実際に牛が消化、吸収できる量は考慮していない。水稲から作られたWCSでは、特に糊の消化率が低いことが問題視されている（山本ら，2005；新出ら，2008a）。しかしながら、消化されずに排泄される糊の割合についてこれまで報告された値は、給与する牛の種類によって10から60%程度まで様々であり（名久井ら，1988；山本ら，2005；池本ら，2007；新出ら，2008a；新出・一井，2012），牛の咀嚼時間に関与するサイレージの切断長や他飼料との混合方法を変えることで、消化率を向上できる可能性も示唆されている（新出ら，2008b；山本ら，2008）。このことから、‘ヒノヒカリ’、‘アケボノ’の飼料価値を高める栽培や給与の方法については、今後検討する必要がある。

‘ヒノヒカリ’、‘アケボノ’の乳酸発酵の進みやすさは、‘ホシアオバ’、‘クサノホシ’と同等であったことから、発酵品質の点では特に問題がないと考えられた。ただし、本研究で作成したWCSはpHが高めで酪酸の発生が目立ち、発酵品質の評価指標であるフリーク法評点が全体的に低めであった。一般的に、サイレージの乳酸発酵においては嫌気条件が重要であり、空気の混入が酪酸の生成を促してサイレージの品



質を著しく低下させることが明らかにされている（大山ら，1970）。また，茎部が中空であるという水稲の特性自体が，空気混入要因となりやすいことも示唆されている（永西・四十万谷，1998）。本研究では，WCSの作成の際に，真空包装機を用いて極力空気を除去することに努めたが，結果的には充分でなかったこと，特に茎の内部の空洞に含まれる空気が十分に除去できなかったことが原因と推察される。筆者らは実際の収穫機械で収穫調製を行う試験も別途行っており，‘アケボノ’でも優れた発酵品質のロールが得られ，繁殖和牛への飼養にも問題がないことを確認している（渡邊ら，2013）。

本研究では糖含量を分析しなかったが，水稲から作られたWCSの発酵品質は糖含量と高い正の相関関係があることが指摘されており（山田・村田，2010），高糖分含量品種である‘たちすずか’は，本研究でも2010年は他品種と比べて高い発酵品質が示された。しかし，2012年はその傾向がみられず，2か年で結果が異なったことについては，培養期間が80日と40日で異なったことも何らかの影響を及ぼした可能性はあるが，原因は判然としなかった。

‘ヒノヒカリ’及び‘アケボノ’のWCS用水稲としての収量性，耐倒伏性，及び品質に関する特性を総合すると，中生品種の‘ヒノヒカリ’は‘ホシアオバ’と，晩生品種の‘アケボノ’は‘クサノホシ’と比べてほぼ同等であり，‘ヒノヒカリ’，‘アケボノ’はWCS用水稲としても充分活用できると考えられた。また，黄熟期が10日程度異なる両品種を併用することで，収穫時期が分散し，適期収穫が行いやすくなる利点も考えられる。一方，高い飼料価値が期待される‘たちすずか’は，他県同様に本県でも今後の普及が予想されるが，飼料用品種の作付が困難な地域を抱える本県では，県下全域に普及できるとは考えにくい。そのような地域では，‘ヒノヒカリ’や‘アケボノ’のような，主食用として地域で主に作付される品種をWCS用に活用することが，今後の本県におけるWCS用水稲の生産による耕畜連携の安定維持，さらには発展を図る上で，現実的かつ重要な方法の一つであると考えられた。

## 摘 要

主食用品種‘ヒノヒカリ’，‘アケボノ’の発酵粗飼料（WCS）用水稲としての特性を，飼料用品種‘ホシアオバ’，‘クサノホシ’，‘たちすずか’と比較検討した。

1. WCS用水稲の収穫適期とされる黄熟期からみた晩性は，‘ヒノヒカリ’が‘ホシアオバ’に比べやや遅い中生，‘アケボノ’が‘クサノホシ’，‘たちすずか’とほぼ同じ晩生で，‘ヒノヒカリ’と‘アケボノ’の黄熟期の差は約10日であった。
2. ‘ヒノヒカリ’は，耐倒伏性が‘たちすずか’より弱いものの‘ホシアオバ’，‘クサノホシ’よりも明らかに強く，多肥栽培に適すると考えられた。‘アケボノ’は，耐倒伏性が‘ホシアオバ’，‘クサノホシ’よりもやや弱く，多肥栽培は避けるべきであると考えられた。
3. WCS用水稲における実用上の収量を想定し，地際10cmの高さで刈取った乾物重で収量を評価した。‘ヒノヒカリ’の収量は，‘ホシアオバ’，‘クサノホシ’，‘たちすずか’と比べて有意差が認められなかった。‘アケボノ’の収量は，‘クサノホシ’と比べて有意差が認められず，‘ホシアオバ’，‘たちすずか’と比べてやや少なかった。
4. ‘ヒノヒカリ’，‘アケボノ’で作成したWCSは，‘ホシアオバ’，‘クサノホシ’と比べて同程度の飼料成分を含有し，同等の発酵品質が得られると考えられた。‘たちすずか’は，これら4品種と比べて飼料成分は粗蛋白質，粗脂肪及び粗繊維の割合がやや小さく，可溶性無窒素分の割合がやや大きい傾向がみられたが，発酵品質の良否については判然としなかった。

## 引用文献

- 藤本寛（2011）飼料用稲の適切な栽培管理について。平成22年度耕畜連携推進研修会（岡山県）資料，pp7-27。
- 春原嘉弘・飯田修一・前田英郎・松下景・根本博・石井卓朗・吉田泰二・中川宣興・坂井真・星野孝文・岡本正弘・篠田治躬（2003）飼料用水稲新品種「クサノホシ」の育成。近中四農研報，2：99-113。
- 細田謙次・西田武弘・石田元彦・松山裕城・吉田宣夫（2005）飼料イネ「ホシアオバ」ロールボールサイレージ給与泌乳牛の採食量，消化率および乳生産。日草誌，51(1)：48-54。
- 池本千恵美・河村康雄・吉岡勉・岩崎彰夫（2007）乳用牛における稲発酵粗飼料を用いた自給粗飼料活用型TMR給与試験。鳥取畜試平成18年度試験研究結果，pp25-28。
- 石田元彦（2010）飼料イネ研究の経緯と今後の展開。平成22年度飼料イネの研究と普及に関する情報交換

- 会資料, pp1-11.
- 自給飼料品質評価研究会 (2009) 三訂版 粗飼料の品質評価ガイドブック.
- 前田英郎・春原嘉弘・飯田修一・松下景・根本博・石井卓朗・吉田泰二・中川宣興・坂井真・星野孝文・岡本正弘・篠田治躬 (2003) 飼料用水稲新品種「ホシアオバ」の育成. 近中四農研報, 2: 83-98.
- 松下景・飯田修一・出田収・春原嘉弘・前田英郎・田村泰章 (2012) 茎葉多収で消化性に優れ高糖分含量の飼料用水稲品種「たちすずか」の育成. 近中四農研報, 11: 1-13.
- 永西修・四十万谷吉郎 (1998) 稲ホールクロップサイレージの発酵特性. Grassland Science, 44(2): 179-181.
- 名久井忠・柁木茂彦・粟飯原友子・箭原信男・高井慎二 (1988) 稲ホールクロップサイレージの調製と飼料価値の評価. 東北農試研報, 78: 161-174.
- 日本土壤協会 (2001) 土壤機能モニタリング調査のための土壌、水質及び植物体分析法.
- 日本草地畜産種子協会 (2012) 稲発酵粗飼料生産・給与技術マニュアル.
- 農林水産省 (2013) 農林水産統計.
- 岡山県畜産協会 (2012) 稲発酵粗飼料(イネWCS)生産・利用の手引き.
- 大家理哉・鷲尾建紀・山中基恵・山本章吾・高野和夫 (2013) 発酵粗飼料用水稲栽培における土壌可給態窒素量を考慮した窒素施肥方法. 岡山農総セ平成24年度試験研究主要成果, 水田作部門10.
- 大山嘉信・柁木茂彦・森地敏樹 (1970) サイレージ発酵に影響する諸要因に関する研究Ⅷ. 空気を導入したサイレージにおける微生物相および有機酸組成の経時的変化. 日畜会報, 41(12): 625-631.
- 新出昭吾・一井眞比古 (2012) 低ケイ酸含量飼料イネが消化性に及ぼす影響. 広島畜技セ研報, 16: 15-21.
- 新出昭吾・城田圭子・長尾かおり (2008a) 飼料イネホールクロップサイレージの刈取時期の違いが子実排せつ量に及ぼす影響. 広島畜技セ研報, 15: 1-7.
- 新出昭吾・園田あずさ・岩水正 (2008b) 飼料イネホールクロップサイレージにおける切断長と給与子実形状の違いが乳牛の乳生産に及ぼす影響. 広島畜技セ研報, 15: 15-22.
- 田中治・大桃定洋 (1995) プラスチックフィルムを用いた小規模サイレージ発酵試験法(パウチ法)の開発. Grassland Science, 41(1): 55-59.
- 浦川修司 (2011) 稲WCSの収穫調製と流通技術. 平成22年度稲WCSの生産及び利用に関する研修会(岡山県)資料, pp1-17.
- 渡邊丈洋・大家理哉・長尾伸一郎・前田周平 (2013) アケボノの発酵粗飼料生産における堆肥連用による省力・低コスト栽培. 岡山農総セ平成24年度試験研究主要成果, 水田作部門7.
- 山田真吾・村田文彦 (2010) 稲発酵粗飼料の品質向上・増収技術の開発-飼料用イネの生育特性と熟期ごとの $\beta$ -カロテン含量および糖含量-. 福井畜試研報, 23: 51-56.
- 山口弘道・松村修 (2004) 登熟期間のシンク, ソース関係からみた飼料向け水稲品種特性としての茎部デンプンの再蓄積. 日作紀, 73(4): 402-409.
- 山本泰也・水谷将也・乾清人・浦川修司・平岡啓司・後藤正和 (2005) 乳牛におけるイネホールクロップサイレージを用いた混合飼料の飼料特性. 日草誌, 51(1): 40-47.
- 山本泰也・水谷将也・乾清人・浦川修司・平岡啓司・後藤正和 (2008) 混合飼料におけるイネホールクロップサイレージの未消化子実排泄に及ぼす併給粗飼料の影響. 日草誌, 54(1): 12-18.
- 横溝功 (2010) 稲WCSの生産利用と耕畜連携システムについての一考察 -岡山県を事例に-. 畜産の研究, 64(7): 693-698.
- 吉田幸正・長尾伸一郎・片寄功・菱川雅弘・津高馨・井上重美 (1993) イネホールクロップサイレージ実証展示圃調査. 岡山総畜セ研報, 4: 79-88.