

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β—カロテン含量および糖含量—

山田真吾・村田文彦

Development of improvement in quality and the yield of whole crop rice silage
(Variety characteristics and beta-carotene content every ripe stage and sugar content
of fodder rice)

Shingo YAMADA, Fumihiko MURATA

要 約

飼料用イネの品種特性を調査するため、飼料専用10品種を用いてコンテナと水田において栽培試験を行い、出穂性、生育性、収量性、β—カロテン含量、単少糖含量、およびサイレージ調製後の発酵品質を調査した。その結果、移植時期の違いによる出穂期の変動は中生のべこあおぼで大きく、極晩生の各品種で小さい傾向が見られた。黄熟期における全重乾物収量(t/10a)はクサノホシが最も高く2.5t、次いで北陸193号が2.2t、リーフスターが2.1 tであった。黄熟期における穂部乾物収量(t/10a)は北陸193号が最も高く1.0t、次いでクサノホシと、べこあおぼが0.9tであった。β—カロテン含量は乳熟期で乾物中99~187mg/kgで平均は122mg/kg、糊熟期では59~143mg/kgで平均99mg/kg、黄熟期では43~100mg/kgで平均69mg/kgで、熟期毎のβ—カロテン含量の推移は品種によって異なる可能性があった。各品種の黄熟期における単少糖含量は乾物中1.0~5.6%で10品種中最も高いのは中国飼198号で、次いではまさりであった。新鮮物中の単少糖含量と密封パウチ法によるサイレージ調製後のV2—SCOREには高い相関 ($r=0.8899$, $p<0.01$) があった。

I 緒 言

自給飼料の増産に向け稲発酵粗飼料は重要な品目であり、近年作付面積が拡大しているが、本県においてはその多くが食用品種のため収量性が低く、また作業の競合による刈り遅れから品質低下が起こっている。また、肉用牛においてビタミンAを制御した肥育を行う場合、飼料中のβ—カロテン含量に留意する必要があるが、飼料用イネは熟期によってその含量が大きく異なるため利用上注意を要する。また、飼料用イ

ネは形態的に、乳酸菌の増殖にとって好ましい条件ではない上、その基質である糖分は少なく劣質サイレージになりやすいとされる。

そこで、飼料専用品種の福井県での栽培特性について生育性、収量性を調査するとともに、稲発酵粗飼料をより使いやすいものとするため熟期ごとのβ—カロテン含量の推移と、単少糖含量についても調査した。

II 材料および方法

1 作期移動試験

1) 供試品種および供試土壌

供試品種は飼料専用のべこごのみ、夢あおば、べこあおば、ホシアオバ、北陸193号、クサホナミ、リーフスター、クサノホシ、はまさり、中国飼198号の10品種を用いた。供試土壌は砂質水田土（福井市白方町）で、プラスチックコンテナに底面から15cmの高さまで充填した。

2) 区の構成および試験条件

区の構成は、移植時期3水準 5/2, 5/12, 5/22 で1区0.25m²プラスチックコンテナの2区制とした。試験条件は栽植密度30株/m²、1株3本植え、窒素施肥量15kg/10aとした。

3) 調査項目

各品種の移植時期別の出穂時期について調査した。

2 栽培特性試験

1) 供試品種および供試水田

供試品種は上記の作期移動試験と同じ10品種を用いた。供試水田は細粒強グライ水田土（福井市寮町）とした。

2) 区の構成および試験条件

区の構成は、1区20m²の2区制とし、試験設定は4/28移植、栽植密度20.8株/m²、1株3～4本植え、窒素施肥量は基肥7kg/10a、追肥1が3.5kg/10a、追肥2が3.5kg/10aの合計14kg/10aとし、追肥1は幼穂形成期ごろ、追肥2は幼穂形成期から10日後に行った。

3) 調査項目および方法

草丈、茎数、出穂期、成熟期について水稻奨励品種決定調査に準じて調査した。また、出穂後に熟期ごとの茎葉収量、穂部収量、全体乾物率、β-カロテン含量、発酵品質を調査した。また、黄熟期に単少糖含量を分析した。

熟期ごとの飼料用イネサンプルの採取方法は、試験区内の近接する10株を選び、地際から10cmの部分で刈取り、サンプルとした。このサンプルの一部について穂部を穂首節で切取って茎葉部と分け、茎葉収量と穂部収量を計測した。その他の調査項目については、茎葉と穂部の全体を成分分析用サンプルとした。

β-カロテン含量は、細切した新鮮サンプル

をミキサーでヘキサン抽出し、アセトニトリルで洗浄して吸光度を測定する小柳ら(2006)¹⁾の方法で分析した。

発酵品質は新鮮サンプルを15cmに切断し、密封パウチ法によってサイレージ調製して2ヶ月以上置き、定法に従って²⁾抽出液を調製し、有機酸を液体クロマトグラフィーで、VBNを自動窒素分析装置で分析した。

単少糖含量は乾燥粉碎サンプルを蒸留水で60分間振とう抽出した後、Carrenz試薬と0.1M NaOH水溶液を加えて除蛋白したものを、F-キット（J.K.インターナショナル社製）を用いて分析した。

III 結 果

1 作期移動試験による登熟期変化

移植日が遅れるに依り、各品種とも出穂期が遅れたが、その遅れは品種によって異なっており、5月2日移植と5月22日移植の出穂期の違いは、べこあおばで15日と大きく、ホシアオバ、クサホナミ、リーフスター、クサノホシ、はまさりで4～6日と小さい傾向が見られた。また、中国飼198号は熟期が遅く、正常に出穂しなかった（図1）。

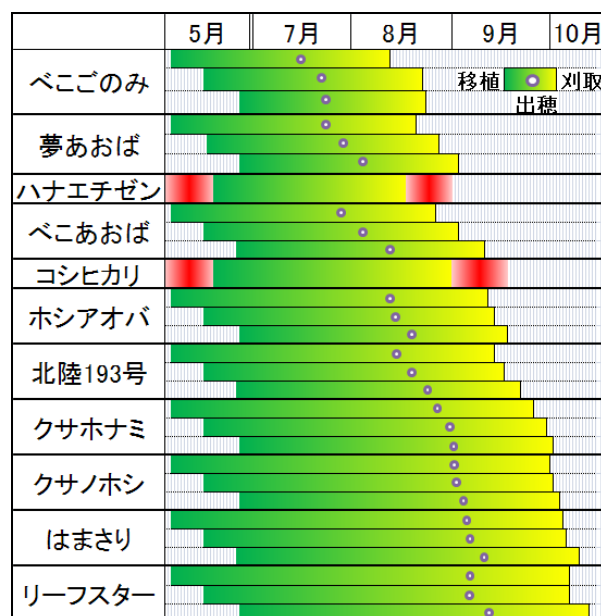


図1 移植時期別の出穂期と刈取適期

2 生育性

初期生育はべこごのみが最も優れており、成熟期の稈長はホシアオバが最も高かった。

茎数は各時期ともはまさりが最も多く、リーフスターが最も少なかった(表1)。

表1 草丈および茎数

品種名	6月23日		7月21日		8月6日		成熟期 稈長
	草丈 cm	茎数 本/株	草丈 cm	茎数 本/株	草丈 cm	茎数 本/株	
べこごのみ	67	21	103	17	104	14	83
べこあおば	57	30	95	24	109	22	86
夢あおば	65	26	120	18	127	17	104
ホシアオバ	55	26	107	20	145	16	124
北陸193号	56	35	92	26	118	19	98
クサホナミ	43	28	97	21	117	17	106
リーフスター	60	19	103	15	124	13	117
クサノホシ	50	32	99	22	129	18	119
はまさり	35	43	91	38	102	25	104
中国飼198号	49	34	103	28	128	20	-

3 収量性

茎葉の乾物収量はクサノホシが1.6t、リーフスターが1.5tと高かった。穂収量は北陸193号が1.0t、べこあおば、夢あおば、クサノホシが0.9tと高かった。茎葉と穂の合計乾物収量は黄熟期のクサノホシが最も高く、次いでリーフスターが高かった。全体に占める穂の割合はべこごのみ、べこあおばなどで高く、リーフスター、はまさりなどで低かった(図2)。

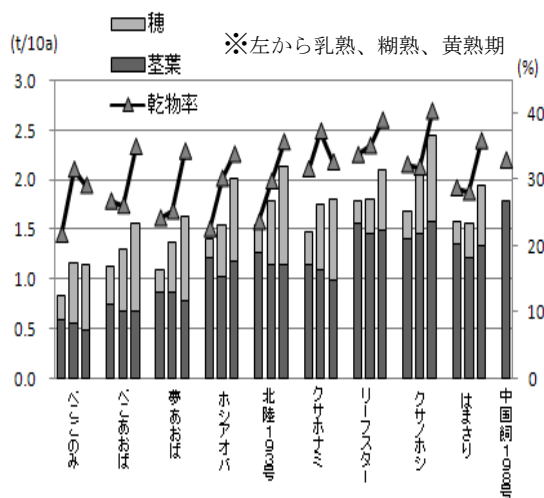


図2 乾物収量と乾物率

4 熟期別β-カロテン含量

各品種のβ-カロテン含量は乳熟期で乾物中99~187mg/kgで平均は122mg/kg、糊熟期では59~143mg/kgで平均99mg/kg、黄熟期では43~100mg/kgで平均69mg/kgであった。また、熟期毎のβ-カロテン含量の推移は品種によって異なる可能性があった(図3)。

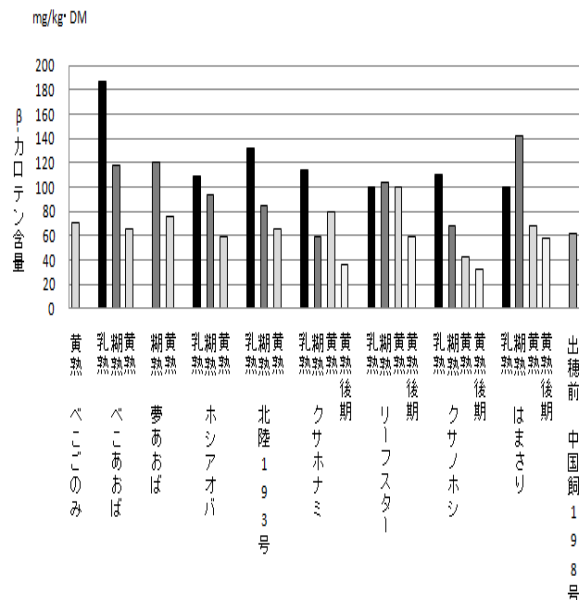


図3 乾物中β-カロテン含量

5 単少糖含量

各品種の単少糖含量(フルクトース+グルコース+スクロース)は乾物中1.0~5.6%で供試10品種中最も高いのは「中国飼198号」の5.6%、次いで「はまさり」が3.9%であった(図4)。どの品種でもスクロースの割合が最も高かった。

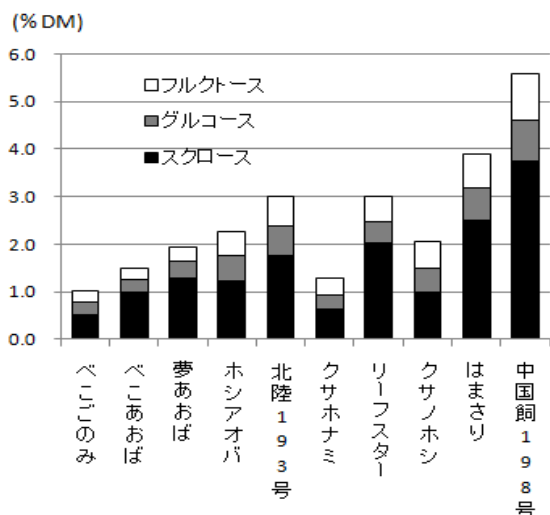


図4 黄熟期の乾物中単少糖含量
※中国飼198号は出穂前

6 発酵品質

熟期が進むと乳酸が増加し、逆に酢酸、プロピオン酸、i-酪酸、VBNは減少し、発酵品質は良くなる傾向にあった(表2)。V-2SCOREはリーフスターとクサノホシとはまさりでは、すべての熟期において60点以上で、「良」もしくは「可」の評価だった。

表2 有機酸およびVBNとV-2SCORE

品種	熟期	有機酸 (新鮮物%)				VBN	V-2 score
		乳酸	酢酸	プロピオン酸	i-酪酸		
ベーゴのみ	乳熟	0.00	1.32	0.14	1.01	0.15	15
	糊熟	0.07	1.02	0.03	0.62	0.08	36
	黄熟	0.27	1.03	0.04	0.65	0.06	39
ベーゴあおば	乳熟	0.05	1.06	0.04	0.57	0.08	36
	糊熟	0.10	1.25	0.03	0.61	0.08	36
	黄熟	0.10	0.57	0.03	0.37	0.04	58
夢あおば	乳熟	0.00	1.37	0.11	0.80	0.13	21
	糊熟	0.01	0.65	0.13	0.94	0.08	35
	黄熟	0.00	0.57	0.03	0.44	0.05	52
ホシアオバ	乳熟	0.07	0.86	0.00	0.26	0.05	64
	糊熟	0.05	0.51	0.07	0.48	0.05	50
	黄熟	0.08	0.39	0.00	0.15	0.04	81
北陸193号	乳熟	0.07	1.11	0.02	0.64	0.06	43
	糊熟	0.07	0.49	0.03	0.13	0.05	77
	黄熟	0.01	0.29	0.00	0.14	0.02	88
クサホナミ	乳熟	0.06	0.39	0.00	0.23	0.05	73
	糊熟	0.02	0.30	0.02	0.15	0.03	82
	黄熟	0.33	0.63	0.00	0.43	0.05	51
リーフスター	乳熟	0.68	0.23	0.00	0.00	0.03	92
	糊熟	0.21	0.09	0.00	0.00	0.02	99
	黄熟	0.18	0.06	0.00	0.00	0.02	100
クサノホシ	乳熟	0.22	0.19	0.00	0.18	0.03	81
	糊熟	0.20	0.65	0.00	0.20	0.04	72
	黄熟	0.37	0.32	0.00	0.12	0.05	78
はまさり	乳熟	0.12	0.66	0.00	0.27	0.07	60
	糊熟	0.19	0.56	0.00	0.21	0.06	68
	黄熟	0.22	0.28	0.00	0.00	0.02	97
中国飼198号	出穂前	0.24	0.12	0.00	0.00	0.02	99

また黄熟期における新鮮物中単少糖含量とサイレージ調製後のV-2SCOREには高い相関 ($r=0.8899$ $p<0.01$) があった(図5)。

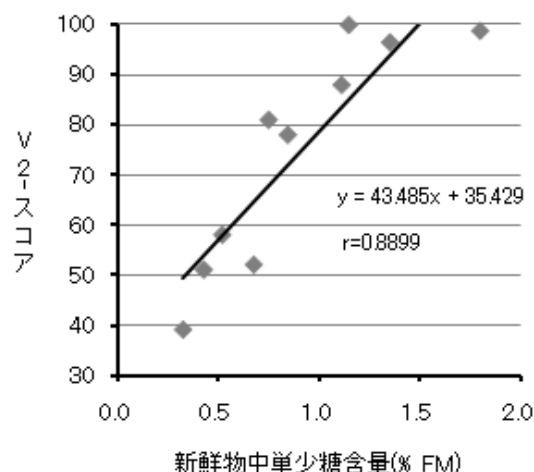


図5 糖含量と発酵品質

栽培試験の結果から福井においては、べこごのみは極早生、夢あおばは早生、べこあおばは中生、ホシアオバと北陸193号は晩生、クサホナミとリーフスターとクサノホシとはまさりは極晩生であると考えられた。

べこごのみは本県においては早熟すぎたのか、収量は低かったが、全重に占める穂の割合は黄熟期に68.8%で最も高く、糖含量は10品種中最も低かった。夢あおばは、草丈が高く、晩生と極晩生のものを除けば収量は比較的高かった。北陸193号は穂の収量が高く、また糖含量も比較的高かった。クサノホシは、全重は10品種中最も高く、茎葉、穂とも多収であった。リーフスターは、全重に占める穂の割合が低い茎葉型で、糖含量は比較的高く、β-カロテン含量が乳熟期から黄熟期までほぼ低下しなかった。はまさりは、草丈が低くて茎数が多く、稈が比較的細くて柔らかく、糖含量が高かった。中国飼198号は熟期が遅く正常に出穂しなかったが、糖含量は供試10品種中、最も高かった。

各品種ともβ-カロテン含量はこれまでの他の報告と比較して高い値が出ているが、これは施肥体系が要因の1つであると考えられる。窒素施肥量が増えればβ-カロテン含量は高まるが、追肥の時期が刈取時期と近ければ、枯れあがりが始まる前に刈り取ることで、β-カロテン含量は高いままになる。今回は最後の追肥は幼穂形成期の10日後に行ったが、ビタミンA制御を行う肉用牛向けの飼料であれば追肥時期を早めるなどの対処が必要と思われる。

単少糖含量について調査した結果、茎葉割合の高い品種は糖含量が高い傾向にあった。イネの光合成産物はスクロースの形で転流し、子実でデンプンを合成することから、茎葉割合の高い品種で糖含量が高いと考えられる。しかし、北陸193号のように茎葉割合の低いもので糖含量が高かったことから今後の調査が必要である。また、サイレージ調製後のV-2SCOREと単少糖含量は高い相関があった。発酵品質と糖含量の相関関係は他の牧草において一般的に知られていることであるが、牧草とは形態に大きな違いのあるイネにおいても同様であることが確認された。

本報告は単年度の栽培試験に基づくもので

あり、複数年の試験成績について今後検討していく必要がある。

参考文献

- 1)小柳渉・安藤義昭.粗飼料・葉菜中βカロテンの簡易分析法.北信越畜産学会報,92:27-31.2006.
- 2)自給飼料品質評価研究会編.改訂 粗飼料の品質評価ガイドブック,36-92.2001.
- 3)高野信雄・安宅一夫・萬田富治・藤本秀明・菊地政則・名久井忠・野 英二・古川修.サイレージバイブル 微生物のパフォーマンスとその制御 ,25-57.1986.
- 4)全国飼料増産行動会議・社団法人 日本草地畜産種子協会・農林水産省生産局.稲発酵粗飼料生産・給与マニュアル,3-101.2009.
- 5)永西 修・四十万谷吉郎.稲ホールクロップサイレージの発酵特性.日本草地学会誌,44(2):179-181.1998.
- 6)北村 亭.牧草と園芸,51(4):9-12.2003.
- 7)斎藤健一・米本貞夫.早刈り高水分イネへの添加剤の利用がサイレージの発酵品質に及ぼす影響.千葉県畜産総合研究センター研究報告,5:55-58.2005.
- 8)蔡義民・大桃定洋・福見良平.日草誌,39(4):420-428.1994.
- 9)千田雅之・鈴木一好.中央農業総合研究センター経営研究,56:11-34.2005.
- 10)石田元彦.飼料イネの栽培と利用法.農林水産技術研究ジャーナル,31(7):33-37.2008.

Development of improvement in quality and the yield of whole crop rice silage
(Variety characteristics and beta-carotene content every ripe stage and sugar content
of fodder rice)

Shingo YAMADA, Fumihiko MURATA

To investigate the variety characteristics of fodder rice, we did cultivation test about 10 varieties and on container and rice fields about heading date, growth, yielding ability, beta-carotene content, sugar content, and fermentation quality. As a result, the change of the heading date caused by transplanting date was large on normal variety Bekoaoba, small on later varieties. Whole dry matter production (t/10a) in yellow-ripe stage was highest Kusanohoshi was 2.5t, then Hokuriku 193 was 2.2t, Leaf star was 2.1t. An ear dry matter production (t/10a) in yellow-ripe stage was highest Hokuriku 193 was 1.0t, then Kusanohoshi and Bekoaoba was 0.9t. Beta-carotene content was 99 ~ 187 mg / kg at dry matter in milk-ripe stage, and average was 122 mg / kg, 59 ~ 143 mg / kg in dough-ripe stage, and average was 99 mg / kg, 43 ~ 100 mg / kg in yellow-ripe stage, and average was 69 mg / kg. There is some possibility of a way of Beta-carotene contents shift from milk-ripe to yellow-ripe stage. Sugar content in the yellow-ripe stage was 1.0~5.6% in dried in 10 varieties. Chuugokushi 198 was highest, next Hamasari was. There was a strong relationship between the Sugar content in fresh matter production and V2-SCORE($r=0.8899$, $p<0.01$).