

暖地におけるホールクロップサイレージ  
に関する体系的な研究

福見良平

1995

# 暖地におけるホールクロップサイレージ に関する体系的な研究

目次

第一章 緒言 1

第二章 ホールクロップサイレージの概要 2

第三章 ホールクロップサイレージの栽培技術 3

第四章 ホールクロップサイレージの飼料特性 4

第五章 ホールクロップサイレージの飼料利用 5

第六章 ホールクロップサイレージの飼料加工 6

第七章 ホールクロップサイレージの飼料貯蔵 7

第八章 ホールクロップサイレージの飼料品質 8

第九章 ホールクロップサイレージの飼料安全 9

第十章 ホールクロップサイレージの飼料環境 10

第十一章 ホールクロップサイレージの飼料経済 11

第十二章 ホールクロップサイレージの飼料政策 12

第十三章 ホールクロップサイレージの飼料展望 13

第十四章 結論 14

参考文献 15

索引 16

福見良平

1995

## 目次

第1章 序論	1
第2章 トウモロコシホールクロップサイレージ	
第1節 緒言	4
第2節 トウモロコシの生育収量	7
第3節 トウモロコシの部位別構成比率と乾物消化率	12
第4節 トウモロコシサイレージの発酵品質	19
第5節 トウモロコシサイレージの飼料価	
— 暖地と寒地の比較 —	23
第6節 後期追肥がトウモロコシサイレージの飼料特性に及ぼす影響	31
第7節 窒素施用水準がトウモロコシサイレージの飼料特性に及ぼす影響	39
第8節 トウモロコシの耐湿性の品種間差異	48
第9節 摘要	56
第3章 ソルガムホールクロップサイレージ	
第1節 緒言	58
第2節 サイレージ利用からみたソルガムの品種分類	61
第3節 播種期別ソルガムの生育特性と品種分類	65
第4節 ソルガム程の単少糖含量と乾物消化率との関係	73
第5節 ソルガム程中の単少糖含量の迅速推定法	77

第6節	ソルガムホールクロップの部位別収量比率 と部位別乾物消化率	・ ・ ・ ・ ・ 89
第7節	ソルガムサイレージの発酵品質	・ ・ ・ ・ ・ 94
第8節	ソルガムサイレージの飼料価	・ ・ ・ ・ ・ 98
第9節	ソルガムサイレージの未消化子実排泄率	・ ・ ・ ・ ・ 104
第10節	摘 要	・ ・ ・ ・ ・ 118
第4章	水稲ホールクロップサイレージ	
第1節	緒 言	・ ・ ・ ・ ・ 120
第2節	ホールクロップ用イネの利用時期	・ ・ ・ ・ ・ 122
第3節	ホールクロップ用イネの生育収量	・ ・ ・ ・ ・ 134
第4節	水稲サイレージの乾物回収率および発酵品質	・ ・ ・ ・ ・ 139
第5節	水稲サイレージの飼料価	・ ・ ・ ・ ・ 144
第6節	摘 要	・ ・ ・ ・ ・ 150
第5章	ハトムギホールクロップサイレージ	
第1節	緒 言	・ ・ ・ ・ ・ 152
第2節	ハトムギの生育収量	・ ・ ・ ・ ・ 154
第3節	ハトムギサイレージの発酵品質	・ ・ ・ ・ ・ 161
第4節	ハトムギサイレージの飼料価	・ ・ ・ ・ ・ 167
第5節	摘 要	・ ・ ・ ・ ・ 176
第6章	青刈ミレット類のホールクロップサイレージ	
第1節	緒 言	・ ・ ・ ・ ・ 178
第2節	四国に遺存する雑穀類とその分布	・ ・ ・ ・ ・ 181

第3節	青刈ヒエの生育収量	・ ・ ・ ・ ・	183
第4節	青刈アワの生育収量	・ ・ ・ ・ ・	192
第5節	青刈キビの生育収量	・ ・ ・ ・ ・	198
第6節	雑穀サイレージの発酵品質と飼料価	・ ・ ・ ・ ・	207
第7節	摘 要	・ ・ ・ ・ ・	216
第7章	オオムギホールクロップサイレージ		
第1節	緒 言	・ ・ ・ ・ ・	218
第2節	オオムギの生育収量	・ ・ ・ ・ ・	220
第3節	オオムギサイレージの発酵品質	・ ・ ・ ・ ・	224
第4節	オオムギサイレージの飼料価	・ ・ ・ ・ ・	231
第5節	摘 要	・ ・ ・ ・ ・	236
第8章	総 括	・ ・ ・ ・ ・	237
	謝 辞	・ ・ ・ ・ ・	242
	引用文献	・ ・ ・ ・ ・	243
	Summary	・ ・ ・ ・ ・	269

## 第 1 章 序 論

戦後、わが国畜産は国民経済の高度成長と食生活の多様化を背景に急速な規模拡大を遂げ、農業の基幹部門として国民食生活の向上と農業所得の確保に重要な役割を果たしてきた。とくに、大家畜による牛乳・乳製品および牛肉の生産は、国民に対する蛋白質供給源のほかに、国土資源の有効利用、地域農業の展開や農山村の振興を図る上での役割は極めて大きいものがあった。

いうまでもなく、畜産経営の安定的発展のためには、飼料の安定的確保が最重要の課題であることは、論をまたないところである。

ところで、飼料生産基盤の脆弱なわが国畜産は、飼料の大半を国外に依存する、いわゆる「輸入飼料依存型」あるいは「濃厚飼料多給型」の畜産経営が定着しており、その結果、飼料用穀類の輸入量が急増し、1990年度には1,900万tを越える膨大な量に達している。さらに近年においては、畜産業の経営規模拡大に伴って粗飼料生産部門を経営から切り離し、購入粗飼料に依存する傾向が強まり、ヘイキューブをはじめ牧乾草類までが年間180万tも輸入され、海外に対する飼料の依存度を一層、高めているのが実態である。

このような外国に飼料を依存する経営形態は、飼料の輸入が円滑に、しかも価格が低位に安定していることがその成立条件である。しかしながら、世界の農業事情を長期にわたって展望する場合、多くの不安定要素が存在することは否定できず、このような畜産経営は畜産公害を益々激化させる原因となっている。また、いっぽうにおいては、わが国農業は国際化時代を迎えるに至り、すでにガットウルグアイ・ラウンドも合意され、今後より一層の、農畜産物に対

する国際競争力の強化が望まれている。したがって、畜産経営の維持・発展を図るためには、自給粗飼料に立脚した畜産経営の定着と併せて良質自給粗飼料の低コスト生産・利用技術を確立することが緊急の課題であると考えられる。

ところで、飼料作物の栽培は立地条件や家畜の飼養形態によって大きく制約され、地域に適合した飼料生産が行われなければならない。これまで、関東、東山以南の暖地における粗飼料生産の歴史的経過をみると、1960年代までは主としてイタリアンライグラス、レンゲ、エンバクを基幹作物とする水田裏作の利用によって行ってきた。ところが、1970年代になって農畜産物の輸入自由化の進展や米の生産過剰問題が生起し、これを転機に水田、畑への飼料作物の導入が政策的に進められた。とくに水田においては、1978年以降、わが国水田の12%から25%に相当する39万haから84万haが転作対象となった「水田利用再編対策」、さらにそれに引継いで「水田利用確立対策」が実施された結果、夏作飼料作物の栽培が水田転換畑で広く行われるようになり、青刈トウモロコシ、ソルガムなどの夏作飼料作物の栽培が急速な伸びを示し、1990年の栽培面積については、トウモロコシは1969年の約2倍の6.5万ha、1969年の統計表に示されなかったソルゴーは3.8万haに達し、過去の冬作中心の飼料作物の生産から一転して夏作に重点を置いた飼料作物の生産が行われるようになった。

たほう、酪農経営においては、粗飼料の給与形態が従来の生草給与方式から、粗飼料の生産変動が小さくかつ省力的で低コスト生産が可能な通年サイレージ給与方式へと大きく転換した。さらに、近年においては、家畜の改良が進み泌乳量が著しく向上した結果、そ

れに対応する高品質と高栄養を具備したサイレージの調製が要求されるようになり、これまで栄養面や品質的に劣ったグラスサイレージや高水分の青刈サイレージに変わって、高品質、高エネルギーを狙ったホールクロップサイレージが寒冷地のみならず暖地においても注目されるに至った。この近年における飼料構造の変化が示すように、暖地の粗飼料生産は、従来の青刈利用を前提とした生産利用体系に変わって、通年ホールクロップサイレージ利用を前提とした生産体制へ転換した。したがって、これまでの冬作における茎葉利用を主体とした粗飼料生産技術に加えて、今後は、オオムギ、トウモロコシ、ソルガムなどのホールクロップの栽培ならびにそのサイレージの調製利用に関する体系的技術の開発が強く要請されるに至っている。

1980年以降、暖地の青刈飼料作物における粗飼料生産に関する研究を通覧すると、そのほとんどが青刈利用を前提とした栽培法（川本ら 1982, 1983; 宮城 1984; 青田ら 1986; 川本ら 1987a-c), 刈取法や飼料価値（阿部（林）ら 1982; 正岡・高野 1985; 福見ら 1986; Goto *et al.* 1987, 1990) に関する研究に集中しており、サイレージ利用に関する研究はほとんど行われていなかった。

そこで、筆者はこれまで研究が極めて乏しかった暖地のホールクロップサイレージ利用を前提とした青刈飼料作物の栽培ならびにホールクロップサイレージに関する体系的な研究について、1977年より1992年にかけて取組んでおり、ここに10年以上におよぶ一連の試験研究成果を取りまとめ報告する次第である。

## 第2章 トウモロコシホールクロップサイレージ

### 第1節 緒言

トウモロコシ (*Zea mays* L.) の原産地は中央アメリカと推察され (農林省熱帯農業センター 1975a), コロンブスが新大陸を発見した当時 (1492), すでに中南米から北米にわたって原住民によって栽培されていた (高野ら 1989a)。旧大陸へのトウモロコシの伝播は16世紀以降とされ, わが国への渡来は早く, 1580年 (大正年間) にポルトガル人によって先ず四国にもたらされたとされている (戸澤 1981f)。トウモロコシは長大作物で, C<sub>4</sub> 型植物 (戸澤 1981g) に属し, 高い乾物生産性を示すいっぽう, 環境に対する適応性が高く, その分布域は北緯58° から南緯40° にわたって世界的に広く栽培されている (農林省熱帯農業センター 1975a)。穀物としての生産量は3億 t に達しており, イネ, コムギとともに三大作物のひとつである。その利用は最大生産国であるアメリカでは, 子実を飼料として用いられているが, 東南アジアでは食糧となっている (農林省熱帯農業センター 1975a)。いっぽう, 青刈トウモロコシは茎葉の生産性と栄養価が高く, 家畜の嗜好性, 採食性がともに優れている。また, 糊熟期以降では乳酸発酵基質である可溶性炭水化物 (water soluble carbohydrates : WSC) と乾物含量が高く (福見ら 1983a), 安定的に高品質サイレージが調製でき (戸澤 1981e; 福見ら 1983b), サイレージ用作物として高く評価されている。

ところで, 1950年代から米国では, 肥育牛の濃厚飼料代替として

黄熟期トウモロコシをサイレージ化し、穀実歩合を高めた高エネルギーの栄養特性をもつホールクロップサイレージが開発された。

青刈トウモロコシの栽培は、明治初年にサイレージ用として開拓使によってアメリカから北海道へ導入されたとされている（高野ら 1989a）。その後、北海道を中心とする寒冷地帯の貯蔵粗飼料としての役割をはたしてきたが、1960年代の後半から1970年代に米国から極早生品種が導入され、トウモロコシホールクロップサイレージが爆発的に普及し、その後の通年サイレージ給与体系の定着に伴って寒冷地は勿論、暖地にまでサイレージ用トウモロコシの栽培が急速に拡大した。すなわち、1990年におけるトウモロコシの栽培面積は実に8.5万haに達している。

わが国におけるトウモロコシのホールクロップサイレージに関する研究は、1960年に岡山大学で行った須藤ら(1966)の研究が最初である。すなわち、同氏らはホワイトデントコーンを用い、刈取時期を変えて調製したサイレージの乾物回収率、発酵品質および栄養価について検討した結果、子実割合の高い黄熟期(yellow ripe stage)が栄養収量、品質とも最も優れているとした。また、高野(1967)は北海道におけるトウモロコシサイレージの品質改善を図るために、早晩性の異なるトウモロコシ4品種を供試し、その生育特性と栄養収量を検討した結果、糊熟期から黄熟期に早く到達する早生品種が晩生品種に比べて可消化養分総量(total digestible nutrients:TDN)の収量が高く、しかも良質サイレージが調製されることを明らかにした。その後、これらの研究を契機にトウモロコシホールクロップサイレージに関する一連の研究（八幡ら 1970；石栗 1972 1974；阿部(亮)ら 1975；名久井ら 1975a；和泉ら 1976a-b；阿部(亮)

ら 1977; 名久井ら 1977; 櫛引 1979a-e; 櫛引ら 1980; 名久井ら 1980; 櫛引ら, 1981a-b; 戸澤 1985; 門馬 1990)が北海道において意欲的に展開され, 寒冷地に適したホールクロップサイレージの調製・利用に関する技術が確立した。

近年, 暖地においても通年サイレージ給与を主体とした乳牛の飼養形態が普及するにつれ, トウモロコシホールクロップサイレージが広く利用されるようになった。しかし, 暖地ではこれらに関する研究に乏しく(須藤ら 1966; 上田ら 1981; 飯田 1981a), サイレージ用トウモロコシの栽培法およびトウモロコシホールクロップサイレージの飼料価などに関する研究はほとんど未着手の状態であった。したがって, 暖地においては, これまでトウモロコシホールクロップサイレージの飼料価は北海道で得られたデータが利用されており, 品種, 気象条件などの異なる寒冷地でのデータがそのまま暖地において適用できるものかどうかを再検討する必要があるものと考えられる。

たほう, 水田転換畑におけるトウモロコシ栽培が広く行われるようになったが, 転作水田の多くは排水が悪く長雨や豪雨によって湿害をうけ, 著しく減収するケースが少なくない。このため, 水田転換畑でのトウモロコシ栽培には耐湿性の高い品種が要求されている。

そこで, 本章ではこれらの問題点を検討するために, 暖地におけるサイレージ用トウモロコシの生育収量, サイレージの発酵品質および飼料価を明らかにするとともに, トウモロコシの耐湿性の品種間差異についても検討した。

## 第2節 トウモロコシの生育収量

暖地におけるトウモロコシの生育収量を明らかにするために早晩性別に11品種を選定し、それらの生育特性を究明するとともに、早晩性別品種群の生育収量の中から適品種選定の条件を検討した。

### 試 験 方 法

試験圃場は愛媛大学農学部の水田転換畑を供試した。品種は極早生からダイヘイゲン、ワセホマレ、早生からJ×77、P3715、中・晩生からG4578、G4589、G4743、P3147、P3160、P3352、P3358の計11品種を用いた。播種は1987年5月19日に畦幅70cmとし、極早生および早生品種は株間30cm、中・晩生品種は35cmで3粒播きとした。間引きは3～4葉期に行い1株2本立とした。施肥は基肥のみとし、堆肥 $200\text{ kg a}^{-1}$ のほか、化成肥料(15-15-15)を用いて三要素各 $1.5\text{ kg a}^{-1}$ を施こした。試験区の構成は1プロット $16\text{ m}^2$ として、3区制乱塊法で実施した。黄熟期に15cmの高さで刈取を行い、草丈、稈長、着雌穂高、節数、枯葉率(葉重に対する枯死葉重の乾物割合)、収量および器官別構成比率を1プロットについて10株調査した。また、乾物率の測定は通風乾燥器を用いて、 $80^\circ\text{C}$ で48時間乾燥し、余熱のある内に秤量して求めた。なお、生育期間中の積算気温は、松山気象観測所のデータによって算出した。

## 試 験 結 果

トウモロコシの生育収量はTable 1に示すとおりである。いずれの品種も順調な生育を示し、生育日数を平均値で見ると、極早生品種群が76日、早生品種群は83日、中・晩生品種群で92日でそれぞれ黄熟期に到達した。この期間中の積算気温はそれぞれ1,722℃、1,923℃、2,169℃であった。中・晩生品種は極早生および早生品種に比べて草丈、稈長、着雌穂高、節数(葉数)ともに大きかった。枯葉率は品種によって差がみられ、晩生品種に比べて極早生品種が高かった。生草収量および乾物収量はともに中・晩生品種が早生品種、極早生品種より著しく高かった。生育期間中の個体群生長速度(crop growth rate : CGR,  $\text{kg DMa}^{-1}\text{day}^{-1}$ )の平均値を求めた結果、中・晩生品種が最も高く、ついで極早生品種、早生品種の順であった。器官別構成比率は早晩性による差は認められなかった。

## 考 察

トウモロコシの生育は高温、短日によって促進(戸澤 1981d)されるとされ、暖地の適期播種では生育は極めて旺盛で、早晩性に関わりなく登熟は順調に進行した。本試験における黄熟期刈による生育日数(積算気温)は極早生品種76日(1,722℃)、早生品種83日(1,923℃)、中・晩生品種で92日(2,169℃)を示し、寒冷地で生育したトウモロコシ(戸澤 1981c)に比べて生育日数が著しく短縮化した。また、本試験の結果は福岡で行った上田ら(1981)の結果とよく一致した。トウモロコシの生育日数は単純積算温度と高い正の相関(戸澤

Table 1. Growth habit of silage corn harvesting at yellow ripe stage.

Classification by Maturity	Variety	Vegetation period (day)	Accumulated temperature (°C)	Plant length (cm)	Culm length (cm)	Ear height (cm)	Node number	Dead leaf rate (%)	Green yield (kg a <sup>-1</sup> )	Dry matter (%)	Dry matter yield (kg a <sup>-1</sup> )	yield rate (%)			CGR (kgDMa <sup>-1</sup> day <sup>-1</sup> )
												Stem	Leaf	Ear	
Extremely early	Daiheigen	75	1708	251	199	93	12.6	31	362	30.1	108	39	16	45	1.43
	Wasehomare	76	1735	231	178	80	12.0	19	386	29.3	113	33	13	53	1.49
	mean	76	1722	241	189	87	12.3	25	374	29.7	111	36	15	49	1.46
Early	JX77	83	1923	257	203	107	14.3	13	362	27.7	100	37	19	45	1.21
	P3715	83	1923	277	212	114	15.4	10	382	28.8	110	32	15	53	1.32
	mean	83	1923	267	208	111	14.9	12	372	28.3	105	35	17	49	1.27
Middle or Late	G4578	90	2112	286	252	122	16.8	7	535	34.5	185	47	12	41	2.05
	G4589	93	2192	284	253	124	17.9	3	611	30.4	186	41	13	46	2.00
	G4743	93	2192	305	269	137	16.9	14	520	31.4	163	33	13	55	1.75
	P3147	93	2192	259	205	108	17.6	2	529	33.9	179	28	14	58	1.93
	P3160	93	2192	299	262	150	18.2	3	482	28.9	139	33	17	50	1.50
	P3352	90	2112	304	263	146	17.5	13	571	32.1	183	37	15	48	2.04
	P3358	93	2192	297	261	139	16.8	12	602	28.4	171	36	19	45	1.84
mean	92	2169	291	252	132	17.4	8	564	31.4	177	36	15	49	1.87	

1981d)が認められているので、この性質を利用して作期の設定やその地域にあった品種を選定することが可能(門馬 1990)である。

つぎに、乾物収量と品種の早晩性との関係についてみると、中・晩生品種群の平均乾物収量を100とした場合、極早生品種群のそれは63、早生品種群では59であり、上田らの結果(1981)と同様、中・晩生品種が極めて多収を示した。また、生育期間と乾物収量との関係から生育期間中の平均CGR( $\text{kg DM a}^{-1} \text{day}^{-1}$ )を求めた結果、極早生品種群1.46 kg、早生品種群1.27 kg、中・晩生品種群1.87 kgで、中・晩生品種群が高い乾物生産効率を示し、上田らの報告(1981)とよく一致した。

櫛引(1979a-c)によると、寒冷地で早生品種を密植多肥栽培すれば、晩生品種に比べて遜色のない収量を確保できるとしている。しかし、暖地では密植多肥栽培をすれば雌穂重割合の低下や倒伏の危険があり、本試験の950本 $\text{a}^{-1}$ 以上の密植栽培は得策でないものと考えられる。また、本試験において極早生品種の乾物収量およびCGRが早生品種のそれに比べてともに高かったが、この理由は本試験に供した極早生2品種がいずれも寒冷地向きに作出された国内育成品種であり、気温が低い時期の生育が早生品種に比べて旺盛であった(戸澤 1981a-b)ことによるものであろう。したがって、暖地においても、早播きの場合には低温伸長性の優れた品種の選定が重要と考えられた。

つぎに、品種の早晩性と器官別構成比率との関係についてみると、器官別構成比率の品種間差が認められたものの、極早生品種群、早生品種群、中・晩生品種群の各グループ間に差がほとんどみられなかった。このことから、暖地は寒冷地と異なり適温期間が長く、早

晩性に関わりなく適温域で登熟が順調であったことを示していた。いっぽう、上田ら(1981)によると雌穂重割合は早晩性によって異なり、晩生品種に比べて早生品種が高いことを報告している。しかし、上田ら(1981)の試験では生育日数80日から90日の品種ではその差は小さく、95日の極晩生品種においてやや雌穂重割合が低下していた。したがって、本試験の結果および上田らの結果からみて、生育期間の長い極晩生品種を除き、暖地のトウモロコシは早晩性による雌穂重割合に差がないものと考えられる。また、サイレージ材料草としてとくに重視される水分含量はいずれの品種も70%前後の適水分域を示し、早晩性による差は認められなかった。ところで、寒冷地における晩生品種は登熟が十分に進まず、水分含量が高くサイレージ材料として劣ることが指摘(高野 1967; 櫛引 1979a-c)されているが、暖地では早晩性に関わりなく登熟が進行するために晩生品種においても水分含量が低く、サイレージ材料草として適していた。

以上の結果から、暖地におけるサイレージ用トウモロコシの栽培は乾物生産性が高く、しかも収量中に占める雌穂重割合の高い中・晩生品種が適していると考えられる。

### 第3節 トウモロコシの部位別構成比率と乾物消化率

これまで、寒地トウモロコシのホールクローブ利用における刈取適期は飼料価からみて黄熟期（名久井ら 1981a; 戸澤 1981a）とされている。

そこで、本節では暖地トウモロコシのホールクローブ利用における刈取適期を明らかにするために、登熟期における器官・部位別構成比率と乾物消化率について調査した。

#### 試 験 方 法

試験圃場は愛媛大学農学部の水田転換畑を用いた。品種はスノーデント1号(G4578)を供試し、1986年5月27日に畦幅75cm、株間35cmの点播とした。3～4葉期に間引きを行い、1株2本立とした。施肥量は基肥に3要素を各 $1.8 \text{ kg a}^{-1}$ 、化成肥料(15-15-15)で施用した。刈取は乳熟期、糊熟期、黄熟期および過熟期とし、刈株の高さ15cmで行った。トウモロコシ10茎を無作為に抽出して葉身、葉鞘、稈（雄穂を含む）、包皮（絹糸を含む）、穂軸（穂柄を含む）および子実に分別し、通風乾燥器を用いて $80^\circ\text{C}$ で乾燥させた後、乾物重割合を求めると同時に、各器官別試料についてtwo step法（農林省農林水産技術会議事務局監修 1975b）によって乾物消化率（*in vitro* dry matter digestibility: IVDMD）を求めた。

## 試 験 結 果

トウモロコシの登熟期と器官・部位別構成比率との関係はTable 2に示すとおりである。すなわち、乳熟期における部位別構成比率は雌穂部35%、葉部28%、稈部37%で、雌穂部の割合は全乾物収量の約1/3を占めるにとどまった。その後、登熟につれて雌穂部の比率は急速に高まり、糊熟期以降では全乾物収量の50%強に達した。いっぽう、子実を除く各器官の構成比率は登熟によって減少した。

器官・部位別乾物消化率と登熟との関係はTable 3に示すとおりである。部位別のIVDMDは登熟に関わりなく雌穂部が最も高く、ついで葉部、稈部の順であった。登熟期と各部位のIVDMDとの関係は、登熟に伴って葉部と稈部のIVDMDは低下した。いっぽう、雌穂部のIVDMDは乳熟期からしだいに高まり、黄熟期で最も高く、過熟期では逆に低下した。

器官・部位別における可消化乾物含量はTable 4に示すとおりである。子実を除く各器官の可消化乾物含量は、いずれの器官においても登熟につれて減少したが、子実は登熟につれて増大した。トウモロコシの可消化乾物含量を求めた結果、乳熟期63%、糊熟期68%、黄熟期70%、過熟期66%を示し、黄熟期が最も高い値を示した。

Table 2. Relationship between yield component and different ripening stages in silage corn.

		Yield component (DM %)							
		Milk ripe		Dough ripe		Yellow ripe		Full ripe	
Leaf	blade	20	} 28	17	} 24	15	} 20	14	} 19
	sheath	8		7		5		5	
Culm	culm·tassel	37	37	28	28	26	26	26	26
Ear	husk·silk	8	} 35	8	} 48	7	} 54	6	} 55
	cob·shank	11		12		9		10	
	grain	16		28		38		39	

Table 3. Relationship between IVDMD\* and different organs of silage corn.

		IVDMD (%)							
		Milk ripe		Dough ripe		Yellow ripe		Full ripe	
Leaf	blade	65	} 64	64	} 63	58	} 58	55	} 55
	sheath	63		61		58		53	
Culm	culm·tassel	57	57	55	55	53	53	51	51
Ear	husk·silk	75	} 72	70	} 79	68	} 78	65	} 75
	cob·shank	63		58		56		50	
	grain	77		90		89		83	

\* *in vitro* dry matter digestibility.

Table 4. Relationship between TDN content of each organ and ripening stages in silage corn.

		TDN content (DM %)							
		Milk ripe		Dough ripe		Yellow ripe		Full ripe	
Leaf	blade	12	} 17	11	} 15	9	} 12	8	} 11
	sheath	5		4		3		3	
Culm	culm·tassel	21	21	15	15	14	14	13	13
Ear	husk·silk	8	} 25	6	} 38	5	} 44	4	} 42
	cob·shank	7		7		5		5	
	grain	12		25		34		33	
Total		63		68		70		66	

## 考 察

トウモロコシホールクロップは高消化性の雌穂部と低消化性の茎葉部とに大別することができる(高野 1967; 石栗 1972; 名久井ら 1975a)。その両者の構成比率や消化性は登熟期によって異なった。両部位の構成比率と登熟期との関係についてみると、雌穂部の比率は澱粉の蓄積によって乳熟期から糊熟期に急速に高くなり、黄熟期では寒地トウモロコシと同様(高野 1967; 八幡ら 1970; 名久井ら 1975a; 阿部(亮)ら 1977; 楠引 1979b)、収量のほぼ50%を占め、その約70%が子実であった。これに対して茎葉部の構成比率は登熟に伴う雌穂部の増大によって相対的に低下した。また、両部位の乾物消化率と登熟との関係は、茎葉部では登熟に伴ってIVDMDが低下するが、これに対して雌穂部では乳熟期から糊熟期にかけて澱粉の蓄積が進む結果、IVDMDが高くなり、黄熟期で最高を示した。このように登熟によって茎葉部では可消化乾物含量の減少が、いっぽう、雌穂部では可消化乾物含量の増加とが同時に進行した。したがって、ホールクロップの飼料価は両部位の可消化乾物含量の相対的な比率によって決定されるものと考えられる。本試験におけるホールクロップの可消化乾物含量は乳熟期63%、糊熟期68%、黄熟期70%、過熟期66%となり、澱粉含量(子実含量)が最高の黄熟期が最も高かった。なお、過熟期の可消化乾物含量が減少したのは、茎葉部の枯死によるIVDMDの低下によるものである。

ところで、阿部(亮)ら(1977)の報告によると、北海道におけるトウモロコシ(ハイゲンワセ)の登熟期とIVDMDとの関係については、乳熟後期～糊熟期、糊熟中期～糊熟後期、糊熟後期、黄熟

中期、黄熟後期および過熟期はそれぞれ67.0%、67.8%、66.8%、67.2%、68.1%および68.0%であったとしている。これらの結果と本試験の結果を比較すると、対応する両者の値はかなり近似しているが、阿部らのデータに比して、本試験の過熟期のIVDMの低下が大きい。これは寒地トウモロコシは日較差の好影響や病虫害が少なく緑色を呈し、若々しいのに反し、暖地では下葉の枯上りが激しいことに起因しているものと考えられる。可消化乾物含量からみた暖地のトウモロコシホールクロップの刈取適期は、寒冷地の場合と同様(名久井ら 1981a; 戸澤 1981h)、黄熟期と考えられるが、その適期幅は寒冷地に比べて狭いものと考えられる。

#### 第4節 トウモロコシサイレージの発酵品質

第2節においてトウモロコシ品種の早晩性と生育収量について検討した結果、暖地のサイレージ用トウモロコシは寒地とは異なり、中・晩生品種が優れていることを明らかにした。

そこで、本節ではトウモロコシ品種の早晩性とサイレージの発酵品質との関係について検討した。

#### 試 験 方 法

供試材料は第2節の材料草を用いサイレージを調製した。サイレージの調製は、刈取後、ただちにカッターで1~2cmに細切し、300ℓ容のプラスチック製サイロに踏圧を加えながら詰込み、ビニールフィルムで密封したのち、約30kgの砂袋で加重した。なおサイロはコンクリート製畜舎に置床した。約2ヵ月経過後にサイロを開封し、pHの測定とフリーク法によるサイレージの品質評価を行った。

測定法、サイレージの水分はトルエン蒸溜法(森本 1971c)、pHはガラス電極pHメーター、有機酸組成はフリーク法(森本 1971d)でそれぞれ行った。

## 試 験 結 果

トウモロコシサイレージの発酵品質についてはTable 5に示すとおりである。サイレージのpHは3.5~3.9の至適範囲を示し、いずれのサイレージも良好な発酵が行われたことを示した。有機酸組成はいずれのサイレージも酪酸は認められず、乳酸含量が高かった。有機酸含量について品種間差を検討した結果、極早生および早生品種サイレージは中・晩生品種に比べて酢酸含量がやや高い傾向を示した。このためフリーク評点は中・晩生品種に比べて極早生および早生品種がやや劣った。また、晩生品種のなかにはやや乳酸含量の低いサイレージが認められた。

## 考 察

サイレージの発酵品質は材料草の水分含量(高野 1967)やWSC含量(Barnett 1954; Heath *et al.*, 1958; 大山・柁木 1968; 須藤 1971a; 名久井ら 1981a; McDonald 1981)に影響される。良質サイレージを調製するためのトウモロコシの刈取適期は、黄熟期(名久井ら 1981a; 戸澤 1981h)とされている。黄熟期トウモロコシはサイレージ調製の適水分域(高野 1967)であると同時に乳酸発酵の基質となるWSC含量が高い(高野 1967; 福見ら 1983a)からである。本試験におけるトウモロコシの刈取は適期とされる黄熟期であったため、これまでの試験結果(福見ら 1983a)と同様、いずれのサイレージも発酵品質は良好であった。有機酸組成については、極早生および早生品種が中・晩生品種に比べて酢酸含量がやや高い傾向を示

Table 5. Fermentative quality of corn silages.

Silage	Variety	Moisture (%)	pH	Organic acid (FM %)				Flieg's score
				Acetic	Butyric	Lactic	Total	
Extremely early ripening varieties	Daiheigen	71.1	3.70	0.39	0	2.44	2.83	100
	Wasehomare	73.7	3.74	0.74	0	2.97	3.71	95
	mean	72.4	3.72	0.57	0	2.71	3.28	97.5
Early ripening varieties	JX77	74.8	3.54	0.45	0	2.23	2.68	95
	P3715	74.1	3.74	0.85	0	2.12	2.97	88
	mean	74.5	3.64	0.65	0	2.18	2.83	91.5
Middle or late ripening varieties	G4578	73.4	3.55	0.23	0	2.07	2.30	100
	G4589	76.4	3.61	0.38	0	2.64	3.02	100
	G4743	71.0	3.93	0.27	0	1.63	1.90	100
	P3147	70.8	3.53	0.33	0	2.32	2.65	100
	P3160	72.3	3.57	0.26	0	1.94	2.20	100
	P3352	71.3	3.65	0.24	0	1.79	2.03	100
	P3358	72.5	3.84	0.27	0	1.75	2.02	100
	mean	72.5	3.67	0.28	0	2.02	2.30	100

した。この原因はサイレージの調製時期が極早生および早生品種は8月上旬、中・晩生品種では8月下旬であり、早生品種の埋蔵温度が晩生品種に比べて高かったことが影響したと考えられる(Ohyama *et al.*, 1973; Ohyama and Masaki 1974)。また、晩生品種のなかには、乳酸含量がやや低いサイレージが認められたが、これは乳酸発酵の基質である単少糖含量に品種間差があることが影響したものと考えられる(Kumai *et al.*, 1985)。名久井ら(1982a)が1974年から1979年の6年間に十勝農業試験場(寒地)で行ったトウモロコシサイレージの調製試験の結果によると、晩生品種では登熟が十分に進まず若刈りとなるため、材料草の水分含量が高く、サイレージ品質が劣ることを報告している。しかしながら、暖地では、前述したごとく晩生品種は早生品種よりサイレージの調製時期が遅く、低温埋蔵となるので、むしろ有機酸組成は早生品種より優れたものと考えられる。

## 第5節 トウモロコシサイレージの飼料価—暖地と寒地の比較—

第4節において暖地産トウモロコシサイレージの品質は寒地産トウモロコシと異なり、品種の早晚性に関わりなくサイレージ品質は良好で、なかでも晩生品種サイレージが優れていることを明らかにした。

そこで、本節では暖地トウモロコシサイレージの飼料価について検討した。

### 試 験 方 法

第4節のサイレージを供試して、緬羊による消化試験を行い、飼料価を求めた。消化試験は各試験区に緬羊（コリデール種）3頭を配置し、予備試験、本試験各7日間の全糞採取法（森本 1971i）で実施した。供試サイレージの給与は乾物換算で体重2%相当量を日量として、朝・夕に等分して給与した。なお、消化試験の際に、稈と穂軸とを食い残したので、これら残食を冷蔵庫に保蔵し、残食のみによる消化試験を別に行って消化率を補正した。サイレージおよび糞の分析は常法（森本 1971g）によって行った。

## 試 験 結 果

トウモロコシサイレージの化学組成、消化率および可消化養分含量はTable 6に示すとおりである。サイレージの化学組成は品種間に変動がみられた。品種の早晩性との関係については、粗蛋白質含量は極早生および早生品種が、可溶無窒素物(nitrogen free extract: NFE)含量は中・晩生品種が、粗繊維含量は極早生品種が高い傾向を示した。

成分消化率では、粗蛋白質含量が高かった極早生および早生品種が高い傾向を示した。ほかの成分消化率は品種間差は若干認められたが、早晩性による消化率の差はほとんど認められなかった。

可消化養分含量については、可消化粗蛋白質(digestible crude protein: DCP)含量は3.1~4.8%の範囲で早生品種がやや高かった。TDN含量は67~73%の範囲を示し、品種間差は認められたが、早晩性別の品種群との間には差異は認められなかった。

## 考 察

トウモロコシホールクロップサイレージの飼料価は、雌穂重割合や発酵品質によって支配されることが知られている(高野 1967; 櫛引ら 1980; 名久井ら 1982a)。本試験の結果が示すように、暖地産トウモロコシサイレージのDCP含量は極早生品種から晩生品種になるにつれて低くなった。この原因としては生育期間の長い中・晩生品種が生育後期の肥料切れを起こしたためと考えられる。いっぽう、TDN含量は品種間に差が認められたものの早晩性別に分類し

Table 6. Effects of corn variety on chemical composition, digestibility and digestible nutrients in whole crop silages.

Silage (Variety)	Chemical composition (DM %)					Digestibility (%)			Digestible nutrients(DM%)		
	Crude protein	Crude fat	Crude fiber	NFE	Crude ash	Crude protein	Crude fat	Crude fiber	NFE	DCP	TDN
Daiheigen	7.6	3.4	22.6	60.9	5.5	59	75	58	72	4.5 <sup>ab</sup>	67.2 <sup>b</sup>
Wasehomare	7.7	4.0	22.7	59.6	6.0	59	75	67	75	4.5 <sup>ab</sup>	71.2 <sup>ab</sup>
mean	7.7	3.7	22.7	60.3	5.8	59	75	63	73	4.5 <sup>ab</sup>	69.2 <sup>ab</sup>
JX77	7.1	2.4	25.6	59.7	5.2	59	69	66	76	4.2 <sup>b</sup>	70.2 <sup>ab</sup>
P3715	7.4	2.7	25.4	59.7	5.5	57	72	61	74	4.2 <sup>b</sup>	68.3 <sup>ab</sup>
mean	7.3	2.6	25.5	59.7	5.8	58	71	64	75	4.2 <sup>b</sup>	69.3 <sup>ab</sup>
G4578	6.7	2.9	21.6	64.3	4.5	55	74	62	77	3.7 <sup>bc</sup>	71.3 <sup>ab</sup>
G4589	7.8	4.0	24.3	57.9	6.0	62	84	67	73	4.8 <sup>a</sup>	71.0 <sup>ab</sup>
G4743	6.7	3.4	21.7	63.2	5.0	56	83	63	77	3.8 <sup>bc</sup>	72.4 <sup>a</sup>
P3147	7.0	3.1	22.7	63.0	4.2	57	77	60	73	4.0 <sup>b</sup>	69.0 <sup>ab</sup>
P3160	6.1	2.8	23.0	63.5	4.6	51	79	60	75	3.1 <sup>c</sup>	69.5 <sup>ab</sup>
P3352	6.7	2.5	22.3	69.0	5.5	57	67	62	76	3.8 <sup>bc</sup>	69.3 <sup>ab</sup>
P3358	6.9	3.1	22.9	61.5	5.9	57	77	69	78	3.9 <sup>bc</sup>	73.1 <sup>a</sup>
mean	6.8	3.1	22.6	63.2	5.1	56	77	63	76	3.9 <sup>bc</sup>	70.8 <sup>ab</sup>
Total mean	7.0±0.5	3.1±0.5	23.2±1.4	61.5±2.1	5.3±0.6	57±3	76±5	63±4	75±2	4.1±0.5	70.2±1.8

\* Statistically significant at the 5 % level, a>b>c.

たグループ間には差がなかった。これは前述したように、早晚性によって材料草の器官別構成比率や（第2節）、サイレージ品質についても差がなかったことによるものである（第4節）。いっぽう、品種間ではTDN含量にかなりの差が認められた（67～73%）。ホークロップの飼料価は第3節で明らかにしたように、易消化性の雌穂部と難消化性の茎葉部の構成比率に依存しているので、雌穂重割合が高くなればホークロップの飼料価は高くなるとされている（櫛引ら 1981a; 門馬 1990）。そこで、寒地では雌穂の混入量によってサイレージのTDN含量は容易に推定できるとしており、その推定式（石栗 1972）として  $TDN = \text{無水茎葉重} \times 0.582 + \text{無水雌穂重} \times 0.850$  が用いられている。そこで、推定式の暖地産トウモロコシサイレージに対する適用性の可否を検討するために、暖地産トウモロコシサイレージのTDN含量と雌穂重割合との関係を求めた結果（Fig. 1）、両者間には相関が認められなかった（ $r=0.130$ ）。

このように、暖地ではP3147サイレージのように雌穂重割合が高い品種が必ずしも高いTDN含量を示さず、G4778サイレージのように雌穂重割合が低くても高いTDN含量を示す品種が認められた。このことは、暖地産トウモロコシサイレージの茎葉部の飼料価が品種によって異なるためであると思われる。Kumai *et al.* (1985)は黄熟期のトウモロコシ稈の中性デタージェント繊維（neutral detergent fiber: NDF）、酸性デタージェント繊維（acid detergent fiber: ADF）、ADーリグニンなど難消化性の成分が品種によって変動することを明らかにしている。また、トウモロコシ稈の単少糖含量に品種間差があることのほか、稈中の単少糖含量と稈の繊維成分の消化性との間にも有意な相関があることを明らかにしている。ま

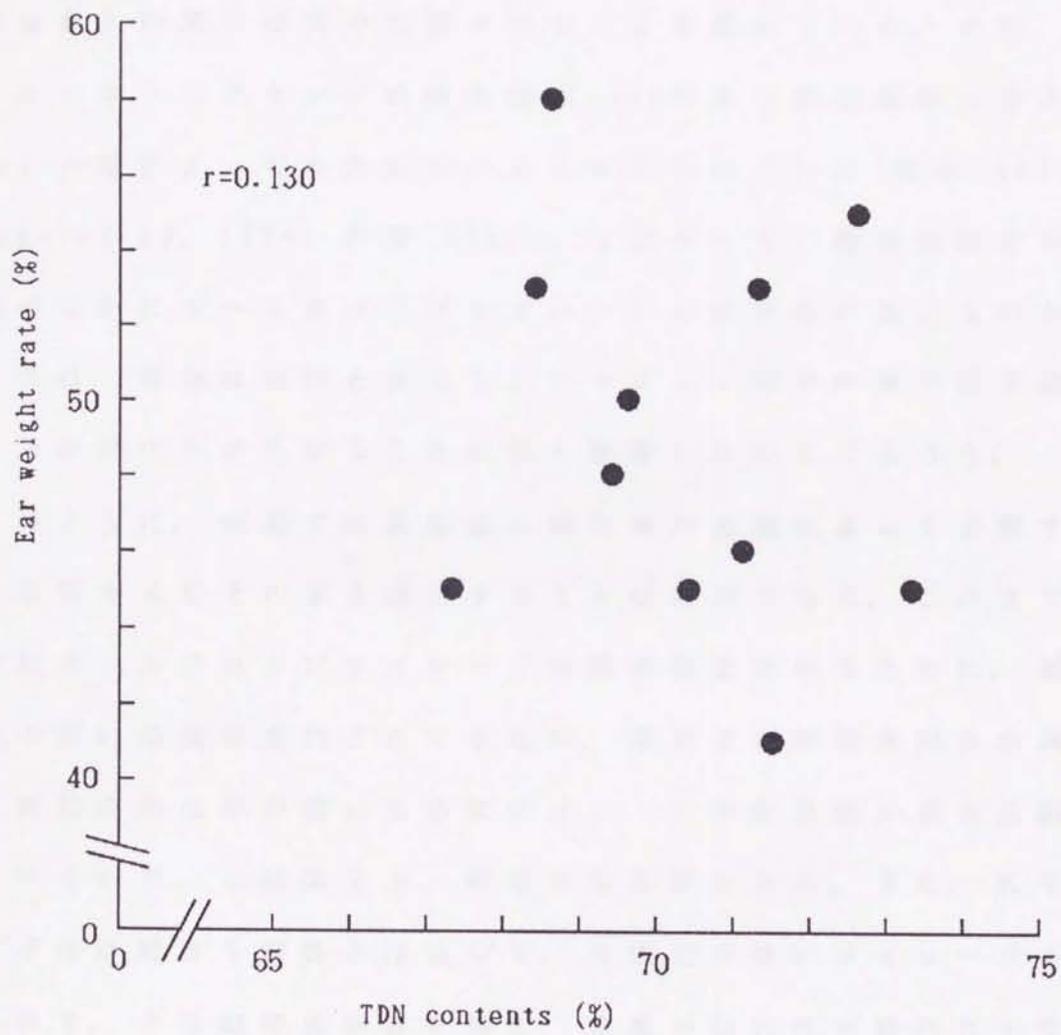


Fig.1. Correlation between ear weight ratio and TDN content in silage corn.

た、井上ら(1989)、井上・山本(1992)も黄熟期の飼料用トウモロコシを子実とその他の茎葉とに分けて、その飼料価について検討した結果、子実では品種間に差がないが、茎葉部の飼料価は品種によって変動することや、飼料用トウモロコシの雌穂重割合と茎葉部の単少糖含量との間には負の相関があることを認めている。また、トウモロコシホールクロップの飼料価はsinkである雌穂部の大きさとsourceの量によっても左右されると考えられている(楠引 1981b; Phipps *et al.*, 1984; 戸澤 1985)。したがって、雌穂重割合が高い品種のなかにホールクロップサイレージの飼料価の低いものが存在したのは、暖地は寒地と異なりトウモロコシ程中の単少糖含量や繊維成分の消化率が異なることが強く影響したからであろう。

このように、暖地では茎葉部の消化率が品種によって変動するので、新得方式をそのまま適用することは無理である。これまで、寒地ではホールクロップサイレージの飼料価を高めるために、雌穂重割合の高い品種が重視されてきたが、暖地では雌穂重割合が高くても茎葉部の消化率が低いためにサイレージの飼料価が劣る品種が認められるので、品種選定上、留意する必要がある。また、乳用牛飼養の場合は肥育牛飼養とは異なり、栄養比の狭いサイレージが望まれるので、今後雌穂重割合を抑え、茎葉の消化性が優れたトウモロコシホールクロップ用品種が要望されよう。

つぎに、暖地産トウモロコシサイレージの飼料特性を明らかにするために、本試験と3年間にわたる北海道のデータ(楠引ら 1980)をTable 7にとりまとめた。DCP含量についての早生品種間の比較では、暖地産と寒地産とで差はほとんど認められなかったが、中・晩生品種では明らかに寒地産が暖地産に比べて高かった。TDN

Table 7. Comparison of corn silages produced in this experiment (warmer district) and in Hokkaido (cooler district) for digestible nutrients.

Classification	warmer district (Ehime)		cooler district (Hokkaido)	
	DCP (%)	TDN (%)	DCP (%)	TDN (%)
Extremely early ripening varieties	4.5	69.2	4.0	72.3
Early ripening varieties	4.2	69.3	4.4	69.2
Medium or late ripening varieties	3.9	70.8	4.8	61.3
Total mean	4.1 ± 0.5	70.2 ± 1.8	4.3 ± 0.6	67.8 ± 5.6

含量については、早生品種では両者間に差がなかったが、中・晩生品種では暖地産に比べて寒地産が低かった。このように、暖地産のTDN含量は早晩性に関わりなく、その値はほぼ一定であったのに対し、寒地産では早生から晩生になるにつれて低い値を示した。このことは、寒地ではHRM (Hokkaido Relative Maturity : 北海道相対熟度) (戸澤 1981d)の大きい品種では秋冷によって登熟が進まず、雌穂重割合やサイレージの発酵品質が低下することに起因している (高野 1967; 名久井ら 1982a)。これに対して、暖地産トウモロコシサイレージの飼料価は寒地産とは異なり、中・晩生品種のTDN含量が高い値を示したが、DCP含量は早生から晩生になるにつれて低い値を示した。このことは生育後期の肥料切れによるものと考えられるので7～8葉期から雄花抽出期までの追肥効果を検討する必要がある。

以上のように、暖地産トウモロコシサイレージでは寒地とは異なり、多収性の中・晩生品種が適するものと考えられるが、その場合、中・晩生品種では生育後期の肥料切れが懸念されるので7～8葉期から雄花抽出期までの追肥効果を検討する必要がある。

## 第6節 後期追肥がトウモロコシサイレージの飼料特性に及ぼす影響

第5節において暖地のトウモロコシサイレージの飼料価を検討した結果、早晩性に関わりなく、TDN含量はほぼ一定で、中・晩生品種は寒地のデータに比べて高かった。いっぽう、DCP含量は中・晩生品種が生育期間の短い極早生、早生品種に比べて低く、寒地の中・晩生品種に比べてもDCP含量が低かった。このように、暖地のサイレージはDCP含量が低いことが明らかになったが、これは下葉の枯上りや肥料切れに起因するものと考えられる。

そこで、本節では暖地の主要品種である中・晩生品種トウモロコシサイレージの飼料価とくにDCP含量を高めるために、後期追肥について検討した。

### 試 験 方 法

供試品種はG4589およびP3358を用い、愛媛大学農学部構内の水田転換畑を供試し1988年5月15日に畦間75cm、株間30cmの2粒まきで播種した。施肥は基肥として、堆肥 $200\text{ kg a}^{-1}$ 、化成肥料(15-15-15)を $10\text{ kg a}^{-1}$ 施用した対照区と、基肥を対照区と同一にし雄花抽出期に尿素を $0.4\text{ kg a}^{-1}$ 施用した後期追肥区(以下、追肥区)を設けた。1プロットの面積は $12\text{ m}^2$ とし、3区制で実施した。刈取りは黄熟期(8月12日)に行い生育ならびに収量の調査を行った。ついで、G4589を用いてサイレージを調製した。サイレージの調製は刈取後、ただちにカッターで2~3cmに細切し、 $200\text{ L}$ 容のサイロに詰め込み、

ビニールフィルムで密封したのち、コンクリート製畜舎内に置床した。サイロは約50日後に開封しサイレージの品質評価を行うとともに、1試験区に緬羊3頭を配置し、全糞採取法による消化試験を実施した。

### 試 験 結 果

後期追肥がトウモロコシの生育ならびにホールクロップ収量に及ぼす影響についてはTable 8に示すとおりである。追肥区は対照区に比べて草丈、稈長がともに高く、下葉の枯れ上がりが少なく、生葉重が多かった。また、追肥区は生草収量、乾物収量ともに高く、乾物収量では対照区に比べて追肥区は約20%増収し、雌穂重割合がやや高まる傾向を示した。

後期追肥がトウモロコシサイレージの発酵品質に及ぼす影響についてはTable 9に示すとおりである。サイレージの水分含量は追肥区がやや高かった。サイレージのpHは追肥区が対照区に比べて低く、有機酸組成では追肥区が対照区に比べて酢酸含量が低く、乳酸含量が高い傾向が認められた。

後期追肥がトウモロコシサイレージの一般成分、消化率および可消化養分含量に及ぼす影響についてはTable 10に示すとおりである。一般成分では追肥区は粗蛋白質とNFEの含量が高く、粗繊維含量が減少した。成分消化率の比較では、追肥区は対照区に比べて粗蛋白質の消化率が高かった。一般成分と消化率から可消化養分含量を求めた結果、DCP、TDNの含量が追肥区でともに高くなり、飼料価に対する後期追肥の改善効果が顕著に認められた。乾物収量と

Table 8. Effect of top-dressing on growth and whole crop yield of corn.

Variety	Fertilizing	Plant	Culm	Dead leaf	Green	Dry	Dry matter	Yield rate (%)		
		length (cm)	length (cm)	rate (%)	yield (kg a <sup>-1</sup> )	matter (%)	yield (kg a <sup>-1</sup> )	Stem	Leaf	Ear
G4589	Control*	269	240	12	450	30.4	136.8 (100)	42	13	45
	Top-dressing**	284	253	4	572	29.2	167.0 (122)	41	13	46
P3358	Control	279	247	15	441	29.6	130.5 (100)	37	20	43
	Top-dressing	297	261	10	542	28.4	153.9 (118)	36	19	45

\* Based dressing only. \*\* Both based dressing and top-dressing applied.

Table 9. Effect of top-dressing on the fermentative quality of corn silage.

Time of harvesting	Method of fertilizer application	Moisture (%)	pH	Organic acid (FM %)				Flieg's score
				Acetic	Butyric	Lactic	Total	
Yellow	Control	23.1	3.84	0.26	0	1.78	2.04	100
ripe	Top-dressing	23.9	3.69	0.23	0	1.85	2.08	100
Full	Control	28.5	3.89	0.24	0	1.82	2.06	100
ripe	Top-dressing	30.1	3.70	0.20	0	1.90	2.10	100

Table 10. Effect of top dressing on chemical composition, digestibility and digestible nutrients in whole crop corn silage\*.

Time of harvesting	Method of fertilizer application	Chemical composition (DM %)					Digestibility** (%)				Digestible nutrients (DM %)	
		Crude protein	Crude fat	Crude fiber	NFE	Crude ash	Crude protein	Crude fat	Crude fiber	NFE	DCP	TDN
Yellow	Control	5.4	3.2	24.7	60.3	6.4	48	75	67	72	2.6(100)	68.0(100)
ripe	Top-dressing	6.7	3.2	20.8	63.5	5.8	55	78	62	76	3.7(142)	70.5(104)
Full	Control	5.7	3.4	21.0	64.5	5.4	45	73	63	73	2.6(100)	68.5(100)
ripe	Top-dressing	6.1	4.4	20.7	63.4	5.4	53	76	61	74	3.2(123)	70.2(103)

\* Experimental variety is G4578. \*\* Three wether were used for this conventional digestion trial.

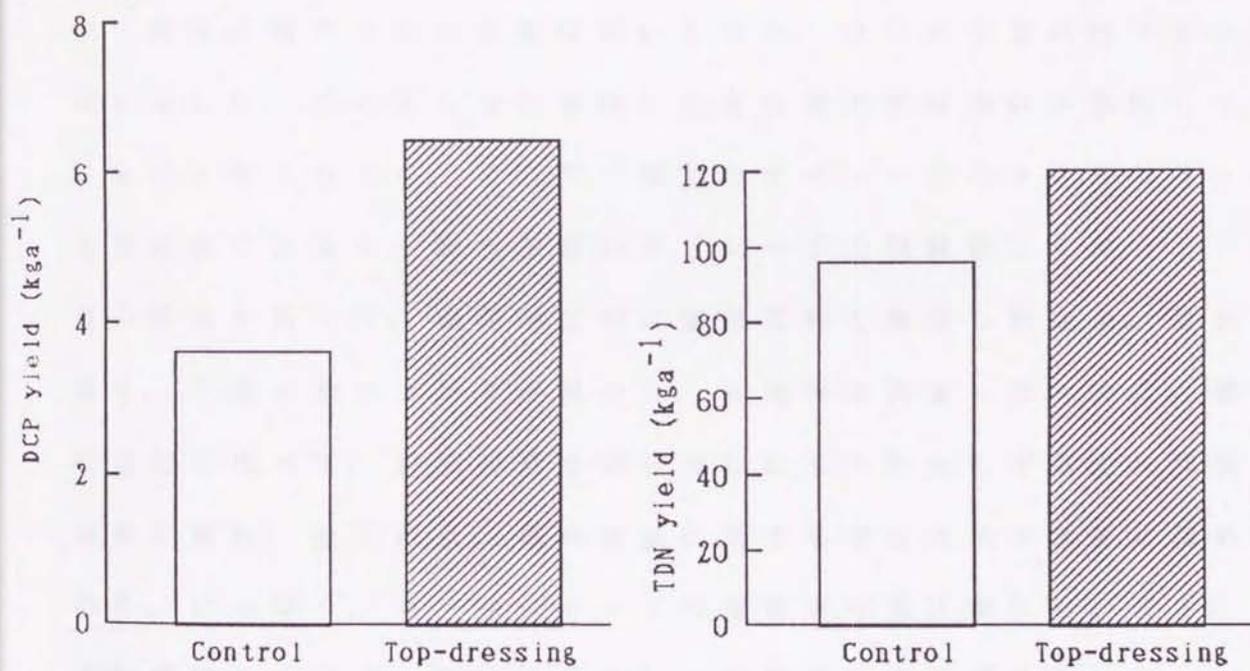


Fig. 2. Effect of top-dressing on digestible nutrients yield.

サイレージの可消化養分含量から可消化養分収量を求めた結果は Fig. 2 に示すとおりである。すなわち、追肥区は対照区に比べて D C P 収量、T D N 収量ともに著しく高くなった。

#### 考 察

暖地におけるサイレージ用トウモロコシは T D N 収量の面からみて、中・晩生品種が適することを明らかにしたが、生育期間の長い中・晩生品種で T D N 含量は高いものの、D C P 含量が低下する傾向を示した。このような結果は、生育後期の肥料切れが原因しているものと考えられる。そこで、暖地のサイレージ用トウモロコシの主要品種である中・晩生品種のサイレージの飼料価とくに D C P 含量の改善を狙って、雄花抽出期に窒素肥料を施用した結果、葉色が濃く、下葉の枯れ上がりが減少し、生葉率が高まった。また、慣行の追肥に比べて、追肥時期を遅らせたにもかかわらず草丈、稈長の伸長が優れ、生草収量、乾物収量に対する増収効果が顕著に認められた。いっぽう、ホールクロップの部位別収量比率においても、わずかではあるが茎の割合が減少し、雌穂重割合は高くなった。

青田ら(1985)は低湿重粘土転換畑におけるトウモロコシの器官別割合に対する窒素施用量との影響について検討し、窒素欠乏によってトウモロコシは稈長、雌穂長の短小化、生葉数の減少、雌穂重割合が低下することを認めた。また、田中ら(1969)はトウモロコシの登熟期における葉身の窒素含有率と乾物生産との間には正の高い相関があることを指摘している。したがって、本試験の結果が示すように、暖地における中・晩生品種のホールクロップ利用では、生育

後期に肥料切れをおこすので、乾物収量を顕著に高めるためには雄花抽出期の追肥が有効であると思われる。

サイレージの発酵品質に対する後期追肥の影響についてみると、追肥区では対照区に比べてサイレージのpHがわずかであるが低く、乳酸含量が高まった。このことは追肥区は対照区に比べて枯葉割合が低下し、稈中のWSC含量を高めたことが原因しているものと考えられる。

つぎに、サイレージの化学成分、消化率、可消化養分含量および可消化養分収量に対する追肥の影響についてみると、化学成分は追肥によって粗蛋白質、NFE含量が高くなり、相対的に粗繊維含量が低下した。いっぽう、成分消化率についてみると、成分含量の高くなった追肥区の粗蛋白質とNFEの消化率が高くなった。これらの結果から、追肥区のDCP含量とTDN含量が高くなり、とくにDCP含量に対する追肥効果が明らかに認められた。さらに乾物収量とサイレージの可消化養分含量の積から可消化養分収量を算出した結果では、対照区に比べて追肥区の増収割合はDCP収量では74%、TDN収量では27%を示し、可消化養分収量に対する後期追肥の効果は極めて高いことが認められた。

以上のことから、暖地のサイレージ用トウモロコシの主要な構成品種である中・晩生品種では生育期間が長く、そのために生育後期における肥料切れが起こり、ホールクロップサイレージの飼料価を低下させる原因となっている。したがって、生育後期の追肥を施用する必要があると考えられる。

## 第7節 窒素施用水準がトウモロコシサイレージの飼料特性に及ぼす影響

第6節において暖地のサイレージ用トウモロコシの主要品種である中・晩生品種を用いたサイレージのDCP含量が低い原因は、生育後期における肥料切れによることが示唆され、その対策として窒素肥料の追肥が有効であることを述べた。

そこで、本節では暖地のホールクロップサイレージ利用における適正な施肥量を検討するために、施肥水準がトウモロコシの生育収量、サイレージの発酵品質ならびに飼料価に及ぼす影響について検討した。また、窒素施用水準が高くなるとサイレージ中の硝酸含量が高くなり、家畜の硝酸中毒症の発生が予測されたので、施用水準とサイレージ中の硝酸含量の関係についても検討した。

### 試 験 方 法

サイレージ用トウモロコシG4578を供試し、1987年6月5日に愛媛大学農学部構内の水田転換畑に畦間75 cm、株間30 cmの2粒まきで播種した。施肥量はTable 11のとおりである。別にきゅう肥を $150 \text{ kg a}^{-1}$ と消石灰 $10 \text{ kg a}^{-1}$ を耕起前に施用した。試験区は基肥に化成肥料(15-15-15)を用い、三要素を $1.0 \text{ kg a}^{-1}$ 施用した区(N区)、 $2.0 \text{ kg a}^{-1}$ 施用した区(2N区)、 $3.0 \text{ kg a}^{-1}$ 施用した区(3N区)および $4.0 \text{ kg a}^{-1}$ 施用した区(4N区)を設けた。追肥は尿素を用いて6月27日に、各試験区に窒素成分で $0.5 \text{ kg a}^{-1}$ 施用した。収穫は黄熟期(8月25日)に行った。1区の面積は $12 \text{ m}^2$ ( $3 \text{ m} \times 4 \text{ m}$ )とし、3区

Table 11. Design of fertilizer application (kg a<sup>-1</sup>).

Fertilizer application	N			2N			3N			4N		
	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O
Basal dressing*	1.0	1.0	1.0	2.0	2.0	2.0	3.0	3.0	3.0	4.0	4.0	4.0
Additional dressing**	0.5	-	-	0.5	-	-	0.5	-	-	0.5	-	-

\* Compound fertilizer. \*\* Urea.

制乱塊法で実施した。収穫したトウモロコシはただちにカッターで約3 cmに細切し、200 l容のプラスチックサイロに詰め込んでサイレージを調製した。サイロは約50日目から開封してサイレージの発酵品質を調べるとともに、各区に緬羊3頭を配置し、全糞採取法による消化試験を実施した。分析はサイレージおよび糞の一般成分は常法、サイレージの有機酸組成はフリーク法、硝酸態窒素の分析はMorris *et al.*の方法(森本 1971e)によって行った。

### 試 験 結 果

窒素施用水準がトウモロコシホールクロップ収量に及ぼす影響についてはTable 12に示すとおりである。生草収量、乾物収量ともに窒素施用量に比例して増収し、4 N区はN区の2倍の収量を示した。窒素の施用水準が部位別収量比率に及ぼす影響については、窒素施用水準が高まるにつれて雌穂重の比率が高まる傾向があった。

窒素施用水準がトウモロコシホールクロップサイレージの発酵品質に及ぼす影響についてはTable 13に示すとおりである。いずれのサイレージもpHが低く、乳酸含量が2%前後を示し、発酵品質は極めて優れていた。

窒素施用水準がトウモロコシホールクロップサイレージの化学成分、消化率および可消化養分含量に及ぼす影響についてはTable 14に示すとおりである。窒素施用水準が高くなるにつれて粗蛋白質と粗繊維、粗灰分の各含量が高まり、N F E含量が低くなる傾向を示

Table 12. Effect of application rate of N dressing on the growth and whole crop yield of corn.

Fertilizer application	Plant length (cm)	Culm length (cm)	Green yield (kg a <sup>-1</sup> )	Dry matter (%)	Dry matter yield (kg a <sup>-1</sup> )	Yield rate (%)		
						Stem	Leaf	Ear
N	263	234	306 <sup>a*</sup>	27.8	85 <sup>a</sup> (100)	41	15	44
2N	271	241	489 <sup>b</sup>	26.4	129 <sup>b</sup> (152)	42	14	44
3N	289	258	592 <sup>c</sup>	26.0	154 <sup>c</sup> (181)	38	16	46
4N	293	260	685 <sup>d</sup>	25.7	176 <sup>d</sup> (207)	37	16	47

\* Statistically significant at the 5 % level, a>b>c>d.

Table 13. Corn yield ,fermentative quality and NO<sub>3</sub>-N content in corn silage.

Fertilizer application	Corn yield (kgDMA <sup>-1</sup> )	Moisture (%)	pH	Organic acid (FM %)				Flieg's score	NO <sub>3</sub> -N (DM %)
				Acetic	Butyric	Lactic	Total		
N	85 <sup>a</sup>	72.4	3.4	0.20	0	1.98	2.18	100	0.05 <sup>a</sup>
2N	129 <sup>b</sup>	72.7	3.5	0.15	0	2.04	2.19	100	0.07 <sup>b</sup>
3N	154 <sup>c</sup>	72.1	3.5	0.34	0	2.10	2.44	100	0.12 <sup>c</sup>
4N	176 <sup>d</sup>	72.0	3.5	0.27	0	1.94	2.21	100	0.16 <sup>d</sup>

\* Statistically significant at the 5 % level, a>b>c>d.

Table 14. Effect of N dressing rate on chemical composition, digestibility and digestible nutrients in whole crop corn silage.

Fertilizer application	Chemical composition (DM %)					Digestibility (%)			Digestible nutrients(DM %)		
	Crude	Crude	Crude		Crude	Crude	Crude				
	protein	fat	fiber	NFE	ash	protein	fat	fiber	NFE	DCP	TDN
N	7.2 <sup>b</sup>	4.2	25.2	58.9	4.5	50	83	65	73	3.7 <sup>b</sup>	71.2
2N	7.7 <sup>ab</sup>	4.3	25.5	57.5	5.0	52	79	62	72	4.0 <sup>ab</sup>	68.9
3N	8.0 <sup>ab</sup>	4.5	26.4	55.7	5.4	52	81	66	70	4.2 <sup>ab</sup>	68.8
4N	9.1 <sup>a</sup>	4.0	26.2	55.2	5.5	54	78	65	71	4.9 <sup>a</sup>	68.2

\* Statistically significant at the 5 % level, a>b.

したが、有意ではなかった。各成分消化率については一定した傾向がなかった。可消化養分含量については窒素施用水準が高まるにつれてDCP含量が高くなった。窒素施用水準の影響はホールクロップサイレージの粗蛋白質含量とDCP含量に影響を及ぼすが、消化率には影響しなかった。つぎに、窒素施用水準とトウモロコシホールクロップサイレージ中の硝酸含量との関係についてみると、窒素施用水準が高くなるにつれてサイレージ中の硝酸含量は高くなり、4N区は硝酸中毒の危険限界とされる0.15%を超えた。

#### 考 察

近年、暖地においてもサイレージの通年給与技術が普及し、サイレージ用トウモロコシが広く栽培されるようになった。これまでのわが国における青刈トウモロコシの栽培は1970年～1980年を境界にして栽培品種、栽培法が一変した。すなわち、境界以前では晩生種のイエローデントあるいはホワイトデントなどの茎葉利用型品種が主体で、茎葉収量を高めるために密植栽培が行われた。しかも刈取りが遅れると倒伏するので絹糸抽出期以前に若刈した。このような栽培利用法ではトウモロコシの生育期間は短く、初期生育を促す意味から基肥を中心とした施肥がとられ、倒伏を免れるために比較的少肥栽培が行われてきた。ちなみに1961年に設定された北海道における施肥基準(戸澤 1981i)を示すと、窒素、磷酸、加里はそれぞれ $0.5 \sim 0.8 \text{ kg a}^{-1}$ 、 $0.6 \sim 0.8 \text{ kg a}^{-1}$ 、 $0.5 \sim 0.6 \text{ kg a}^{-1}$ とされている。当時、暖地においてもこれに準じた栽培法や利用法がとられていた。ところが、1980年代になって、従来の茎葉利用型品種に変わって米

国から早生系の F<sub>1</sub> 品種が導入され、雌穂をよく充実させて収穫するホールクロップ利用の有利性が認められ、これが普及した。その栽培法は従来の茎葉利用法に比べて著しく粗植となり、しかも生育期間が一段と長くなった。その結果、北海道では施肥基準が1983年に改訂され(戸澤 1981i)、窒素施用量は1.5 kg a<sup>-1</sup>前後で分施を前提とし、基肥は0.7~0.8 kg a<sup>-1</sup>を施し、残りは4葉期を中心に分施するとしている。いっぽう、暖地においても標準的な施肥量が示され(飯田 1981c)、苦土石灰10 kg a<sup>-1</sup>、溶燐10 kg a<sup>-1</sup>、きゅう肥500 kg a<sup>-1</sup>程度に3要素を各1.0~1.5 kg a<sup>-1</sup>とし、基肥に緩効性の化成肥料やきゅう肥を施せば追肥は必ずしも必要でないとしている。しかし第6節の結果は従来の施肥基準では生育後期に肥料切れを生じた。そこで暖地サイレージ用トウモロコシの適正な施肥量を検討するために、窒素の施用水準を変えてトウモロコシの生育収量、サイレージ品質および飼料価について検討した。その結果、トウモロコシは窒素施用水準が高まるにつれて生育が旺盛となり、乾物収量が窒素施用水準の増加に伴ってほぼ直線的に増加し、窒素施用量に対して敏感に反応した。いっぽう、ホールクロップ収量に対する器官別の収量比率については、雌穂重割合がやや高まる傾向が認められた。トウモロコシに対する窒素肥料の不足は雌穂重割合が減少するとされているが(青田ら 1985)、本試験における施用水準の範囲内ではその影響は軽微であった。これは本試験の最小窒素施用量が1.0 kg a<sup>-1</sup>であり、比較的窒素の施用水準が高かったことによるものである。いっぽう、多肥栽培の4N区においても増収した。この理由として供試品種は葉身が直立しで受光態勢が優れ、しかも着雌穂高が低く、耐倒伏性に優れたからであろう。サイレージの発酵品質に及ぼす影

響についてみると、本試験の窒素施用量の範囲内ではサイレージの発酵品質に影響がなく、いずれのサイレージも高品質であった。

つぎに、サイレージの飼料価に及ぼす影響についてみると、窒素施用量の増加につれてサイレージの粗蛋白質含量が有意に高まり、かつ消化率も改善された結果、サイレージのDCP含量は有意に高まったが、TDN含量には影響を及ぼさなかった。

いっぽう、サイレージ中の硝酸態窒素含量は窒素施用水準が高まるにつれて直線的に増加し、4N区では家畜中毒の危険限界とされる0.15%(Adamus and Guss 1965)を超え0.16%に達した。したがって、窒素施用量を $3.0 \text{ kg a}^{-1}$ 以下に抑えればトウモロコシホールクロップサイレージの硝酸中毒による危険性は一応ないものと推定される。

以上のことから、暖地のサイレージ用トウモロコシの栽培はその生育収量、サイレージ品質および飼料価から判断して、多肥栽培が適するものと考えられる。しかし、超多肥栽培では乾物収量はさらに高くなるが、サイレージ中の硝酸態窒素含量が高く、家畜に対する硝酸中毒の危険限界を超えた。したがって、硝酸中毒の危険を考慮したサイレージ用トウモロコシの窒素の施用量は $3.0 \text{ kg a}^{-1}$ が上限であると考えられる。

## 第8節 トウモロコシの耐湿性の品種間差異

近年、水田転換畑に飼料用トウモロコシが広く栽培されるようになったが、水田転換畑では水稲作期中、地下水位の上昇や大雨による停滞水などによって湿害を被ることが少なくない。今後、水田における飼料用トウモロコシの栽培を拡大するためには、トウモロコシの耐湿性の品種間差異を明らかにすることが必要と考えられる。

そこで、本節ではトウモロコシ19品種に湛水処理を行い生育収量および乾物消化率に及ぼす影響について検討した。

### 試 験 方 法

1987年5月22日に愛媛大学農学部内の水田転換畑にトウモロコシを播種した。播種法は畦立てしたのち、畦間75cm、株間30cmの2粒播とした。処理は同一圃場（面積4a）を3分割し、4～5葉期湛水区（A区）、8～9葉期湛水区（B区）および無湛水の対照区（C区）を設け、各区を2分割し、1プロットの面積を3㎡として19品種を2反復で播種した。湛水区は圃場の周囲をアゼシートを張って圃場全面が水深2～3cmになるように水道水を常時灌漑した。湛水による作物の湿害程度は、水温の影響が大きいことが知られているので（松川ら 1983）、長い塩ビパイプに10cm間隔で小孔をあけ、そのパイプに通水して灌漑した。A区は6月4日から、B区は6月16日から灌漑し、それぞれ5日間湛水処理を行った。施肥量は基肥に化成肥料を用いて各三要素を $1.5 \text{ kg a}^{-1}$ 施用した。追肥はA区とB区は湛水処理終了後3日目に窒素成分（尿素）で $0.4 \text{ kg a}^{-1}$ 、C区は

A区とB区の施用時に $0.2 \text{ kg a}^{-1}$ をそれぞれ施用した。

収穫は黄熟期に行い収量調査を実施したが、品種によっては刈遅れたものもあった。収穫物の化学成分の分析は常法、乾物消化率はtwo step法によって分析した。なお、本試験では耐湿性を表示する指標として乾物収量指数を用いた。乾物収量指数は対照区の乾物収量を100として湛水区の乾物収量を指数で示した。

### 試 験 結 果

湛水処理がトウモロコシの生育収量に及ぼす影響についてはTable 15に示すとおりである。湛水によって稈長、節数のいずれも低減した。部位別収量比率では処理により雌穂部が低下する傾向を示した。処理期の影響についてはA処理はB処理に比較して、稈長、節数、雌穂重割合が劣った。乾物収量は湛水処理によって約30%減収したが、A区とB区の間にはほとんど差がなかった。

湛水処理がトウモロコシの乾物収量に及ぼす影響についてはTable 16に示すとおりである。A区における乾物収量指数は55~83、B区では51~91の範囲をそれぞれ示し、品種間に明瞭な差が認められ、タカネワセ、ムツミドリ、日向コーン、交1号の日本育成品種および871194、872096などの東南アジアの栽培品種が上位を占め、下位はディア、JX77などの極早生および早生品種であった。

湛水処理の時期がトウモロコシの乾物収量に及ぼす影響についてはFig. 3に示すとおりである。各品種におけるA処理の乾物収量指数とB処理の乾物収量指数との間には高い順位相関が認められた( $r_s=0.873^{**}$ )。

Table 15. Effect of flooding on growth and yield of corn.

Time of flooding	Plant	Culm	Ear	Ear ripe	Node	Yield rate (%)			Dry matter
	length	length	height	rate	number	—————			yield
	(cm)	(cm)	(cm)	(%)		Stem	Leaf	Ear	(kg a <sup>-1</sup> )
Control	265.1 (100)	222.1 (100)	112.9 (100)	97.2 (100)	17.8	32	21	47	175.1 (100)
4 leaves stage	229.0 (86)	180.7 (81)	97.1 (86)	85.4 (88)	15.9	39	22	39	127.7 (73)
8 leaves stage	229.2 (86)	186.6 (84)	89.0 (79)	88.4 (91)	16.7	34	21	45	121.4 (69)

\* Mean of 9 varieties.

Table 16. Wet endurance ratio in different silage corn varieties.

Variety	Wet endurance ratio*		
	4 leaves stage	8 leaves stage	Control
Takanewase	83	80	100
Mutsumidori	83	88	100
G4578	83	92	100
Hyuga corn	82	92	100
Ko 1 gou	82	90	100
871194	76	80	100
872096	75	83	100
P3732	75	60	100
G4614	74	71	100
JX167	72	68	100
Ko 3 gou	72	80	100
P3540	72	74	100
P3147	71	73	100
P3160	68	72	100
G4589	64	58	100
G4743	62	63	100
P3352	59	57	100
JX77	59	51	100
Deer	55	53	100
means	75.0	75.1	100

$$* \text{ Wet endurance ratio} = \frac{\text{DM yield of submergence}}{\text{DM yield of control}} \times 100$$

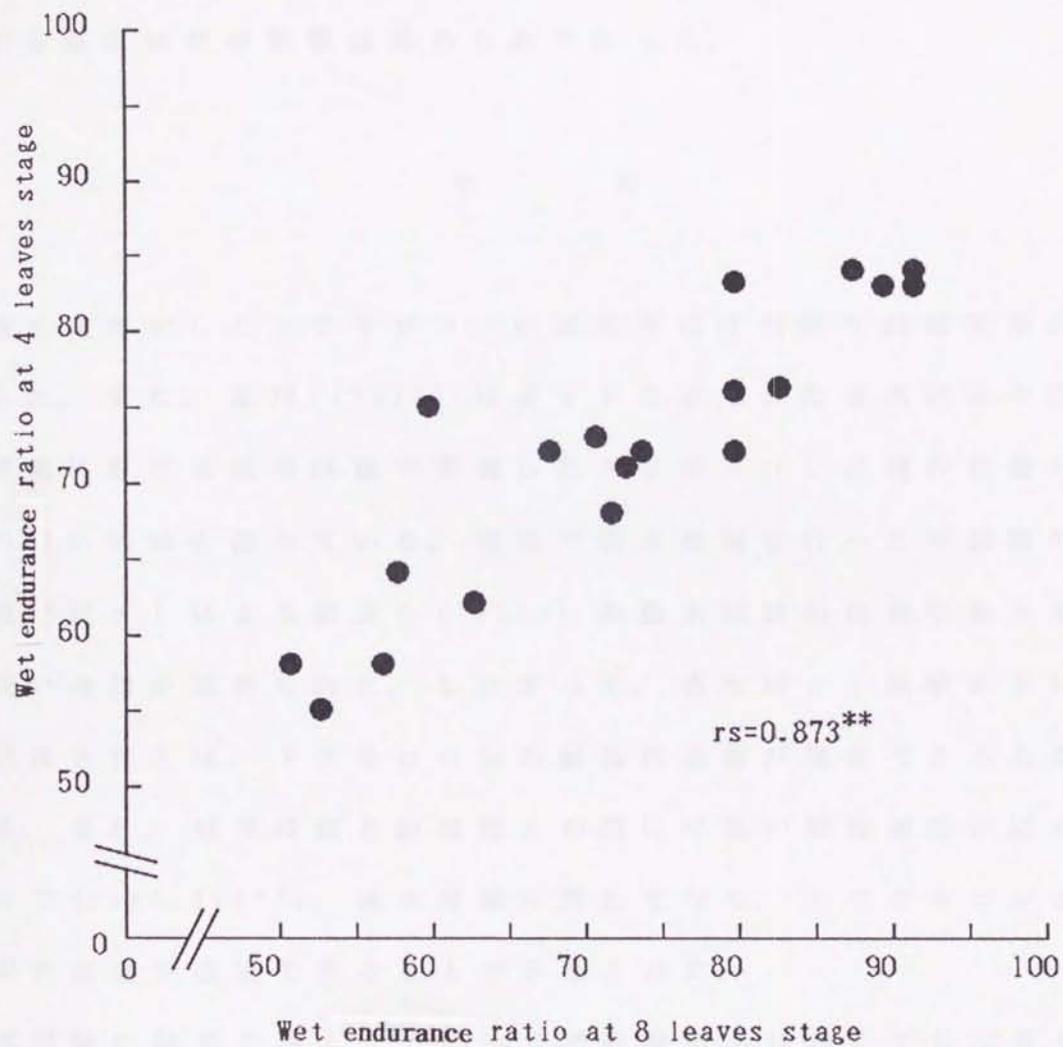


Fig.3. Effect of flooding on wet endurance ratio of silage corn.

湛水処理がトウモロコシの一般成分と乾物消化率に及ぼす影響についてはTable 17に示すとおりである。収穫物の一般成分については、粗蛋白質含量に湛水処理の影響が認められたが、その他の成分については、湛水処理によって粗脂肪含量と粗繊維含量に若干の影響があったが、有意差はなかった。ホールクロップの乾物消化率に対する湛水処理の影響は認められなかった。

### 考 察

湛水処理をしたトウモロコシの減収率には明瞭な品種間差が認められた。また、飯田(1981b)はポットを使用した湛水試験の収量と湿潤地における圃場試験で実施したトウモロコシ品種の収量の間、正の高い相関を認めている。圃場で湛水処理を行った本試験の乾物収量とポットによる熊井ら(1989a)の湛水試験の乾物収量との間にも高い相関が認められた。したがって、湛水ポット試験あるいは圃場試験を行えば、トウモロコシの耐湿性品種が選定できると考えられる。また、処理時期と耐湿性との間には高い順位相関が認められるので( $r_s=0.873^{**}$ )、湛水時期に関わりなく、トウモロコシ品種の耐湿性程度が推定できることが示唆された。

本試験の結果が示すように、乾物の減収率は総じて日本育成品種、東南アジア栽培品種が低かった。極早生品種の耐湿性が劣った理由としては、湛水後の回復期間が短く、より処理の影響を強く受けたものと考えられる。この結果から、しばしば湛水を受ける転換畑では、生育期間の長い中・晩生品種を選定することが適切と考えられる。

Table 17. Effect of flooding on chemical composition and IVDMD of whole crop corn.

Time of flooding	Chemical composition (DM %)					
	Crude	Crude	Crude	NFE	Crude	IVDMD
	protein	fat	fiber		ash	
Control	5.6±0.9	2.9±0.7	19.0±2.4	67.2±2.6	5.3±0.7	68.9±3.1
4 leaves stage	4.4±0.4	2.4±0.3	20.4±1.6	67.1±1.7	5.7±0.6	69.9±4.7
8 leaves stage	5.0±0.7	2.7±0.3	19.8±2.4	67.1±2.1	5.4±0.5	68.1±4.0

\* Mean of 9 varieties.

乾物収量に対する湛水処理時期の影響は、A区とB区とでは差がなかったが、稈長、節数はA区が劣り、A区が処理の影響を強く受けた。また子実収量に関連する雌穂率はA区がB区に劣った。Chaudhry *et al.* (1975)の若い生育ステージの湛水は子実収量が低下するという結果と一致した。なお、Chaudhry *et al.* (1975)は湛水による生育障害は、水温の低い時期が高い時期より軽いとしている。

つぎに、湛水処理がホールクロップの飼料価に及ぼす影響を明らかにするために収穫物の一般成分とIVDMDを検討した。その結果、粗蛋白質含量は湛水処理の影響が認められた。この理由は湛水による土壌のEhの低下による脱窒と流亡により、土壌中の窒素成分が低下したものと考えられる。IVDMDは予想に反して処理の影響が認められなかった。井上ら(1989)は飼料用トウモロコシ交雑種の茎葉の飼料価と子実割合との間に負の相関を認めている。この結果から、湛水処理したトウモロコシは雌穂率が低下するが、穂に転流するはずの同化生産物が茎葉中に蓄積するためにホールクロップのIVDMDに差を生じなかったものと推定される。

## 第9節 摘 要

本研究は暖地におけるサイレージ用トウモロコシの合理的な栽培・利用法を確立するために、早晩性の異なるサイレージ用品種を試し、生育収量、サイレージ品質、飼料価について検討した。また、サイレージ用トウモロコシに対する施肥量と後期追肥の影響について検討した。水田転換畑におけるトウモロコシの安定生産を図るために、5葉期と8葉期に湛水処理を施し、耐湿性に対するトウモロコシの品種間差異について検討した。得られた結果を要約すると以下のとおりである。

(1) 暖地におけるトウモロコシの生育は旺盛で、極早生品種は76日、早生品種は83日、中・晩生品種では92日でそれぞれ黄熟期に達した。この時に得られた乾物収量の平均値は極早生品種は111 kg a<sup>-1</sup>、早生品種は105 kg a<sup>-1</sup>、中・晩生品種では177 kg a<sup>-1</sup>であった。

(2) トウモロコシの登熟ステージ別乾物消化率は乳熟期63%、糊熟期68%、黄熟期70%および過熟期で66%を示し、黄熟期が最も高かった。

(3) 黄熟期トウモロコシサイレージはpHが低く、3.5~3.9の至適範囲を示した。有機酸組成は良好であったが、極早生品種および早生品種は中・晩生品種に比べて酢酸含量がやや高く、フリーク評点は中・晩生品種が100点を示したのに対して極早生品種は98点、早生品種は92点であった。

(4) 黄熟期トウモロコシサイレージのDCP含量は3.1~4.8%、TDN含量は67.2~73.1%の範囲を示し、品種間差が認められた。早晩性別による品種群との間には、DCP含量は早生品種が晩生品

種に比べて高い傾向を示したが、T D N 含量では差は認められなかった。

(5) サイレージ用トウモロコシは多肥栽培が適し、雄花抽出期の追肥によってD C P 含量とホールクロップ収量が大幅に向上した。

(6) 湛水処理によってトウモロコシは稈長、節数、雌穂割合を減じ、乾物収量は低下した。その減収割合は品種によって異なり、晩生品種が早生品種より、また、日本育成品種や東南アジアの品種が減収割合が少なく、耐湿性を示した。たほう、I V D M D に対する湛水処理の影響は認められなかった。

### 第3章 ソルガムホールクroppサイレージ

#### 第1節 緒言

ソルガム (*Sorghum bicolor* Moench) は熱帯アフリカに起源をもつ雑穀で、紀元前10世紀以前にエチオピア付近で栽培が始まったとされ (農林省熱帯農業研究センター 1975b)、紀元前4世紀以前にインドに入り、さらに陸路によって中国に伝播し、コウリャン (高粱) の系統として成立した。わが国への渡来は中世とされ、アメリカへは1853年にフランスから *chinese sorgo* が導入されている (農林省熱帯農業研究センター 1975b)。主なソルガムの栽培地はインドをはじめ、中国、南アフリカ連邦、米国などで、その用途は子実が食糧および飼料用に、茎葉が家畜の粗飼料や燃料となっている (高野ら 1989b)。

わが国における青刈ソルガムの栽培は、水田転換畑での転作飼料作物として1970年頃より始まった (高野ら 1989b)。青刈ソルガム (以下、ソルガム) はタンニン含量 (Cummins 1971)、繊維含量 (相井 1972; Marten *et al.* 1975; Schmid *et al.* 1975; 福見ら 1983a; 熊井ら 1983) および珪酸含量 (Harris *et al.* 1970; Cummins 1971; 相井 1972; Marten *et al.* 1975; Sahara *et al.* 1979; 恒吉 1981) が高く、青刈トウモロコシ (以下、トウモロコシ) に比べて消化性 (Marten *et al.* 1975; Schmid *et al.* 1975; 福見ら 1983b; 熊井ら 1983)、採食性 (Schmid *et al.* 1976; 三秋ら 1981b; 1989) が一般に劣ることが認められている。その反面、ソルガムは乾物生産力が高く (恒吉 1981; 福見ら 1983a; 西村ら 1984)、しかも土壌水

分に対する適応性に優れ、干ばつ常襲地帯から多湿な水田転換畑にも良く生育する(樽本 1971; 江原 1979; 西村ら 1984; 松浦 1990)。さらに、4、5月に早播きすれば、サイレージ用として年2回刈も可能である。また、西南暖地では台風や豪雨による倒伏害が懸念されるが、供試品種によっては、ソルガムはトウモロコシより倒伏に強く、かりに倒伏しても、刈取れば刈株から再生し、その危険を回避あるいは軽減できる利点を有している。このため暖地では、ソルガムの収穫量はトウモロコシのそれに匹敵しており(農林水産省統計情報部1993)、近年に至って関東から東北地方まで栽培域が急速に拡がっている。

近年、暖地においても通年サイレージ給与体系が定着し、それに伴ってソルガムホールクロップサイレージの利用が広く行われるようになり、従来の茎葉型ソルガムに変わって、サイレージ用として兼用型や子実型(高野ら 1989b)のソルガムが栽培されるようになった。しかしながら、これらサイレージ用ソルガム品種の生育特性、サイレージの発酵品質および飼料価についてはこれまでほとんど検討されていなかった。したがって、今後はサイレージ用ソルガムの栽培・利用を進める上で、これらの諸点を明らかにすることが極めて重要と考えられる。

ところで、筆者はソルガムホールクロップサイレージがトウモロコシサイレージより未消化子実の排泄が多いことを観察しているが、わが国においてはソルガムサイレージの未消化子実排泄量に関するデータがなく、この実態を明らかにすることが、サイレージ用ソルガムを利用する上で極めて重要である。

また、いっぽうでは牛用の粗飼料の飼料価を評価する消化試験に

は、家畜と飼料の確保、労力などの制約から、慣行的に緬・山羊を牛の代わりに供用していた。しかし、ホールクロップサイレージの場合、茎葉主体の牧草や青刈飼料作物と異なり、未消化子実の排泄率は緬羊と乳牛とで異なることが予測される。したがって、ホールクロップサイレージの場合、これまでのように緬羊で得られた消化率を牛用にそのまま適用することには疑問が残り (Wilson *et al.* 1972; Tyrrel and Moe 1975; 名久井ら 1977 1981b 1982b; 阿部(亮)ら 1984), この点に関する検討も必要であると思われる。

そこで、本章ではこれらの問題点を明らかにするために、サイレージ用ソルガム品種の生育特性、サイレージの発酵品質および飼料価を明らかにするとともに、同一サイレージを供試して乳牛と緬羊による未消化子実排泄を含めた消化試験を併せて実施したものである。

## 第2節 サイレージ利用からみたソルガムの品種分類

飼料用ソルガムはその利用目的と形態的特徴から短稈（稈長1.5m前後）で実取り用の子実型ソルガム，中稈（稈長2.0m前後）で実取り，茎葉利用ともに適する兼用型ソルガム，長稈（稈長2.4m以上），太茎で主に青刈利用されるソルゴー型ソルガムおよびスーダングラスとの一代雑種（*Sorghum sudanense* × *Sorghum bicolor*）で，青刈利用に適する茎葉型のスーダン型ソルガムの4つのタイプに分類（高野ら 1989b）されている。このなかでホールクロップサイレージ用（以下，サイレージ用）ソルガムとしては，子実と茎葉の収量が高く，かつ耐倒伏性が優れている兼用型品種が最も適している。

これらサイレージ用ソルガムの品種群のなかには，収穫期（乳熟期～糊熟期）になると，稈が多汁性でしかも強い甘味を呈する品種群と，茎は乾いて硬く，甘味に乏しい品種群とに大別できる。ソルガム稈の甘味の有無は家畜の採食性や飼料価，あるいはサイレージの発酵品質に大きく影響するものと考えられる。

そこで，本節では糊熟期におけるサイレージ用ソルガムの程中の単少糖含量の品種間差異について検討した。

## 試 験 方 法

供試品種は子実型ソルガムからNK280, Savanna 5, 瀬戸交3号の3品種, 兼用型品種のハイカロソルゴー(P956), スズホ(東山交2号)の2品種, ソルゴー型品種からサトウモロコシ(市販種, 日本総業), ハイシュガーソルゴー(FS401, 雪印種苗), ハイグレインソルゴー(P988, 雪印種苗), 雪印ハイブリッドソルゴー(FS401R, 雪印種苗)およびカネコゴールド(カネコ種苗)の5品種である。播種は1983年5月24日に畦巾60cm, 株間20cmで点播し, 2~3葉期に間引きを行い1株2本立とした。肥料は基肥に化成肥料(15-15-15)を用いて三要素を各 $1.5 \text{ kg a}^{-1}$ , 追肥として6月25日に各 $0.5 \text{ kg a}^{-1}$ 施用した。刈取りは糊熟期に行った。刈取ったソルガムはただちに穂部と葉部を切除して稈のみとし, 通風乾燥機を用いて $80^\circ\text{C}$ で24時間乾燥させたのち, ウイリーの粉碎機を用いて粉碎して1mmの篩を通し, 単少糖の分析試料とした。単少糖の分析は農水省畜試の方法(1981)によって実施した。

## 試 験 結 果

供試品種の稈の単少糖含量についてはTable 18に示すとおりである。

ソルガム稈の単少糖含量は5.5~18.9%の範囲を示し, 品種間差が認められた。稈中の単少糖含量が10%以上を示した品種はサトウモロコシ, ハイシュガーソルゴー, 雪印ハイブリッドソルゴー, ハイグレインソルゴーおよびNK280の5品種で, その範囲は13.4~18.9

Table 18. Mono,-oligo saccharides contents in sorghum varieties.

Type	Variety	Mono,-oligo saccharides content (DM %)
Grain type	NK-280	13.4
	Savanna 5	6.1
	Setoko 3	5.5
Double purpose type	Hi-caro (P956)	6.3
	Suzuho	5.7
Sorgo type	Satoumorokoshi	15.8
	High-sugar (FS401)	16.6
	High-grain (P988)	18.9
	Yukijirushi Hybrid (FS401R)	17.4
	Kaneko gold	6.1

％であった。それに対して Savanna 5, 瀬戸交 3 号, ハイカロソル  
ゴー, スズホおよびカネコゴールドは 5.5~6.3 %の範囲で, 稈中の  
単少糖含量は前者に比べて著しく低かった。

## 考 察

単少糖は家畜の栄養源として極めて重要であると同時に, サイレ  
ージ発酵の主要な基質でもある。本試験の結果が示すように, サイ  
レージ用ソルガムは収穫期(糊熟期)に達すると多量の単少糖を稈  
に蓄積し, 強い甘味を呈する品種と, 稈は水分が少なくパサパサで  
硬く, 単少糖含量が乏しい品種群とに大別することができた。そこ  
で, 本試験の結果をもとに稈の単少糖含量が乾物中 10% 以上を含有  
する品種群を糖蜜型品種, それ以下の品種群を非糖蜜型品種と呼称  
することにする。松浦(1990)は市販の糖蜜型品種はすべてソルゴ  
型ソルガムに属するとしているが, 本試験の結果においては, 子実  
型ソルガムに属するもののなかにも糖蜜型が含まれていた(NK280)。  
また, ソルゴー型品種のなかにも非糖蜜型が認められ(カネコゴ  
ールド), 形態上の差異によって茎の単少糖含量を類推することがで  
きなかった。また, 樽本(1971)は同一形態のソルガムのなかでもグ  
ループによって稈中の糖含量が異なることを指摘している。これら  
のことから, 従来の形態的な特徴による分類法(高野 1989b)に加え  
て, 稈の単少糖の蓄積量によって糖蜜型, 非糖蜜型に品種を分類す  
れば, サイレージ用ソルガムの品種特性が一段と明確化されること  
になり, サイレージ用品種としての適性の把握が容易であると考え  
られる。

### 第3節 播種期別ソルガムの生育特性と品種分類

サイレージ用ソルガムのなかには、作期によって同一品種とは思えない程、著しく異なる生育相を示すことがあり、しばしば誤った品種を播種したものと考えていたが、筆者らはこの原因をソルガム品種の感光性および感温性に基づく生育相の変化によるものと推定した。

そこで、本節では播種期がソルガム品種の出穂日数、稈長、葉数および乾物収量に及ぼす影響を調査した。

#### 試 験 方 法

品種はスズホ（東山交2号）、四国褐色在来（愛媛県久万町在来種）、ハイカロソルゴー（P956）、ハイシュガーソルゴー（FS401）、ハイグレインソルゴー（GS401）、スイートソルゴー（SS206）、雪印ハイブリッドソルゴー（FS401R）およびビッグシュガーソルゴー（FS902）を供試した。播種は1985年4月23日、5月17日、6月17日、7月9日、8月3日および8月17日の6回に分けて行った。播種法は畦幅60cmの条播とし、3～4葉期に株間約15cmになるように間引いた。施肥は基肥に化成肥料（15-15-15）を用いて三要素を各 $1.5\text{ kg a}^{-1}$ 施用した。生育調査は出穂期、主稈葉数（節数）、稈長および収量（糊熟期）について行った。

## 試 験 結 果

播種期と主稈葉数（節数）との関係はFig. 4-a, Fig. 4-bに示すとおりである。この図から明らかなように播種期に関わりなく主稈葉数がほぼ一定の値を示す品種群（Fig. 4-a）と播種期によってそれが著しく変動する品種群（Fig. 4-b）に群別することができた。そこで、前者を定常型品種、後者を変動型品種と呼称することにする。

播種期と出穂日数との関係はFig. 5-a, Fig. 5-bに示すとおりである。定常型品種では8月17日播きを除き、出穂日数は播種期が遅れるにつれて短縮した。いっぽう、変動型品種は早播きと晩播きで出穂日数が短縮し、中高の特徴あるパターンを示した。

播種期と稈長との関係はFig. 6-a, Fig. 6-bにそれぞれ示すとおりである。稈長は主稈葉数と類似したパターンを示し、定常型品種は播種期に関わりなく稈長はほぼ一定の値を示した（Fig. 6-a）。変動型品種は早播きと晩播きで稈長の著しい低下が認められ、とくに早播きにおいてその影響が著しかった（Fig. 6-b）。

定常型品種と変動型品種の各生育期間中のCGR ( $\text{kgDMa}^{-1}\text{day}^{-1}$ )の平均値はFig. 7に示すとおりである。4月播きを除き変動型品種のCGRは定常型品種に比べて高かった。播種期とCGRとの関係は、定常型品種は4月から7月の播種ではCGRの変動が小さく、7月以降では播種期が遅れるにつれて低下した。変動型品種のCGRは播種期が遅くなるにつれて高まり6月播きでピークを示し、以後、播種期が遅れるにつれて低下した。

Constant type

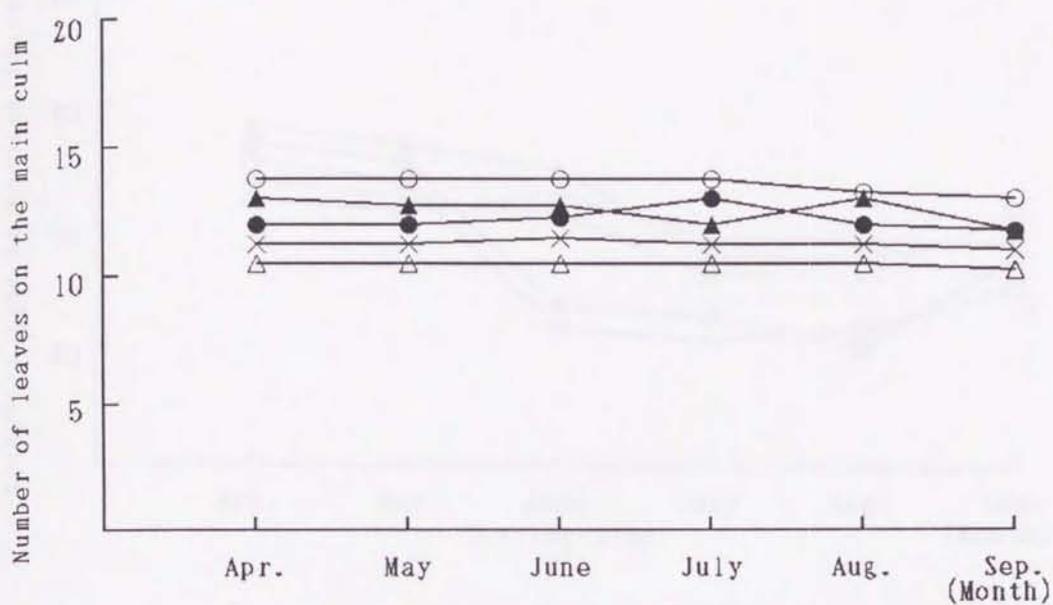


Fig. 4-a. Relationship between seeding time and number of leaves on the main culm.

●—●, hi-caro sorgho; △—△, sweet sorgho; ○—○, suzuko;  
▲—▲, shikoku native line; ×—×, hi-sugar sorgho.

Variant type

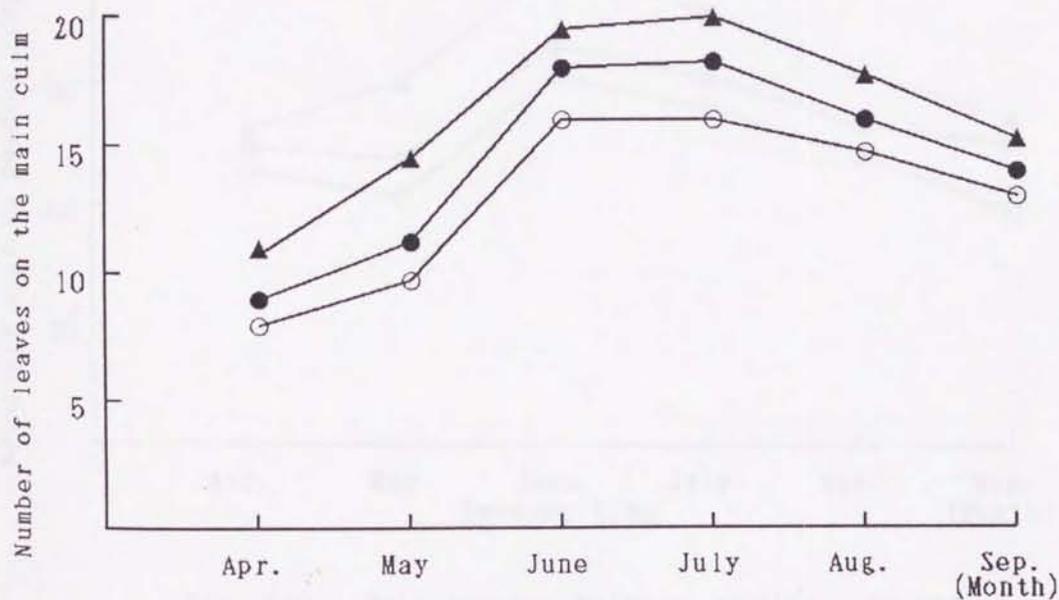


Fig. 4-b. Relationship between seeding time and number of leaves of main culm.

●—●, hybrid sorgho; ▲—▲, big sugar sorgho;  
○—○, hi-grain sorgho.

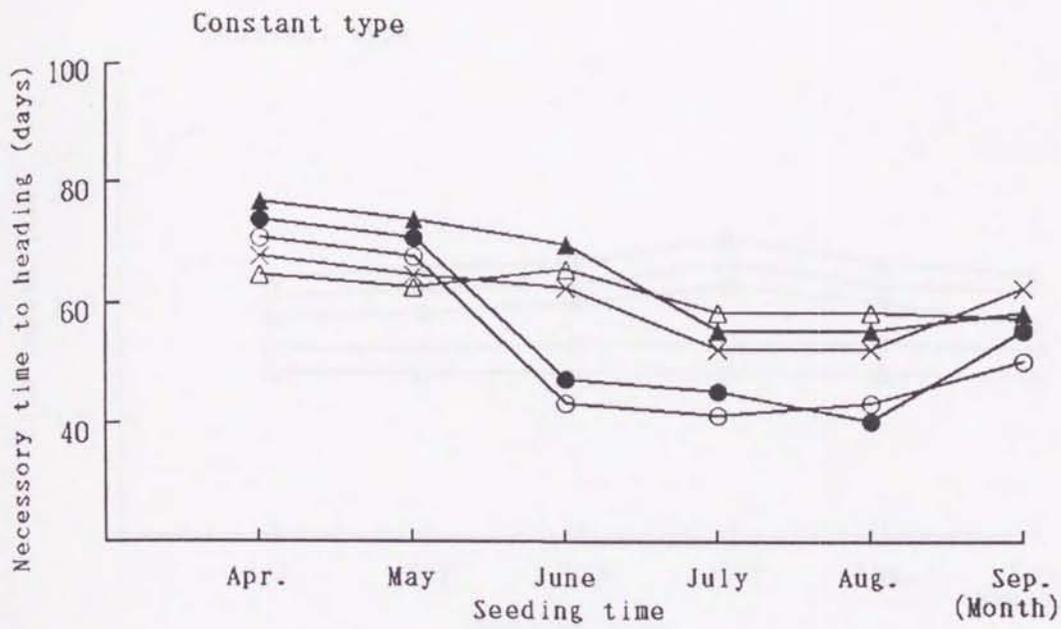


Fig. 5-a. Relationship between seeding time and days till heading from sowing.

●—●, hi-caro sorgho; △—△, sweet sorgho; ○—○, suzuko;  
▲—▲, shikoku native line; ×—×, hi-sugar sorgho.

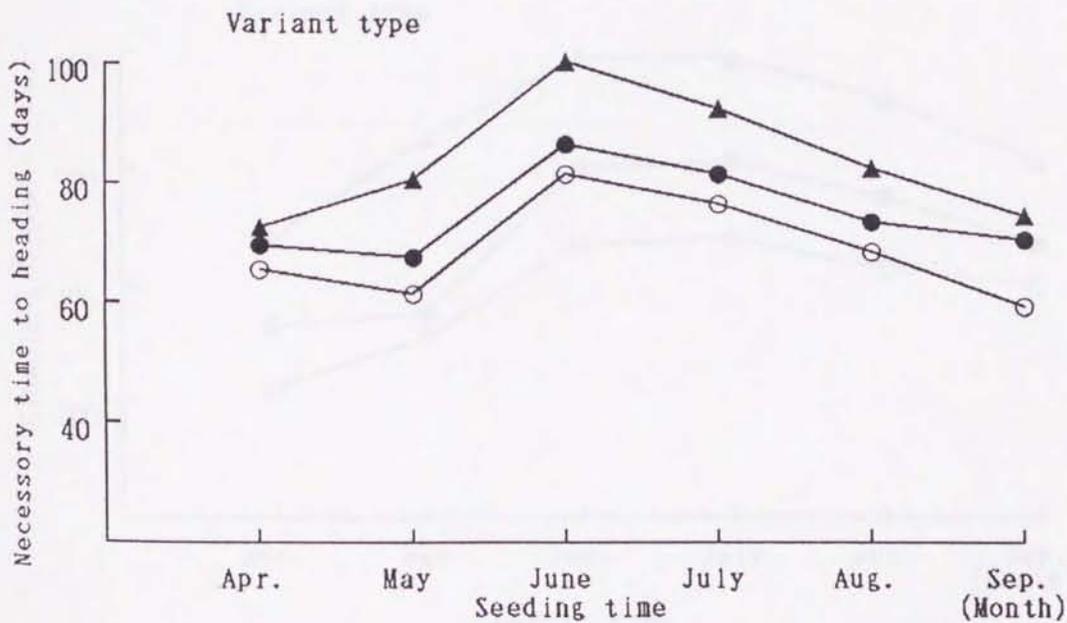


Fig. 5-b. Relationship between seeding time and days till heading from sowing.

●—●, hybrid sorgho; ▲—▲, big sugar sorgho;  
○—○, hi-grain sorgho.

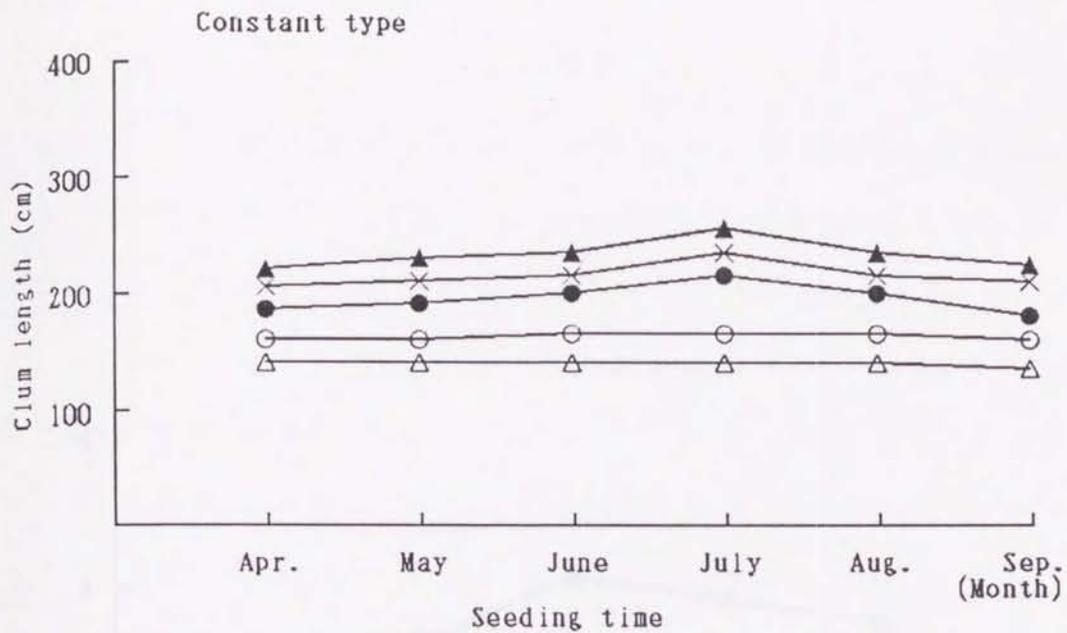


Fig. 6-a. Relationship between seeding time and culm length of sorghum.

●—●, hi-caro sorgo; △—△, sweet sorgo; ○—○, suzuho;  
▲—▲, shikoku native line; ×—×, hi-sugar sorgo.

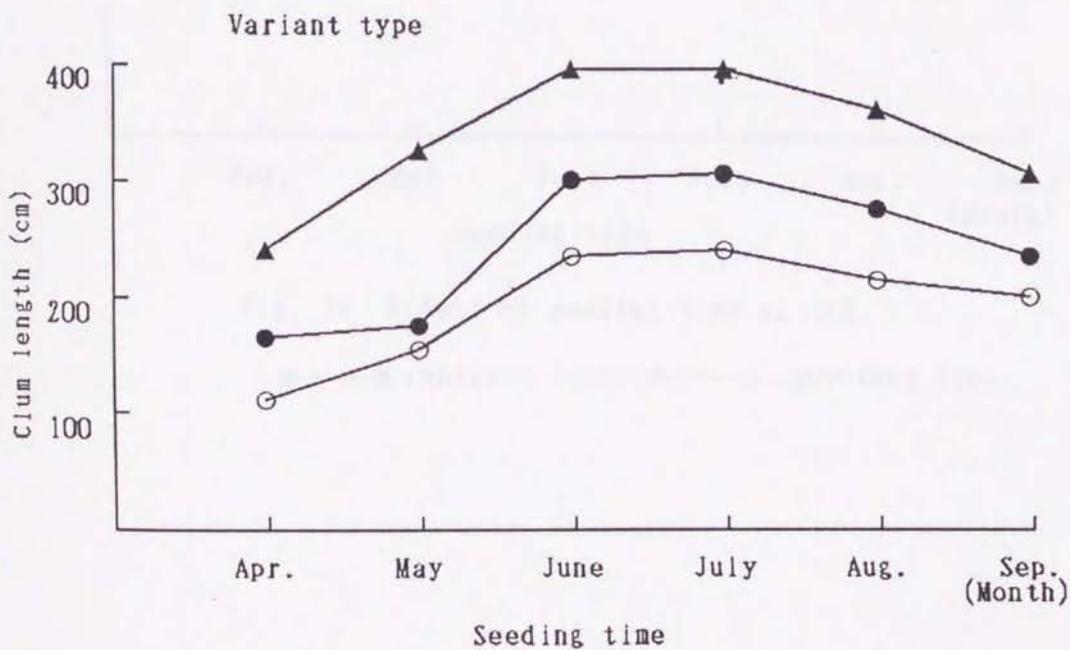


Fig. 6-b. Relationship between seeding time and culm length of sorghum.

●—●, hybrid sorgo; ▲—▲, big sugar sorgo;  
○—○, hi-grain sorgo.

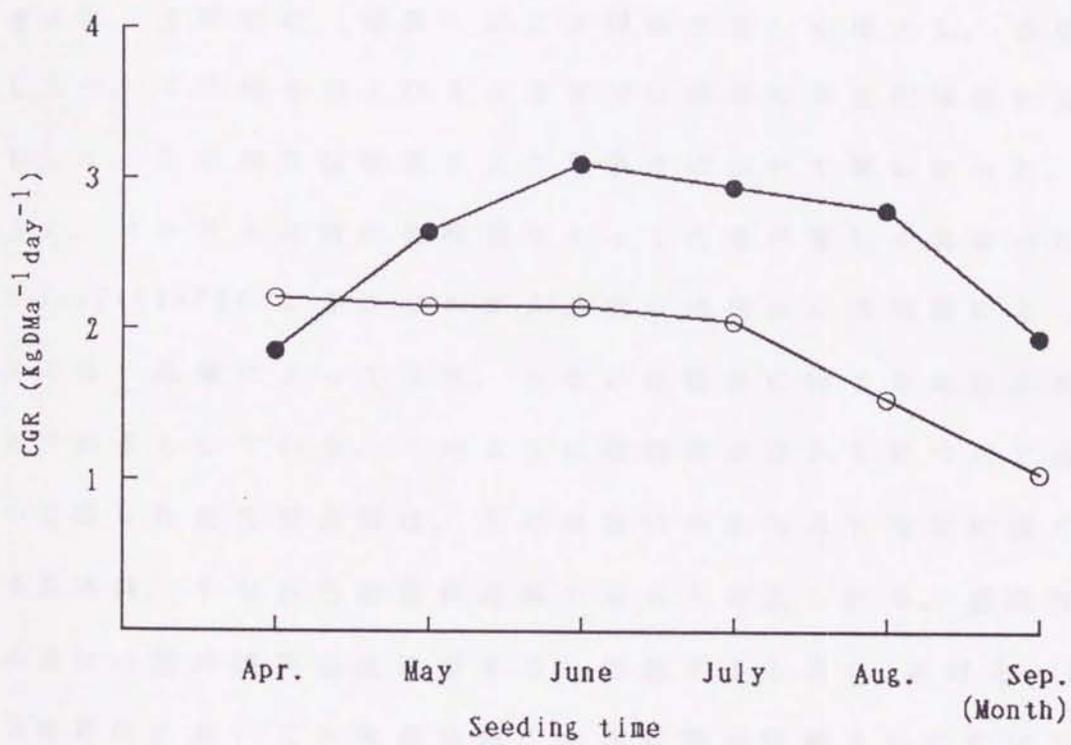


Fig. 7. Effect of seeding time on CGR.

●—●, variant type; ○—○, constant type.

## 考 察

サイレージ用ソルガムは定常型品種と変動型品種に類別することができた。すなわち、定常型品種は播種期に関わりなく主稈葉数（節数）、稈長がほぼ一定値を示し、出穂日数は播種期が遅れるにつれて短縮した。いっぽう、変動型品種は6～7月播きにおいて出穂日数、主稈葉数（節数）および稈長が著しく増大し、多収性を示したが、4月播きおよび8月播きでは顕著な早生化現象を呈し、減収した。この傾向は晩播きより早播きにおいて著しかった。このように、ソルガム品種は播種期によって生育が著しく異なった。

Quinby(1967)によるとソルガム品種の出穂性が播種期によって異なるのは、品種によって日長、あるいは温度に対する反応が異なるためであるとしている。このように播種期が遅れるにつれて出穂日数が短縮した定常型品種は、その出穂特性からみて温度に強く反応する品種群、すなわち感温性品種であると考えられる。感温性の強い品種は一定の積算温度に達すると出穂するとされ(高野ら 1989b)、高温期間において定常型品種の出穂日数が短縮されたのはこのためである。いっぽう、晩播きにおいて著しい早生化現象が起こり、出穂日数が短縮した変動型品種は日長に対して強い反応を示す感光性（短日性）品種群であると考えられる。4月播きした早播きの場合においても、著しい早生化現象を生じていることから、感光性のみでは説明不十分であり、この機構を温度と日長の交互作用などの面から、早急に検討する必要があると思われる。このように、サイレージ用ソルガムは感温性あるいは感光性の程度が品種によって異なるために播種期によって異なった生育相を示した。したがって、こ

の播種期に対する品種の反応の違いによってこれを定常型と変動型に群別すれば、サイレージ用ソルガムの品種特性の把握が容易となり、品種選択上の指針としての意義は極めて大きいと考えられる。

#### 第4節 ソルガム稈の単少糖含量と乾物消化率との関係

第2節においてサイレージ用ソルガムは、稈中に多量の単少糖を蓄積する品種と蓄積の乏しい品種に二分できることを明らかにした。そこで、前者を糖蜜型品種、後者を非糖蜜型品種に類別した。単少糖は易消化性であり、その含量はソルガム稈の消化性に大きく影響することが予測される。

そこで、本節ではソルガム稈における単少糖含量とIVDMDとの関係について検討した。

#### 試 験 方 法

供試ソルガムは市販のサイレージ用ソルガム14品種と四国地域から収集した在来ソルガム17系統を用い、1983年5月24日に水田転換畑に畦幅60cm、株間は短稈種が12cm、中・長稈種が20cmで点播した。3～4葉期に間引きを行い1株2本立とした。これらソルガムの糊熟期の稈を供試して、そのIVDMDを測定するとともに稈の単少糖含量について分析した。分析試料の調整は、刈取った稈を通風乾燥機を用い80℃で24時間乾燥させたのち、ウィリーの粉碎器で粉碎し、1mmの篩を通過させたものを試料とした。単少糖(mono, oligo saccharides: MOSD)の分析は農水省畜試の方法(1981)、IVDMDはtwo step法によってそれぞれ行った。

## 試 験 結 果

稈の単少糖含量と I V D M D との関係は Fig. 8 に示すとおりである。この図から明らかなように稈の単少糖含量と I V D M D との間には高い正の相関が認められた ( $r=0.870^{**}$ )。さらに、稈の単少糖含量 ( $x$ ) から I V D M D ( $y$ ) を推定する一次回帰式を求めた結果、 $y=34.87+0.55x$  が得られた。このことから稈の単少糖はソルガム稈の I V D M D を支配する成分として重要な役割をもっていることが判明した。

## 考 察

ソルガム稈の I V D M D と稈中の単少糖含量との間には正の高い相関が認められ ( $r=0.870^{**}$ )、稈中の単少糖含量 ( $x$ ) から稈の I V D M D ( $y$ ) を推定する一次式は  $y=34.87+0.55x$  であった。この推定式から、稈中の単少糖含量が 5% 高くなれば、ソルガム稈の I V D M D は 2.8% も改善される結果となり、ソルガム稈の消化性に及ぼす単少糖含量の影響は大きい。また、本試験における供試品種中、稈中の単少糖含量の最高値を示した品種 (糖蜜型品種) は 24.1%、最も低かった品種 (非糖蜜型品種) は 4.9% であった。これらの値を推定式に代入して求めた稈の I V D M D はそれぞれ 48.1%、37.6% となり、糖蜜型品種と非糖蜜型品種とでは稈の消化性において顕著な差が認められた。また、熊井ら (1984a) によると糖蜜型品種の繊維成分の消化性は非糖蜜型のそれより明らかに高いとしている。したがって、糖蜜型品種群のなかには、単少糖を蓄積する遺伝子と、易消化性の

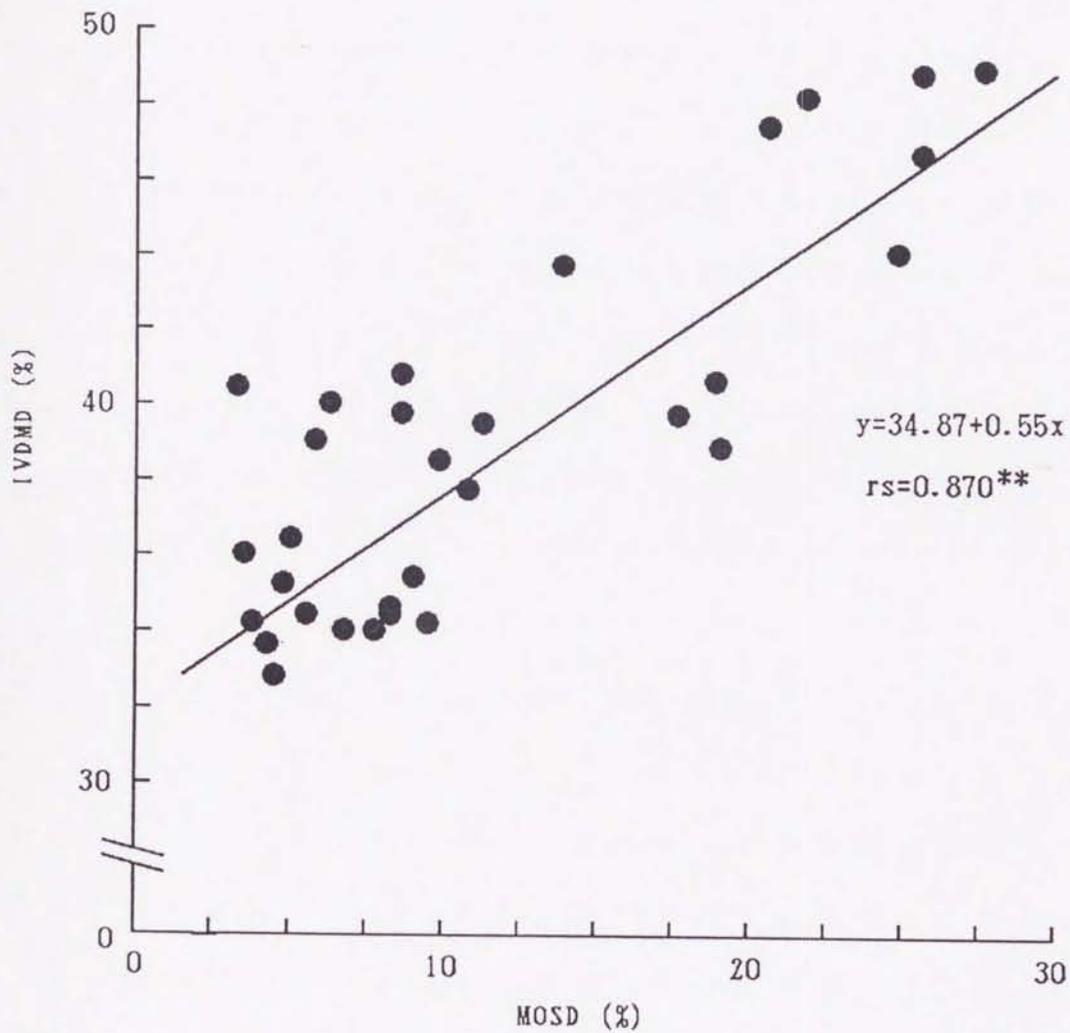


Fig. 8. Correlation between *in vitro* dry matter digestibility (IVDMD) and mono-,oligo saccharides (MOSD) in sorghum culm.

繊維に関与する遺伝子とが、高い確率でリンケージしていることが推定される。今後、ソルガム稈の消化性の改善を図るには、これらに関する育種学的な観点からの検討が必要であると思われる。

## 第5節 ソルガム稈中の単少糖含量の迅速推定法

第4節においてソルガム稈中の単少糖はソルガム稈の消化性に密接に関与する成分であることを明らかにした。また、その含量から高い精度で稈の消化性を推定する回帰式を得た。

いっぽう、単少糖はサイレージ発酵において主要な基質である。したがって、その含量はサイレージの品質に直接影響する。このためサイレージ材料草の単少糖含量を迅速に、かつ簡便に推定する方法が考案されれば、サイレージ品質の予測や添加物の必要性を考慮する上で極めて有効である。

そこで、本節ではテンサイ、果実、サトウキビなどの糖度測定に用いられる屈折糖度計によるソルガム稈中の単少糖含量の迅速測定法について検討した。

### 試 験 方 法

供試ソルガムは市販のサイレージ用9品種と四国地域から収集した在来7系統を用い、1984年5月23日に水田転換畑に畦間60cm、株間は短稈種16cm、中・長稈種20cmでそれぞれ点播した。3～4葉期に間引きを行い1株1本立とした。これらを乳熟期と糊熟期に刈取り、稈のブリックス糖度と単少糖含量を定量した。

ブリックス糖度の測定は、刈取ったソルガムの葉部(葉身、葉鞘)を除いたのち、稈の各節位の中央付近の節間を剪定鋏で幅5cmに輪切りにしてペンチで搾汁し、屈折糖度計(ATAGONI型)を用いて行った。稈の単少糖含量の分析は稈を100℃で1時間、その後は80℃で

乾燥させたのち、ウィリーの粉碎機で粉碎し1mmの篩を通過した材料を分析に供した。単少糖含量の分析は農水省畜試の方法で実施した。

### 試 験 結 果

乳熟期と糊熟期における節位別ブリックス糖度の分布はTable 19に示すとおりである。ブリックス糖度は節位によって異なり、登熟期に関わりなく上位節間と中位節間が下位節間より高い値を示した。そこで、ブリックス糖度による単少糖含量の推定の可能性を検討するために、全節位のブリックス糖度の平均値と稈中の単少糖含量との関係を求めた(Fig. 9)。この図から明らかのように、稈の平均ブリックス糖度と稈中の単少糖含量との間には極めて高い正の相関が認められた( $r=0.926^{**}$ )。このことから、各節位のブリックス糖度を求めることによって高い精度で稈中の単少糖含量を推定することができることが明かとなった。そこで、この結果をもとにブリックス糖度による単少糖含量の推定の迅速化を図るために、1稈当たりのブリックス糖度の測定数(サンプリング数)を少なくした場合の単少糖含量の推定方法について検討した。すなわち、1稈を上・中・下の3部位(上部位、中部位、下部位)に区分し、その3部位の中位節間(上部位の中位節間は7節位と8節の節間、中部位の中位節間は4節と5節の節間、下部位の中位節間は2節と3節の節間)のブリックス糖度値、あるいはそれらを組み合わせた平均値と単少糖含量との関係を求めTable 20に示した。この表から明らかのように上部位および下部位の節間測定値と単少糖含量との相関関係はや

Table 19. Brix sugar rate of individual internode.

Internode order*	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
(plant height above cutting level)(cm)	(8)	(26)	(47)	(71)	(95)	(120)	(145)	(168)	(185)	
Brix sugar rate (%)	milk stage		4.2	4.7	5.0	5.3	5.4	5.1	5.2	5.6
	Dough stage		3.5	3.9	4.4	4.5	4.3	4.5	4.5	4.8

\* Internode order above cutting level.

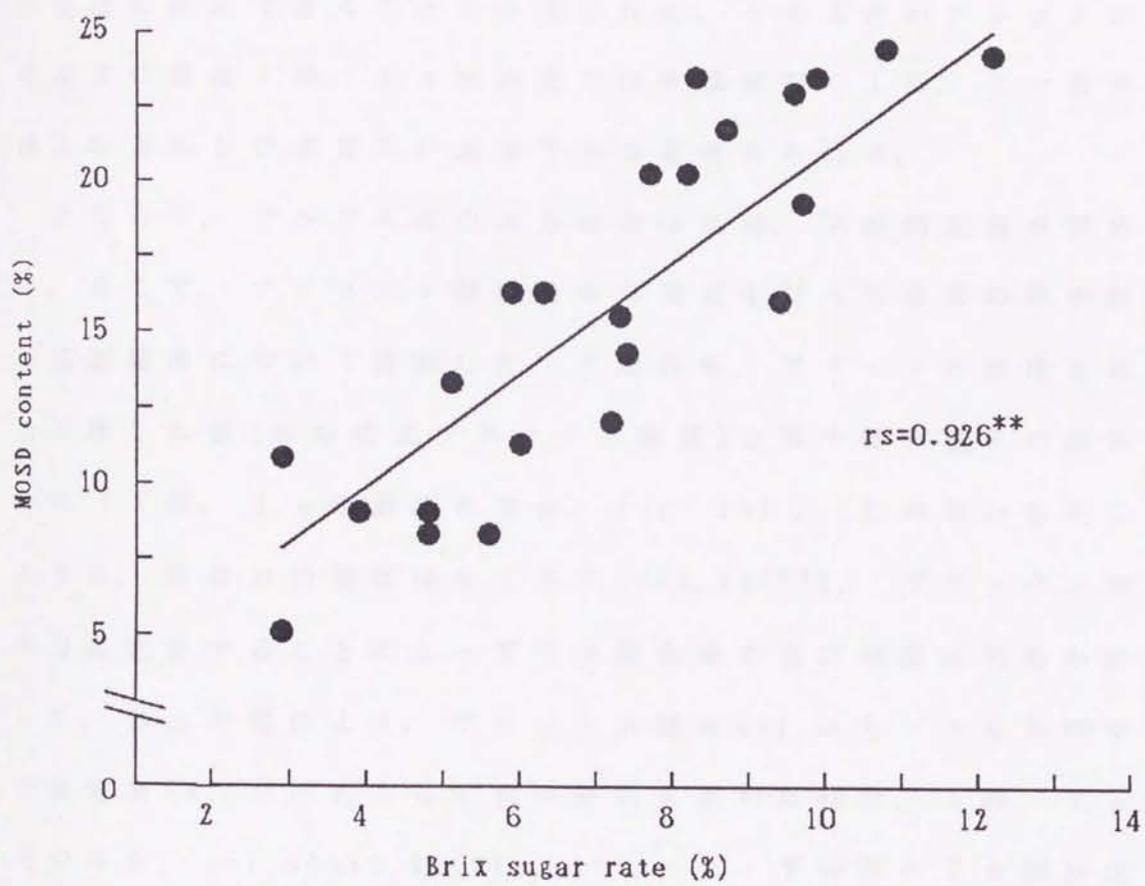


Fig. 9. Correlation between Brix sugar content and MOSD in sorghum culm.

や低かったが ( $r=0.688^{**}$ ,  $0.768^{**}$ ), 上部位と下部位の平均ブリックス糖度値 ( $r=0.885^{**}$ ), 上・中・下部位の平均値 ( $r=0.881^{**}$ ), 上部位と中部位の平均値 ( $r=0.870^{**}$ ), 中部位の中位節間の測定値 ( $r=0.840^{**}$ ) および中部位と下部位の平均値 ( $r=0.827^{**}$ ) との相関係数は高かった。このことから, 1 稈あたり 1 カ所または 2 カ所のブリックス糖度を測定することによって高い精度で, 稈中の単少糖含量が迅速に推定できることが示唆された。その場合のブリックス糖度の測定位置は 1 稈, 1 カ所測定では中位節間, 1 稈, 2 カ所測定では上位節間と中位節間が適当であると考えられる。

ところで, ソルガム稈の水分含量は品種, 系統間差異が認められる。そこで, ブリックス糖度を水分補正を行った場合の単少糖含量の推定精度について検討した。すなわち, ブリックス糖度を乾物歩合で除した値 (水分補正ブリックス糖度) と単少糖含量との関係を求めた (1 稈, 1 カ所測定の場合, Fig. 10)。この図から明らかのように, 両者の相関は極めて高く ( $r=0.945^{**}$ ), ブリックス糖度を水分補正をすることによって単少糖含量の推定精度は明らかに向上した。以上の関係より, ブリックス糖度 ( $x$ ) からソルガム稈中の単少糖含量 ( $y$ ) を推定する 1 次回帰式を求めた結果, 1 稈, 1 カ所測定の場合,  $y=1.55x+2.81$  (Fig. 11), 上・下節間の 2 カ所測定の場合  $y=1.97x+1.37$  (Fig. 12) であった。なお, 上・中・下節間の 3 カ所測定の場合  $y=1.84x+1.67$  (Fig. 13) であった。また, ブリックス糖度の水分補正を行った場合の 1 稈, 1 カ所測定の 1 次回帰式は  $y=0.43X-0.05$  (ただし,  $X=x/d$ ,  $x$  はブリックス糖度,  $d$  は乾物歩合) が求められた。

Table 20. Correlation between Brix sugar rate and mono, oligo saccharaides content.

Sampling number	sampling part	Corelation
mean	total internodes	r=0.926**
1	upper a)	r=0.768**
	middle	r=0.840**
	lower	r=0.688**
2	average of upper and middle	r=0.870**
	average of upper and lower	r=0.885**
	average of middle and lower	r=0.827**
3	average of upper, middle and lower	r=0.881**

a) Upper; internode between 7th and 8th node above cutting level.  
 Middle; internode between 4th and 5th node above cutting level.  
 Lower; internode between 2nd and 3rd node above cutting level.

\*\* significant  $p < 0.01$ .

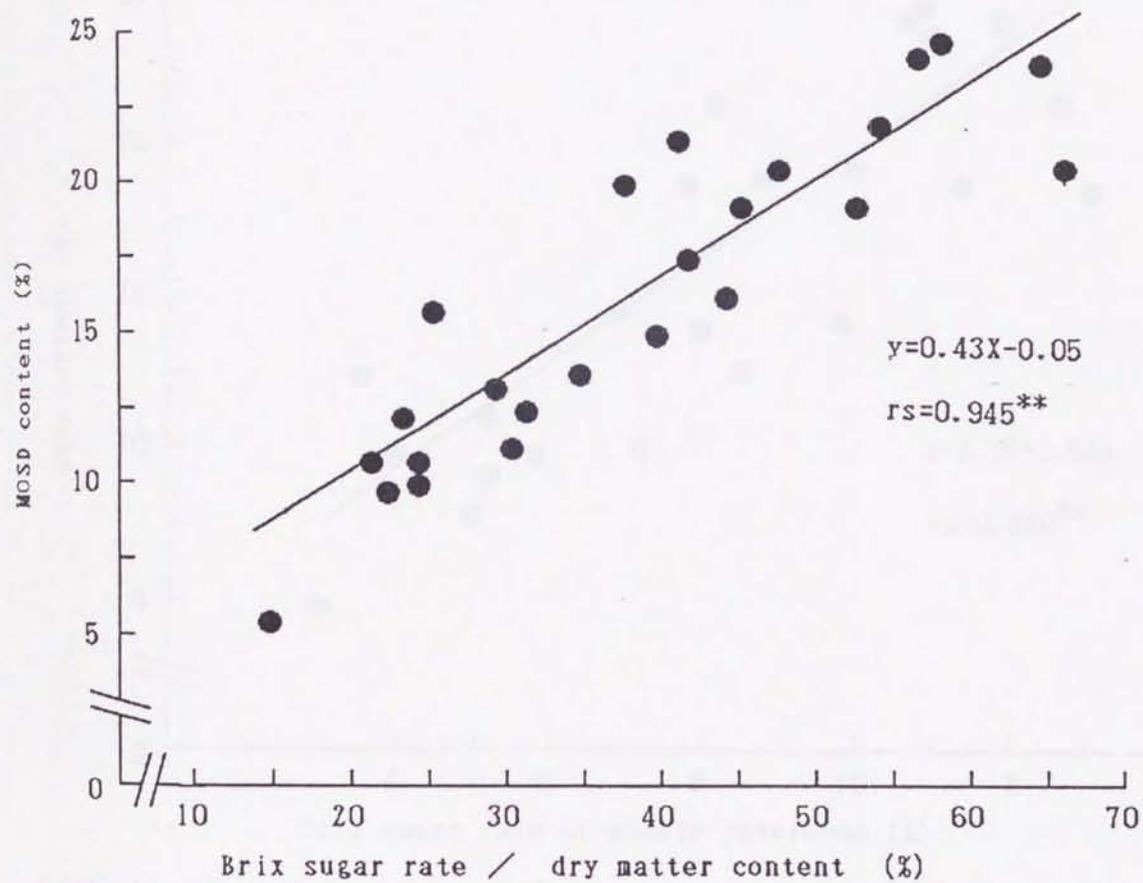


Fig. 10. Correlation between corrected Brix sugar content and MOSD in sorghum culm.

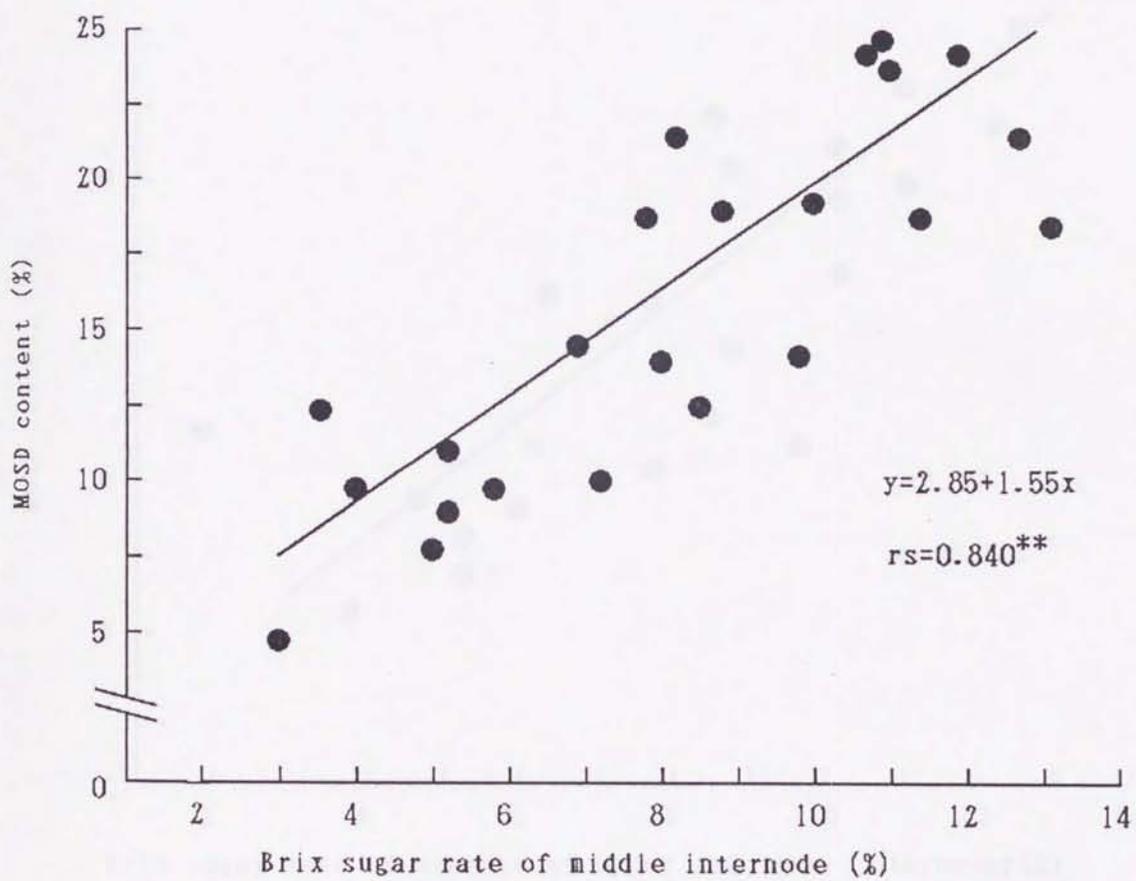


Fig. 11. Correlation between Brix sugar rate of middle internode and MOSD in sorghum culm.

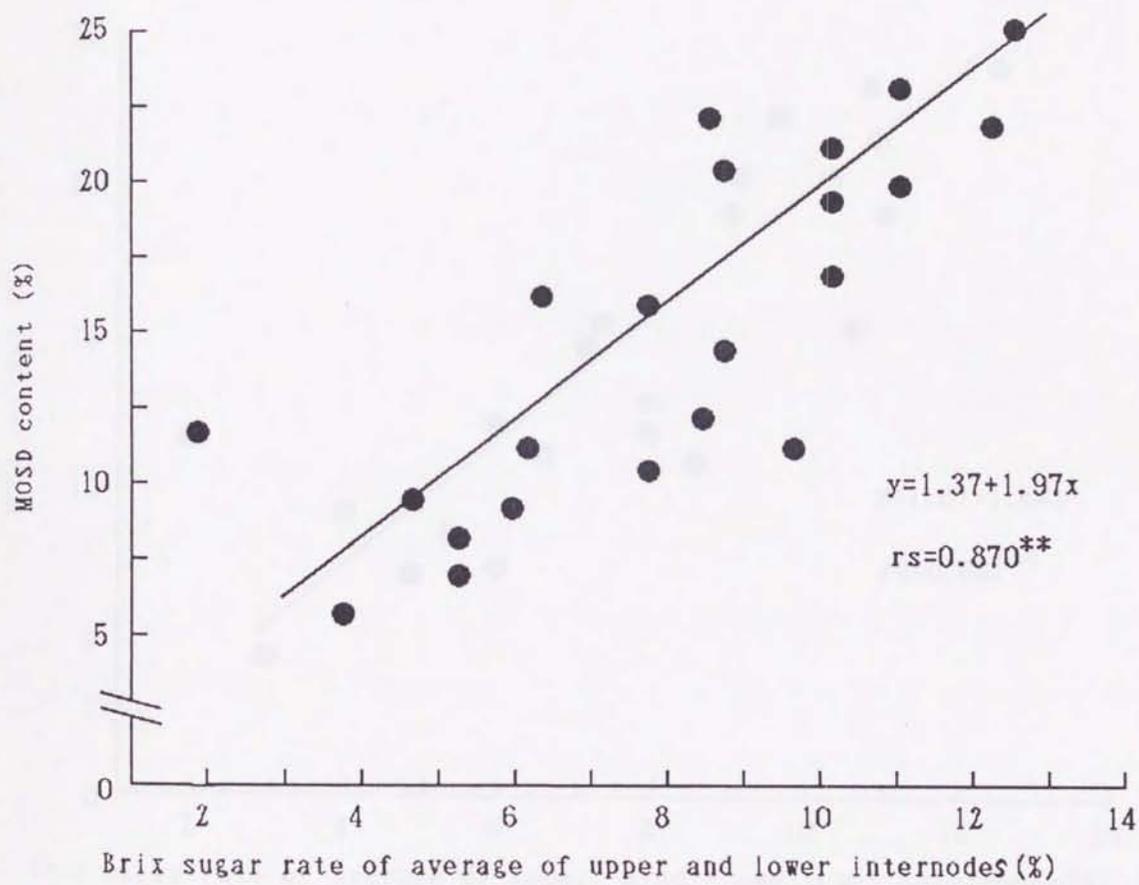
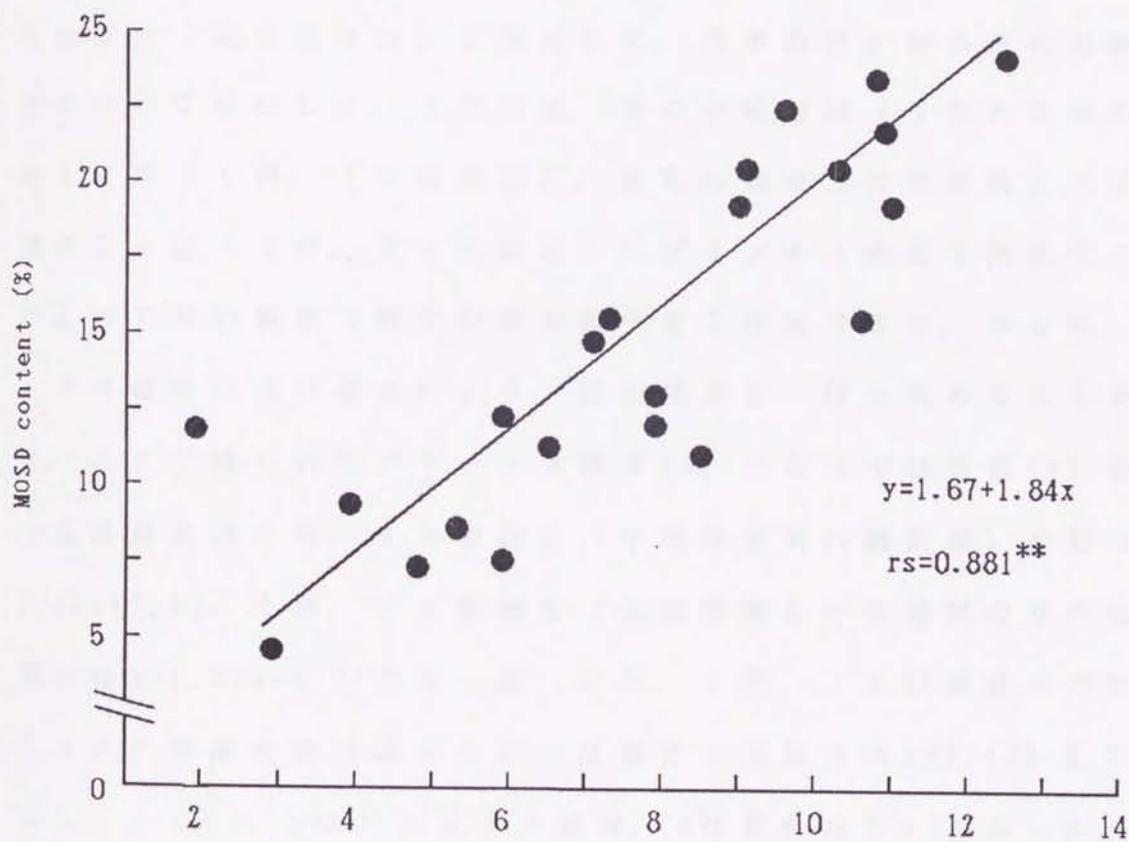


Fig. 12. Correlation between Brix sugar content of average of upper and lower internodes and MOSD in sorghum culm.



Brix sugar rate of average of upper, middle and lower internodes(%)  
 Fig. 13. Correlation between Brix sugar content of average of upper,  
 middle and lower internodes and MOSD in sorghum culm.

## 考 察

ソルガム程中の単少糖含量はサイレージの発酵品質や稈の消化性に大きく影響するので、稈中の糖含量を容易に推定することができれば、サイレージ調製や稈の消化性を予知する上で極めて有効である。そこで、果実、テンサイ、サトウキビなどの糖度を測定する屈折糖度計（旋光光度計）を使用して、稈中の単少糖含量の迅速推定法について検討した。その結果、稈の中位節間（4節と5節の節間）の1カ所（1程、1カ所測定）、または稈の上部位節間と下部位節間の2カ所（1程、2カ所測定）のブリックス糖度を測定することによって高い精度で稈中の単少糖含量を推定できた。さらに、ブリックス糖度の水分補正により、推定精度を一段と高めることができた。ここで得られたブリックス糖度(x)から単少糖含量(y)を推定する回帰式は1程、1カ所測定（中部位節間の測定値）の場合は $y=1.55x+2.85$ 、1程、2カ所測定（上位節間と中位節間の平均値）の場合は $y=1.97x+1.37$ であった。また、1程、1カ所測定におけるブリックス糖度を水分補正を行った場合の回帰式は $y=0.43X-0.55$ （ただし、 $X=x/d$ 、 $x$ はブリックス糖度、 $d$ は乾物歩合）であった。そこで、この1程、1カ所測定における推定式から稈の中央付近のブリックス糖度が10%の場合の稈の単少糖含量は18%であることが求められる。このように屈折糖度計を用いてソルガム程中の単少糖含量を高い精度で簡便に推定することができることを明らかにした。

ところで、サイレージの乳酸発酵の程度は材料草中のWSC含量に依存することが知られている。一般に材料草のWSC含量が乾物中に8%以上存在すれば、高品質サイレージの調製ができるとされて

いる (Smith 1962)。熊井ら (1984a) はソルガムの W S C 含量と単少糖含量とはほぼ等しいことを明らかにしている。したがって、ソルガムの単少糖含量が 8% をかなり下回る場合には、糖を添加することが望ましい。したがって、この目安として屈折糖度計によるブリックス糖度による W S C (MOSD) の推定は極めて簡便であり、実用性が高いものと考えられる。

## 第6節 ソルガムホールクロップの部位別収量比率と部位別

### 乾物消化率

ホールクロップは穂、葉身、葉鞘、茎の各器官（部位）から構成されている。したがって、ホールクロップの可消化養分含量は各器官の構成比率とそのIVDMDによって決定される。

そこで、本節では糊熟期ソルガムを供試して可消化乾物に対する各器官の重味づけを行うために、乾物収量に占める器官別構成比率と器官別のIVDMDについて検討した。

### 試 験 方 法

サイレージ用ソルガム18品種と四国在来ソルガム28系統を供試して1983年5月24日に畦幅60cm、株間を短稈種は15cm、兼用種は20cmおよび長稈種は25cmで点播し、3～4葉期に間引きを行い1株2本立とした。施肥は基肥に化成肥料(15-15-15)を用いて3要素をそれぞれ1.5kg a<sup>-1</sup>施用した。ソルガムの刈取りは糊熟期に行い、収穫物を葉身、葉鞘、稈および穂の各器官に分別したのち、通風乾燥器により80℃で48時間乾燥させ、予熱のあるうちに秤量して、収量中に占める各器官別の比率を算定した。また、器官別のIVDMDの測定は、スズホ（東山交2号）を供試して乳熟期、糊熟期および成熟期に刈取り、穂、葉身、葉鞘および稈に分別したのち、乾燥・粉碎し、two step法で測定した。

## 試 験 結 果

稈長別ソルガムの器官別構成比率についてはTable 21に示すとおりである。糊熟期ソルガムは穂と稈の占める割合がともに高く、両者を合せると72~77%に達した。各器官別の構成比率をみると、穂は36~51%、茎は22~40%および葉身と葉鞘は16~18%と8~10%の範囲であった。

各器官別のI V D M DはTable 22に示すとおりである。この表から明らかなように、I V D M Dは登熟ステージに関わりなく、穂が最も高く、ついで葉身、葉鞘、稈の関係を示し、穂のI V D M Dがほかの器官に比べて著しく高かった。

## 考 察

糊熟期ソルガムの器官別構成比率をみると穂と稈の占める割合がともに高く、両者を合せると全体の70%以上となった。いっぽう、登熟期におけるソルガムの器官別I V D M Dをみると、登熟ステージに関わりなく穂が最も高く、ついで葉身、葉鞘、稈の順で、稈の消化性が最も劣った。したがって、ソルガムホールクロップの飼料価はその主要な構成器官である穂と稈の構成比率によって大きく左右されることが示唆された。

一般的にみて、ホールクロップサイレージはサイレージ中の子実割合を高め、飼料価を向上させることを意図したものである。筆者ら(未発表)は糊熟期ソルガム(瀬戸交1号)を穂と茎葉とに分けて、別々にサイレージを調製し、緬羊による消化試験を行った結果、

Table 21. Relationship between sorghum type by culm length and yield component in sorghum.

Sorghum type by culm length	Culm length (cm)	Yield component (DM %)				
		Leaf blade	Sheath	Head	Culm	(Head+Culm)
Extremely short (n=11)	below 160	18.0	9.9	50.6	21.5	72.1
Short (n=19)	161~230	17.3	8.6	44.0	30.1	74.1
Intermediate (n=15)	231~280	15.4	8.0	38.2	38.4	76.6
Long (n=12)	above 281	15.5	8.1	36.3	40.1	76.4

Table 22. Relationship between yield component and IVDMD with advancing maturity in sorghum.

	ripening stage	IVDMD (%)
Leaf blade	Milk ripe	62 ± 1.7
	Dough ripe	61 ± 2.0
	Yellow ripe	57 ± 1.8
Sheath	Milk ripe	56 ± 1.9
	Dough ripe	55 ± 2.1
	Yellow ripe	51 ± 2.0
Culm	Milk ripe	52 ± 2.7
	Dough ripe	50 ± 2.9
	Yellow ripe	45 ± 3.1
Head	Milk ripe	77 ± 1.3
	Dough ripe	82 ± 1.2
	Yellow ripe	85 ± 1.5

穂の T D N 含量は 81%、茎葉のそれは 43%であった。したがって、穂と茎葉との割合が 5 : 5, 4 : 6, 3 : 7 のソルガムサイレージを想定すると、T D N 含量はそれぞれ 62%、58%、54% となり、穂の比率が高くなるにつれて T D N 含量は高くなるものと考えられる。

第 4 節で述べたとおりソルガム稈の消化性は品種によって異なり、糖蜜型品種は非糖蜜型品種に比べて稈の消化性が明らかに高い結果が得られており、ソルガムホールクロップの飼料価は穂の構成比率のほかに、稈の消化性の影響を受けるものと思われる。すなわち、穂の割合と稈の消化性によって、ソルガムホールクロップの T D N 含量はほぼ決定される。したがって、ソルガムホールクロップサイレージの利用にあたっては、穂の割合が高く稈の消化性の高い品種を選択する必要があると考えられる。

## 第7節 ソルガムサイレージの発酵品質

ソルガム品種はサイレージの発酵品質に影響すると考えられる程のWSC含量、収量中にしめる穂の割合、稈の汁性などの形質の変異幅が大きい。そこで、ソルガムを代表すると考えられる8品種を供試してホールクロップサイレージを調製し、サイレージの発酵品質と品種との関係を検討した。

### 試 験 方 法

愛媛大学農学部構内の水田転換畑を供試し、ソルガムを1984年5月23日に播種した。品種はハイシュガーソルゴー(FS401)、ハイグレイソルゴー(P988)、雪印ハイブリッドソルゴー(FS401R)、ビッグシュガーソルゴー(FS902)、岐阜アマキビ(岐阜県在来のスイートソルガム)、スズホ、ハイカロソルゴー(P956)および四国褐色在来(愛媛県久万町在来種)を供試した。収穫期は糊熟期に設定したが、ビッグシュガーソルゴーのみは出穂せず穂孕期の刈取りとなった。サイレージの調製は刈取後、ただちにカッターで2~3cmに細切り、200ℓ容のプラスチックサイロに踏圧を加えて詰め込み、ビニールフィルムで密封したのち、砂20kgで加重し、コンクリート製2階建の1階の土間に定置した。サイロは詰め込み約2ヵ月後に開封し、フリーク法によるサイレージの品質評価を行った。

## 試 験 結 果

サイレージの水分、pHおよび有機酸組成はTable 23に示すとおりである。糖蜜型品種はサイレージの水分含量が非糖蜜型品種に比べて高い傾向を示した。サイレージのpHはスズホを除いていずれのサイレージも至適範囲の4.2以下を示した。有機酸組成についてみると、どのサイレージも酪酸は認められなかった。乳酸含量はスズホを除き、いずれも高く、良好な発酵が行われたことを示した。品種間の比較では、糖蜜型品種は非糖蜜型品種に比べて乳酸含量が明らかに高かった。これらの有機酸組成からフリーク法による評点を求めた結果、80~100点の範囲を示し、スズホを除いていずれのサイレージも「優」と判定された。

## 考 察

サイレージの発酵品質は材料草中のWSC含量(Heath *et al.* 1958; Elitz and Vandemark 1959; Barnett 1954; McDonald 1981)、乳酸緩衝能(lactic acid buffering capacity: LBC)(Playne and McDonald 1966; 服部 1994)によって大きく影響されるとされている。一般に乳熟期以降のソルガムは乳酸の発酵基質であるWSC含量が高く(Marten *et al.* 1975; 福見ら 1983a; 熊井ら 1989b)、かつLBCが低い(熊井ら 1989b; 服部 1994)ことが知られており、ソルガムサイレージの発酵品質はトウモロコシサイレージと同様に優れていた(三秋ら 1981a; 福見ら 1983b)。本試験の結果においても、スズホサイレージを除き、いずれのサイレージもpHは3.25~

Table 23. Fermentative quality of sorghum silages.

Variety or strain	Moisture (%)	pH	Organic acid (FM %)				Flieg's score
			Acetic	Butyric	Lactic	Total	
Gifu amakibi	79.5	3.25	0.40	0	2.24	2.64	95
Hi-sugar	79.4	3.51	0.37	0	2.28	2.65	100
Hi-grain	78.3	3.42	0.51	0	3.06	3.57	100
Hybrid	79.6	3.60	0.48	0	2.55	3.03	95
Big sugar	80.3	3.55	0.39	0	2.25	2.64	95
Suzuho	74.6	4.22	0.65	0	1.00	1.65	80
Hi-caro	76.1	3.74	0.38	0	1.98	2.36	95
Shikoku native line (Brown seed)	72.7	3.72	0.41	0	2.10	2.51	95

3.70と至適範囲を示した。また、有機酸組成では、乳酸含量が2.0%以上と高く、酪酸は認められなかった。これらの結果、フリーク法による評点は95~100点で「優」と判定された。なお、スズホサイレージのみが、ほかのサイレージに比べて発酵品質が劣ったが、スズホは非糖蜜型品種に属し、程中の単少糖含量が低い品種であるためである。したがって、スズホのように単少糖含量が低い品種を供試してサイレージを調製する場合には、糖添加を考慮する必要がある。

## 第 8 節 ソルガムサイレージの飼料価

ソルガムサイレージの飼料価はホールクロップに占める穂の割合、  
稈の単少糖含量、発酵品質などが影響を及ぼすことが推定される。

そこで、第 7 節のサイレージを供試して、ソルガムサイレージの  
飼料価について検討した。

### 試 験 方 法

第 7 節のサイレージを供試して、緬羊による消化試験を実施した。  
消化試験は 1 試験区に緬羊 2 頭を配置し、予備試験 7 日、本試験 7  
日間の全糞採取法で行った。試験期間中の供試サイレージは乾物換  
算で体重の 1.8~2.0 % を日量とし、朝・夕 2 回に分けて給与した。  
なお、消化試験にあたってはソルガム稈のみを喰い残したので、こ  
れを集めて大型冷蔵庫に保蔵し、残食のみによる消化試験を別に行  
い、それによって各成分消化率を補正した。サイレージおよび糞の  
成分分析は常法によって行った。

## 試 験 結 果

ソルガムサイレージの一般成分、消化率、可消化養分含量はTable 24 に、材料草の器官別構成比率についてはTable 25に示すとおりである。ソルガムサイレージの一般成分についてみると、粗蛋白含量は5.8~8.2%の範囲を示し、スズホ、ハイシュガーソルゴ、ハイカロソルゴおよびハイグレイソルゴはほかの品種に比べて高かった。粗脂肪、N F Eおよび粗繊維の含量はそれぞれ3.0~3.6%、50~56%および27~30%の範囲であり、未出穂のビッグシュガーソルゴを除き、サイレージ間の差はそれほど大きくなかった。

つぎに、成分消化率についてみると、粗蛋白質では48~57%の範囲で、粗蛋白質含量の高いサイレージの消化率が高かった。粗脂肪では67~69%の範囲で、サイレージ間による差は少なかった。N F Eの消化率は58~68%の範囲で、サイレージ間に差が認められ、岐阜アマキビおよびハイシュガーソルゴが高かった。粗繊維の消化率は53~64%の範囲で、岐阜アマキビ、ハイシュガーソルゴ、雪印ハイブリッドソルゴ、ハイグレイソルゴおよびビッグシュガーソルゴがほかの品種に比べて高かった。これらをもとにサイレージのD C P含量を求めると3.1~4.7%の範囲を示し、ハイカロソルゴがほかの供試サイレージに比べて高かった。T D N含量は57~64%の範囲で、岐阜アマキビおよびハイシュガーソルゴが高く、なかでも穂のないビッグシュガーソルゴと穂の多い兼用型品種との間にT D N含量にほとんど差がなかった。

Table 24. Chemical composition, digestibility and digestible nutrients in different varieties of whole crop sorghum silages.

Silage (Variety)	Chemical composition (DM %)					Digestibility (%)			Digestible nutrients(DM%)		
	Crude protein	Crude fat	Crude fiber	NFE	Crude ash	Crude protein	Crude fat	Crude fiber	NFE	DCP	TDN
Gifu amakibi	5.8	3.3	29.0	54.0	7.9	47.0	71.0	64.0	68.0	2.7	63.3
Hi-sugar	7.2	3.2	26.3	55.7	7.6	52.0	68.4	59.5	65.7	3.7	61.0
Hi-grain	7.2	3.5	30.1	51.0	8.2	55.0	68.3	59.4	60.8	4.0	58.2
Hybrid	6.6	3.6	30.0	50.8	9.0	49.6	68.8	60.3	63.6	3.3	59.2
Big sugar	6.5	3.0	35.3	46.7	8.5	47.6	68.5	63.6	58.1	3.1	57.3
Suzuho	7.7	3.0	28.0	53.3	8.0	53.4	67.0	55.5	63.9	4.1	58.2
Hi-caro	8.2	3.4	27.0	54.3	7.1	57.6	67.1	53.2	63.9	4.7	58.9
Shikoku native line (Brown seed)	6.6	3.1	28.8	53.8	7.7	50.9	67.2	53.3	61.9	3.4	56.3

Table 25. Yield component of silage sorghum.

Variety (line)	Yield component (%)		
	Head	Leaf blade	Stalk (Sheath+Culm)
Gifu amakibi	30.0	12.7	57.3
Hi-sugar	40.0	12.0	48.0
Hi-grain	13.8	34.1	52.1
Hybrid	13.0	20.0	67.0
Big sugar	0	36.4	63.6
Suzuho	40.2	18.0	41.8
Hi-caro	47.1	14.4	38.5
Shikoku native line (Brown seed)	37.3	11.8	50.9

## 考 察

ソルガムサイレージの飼料価はサイレージ（品種）間において明らかな差が認められた。本試験においてTDN含量が高かったサイレージは岐阜アマキビおよびハイシュガーソルゴであった。これらの両サイレージが高いTDN含量を示した理由は、いずれも糖蜜型品種に属し、稈中の単少糖含量が高く、稈の消化性が優れていたほか、高栄養の穂の割合が高かったことによるものである。いっぽう、スズホ、ハイカロソルゴおよび四国褐色在来は穂の割合が高かったにもかかわらず、TDN含量が前者に比べて低かった。これらの品種はいずれも非糖蜜型品種に属し、稈の消化性が劣る結果、穂の割合が高かったにもかかわらずTDN含量は期待に反し低かった。また、ビッグシュガーソルゴは穂がないにもかかわらず、高いTDN含量を示した。この原因については、稈中の単少糖含量が高かったこと、ステージが進んでいないために稈の消化性がよいことが考えられる。また、雪印ハイブリッドソルゴとハイグレイソルゴは糖蜜型品種に属し、稈の消化性が高いので穂の割合が低くても、穂の割合が高い非糖蜜型品種とほぼ等しいTDN含量を示した。このように、サイレージ用ソルガムは穂の構成比率が高い品種が必ずしもTDN含量が高いとは限らず、むしろ稈の消化性の優れた糖蜜型品種の中にTDN含量の高いものが認められた。

これまで、サイレージ用として推奨された品種は、いわゆる子実歩合の高い兼用型の品種であった。本試験の結果から、これらの品種群は総じて稈中の単少糖含量が低く、稈が乾性を示し、稈の消化性が極端に低い非糖蜜型品種に属するものが多いことが明らかとな

った。したがって、T D N 含量は予想したほど高くなかった。いっぽう、糖蜜型品種は稈の消化性が高いので、前者と同等かそれ以上のT D N 含量を示した。

本試験の結果、今後のサイレージ用ソルガムの具備すべき要件は、乾物収量が高く稈中の糖含量が高い品種で、かつ子実割合が高い特性をもつことが望ましい。したがって、このような品種が育成されれば、トウモロコシサイレージに匹敵するT D N 含量65%以上の高エネルギーソルガムサイレージの調製が期待でき、かつサイレージの発酵品質および家畜の採食性がさらに向上するものと考えられる。

## 第9節 ソルガムサイレージの未消化子実排泄率

乳牛にソルガムホールクロップサイレージを給与するとかなりの量の未消化子実を排泄し、飼料価が低下する。

そこで、本節ではこれらの実態を明確にするため、登熟期ソルガムサイレージを調製して乳牛と緬羊に給与し、未消化子実排泄率、成分消化率などについて明らかにするとともに、得られた結果から乳牛におけるサイレージ用ソルガムの利用適期について検討した。

### 試 験 方 法

供試品種にスズホを用いて1985年6月4日、畦幅60cmの条播とした。5葉期と7葉期に間引きを行い栽植密度を1200本 $a^{-1}$ に調節した。ソルガムは軟糊熟期（8月19日）、糊熟期（8月26日）および硬糊熟期（9月2日）にそれぞれ刈取ってサイレージを調製した。サイレージの調製は刈取り後、直ちにカッターの刃幅を12mmに調節して細切し、刈取期毎に500ℓ容のプラスチック製サイロに5連で詰め込み、60日後に開封して消化試験に供した。

消化試験は乾乳期のホルスタイン種（体重563～620kg）3頭を配置し、予備期間7日、本試験5日間の全糞採取法で実施した。給与量はソルガムサイレージを乾物で体重の1.8～2.0%とし、残食がないように朝（7時）、昼（11時30分）、夕（16時30分）の3回に等分して与えた。いっぽう、緬羊は1試験区に3頭を配置し、サイレージを乾物で体重の1.5～1.7%給与し、予備期間7日、本試験7日の全糞採取法で実施した。

未消化子実の調査は排糞量の1/10を採取し、20メッシュの篩を用いて流水中で篩別し、視認できる未消化子実をピンセットで拾い上げて未消化子実とした。未消化子実排泄率は未消化子実排泄量を給与したサイレージ中の子実量で除して百分率で表示した。なお、未消化子実と給与した子実量はいずれも乾物表示である。

サイレージのpHはガラス電極pHメーターで測定し、水分はトルエン蒸留法、有機酸はフリーク法によってそれぞれ定量した。サイレージおよび糞の一般成分の分析は常法により、NDF、ADF、ヘミセルロース、セルロースおよび澱粉の定量は農水省畜産試験場(1981)の方法によって分析した。

#### 試 験 結 果

供試サイレージの乾物率、pH、有機酸組成はTable 26に示すとおりである。サイレージの乾物率は27~36%の範囲であり、いわゆるホールクロップサイレージの特性を示した。pHは3.8~4.1の至適範囲を示し、乳酸含量が1%以上と高く、酪酸含量が認められず、フリーク法による評価は88~100点で、いずれも優と判定された。また、サイレージ中の子実割合は軟糊熟期25%、糊熟期37%、硬糊熟期42%であった。

登熟期別ソルガムサイレージの未消化子実排泄率と澱粉排泄率についてはTable 27に示すとおりである。緬羊と乳牛との間に未消化子実排泄率および澱粉排泄率には明らかに差が認められ、緬羊が乳牛より子実の消化性が優れていた。澱粉排泄率がとくに高かった硬糊熟期サイレージについてみると、緬羊が7%であったのに対して、

Table 26. Fermentative quality of sorghum silages ensiled at different stages.

Time of harvesting	Dry matter (%)	pH	Organic acid (FM %)				Flieg's score
			Acetic	Butyric	Lactic	Total	
Soft-dough	26.6	3.8	0.24	0	1.56	1.80	100
Dough	30.2	4.0	0.35	0	1.19	1.54	88
Hard-dough	36.2	4.1	0.30	0	1.05	1.35	90

Table 27. Excretion rate of indigestible grain and of indigestible starch in sorghum silages.

Item	Ruminant	Silage		
		Soft-dough	Dough	Hard-dough
Percent of grain in silage (DM %)		24.7	36.7	42.1
Excretion rate of indigestible grain (DM %)	Sheep	0.4±0.0	1.8±0.2	3.2±0.3
	Cow	3.7±0.6	12.9±2.5	30.9±7.0
Starch in silage (DM %)		15.5	28.5	35.7
Starch in indigestibility (DM %)	Sheep	2.0±0.2	4.1±0.4	6.5±0.7
	Cow	6.8±0.9	16.5±3.1	38.1±6.5

乳牛では実に38%を占めており、かなりの量の澱粉が未消化のまま糞中に排泄されていることが判明した。澱粉排泄率は未消化子実とほぼ類似した傾向を示したが、澱粉排泄率が未消化子実排泄率より常に高かった。

登熟期別ソルガムサイレージの化学成分、消化率および可消化養分含量についてはTable 28に示すとおりである。サイレージの化学成分は登熟が進んだサイレージほど粗蛋白質と粗繊維の含量が減少し、粗脂肪とNFEの含量が増加した。登熟に伴う粗繊維含量の減少は登熟が進むと子実割合が増加し、それに伴ってNFE含量が急速に高まる結果、粗繊維含量が相対的に減少したものである。

各成分消化率に対する乳牛と緬羊の比較では、軟糊熟期を除くNFEと粗繊維の含量について差が認められ、それぞれ緬羊が乳牛より高い消化性を示した。

各成分消化率と登熟期別サイレージの関係については、粗蛋白質の消化率は乳牛、緬羊ともに登熟が進むにつれて低下した。NFEの消化率は緬羊では登熟期別サイレージ間に差がなかったが、乳牛においては軟糊熟期と硬糊熟期との間に差が認められ、乳牛では糊熟期以降、NFEの消化率が低下した。粗繊維の消化率は乳牛、緬羊ともに軟糊熟期が糊熟期および硬糊熟期より高く、乳牛は比べて緬羊は糊熟期以降粗繊維の消化性が劣ることが明らかになった。

登熟期別サイレージの繊維成分とその消化率はTable 29に示すとおりである。サイレージ中のNDF、ADFおよびセルロースは登熟に伴って含量が減少し、ヘミセルロースの含量のみはほぼ一定で、増減がなかった。サイレージ中の繊維成分の消化率は登熟が進むにつれて低下した。各繊維成分の消化率は乳牛と緬羊との間に差が認

Table 28. Influence of experimental animal on digestibility and digestible nutrient in sorghum silage.

Silage	Ruminant	Chemical composition (DM%)					Digestibility (%)				Digestible nutrients(DM%)	
		Crude protein	Crude fat	Crude fiber	NFE	Crude ash	Crude protein	Crude fat	Crude fiber	NFE	DCP	TDN
Soft-dough	Sheep						62*	73	58*	65	5.1*	59.9
	Cow	8.2	2.2	29.5	52.4	7.7	62*	69	55*	63*	5.1*	57.4*
Dough	Sheep						52*	73	47*	69	3.7*	61.1
	Cow	7.1	2.9	23.7	59.5	6.8	50*	72	42*	61	3.6*	54.6*
Hard-dough	Sheep						45	72	46*	65	3.2	57.9
	Cow	7.0	3.1	21.0	61.5	7.4	42	67	37	56	2.9	49.8

\* Statistically significant at the LSD(0.05).

\*\* NFE; Nitrogen free extract.

められ、粗繊維の消化率と同様、軟糊熟期を除き緬羊が乳牛より高い値を示した。サイレージの各繊維成分間の消化率はヘミセルロースとセルロースがNDFとADFより高く、硬糊熟期サイレージのヘミセルロースはほかの繊維成分に比較し消化性が優れていた。また、各繊維成分は登熟に伴って急激にその消化性が低下した。

つぎに、登熟期別サイレージの可消化養分および可消化養分収量はTable 30に示すとおりである。DCP含量は乳牛、緬羊ともに軟糊熟期、糊熟期、硬糊熟期の順に高かった。いっぽう、TDN含量は軟糊熟期では乳牛と緬羊との間に差がなかったが、糊熟期および硬糊熟期では差が認められ、緬羊が乳牛より高い値を示した。登熟期別サイレージについては、緬羊では各サイレージ間には差がなかったが、乳牛では軟糊熟期、糊熟期、硬糊熟期との間には差が認められ、硬糊熟期は軟糊熟期、糊熟期に比べてTDN含量が低かった。

つぎに、DCP収量は緬羊で $4.4 \sim 6.3 \text{ kg a}^{-1}$ 、乳牛で $4.0 \sim 6.3 \text{ kg a}^{-1}$ であり、DCP収量では家畜間にほとんど差がなかったが、登熟期との間には有意差が認められた。可消化粗繊維(digestible crude fiber: DCF)収量は緬羊で $60.9 \sim 72.0 \text{ kg a}^{-1}$ 、乳牛では $50.7 \sim 68.3 \text{ kg a}^{-1}$ を示し、緬羊が乳牛より高かった。登熟期別サイレージについては、乳牛、緬羊ともに軟糊熟期が糊熟期および硬糊熟期より明らかに高かった。TDN収量は緬羊、乳牛ともに登熟ステージ間に有意差がなかったが、乳牛では収穫期が早いほど、緬羊では収穫期が遅れるほど逆に高くなる傾向を示した。

Table 29. Digestibility of fibrous substance of sorghum silages in experimental animals.

Silage	Ruminant	Fibrous substance (DM %)				Digestibility (%)			
		NDF	ADF	Hemi cellulose	Cellulose	NDF	ADF	Hemi cellulose	Cellulose
Soft-dough	Sheep	62	37	25	31	55	53	59	62*
	Cow					52	51	56	61*
Dough	Sheep	56	30	26	25	*46	*42	*52	*51*
	Cow					34	23	46	38*
Hard-dough	Sheep	52	28	24	21	*38	*35	*48	*46
	Cow					28	20	39	30

\* Statistically significant at the LSD(0.05).

Table 30. Influence of experimental animals on digestible nutrient yield of sorghum silages.

Silage	Ruminant	Digestible nutrient (DM %)		Digestible nutrient yield (kga <sup>-1</sup> )		
		DCP	TDN	DCP	DCF <sup>a)</sup>	TDN
Soft-dough	Sheep	5.1*	59.9	6.3*	72.0	74.3
	Cow	5.1*	57.4*	6.3*	68.3	71.2
Dough	Sheep	3.7*	*61.1	4.8*	*60.9	*79.1
	Cow	3.6*	54.6*	4.7*	54.4	70.7
Hard-dough	Sheep	3.2	*57.9	4.4	*62.5	*79.3
	Cow	2.9	49.8	4.0	50.7	68.2

\* Statistically significant at the LSD(0.05).

a) DCF, Digestible crude fiber.

一般にホールクロップサイレージは子実を多く含有するために、高TDN含量、高エネルギーの飼料特性を示す。しかし、登熟後期になると子実が硬化し、これを乳牛に給与した場合、未消化子実排泄率や澱粉排泄率が増加して、飼料価が低下する危険性がある。このような観点から、ホールクロップサイレージの調製時期と未消化子実排泄率や澱粉消化率、有機物消化率などとの関係について関心が寄せられている(Ramsey *et al.* 1951; Anthony *et al.* 1962; Browning and Lusk 1967; 阿部(亮)ら 1977; 名久井ら 1977, 1981b; 熊井ら 1984b; Smith and Lig 1985)。本試験における乳牛のソルガムサイレージの未消化子実排泄率は軟糊熟期で3.7%、糊熟期12.9%、硬糊熟期30.9%をそれぞれ示した。また、Ramesey *et al.* (1951)は乳牛を供試してスイートソルガムの未消化子実排泄率を求めた結果、乳熟期2.9%、軟糊熟期25%、完熟期で実に91%に達している。なお、名久井ら(1977)および阿部(亮)ら(1984)は未消化子実排泄率および澱粉排泄率の個体間の変動は乳牛が綿羊より著しく大きいとしている。いっぽう、未消化子実排泄率と密接な関係にある澱粉排泄率については、硬糊熟期で38%となり、Smith and Lig (1985)の結果も35%とほぼ一致した。このように、乳牛においては硬糊熟期ではかなりの量の子実が未消化のまま糞中に排泄されていることが判明した。また、いっぽう、同ステージのホールクロップサイレージにおいては、澱粉排泄率が未消化子実排泄率より常に高い値を示した。この理由は未消化子実を水中で篩別する際に微小なものが濾過されるからである。したがって、澱粉排泄率は未消化

子実排泄率より未消化子実の実態をよく反映しており、その指標として適切であると考えられる。なお、ソルガム稈に澱粉が蓄積されている場合には、子実の消化性を澱粉消化率で推定することに疑義を生じるが、Kumai *et al.* (1985)の茎稈中の澱粉含量を分析した結果では澱粉は殆ど認められず、その危険性はないことが確認されている。

ソルガムホールクロップサイレージ子実の消化性は乳牛と緬羊とで明らかに差が認められた。すなわち、未消化子実排泄率は緬羊では0.4~3.2%であったが、乳牛のそれは実に3.7~30.9%であり、澱粉排泄率も前者で2.0~6.2%、後者6.8~38.1%を示し、反芻家畜でありながら、乳牛と緬羊とで子実の消化性に著しい能力差が認められた。ところで、Wilson *et al.* (1972)および阿部(亮)ら(1984)はトウモロコシ子実の破碎粒度を変え、乳牛と緬羊による子実の消化性を比較検討している。Wilson *et al.* (1972)は、緬羊では有機物消化率が89~95%で、子実の粒度や水分にほとんど影響されなかったが、乳牛のそれは58~67%にとどまったとしている。また、阿部(亮)ら(1984)もトウモロコシ子実の澱粉消化率は緬羊では粒度に関係なく99~100%を示したが、乳牛では51~97%の範囲で変動したとしている。いっぽう、乳牛では子実の粒度が粗より微細になるにつれて消化性が高まるとしている(Owen 1967)。この理由として、乳牛と緬羊では摂食習性や口器の大きさが関係しているものと考えられる。すなわち、緬羊は採食の際に子実を丹念に探し出して、これをよく噛んで食べ、ついで葉、茎稈の順序で選択採食し、さらに乳牛に比較して咀嚼回数と反芻回数が多く、かつ口器が小さいので穀粒の摩碎に適しているからである。

つきに、各成分消化率と可消化養分についてみると、成分消化率のうち、乳牛と緬羊とでNFEと粗繊維の消化率に有意差が認められ、NFE消化率については、緬羊では登熟期サイレージ間に有意差はなかったが、乳牛では有意差が認められ、硬糊熟期サイレージのNFE消化率が低かった。このことは、未消化子実の増加が反映したものであると思われる。粗繊維成分や分画繊維成分の消化率についても、糊熟期および硬糊熟期の両サイレージは乳牛と緬羊とで有意差を認めたが、名久井ら(1982b)もトウモロコシホールクロップサイレージは緬羊が乳牛よりADFの消化率が高いとしている。本試験において、未消化子実の排泄率を求めるために糞を篩別した際、乳牛の糞中には1cmを越える組織片がほぼ原形のままで排泄されているのを散見したが、緬羊の場合にはこのような粗大な組織片が認められなかった。これらの観察から明らかなように、消化の初期段階である機械的破碎において緬羊と乳牛の両者間に大きな能力差があり、これが繊維の消化性に影響を及ぼしたものと考えられる。

本試験による乳牛と緬羊における可消化養分含量を求めた結果、DCP含量は乳牛と緬羊との間に有意差がなかったが、TDN含量は軟糊熟期を除き緬羊が乳牛より有意に高かった。この理由は、NFEと粗繊維の消化率が乳牛に比べて緬羊が高かったことに起因している。いっぽう、名久井ら(1977)はトウモロコシホールクロップサイレージについて乳牛と緬羊の消化率の比較を試み、澱粉消化率は家畜間に有意差があったが、可消化養分含量には有意差がなく、実用的には緬羊で得られた可消化養分含量の数値を乳牛に適用できるとしている。しかし、本試験の軟糊熟期を除くソルガムサイレージでは緬羊のTDN含量が乳牛のそれより有意に高かったので、緬

羊で得られたソルガムサイレージのTDN含量をそのまま乳牛に適用することは危険であると思われる。名久井ら(1982b)はトウモロコシサイレージで得られた綿羊と乳牛との成分消化率、可消化養分含量の間には高い相関があることを認め、綿羊で得られた可消化養分含量から乳牛用のそれを求める回帰式を得ている。したがって、ソルガムサイレージについても、綿羊の可消化養分含量から乳牛用のそれを簡便に推定する回帰式を早急に求める必要がある。なお、粗繊維とDCFは牛体の健康維持と乳質保持、とくに乳脂肪に関与する重要な成分であるとされている(農林水産省農林水産技術会議事務局編 1982)。そこで、DCFを求めた結果、乳牛の軟糊熟期サイレージでは可消化養分収量のみならずDCF収量も高かった。今後は乳牛用のホールクロップサイレージの評価はDCPおよびTDN収量のほかにDCFについても検討する必要がある。

つぎに、乳牛を対象としたサイレージ用ソルガムの刈取適期を判断する基準として、発酵品質、DCF含量、可消化養分含量および可消化養分収量が挙げられる。本試験の乳牛を供試したソルガムサイレージの結果によると、軟糊熟期サイレージは発酵品質、DCF含量、DCP含量、TDN含量、DCP収量およびTDN収量がいずれも高く、つぎに糊熟期サイレージが高く、硬糊熟期サイレージが最も劣った。なお、Owen(1967)は軟糊熟期サイレージのDCPおよびTDNの含量が、Helm and Leighion(1960)は軟糊熟期サイレージのTDN含量がそれぞれ高いとしている。したがって、サイレージ用ソルガムの刈取適期は軟糊熟期であり、遅れても糊熟期までに刈取る必要がある。なお、未消化子実排泄率が高いために硬糊熟期サイレージのTDN含量やTDN収量が低下するが、この未消化

子実を有効化するために牛にホールクロップサイレージを圧砕処理して給与する方法が有効であるとされている (Anthony *et al.* 1962; Ward and Smith 1968; Gutierrez *et al.* 1982; Smith and Lig 1985)。また、ソルガムサイレージはトウモロコシサイレージより圧砕効果が高いとされている (Smith *et al.* 1985)。いっぽう、熊井ら (1984b) はサイレージ材料草を圧砕処理して調製したソルガムホールクロップサイレージと無処理のサイレージを緬羊に給与して澱粉消化率を調べたところ、両サイレージ間に差がなく、いずれも高い消化性を示したとしている。以上の結果から、ホールクロップサイレージの圧砕効果は乳牛では顕著であるが、緬羊・山羊では効果がないと結論されよう。わが国におけるホールクロップサイレージの圧砕処理技術は、まだ実用化されていないので、この点については今後の研究課題の一つと考えられる。

## 第10節 摘 要

本研究はサイレージ用ソルガムの生理・生態的特性、サイレージ品質および飼料価ならびに乳牛におけるサイレージ用ソルガムの刈取適期について検討した。

(1) サイレージ用ソルガム品種は収穫期(糊熟期)になると稈は多汁性で、しかも多量の単少糖を稈中に蓄積する糖蜜型と稈は乾いて硬く、単少糖の蓄積が乏しい非糖蜜型に大別することができた。

(2) サイレージ用ソルガムは生育特性と出穂特性や日長、気温に対する反応から定常型品種と変動型品種に類別できた。すなわち、定常型品種は播種期に関わりなく稈長、主稈葉数がほぼ一定で、変動型品種は播種期によって主稈葉数、稈長、出穂日数が著しく変動した。

(3) ソルガム稈の単少糖含量( $x$ )とIVDM( $y$ )とについて検討した結果、稈の消化性と単少糖含量との間に高い正の相関が認められ( $r=0.876^{**}$ )、稈中の単少糖は稈の消化性を支配する重要な成分であることが判明した。また、その回帰式は $y=39.11+0.82x$ が得られた。

(4) ソルガム稈の単少糖含量( $y$ )と稈のブリックス糖度( $x$ )との関係について検討した結果、両者間には高い正の相関が認められた( $r=0.926^{**}$ )。そのことから稈中の単少糖含量をブリックス値によって容易に推定することが可能である。その回帰式は $y=1.54x+2.81$ (1稈、1点測定の場合)であった。

(5) ソルガムホールクロップ器官別構成比率とそのIVDMについて検討した結果、ホールクロップの構成比率は穂が36~51%、

稈22~40%, 葉身と葉鞘は16~18%と8~10%の範囲で, 穂と稈の構成比率がともに高かった。また, 器官別IVDMDは穂が最も高く, 葉身, 葉鞘, 稈の順であった。

(6) ソルガムホールクロップサイレージの発酵品質は総じて高かったが, 非糖蜜型品種中, とくに単少糖含量の少ない品種のサイレージ品質は劣った。

(7) ソルガムホールクロップサイレージは一般成分, 消化率ともに粗蛋白質, NFEおよび粗繊維において品種間に差が認められた。供試サイレージのDCP含量とTDN含量を求めた結果, DCP含量は3.1~4.7%, TDN含量は57~64%の範囲を示し, とくにTDN含量が高かったサイレージは糖蜜型でしかも穂の割合の高い品種であった。

(8) 同一サイレージについて乳牛と緬羊による消化試験を実施した結果, 乳牛の未消化子実排泄率と澱粉排泄率は緬羊より著しく高く, 登熟が進むにつれて増加した。成分消化率はNFE, 粗繊維および繊維成分の消化率が乳牛と緬羊では異なり, 緬羊は乳牛より高かった。この結果, TDN含量は糊熟期と硬糊熟期で乳牛と緬羊との間に差が認められ, 乳牛に比べて緬羊が高かった, したがって, 緬羊で得られたソルガムホールクロップサイレージの飼料価を乳牛にそのまま適用できないものと考えられる。軟糊熟期, 糊熟期および硬糊熟期サイレージの乳牛で求めたTDN含量とTDN収量は, それぞれ57.4%と71.2 kg a<sup>-1</sup>, 54.6%と70.7 kg a<sup>-1</sup>, 49.8%と68.2 kg a<sup>-1</sup>であった。これらの結果から, 軟糊熟期が乳牛用ソルガムサイレージの刈取適期と考えられる。

## 第4章 水稲ホールクroppサイレージ

### 第1節 緒言

1970年にスタートした過剰米に起因する水稲の生産調整は休耕対策、転換対策を経て、1974年度以降、農業生産の再編成を意図した水田利用再編対策、ついで水田農業確立対策が行政の手によって推進され、1991年度における水田転作など実施面積は84万9千haに達している。1993年度は100年に一度という凶作であり、外国産米に依存せざるを得なかったが、今後とも米の需要の動向に応じた計画的な減反による調整対策が継承されるものと思われる。したがって、これら米の生産調整対策によって生じた遊休水田を有効利用することは、国土の保全は勿論のこと、農家経営にとって重要課題である。このようなことからムギ、大豆、飼料作物、野菜のほかに、景観形成作物などの導入による転作が強力に推進されている。しかしながら、転作・導入作目の多くは耐湿性を欠き、水田面積の過半を占める湿田や半湿田には適さず、転作実施面積も伸び悩んでいるのが現状である。

ところで、わが国畜産の飼料生産基盤は極めて脆弱で、飼料用穀類および成型乾草のほとんどを米国などからの輸入に依存し、これがわが国の食料自給率の極端な低下の主因を成していることは周知のとおりである。また、自脱コンバインによる水稲収穫作業の機械化により、粗飼料の主要供給源の一つであるイナワラ不足が深刻化し、イナワラ類までも中国、韓国などからの輸入に依存しているのが実態である。このような粗飼料不足の現状を踏まえ、転作困難な

排水不良田を中心に青刈稲や飼料米を栽培しようとする動きが活発化し、前者においては水田地帯の農家と畜産農家とが契約し、青刈稲が流通粗飼料化している例もみられるようになった。今後、遊休水田の利用による青刈稲の栽培はしだいに拡大するものと期待される。

たほう、過剰米問題を契機として、青刈稲の栽培・利用に関する研究も、各地で実施されるようになった(高橋・飯田 1963; 飯田・高橋 1968; 飯田 1970; 佐藤ら 1971a-b; 中村 1974; 野田 1974; 野田ら 1975; 飯田・高橋 1976; 藤田・木村 1976; 伊藤・本田 1977; 伊藤ら 1978 1979; 福見 1979)。すなわち、高橋・飯田(1963, 1965) および飯田・高橋(1976)はイネの青刈・実取兼用栽培および青刈専用栽培について一連の試験を実施した。野田ら(1975)は飼料用稲の品種と栽培に関する研究を展開し、外国稲を中心に適品種の選定を行った。また、野田(1974)は飼料用稲の品種と栽培について解説し、青刈りに適する外国稲品種を紹介した。それらの飼料価およびサイレージや乾草に調製した場合の品質と飼料価についても、多くの報告がある(丹比・福見 1971; 中村 1974; 熊井ら 1979; 福見ら 1979; 吉本ら 1980; 箭原ら 1980; 吉田ら 1980; 福見ら 1982)。その主要なものは、筆者らの研究(丹比・福見 1971; 丹比ら 1973; 福見ら 1979, 1982)、中村(1974)および箭原ら(1980)の研究によって代表される。しかし、当時においては、水稻の青刈利用に関する研究はほとんど行われていなかった。

そこで、本章では暖地におけるホールクロップサイレージ用水稲の利用時期ならびにその適品種について検討した。

## 第2節 ホールクロップ用イネの利用時期

水稻をホールクロップサイレージ利用する場合の刈取り時期を明らかにするために、登熟ステージ別、予乾処理および糖蜜飼料添加サイレージを調製し、その発酵品質と飼料価について検討した。

### 試 験 方 法

水稻の耕種法：愛媛大学農学部の水田5aを供試した。品種には金南風を供試し、水苗代で育苗した40日苗を1979年6月19日に手植え（並木植）とし、栽培密度は3.3m<sup>2</sup>当り60株とした。施肥には基肥に三要素を各1.0kg a<sup>-1</sup>とし、代かき前に化成肥料で施用した。ついで8月15日（幼穂形成期）に窒素（尿素）と加里（塩化加里）を各0.5kg a<sup>-1</sup>追肥した。前年度の試験を補充するために引き続いて1980年に同一栽培条件で金南風を栽培した。

サイレージ調製法：サイレージの調製日はTable 31に示すとおりである。収穫物は刈取後、ただちに畜舎に搬入してカッターで1～2cmに細切し、200ℓ容のプラスチックサイロに踏圧を加えながら詰込み、ビニールフィルムで密封後、15kgの砂をサイロ上に堆積、加重した。なお、1処理区にサイロ2基を詰込み、2連で実施した。予乾処理は糊熟期と黄熟期に刈取後、材料草を地面に拡げ約3時間日乾し、予乾途中で1回、反転した。糖蜜飼料添加は市販の糖蜜飼料（糖蜜40%、米糠脱油粕36%、サフラワー油粕10%、カボック油粕4%）を用い、サイレージ材料に対して重量比で10%を添加した。1980年には穂揃期（9月4日）と成熟期（10月10日）にサイレージを、

乳熟期（9月10日）には予乾サイレージをそれぞれ調製した。なお、サイレージの製品歩留まりは詰込の量（乾物換算）と開封時にトッブサイレージを除いた製品量（可食サイレージ，乾物換算）とを求め，製品量を詰込量で除して百分率で表示した。

消化試験：1処理区に去勢緬羊2頭を供試し，予備試験6日，本試験7日，併せて1期13日で消化試験を実施した。サイレージは緬羊の体重の2%に相当する乾物を日量として給与し，全糞採取法で実施した。

分析法：一般成分は常法，可溶性炭水化物はアンスロン法（森本1971b），サイレージの水分はトルエン蒸溜法，揮発性塩基態窒素（volatile basic nitrogen: VBN）は水蒸気蒸溜法（森本1971f），有機酸組成はフリーク法でそれぞれ分析した。

### 試 験 結 果

登熟期別の水稲収量はTable 31に示すとおりである。1979年の気象は順調に推移し，病虫害の発生がほとんど認められなかった。また，当地方慣行の50%増しの施肥量を施したので，収量水準は高かった。登熟期によって変動するが，生草収量は $390\sim 430\text{ kg a}^{-1}$ ，乾物収量は登熟につれて増加し， $103\sim 153\text{ kg a}^{-1}$ であった。

水稲サイレージの埋蔵密度および製品歩留まりはTable 32に示すとおりである。開封時における原物理蔵密度は黄熟初期サイレージを中心に高く，予乾処理によって低下した。いっぽう，乾物理蔵密度は登熟，予乾処理および糖蜜飼料添加によって高まった。製品歩留まりは登熟とともに向上した。予乾区の乳熟期サイレージおよび

Table 31. Relationship between time of cutting and yield of paddy rice as silage material.

Growth (days after stage heading)	Cutting date	Plant length (cm)	Green yield (kg a <sup>-1</sup> )	Dry matter yield (kg a <sup>-1</sup> )	Grain-straw ratio* (%)
Full heading (4)	Sep./ 4/80	114	413	103	-
Milk-ripe (10)	Sep./10/79	114	395	111	28
Dough-ripe (17)	Sep./17/79	116	431	126	35
Early yellow-ripe (22)	Sep./22/79	115	410	135	45
Medium yellow-ripe (27)	Sep./27/79	115	432	147	51
Late yellow-ripe (35)	Oct./ 5/79	114	381	153	57
Full-ripe (43)	Oct./10/80	117	374	151	58

\*  $\frac{\text{Unhulled rice weight}}{\text{Total weight}} \times 100$  (Dry matter)

Table 32. Content of moisture, and water soluble carbohydrates (WSC), silage density and dry matter recovery.

Growth stage	Material			Silage density		Dry matter recovery (%)
	Moisture (%)	WSC (DM %)	NFE/CP	FM	DM (kg m <sup>-3</sup> )	
Control (Unwilting)						
Full heading	75.3	7.0	3.7	362	87	82.9
Milk-ripe	69.2	7.2	4.6	374	109	84.6
Dough-ripe	68.0	7.8	5.3	462	142	85.6
Early yellow-ripe	66.7	7.7	6.2	513	169	85.9
Yellow-ripe	63.4	7.6	7.1	487	172	87.1
Late yellow-ripe	57.5	7.4	8.7	444	179	87.5
Full-ripe	55.6	7.4	9.4	451	191	87.9
Wilting						
Milk-ripe	58.0	6.5	4.3	293	115	85.3
Dough-ripe	55.0	6.8	5.6	335	145	86.1
Yellow-ripe	50.0	6.5	7.6	380	179	83.2*
Molasses additive						
Dough-ripe	63.3	9.8	5.1	441	147	87.6
yellow-ripe	59.6	9.6	6.7	481	176	85.5*

\* Occuring mould in silage.

糊熟期サイレージは対応する無処理サイレージと同等の製品歩留まりを示したが、黄熟中期サイレージはシロカビがかなり発生し、製品歩留まりが低下した。

サイレージの発酵品質はTable 33に示すとおりである。登熟期別サイレージについては、Table 32に示したようにサイレージの水分含量が異なっており、穂揃期が高水分サイレージ、乳熟期から黄熟初期サイレージが中水分サイレージ、黄熟中期以降が低水分サイレージに分類される。これらサイレージのpHは4.4から4.8の範囲にあって、総じてその値は高く、とくに登熟初期と登熟後期において高い値を示した。予乾サイレージは低水分サイレージであるにもかかわらず、乳熟期サイレージは至適pHの4.1を示した。また、糊熟期および黄熟期サイレージのpHとほとんど差がなかった。いっぽう、糖蜜サイレージは至適pHの範囲におさまり、糖添加の効果が顕著であった。有機酸組成と登熟期サイレージとの関係については、登熟に伴って酢酸、酪酸および総酸の含有率は減少し、乳酸は糊熟期から黄熟中期を中心に高かった。また、予乾処理と糖蜜添加によって、サイレージの品質は大幅に向上した。VBN/T-N(%)は登熟とともに低下した。

サイレージの一般成分、消化率および可消化養分含量はTable 34に示すとおりである。登熟とともに水分、粗蛋白質、粗脂肪、粗繊維および粗灰分の各含量は減少する傾向を示した。

消化率についてはNFEを除く各成分とも登熟とともに低下した。いっぽう、NFE消化率は登熟に伴って向上した。なお、予乾処理は消化率に影響をほとんど及ぼさなかった。

登熟期別サイレージの可消化養分についてみると、登熟に伴って

Table 33. Fermentative quality of paddy rice silages.

Silages	pH	Organic acid (FM %)				Flieg's score	VBN T-N (%)
		Acetic	Butyric	Lactic	Total		
Control (Unwilting)							
Full heading	4.8	4.48	2.35	1.34	8.17	10	22.6
Milk-ripe	4.6	2.76	2.15	1.96	6.87	25	19.7
Dough-ripe	4.5	2.00	1.06	3.19	6.25	45	13.7
Early yellow-ripe	4.4	1.26	0.84	3.25	5.35	55	11.1
Yellow-ripe	4.5	1.10	0.65	3.03	4.78	55	10.4
Late yellow-ripe	4.7	0.40	0.84	1.51	2.75	55	7.9
Full-ripe	4.6	0.41	0.44	1.91	2.76	63	6.6
Wilting							
Milk-ripe	4.1	0.69	0	5.16	5.85	100	4.0
Dough-ripe	4.6	0.39	0	3.44	3.82	100	5.0
Yellow-ripe	4.6	0.42	0.49	2.25	3.16	68	7.8
Molasses additive							
Dough-ripe	4.1	0.99	0.45	6.43	7.87	80	9.0
yellow-ripe	3.9	0.78	0	6.69	7.47	100	6.3

Table 34. Data on chemical composition, digestibility and digestible nutrients of whole crop paddy rice silages.

Silage	Chemical composition (DM %)						Digestibility (%)			Digestible nutrients (DM %)		
	Moisture	Crude protein	Crude fat	Crude fiber	NFE	Crude ash	Crude protein	Crude fat	Crude fiber	NFE	DCP	TDN
Control (Unwilting)												
Full heading	76.0	10.5	4.7	29.3	38.7	17.3	63.5	63.2	59.2	50.1	6.7	50.1
Milk-ripe	71.0	8.6	4.1	29.5	41.4	16.5	60.5	63.2	58.5	50.7	5.2	49.2
Dough-ripe	69.3	8.0	3.9	26.7	47.4	14.0	60.0	57.2	57.3	57.7	4.8	52.5
Early yellow-ripe	67.0	7.8	3.3	26.6	48.5	13.8	60.5	58.3	57.1	61.7	4.7	54.2
Yellow-ripe	64.7	7.0	3.4	22.0	53.7	13.9	52.9	56.1	50.4	68.0	3.7	55.5
Late yellow-ripe	59.6	6.5	3.1	19.7	57.8	12.9	50.2	56.9	45.6	70.9	3.3	57.2
Full-ripe	57.7	6.5	3.4	20.0	57.2	13.0	51.1	55.6	43.6	74.2	3.4	58.7
Wilting												
Milk-ripe	60.9	9.0	3.9	29.7	39.4	18.0	60.3	63.3	57.7	51.8	6.0	48.5
Dough-ripe	56.8	7.7	3.6	26.9	47.6	14.2	63.9	60.5	52.5	58.7	4.9	51.9
Yellow-ripe	52.9	5.9	3.3	25.6	51.1	14.1	54.6	59.5	51.6	69.3	3.2	56.4

Table 35. Amount of edible silages and digestible nutrients yield of whole crop paddy rice silage.

Time of harvesting	Edible silage (kgDMA <sup>-1</sup> )	Digestible nutrient yield (kg a <sup>-1</sup> )	
		DCP	TDN
Control (Unwilting)			
Full heading	85.4	5.7	42.8
Milk-ripe	93.9	4.9	46.2
Dough-ripe	107.9	5.2	56.6
Early yellow-ripe	116.0	5.5	62.9
Yellow-ripe	128.0	4.7	71.0
Late yellow-ripe	133.9	4.4	76.6
Full-ripe	132.7	4.5	77.9
Wilting			
Milk-ripe	94.6	5.7	45.9
Dough-ripe	108.5	5.3	56.3
Yellow-ripe	122.3	3.9	69.0

D C P 含量は低下し、T D N 含量は漸増した。予乾サイレージの T D N 含量は対応する無予乾サイレージに比較して、黄熟中期サイレージをのぞきわずかに低下した。

乾物回収量は Table 35 に示すとおりで、登熟に伴って増大した。乳熟期と糊熟期の予乾サイレージの乾物回収量は無処理のそれに比較してほぼ等しかったが、予乾した黄熟期サイレージではシロカビが発生し、製品歩留まりが減少した。

D C P 収量は登熟後期において減少し、T D N 収量は登熟とともに増加した。予乾処理は T D N 収量を減少させたが、その程度は軽微であった。

#### 考 察

中村(1974)、福見ら(1979,1982)、熊井ら(1979)、箭原ら(1980)、吉田ら(1980)および福見ら(1982)によると、水稻サイレージの品質は総じて低く、その品質改善には、予乾処理(中村 1974)や糖添加(熊井ら 1979; 中村 1974; 吉田ら 1980)が有効であるとされている。本試験の結果も、それらの結果と一致している。登熟期別サイレージの品質は登熟とともに NFE/CP 比が改善され、かつ材料草の含水率が低下する結果、糊熟期以降に調製したサイレージの品質は安定した。また、VBN/T-N(%)も低下し、品質の向上を裏付けた。現状では食用米への転用を恐れて、青刈り稲を乳熟期までに刈取り、サイレージに調製するケースが多いが、できれば糊熟期以降に調製することが品質および可消化養分収量の確保の点から必要であると考えられる。

予乾処理や糖添加は乳酸発酵を促し、不良発酵を抑制する。したがって、出穂期から乳熟期の材料草は水分含量が高く、かつNFE/CP比が低いので、この時期のサイレージ調製には、予乾処理や糖添加が品質改善に有効である。しかし、登熟後期は品質が安定しており、予乾することによってシロカビによる製品歩留まりの低下が懸念されるので、予乾処理は不必要と考えられる。

つぎに、可消化養分については、DCP含量は登熟にともないサイレージ中の粗蛋白質およびその消化率がともに低下する結果、著減した。この結果は福見ら(1979)および箭原ら(1980)の結果と傾向的に一致した。TDN含量は穂揃期から乳熟期のサイレージで49~50%、糊熟期から黄熟初期サイレージで53~54%、黄熟中期から成熟期サイレージで56~59%であった。これらの数値と箭原らの結果はほぼ等しく、登熟が進むにつれてTDN含量が増加する点でも一致した。TDN収量が登熟とともに増大する点も福見ら(1979)および箭原ら(1980)の結果と一致したが、絶対収量では箭原ら(1980)と比較して本試験および福見ら(1979)の結果が著しく高い値が得られ、これらの収量差は地域性や施肥量が大きく影響したものと考えられる。なお、予乾処理によって可消化養分含量がほとんど低下しなかったのは、水稻茎葉は通導組織が発達し、容易に脱水する性質を有し、短時間に予乾が終了したためである。以上の結果から、水稻ホールクロップサイレージの調製時期は品質が安定し、TDN含量およびTDN収量の高い糊熟期以降が適当であると考えられる。

ところで、登熟後期の水稻ホールクロップサイレージを乳牛や肉用牛に給与した場合、綿羊と異なり、多くの未消化子実の排泄が観察された。Lyndon *et al.* (1989) は乳熟期および糊熟期の水稻ホー

ルクロップサイレージを肉用牛に給与し、全糞採取法やリグニンと珪酸を用いたインデックス法によって澱粉の排泄率を検討した結果、乳熟期で平均8.4%(6.6~10.0%)、糊熟期では平均12.7%(10.8~15.0%)であった。また、そのときのDCP含量およびTDN含量はそれぞれ2.0%と53.5%および1.7%と58.1%であったとした。また、箭原ら(1980)は極早生品種(マツマエ)のホールクロップサイレージを肉用牛に供試して澱粉の排泄割合を求めた結果、乳熟期では10.4%、糊熟期では8.1%であったとし、未消化澱粉の排泄割合は乳熟期に比べて糊熟期が低い、子実割合の高い糊熟期サイレージが子実の実質的な排泄損失は多かったとしている。これらの結果から、乳熟期および糊熟期サイレージでは澱粉の排泄割合は比較的低く、子実の消化性は優れているものと考えられる。しかし、丹比ら(1988)の完熟期の消化試験では、乳牛の澱粉排泄率は一段と高まり、27%に達したとしている。完熟期における水稻のモミ：ワラ比を50:50とした場合の生ワラサイレージのTDN含量は約43%であるとされている(農林水産省農林水産技術会議事務局編 1991b)。いっぽう、亀岡(1980)および丹比ら(1986)によると、破碎モミのTDN含量は約80%とされている。したがって、そのTDN含量は61%と推定される。このうちモミが27%未消化で排泄されたとすれば、この時のTDN含量は50.7%と試算される。また、丹比ら(1986)は完熟期乾燥モミをハイキューブと併用して肉用牛に給与した結果、未消化澱粉の排泄割合は実に74%であったとしている。これらのことから水稻ホールクロップサイレージの飼料価は糊熟期を過ぎると、急速に低下するものと考えられる。以上のことから、完熟期サイレージを乳牛や肉用牛に給与するとモミの消化性が低いため、糊熟期サイレージに

比べて飼料価値が劣るものと推察される。

したがって、牛用の水稲ホールクロップサイレージの刈取り時期はモミ（澱粉）の排泄損失の少ない糊熟期が適するものと考えられる。

### 第3節 ホールクロップ用イネの生育収量

第2節において水稲ホールクロップサイレージの調製時期について検討した結果、牛に給与する場合、子実の消化性のよい糊熟期が適するものと考えられた。

そこで、本節では暖地におけるサイレージ用イネの適品種を選定するために、外国稲と日本稲を供試し、その生育収量について比較検討した。

#### 試 験 方 法

試験区の構成、水田6aを供試した。一区面積は0.5aで、施肥水準（標肥、多肥）を主試験区に、品種を副試験区とする分割区試験により2区制で実施した。

供試品種、印度稲 (*Oriza sativa* L. subsp. indica) から Amber (以下、AM)、Gaiya Dhan Tosar (GD) および British Honduras (BH) の3品種、秈稲 (*Oriza sativa* L. subsp. hisen 中国稲) から白穀粘 (バイクウネン)、日本稲 (*Oriza sativa* L. subsp. japonica) から金南風 (キンマゼ)、松山三井の品種を選定した。供試品種の印度稲3品種は、北陸農業試験場の試験結果が示すように、茎葉の繁茂が旺盛で早熟の青刈用稲として有望視されている(野田 1974)。秈稲の白穀粘は極早生品種に属し、初期生育が迅速で、かつ茎葉生産に優れているとされている(川合 1984)。日本稲の金南風はわが国を代表する多収性の中生品種で、短稈、多げつの穂数型品

種に属する。また、松山三井は当地方の代表品種の一つで長稈、多収の晩生品種である。

耕種概要、1981年6月23日に45日苗を3.3 m<sup>2</sup> 当り60株、本田に移植した。基肥は化成肥料(15-15-15)を用いて標肥区に三要素を各0.8 kg a<sup>-1</sup>、多肥区は1.2 kg a<sup>-1</sup>施こし、追肥は7月8日と7月25日に窒素のみを標肥区は0.2 kg a<sup>-1</sup>、多肥区は0.4 kg a<sup>-1</sup>を尿素でそれぞれ施用した。そのほか、試験田の管理は当地方の慣行栽培に準じて行った。刈取は前年の試験(福見ら 1982)で印度稲品種が糊熟期に倒伏したので本試験では刈取を乳熟期とした。すなわち、外国稲は施肥量の差異によって生育ステージに差がほとんど認められなかったので、施肥量に関わりなく、白穀粘は8月29日、AMとGDは9月3日、BHは9月9日とした。いっぽう、金南風の標肥区は9月16日、多肥区は9月18日、松山三井の標肥区は9月22日、多肥区は9月24日とした。また、採種を行うために圃場の一部を刈残し、耐倒伏性の調査を併せて行った。

### 試 験 結 果

各品種の生育収量はTable 36に示すとおりである。施肥の影響についてみると、多肥によって草丈の伸長と収量の増大が認められたが、乾物率は低かった。品種間の比較では、草丈は印度稲、籼稲、日本稲の順に高く、生草収量は施肥量に関わりなく外国稲品種が日本稲品種より総じて高い傾向を示した。これらのうち、AM、GDおよび白穀粘が有意に高かった。乾物収量の比較では、生草収量と異なり日本稲2品種が高く、白穀粘とBHがこれについだ。なお、

Table 36. Growth and yield of soiling paddy rice.

fertilizer application	Variety	Plant length (cm)	Green yield (kg a <sup>-1</sup> )	Dry matter (%)	Dry matter yield (kg a <sup>-1</sup> )	CGR (kg DM a <sup>-1</sup> day <sup>-1</sup> )	Loding resistance
Standard dressing	Amber (AM)	186	501 <sup>a</sup>	19.4	97 <sup>b</sup>	1.4	weak
	Gaiya Dhan Tosar (GD)	201	516 <sup>a</sup>	20.0	103 <sup>b</sup>	1.5	weak
	British Honduras (BH)	175	432 <sup>b</sup>	21.5	93 <sup>b</sup>	1.2	firm
	Peikuunen (PN)	167	507 <sup>a</sup>	23.0	117 <sup>a</sup>	1.8	extremely weak
	Kinmaze (KM)	112	386 <sup>b</sup>	30.0	116 <sup>a</sup>	1.4	extremely firm
	Matsuyamamii (MM)	128	421 <sup>b</sup>	29.9	126 <sup>a</sup>	1.4	extremely firm
Heavy dressing	Amber (AM)	198	563 <sup>a</sup>	19.2	108 <sup>c</sup>	1.5	weak
	Gaiya Dhan Tosar (GD)	211	601 <sup>a</sup>	19.6	118 <sup>bc</sup>	1.7	weak
	British Honduras (BH)	189	515 <sup>b</sup>	21.6	111 <sup>c</sup>	1.5	firm
	Peikuunen (PN)	171	570 <sup>a</sup>	21.9	125 <sup>ab</sup>	1.9	extremely weak
	Kinmaze (KM)	123	492 <sup>b</sup>	27.4	135 <sup>a</sup>	1.6	extremely firm
	Matsuyamamii (MM)	132	507 <sup>b</sup>	28.6	145 <sup>a</sup>	1.6	extremely firm

\* Statistically significant at the 5 % level, a&gt;b&gt;c.

品種によって刈取期が異なり、生育期間に差があったので生育期間中のCGRを求めた結果、施肥水準に関わりなく白穀粘が最も高かった。

いっぽう、糊熟期における倒伏状況は標肥区、多肥区ともに白穀粘は全面倒伏、AMとGDもほぼ全面倒伏を呈したが、BHは軽いなびき倒伏を示し、外国稲のなかでは耐倒伏性が認められた。金南風と松山三井の日本稲は全く倒伏せず、日本稲は長稈の外国稲に比べて耐倒伏性を示した。

#### 考 察

乳熟期に刈取った青刈稲の生草収量は、標肥区で $386 \sim 519 \text{ kg a}^{-1}$ 、多肥区で $492 \sim 601 \text{ kg a}^{-1}$ の範囲を示し、多くの報告例(飯田 1970; 野田 1974; 野田ら 1975)にもれず多肥によって増加した。外国稲と日本稲との比較では長稈の外国稲が日本稲より総じて高く、とりわけGDが多収であった。いっぽう、乾物収量は日本稲品種と白穀粘が高く、印度稲は低い結果に終わった。これは日本稲の乾物率が著しく高いことに起因している。収量水準についてみると、多肥区の最高乾物収量は松山三井が $145 \text{ kg a}^{-1}$ であったが、前年(福見ら 1982)の $105 \text{ kg a}^{-1}$ に対して大幅に増収した。しかし、野田ら(1975)の $190 \sim 262 \text{ kg a}^{-1}$ に及ばず、さらに増収を図るには、多肥、密植栽培を考える必要がある。しかし、外国稲のうち、BHを除く3品種はいずれも糊熟期に倒伏したので、暖地における外国稲の栽培は、台風による倒伏の危険率が高く、かつ極多肥栽培や密植栽培はさらにそれを助長するものと考えられる。したがって、台風を回避できる

早期栽培と出穂期までの青刈利用を除いて、倒伏に弱い外国稲品種の栽培は避けた方が賢明と言えよう。したがって、サイレージ利用には、多収で倒伏に強い日本稲が印度稲や籼稲より有利であり、品種的には茎葉生産に優れる中、晩生品種が適するものと考えられる。

#### 第4節 水稲サイレージの乾物回収率および発酵品質

第3節において日本稲品種は外国稲品種に比べて多収で、しかも倒伏に強いことを明らかにした。

そこで、本節では第3節に引続いて水稲サイレージの乾物回収率と発酵品質について検討した。

#### 試 験 方 法

第3節の材料を供試してサイレージを調製した。サイレージの調製法は刈取後、ただちにカッターで1～2 cmに細切し、300ℓ容のプラスチック製サイロに踏圧を加えながら材料草約170 kgを詰込み、ビニールフィルムで密封したのち、20 kgの砂をもって加重し、鉄筋コンクリート建物の床面に定置した。サイロは約2カ月後に開封し、サイレージの乾物回収率、フリーク法による品質評価を行った。サイレージの乾物回収率は詰込量からトップスポイレージと発酵中における乾物消失量を差引いて求めた。サイレージ材料草の一般成分は常法、珪酸は重量法（農林省農林水産技術会議事務局監修 1975）WSCはアンスロン法、サイレージの水分はトルエン蒸溜法、サイレージ中の有機酸はフリーク法でそれぞれ定量した。

## 試 験 結 果

サイレージ材料草の化学組成についてはTable 37に示すとおりである。多肥区は標肥区に比べて粗蛋白質および粗脂肪の含量が高く、N F EとW S C含量が低い傾向を示した。品種間差異については、日本稲2品種と白穀粘はN F EおよびW S Cの含量が印度稲のそれらに比べて高く、粗繊維、粗灰分および珪酸の含量が低い傾向を示した。

サイレージの乾物回収率および発酵品質はTable 38に示すとおりである。乾物回収率はサイレージ品質の高い日本稲が最も高く、ついでB Hであった。なお、乾物回収率と施肥量との間には一定した関係は認められなかった。サイレージ水分は材料草の水分に依存し、印度稲のA MとG Dが高く、日本稲は低い結果が得られ、pHは標肥区のG Dの4.4を除き、サイレージの至適pHの範囲にあった。サイレージ中の有機酸組成は日本稲と秣稲が印度稲より乳酸含量および総酸含量が高く、高品質であった。フリーク法によるサイレージ品質評価は日本稲と秣稲がいずれも「優」と判定された。いっぽう、印度稲については、B Hは優れていたが、A MとG Dはやや劣る結果を示し、標肥区のG Dと多肥区のA Mを除きいずれも「優」であり、フリーク評点は施肥量によってほとんど影響されなかった。

Table 37. Chemical composition, silicic acid and water soluble carbohydrates in ensiled materials.

Fertilizer application	Variety	Chemical composition (DM %)							Silicic acid (DM %)	WSC (DM %)	NFE/CP ratio
		Moisture	Crude protein	Crude fat	Crude fiber	NFE	Crude ash				
Standard dressing	(AM)	80.2	8.7	2.0	32.9	42.0	14.4	7.7	4.4	4.8	
	(GD)	81.4	7.7	1.4	33.9	41.9	15.1	7.8	4.0	5.4	
	(BH)	78.0	7.6	2.5	32.8	43.6	13.5	7.1	6.1	5.7	
	(PN)	73.5	7.3	2.0	29.7	49.8	11.2	5.8	9.7	6.8	
	(KM)	69.9	7.6	1.8	29.3	50.1	11.2	6.8	10.5	6.6	
	(MM)	70.0	7.5	2.0	31.0	48.7	10.8	6.7	11.4	6.5	
Heavy dressing	(AM)	81.4	9.3	2.8	32.0	40.6	15.3	8.1	3.5	4.4	
	(GD)	81.5	10.3	2.1	31.4	41.2	15.0	8.0	3.9	4.0	
	(BH)	77.3	9.8	2.7	31.9	43.4	12.2	6.7	5.4	4.4	
	(PN)	75.2	8.5	2.5	29.6	47.9	11.5	5.6	8.7	5.6	
	(KM)	73.0	10.6	2.4	29.3	46.3	11.4	6.6	10.6	4.4	
	(MM)	70.8	9.2	2.2	31.1	47.3	10.2	6.2	9.9	5.1	

Table 38. Recovery of dry matter, moisture and fermentative quality of paddy rice silages.

Fertilizer application	Variety	Recovery of dry matter (%)	Moisture (%)	pH	Organic acid (FM %)				Flieg's score
					Acetic	Butyric	Lactic	Total	
Standard dressing	(AM)	88.2	79.6	3.9	0.22	0.06	1.28	1.56	85
	(GD)	84.7	80.5	4.4	0.27	0.15	1.28	1.70	73
	(BH)	88.4	76.2	3.9	0.24	0	1.55	1.79	95
	(PN)	83.5	76.7	3.8	0.25	0.01	1.98	2.24	95
	(KM)	89.2	72.6	4.0	0.30	0	2.06	2.36	100
	(MM)	87.3	71.9	4.0	0.27	0	1.92	2.19	100
Heavy dressing	(AM)	84.3	80.3	4.0	0.27	0.06	1.43	1.76	80
	(GD)	82.6	80.6	4.1	0.44	0	1.44	1.88	88
	(BH)	85.2	77.1	4.1	0.26	0.02	1.54	1.82	90
	(PN)	87.1	75.3	3.9	0.33	0	2.10	2.43	100
	(KM)	87.4	74.8	3.8	0.23	0	2.40	2.63	100
	(MM)	88.1	72.7	4.1	0.27	0	1.76	2.03	100

## 考 察

野田(1974)、野田ら(1975)、福見ら(1979)、熊井ら(1979)、箭原ら(1980)および福見ら(1982)は水稲サイレージの品質は総じて劣るとしている。本試験の結果では施肥量の多少に関わらず、品質の優れたサイレージが調製され、とりわけ日本稲2品種と秬稲の品質が優れていた。これらの結果は細切、踏圧および密封を十分に行ったことのほかに、サイレージの保蔵場所が温度変化の少ない建屋内であったことが一因であると考えられる。また、日本稲のサイレージは印度稲のそれに比較して高品質であったが、その理由はサイレージ材料草の乾物率とWSCの含量がともに高く、かつNFE/CP比が大であったからであろう。これらのことから、サイレージ用水稲には印度稲より日本稲や秬稲がより適するものと考えられる。なお、水稲はサイレージ材料草として、ほかの材料草に比べて詰込み時の縮まりが悪く、サイレージの劣化を招きやすいので、本試験のように細切し、踏圧を十分に行う必要があると思われる。

## 第5節 水稲サイレージの飼料価

第4節において、水稲は細切、踏圧を十分に行えば良質サイレージが調製でき、しかも日本稲品種や白穀粘が印度稲品種よりサイレージ品質が優れることを明らかにした。

そこで、本節では第4節の供試サイレージについて消化試験を行ない、サイレージの飼料価について検討した。

### 試 験 方 法

第4節のサイレージを供試して、緬羊による消化試験を行った。消化試験は1試験区に緬羊2頭を配置し、予備試験7日、本試験7日間の全糞採取法で行った。試験期間中の供試サイレージは乾物換算で体重の1.8~2.0%を日量とし、朝・夕2回に等分して給与した。サイレージおよび糞の成分分析は常法によって行った。

### 試 験 結 果

サイレージの一般成分、消化率および可消化養分含量はTable 39に示すとおりである。サイレージの一般成分では、日本稲および秣稲は印度稲に比べてNFE含量が高く、粗灰分含量が低い傾向を示した。施肥量間では、多肥によって粗蛋白質含量が高まり、NFE含量が低下する傾向を示したが、そのほかの成分には一定した傾向が認められなかった。各成分消化率についてみると、施肥量によって粗蛋白質の消化率に有意差が認められ、多肥区が標肥区より高か

Table 39. Effect of method of fertilizer application on chemical composition, digestibility and digestible nutrients of whole crop paddy rice silage.

Fertilizer application	Variety	Chemical composition (DM %)					Digestibility (%)			Digestible nutrients (DM %)		
		Crude protein	Crude fat	Crude fiber	NFE	Crude ash	Crude protein	Crude fat	Crude fiber	NFE	DCP	TDN
Standard dressing	(AM)	9.0	4.5	30.9	41.3 <sup>ab</sup>	14.3 <sup>a</sup>	65.0 <sup>ab</sup>	76.3	61.2 <sup>ab</sup>	54.0 <sup>ab</sup>	5.9 <sup>ab</sup>	54.8 <sup>a</sup>
	(GD)	8.4	3.8	32.7	40.3 <sup>b</sup>	14.8 <sup>a</sup>	63.9 <sup>ab</sup>	65.1	57.6 <sup>b</sup>	48.9 <sup>b</sup>	5.4 <sup>b</sup>	49.5 <sup>b</sup>
	(BH)	9.8	5.0	28.9	42.5 <sup>ab</sup>	13.8 <sup>a</sup>	66.6 <sup>ab</sup>	78.8	62.8 <sup>a</sup>	55.4 <sup>a</sup>	6.5 <sup>a</sup>	57.1 <sup>a</sup>
	(PN)	8.7	4.3	31.9	44.3 <sup>a</sup>	10.8 <sup>b</sup>	61.8 <sup>b</sup>	72.4	59.8 <sup>ab</sup>	53.9 <sup>ab</sup>	5.4 <sup>b</sup>	55.3 <sup>a</sup>
	(KM)	9.1	4.8	30.7	43.8 <sup>a</sup>	11.6 <sup>b</sup>	68.5 <sup>a</sup>	75.5	63.2 <sup>a</sup>	55.7 <sup>a</sup>	6.2 <sup>a</sup>	58.2 <sup>a</sup>
	(MM)	8.5	3.6	33.3	43.0 <sup>ab</sup>	11.6 <sup>b</sup>	65.9 <sup>ab</sup>	64.9	62.6 <sup>a</sup>	55.8 <sup>a</sup>	5.6 <sup>b</sup>	55.7 <sup>a</sup>
Heavy dressing	(AM)	10.8	3.9	31.4	38.7 <sup>b</sup>	15.2 <sup>a</sup>	69.8 <sup>ab</sup>	72.3	66.0	55.9 <sup>a</sup>	7.5 <sup>b</sup>	56.2 <sup>a</sup>
	(GD)	11.4	5.0	31.0	37.9 <sup>a</sup>	14.7 <sup>a</sup>	75.1 <sup>a</sup>	72.1	62.3	48.7 <sup>b</sup>	8.6 <sup>a</sup>	54.4 <sup>b</sup>
	(BH)	10.3	5.0	32.2	39.3 <sup>ab</sup>	13.2 <sup>a</sup>	69.8 <sup>ab</sup>	75.8	64.3	51.9 <sup>ab</sup>	7.2 <sup>b</sup>	56.8 <sup>a</sup>
	(PN)	9.1	4.2	31.7	43.3 <sup>a</sup>	11.7 <sup>b</sup>	71.4 <sup>ab</sup>	74.2	62.6	55.0 <sup>a</sup>	6.5 <sup>c</sup>	57.2 <sup>a</sup>
	(KM)	10.5	5.2	29.5	43.4 <sup>a</sup>	11.4 <sup>b</sup>	69.8 <sup>ab</sup>	75.1	61.8	52.6 <sup>ab</sup>	7.3 <sup>b</sup>	57.2 <sup>a</sup>
	(MM)	9.5	4.5	31.8	43.0 <sup>a</sup>	11.2 <sup>b</sup>	66.2 <sup>b</sup>	70.0	65.2	57.7 <sup>a</sup>	6.3 <sup>c</sup>	58.9 <sup>a</sup>

\* Statistically significant at the 5% level, a>b>c.

った。品種間では標肥区の白穀粘、多肥区の松山三井の消化率が低かった。N F Eの消化率は標肥区と多肥区のG Dがともに低かった。なお、粗繊維の消化率は多肥区が標肥区より高かった。

一般成分と消化率から可消化養分含量を求めた結果、D C P含量は多肥区が標肥区より高く、かつ品種間差異も認められた。T D N含量の品種間差をみると、標肥区および多肥区のG Dがとくに低かった。

以上の結果をもとに、乾物収量、乾物回収率および可消化養分含量の三者の積によって求めたD C PおよびT D N収量はFig. 14, Fig. 15に示すとおりである。D C P収量は、標肥区の6品種の平均値が $5.5 \text{ kg a}^{-1}$ に対して多肥区のそれは $7.6 \text{ kg a}^{-1}$ で、多肥によって38%の増収を示した。いっぽう、T D N収量は標肥区の6品種の平均が $52.1 \text{ kg a}^{-1}$ であったのに対して多肥区は $60.5 \text{ kg a}^{-1}$ で、16%の増収にとどまった。品種間では、日本稲の松山三井および金南風が高く、秈稲の白穀粘が次ぎ、印度稲3品種が低かった。

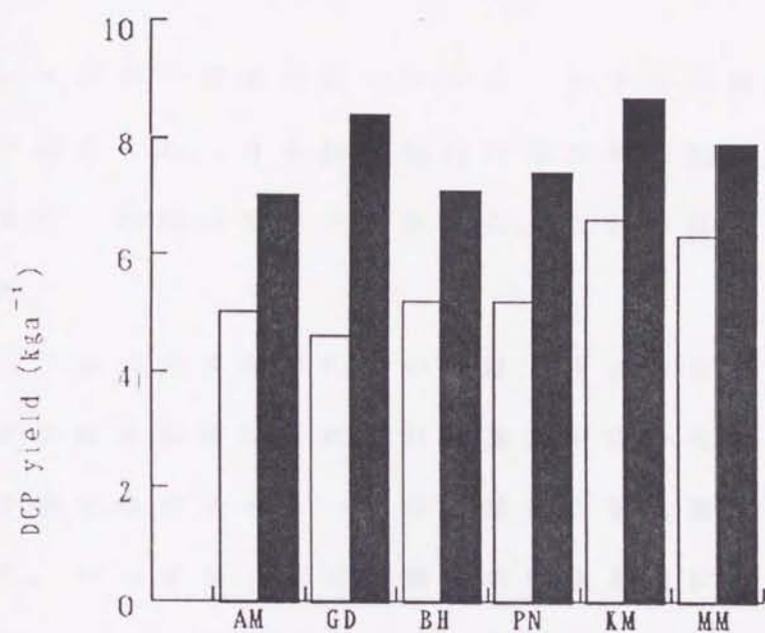


Fig. 14. DCP yield in silage of paddy rice.

□ , standard dressing;  
 ■ , heavy dressing.

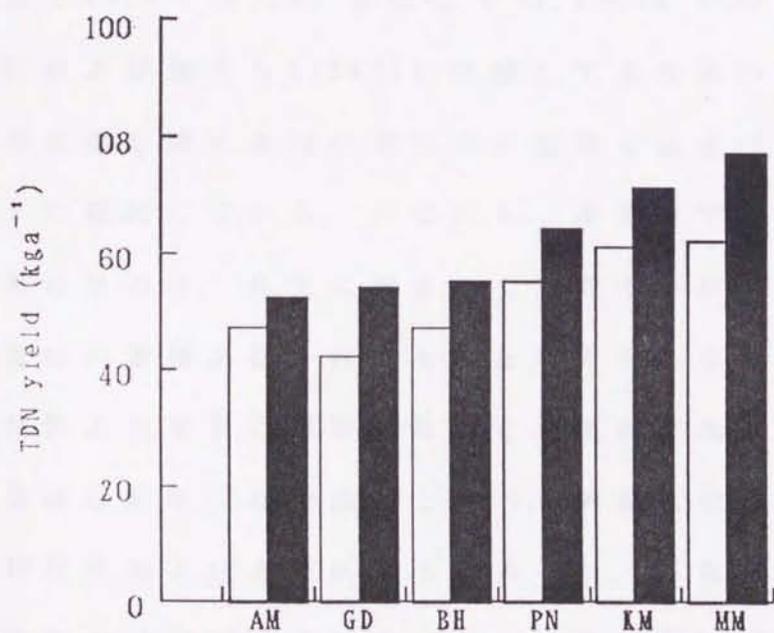


Fig. 15. TDN yield in silage of paddy rice.

□ , standard dressing;  
 ■ , heavy dressing.

## 考 察

サイレージの一般成分については、N F E と粗灰分の含量に品種間差異が認められ、日本稲と秣稲は印度稲に比較してN F E 含量が総じて高く、粗灰分含量が低かった。これらは福見ら(1982)と良く一致した。

つぎに、各成分消化率については、粗蛋白質と粗繊維は施肥量間に、N F E は品種間にそれぞれ有意差が認められた。すなわち、粗蛋白質の消化率はサイレージ中の粗蛋白質含量に比例する傾向が認められた。いっぽう、N F E 消化率は施肥量に関わりなく、G D が低かった。この理由はリグニンとともに消化率を下げる原因として働く珪酸含量(桜井 1963; Van Soest 1968; 石栗 1982)が高いことによるものと考えられる。可消化養分含量の中で重要なT D N 含量は標肥区で49.5~58.2%、多肥区で54.4~58.9%の範囲にあり、箭原ら(1980)および福見ら(1982)に比較して多少高かった。これは、粗脂肪の消化率を除く各成分消化率が箭原らおよび福見らの結果より高いことに起因している。すなわち、本実験でN F E や粗繊維の消化率を高めたのは、好天に恵まれて稲の生育が順調で倒伏もなく、葉鞘内澱粉の蓄積が促されたものと考えられること(木部 1973)や、前年の試験より早目に刈取ったことが原因であると考えられる。T D N 含量は標肥区では金南風とB H、多肥区では松山三井が高く、G D は標肥区および多肥区ともに劣った。したがって、G D を除きT D N 含量の品種間差異は少なく、福見ら(1982)のように日本稲が印度稲より飼料価が高いとはいえなかった。これまでの結果から、サイレージ用品種の具備すべき条件としては可消化養分収量、とく

に T D N 収量が 高く、倒伏に強いことが必要であると考えられる。  
したがって、これらの判断基準によって適品種を選ぶとすれば、松  
山三井と金南風の日本稲 2 品種がサイレージ用水稲として選定され  
る。

## 第6節 摘 要

本研究は暖地におけるサイレージ用稲の刈取時期ならびにその適品種について検討した。すなわち、サイレージ用水稲の刈取適期を検討するために、金南風を用い、登熟ステージ別、予乾処理および糖蜜飼料添加の各サイレージを調製し、サイレージの品質評価と緬羊による消化試験を行った。サイレージ用適品種の選定のために、施肥水準をかえて印度稲から Amber, Gaiya Dhan Tosar, British Honduras, 秈稲から白穀粘、日本稲から金南風、松山三井の6品種を選び移植栽培し、乳熟期に収穫してサイレージを調製した。試験はサイレージ用水稲の生育収量、水稻サイレージの品質および飼料価における品種間差異について検討した。

(1) 水稻サイレージの発酵品質は登熟が進むにつれて向上し、糊熟期以降では品質は安定した。また、TDN含量およびTDN収量はともに登熟につれて高まった。

(2) 外国稲品種は日本稲品種に比べ、早熟、長稈の生育特性を示した。白穀粘、Amber および Gaiya Dhan Tosar は耐倒伏性が著しく欠けた。生草収量は白穀粘と印度稲が日本稲よりも多収であったが、乾物収量は日本稲と白穀粘が高く、多肥区の松山三井が最も高い収量を示した。

(3) サイレージ材料草のNFEとWSCの含量は日本稲が外国稲より高く、粗灰分と珪酸は外国稲が高かった。

(4) サイレージ品質は日本稲と秈稲が印度稲より高かった。

(5) サイレージの消化率については粗蛋白質と粗繊維は多肥区が標肥区より優れ、NFEは施肥量に関わりなく、Gaiya Dhan

T<sub>0</sub>sarが低かった。

(6) DCP含量は多肥区が標肥区より高かった。TDN含量は標肥区49.5~58.2%, 多肥区は54.4~58.9%の範囲にあった。

(7) サイレージのTDN収量は標肥区43.2~61.3 kg a<sup>-1</sup>, 多肥区51.1~75.2 kg a<sup>-1</sup>で日本稲が外国稲より多収であった。

(8) これらの結果, TDN収量が高く, かつ, 倒伏に強い日本稲品種, とりわけ松山三井がホールクロップサイレージ用水稲として有望と考えられる。

第1節 緒言

ハトムギ(薏苡, *Coix Lacryma-jobi* L. var. *frumentacea* Makino) は植物分類学上, キビ亜科 (*Panicoideae*), トウモロコシ族 (*Maydeae*), ジュズダマ属 (*Coix*) に位置し, ジュズダマやトウモロコシに近縁の作物であり, 形態はわが国河川の低湿地に自生する前者に酷似する。ハトムギ属の分類は混乱し(牧野 1969a), ハトムギとジュズダマの変種 (*Coix Lacryma-jobi* L. var. *ma-yuen* Roman, *C. lacryma-jobi* L. var. *Ma-yuen* Stapf., *C. Lacryma-jobi* L. var. *frumentacea* Makino) とするもの(北村ら 1964; 戸刈・菅 1968c; 大井 1978)と, 独立した種 (*Coix ma-yuen* Roman) とするもの(牧野 1969b; 佐竹ら 1982)とがあるが, ここでは学名に *Coix Lacryma-jobi* L. var. *frumentacea* Makino を用いる。ジュズダマ属植物の原産地は, インドから東南アジア一帯の地域とされ, パラモン教の聖典である Veda には BC1,000 年以前よりすでに人類の食糧として栽培されていたことが記載されている(村上 1964)。わが国には, 約1200年前に鑑真和上が中国からもたらしたという説(石田 1981), 享保年間に中国から渡来したという説(村上 1964; 農林省熱帯農業センター 1975c) などがある。その呼称もさまざま, 江戸時代にはトウキビ, チョウセンムギ, シコクムギ, センコク(川穀)などの名があり, 名称がハトムギに統一されたのは明治時代に入ってからで, その由来は鳩の食する麦という説(牧野 1969b)と, 多収性にちなんだ八斗麦説(石田 1981)とがある。ハトムギは古来, 子実を薏苡仁

と呼び、利尿、鎮痛、強壯、抗癌、美容などの薬効(村上 1964; 伊沢 1966; 農林省熱帯農業センター 1975c; 石山 1981)があるとき、漢方薬を中心として、一部、食糧や養鶏飼料として利用されていた。今日では、健康食品ブームにのり、ハトムギ茶として広く喫せられている。また、ハトムギは耐湿性に優れ、薬用のほかに、製粉してパンやうどんの原料としての用いられるようになり、その需要が伸びているために、水田転換作用の作目として積極的に栽培されるようになった。例えば、1981年には実取り栽培のみで、おおよそ前年の4倍にあたる1,500haが作付けされたものと推定され(石山 1981)、その栽培面積は年ごとに拡大を続けるものと予測される。いっぽう、ハトムギは高い茎葉生産を示すので、水田における青刈飼料作物としても有望で、穀作同様、急速に栽培面積を拡げると期待される。

ハトムギの飼料作物化に関する研究については、すでに若干の報告がある。すなわち、神崎(1957)は本種の耐湿性に着目し、飼料作物としての栽培法について検討を加えた。また、村上(1964)は育種学的見地からハトムギ属植物の飼料化に関する広範な研究を展開している。そのほかの研究としては、松井ら(1972)のニューコイックス(ハトムギとジュズダマの交雑種)の栽培・利用に関する研究がある。

そこで、本章では青刈ハトムギの水田栽培における収量性、サイレージ品質、飼料価およびホールクロップサイレージとしての適性について検討した。

## 第2節 ハトムギの生育収量

水田におけるハトムギ栽培の適性を明らかにするために湛水条件下でハトムギを栽培し、その生育特性について調査した。

### 試 験 方 法

圃場は松山市小坂町の透水性のよい水田を供試した。品種は晩生の岡山在来種(石田・氏平 1982a)を供試し、1981年5月20日に畦幅60cmに作条し、 $0.8 \text{ kg a}^{-1}$ の種子を条播したのち、2cm前後の厚さに覆土した。施肥は基肥として化成肥料(15-15-15)を用い、3要素各 $2.0 \text{ kg a}^{-1}$ および苦土石灰 $8.0 \text{ kg a}^{-1}$ を施用した。また、1番草刈取後に化成肥料で3要素、各 $1.5 \text{ kg a}^{-1}$ を追肥した。湛水処理はハトムギが5葉期、草丈が30~40cmに達した6月24日から開始した。灌水の方法は6~9cmの深さに湛水し、田面の一部が露出しはじめる3日後に再び灌水する間断灌水とした。また、メイ虫防除のためにバダン粉剤を6月30日に $0.3 \text{ kg a}^{-1}$ 散布した。1番草の刈取は出穂期(7月21日)、2番草の刈取りは乳熟期(9月22日)にそれぞれ行った。なお、1、2番草の刈取りの際に、圃場の一部を刈残し、それ以後の生育調査にあてた。

生育調査は7月7日から1週間ごとに生育ステージ、草丈、葉面積指数(leaf area index: LAI)および乾物率の各項目について行った。生草収量の調査は60cm×100cmのプロット5カ所を任意に抽出し、地際から12cmの高さに刈取った。葉面積の測定は各プロットから100~150gの生草をとり、茎葉を分別したのち、印画法によっ

て葉面積を求めた。なお、ハトムギの結果習性はほかの禾穀類と異なり、同一株内でも成熟した子実（苞鞘）と未熟子実が混在しており、イネやムギのように登熟ステージを決めることが難しい。そこで、青刈ハトムギの生育ステージの表現は最も進んだ生育ステージをもって代表させた。

### 試 験 結 果

青刈ハトムギの生育収量はTable 40に示すとおりである。湛水直後のハトムギは葉が黄化し、一時的に生育が遅延したが、約1週間経過すると再び旺盛な生育を開始した。

青刈ハトムギを無刈取りで生育させた場合、草丈は開花期に2.2mを越えて最高に達し、その後は登熟が進むにつれてやや低くなる傾向を示した。生草収量はステージが進むにつれて急速に増大し、出穂期で $520 \text{ kg a}^{-1}$ 、開花期で $600 \text{ kg a}^{-1}$ 、最高収量は乳熟期で実に $650 \text{ kg a}^{-1}$ にも達し、それ以降は緩やかに減少した。いっぽう、乾物収量は生育ステージの進行とともに増大し、開花期で $100 \text{ kg a}^{-1}$ を越え、乳熟期で $145 \text{ kg a}^{-1}$ となったのちも増え続け、最終調査時の収量は $174 \text{ kg a}^{-1}$ にも達した。LAIは開花期から乳熟期で最高となり、その値は8.6から9.1となった。

2番草の生育は再生茎の伸長に衰えが認められ、1番草より低下した。大部分の再生芽は刈取られた茎の腋芽が発達したものである。この腋芽の発生と初期伸長が緩慢であるために、再生茎は刈取後10日目頃からやっと伸長が活発となった。このように、再生芽は刈取りから伸長開始までかなりの日数を要した。草丈は開花期に190cm

Table 40. Effect of different growth stages on the LAI and yield of soiling Job's tear millet.

Surveying date	June	July				Aug.			
	30	7	14	21**	28	4	11	18	25
Growth stage	J*	J*	J*	H*	F*	F*	M*	M*	D*
Plant length (cm)	66	102	156	192	214	224	226	223	218
LAI	1.4	4.7	7.1	8.1	8.4	8.6	9.1	8.3	7.4
Fresh yield (kg a <sup>-1</sup> )	71	243	439	520	575	618	646	628	609
Dry matter (%)	8.3	10.7	11.9	15.0	17.7	20.1	22.4	25.8	28.6
Yield (kg DMa <sup>-1</sup> )	5.9	26.0	52.2	78.0	101.8	124.2	144.7	162.0	174.2
		Aug.			Sep.				
Surveying date		11	18	25	1	8	15	22***	29
Growth stage		J*	J*	J*	H*	F*	F*	M*	M*
Plant length (cm)		75	113	155	186	190	192	189	188
LAI		1.6	5.6	7.4	7.7	7.5	6.3	6.0	5.8
Fresh yield (kg a <sup>-1</sup> )		72	303	465	514	530	520	508	479
Dry matter (%)		6.8	8.6	11.0	14.5	17.9	20.2	22.4	25.2
Yield (kg DMa <sup>-1</sup> )		4.9	26.1	51.2	74.5	94.9	105.0	113.8	120.7

\* J, jointing stage; H, heading stage; F, flowering stage; M, milk-ripe stage; D, dough-ripe stage.

\*\* 1st cropping. \*\*\* 2nd cropping.

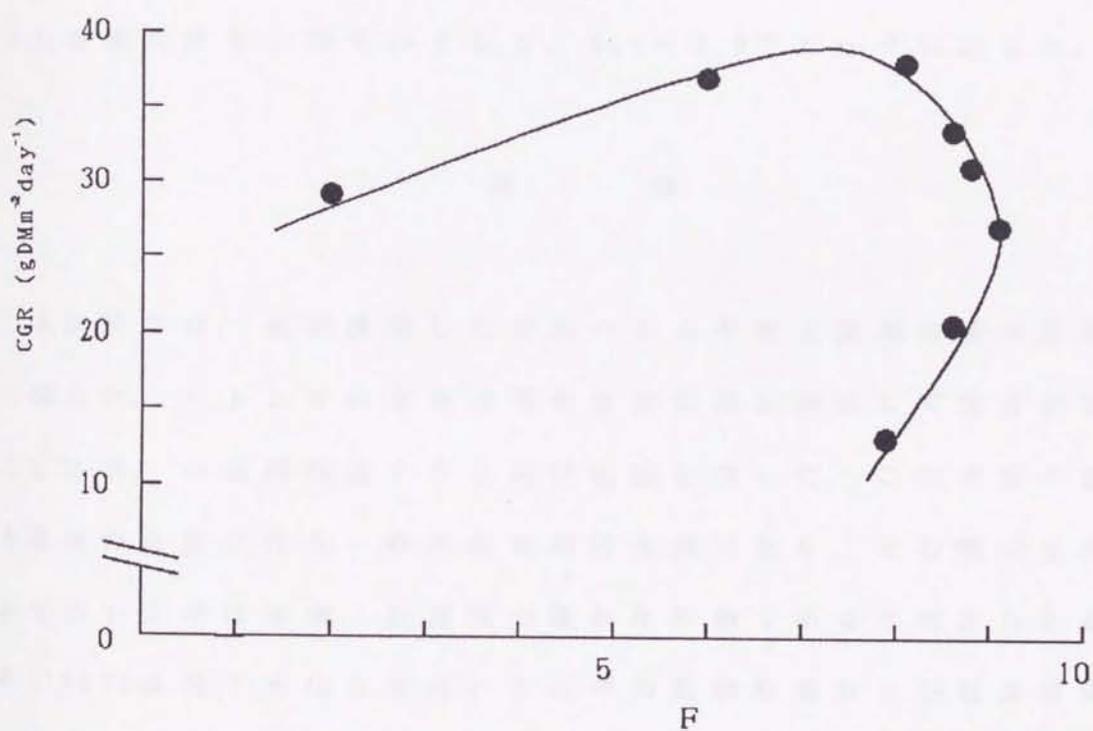


Fig. 16. Relationship between CGR and mean of leaf area index (F) upon soiling Job's tear millet.

を越えて最高となったのち、緩やかに低下した。乾物収量は出穂期  $75 \text{ kg a}^{-1}$ 、開花期  $100 \text{ kg a}^{-1}$ 、乳熟期で  $114 \text{ kg a}^{-1}$ 、糊熟期  $121 \text{ kg a}^{-1}$  となり登熟とともに漸増した。L A I は出穂期に 7.7 の最高値となったのち、漸減した。

1 番草における平均葉面積示数 (F) に対する C G R との関係は Fig. 16 に示すとおりである。両者の関係は右傾した放物線上に並び、両者間に密接な関係がみられた。すなわち、C G R は F が 5 を越えると増加の度合が緩やかとなり、6.5~7.0 でピークに達した。

#### 考 察

本試験では、乾田直播した青刈ハトムギを 5 葉期に湛水栽培に切り換えた。ハトムギの生育は湛水直後に葉が黄化して生育遅延をおこしたが、一週間経過すると再び旺盛となった。この生育不振は生育環境の急変に伴う一時的な生理的失調であり、その後の生育からみてハトムギは本来、耐湿性の優れた作物であると考えられる。神崎 (1957) は地下水位と青刈ハトムギの乾物収量および粗蛋白質収量との関係について検討した結果、いずれも地下水位 0~10 cm 区が 15~25 cm 区より多収であったことから、ハトムギは耐湿性の強い作物で、乾燥には弱いとしている。いっぽう、村上 (1964) はハトムギ属植物の耐湿性にふれ、ハトムギおよびハトムギ同質 4 倍体の耐湿性はジュズダマとジュズダマの雑種 4 倍体のそれより劣るとしている。したがって、耐湿性が要求される場合には、ジュズダマやハトムギとジュズダマの交雑種 (ニューコイックス) の利用も一つの方法である。しかし、ジュズダマあるいはハトムギとジュズダマの交雑種

は殻が硬いことが知られており、ホールクロップサイレージに調製した場合には、子実中の澱粉の消化が困難であることや、ハトムギと容易に交雑して、食用ハトムギ栽培に悪影響を及ぼすことが予測されるので、今後の検討課題であろう。なお、石田・氏平(1982b)はハトムギは出芽後のしばらくの期間、耐湿性が弱いとしているので、本試験のように5葉期頃から湛水することが望ましい。なお、石田・氏平(1982b)は停滞水の常時湛水は避ける必要があるとしており、本試験においても同様な結果が得られた。つぎに、青刈ハトムギの収量性は、再生を確保するために1番草の刈取時を出穂期とし、2番草をホールクロップサイレージ用として乳熟期に刈取った場合には、合計の乾物収量が $192 \text{ kg a}^{-1}$ に達して高い収量性を示し、松井ら(1972)の試験と同様な結果が得られた。また、生長解析の結果、平均CGRは1番草の糊熟期までが $18.1 \text{ g DM m}^{-2} \text{ day}^{-1}$ 、2番草の乳熟期までが $18.4 \text{ g DM m}^{-2} \text{ day}^{-1}$ となった。

ところで、村田(1980a-b)は世界各地の耕地および草原における作物別の1次生産量の高位値を収集している。本試験ではとくに高位生産を狙った栽培法をとったものではないにもかかわらず、1番草および2番草の平均CGRはおおよそ $18 \text{ g}$ を示し、村田による1次生産の高位値に近似した値が得られた。このことは、ハトムギの乾物生産力が極めて高いことを示唆している。青刈ハトムギが高い乾物生産力を発揮する理由としては、ハトムギは高い葉身光合成能力を有すること(熊井ら 1978)、生育期間を通じて高いLAIとCGRを保持できたこと、さらに耐倒伏性に優れていて、生育の後半になっても受光態勢に乱れがなかったことなどが指摘できる。さらに、湛水条件下で栽培したために水分条件に恵まれたこともその理

山の一つであろう。

### 第3節 ハトムギサイレージの発酵品質

第2節において青刈ハトムギの生育は湛水条件下において極めて旺盛で、高い収量性を発揮することを明らかにした。

そこで、本節ではハトムギサイレージの乾物回収率と発酵品質について検討した。

#### 試 験 方 法

サイレージ材料草は第2節のものを供試した。サイレージの調製は1、2番草ともに出穂期および乳熟期に刈取り、ただちに畜舎内に搬入して1~2cmに細切し、300ℓ容のプラスチックサイロに踏圧を加えながら詰め込んだのち、ビニールフィルムで密封し、砂を15kg堆積して加重した。これら詰め込みが終了したサイロは畜舎内に定置した。なお、サイレージ調製日は1番草の出穂期サイレージが1981年7月22日、乳熟期サイレージが8月13日、2番草の出穂期サイレージが9月2日および乳熟期サイレージが9月22日である。サイロは詰め込みの早い順にしたがって、詰め込み後60日以上経過したものを開封して、サイレージ品質の評価および乾物回収率の調査に供した。

サイレージ材料草の一般成分は常法、WSCはアンスロン法、サイレージの水分測定はトルエン蒸溜法、サイレージの有機酸はフリーク法、VBNは水蒸気蒸溜法によってそれぞれ定量した。なお、pHの測定はガラス電極pHメーターを用いた。

## 試 験 結 果

青刈ハトムギのサイレージ調製にあたって、生育ステージが若い時期として出穂期、ハトムギ子実の殻（包鞘）がまだ軟らかく、サイレージに適すると考えられる乳熟期とに調製時期を設定した。

サイレージ材料草の一般成分とWSCの各含量はTable 41に示すとおりである。1, 2番草における乳熟期サイレージ材料草は出穂期サイレージ材料草に比較して、水分と粗蛋白質の含量が低く、NFE含量が高かった。この結果から、NFE/CP比を求めると、乳熟期サイレージ材料草では1, 2番草ともに5.1を示し、出穂期サイレージ材料草の1番草4.2, 2番草4.0に比較していずれも高く、かつ、サイレージ発酵の基質であるWSC含量も若干高かった。なお、青刈ハトムギのWSC含量は6~8%の範囲で、成熟が進むにつれてやや高くなる傾向を示した。

サイレージの水分含量、pH、有機酸組成およびVBN/T-N(%)はTable 42に示すとおりである。ハトムギサイレージはそれを握るとやや赤みを帯びた水分が滲出し、わずかに粘りが感じられた。乳熟期サイレージは出穂期サイレージに比較して水分含量とpHがともに低かった。有機酸については、乳熟期サイレージは1, 2番草ともに総酸含量が高く、乳酸含量が1%を越えたが、酪酸は認められなかった。いっぽう、出穂期サイレージは乳酸含量が1%以下で、総酸中に占める酢酸の比率が高かった。したがって、フリーク法によるサイレージ品質は乳熟期サイレージが出穂期サイレージより優れており、評点は1番草と2番草の乳熟期サイレージが88点と95点、1番草と2番草の出穂期サイレージが65点と70点となった。また、

Table 41. Chemical composition and water soluble carbohydrates in silage materials in Job's tear millet.

Maturity (date)		Chemical composition (DM %)							NFE — CP	ratio
		Moisture	Crude protein	Crude fat	Crude fiber	NFE	Crude ash	WSC (DM %)		
1st cropping	Heading stage (22/July)	84.4	10.3	3.0	31.1	43.0	12.6	6.2	4.2	
	Milk-ripe stage (13/Aug.)	78.8	8.5	2.8	33.1	43.7	11.9	7.7	5.1	
2nd cropping	Heading stage (2/Sep.)	85.8	10.1	3.0	33.4	40.6	12.9	5.9	4.0	
	Milk-ripe stage (22/Sep.)	78.5	8.5	2.7	33.6	43.1	12.1	7.6	5.1	

Table 42. Effect of different croppings on recovery of dry matter, moisture and fermentative quality in Job's tear millet silages.

Silage	Moisture (%)	pH	Organic acid (FM %)				Flieg's score	VBN T-N	Recovery of dry matter (%)	
			Acetic	Butyric	Lactic	Total				
1st cropping	Heading stage	85.6	4.3	0.42	0.06	0.73	1.21	65	17.8	85.1
	Milk-ripe stage	80.2	3.9	0.44	0	1.03	1.47	88	11.8	90.7
2nd cropping	Heading stage	86.1	4.4	0.56	0	0.57	1.13	70	18.5	86.8
	Milk-ripe stage	79.9	3.7	0.24	0	1.41	1.65	95	5.8	92.1

VBN/T-N(%)も乳熟期サイレージが出穂期サイレージより低い値を示し、品質的に優れていた。サイレージの乾物回収率は85~92%の範囲となり、1、2番草ともに乳熟期サイレージが出穂期サイレージより高かった。

#### 考 察

本試験のハトムギサイレージのpH、有機酸組成およびVBN/T-N(%)の結果から、ハトムギサイレージの品質は概ね良好であり、乳熟期サイレージのそれはとくに優れていた。フリーク法による評価は1、2番草ともに「優」を示した。乳熟期サイレージの品質が高品質であった理由は、材料草の水分含量が低く、NFE/CP比が高かったことが、乳酸発酵を促進したからであろう。いっぽう、サイレージ品質に関して松井ら(1972)はハトムギで、辻ら(1971)、松井ら(1972)はジュズダマで、松井ら(1972,1974)、辻ら(1975)はニューコックス(ハトムギとジュズダマの交雑種)で試験しており、出穂期までは劣悪であったが、乳熟~成熟期ではいずれも向上し、「優」を示したとしている。また、若刈りした材料草を用いて糖蜜および蟻酸の添加効果を検討しているが、糖蜜添加により品質の向上が認められたが、蟻酸の効果は明らかでなかったとしている。いっぽう、吉田ら(1981)は開花期が50点に対し、乳熟期が94点、糊熟期が98点で、登熟に伴ってサイレージ品質は大幅に向上したとしている。また、グルコース添加による品質改善効果も認めている。したがって、ハトムギサイレージの調製適期は、熟期が進み水分含量が低下する乳熟期以降であると考えられる。なお、本試験では糊熟期以降の材料

草のサイレージ調製は試みていないが、ハトムギの場合、登熟の進行によって、子実の殻の珪瑯質化が進み、未消化子実の排泄の問題（名久井ら 1977; 名久井ら 1981b）を生じることが予測されるので、たとえ糊熟期以降のサイレージが品質的に優れても、栄養的に劣るものと考えられるからである。なお、この点については今後の検討課題の一つと考えられる。

#### 第4節 ハトムギサイレージの飼料価

第3節において、ハトムギサイレージの品質は1, 2番草ともに概ね良好で、乳熟期サイレージがとくに高品質であることを明らかにした。

そこで、本節では第3節に引き続いて、ハトムギサイレージの飼料価について検討した。

#### 試 験 方 法

サイレージは第3節のものを供試した。すなわち、1, 2番草の出穂期サイレージと1, 2番草の乳熟期サイレージである。消化試験は1試験区に3~5才令の去勢緬羊3頭を供試し、全糞採取法によって実施した。

サイレージおよび糞の分析は常法、NDF, ADF, AD-リグニンおよびAD-珪酸の分析は農林水産省畜産試験場(1981)の方法、Ca, Mg, K およびNaは乾式灰化後に、原子吸光炎光分光光度計(HITACHI 180-50型)で、Pは分光光度計(HITACHI 100-10型)を用いてリン・バナドモリブデン酸法(森本 1971h)で定量した。

## 試 験 結 果

サイレージの一般成分および無機物含量はTable 43に示すとおりである。サイレージの一般成分については、1、2番草ともに乳熟期サイレージは出穂期サイレージに比較してN F Eの含量が高く、粗蛋白質、粗脂肪および粗灰分の含量が低い傾向を示した。

サイレージの消化率および可消化養分はTable 44に示すとおりである。乳熟期サイレージの各成分消化率は総じて出穂期よりも低下し、粗繊維の消化率では顕著な差が認められた。Table 44、Table 45の結果をもとに、1番草の出穂期サイレージと乳熟期サイレージおよび2番草の出穂期サイレージと乳熟期サイレージのD C PとT D Nの含量を求めた結果、D C P含量は8.0%と6.4%および6.8%と5.4%、T D N含量は59.5%と53.3%および58.0%と53.7%であった。

ハトムギサイレージのN D F、A D F、A D - リグニン、A D - 珪酸の各含量およびN D F、A D Fの消化率についてはTable 45に示すとおりである。ハトムギサイレージのN D F含量は64.4~69.6%の範囲であった。これらの結果からハトムギサイレージは易消化性の細胞内容物 (cellular contents: CC) の含量が低いことが判明した。また、A D F含量も42.8~47.7%の範囲にあり、総じて繊維成分が高かった。N D FおよびA D Fの含量と刈取期との関係を見ると、1番草サイレージでは乳熟期が高く、2番草サイレージでは登熟とともに低下した。この原因は1番草と2番草とでは、収量中に占める子実歩合が異なり、2番草サイレージではそれが高かったために、登熟に伴ってN D FとA D Fの含量が低下したものと考えられる。A D - リグニン含量、A D - リグニン / A D Fおよび珪酸

Table 43. Effect of different croppings on chemical composition of fodder Job's tear millet.

Maturity	Chemical composition (DM %)						Inorganic element (DM %)					K —— (me) Ca+Mg	
	Moisture	Crude	Crude	Crude	NFE	Crude	Ca	P	Mg	K	Na		
		protein	fat	fiber		ash							
1st cropping	Heading	85.6	10.6	4.5	34.0	37.2	13.7	0.38	0.23	0.22	3.40	0.02	2.35
	Milk-ripe	80.2	9.4	3.9	45.6	38.0	13.1	0.38	0.22	0.27	3.06	0.02	1.90
2nd cropping	Heading	86.1	9.8	4.1	36.2	35.7	14.2	0.41	0.22	0.23	3.50	0.03	2.28
	Milk-ripe	79.9	8.6	3.8	34.7	39.9	13.0	0.42	0.23	0.21	2.40	0.03	1.61

Table 44. Effect of different croppings on chemical composition, digestibility and digestible nutrients of Job's tear millet silage.

	Maturity	Digestibility			Digestible nutrients			
		(%)			(DM %)			
		Crude protein	Crude fat	Crude fiber	NFE	DCP	TDN	
Silage	1st cropping	Heading	75.1 ± 2.8	80.5 ± 3.0	66.6 ± 1.3	55.9 ± 0.6	8.0	59.5
		Milk-ripe	68.5 ± 2.5	80.3 ± 1.9	56.6 ± 2.2	52.0 ± 2.2	6.4	53.3
	2nd cropping	Heading	69.8 ± 2.7	80.5 ± 2.9	67.7 ± 1.0	54.0 ± 2.1	6.8	58.0
		Milk-ripe	62.8 ± 3.1	81.6 ± 3.2	58.1 ± 3.0	52.9 ± 0.5	5.4	53.7

Values are expressed as means ± SD.

Table 45. Effect of croppings on amount of NDF, ADF, AD-lignin and silicic acid, and digestibility of NDF and ADF in fodder Job's tear millet.

	Maturity	Chemical composition (DM %)					Digestibility (%)	
		NDF	ADF	AD-L	AD-L	SiO <sub>2</sub>	NDF	ADF
					ADF			
Silage	1st cropping							
	Heading	66.9	43.9	6.3	14.4	4.8	61.1 ± 0.4	60.5 ± 0.7
	Milk-ripe	69.6	47.7	9.5	19.9	6.2	52.1 ± 2.6	53.4 ± 2.7
	2nd cropping							
	Heading	67.3	46.5	6.6	14.2	6.7	61.4 ± 1.0	63.3 ± 1.2
	Milk-ripe	64.4	42.8	8.3	19.4	9.6	55.4 ± 1.4	56.2 ± 1.4

Values are expressed as means ± SD.

含量はいずれも登熟に伴って高くなる傾向を示した。A D - リグニンおよび珪酸の含量はそれぞれ6.3~9.5%および4.8~9.6%の高い値を示し、ハトムギサイレージの消化性が低い傾向がみられた。いっぽう、N D F および A D F の消化率は登熟とともに低下する傾向を示したが、両者の消化率は近似し、差はほとんど認められなかった。

## 考 察

サイレージの各成分消化率は粗脂肪を除き、出穂期が乳熟期より高い傾向を示した。トウモロコシ、青刈イネなどの澱粉を子実に蓄積する作物のなかには、サイレージのN F E消化率が登熟に伴って低下しないばかりか、むしろ向上する例が知られている(阿部(亮) 1975; 福見ら 1979; 農林水産省農林水産技術会議事務局編 1991a)。本試験では乳熟期サイレージのN F E消化率が出穂期より低下した。ハトムギサイレージの消化率については、吉田ら(1981)の報告があるに過ぎない。出穂、開花期のハトムギサイレージの消化率(2番草)について、吉田ら(1981)の結果と比較すると、粗蛋白質は本試験では69.8%であるのに対して吉田らは60.6%、粗脂肪では80.5%に対して73.9%、N F Eでは54.0%に対して50.0%、粗繊維では67.7%に対して56.5%となり、吉田らより高い値が得られた。本試験や吉田らの結果が示すように、青刈ハトムギの各成分消化率中、N F E消化率がとくに低かった。これらの原因については、ハトムギはトウモロコシに比べて茎稈の硬化が急速に進むことや、子実内の澱粉の消化が低いことなどが関係しているのではないかと考えられる。可消化養分含量については、吉田ら(1981)は開花(前)期のD C P含

量は7.8%, TDN含量は49.1%としているが, 本試験の出穂期および乳熟期サイレージのTDN含量に比べてかなり低い値である。この理由は畑作と水田作の栽培条件の違いや, サイレージ品質の差が消化率に影響を及ぼしたからであろう。

つぎに, 青刈ハトムギサイレージの消化率と同一ステージのほかの草種のそれとを比較検討する。まず, ハトムギと同族で分類学的に近い青刈トウモロコシサイレージ(農林水産省農林水産技術会議事務局編 1991a)と比較すると, ハトムギサイレージの消化率は粗蛋白質および粗脂肪で高く, NFEおよび粗繊維が低かった。いっぽう, ハトムギと同じく長大作物のひとつで生育季節が等しいソルガムサイレージ(農林水産省農林水産技術会議事務局編 1991a)では, 出穂期および乳熟期のNFEと乳熟期の粗繊維の消化率はソルガムサイレージよりも低かったが, 粗蛋白質と粗脂肪の消化率は多少高かった。

以上の結果から, ハトムギサイレージの消化性はトウモロコシサイレージより劣るが出穂期においてはソルガムサイレージより若干, 優れており, 乳熟期ではほぼ等しいものと考えられる。しかしハトムギサイレージのNFE消化率はトウモロコシサイレージやソルガムサイレージのそれより総じて劣るばかりでなく, 登熟が進むと粗繊維の消化率も急速に低下する傾向を示した。この原因を明らかにするために, ハトムギサイレージのNDF, ADF, AD-リグニンおよび珪酸の各含量を分析した。ハトムギサイレージはトウモロコシサイレージよりもNDFおよびADFの含量が高いので(名久井ら 1975b; 阿部(亮)ら 1977; Sahara *et al.* 1979; 阿部(亮) 1979; 名久井ら 1981a 1982a), トウモロコシサイレージに比較し

て、消化性がかなり劣る作物であることが推定される。阿部(亮)(1975)および名久井ら(1975b)は細胞組織の木質化や珪酸化に作用するリグニンや珪酸の多寡は可消化乾物(digestible dry matter: DDM), 可消化有機物(digestible organic matter: DOM), TDNおよび可消化エネルギー(digestible energy: DE)を低下させる働きがあるとしている。これらの含量から阿部(亮)(1975), 名久井ら(1975b), Sahara *et al.*(1979)および石栗(1982)はDDMを, Meyer and Lofgreen(1959), 阿部(亮)(1975)および名久井ら(1975b)はTDNを, 名久井ら(1975b)はDEを推定する回帰式を求めている。ハトムギサイレージのリグニンは, 青刈トウモロコシ(阿部(亮)ら 1975, 名久井ら 1975a; 阿部(亮)ら 1977; 正岡・高野 1980; 名久井ら 1981a-b 1982a-b)より大幅に高く, 珪酸含量は水稲(福見 1982)に相当する高い含量を示した。なお, ハトムギサイレージのリグニン含量は青刈ソルガム(Sahara *et al.* 1979)に比較して, ほとんど差がなかったが, 珪酸含量では青刈ソルガムより著しく高かった(Sahara *et al.* 1979)。したがって, ハトムギサイレージの飼料価がトウモロコシサイレージより劣るのはCC含量が低いのみならず, 茎葉中のリグニンおよび珪酸の含量が高いからと考えられる。また, ハトムギサイレージは登熟に伴ってリグニン含量, 珪酸含量およびAD-リグニン/ADF比が急速に高まり, 飼料価が急落する傾向が認められた。

ハトムギサイレージのTDN含量はトウモロコシサイレージ(農林水産省農林水産技術会議事務局編 1991a)よりも高かった。いっぽう, ハトムギサイレージのTDN含量とソルガムサイレージ(農林水産省農林水産技術会議事務局編 1991a)とを比較すると, 出穂

期ではハトムギサイレージ，乳熟期ではソルガムサイレージがそれぞれ高かった。これらの結果からみて，ハトムギサイレージの飼料価はトウモロコシサイレージより劣るが，ソルガムサイレージとほぼ等しいものと推定される。以上のように，青刈ハトムギのサイレージは，登熟ステージが進むにつれてN F Eおよび粗繊維の消化率が急速に低下するので，トウモロコシサイレージのように刈取適期の広い作物（阿部（亮）ら 1975）とは異なり，早刈りする必要がある，乳熟期にサイレージを調製することが望ましいものと考えられる。

本研究は雑穀の一種であるハトムギ (*Coix Lacryma-jobi* L. var. *frumentacea* Makino) を青刈飼料作物として栽培し、その収量性、サイレージ品質および飼料価について検討した。栽培法は品種、岡山在来を供試し、1981年5月20日、乾田に $0.8 \text{ kg a}^{-1}$ を条播した。灌漑は5葉期(6月20日)から間断灌漑法により実施した。施肥量は播種時に3要素を各 $2.0 \text{ kg a}^{-1}$ 、1番草刈取後に各 $1.5 \text{ kg a}^{-1}$ を化成肥料で行った。刈取りは1番草を出穂期(7月21日)、2番草を乳熟期(9月22日)にそれぞれ行った。サイレージの調製は1、2番草の出穂期および乳熟期に行い、消化試験は緬羊を用いて実施した。得られた結果を要約すると以下のとおりである。

(1) 青刈ハトムギの生育は湛水条件下において極めて旺盛であった。その合計収量は生草で $1029 \text{ kg a}^{-1}$ 、乾物で $192 \text{ kg a}^{-1}$ に達した。

(2) 1番草におけるCGRは $17 \sim 37 \text{ g DM m}^{-2} \text{ day}^{-1}$ の範囲であった。CGRとFとの関係から、その最適葉積示数は6.8前後と推定された。

(3) サイレージ品質は1、2番草に関わりなく、出穂期の評点は良、乳熟期のそれは優であった。

(4) サイレージの粗脂肪を除く各成分消化率は、ステージが進むにつれて低下した。サイレージの粗蛋白質消化率は1番草が2番草より高かった。

(5) 可消化養分についてみると、出穂期サイレージの1番草のDCPおよびTDN含量は8.0%と6.8%および59.6%と58.1%、乳熟期サイレージのそれは6.4%と5.4%および53.4%と53.7%であった。この

ように、サイレージの可消化養分含量は生育ステージが進むにつれて低下した。

(6) サイレージのNDF, ADF, AD-リグニンおよび珪酸の各含量はそれぞれ64.4~69.6%, 42.8~47.7%, 6.3~9.5%および4.8~9.6%の範囲を示し、AD-リグニン、珪酸含量は生育が進むにつれて高まった。いっぽう、NDF, ADFの消化率は生育ステージが進むにつれて急速に低下した。

以上の結果から、ハトムギは水田用飼料作物として有望であり、サイレージの調製時期は乳熟期が望ましく、その飼料価はソルガムサイレージに匹敵するものと考えられる。

## 第6章 青刈ミレット類のホールクroppサイレージ

### 第1節 緒言

わが国におけるアワ(粟, *Setaria itatica* Beauv.)とヒエ(稗, *Echinochloa utilis* Ohwi et Yabuno)の栽培は稲作の伝播より古く(戸刈・菅 1968b), キビ(黍, *Panicum miliaceum* L.)は前二者より遅れて渡来し, 文献に最初に現れたのは承平年間(AD931~936)の倭名類聚抄の中の秬黍である(戸刈・菅 1968a)とされる。これらの禾穀類はトウモロコシ, モロコシなどとともに雑穀と総称され, かつて救荒あるいは備荒作物(永井 1953)として全国的に栽培されていたが, 現在では, 食用としての雑穀の栽培はほとんどみられない。

ところで, 戦前(1935年)の農林省山林局の統計(佐々木 1972c)では, 全国の焼畑面積は実に77,414haに達していた。いっぽう, 1950年に実施された農業センサス(佐々木 1972c)によると, 9,553haにまで激減している。その間, 四国地域では愛媛, 高知両県を中心に22,713haの焼畑耕作(佐々木 1972a)が行われていたとされるが, その実面積は農業センサスの数倍に達するものと推定されている(佐々木 1972b)。このように四国は全国一の焼畑面積を占めていたが, この焼畑には主としてヒエ, アワ, ソバおよびムギが栽培(佐々木 1972b)され, 戦前にはそれらは山間高冷地の主食であり, そのほか, 豆類, サトイモ, ミツマタなども作付け(佐々木 1972b)されていたという。また, 中山間地帯の普通畑には, トウモロコシ, モロコシ, キビなどの雑穀の栽培(佐々木 1972b)も盛んであった。しかし, そ

の後の社会経済的条件の変化にともない、焼畑耕作は1958年以降、急速に衰退した。このように焼畑と結合した雑穀はしだいに姿を消し、中山間地帯にわずかに余命を保っているにすぎない。筆者らは遺伝資源として貴重な雑穀種子保存の必要性を痛感し、雑穀が遺存しているとおもわれる村落を訪ね、その収集を進めていた。

いっぽう、世界人口は急増の一途をたどり、21世紀には地球規模で食糧不足が予測され、食糧を安定確保することが国際的に大きな関心事になっている。このような情勢のもとで、栽培植物遺伝資源の収集、保存、評価、利用に関する国際協力が強く要望されるようになり、1974年にCGIAR（国際農業研究協議グループ）の傘下の一機関としてIBPGR（国際遺伝資源委員会）が発足した。このIBPGR事業の一環として、全国大学農場協議会が協力して1980年から行った「わが国在来土着作物遺伝資源探索・収集・保存・評価に関する研究」が計画され、筆者らも四国地域を分担する機会を得、これによって収集活動はさらに加速化した。その結果、1975年から現在までに収集した四国の在来系統は実にアワ20系統、キビ42系統、ヒエ12系統およびモロコシ55系統にも達している。これら収集した雑穀の中には、これまでの飼料作物に比較して優れた特性を有するものもあり、新たに飼料作物として利活用することによって雑穀類を保存できるものと考えた。

ところで、雑穀を青刈飼料作物として利用する試みは、松岡(1969)によって行われている。松岡は1967年に徳島県の祖谷地方で雑穀の一種、シコクビエ（鴨脚稗、*Eleusine corocana* (L.) Gaertn.）を見出し、これの飼料作物化に成功した。また、小林ら(1972)は栽培ヒエの乾草利用技術体系を確立するための研究を行っている。

そこで、本章では夏作飼料作物として収集した雑穀中より茎葉生産に優れたヒエ、アワおよびキビをとりあげ、これらを青刈利用した場合の生育収量、サイレージ品質および飼料価について明らかにし、ホールクroppサイレージ用作物としての適性を検討したものである。

## 第2節 四国に遺存する雑穀類とその分布

1975年から雑穀種子の収集活動を開始し、約4カ年間に亘って四国地域を対象に雑穀が遺存していると思われる村落を訪ね、種子の収集活動を行った。その結果、在来のキビ29系統、アワ15系統、ヒエ6系統およびモロコシ32系統を収集することができた。そのうちキビ、アワおよびヒエの主な採集地点はFig.17に示すとおりである。

キビの分布：愛媛県では大洲市、上浮穴郡、喜多郡、温泉郡および周桑郡の山間地帯に濃密に分布していた。高知県では高岡郡、吾川郡を中心として分布、徳島県は池田町を中心とし、三好郡、美馬郡に散発的に分布することが判明した。なお、香川県ではほとんど栽培されていなかった。

アワの分布：アワはキビに比較して栽培事例が乏しかった。すなわち、愛媛県では上浮穴郡と新宮村に僅かに遺存していた。高知県では高岡郡の山間地帯と大杉町および十和村に栽培されていたにすぎない。徳島県と香川県では、栽培事例は認められなかった。

ヒエの分布：ヒエは石鎚山、四国カルストおよび剣山を中心とする高冷地帯に遺存していた。

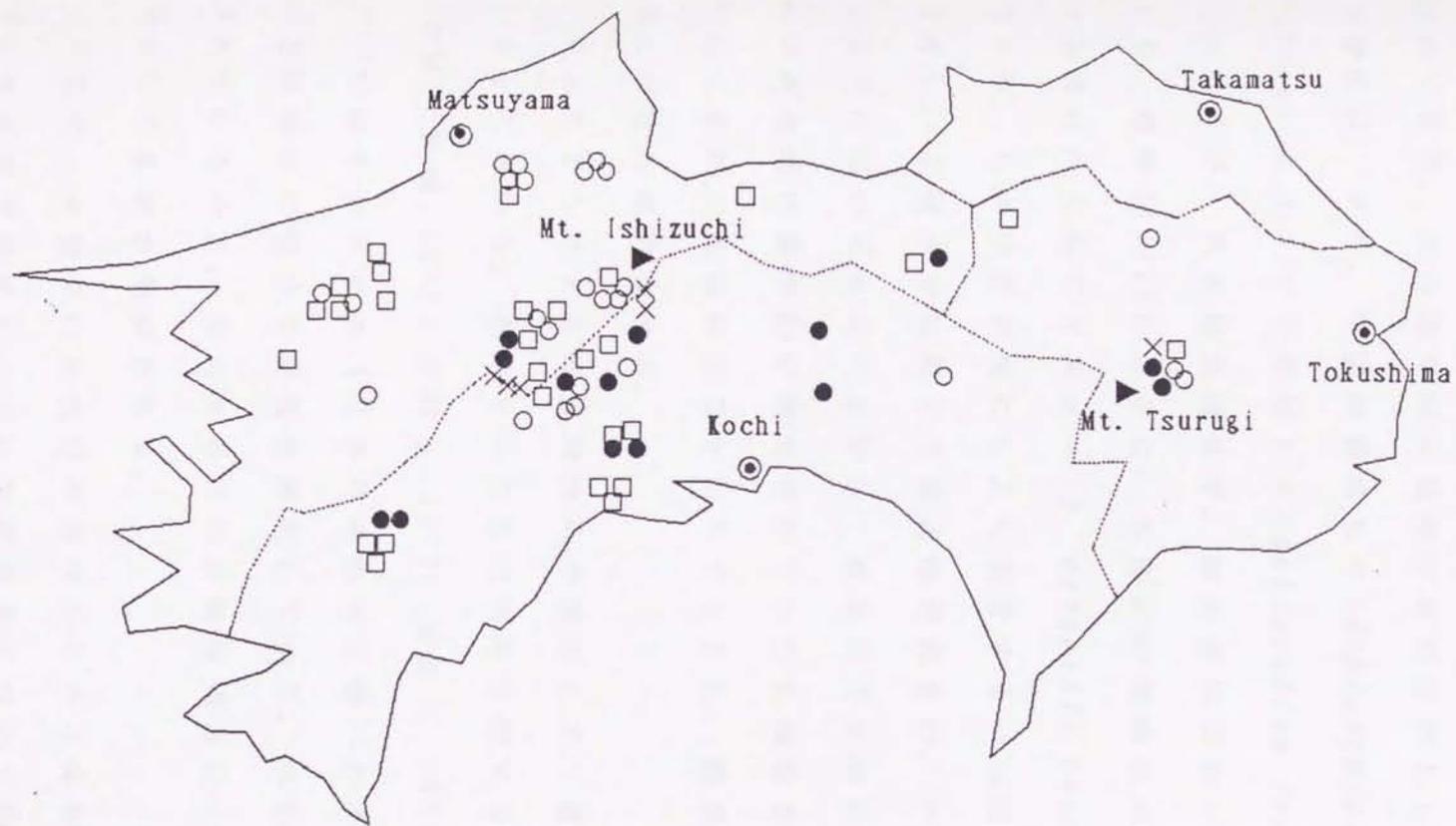


Fig. 17. Collected place of miscellaneous grain millets in Shikoku.

× ,barnyard millet; ○ ,common millet; ● ,Italian millet;  
 □ ,grain sorghum.

### 第3節 青刈ヒエの生育収量

わが国における栽培ヒエの歴史は古く、稲作以前からすでに栽培されており、寒冷地や山間地帯の救荒作物として栽培されてきた。本種には、日本、中国の栽培ヒエ (*Echinochloa utilis* Ohwi et Yabuno) とインドの栽培ヒエ (*Echinochloa frumentacea* Link) とに分かれるが、両者は交雑せず、細胞遺伝学的に異なるものとされている。藪野 (1975) によると、本邦産の栽培ヒエ (以下、ヒエ) はゲノム構成からみてイヌヒエ (*E. crusgalli* Beauv.) に由来するとしている。ヒエは湿潤地にもよく生育するいっぽう、かなりの耐乾性を有し、土壌水分に対する適応性が大きい。一般には高温を好むが、低温下においてもよく生育し、岐阜県下においては標高500~1,300 m の高冷地に集中的に栽培されていたと報告されている (堀内ら 1976)。また、地味の劣るところでも育ち、環境適応力が大きく、出穂期に刈取れば再生する。

以上のようにヒエは青刈飼料作物として、優れた特性を具備しているところから、栽培ヒエの青刈利用に関する研究も行われている (加藤・矢嶋 1972; 小林ら 1972; 安江ら 1974)。いっぽう、高橋 (1974) はケイヌヒエ (イヌヒエの有芒種) とイタリアンライグラスの連続栽培に関する研究を展開している。水稲の作付け制限が継続されている今日、青刈ヒエは水田転換畑あるいは水田の夏作飼料作物として栽培が期待される。

そこで、本節では早晩性の異なるヒエ3品種を供試し、水田転換畑と普通畑で栽培し、その生育収量について検討した。

## 試 験 方 法

試験圃場は水田転換畑の農学部構内圃場と普通畑の勝山圃場を供試し、面積は各3.6aである。品種は白ヒエ（不二種苗、早生）、グリーンミレット（金子種苗）および著者らが品種化したアオバミレット（福見・熊井 1977）を供試した。1978年6月25日に $200\text{g a}^{-1}$ を條播した。試験方法は両圃場ともに1区の面積を $40\text{m}^2$ とし、分割区法、3区制で実施した。耕種法は畦幅50cmの条播、施肥は基肥に3要素を各 $2.0\text{kg a}^{-1}$ 施し、1番草刈取直後の7月24日に3要素各 $1.5\text{kg a}^{-1}$ を追肥した。

生育調査は7月18日から1週間間隔とし、1回の調査に同一圃場1品種について $1.0\text{m} \times 0.5\text{m}$ 、6カ所を刈取った。なお、7月24日に全プロットの40%を残し、一斉刈りして2番草の調査に供した。なお、生育期間中の気象概況は松山气象台のデータを参考にした。

## 試 験 結 果

生育期間中の気象表はTable 46に示すとおりである。

水田転換畑と普通畑における青刈ヒエの生育ステージの進行はTable 47に示すとおりである。生育は白ヒエが最も速く、つづいてグリーンミレット、アオバミレットの順であった。出穂期ではグリーンミレットはアオバミレットより3～5日早い、2番草については両品種間には差がなかった。

転換畑における品種ごとの1番草および2番草の草丈、LAIおよびCGRの測定結果はTable 48に示すとおりである。転換畑のア

Table 46. Air temperature, solar radiation and precipitation during growth period.

	June	July		Aug.			Sep.	
	Late	Early	Mid. Late	Early	Mid. Late	Early		
Air temperature (°C)	24.9	23.6	24.0	27.9	27.8	27.9	26.8	24.1
Solar radiation ( $\text{cal cm}^{-2} \text{day}^{-1}$ )	281	357	374	530	506	470	357	375
Precipitation (mm)	412	41	44	0	41	12	77	73

Table 47. Growth stage of barnyard millet.

Date	18/July	24/July	1/Aug.	8/Aug.	15/Aug.	22/Aug.	28/Aug.	5/Sep.
1st cutting								
Shirohie	Jointing	Boot	Heading	Flowering-milk	Dough			
Green millet	Jointing	Jointing	Jointing	Boot	Boot	Heading-flowering		
Aoba millet	Tillering	Tillering	Jointing	Jointing	Boot	Heading		
2nd cutting								
Shirohie			Boot	Heading	Milk-dough	Dough		
Green millet			Jointing	Jointing	Jointing-boot	Boot	Heading	Milk
Aoba millet			Jointing	Jointing	Jointing-boot	Boot	Heading	Milk

オバミレットおよびグリーンミレットの草丈の最高値は2 mに近く、最大L A 1は実に13.2と14.8に達し、極めて旺盛に生育した。白ヒエは生育ステージの進行が速やかで、1番草刈取時に穂孕期に達したために再生茎数が低下し、アオバミレットやグリーンミレットと比較して2番草のL A 1の拡大および草丈の伸長が劣った。調査期間中のC G Rは好天に恵まれ、高い値で推移した。

青刈ヒエの生草収量および乾物収量はTable 49に示すとおりである。転換畑と普通畑における青刈ヒエの乾物生産を比較すると、土壌条件に恵まれた転換畑の生草および乾物収量は、普通畑のそれと比較して明らかに高かった。

品種間の比較では白ヒエは初期生育が旺盛で、生草収量は8月8日（開花期～乳熟期）にピークに達したが、乾物収量は8月15日（糊熟期）まで増加した。グリーンミレットは8月8日（穂孕期）から8月23日（出穂期～開花期）までの間の生草収量にほとんど差がないが、乾物収量は生育ステージの進行に伴って急速に増加した。アオバミレットはグリーンミレットとほぼ同様の生育経過を示すが、生草収量、乾物収量ともにグリーンミレットを上回った。2番草については、白ヒエはグリーンミレットやアオバミレットと比較して再生力が劣った。

青刈ヒエの1回刈りと2回刈りとの乾物収量を比較すると、2回刈りの収量は1回刈りより大幅に低下した。水田転換畑の収量は、白ヒエでは1回刈りの収量が149 kg a<sup>-1</sup>に対して、2回刈りの合計が91 kg a<sup>-1</sup>、グリーンミレットでは162 kg a<sup>-1</sup>に対して93 kg a<sup>-1</sup>、アオバミレットでは177 kg a<sup>-1</sup>に対して128 kg a<sup>-1</sup>にとどまった。

Table 48. Plant length, LAI and CGR of barnyard millet.

Date		18/July	24/July	1/Aug.	8/Aug.	15/Aug.	22/Aug.	28/Aug.	5/Sep.
1st cutting									
Shirohie	Plant length (cm)	79	112	133	144	144			
	LAI	4.1	9.6	8.3	7.0	5.9			
	CGR ( $\text{gDMm}^{-2}\text{day}^{-1}$ )	53	42	67	36	(29)*			
Green millet	Plant length (cm)	73	112	157	165	173	196		
	LAI	2.4	7.3	9.1	13.2	11.2	10.0		
	CGR ( $\text{gDMm}^{-2}\text{day}^{-1}$ )	36	39	67	29	51	(25)		
Aoba millet	Plant length (cm)	64	97	149	161	174	195		
	LAI	4.9	9.5	10.2	13.6	14.8	10.4		
	CGR ( $\text{gDMm}^{-2}\text{day}^{-1}$ )	37	32	55	57	58	(27)		
2nd cutting									
Shirohie	Plant length (cm)			64	86	116	120		
	LAI			2.3	3.1	3.4	3.1		
	CGR ( $\text{gDMm}^{-2}\text{day}^{-1}$ )			13	17	35	24	(22)	
Green millet	Plant length (cm)			72	90	147	164	167	169
	LAI			2.5	5.2	6.1	8.0	10.0	7.1
	CGR ( $\text{gDMm}^{-2}\text{day}^{-1}$ )			14	24	27	27	38	37
Aoba millet	Plant length (cm)			65	105	146	159	170	170
	LAI			5.4	6.7	7.1	8.7	12.2	10.5
	CGR ( $\text{gDMm}^{-2}\text{day}^{-1}$ )			20	32	38	45	44	34

\* mean CGR

Table 49. The fresh yield and dry matter yield of barnyard millet (Cura-12).

Time of harvesting	18/July	24/July	1/Aug.	8/Aug.	15/Aug.	22/Aug.	28/Aug.	5/Sep.
Paddy field								
1st cutting								
Shirohie	FY* 184	468	573	647	557			
	DMY** 12.3±4.0	44.0±9.3	77.4±8.3	124.2±14.2	149.2±16.4			
Green millet	FY 124	318	569	726	717	724		
	DMY 6.3±1.6	27.7±6.2	59.2±8.5	106.0±14.5	126.1±5.5	162.1±18.5		
Aoba millet	FY 144	366	596	751	813	770		
	DMY 10.5±2.6	32.9±5.9	58.4±11.9	96.9±13.1	136.6±14.6	177.1±18.1		
2nd cutting								
Shirohie	FY 102		207	319	337			
	DMY 10.2±4.1		22.4±5.7	47.2±6.8	63.7±7.9			
Green millet	FY 117		275	364	424	559	523	
	DMY 10.8±2.7		27.5±6.0	46.2±4.5	64.8±13.9	87.8±13.4	121.4±104	
Aoba millet	FY 180		393	538	627	727	694	
	DMY 15.5±5.5		38.1±7.6	64.5±12.2	95.5±17.8	122.2±18.1	152.6±206	
Upland field								
1st cutting								
Shirohie	FY 137	265	386	501	466			
	DMY 11.5±1.4	31.0±6.4	67.1±11.5	106.1±14.5	125.8±14.2			
Green millet	FY 93	242	245	511	522	570		
	DMY 7.8±0.9	24.9±3.6	37.2±5.3	72.6±8.1	103.7±9.3	131.1±18.5		
Aoba millet	FY 86	232	294	564	596	615		
	DMY 6.9±0.8	21.3±2.2	37.0±4.3	76.2±12.6	111.5±13.8	137.1±16.7		
2nd cutting								
Shirohie	FY 51		133	201	226			
	DMY 5.7±1.1		18.3±2.7	35.0±8.3	48.7±6.5			
Green millet	FY 98		188	245	335	383	329	
	DMY 9.8±2.5		22.4±5.7	37.3±9.4	57.3±9.1	67.0±9.0	79.5±111	
Aoba millet	FY 132		332	393	445	484	424	
	DMY 12.9±1.4		34.2±7.5	51.1±4.2	75.2±10.0	88.1±14.8	99.3±141	

\* Fresh yield, \*\* Dry matter yield.

## 考 察

土壌水分に恵まれた水田転換畑では、青刈ヒエの生育は極めて旺盛で、早生の白ヒエの乾物収量は播種後53日間で $149 \text{ kg a}^{-1}$ 、中、晩生に属するグリーンミレットおよびアオバミレットは播種後60日間で $162 \text{ kg a}^{-1}$ と $177 \text{ kg a}^{-1}$ となった。当地方における青刈ヒエの乾物生産力は多肥栽培した青刈トウモロコシ(堀内 1968)に匹敵する。小林ら(1972)は水田転換畑に35系統の青刈ヒエを乾草用に栽培し、出穂始めとなった時期に刈取ったが、最高乾物収量は $159 \text{ kg a}^{-1}$ に達し、青刈ヒエは極めて多収であるとしている。また、安江ら(1974)も5月下旬播種の飛騨ヒエで1作 $600 \text{ kg a}^{-1}$ の生草収量をあげている。これらの結果や、本試験の結果が示すように青刈ヒエは極めて多収性を示した。この原因を解析するために、水田転換畑における1番草の調査期間中の平均CGRを求めたところ、1回刈の3品種の平均CGRは $25 \sim 29 \text{ g DM m}^{-2} \text{ day}^{-1}$ となった。これらの結果は村田(1980a)がまとめた世界各地の耕地および草原における1次生産量と比較して、生育日数が短いながら、青刈ヒエの1次生産力は極めて高いといえる。この理由として、ヒエ属植物は $C_4$ 型植物に属し、陸上植物中、光合成速度が最も高い植物であり、(熊井ら 1978; Murata・Iyami 1963)かつTable 48に示すように高いLAIを維持するからであると思われる。いっぽう、青刈ヒエの水田転換畑と普通畑との収量の比較では、明らかに水田転換畑が高かった。このことから、青刈ヒエは土壌水分の高い水田転換畑に適した作物と考えられる。

生育収量の品種比較では、1番草では早生の白ヒエの生育が早く、同一生育期間における乾物収量の比較では、白ヒエが中・晩生のグ

リーンミレット、アオバミレットを上回ったが、2番草収量は早生の白ヒエはグリーンミレット、アオバミレットに比べて再生力が劣り低収であった。したがって、1回刈りの短期利用には早生の白ヒエが、長期利用および2回刈り利用ではグリーンミレットやアオバミレットの中・晩生種が有利であると考えられる。

刈取回数と収量との関係では、いずれの品種も2回刈りは刈取りによる生育中断により、1回刈りより乾物収量は大幅に低下した。この結果から同一の生育期間では1回刈りが適するが、アオバミレットとグリーンミレットの1番草は、生育の後半には生草収量が700 kg a<sup>-1</sup>以上に達するために倒伏が懸念された。したがって、1番草を早目（穂孕期）に刈取って、再生草を利用するほうが収量が低くても安全であると思われる。また、その利用時期は利用目的によって異なるが、サイレージ利用の場合には早生品種は1番草、中晩生品種は2番草が適しており、その適期は高い乾物収量が確保でき、かつ乾物率も高まる乳熟期と考えられる。

#### 第4節 青刈アワの生育収量

アワ (*Setaria italica* Beauv.) は五穀の一つで、原産地については諸説 (戸刈・菅 1968b) があり、インド説 (中尾 1974) が有力である。アワの栽培史は食用作物中最も古く、わが国では縄文時代にすでに栽培されていた (戸刈・菅 1968b) とされている。現在、食用作物としての地位は低下し、わずかにアワ餅、焼酎醸造、葉子などの原料として用いられているほか、小鳥の飼料としての用途もある。植物学的には、アワの原型 (戸刈・菅 1968b) はエノコログサ (*Setaria viridis* Beauv.) とされ、オオエノコロ (*S. pycnocomma* Henr.) はアワとエノコログサの自然交雑種 (牧野 1969a) であると考えられている。いっぽう、アワ属の中には *Nandai setaria* (*S. spiliacelata* Nandai) のように暖地型牧草として利用されているものもある。米国においては青刈アワの利用も行われ、青刈用品種 (江原 1958a) も育成されている。なお、わが国でも青刈アワに関する若干の記載 (阿部 (広) 1962a; 江原 1958a) がある。

近年、暖地型牧草が数多く導入されているものの、発芽の不安定性や雑草との競合力が弱いなどの問題があり、その栽培は九州の一部を除き普及していないのが現状である (江原 1958a)。

そこで、本節では十分な肥培管理を行えば、アワの生育は旺盛で、かつ雑草との競合に強いことに着目し、夏作飼料作物として有望と考え、その生育収量について検討した。

## 試 験 方 法

供試アワは愛媛県新宮村産の在来系統で、オオアワのなかのモチアワ（糯粟）に属し、穎果は黄色を呈する。穂型（古沢ら 1975a; 戸刈・菅 1968b）は長尾状の大きなものあるいは”紡錘型”に分類される夏アワである。試験地は勝山圃場で面積5 aを供試した。播種法は1978年6月28日に基肥として3要素を $1.5 \text{ kg a}^{-1}$ を施用し、畦間を45 cmとして浅く作条したのち、 $150 \text{ g a}^{-1}$ を播種、覆土した。生育期間中の管理は7月21日に中耕除草、9月5日にアワヨトウ防除のためトクチオン有機燐剤を散布し、8月25日に防雀ネットを張った。生育調査は7月21日に第1回を行ったのち、8月5日からは1週間隔で行った。調査法は播き畦の1 mを調査区とし、6カ所を無作為に抽出し、10 cmの高さに刈取った。なお調査地点ごとに試料として生草500 gと200 gを秤取し、前者は乾物率の測定用に、後者は器官別の乾物比率用とした。乾物率は通風乾燥機を用いて80℃で48時間乾燥して求めた。なお、試験期間中の気象概況は松山気象台のデータを参考にした。

## 試 験 結 果

試験期間中の気象概況はTable 50に示すとおりである。

アワの発育経過、積算温度ならびに生育収量についてはTable 51に示すとおりである。青刈アワが出穂期に達するには $1,600 \text{ }^{\circ}\text{C}$ 、糊熟期には $1,970 \text{ }^{\circ}\text{C}$ を必要とし、青刈アワの積算温度は青刈キビ（第

Table 50. Air temperature, solar radiation and precipitation during growth period.

	June	July		Aug.			Sep.			
	Late	Early	Mid.	Late	Early	Mid.	Late	Early	Mid.	Late
Air temperature (°C)	23.5	28.0	26.7	28.3	27.3	27.5	27.4	26.1	24.7	22.8
Solar radiation (cal cm <sup>-2</sup> day <sup>-1</sup> )	342	566	560	504	452	467	479	344	329	291
Precipitation (mm)	102	0	38	9	43	17	0	50	13	27

Table 51. Plant length, LAI and CGR of Italian millet.

	21/July	5/Aug.	12/Aug.	19/Aug.	25/Aug.	1/Sept.	8/Sept.	16/Sept.
Growth stage	Jointing	Jointing	Jointing	Boot	Heading	Flowering-milk	Dough	Yellow-ripe
Accumulated temperature (°C)	618	1044	1237	1428	1595	1785	1969	2172
Plant length (cm)	60.2±5.1	102.2± 6.4	127.2± 6.2	128.8±11.4	162.3± 8.3	163.8± 8.3	163.5± 8.1	165.0± 6.7
Fresh yield (kg a <sup>-1</sup> )	94.3±9.6	263.7±39.5	417.2±39.2	447.9±38.1	439.0±41.7	370.8±40.8	410.1±37.7	417.7±36.8
Dry matter yield (kg a <sup>-1</sup> )	15.0±1.7	41.7± 6.4	70.0±6.2	88.8± 7.3	105.3±10.3	119.9±14.9	131.3±13.6	134.9±11.4
Ear weight / yield (%)	0	0	0	0	7.2	12.0	24.3	33.5
LAI	2.6	6.2	8.6	7.2	7.1	5.9	6.1	4.2
CGR (kgDMa <sup>-1</sup> day <sup>-1</sup> )		1.8	4.0	2.7	2.7	2.1	1.6	0.5

6章、第5節)と比較して、同一ステージで300℃より多く要した。この結果が示すようにアワの作期はキビに比較して10~15日長くなるが、夏季においては播種後60日に出穂期、75日には糊熟期に達した。

青刈アワの時期別の生育収量は草丈は出穂期から開花期においてほぼ最高に達した。乾物率は生育の進行に伴い増加の一途をたどり、とくに登熟期に高く開花期から糊熟期にあたる9月1日以降、実に32%に達した。乾物収量は初期生育時に急増し、登熟期に漸増する傾向を示し、糊熟期には $130 \text{ kg a}^{-1}$ を越えた。青刈アワのLAIとCGRについてみると、LAIは節間伸長期に最高値の8.6に達したのち、出穂期まで高い値を維持し、その後は下葉の枯上がりによって減少した。いっぽう、CGRは節間伸長期に $4.0 \text{ kg DM a}^{-1} \text{ day}^{-1}$ と極めて高い値を示し、乳熟期まで高い値を保った。

#### 考 察

従来、アワは救荒作物として地味の劣る畑で栽培され、管理も粗放で収量も低かった。阿部(広)(1962a)によると、青刈アワの最大生草収量は $200 \text{ kg a}^{-1}$ 弱であったとし、青刈アワは低収で経済的にほとんど期待できない作物であるとしている。しかし、本試験の結果では最大生草収量は $450 \text{ kg a}^{-1}$ 、糊熟期における乾物収量は $130 \text{ kg a}^{-1}$ を越えた。したがって、施肥と管理を十分に行えば青刈アワは青刈キビ(第6章、第5節)と同様に高い収量性が期待できるものと思われる。しかも、青刈アワの発育経過は早く、播種後60日間で出穂期、75日間で糊熟期に達するので、夏季における短期利用の飼

料作物として適し、その利用価値は高いものと考えられる。また、本試験において青刈アワは出穂期以降、稈の木化が進み、ほかの夏作飼料作物に比較して、耐倒伏性に優れていることが観察された。なお本試験中、病害の発生は認められなかったが、8月下旬から9月上旬にアワヨトウ (*Leucanic separata* Walker) が発生した。アワヨトウは一旦発生すると被害が急速に拡がるので、ただちに薬剤を散布する必要がある。

## 第5節 青刈キビの生育収量

キビ (*Panicum miliaceum* Linne) は古くからコキビ、マキビ、ウルキビなどと称し、その子実を製粉して団子、餅、菓子等を製するほか、精白して炊飯し、食用としていた。しかし、戦中、戦後の食糧難時代が過ぎると、キビの栽培面積は著減し、現在では自家餅用として、山間畑地帯にわずかに栽培され、その命脈を保っているに過ぎない。

そこで、本節では禾穀類中、耐乾性が最も強く(戸刈・菅 1968a; 古沢 1976b)、生育期間が短く(戸刈・菅 1968a; 古沢 1976b)、雑草に対する競合力が優れており、西南暖地における短期の夏作飼料作物として有望と考えられるキビの生育収量について検討した。

### 試 験 方 法

供試キビは愛媛県温泉郡川内町大字則之内の農家が栽培していた寄穂種のモチキビで(戸刈・菅 1968a)、品種名不明の在来早生系統である。試験圃場は愛媛大学農学部勝山農場で面積5 aを供試した。なお、試験地の土壌は火山灰をかぶった植壊土である。耕種概要は1977年7月20日にキビ種子 $300\text{ g a}^{-1}$ を畦間50 cmに条播し、基肥として3要素各 $1.5\text{ kg a}^{-1}$ を化成肥料を用いて施用した。なお、播種後、晴天が続いたので8月3日に30 mmの灌水を行った。9月上旬にアワヨトウの発生が認められたので、9月7日にデリス粉剤を散布し、9月14日に防雀ネットを張った。

生育調査は畦幅1 mを1調査区とし、6調査地点の坪刈りによって生草収量を求めると同時に、各調査区から生草500 gと200 gを2連

で秤取し、乾物率および器官別の乾物収量比率の測定に供した。なお、乾物測定には通風乾燥機を用いて80℃で48時間乾燥して求めた。

光合成測定用としてポットに栽培したキビ（節間伸長期、9～10葉期）について、8月26～27日の両日に差動型赤外線ガス分析計（日立－堀場L1A2A型）を用い、キビ個葉の温度－光合成曲線ならびに光－光合成曲線について測定した。なお、生育期間中の気象概況は松山气象台のデータを参考にした。

### 試 験 結 果

生育期間中の気象概況はTable 52に示すとおりである。

キビの発育経過はFig. 18に示すとおりである。キビは夏季の高温条件下において著しく生育が進んだ。すなわち、播種後48日に出穂期、乳熟期58日、糊熟期65日、75～80日で成熟期に達した。それぞれの積算温度は出穂期1,294℃、乳熟期1,522℃および糊熟期1,697℃であった。

キビの光合成曲線はFig. 19およびFig. 20に示すとおりである。キビはC<sub>4</sub>型植物特有の高温・強光下において高い光合成速度を示し、その最高値は35℃、70Klxの条件下において38mgCO<sub>2</sub>dm<sup>-2</sup>hr<sup>-1</sup>に達した。

8月22日から9月27日までの期間中における生育収量はTable 53に示すとおりである。草丈の伸長は速やかで、出穂期で160cm、乳熟期から糊熟期にかけて180cmに達した。生草収量は生育ステージの進行に伴って増大し、9月20日に456kg a<sup>-1</sup>に達した。乾物収量についても、9月20日で100kg a<sup>-1</sup>を超え、9月27日に118kg a<sup>-1</sup>に達した。

Table 52. Air temperature, solar radiation and precipitation during growth period.

	July	Aug.			Sep.		
	Late	Early	Mid.	Late	Early	Mid.	Late
Air temperature (°C)	27.3	27.4	25.9	25.3	25.8	24.0	21.7
Solar radiation ( <i>cal</i> /m <sup>-2</sup> day <sup>-1</sup> )	550	493	355	319	366	440	233
Precipitation (mm)	0	34.5	54.5	24.5	49.5	1.5	56.0

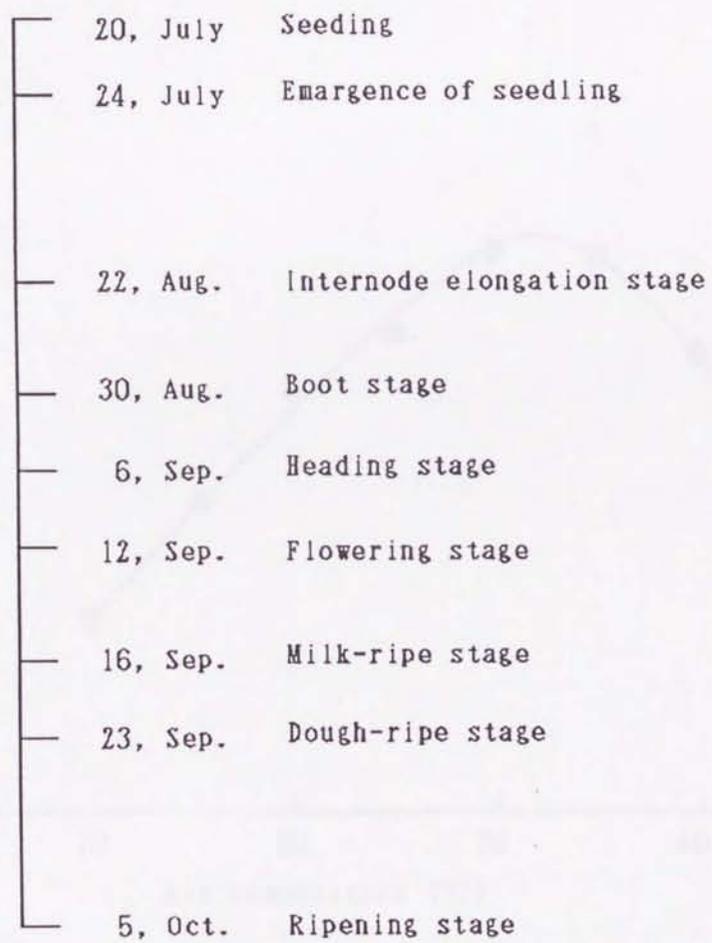


Fig. 18. Growing process of common millet.

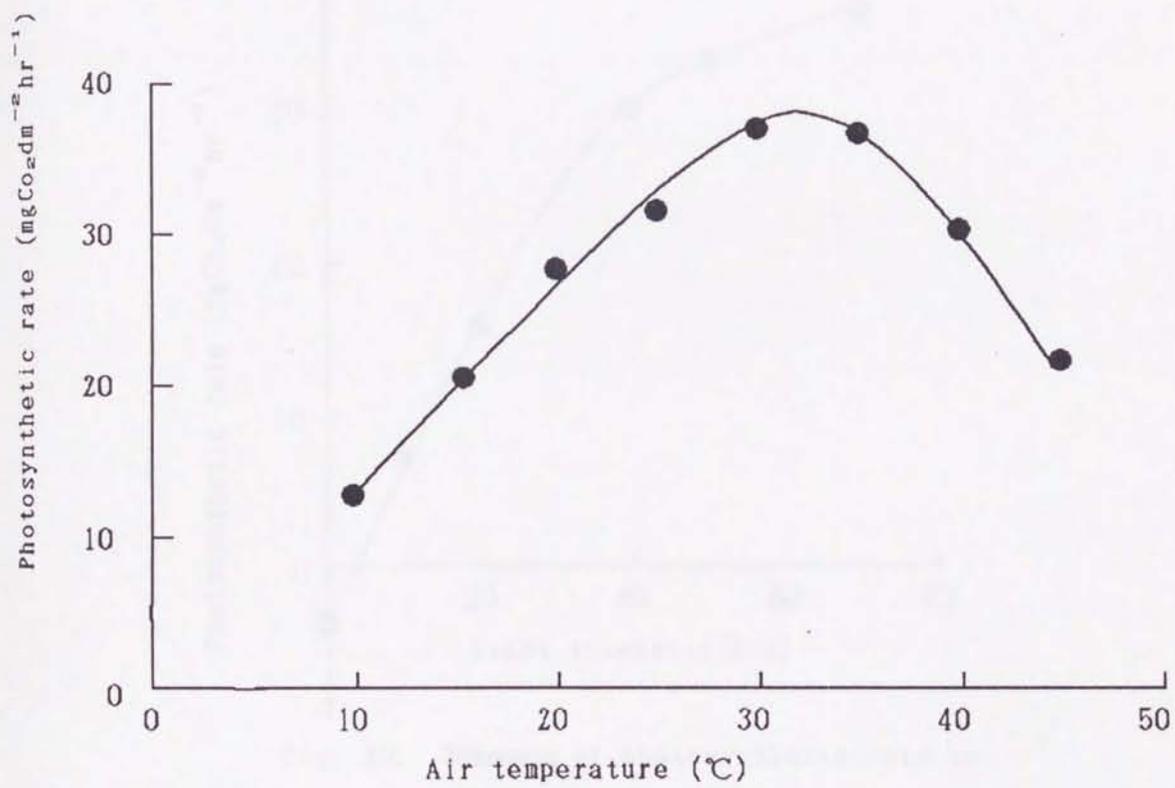


Fig. 19. **Response** of photosynthetic rate to air temperature in common millet.

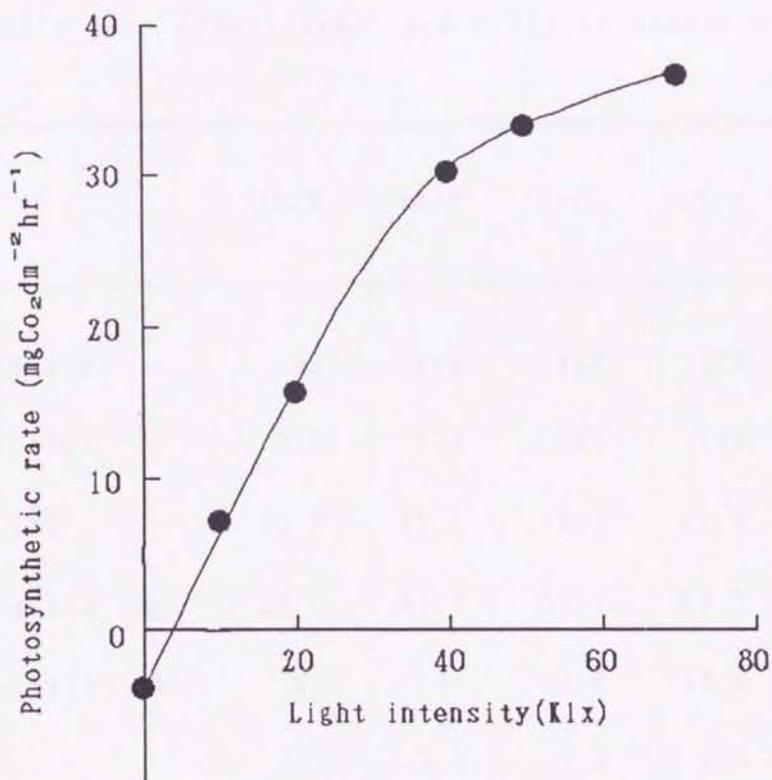


Fig. 20. Response of photosynthetic rate to light intensity in common millet.

Table 53. Growth habit and yield in common millet.

	22/8	30/8	6/9	13/9	20/9	27/9
Plant length (cm)	102	142	163	173	178	177
Fresh yield (kg a <sup>-1</sup> )	216	336	361	432	456	440
Dry matter (%)	12.1	12.4	16.4	17.3	23.1	26.7
Dry matter yield (kg a <sup>-1</sup> )	26.1	41.7	59.3	74.7	105.3	117.5
Grain-straw ratio (%)	0	0	3.0	18.6	28.1	38.0
LAI	3.1	3.5	5.8	8.0	7.2	6.9
CGR (kg DM a <sup>-1</sup> day <sup>-1</sup> )	2.0	2.5	2.2	4.5	1.2	

L A I は出穂期以降、高い値で推移し、C G R は 8 月 30 日から 9 月 20 日にかけて極めて高い値を示した。また、乾物率と子実割合は登熟に伴い急激に増加し、乾物率では 9 月 20 日で 23%、9 月 27 日には 27% に達した。

## 考 察

夏季における青刈キビの発育経過は極めて早く、播種後 48 日で出穂期、58 日で乳熟期、65 日で糊熟期、75~80 日で成熟期にそれぞれ達し、その作期は青刈アワ（第 6 章、第 4 節）に比べて 10~15 日間も短い。キビのホールクロップ利用を想定する場合には、乳熟期から糊熟期が適期と考えられるので、夏季においては播種後 60 日前後でサイレージ調製が可能である。このようにキビは作期が極めて短いので、阿部（広）（1962b）が述べているようにトウモロコシなどの飼料作物の栽培に失敗した場合の応急作物（emergency crop）として利用価値が高いものと考えられる。

これまで、青刈キビは家畜が好食するものの（阿部（広） 1962b）収量が低いとされていたが（江原 1958b；阿部（広） 1962b）、本試験の結果が示すように、施肥を十分に行えば、その草丈は 180 cm に達し、作期が短いにもかかわらず、かなりの生草収量をあげることが可能であると思われる。また、乾物収量についても、乳熟期から糊熟期で  $100 \text{ kg a}^{-1}$  を越え、成熟期では  $118 \text{ kg a}^{-1}$  に達し、わずか 65 日の生育期間で寒地型牧草の年間乾物収量に匹敵する高い生産力を示した。この理由として、キビは  $C_4$  型植物に属し光合成速度が高く、登熟期に高い L A I を維持し、その期間中は高温・多照でキビの光

合成能が十分に発揮されたために、CGRが高くなったためと思われる。

西南暖地においては、夏季の晴天が10日以上にわたることが少ない。キビは乾燥を好み、耐旱性は禾穀類中、最強とされている(古沢ら 1976b; 戸刈・菅 1968a)。また、Briggs and Schantzは、要水量は食用作物中、最少であるとしている(戸刈・菅 1968a)。したがって、早ばつをうけ易い地方では、青刈キビの栽培を考慮すべきであろう。

なお、本試験では病害の発生はなかったが、虫害としてアワヨトウの発生が9月上旬に認められた。アワヨトウはいったん、発生するとたちまち葉を食い荒らすので、発生した場合には早目に刈取るか、薬剤を散布する必要がある。いっぽう、スズメは乳熟期以降のキビを好食するので、農家では稲の出穂後にキビが出穂するように播種期を工夫しているが、ホールクロップサイレージの利用上、この雀害防止策は参考になろう。

## 第6節 雑穀サイレージの発酵品質と飼料価

第3, 4, 5節において十分な肥培管理を行えば, 青刈ヒエ, 青刈アワおよび青刈キビは高い収量性を発揮し, 夏季飼料作物として有望であることを述べた。

そこで, 本節では前節に引き続いて, ヒエ, アワおよびキビをサイレージに調製して, その発酵品質と飼料価について検討した。

### 試 験 方 法

アワ (愛媛県新宮村産, 在来種), ヒエ (グリーンミレット) およびキビ (愛媛県川内町産, 在来種) の播種期は1978年6月26日, 播種法はそれぞれ  $150 \text{ g a}^{-1}$ ,  $300 \text{ g a}^{-1}$  および  $300 \text{ g a}^{-1}$  の種子を畦間45 cmに条播した。施肥量は化成肥料(15-15-15)を用い, 3要素をそれぞれアワとキビは  $1.5 \text{ kg a}^{-1}$ , ヒエは  $2.0 \text{ kg a}^{-1}$  を全量基肥として施用した。なお, 各作物の播種面積は2 aである。

供試材料の刈取時期はそれぞれ糊熟期を目標としたが, ヒエは落下種子の雑草化防止のために糊熟期よりやや早目に刈取った。すなわちアワ (糊熟期) とヒエ (乳熟期~糊熟期) は9月7日, キビ (糊熟期) は8月30日にそれぞれ刈取ったのち, ただちにサイレージに調製した。各サイレージ材料はカッターで1~2 cmに細切後, 300 l容のプラスチックサイロに踏圧を加えながら150 kgを詰め込み, 表面をビニールフィルムで被覆したのち, 詰め込み材料重の約10%の砂で加重した。乾物回収率はトックスポイレージやカビによって腐敗した部分を廃棄し, 残りの可食サイレージの乾物量を求め, こ

れを詰め込み材料の乾物量で除して、百分率で示した。なお、サイロの開封は埋蔵後、約2カ月経過してから行った。

消化試験は、1974～1976年生まれの雌または去勢種羊を1区に各2頭を配置し、サイレージの乾物給与量は供試家畜の体重の1.7～1.8%として試験期間中、朝・夕の2回に半量をそれぞれ給与した。試験期間は1期14日とし、予備試験7日、本試験期間7日とした。消化試験は全糞採取法、供試材料および糞の分析は常法、供試材料のリグニンは硫酸リグニン法(森本 1971a)、WSCはアンスロン法、サイレージの有機酸はフリーク法、VBNは水蒸気蒸留法で定量した。

#### 試 験 結 果

サイレージ材料草の化学組成はTable 54に示すとおりである。供試作物の一般成分については、青刈アワは粗繊維含量が高く、青刈ヒエは水分、粗蛋白質および粗灰分の各含量が高かった。青刈キビはNFE含量がほかの2作物より高かった。3供試作物のリグニン含量は14.8～16.9%の範囲であり、総じてリグニン含量が高かった。WSCはキビが約10%の高い値を示したが、アワとヒエは5～6%と低かった。

サイレージの乾物回収率および品質についてはTable 55に示すとおりである。乾物回収率はヒエサイレージが低かった。ヒエサイレージはシロカビが内部にまで発生した。pHはキビサイレージが3.7であったが、ヒエサイレージとアワサイレージは4.6～4.8を示し、キビサイレージに比較して高かった。総酸含量はアワサイレージと

Table 54. Chemical composition and water soluble carbohydrates of some millets as a silage material.

	Chemical composition (DM %)							
	Moisture	Crude protein	Crude fat	Crude fiber	NFE	Crude ash	WSC (DM %)	Lignin (DM %)
Italian-millet	69.0	9.5	1.8	49.2	32.2	7.3	5.9	16.9
Barnyard-millet	77.2	11.2	1.8	48.0	29.2	9.8	4.7	15.1
Common-millet	71.0	10.3	2.1	54.9	25.2	7.5	9.4	14.8

Table 55. Recovery of dry matter and fermentative quality in some millets silages.

Silage	Recovery of dry matter	pH	Organic acid (FM %)				Flieg's score	VBN T-N (%)
			Acetic	Butyric	Lactic	Total		
Italian-millet	82.2	4.6	1.38	0	1.37	2.75	57	13.6
			(60.2)		(39.8)	(100)		
Barnyard-millet	78.7	4.8	1.39	0	0.90	2.29	53	26.3
			(69.9)		(30.1)	(100)		
Common-millet	84.5	3.7	0.45	0	2.34	2.79	96	5.4
			(22.4)		(77.6)	(100)		

キビサイレージが高く、ヒエサイレージは低かった。乳酸含量はヒエサイレージで低く、キビサイレージは高かった。酪酸はいずれのサイレージも認められなかった。各酸の生成比率ではキビサイレージは乳酸の生成比率が、アワサイレージとヒエサイレージは酢酸の生成比率が高かった。VBN/T-N(%)では、ヒエサイレージが26%を示し、ほかのサイレージに比較して顕著に高かった。

各サイレージの一般成分、消化率および可消化養分含量についてはTable 56に示すとおりである。サイレージの一般成分についてみると、雑穀サイレージの粗蛋白質含量は総じて高く、9~10%の値を示した。キビサイレージはNFE含量が、アワサイレージは粗繊維含量が高かった。ヒエサイレージは粗灰分含量がほかに比べて高かった。

サイレージの粗脂肪消化率はアワとヒエの両サイレージがキビサイレージに比べて高かった。NFEの消化率はいずれのサイレージも総じて低い傾向を示した。DCP含量はキビとヒエの両サイレージが高く、TDN含量は53~54%の値を示し、作物間に差がなかった。可消化養分収量については、TDN収量はキビとアワのサイレージが高く、DCP収量はキビサイレージが高く、ヒエとアワの間にはほとんど差がなかった。

Table 56. Chemical composition, digestibility, digestible nutrients and digestible nutrient yield in some millet silages.

Silage	Chemical composition (DM %)						Digestibility (%)				Digestible nutrients (DM %)		Digestible nutrients yield (kg a <sup>-1</sup> )	
	Moisture	Crude protein	Crude fat	Crude fiber	NFE	Crude ash	Crude protein	Crude fat	Crude fiber	NFE	DCP	TDN	DCP	TDN
Italian-millet	71.2	9.0	2.8	39.4	40.5	8.3	68.3	77.4	60.1	45.9	6.1	53.4	6.5	56.6
Barnyard-millet	75.6	10.2	3.9	36.0	38.7	11.2	68.3	77.1	59.4	49.4	7.0	54.3	6.3	48.7
Common-millet	71.7	10.3	4.6	32.8	42.9	9.4	71.7	62.4	53.5	50.0	7.4	52.9	8.1	57.7
LSD 5 %							9.5	11.1	12.0	15.7				

## 考 察

登熟期における供試青刈雑穀の化学組成については、青刈アワは粗繊維含量、青刈ヒエは水分、粗蛋白質および粗灰分の含量、青刈キビはNFE、WSC含量がそれぞれ高かった。青刈キビのNFE含量が高かったのは子実歩合が高いことによるものである。これらをもとに、サイレージ材料としての適否をNFE/CP比で判定すると、アワ5.2、ヒエ4.3およびキビ5.3と算定され、いずれも4.0(須藤 1971b)以上でサイレージ材料として適するものと考えられる。いっぽう、サイレージ発酵の基質として重要なWSC含量についてみると、青刈キビが10%の値を示すが、青刈アワと青刈ヒエはそれぞれ5~6%であり、WSCが低いとされる暖地型牧草(大山 1979)とほぼ等しい含量にとどまった。WSC含量を基準にして判断すると、青刈キビのみがサイレージ用作物として適していると思われる。

サイレージの乾物回収率についてみると、ヒエの乾物回収率がアワおよびキビに比べて低かった。これはヒエサイレージはシロカビがサイロ内部まで発生した結果、廃棄部分が多くなったためである。このシロカビ発生の理由としては、ヒエは踏圧を加えると材料草は沈下するが、いったん、加重をやめると材料草の圧密が緩み、締まりが悪く、空気の混入が多かったためと考えられる。

つぎに、青刈雑穀サイレージのpHは、キビを除き、アワ、ヒエは4.5~4.8の値を示し、トウモロコシサイレージ(農林水産技術会議編 1974b; 名久井ら 1975a)やソルガムサイレージ(農林水産技術会議編 1974a; 川関 1976b)に比較して高く、品質的に劣った。青刈雑穀サイレージの総酸含量はトウモロコシサイレージ(農林水産技術

会議編 1974b 名久井ら 1975a)より高く、ソルガムサイレージ (農林水産技術会議編 1974a; 川関1976a 1976b)とほぼ等しい。乳酸含量はヒエサイレージを除き、いずれも1.0%以上で酪酸発酵の阻止に必要と考えられる含量(須藤 1959)を確保しており、酪酸は認められなかった。これらをもとに、各サイレージのフリーク評点を求めた結果、アワサイレージが57点、ヒエサイレージ53点、キビサイレージ96点で、材料草のWSC含量とフリーク評点との間には密接な関係が認められた。したがって、WSC含量の高いキビからは高品質サイレージが調製できたので、青刈キビはサイレージ材料草として有望と考えられる。

供試サイレージのDCP含量は6.1~7.4%の範囲を示し、キビが最も高く、ついでヒエ、アワの順であった。これらサイレージのDCP含量は総じてトウモロコシサイレージや(名久井ら 1975a; 農林省農林水産技術会議事務局編 1991a)、ソルガムサイレージ(三秋ら 1975; 川関 1976b; 農林省農林水産技術会議事務局編 1991a)に比較して高い。いっぽう、TDN含量は53~54%とほとんど供試作物間に差がなかったが、その値はトウモロコシサイレージ(阿部(亮)ら 1975; 名久井ら 1975a; 農林省農林水産技術会議事務局編 1991a)に比べて低く、ソルガムサイレージ(三秋ら 1975; 川関 1976b; 農林省農林水産技術会議事務局編 1991a)とほぼ等しい値を示した。したがって、雑穀サイレージの飼料価はトウモロコシサイレージには劣るが、ソルガムサイレージに匹敵するものと考えられる。可消化養分収量については、TDN収量はキビサイレージとアワサイレージが高かった。いっぽう、DCP収量はキビサイレージが高く、アワとヒエのサイレージ間とにはほとんど差が認められな

かった。

以上の結果、青刈キビはDCPおよびTDNの収量がともに高く、かつサイレージの発酵品質も優れていたもので、ホールクroppサイレージとして適するものと考えられる。アワはWSC含量が低く品質的には劣るが、TDN収量が高いので、糖蜜などの添加により品質の改善をはかれば、サイレージ利用が可能と思われる。いっぽう、ヒエサイレージはシロカビが発生し品質的に劣ったので、青刈ヒエはサイレージに調製するよりは、生草あるいは乾草として給与するほうが望ましいものと考えられる。

本研究は四国地域に遺存する雑穀類のヒエ (*Echinochloa utilis* Ohwi et Yabuno), アワ (*Setaria italica* Beauv.) およびキビ (*Panicum miliaceum* L.) について収集系統の中からとくに茎葉生産に優れた系統を選び、青刈飼料作物として栽培しその収量性、サイレージ品質および飼料価について検討した。得られた結果を要約すると以下のとおりである。

(1) 青刈ヒエの収量は水田転換畑が普通畑より高かった。供試3品種の生育を比較すると白ヒエ(早生品種)は1回刈りに適し、短期間に高い収量を確保することができた。グリーンミレットおよびアオバミレットは生育期間が長く、再生力に優れており、1番草を穂孕期までに刈取る2回刈り利用に適する。いっぽう、青刈ヒエの収量性については、極めて多収で、播種後53~60日で乾物収量は140~177 kg a<sup>-1</sup> に達した。

(2) 青刈アワは播種後60日に出穂期、75日に糊熟期に達し、生育期間はキビに比べて10~15日長かった。乾物収量は開花期から糊熟期で120~131 kg a<sup>-1</sup> に達した。

(3) 青刈キビは播種後48日に出穂期、乳熟期58日、糊熟期には65日に達し、その生育期間は極めて短い。乾物収量は乳熟期から糊熟期にかけて105~118 kg a<sup>-1</sup> に達し、登熟期におけるCGRは極めて高かった。また、キビの個葉の光合成速度は気温35℃、照度70 klxにおいて38 mg CO<sub>2</sub> dm<sup>-2</sup> hr<sup>-1</sup> を示し、夏季の条件下において高い光合成能力を発揮した。

(4) ヒエサイレージは白カビが発生し、乾物回収率が低かった。

サイレージのpHはキビが3.7であったが、ヒエ、アワではpHは4.6と4.8を示した。フリーク法による有機酸組成を検討した結果、いずれのサイレージも酪酸は認められず、ヒエを除きほかのサイレージの乳酸含量は1.0%以上を示し、酢酸含量はキビサイレージが低かった。以上の結果、キビサイレージの発酵品質は優れていた。

(5) サイレージのDCP含量とTDN含量はヒエで7.0%と54.3%、アワは6.1%と53.4%、キビは7.4%と52.3%をそれぞれ示し、DCP含量はキビとヒエが高く、アワがこれに比べて低かった。いっぽう、TDN含量は53~54%を示し、サイレージ間では差がなかった。

(6) 以上の結果を総合すると、キビサイレージはDCPおよびTDNの含量が高く、サイレージ品質も優れており、サイレージ用草種として好適し、アワはサイレージ品質は劣るが、TDN収量が高いので、糖蜜などの添加によってサイレージ品質の改善をはかればサイレージ用として有望である。なお、ヒエサイレージは品質的に劣るので、生草給与あるいは乾草調製が望ましいものと考えられる。

## 第 7 章 オオムギ ホールク ロップ サイレー ジ

### 第 1 節 緒 言

オオムギ (*Hordeum vulgare* L.) は紅海からカスピ海に至る一帯に起源をもち、生産量はコムギ、イネ、トウモロコシにつぎ、世界 4 大穀物の一つとして温帯、亜熱帯を中心に広く栽培されている (星川 1980)。オオムギは新石器時代にヨーロッパへ、エジプトには B C 5,000 年以前に伝播され、ギリシャ、ローマ時代にはヨーロッパ各地で重要な主食となった。米大陸への伝播は 17 世紀の当初とされる。いっぽう、東方へはまず中国に入り、B C 2,700 年にはすでに栽培されたとされ、わが国へは 3 世紀頃に朝鮮半島より六条種が伝播しており、二条種は明治以降にヨーロッパから導入されたとされている (星川 1980)。オオムギの栽培種には穂の形態から六条種 (*Hordeum vulgare* L.) と二条種 (*Hordeum distichum* L.) に大別され、さらに六条種、二条種ともに穎が穎果に癒着しているものをカワムギ (hulled barley)、癒着していないものをハダカムギ (naked barley) とし、区別している。わが国では六条カワムギを六条オオムギ、六条ハダカムギをただの裸麦と呼んでいる。二条オオムギの栽培品種の大部分はカワムギであり、両者を区別せず二条オオムギとしている。

わが国におけるオオムギの栽培はこれまで米の補足的役割として水田裏作を中心に広く栽培されてきたが、1955 年以降、イネの生産安定、コムギの輸入による食糧事情が好転したため、作付け面積は減少の一途をたどり、1988 年では六条オオムギ 1.1 万 ha、ハダカム

キ1.5万haが栽培されているにすぎない。いっぽう、二条オオムギはこれらが減少するなかで、ビール醸造用原料として、10万ha台でしばらく栽培が続いていたが、近年、原料麦を外国から輸入するようになったため、その栽培面積も減少傾向にある。これまで、オオムギはビール原料のほかに、青刈または穀実を飼料として利用されてきたが、最近、ホールクロップサイレージの調製、利用技術の開発により、オオムギはホールクロップ用作物として注目されるようになった（蔦野ら 1976；倉持ら 1977；向井ら 1977；藤井 1978；前原 1979）。

これまで、暖地の冬作飼料作物はイタリアンライグラス、エンバクが主流をなしているが、これらは高水分であるために、ダイレクトカットでは高品質サイレージの調製が困難である。したがって、サイレージの調製にあたっては、予乾作業または添加物などによる水分調節が必要である。いっぽう、オオムギのホールクロップ利用では、水分調節の必要がなく（向山ら 1979）、そのままサイレージ調製が可能で、しかもサイレージの品質、飼料価ともに優れており、多くの利点を備えている。したがって、今後は暖地における粗飼料生産の基軸として、オオムギホールクロップサイレージの導入が必要と考えられる。

そこで、本章では暖地におけるオオムギホールクロップサイレージの適正利用を図るために、オオムギの登熟期別の生育収量、サイレージの発酵品質および飼料価について検討した。また、同時に糊熟期および黄熟期サイレージについて、乳酸菌剤およびアクレモニウムセルラーゼの添加効果を検討した。

## 第2節 オオムギの生育収量

オオムギの生育収量を明らかにし、ホールクロップサイレージ利用における材料草としての適性について検討した。

### 試 験 方 法

二条オオムギ（ダイセンゴールド）を1992年10月25日に $1.5 \text{ kg a}^{-1}$ を散播した。施肥は基肥のみとし、牛糞堆肥 $200 \text{ kg a}^{-1}$ 、炭カル $10 \text{ kg a}^{-1}$ および化成肥料（15-15-15） $10 \text{ kg a}^{-1}$ を施用した。刈取りは乳熟期（1993年4月20日）糊熟期（4月27日）および黄熟期（5月7日）にそれぞれ刈株の高さ約10cmで行った。調査は草丈、生草収量および器官別乾物重割合について行った。乾物率は生草 $1.0 \text{ kg}$ を秤量し、 $80^\circ\text{C}$ にセットした通風乾燥器で48時間乾燥後、予熱のあるうちに秤量した。

### 試 験 結 果

オオムギの生育収量はTable 57に示すとおりである。オオムギの生育は早熟で、4月20日乳熟期、4月27日糊熟期、5月7日黄熟期に達した。登熟期の草丈は107~110cmとなり、短稈であった。生草収量は糊熟期で最も高く $450 \text{ kg a}^{-1}$ となり、黄熟期ではわずかに減少した。水分含量は登熟に伴って急激に減少し、乳熟期では74%、糊熟期72%、黄熟期66%となった。乾物収量は登熟に伴って直線的な高まりをみせ、黄熟期では $150 \text{ kg a}^{-1}$ を示し、多収であった。収量中に

Table 57. Yield and WSC content of two-rowed barley as a silage material.

Ripening stage	Plant length (cm)	Fresh yield ( $\text{kg a}^{-1}$ )	Dry matter (%)	Dry matter yield ( $\text{kg a}^{-1}$ )	Grain-straw ratio* (%)	WSC (DM %)
Milk-ripe (M)	107	425	25.6	109	24.7	9.7
Dough-ripe (D)	107	455	27.5	125	31.0	11.9
Yellow-ripe (Y)	110	450	33.5	151	45.7	11.9

\* Grain weight  
 $\frac{\text{Grain weight}}{\text{Total weight}} \times 100$  (Dry matter).

占める穂の割合は乳熟期では25%、糊熟期では31%、黄熟期では46%をそれぞれ示した。

## 考 察

オオムギの生育はほかの麦類に比べて早熟とされ、本試験の結果においても4月中旬で乳熟期、下旬で糊熟期、5月上旬には黄熟期に達した。また、その時の生草収量はそれぞれ $425 \text{ kg a}^{-1}$ 、 $455 \text{ kg a}^{-1}$ 、 $450 \text{ kg a}^{-1}$ であった。いっぽう、乾物収量は登熟に伴う穂の増大によって直線的に増加し、乳熟期では $109 \text{ kg a}^{-1}$ 、糊熟期では $125 \text{ kg a}^{-1}$ 、黄熟期では $151 \text{ kg a}^{-1}$ となり多収であった。向山ら(1977)の試験結果でもオオムギのホールクロップ利用は多収であるとし、糊熟後期における乾物収量はカシマムギ $129 \text{ kg a}^{-1}$ 、ダイセンゴールド $129 \text{ kg a}^{-1}$ 、関東皮50号 $148 \text{ kg a}^{-1}$ であったとしている。また、藤井(1978)はカシマムギを10月下旬に播種した場合、出穂期、乳熟期、糊熟期および黄熟期の乾物収量はそれぞれ $70 \text{ kg a}^{-1}$ 、 $102 \text{ kg a}^{-1}$ 、 $112 \text{ kg a}^{-1}$ および $158 \text{ kg a}^{-1}$ であったとしており、本試験と一致した。そこで作期が等しいイタリアンライグラスの収量についてみると、木下(1978)は世界各地から収集したイタリアンライグラスの収量を調べたところ、乾物収量は $76.9 \sim 151.5 \text{ kg a}^{-1}$ の範囲であったとしている。また、木島・室賀(1965)は9月25日播、多肥条件では5月6日までの刈取時期を変えた4回刈りの乾物収量は $116 \sim 123 \text{ kg a}^{-1}$ であったとしている。これらと本試験、向山らおよび藤井の結果とを比較すると、多収とされるイタリアンライグラスに比べてオオムギホールクロップの乾物収量は高いものと考えられる。

つきに、サイレージ調製にあたって最も重要視される登熟期におけるオオムギの水分含量についてみると、乳熟期では74%、糊熟期72%、黄熟期66%を示し、すでに乳熟期には良質サイレージ調製の適水分域を示した。いっぽう、ホールクロップ中に占める穂の割合はホールクロップの飼料価に大きく影響する。本試験の結果では乳熟期、糊熟期および黄熟期のそれは24.7%、31.0%、45.7%であった。いっぽう、カシマムギを供試した倉持ら(1977)の結果によると、開花期、乳熟期、糊熟期、糊熟後期および完熟期のそれは24.8%、36.2%、50.4%、55.8%および63.8%であったとしている。また、藤井(1978)によるカシマムギの出穂期、乳熟期、糊熟期および黄熟期のそれは28.1%、34.4%、49.8%および60.9%であったとしている。本試験の結果では倉持らおよび藤井の成績に比して穂の占める割合がやや低かったが、この理由はカシマムギは大麦中で穀実比の高い品種であり(向山ら 1977)、供試品種の差異に基づくものであると考えられる。

以上のように暖地におけるオオムギホールクロップは多収で、しかも収量中に占める穂の割合が高い。また、水分含量が低いのでサイレージ材料草として適するものと思われる。

### 第3節 オオムギサイレージの発酵品質

第2節において暖地のオオムギは早熟でしかもホールクロップ収量が高く、サイレージ材料草として優れていることを明らかにした。

そこで、本節ではオオムギホールクロップサイレージの発酵品質について検討した。

#### 試 験 方 法

第2節の材料を供試してサイレージを調製した。サイレージの調製は乳熟期、糊熟期および黄熟期に刈取り、ただちに2～3 cmにカッターで細切して300ℓ容のプラスチックサイロに踏圧を加えながら詰め込み、ビニールフィルムで密封したのち、40 kgの砂袋をのせて加重し、コンクリート2階建畜舎の一階に置床した。試験処理はTable 58に示すとおりである。すなわち、乳熟期では無処理区（MU区）と刈取後圃場で半日予乾した予乾区（MW区）、糊熟期では無処理区（DU区）のほか、乳酸菌剤（商品名、スノーラクトL）を原物当たり0.1%添加した乳酸菌剤添加区（DL区）、アクレモニウムセルラーゼ（明治製菓製、AUS0301）を0.02%添加したセルラーゼ添加区（DC2区）、乳酸菌剤0.1%とセルラーゼ0.01%を混合添加したセルラーゼ低濃度混用区（DLC1区）、乳酸菌剤0.1%とセルラーゼ0.02%混用添加したセルラーゼ高濃度混用区（DLC2区）、黄熟期においても糊熟期と同様な処理を行った。無処理区（YU区）、乳酸菌剤添加区（YL区）、セルラーゼ添加区（YC2区）、セルラーゼ低濃度混用区（YLC1区）およびセルラーゼ高濃度混用区

Table 58. Some treatments of additives and wilting to whole crop of two-rowed barley as a silage material.

	Growth Stage	Treatment
WU	Milk-ripe	Control
MW		Wilting
DU	Dough-ripe	Control
DL		Lactic acid bacteria inoculant (LAB) 0.1 %
DC <sub>2</sub>		Cellulase 0.02 % additive
DLC <sub>1</sub>		LAB 0.1 % + Cellulase 0.01 % additive
DLC <sub>2</sub>		LAB 0.1 % + Cellulase 0.02 % additive
YU	Yellow-ripe	Control
YL		LAB 0.1 % additive
YC <sub>2</sub>		Cellulase 0.02 % additive
YLC <sub>1</sub>		LAB 0.1 % + Cellulase 0.01 % additive
YLC <sub>2</sub>		LAB 0.1 % + Cellulase 0.02 % additive

(YLC2区)をそれぞれ設けた。サイレージは約120日後に開封し、pHの測定と有機酸組成を分析した。サイレージのpHの測定はpH電極メーター、有機酸組成はフリーク法、水分測定はトルエン蒸留法によった。

### 試 験 結 果

ホールクロップサイレージの水分、pHおよび有機酸組成はTable 59に示すとおりである。サイレージのpHは登熟が進むにつれて低くなる傾向が認められ、黄熟期サイレージでは至適pH域の4.2を示した。有機酸組成ではいずれも乳酸含量が高く、その範囲は原物中3.28~3.93%であった。いっぽう、酪酸はわずかではあるがいずれのサイレージにも認められた。これらの結果、フリーク評価はいずれのサイレージも「優」と判定された。

いっぽう、乳熟期の予乾処理区は無処理区に比べてpHがやや高く、乳酸および総酸含量がやや高くなったが、フリーク評点は無処理と差がなかった。糊熟期および黄熟期サイレージの乳酸菌剤、セルラーゼおよびセルラーゼ混用の各サイレージでは無処理区サイレージに比べてpHが一段と低く、3.5~3.7の至適範囲であった。また、有機酸組成では乳酸菌剤、アクレモニウムセルラーゼおよびアクレモニウムセルラーゼ混用区サイレージは無処理区に比して乳酸含量が高かった。

Table 59. Moisture content and fermentative quality of two-rowed barley silages.

Silage	Moisture (%)	pH	Organic acid (FM %)				Flieg's score
			Acetic	Butyric	Lactic	Total	
MU	76.8	4.5	0.18	0.15	3.47	3.80	85
MW	61.0	4.8	0.23	0.17	5.00	5.40	85
DU	71.7	4.4	0.23	0.11	3.93	4.27	85
DL	71.5	3.6	0.16	0.17	4.12	4.45	85
DC <sub>2</sub>	72.4	3.5	0.24	0.01	4.99	5.24	95
DLC <sub>1</sub>	72.0	3.5	0.24	0.09	4.78	5.11	90
DLC <sub>2</sub>	72.4	3.5	0.21	0.03	5.30	5.54	95
YU	65.1	4.2	0.16	0.15	3.28	3.59	85
YL	64.9	3.6	0.14	0.17	3.52	3.83	85
YC <sub>2</sub>	64.9	3.7	0.20	0.08	4.07	4.35	85
YLC <sub>1</sub>	65.5	3.6	0.20	0.08	4.26	4.54	90
YLC <sub>2</sub>	64.6	3.5	0.17	0.09	4.38	4.64	85

サイレージ発酵を左右する主要な要因は、材料草の水分含量、WSC含量およびLBCである。オオムギは糊熟期に入ると水分含量が70%前後に低下し(Table 57)、サイレージ調製の適水分域(安宅 1979)になる。いっぽう、WSC含量は乳熟期、糊熟期、黄熟期でも高くなった。藤井の報告(1978)によるとオオムギのWSC含量は出穂期11.1%、乳熟期16.8%、糊熟期12.8%、黄熟期5.4%であったとし、WSC含量の高い出穂期から糊熟期サイレージで品質は良質であったとしている。また、MacGregor and Edwards(1968)はオオムギの生育ステージ別サイレージを調製し、炭水化物と発酵品質の関係を検討した結果、出穂期から水熟期、乳熟期とステージの進行に伴って炭水化物が増加する結果、サイレージの品質は直線的に向上したとしている。すなわち、乳熟期サイレージのpHは4.10、乳酸含量は乾物中6.18%で酪酸含量は痕跡程度であり、品質は極めて良好であったとしている。糊熟期では炭水化物は低下し、サイレージのpHは4.52で乳酸含量が3.35%に低下したとしている。サイレージ調製にあたっては、8%以上のWSC含量があれば、材料草の水分含量に関わりなく良好な発酵が行われ、良質サイレージの調製が可能であるとされている(Smith 1962)。したがって、本試験のサイレージ品質が優れていた理由は、乳熟期、糊熟期および黄熟期における材料草が適水分域であると同時に良好な発酵を促進するための十分なWSCを含有していたことによるものであると考えられる。

いっぽう、本試験の結果ではオオムギサイレージは乳酸含量が高く、旺盛な乳酸発酵が行われたにもかかわらず、乳熟期サイレージ

と糊熟期サイレージのpHは4.5、4.4とやや高く、酪酸が認められた。この理由はオオムギはLBCが高いことや、オオムギの茎稈は粗剛でストロー状（中空）であるために詰め込みにあたって締りが悪く、空気の排除が不十分となりやすいことなどが原因していると考えられる。したがって、オオムギサイレージを調製するにあたっては切断長を短くし、埋草密度を高めると同時に密封にとくに注意する必要がある。

いっぽう、糊熟期、黄熟期ともに乳酸菌剤およびセルラーゼの添加によってサイレージのpHは至適範囲を示し、サイレージの発酵品質が改善された。熊井ら(1988)はイタリアンライグラスを供試して、乳酸菌剤の添加が詰込後のpHおよび微生物相に及ぼす影響について検討した結果、乳酸菌剤の添加による埋草後のpH値の急速な低下で不良菌の増殖が抑制され、サイレージの発酵品質を高めるとしている。また、野ら(1992)、小川ら(1992)、荒ら(1992)および大桃ら(1992)はアクレモニウムセルラーゼの添加によってサイレージのpHが低下し有機酸組成が改善されるとしている。また、大桃(1993)はイタリアンライグラスを供試し、アクレモニウムセルラーゼの作用によるサイレージ中の遊離糖を質的、量的側面から検討し、主な生成糖はブドウ糖で、少量のアラビノース、キシロースが存在したとしている。また、アクレモニウムセルラーゼを水分含量70%の牧草に乾物当たり0.036%作用させたときの遊離還元糖は牧草原物当たりイタリアンライグラスで3~4%、アルファルファで2~3%であるとしている。これらのことから、本試験において乳酸菌剤添加区とアクレモニウムセルラーゼ添加区のサイレージの発酵品質が改善したのは、乳酸菌剤添加区では添加乳酸菌による乳酸生成量の増加

か。また、アクレモニウムセルラーゼ添加区では糖含量の増加が乳酸菌の活動を一層高めたためであると思われる。オオムギサイレージは黄熟期刈りを除いてサイレージのpHが至適pH域よりやや高かった。したがって、長期貯蔵の場合には、酪酸菌の増殖による品質の劣化が懸念されるので、乳酸菌剤あるいはセルラーゼなどの添加が望ましいと考えられる。

#### 第4節 オオムギサイレージの飼料価

第3節においてオオムギサイレージは乳酸含量が高く、サイレージ発酵品質が優れていることを明らかにした。そこで、本節ではオオムギサイレージの飼料価について検討した。

#### 試 験 方 法

第3節のサイレージを供試して消化試験を実施した。消化試験は1試験区に3～5才の去勢シバヤギ4頭を配置し、予備試験7日、本試験7日間の全糞採取法で実施した。サイレージの給与は残飼のない程度を日量（乾物重で体重の1.8%）とし、朝・夕2回に等分して給与した。サイレージおよび糞の一般成分分析は常法によって行った。

#### 試 験 結 果

オオムギサイレージの化学組成、消化率、可消化養分含量および可消化養分収量はTable 60に示すとおりである。サイレージの化学組成と登熟との関係は粗蛋白質と粗繊維含量は登熟が進むにつれて低下し、NFE含量が増加した。処理区との関係は糊熟期、黄熟期サイレージともに乳酸菌剤、セルラーゼ、セルラーゼ混用各添加区では無処理区に比べて粗繊維の含量が減少し、NFE含量が増加した。この傾向は乳酸菌剤区に比べてセルラーゼおよびセルラーゼ混用区が高かった。

Table 60. Effects of additives and wilting on chemical composition, digestibility, digestible nutrients and digestible nutrient yield of barley silages.

Silage	Chemical composition (DM %)					Digestibility (%)				Digestible nutrients (DM %)		Digestible nutrient yield (kg a <sup>-1</sup> )	
	Crude protein	Crude fat	Crude fiber	NFE	Crude ash	Crude protein	Crude fat	Crude fiber	NFE	DCP	TDN	DCP	TDN
MU	11.7	3.4	35.8	39.7	9.4	74	87	60	58	8.7	59.8(100)	9.5	65.2
MW	10.9	2.2	33.9	43.6	9.4	74	81	61	64	8.1	60.7(102)	8.8	66.2
DU	7.5	2.3	31.0	49.4	9.8	54	70	58	66	4.1	58.3(100)	5.1	72.9
DL	7.4	2.4	29.5	51.4	9.3	54	66	56	69	4.0	59.6(102)	5.0	77.0
DC <sub>2</sub>	7.4	2.4	25.8	54.8	9.6	57	83	55	72	4.2	62.4(107)	5.3	80.6
DLC <sub>1</sub>	7.1	2.3	26.4	55.2	9.0	58	66	54	71	4.1	61.0(105)	5.1	76.3
DLC <sub>2</sub>	7.1	2.6	25.5	55.5	9.3	57	85	55	72	4.1	63.0(108)	5.1	78.8
YU	7.0	2.3	22.4	60.2	8.1	58	77	43	74	4.1	62.2(100)	6.2	93.9
YL	6.7	2.4	21.6	61.0	8.3	60	75	45	74	4.0	62.9(101)	6.0	95.0
YC <sub>2</sub>	7.2	2.1	19.8	62.6	8.3	66	82	43	77	4.8	65.3(105)	7.2	98.6
YLC <sub>1</sub>	6.9	2.2	20.0	62.1	8.8	61	83	45	76	4.2	64.5(104)	6.3	97.4
YLC <sub>2</sub>	6.8	2.5	19.6	62.7	8.4	64	79	45	77	4.4	65.9(106)	6.6	99.5

Digestible nutrients yield were calculated by dry matter yield and digestible nutrients.

成分消化率と登熟期との関係は、粗蛋白質の消化率は乳熟期から糊熟期にかけて急速に低下したが、黄熟期ではわずかに高まった。粗繊維の消化率は登熟が進むにつれて低下したが、N F Eの消化率は逆に登熟につれて高くなった。各成分消化率と処理区との関係は、糊熟期、黄熟期ともにN F Eの消化率が乳酸菌剤、セルラーゼおよびセルラーゼ混用の各区で高くなった。その効果は乳酸菌剤区に比べてセルラーゼ添加区およびセルラーゼ混用区が高くなった。

可消化養分含量はD C P含量は乳熟期で8.7%、糊熟期および黄熟期ともに4.1%となり、乳熟期から糊熟期にかけてサイレージのD C P含量は急速に低下した。いっぽう、T D N含量は乳熟期、糊熟期および黄熟期でそれぞれ59.8%、58.3%および62.3%を示し、登熟期がT D N含量に及ぼす程度は小さかった。

可消化養分収量は、D C P収量は乳熟期 > 黄熟期 > 糊熟期の関係を示し、その値は $9.5 \text{ kg a}^{-1}$ 、 $6.2 \text{ kg a}^{-1}$ 、 $5.1 \text{ kg a}^{-1}$ であった。T D N収量は黄熟期 > 糊熟期 > 乳熟期の関係を示し、登熟が進むにつれて高くなった。

可消化養分含量と各処理との関係は、乳熟期サイレージでは予乾区と無処理区とではD C P、T D Nの含量および収量の差は少なかった。糊熟期および黄熟期サイレージの乳酸菌剤、セルラーゼおよびセルラーゼ混用の各添加区では無処理区に比べてサイレージのT D N含量およびT D N収量がともに高くなった。

## 考 察

オオムギサイレージのDCP含量は乳熟期で8.7%、糊熟期と黄熟期ではそれぞれ4.1%と低くなった。いっぽう、TDN含量は乳熟期で59.8%、糊熟期58.3%、黄熟期62.0%となり、登熟期別TDN含量の差は小さかった。このように、オオムギサイレージは乳熟期と糊熟期以降のサイレージとでは栄養比がかなり異なった。すなわち、乳熟期で5.9、糊熟期で13.2、黄熟期で14.1であった。藤井(1978)はオオムギサイレージの乳熟期、糊熟期および黄熟期のDCPとTDN含量はそれぞれ7.2%と65.4%、8.7%と71.2%および4.3%と58.1%であったとしている。また、倉持ら(1977)は乳熟期で7.8%と63.7%、糊熟期で5.7%と60.6%、糊熟後期で4.7%と60.6%および黄熟期～完熟期で3.4%と58.4%であったとしている。これらの結果と、本試験の結果とを比較すると、本試験の結果は藤井の結果に比べてTDN含量が低い傾向が認められた。この理由としては、本試験における材料草の収量に占める穂の割合が低かったことが原因していると思われる。前述したように、穂の割合は品種のほかに、栽培法によって異なる。したがって、高エネルギーサイレージを得るためには穂の割合の高い品種の選択や、穂の割合を高めるための栽培法の検討が必要である。いっぽう、箭原(1979)は高栄養サイレージを得るためにオオムギの高刈を行い茎葉割合を低くすることによってエネルギーの高いサイレージを調製することができたとしており、その飼料価はトウモロコシサイレージに匹敵する価値を有するとしている。本試験における刈株の高さは約10cmとしたが、さらに高刈をすることによってサイレージのTDN含量を高めることができるものと考

えられる。

いっぽう、本試験においてセルラーゼ添加区およびセルラーゼ混用区ではサイレージのTDN含量が高まったが、これは前述したように、セルラーゼ添加によって難消化性の繊維成分の一部が糖に酵素分解された結果、NFEの消化率が高まったためと考えられる。

本試験の結果が示すように、TDN含量およびTDN収量は黄熟期サイレージが最も高くなった。また、サイレージの発酵品質においても黄熟期が最も優れていた。このことから、オオムギサイレージの刈取は黄熟期が得策と考えられるが、オオムギサイレージを乳牛や肉牛に給与した場合には、登熟が進むと子実が不消化のまま排泄されることが知られている。小川ら(1974)はオオムギを未乾燥穀実のまま貯蔵したものを乳牛に給与した結果、穀実の含水率が40%の場合でも38%もの未消化子実が排泄されたとしている。いっぽう、鷹野ら(1976)はオオムギの器官別含水率と登熟との関係について調査した結果、穂は糊熟期を過ぎると水分含量が40%に減少している。以上の知見から、牛に黄熟期刈オオムギサイレージを給与した場合には、未消化子実が排泄されることが予測される。したがって、牛にオオムギサイレージを給与するにあたっては子実の硬化があまり進まない軟糊熟期から硬糊熟期までの刈取りが適しているものと考えられる。

## 第 5 節 摘 要

本研究は暖地におけるオオムギホールクロップサイレージの適正利用を図るために二条オオムギを供試して、各登熟期における生育収量、サイレージ品質および飼料価について検討した。また、糊熟期と黄熟期について乳酸菌およびアクレモニウムセルラーゼの添加効果を検討した。得られた結果を要約すると以下のとおりである。

(1) 暖地におけるオオムギの生育は早熟で、4月中旬で乳熟期、下旬で糊熟期、5月上旬には黄熟期に達した。そのときの含水率はそれぞれ74%、72%、66%であった。いっぽう、乾物収量は乳熟期、糊熟期、黄熟期でそれぞれ $109 \text{ kg a}^{-1}$ 、 $125 \text{ kg a}^{-1}$ 、 $151 \text{ kg a}^{-1}$ を示し、その時の穂の構成比率はそれぞれ25%、31%、46%であった。

(2) オオムギサイレージは黄熟期刈りを除いてpHがやや高く、登熟期に関わりなく酪酸が多少認められたが乳酸含量が高く、フリーク評価ではいずれのサイレージも「優」と判定された。いっぽう、乳酸菌剤およびアクレモニウムセルラーゼの添加によってサイレージのpHは至適範囲となり、乳酸の生成量が高くなった。

(3) オオムギの乳熟期、糊熟期、黄熟期サイレージのDCPおよびTDN含量はそれぞれ8.7%および59.8%、4.1%および58.3%、4.1%および62.2%であった。また、セルラーゼ添加区サイレージは無処理区に比べてTDN含量およびTDN収量が高かった。

(4) オオムギホールクロップサイレージの刈取期について検討した結果、乳牛や肉牛に対する給与の場合、子実の硬化があまり進まない糊熟期が適するものと考えられる。

## 第 8 章 総 括

本研究は、暖地における飼料生産基盤の拡大と強化を図るために、トウモロコシ、ソルガム、水稲、ハトムギ、ミレット類およびオオムギを供試して、ホールクroppサイレージ利用を前提としたそれらの栽培技術ならびにサイレージ利用に関する一連の研究を実施した。得られた成果を要約すると以下のとおりである。

第 1 章では、わが国における草地畜産の現状と問題点および粗飼料生産基盤が脆弱な暖地の粗飼料生産と大家畜に対する飼料の給与形態について概説した。さらに、ホールクroppサイレージ用作物の栽培・利用における技術開発の必要性について論考した。

第 2 章では、これまでトウモロコシホールクroppサイレージに関する研究は主として寒地において進められてきたが、これまで暖地におけるこの面の研究は殆どなかった。そこで暖地産トウモロコシサイレージの飼料特性を明らかにするために、サイレージ用トウモロコシの生育収量、サイレージ品質および飼料価について検討した。また、水田転換畑におけるトウモロコシの安定生産を図るために、トウモロコシの耐湿性の品種間差異についても検討した。

すなわち、晩生品種は早生品種に比べて乾物収量と雌穂割合がともに高いことを明らかにした。また、トウモロコシサイレージの発酵品質、飼料価についても、晩生品種が早生品種より優れていた。生育期間が短い北海道ではトウモロコシサイレージは相対熟度が大きい品種ほど TDN 含量が低下するとされていたが、暖地のサイレージでは早晩性によるサイレージの発酵品質、飼料価ともに差がないことを明らかにした。5 葉期と 8 葉期とに湛水処理を行い、サイ

レージ用トウモロコシの生育収量に及ぼす影響を検討した結果、晩生品種群は総じて耐湿性を示したが、早生品種群は耐湿性に欠けるものが多かった。また、日本育成品種や東南アジアの栽培品種は耐湿性を示すものが多かった。これらの結果から、湿害が懸念される水田転換畑に適する耐湿性品種育種の可能性が示唆された。つぎに *in vitro* 法による乾物消化試験の結果、湛水処理はトウモロコシサイレージの乾物消化率に影響を及ぼさないことを明らかにした。

第3章においては、暖地での基幹草種であるサイレージ用ソルガムの生理・生態的特性、サイレージの発酵品質および飼料価を明らかにして、ホールクロップサイレージ利用における適品種について考察した。また、ソルガムサイレージの刈取適期についても論議した。すなわち、ソルガム品種は播種期に関わりなく稈長、主稈葉数がほぼ一定のタイプ（定常型）と主稈葉数、稈長、出穂日数が播種期によって著しく変動するタイプ（変動型）に分類できることを明らかにした。また、稈中の単少糖含量の多少によってソルガムを糖蜜型品種と非糖蜜型品種とに分類し、前者は稈の消化性が優れ、ホールクロップサイレージに適することを明らかにした。また、ソルガム稈の単少糖含量はブリックス糖度から容易に推定できることを明らかにするとともに、両者の一次回帰式からソルガム稈の単少糖含量を推定した。ソルガムの器官別乾物消化率は穂、葉、稈の順に高く、ホールクロップ利用における穂の重要性が認められた。これらのことから、サイレージ用ソルガムは糖蜜型で、しかも穂の割合の高い品種が飼料的に優れていると結論した。ソルガムホールクロップサイレージを調製して、そのフリーク評価と緬羊による消化試験を実施した結果、ソルガムサイレージの発酵品質は総じて高かつ

たが、非糖蜜型品種で調製したサイレージは品質的に劣った。また、サイレージのTDN含量は品種間差が顕著に認められ、糖蜜型品種に属し、かつ穂の割合の高いサイレージが最も高く、65%前後を示し、トウモロコシホールクロップサイレージのそれにほぼ匹敵した。さらに、登熟期別ソルガムホールクロップサイレージを調製し、緬羊と乳牛を供試した消化試験を行った結果、乳牛は硬糊熟期サイレージから未消化子実が排泄されたが、緬羊では未消化子実はすべての登熟期サイレージにおいて認められなかった。その結果、硬糊熟期および成熟期サイレージにおいては、緬羊によるTDN含量は乳牛によるそれより高く評価されたので、牛に適用するホールクロップサイレージの飼料価を緬羊によって求めることは適切でないと考えられた。登熟期別ソルガムサイレージの消化試験の結果から、サイレージ用ソルガムは軟糊熟期が刈取適期であることを明らかにした。

第4章では、サイレージ用稲の刈取り時期ならびにホールクロップサイレージ利用の適品種について検討した。すなわち、金南風を供試して登熟ステージ別、予乾処理および糖蜜飼料添加サイレージを調製し、サイレージの品質評価と緬羊による消化試験を実施した結果から、糊熟期以降、水稻サイレージの品質は安定し、しかもTDN含量およびTDN収量が高まることを明らかにした。また、外国稲4品種と日本稲2品種を供試してその生育収量、サイレージ品質および飼料価について比較を行ない、日本稲は外国稲に比して短稈で耐倒伏性に優れ、かつ乾物率や乾物収量もやや高いことを明らかにした。さらに、ホールクロップサイレージについても日本稲が品質、可消化養分収量がともに高い結果が得られた。以上の結果、

暖地における水稻のホールクロップサイレージ利用には、日本稲品種が外国稲品種より適するものと結論した。

第5章では、ハトムギの水田栽培に着目し、その生育収量、サイレージ品質および飼料価について試験を行い、ホールクロップサイレージ用作物としての適応性について検討した。すなわち、ハトムギを乾田状態で播種し、5～6葉期以後、間断灌溉によって栽培した。その結果、ハトムギの生育は極めて旺盛で、多収性を発揮し、2回刈りが可能なことを明らかにした。つぎに、登熟期別青刈ハトムギサイレージを調製し発酵品質と飼料価を検討した結果、発酵品質は乳熟期が優れ、乳熟期サイレージの飼料価はDCP含量6.4%、TDN含量53.3%が得られ、ソルガムサイレージと同等の飼料価を有していた。これらの結果、ハトムギは水田用の飼料作物として有望であり、ホールクロップサイレージ作物として十分利用できるものと考えられる。

第6章では、四国地域に遺存するミレット類の旺盛な生育に着目し、その生育収量、サイレージ品質および飼料価について検討した。すなわち、キビ、ヒエ、アワについては、肥培管理を十分に行えば、短期間にいずれも高い乾物生産力を発揮することを明らかにした。また、サイレージの発酵品質はキビが最も高く、ついでアワ、ヒエの順であった。これらのサイレージのDCP含量は6.1～7.4%と総じて高く、TDN含量は53～54%の範囲で三者間で差がなく、その飼料価はソルガムサイレージと同等か、それよりやや劣った。これらの結果から、キビはホールクロップ用作物として適するが、アワはサイレージの発酵品質が劣るので、サイレージ用として利用するよりは、むしろ夏の好天を利用して乾草として利用する方が適当と

考えられる。いっぽう、ヒエはサイレージ品質が劣るのでサイレージ利用よりは生草利用が適するものと考えられる。

第7章では、暖地におけるオオムギホールクロップサイレージの適正利用を図るために登熟期別の生育収量、サイレージの発酵品質および飼料価について検討した。また、同時に糊熟期および黄熟期のオオムギサイレージ材料草についてセルラーゼおよび乳酸菌の添加効果も検討した結果、オオムギは生育が早く、4月下旬に糊熟期に達し、ホールクロップサイレージに適することを明らかにした。オオムギの乾物収量は糊熟期で $125 \text{ kg a}^{-1}$ 、黄熟期で $151 \text{ kg a}^{-1}$ に達し、イタリアンライグラスに優る高い収量性を示した。オオムギホールクロップサイレージのpHは黄熟期を除いてやや高く、有機酸組成は酪酸がわずかに認められたものの、乳酸含量が高く、フリーク評価は「優」と判定された。いっぽう、セルラーゼおよび乳酸菌剤添加によってオオムギサイレージのpHは4.2以下の至適範囲を示し、サイレージの発酵品質を改善した。オオムギホールクロップサイレージの登熟期別のDCP含量とTDN含量はそれぞれ乳熟期で8.7%と60%、糊熟期4.1%と58%、黄熟期4.1%と62%であった。また、セルラーゼ添加サイレージは無処理サイレージに比べてTDN含量が明らかに高かった。オオムギホールクロップの刈取期について検討した結果、TDN含量、TDN収量およびサイレージ品質がともに高い硬糊熟期から黄熟期が適期と考えられる。

## 謝 辞

本研究を進めるにあたり、愛媛大学農学部教授、熊井清雄博士には終始懇切丁寧なご指導と激励、並びに本稿のとりまとめに多大のご助言とご校閲を賜った。また、香川大学農学部教授一色 泰博士、高知大学農学部教授、楠田理一博士、葛西孫三郎博士、愛媛大学農学部教授、上堂秀一郎博士にはご校閲を戴いた。

本研究の実施と取りまとめにあたり、愛媛大学農学部研究生、服部育男博士を始め、愛媛大学農学部畜産学および草地学研究室の学生諸氏には多大のご協力とご援助を受けた。また、本研究の実施に際し、農水省北陸農業試験場からは外国稲種子、雪印種苗株式会社からは多くの種子と乳酸菌製剤、明治製菓株式会社からはセルラーゼの提供を受けた。

ここに、上記の方々に衷心より感謝の意を捧げる次第である。

引用文献

- 阿部 林・高橋英伍 (1982): 飼料作物および牧草の生育時期別飼料価値, 第IX オオクサキビの飼料価値変化について, 畜産の研究, 36, 1389-1391.
- 阿部広雄 (1962a): 飼料作物栽培法, 養賢堂, 東京, pp. 112-117.
- 阿部広雄 (1962b): 飼料作物栽培法, 養賢堂, 東京, pp. 118-123.
- 阿部 亮 (1975): 牛用飼料の栄養価評価法, 畜試年報, 14, 143-155.
- 阿部 亮 (1979): トウモロコシ・サイレージの飼料価値, 畜産の研究, 33, 751-757.
- 阿部 亮・名久井 忠・櫛引英男・石栗敏機・岩崎 薫・早川政市・仲野博之 (1975): どうもろこしの品種・刈取時期とどうもろこしサイレージの栄養価について, 日草誌, 21, 291-299.
- 阿部 亮・名久井 忠・櫛引英男・岩崎 薫・早川政市・仲野博之 (1977): どうもろこし早生品種「ヘイゲンワセ」の生育にともなう飼料価値の変化, 日草誌, 23, 77-83.
- 阿部 亮・岩崎 薫・篠田 満 (1984): 反芻家畜による飼料の消化試験 - トウモロコシ子実の粉碎粒度と乳牛, 緬羊による成分消化率, TDN含量との関係 -, 日畜会報, 55, 755-759.
- Adams, R. S. and Guss, S. B. (1965): Silogass and Nitrateage poisoning. *Feedstuffs*, Dec. 4, 2-44.
- 相井孝允 (1972): ソルゴ-の利用について, 第2報 青刈ソルゴ-

の組織別化学組成と組織別の消化の難易について.

日草誌, 18, 95-102.

Anthony, W. B., Harris, R. R., Brown, V. L., Boseck, J. K.  
and Mayton, E. L. (1962): Availability of grain in  
sorghum silage. *J. Animal Sci.*, 21, 987 (Abstr.).

青田精一・渡辺好昭・石田良作 (1985): 低湿重粘土水田の転換畑に  
おける飼料作物の生育特性, 1. 転換初期における生育・  
収量の品種間差. 日草誌, 30, 389-395.

青田精一・渡辺好昭・石田良作 (1986): 低湿重粘土水田の転換畑に  
おける飼料作物の生育特性, 3 転換初期におけるトウ  
モロコシの無機養分吸収. 日草誌, 31, 413-419.

荒 智・小林純子・芳賀まさ子・大宮正博・久保田義正・林 孝  
彦・滝沢登志雄 (1992): セルラーゼ添加とサイレージの  
品質. 日草誌, 38(別), 255-256.

安宅一夫 (1979): サイレージの基礎. 農林技術大系 畜産編 7  
飼料作物, 養賢堂, 東京, pp. 基礎編 85-108.

Barnet, A. T. G. (1954): *Silage Fermentation* (1st Ed.).  
Butterworths, Scientific Publication, London,  
pp. 78-97.

Browning, C. B. and Lusk, J. W. (1967): Effect of stage of  
maturity at harvest on nutritive value of combine  
-type grain sorghum. *J. Dairy Sci.*, 50, 81-85.

Chaudhary, T. N., V. K. Bhatnagar and S. S. Prihar (1975):  
Corn yield and nutrient uptake as affected by  
water-table depth and soil submergence. *Agron. J.*,

67, 745-749.

Cummins, D. G. (1971): Relationships between tannin content and forage digestibility sorghum. *Agron. J.*, 63, 500-502.

江原 薫 (1958a): 飼料作物下巻. 養賢堂, 東京, pp. 362-366.

江原 薫 (1958b): 飼料作物下巻. 養賢堂, 東京, pp. 375-376.

江原 薫 (1979): 飼料作物大要. 養賢堂, 東京, pp. 248-251.

Elitz, R. W. and P. J. Vandemark (1959): Fructose dissimilation by *Lactobacillus brevis*. *J. Bact.*, 79, 763-776.

藤井潤三 (1978): オオムギホールクロップサイレージ—その調製法と発酵品質—. 畜産の研究, 32, 1132-1134

藤田米一・木村健治 (1976): 飼料用稲の栽培と二期作の可能性. 農業および園芸, 51, 872-876.

福見良平・熊井清雄 (1977): 四国山間地帯に遺存する雑穀類の飼料作物としての利用に関する研究, (1): 西谷シロビエの生育・収量ならびに化学組成. 畜産の研究, 31, 896-898.

福見良平・熊井清雄・丹比邦保 (1979): 登熟ステージ別水稻サイレージの品質並びに飼料価値. 畜産の研究, 33, 997-999.

福見良平・熊井清雄・丹比邦保 (1982): 飼料用稲の粗飼料生産と栄養価, 1 粗飼料生産, サイレージ品質及びサイレージと乾草の飼料価値における日本稲と外国稲との差異. 愛媛大学農学部紀要, 27, 25-36.

福見良平・熊井清雄・丹比邦保 (1983a): サイレージ用ソルガムの

栽培ならびに利用に関する研究, 1 収量と化学組成におけるサイレージ用ソルガムとサイレージ用トウモロコシとの比較. 日草誌, 29 (別), 231-232.

福見良平・熊井清雄・丹比邦保 (1983b): サイレージ用ソルガムの栽培ならびに利用に関する研究, 2 サイレージの品質とその飼料価値におけるソルガムとトウモロコシの比較. 日草誌, 29 (別), 233-234.

福見良平・熊井清雄・平岡 清・丹比邦保 (1986): 水田転換畑のコロンブスグラス, スーダングラス, パールミレット及びヒエ類の収量性並びに飼料価値. 畜産の研究, 40, 835-838.

古本 史・鬼塚逸夫・鳥山 恭 (1980): 青刈稲(乾草): の飼料価値. 近畿中国農研, 60, 26-29.

古沢典夫 他 (1976a): 雑穀の取り入れ方とつくり方. 農文協, 東京, pp. 104-114.

古沢典夫 他 (1976b): 雑穀の取り入れ方とつくり方. 農文協, 東京, pp. 115-125.

Goto, M., A. Nisijima, T. Goto and O. Morita (1987): Palatability and chemical composition of sorghum (*Sorghum bicolor* Monench) forage. *J. Japan. Grassl. Sci.*, 33, 246-255.

Goto, M., O. Morita, Y. Yotani, Y. Ito, N. Sakamoto and S. Tanigawa (1990): Voluntary intake, digestibility, rumen VFA concentration and milk production of dairy cattle fed on foggage or silage of sorghum

(*Sorghum bicolor* Monench). *J. Japan. Grassl. Sci.*,  
36, 154-161.

Gutierrez, G. G., Schake, L. M. and Byers, F. M. (1982):

Whole plant grain sorghum silage processing and  
lasalocid effects on stocker calf performance and  
rumen fermentation. *J. Animal Sci.*, 54, 863-868.

Harris, H. B., D. G. Cummins and R. E. Barns (1970): Tannin

content and digestibility of sorghum grain as  
influenced by bagging. *Agron. J.*, 62, 633-635.

服部育男 (1994): サイレージの有機酸発酵ならびに好気的変敗の制  
御に関する研究. (学位論文) pp.9-22.

Heath, E. C., J. Hurwitz, B. L. Horecker and A. Ginsburg

(1958): Pentose fermentation by *Lactobacillus*  
*plantarum*. 1 The cleavage of xylulose 5-phosphate  
by phosphoketolase. *J. Biol. Chem.*, 231, 1009-  
1029.

Helm, E. R. and Leighton, R. E. (1960): Relationship of

stage of maturity at harvest to feeding value of  
sorghum silage for dairy cow. *J. Dairy Sci.*, 43,  
868-872.

堀内悦夫 (1968): 青刈トウモロコシ栽培の省力化に関する試験

(第1報) イタリアンライグラス跡地における全層播栽培.  
愛媛大学農学部農場報告, 1, 33-39.

堀内幸次・沢野定憲・安江多輔 (1976): 在来禾穀類における生育特

性と栽培様式との対応に関する研究, 第1報 岐阜県下に

おける地理的分布と栽培立地ならびに発芽と温度との関係。日作紀，45，607-615。

星川清親（1980）：新編食用作物。養賢堂，東京，pp.251-276。

飯田克己・高橋保夫（1968）：イネおよびノビエの青刈飼料化に関する研究。第4報 イネの青刈・実取兼用栽培における施肥量と播種密度および品種。日作紀，38(別1)：，97-98。

飯田克己（1970）：イネおよびノビエの青刈飼料化に関する研究，第5報 水稻の青刈・実取兼用栽培における播種期と青刈方法および玄米の品質。日作紀，39(別1)，71-72。

飯田克己・高橋保夫（1976）：イネの青刈飼料化栽培に関する研究。農事試研報，24，57-93。

飯田克実（1981a）：サイレージ用トウモロコシの安定・多収栽培。畜産の研究，35，530-536。

飯田克実（1981b）：飼料作物の高位安定生産のための生育特性，V トウモロコシとソルガムの品種・系統の耐湿性。日草誌，27(別)，125-126。

飯田克実（1981c）：トウモロコシの栽培技術。農業技術大系 畜産編 7 飼料作物，農山漁村文化協会，東京，基礎編320 pp。

石栗敏機（1972）：粗飼料の飼料価値の査定に関する研究。第3報 青刈とうもろこしサイレージの品質改善と飼料価値査定に関する研究。新得畜試研報，3，1-12。

石栗敏機（1974）：熟期別トウモロコシ「交4号」サイレージの飼料価値。日草誌，20，92-98。

石栗敏樹（1982）：寒地型イネ科牧草のデタージェント法による化学成分と消化率および可消化量との関連。日草誌，28，

104-110.

- 石田喜久雄 (1981): ハトムギ・つくり方と利用. 農漁村文化協会, 東京, pp. 1-136.
- 石田喜久雄・氏平洋二 (1982a): ハトムギ品種の特性調査. 農業及び園芸, 57, 467-468.
- 石田喜久雄・氏平洋二 (1982b): ハトムギの水管理法. (1) 直播ハトムギの入水時期と生育収量. 農業技術, 37, 222-223.
- 伊藤昌光・本田太陽 (1977): 稲の青刈栽培に関する研究, 無湛水・湿潤条件下における稲の青刈栽培. 日草誌, 23(別), 245-246.
- 伊藤昌光・高橋 均・高屋武彦 (1978): 稲の青刈栽培に関する研究, 2 回刈用外国稲品種の刈取時繁茂度と再生との関係. 日草誌, 24(別), 85-86.
- 伊藤昌光・高橋 均・高屋武彦 (1979): 稲の青刈栽培に関する研究, 外国稲品種の生育特性と収量との関係. 日草誌, 25(別), 219-220.
- 井上直人・袖山栄次・西牧 清・中村茂文 (1989): 飼料用トウモロコシ交雑種における茎葉部の消化性の品種間差異. 日草誌, 35, 50-60.
- 井上直人・山本藤生 (1992): トウモロコシ子実の消化性に関する品種間差異の解析 -  $\alpha$ -アミラーゼによる消化性とルーメン内消失率及び成分との関係 -. 日草誌, 37, 397-404.
- 伊沢凡人 (1966): 薬草全科. 家の光協会, 東京, pp. 111.
- 和泉康史・渡部 寛・岡本全弘・裏 悦次・福井孝作・曾根章夫 (1976a): 異なる品種のとうもろこしサイレージとチモシ

ーサイレージの産乳価値の比較. 日畜会報, 47, 418-422.

和泉康史・裏悦次・岡本全弘・渡部寛・福井孝作・曾根章夫  
(1976b): 熟期の異なるとうもろこしサイレージと一番および二番刈オーチャードグラス, ラジノクローバーサイレージの産乳価値の比較. 日畜会報, 47, 537-542.

門馬栄秀 (1990): サイレージ用とうもろこしの品種とその利用.  
畜産の研究, 44, 1173-1180.

亀岡暄一 (1980): 米の飼料価値と給与上の留意点. 畜産コンサルタント, 181, 24-26.

神崎優 (1957): 耐湿性の強いハトムギの飼料的栽培法.  
畜産の研究, 11, 1353-1356.

加藤善二・矢嶋良大 (1972): 青刈飼料としてのヒエの栽培.  
畜産の研究, 27, 1013-1017.

川合通資 (1984): 中国稲仙ならびに日本稲幼植物の生育解析に関する研究. 愛媛大学農学部紀要, 29, 1-53.

川本康博・増田泰久・五斗一郎 (1982): 青刈ソルゴーと混播栽培に適するマメ科草種の検討. 日草誌, 28, 284-291.

川本康博・増田泰久・五斗一郎 (1983): ソルガムと青刈大豆との混作栽培におけるソルガムの生長. 日草誌, 29, 196-203.

川本康博・増田泰久・五斗一郎 (1987a): 青刈ソルガムと青刈大豆との混作栽培における競争関係と収量に及ぼす密度効果.  
日草誌, 32, 348-353.

川本康博・増田泰久・五斗一郎 (1987b): 青刈ソルガムと青刈大豆との混作栽培における窒素施肥が乾物生産, 窒素吸収及

- び根粒菌活性に及ぼす影響。日草誌，33，1-7.
- 川本康博・増田泰久・五斗一郎（1987c）：青刈ソルガムと青刈大豆との混作栽培における播種日の違いが生長と競争関係に及ぼす影響。日草誌，33，293-295.
- 川関 巖（1976a）：ソルガム・サイレージの利用技術とその改善  
（1）ソルガムサイレージの利用性向上に関する実用化技術研究の成果。畜産の研究，30，66-70.
- 川関 巖（1976b）：ソルガム・サイレージの利用技術とその改善  
（2）ソルガムサイレージの利用性向上に関する実用化技術研究の成果。畜産の研究，30，307-311.
- 木部久衛（1973）：糖蜜添加ならびに排気処理が生ワラサイレージの品質におよぼす影響。日草誌，19，101-106.
- 木島浩三・室賀利正（1965）：イタリアンライグラスの多収栽培に関する研究。四国農試報告，12，1-30.
- 木下東三（1978）：イタリアンライグラスの品種と栽培・利用。  
農業技術，33，111-114.
- 北村四郎・村田 源・小山鉄夫（1964）：原色日本植物図鑑。  
保育社，大阪，388 pp.
- 小林作衛・信田守雄・滝沢吉朗・辻 勝治・高橋文夫・加藤和男  
（1972）：栽培ヒエ主体の転換畑飼料作物の栽培と利用。  
農業技術，27，266-268.
- 熊井清雄・佐藤 亨・野田 博・丹比邦保（1978）：本邦産イネ科野草類の光合成速度の種間差。畜産の研究，32，53-54.
- 熊井清雄・福見良平・丹比邦保（1979）：愛媛県下における水稲サイレージの品質並びに化学組成に関する調査。

日畜関西支部報, 82, 24.

熊井清雄・福見良平・丹比邦保 (1983): サイレージ用ソルガムの栽培ならびに利用に関する研究, III ソルガムとトウモロコシにおける器官別の化学組成とその人工消化率, 日草誌, 29(別), 235-236.

熊井清雄・福見良平・丹比邦保 (1984a): サイレージ用ソルガムの栽培ならびに利用に関する研究, V ソルガム程の乾物消化率に及ぼす A D F, 単少糖, 全炭水化物ならびにリグニンと珪酸の影響, 日草誌, 30(別), 243-244.

熊井清雄・福見良平・丹比邦保 (1984b): サイレージ用ソルガムの栽培ならびに利用に関する研究, VI ソルガムサイレージ材料草の圧砕処理がサイレージ品質ならびに飼料価値に及ぼす影響, 日草誌, 30(別), 245-246.

Kumai, S., R. Fukumi and K. Taji (1985): Effect of mono-oligo saccharides and lignin on the digestibility in sorghum and corn culm. *Proc. XVth Int. Grasses Congr.*, 1012-1014.

熊井清雄・木村徹也・福見良平・丹比邦保 (1988): ホモ型乳酸菌添加がサイレージの発酵品質並びに微生物相に及ぼす影響, 日草誌, 34(別), 159-160.

熊井清雄・福見良平・高須浩司・丹比邦保 (1989a): トウモロコシおよびソルガムの耐湿性におけるサイレージ用トウモロコシおよびソルガム幼植物の品種間差異, 畜産の研究, 43, 1385-1388.

熊井清雄・服部育男・福見良平・Lyndon F. Quinitio・丹比邦保

(1989b): サイレージ用適草種の選定に関する研究. サイレージの発酵品質に及ぼす乳酸緩衝能(Lactic Buffer Capacity):と可溶性炭水化物の影響. 日草誌, 35(別), 89-90.

倉持益三・米本貞夫・三井安磨 (1977): オオムギホールクロップサイレージの刈取時期別品質と消化率. 日草誌, 23(別), 123-124.

櫛引英男 (1979a): 寒冷地におけるサイレージ用トウモロコシの原料生産特性と早晩性品種の配合に関する研究 I 早晩性品種群の経時的生産特性と地帯別の品種群配合. 日草誌, 25, 128-135.

櫛引英男 (1979b): 寒冷地におけるサイレージ用トウモロコシの原料生産特性と早晩性品種の配合に関する研究 II 早晩性品種群の収量および原料品質に及ぼす栽培密度の影響. 日草誌, 25, 136-143.

櫛引英男 (1979c): 寒冷地におけるサイレージ用トウモロコシの原料生産特性と早晩性品種の配合に関する研究 III 各種積算温度の一定性並びに品種群の必要温度. 日草誌, 25, 144-149.

櫛引英男 (1979d): 寒冷地におけるサイレージ用トウモロコシの原料生産特性と早晩性品種の配合に関する研究 IV 地域区分と品種配合. 日草誌, 26, 7-13.

櫛引英男 (1979e): 寒冷地におけるサイレージ用トウモロコシの原料生産特性と早晩性品種の配合に関する研究 V 単純積算温度有効性の根拠. 日草誌, 26, 14-18.

- 櫛引英男・名久井 忠・仲野博之・早川政市・岩崎 薫・阿部 亮  
(1980): 寒冷地におけるサイレージ用トウモロコシの原料生産特性と早晩性品種の配合に関する研究 VI 早晩性品種サイレージの飼料価値. 日草誌, 26, 19-25.
- 櫛引英男・榎崎 昇・安宅一夫・仲野博之・桑畑昭吉 (1981a): サイレージ用トウモロコシ原料の部位別生産特性に関する研究 VII 品種および栽培法の差が雌穂と茎葉の相互関係に及ぼす影響. 日草誌, 27, 31-37.
- 櫛引英男・榎崎 昇・安宅一夫・仲野博之・桑畑昭吉・榎木茂彦  
(1981b): サイレージ用トウモロコシ原料の部位別生産特性に関する研究 II 登熟期間の異なる品種における乾物重および栄養収量と茎葉乾物率の関係. 日草誌, 27, 38-44.
- Lyndon F. Quinitio, K. Taji and S. Kumai (1989): Feeding value and starch digestibility in paddy rice silage at the milk and the dough Stage. *Jpn. J. Zootech. Sci.*, 61, 663-665.
- MacGregor, A. W. and Edwards, R. A. (1968): Ensilage of whole crop barley. II Composition a barley and barley silage at different stage of growth. *J. Sci. Fd. Agric.*, 19, 661-666.
- 牧野富太郎 (1969a): 新日本植物図鑑. 北隆館, 東京, 739 pp.
- 牧野富太郎 (1969b): 新日本植物図鑑. 北隆館, 東京, 756 pp.
- Marten, G. C., Goodrich, R. D., Schmid, A. R., Meiske, J. C., Jordan, R. M. and Linn, J. G. (1975): Evaluation of

laboratory methods for determining quality of  
corn and sorghum silage, chemical methods for  
predicting *in vivo* digestibility. *Agron. J.*,  
67, 247-251.

正岡淑邦・高野信雄 (1980): 飼料作物の消化率に関する研究 I ソ  
ルガムの栽植密度と飼料品質の関係. 日草誌, 26,  
179-184.

正岡淑邦・高野信雄 (1985): 飼料作物の消化率に関する研究 II 分  
げつ数を異にするソルガム(センダチとヒロミドリ)の細  
胞壁消化におよぼす栽植密度の影響. 日草誌, 31,  
117-122.

松井英太郎・辻 誠之・檜尾卓彦・渡辺明喜 (1972): 野生植物なら  
びに未利用栽培種の飼料化に関する研究. 岡山酪試報,  
10, 199-202.

松井英太郎・辻 誠之・檜尾卓彦・石井敏夫 (1974): 野生植物なら  
びに未利用栽培種の飼料化に関する研究. 岡山酪試報,  
11, 191-202.

松川 勲・谷村吉光・寺西 了・番場宏治 (1983): 大豆の耐湿性に  
関する研究 - 湛水条件下における品種間差異 -.  
北海道立農試集報, 49, 32-40.

松岡匡一 (1969): 四国地方の在来種作物とその分布, - (5) ショク  
ビエ -. 農業技術, 24, 65-67.

松浦正宏 (1990): ソルガムの品種とその利用 - 最近の牧草・飼料作  
物の品種とその利用 (5) -. 畜産の研究, 44,  
1181-1189.

McDonald, P. (1981): The Biochemistry of silage. John Wiley and sons, New York, pp. 22-27.

Meyer, J. H. and G. P. Lofgreen (1959): Evaluation of alfalfa hay by chemical analyses. *J. Anim. Sci.*, 18, 1233-1242.

三秋 尚・近藤政美・大園 泉・田中重行・川村 修 (1981a): ソルガムサイレージの利用性向上に関する研究. 第1報 ソルガムサイレージとトウモロコシサイレージの発酵的品質の比較. 宮崎大農学部報告, 25, 257-264.

三秋 尚・田中重行・川村 修 (1981b): ソルガムサイレージの利用性向上に関する研究. 第2報 ソルゴーサイレージとトウモロコシサイレージの飼料価値の比較. 宮崎大農学部報告, 28, 269-277.

三秋 尚・田中重行・川村 修・田中利治・古谷晴信・大橋富美男・山内 清・芳賀聖一・浜川秀正・片山英美・三角 守 (1989): トウモロコシサイレージとソルガムサイレージの産乳性の比較. 日畜会報, 60, 127-132.

宮城悦生 (1984): ネピアグラス (*Pennisetum Purpureum* Schumch) の生産性および飼料価値に関する研究 4 刈取間隔が生産におよぼす影響. 日草誌, 29, 322-330.

森本 宏 監修 (1971a): 動物栄養試験法. 養賢堂, 東京, pp. 351-352.

森本 宏 監修 (1971b): 動物栄養試験法. 養賢堂, 東京, pp. 422-424.

森本 宏 監修 (1971c): 動物栄養試験法. 養賢堂, 東京,

pp. 284-286.

森本 宏 監修 (1971d): 動物栄養試験法. 養賢堂, 東京,

pp. 419-421.

森本 宏 監修 (1971e): 動物栄養試験法. 養賢堂, 東京,

pp. 338-339.

森本 宏 監修 (1971f): 動物栄養試験法. 養賢堂, 東京,

pp. 319-320.

森本 宏 監修 (1971g): 動物栄養試験法. 養賢堂, 東京,

pp. 280-298.

森本 宏 監修 (1971h): 動物栄養試験法. 養賢堂, 東京,

pp. 303-304.

森本 宏 監修 (1971i): 動物栄養試験法. 養賢堂, 東京,

pp. 194-210.

向山新一・須藤正夫・篠原兼義・杉山源吾 (1977): 水田裏作における飼料用オオムギのホールクロップ栽培と普及. 日草誌, 23(別), 121-122.

向山新一 (1979): 飼料用ムギの栽培技術. 農林技術大系. 畜産編 7 飼料作物. 養賢堂, 東京, pp. 基礎編 421-435.

村上道夫 (1964): 本邦産 *Coix* 属植物の飼料作物化に関する育種学的研究. (学位論文) pp. 1-207.

Murata, Y. and J. Iyami (1963): Studies on the Photosynthesis of Forage Crops. Influence of air-temperature upon the photosynthesis of some forage and grain crops. *Proc. Crop Sci. Soc. Japan*, 31, 315-322.

村田吉男 (1980a): C3, C4, CAM植物の分類と生産性.

農業技術, 35, 1-7.

村田吉男 (1980b): C3, C4, CAM植物の分類と生産性(2).

農業技術, 35, 49-55.

永井威三郎 (1953): 作物栽培各論, 第1巻, 養賢堂, 東京,

pp. 372-407.

中村功男 (1974): 青刈り稲の栽培と利用, 畜産コンサルタント,

140(5), 42-50.

中尾左助 (1974): 栽培植物と農耕の起源, 岩波書店, 東京,

88 pp.

名久井 忠・櫛引英男・阿部 亮・岩崎 薫・早川政市・中野博之

(1975a): どうもろこし「ヘイゲンワセ」「ホクユウ」の

サイレージとしての飼料価値, 日草誌, 21, 300-307.

名久井 忠・岩崎 薫・八幡林芳・阿部 亮 (1975b): 粗飼料の品

質査定に関する研究, 第2報 刈取期日及び刈取回次を異

にして調製したオチャードグラスの乾草とサイレージの

栄養価について, 北海道農試研報, 110, 35-44.

名久井 忠・阿部 量・岩崎 薫・早川政市 (1977): どうもろこし

サイレージの子実が牛糞中に排泄される割合, 日草誌,

23, 84-85.

名久井 忠・櫛引英男・岩崎 薫・早川政市 (1980): トウモロコシ

サイレージにおける早晩性品種の飼料価値, 栄養収量の

年次変動について, 北海道農試研報, 126, 149-162.

名久井 忠・櫛引英男・岩崎 薫・早川政市 (1981a): ホールクロ

ップ用トウモロコシの収穫適期の検討, 日草誌, 26,

412-417.

- 名久井 忠・岩崎 薫・早川政市 (1981b): トウモロコシホールク  
ロップサイレージの品種ならびに刈取時期が乳牛の未消  
化子実排泄に及ぼす影響. 日草誌, 27, 318-323.
- 名久井 忠・櫛引英男・岩崎 薫・早川政市・桑田昭吉・仲野博之  
・長谷川寿保 (1982a): 冷害年(1980):におけるトウモ  
ロコシサイレージの飼料価値ならびに栄養収量. 日草誌,  
28, 217-224.
- 名久井 忠・岩崎 薫・早川政市 (1982b): トウモロコシホールク  
ロップサイレージ給与における乳牛と羊の消化率の比較.  
日草誌, 28, 111-116.
- 西村修一 他 (1984): 飼料作物学. 文永堂, 東京, pp. 24-25.
- 野 英二・酒井晴子・義平大樹・安宅一夫 (1992): セルラーゼ添加  
が牧草サイレージの栄養価に及ぼす影響. 日草誌,  
38(別), 251-252.
- 野田昌治 (1974): 飼料用稲の品種と栽培. 農業および園芸, 49,  
758-762.
- 野田昌治・藤田米一・木村健治 (1975): 飼料用稲の品種と栽培に関  
する研究. 北陸農試報, 17, 111-118.
- 農林省熱帯農業研究センター熱帯農業技術叢書第9号 (1975a): 熱  
帯の有用植物. 農林統計協会, 東京, pp. 490-495.
- 農林省熱帯農業研究センター熱帯農業技術叢書第9号 (1975b): 熱  
帯の有用作物. 農林統計協会, 東京, pp. 496-498.
- 農林省熱帯農業研究センター熱帯農業技術叢書第9号 (1975c): 熱  
帯の有用作物. 農林統計協会, 東京, pp. 498-501.
- 農林省農林水産技術会議事務局監修 (1975a): 栽培植物分析測定法.

- 養賢堂，東京，pp. 141-142.
- 農林省農林水産技術会議事務局監修（1975b）：栽培植物分析測定法，  
養賢堂，東京，pp. 488-499.
- 農林水産技術会議編（1974a）：サイレージ研究の成果と展望，  
中央畜産会，東京，20 pp.
- 農林水産技術会議編（1974b）：サイレージ研究の成果と展望，  
中央畜産会，東京，56 pp.
- 農林水産省農林水産技術会議事務局編（1982）：日本飼料標準・乳牛  
（1974年版），中央畜産会，東京，pp. 29-30.
- 農林水産省農林水産技術会議事務局編（1991a）：日本標準飼料成分  
表（1987年版），中央畜産会，東京，pp. 42-47.
- 農林水産省農林水産技術会議事務局編（1991b）：日本標準飼料成分  
表（1987年版），中央畜産会，東京，pp. 48-49.
- 農林水産省畜産試験場（1981）新しい飼料分析とその応用，  
pp. 1-74.
- 農林水産省統計情報部（1993）：平成3年度作物統計，pp. 144-145.
- 大井次三郎（1978）：日本植物誌，至文堂，東京，pp. 19
- 小川増弘・阿部 林・高橋英伍（1974）：乳牛飼養における大麦の貯  
蔵利用－青刈および未成熟・未乾燥穀実の貯蔵と飼料価  
値，農試研報，29，171-193.
- 小川増弘・松崎正敏・滝澤静男（1992）：セルラーゼ添加が暖地型牧  
草サイレージ発酵品質及び消化率に及ぼす影響，日草誌，  
38(別)，253-254.
- 大桃定洋・田中 治・北本宏子・友田裕代・富永 滋・滝沢登志雄  
（1992）：アクレモニウムセルラーゼによるアルファル

ファサイレージの発酵品質改善. 日草誌, 38(別),  
257-258.

大桃定洋・中西載慶・徳田宏晴・河野敏明 (1993): 牧草に対するア  
クレモニウムセルラーゼの作用と糖類の遊離. 日草誌,  
39(別), 201-202.

大山嘉信・柗木茂彦 (1968): サイレージ発酵に影響する諸要因に関  
する研究, 1 可溶性炭水化物および蛋白質の含量がサイ  
レージの品質に及ぼす影響. 日畜会報, 39, 61-67.

Ohyama, Y., S. Masaki and T. Morichi (1973): Effect of  
temperature and glucose addition on the process of  
silage fermentation. *Jap. J. Zootech. Sci.*, 44,  
59-67.

Ohyama, Y. and S. Masaki (1974): Effects of ensilage  
temperature on silage fermentation, with special  
reference to the stage of the temperature  
treatment and soluble carbohydrate content of the  
material. *J. Zootech. Sci.*, 45, 419-423.

大山嘉信 (1979): サイレージの調製利用に関する最近の動向(1).  
畜産の研究, 32, 962-966.

Owen, F. G. (1967): Factors affecting nutritive value of  
corn and sorghum silage. *J. Dairy Sci.*, 50,  
404-416.

Phipps, R. H., A. B. McAllan and R. F. Weller (1984): The  
development of plant component in isogenic sterile  
and fertile forage maize and their effects on

carbohydrate composition, nutritive value, *in vivo* digestibility value and animal performance with fresh and ensiled crops. *J. Agric. Sci. Camb.*, 102, 443-453.

Quinby, J. R. (1967): The maturity gene of sorghum. *Advances in Agronomy*, 19, 267-305.

Ramsey, D. S., Lusk, J. W. and Merwine, N. C. (1951): Sweet sorghum silage harvest time studied. *Mississippi Agric. Experi. Sta. Inf. sheet*, 721-723.

Sahara, J., T. Sawada, M. Hidaka, I. Takeda and A. Abe (1979): Comparison of chemical composition and nutritive value in grain sorghum and other forage plants such as sweet sorghum, corn and Italian ryegrass. *J. Jap. Grassl. Sci.*, 24, 345-352.

桜井茂作 (1963): 農林水産技術会議事務局成果, 15, 165 pp.

佐々木高明 (1972a): 日本の焼畑. 古今書院, 東京, pp. 40-43.

佐々木高明 (1972b): 日本の焼畑. 古今書院, 東京, pp. 94-108.

佐々木高明 (1972c): 日本の焼畑. 古今書院, 東京, 425 pp.

佐竹義輔・大井次三郎・北村四郎・亘野俊次・富成忠夫編 (1982): 日本の野性植物 1. 平凡社, 東京, 90 pp.

佐藤政美・壇上広之・藤原喜四夫 (1971a): 水稻の青刈り飼料化と  
その実際(1). 畜産の研究, 25, 725-728.

佐藤政美・壇上広之・藤原喜四夫 (1971b): 水稻の青刈り飼料化と  
その実際(2). 畜産の研究, 25, 846-848.

Schmid, A. R., Goodrich, R. D., Jordan, R. M., Maren, G. C.

- and Meiske, J. C. (1976): Relationships among agronomic characteristics of corn and sorghum cultivars and silage quality. *Agron. J.*, 68, 403-406.
- Schmid, A. R., Goodrich, R. D., Marten, G. C., Meiske, J. C., Jordan, R. M. and Halgerson, J. L. (1975): Evaluation of laboratory methods for determining quality of corn and sorghum silage. Biological methods for predicting *in vivo* digestibility. *Agron. J.*, 67, 243-246.
- Smith, L. H. (1962): Theoretical carbohydrate requirement for alfalfa silage production. *Agron. J.*, 54, 291-293.
- Smith, B. K. and I. H. Hoover (1985): Whole-plant forage, grain, or non heading sorghum silage for growing cattle. *Cattle men's day*, 71-76.
- 須藤 浩 (1959): エンシレージ調製の理論と実際(10). 畜産の研究, 13, 891-894.
- 須藤 浩・内田仙二・筆保謙吾・奥島史朗 (1966): サイレージの調製法に関する研究 (第7報): サイレージ調製のトウモロコシの刈取適期. 日草誌, 12, 59-66.
- 須藤 浩 (1971a): サイレージと乾草. 養賢堂, 東京, pp. 8-17.
- 須藤 浩 (1971b): サイレージと乾草. 養賢堂, 東京, pp. 153-157.
- 高橋 均 (1974): ケイヌピエ種子の発芽生態とその栽培利用に関する

る研究. 農事試研報, 21, 161-210.

高橋保夫・飯田克実 (1963): イネおよびノビエの青刈飼料化に関する研究. 第1報 水稻の青刈と実取の兼用栽培および青刈専用栽培. 日作紀, 32, 190-194.

高橋保夫・飯田克実 (1965): イネおよびノビエの青刈飼料化に関する研究 第2報 畑およびかん水田におけるイネおよびノビエの青刈専用栽培. 日作紀, 33, 242-246.

丹比邦保・福見良平 (1971): 青刈水稻の飼料価値. 日草誌, 17, 213-214.

丹比邦保・福見良平・柿原秀文 (1973): 夏季生育する飼料作物と牧草の飼料価値 第2報 青刈とケイヌビエの飼料価値. 畜産の研究, 27, 799-800.

丹比邦保・熊井清雄・福見良平・堀内悦夫・栗原昭三・塚沢和憲 (1986): メン羊と肉牛による完熟モミの可消化性と不消化でん粉排泄. 愛媛大学農学部紀要, 31, 176-185.

丹比邦保・熊井清雄・福見良平・堀内悦夫・中原吉春・篠藤安一・安永圭介 (1988): 乳用牛飼料における水稻のホールクロップサイレージとソルガムホールクロップサイレージの消化性と不消化でん粉排泄. 愛媛大学農学部紀要, 32, 73-78.

高野信雄 (1967): コーンサイレージの品質改善と評価法に関する研究. 北農試報告, 70, 1-74.

高野信雄・佳山良正・川鍋祐夫 監修 (1989a): 粗飼料・草地ハンドブック. 養賢堂, 東京, pp. 13-19.

高野信雄・佳山良正・川鍋祐夫 監修 (1989b): 粗飼料・草地ハンド

ブック，養賢堂，東京，pp. 19-24.

田中 明・山口淳一・藤田耕之輔 (1969): トウモロコシの栄養生理学的研究 (第3報): 窒素施用量および栽植密度が乾物生産と子実収量に与える影響. 土肥誌, 40, 498-503.

樽本 勲 (1971): 青刈ソルガムの雑種強勢利用に関する育種学的研究. 中国農業試験場報告, 19, 21-138.

鷹野 保・三上 昇・山下良弘・山崎昭夫 (1976): ホールクロップ飼料の開発に関する研究. 第1報 麦類のホールクロップサイレージの品質と飼料価値. 北海道農試報, 113, 159-187.

戸刈義次・菅 六郎 (1968a): 食用作物. 養賢堂, 東京, pp. 296-305.

戸刈義次・菅 六郎 (1968b): 食用作物. 養賢堂, 東京, pp. 306-316.

戸刈義次・菅 六郎 (1968c): 食用作物. 養賢堂, 東京, pp. 329-331.

戸澤英男 (1981a): トウモロコシの栽培技術. 農山漁村文化協会, 東京, 44 pp.

戸澤英男 (1981b): トウモロコシの栽培技術. 農山漁村文化協会, 東京, pp. 65-66.

戸澤英男 (1981c): トウモロコシの栽培技術. 農山漁村文化協会, 東京, pp. 89.

戸澤英男 (1981d): トウモロコシの栽培技術. 農山漁村文化協会, 東京, pp. 85-86.

戸澤英男 (1981e): トウモロコシの栽培技術. 農山漁村文化協会,

東京, pp. 161-174.

戸澤英男 (1981f): トウモロコシの栽培技術, 農山漁村文化協会,

東京, pp. 14-15.

戸澤英男 (1981g): トウモロコシの栽培技術, 農山漁村文化協会,

東京, pp. 29-30.

戸澤英男 (1981h): トウモロコシの栽培技術, 農山漁村文化協会,

東京, pp. 194-195.

戸澤英男 (1981i): トウモロコシの栽培技術, 農山漁村文化協会,

東京, pp. 基礎編301.

戸澤英男 (1985): 寒地におけるホールクロップサイレージ用トウモ

ロコシの安定多収への栽培改善と品種改良に関する研究,

道立十勝農試研報, 53, 1-129.

辻 誠之・和田信良・松井英太郎・水島嗣雄 (1971): 野草の飼料価

値に関する試験, 岡山酪試報, 9, 151-156.

辻 誠之・森 大二・三宅律太・岡田和明・小沢清一郎・田辺豊子

・水島嗣雄・檜尾卓彦・竹原 宏 (1975): 野生植物なら

びに未利用栽培種の飼料価値に関する研究, 岡山酪試報

12, 216-237

恒吉利彦 (1981): ソルガムサイレージ, 農業技術体系 畜産編 7,

飼料作物, 養賢堂, 東京, pp. 基礎編513-519.

Tyrrel, H. F. and Moe, P. W. (1975): Production efficiency

in the high producing cow. *J. Dairy Sci.*, 58,

1151-1163.

上田 允・大石登志雄・川口俊春 (1981): 西南暖地におけるサイレ

ージ用トウモロコシの生産と利用技術(1), 畜産の研究,

35, 541-547.

Van Soest, P. J. and L. P. Tones (1968): Effect of silica in forage upon digestibility. *J. Dairy Sci.*, 51, 1644-1648.

Ward, G. and Smith, E. F. (1968): Nutritive value of sorghum silage influenced by grain content. *J. Dairy Sci.*, 51, 1471-1473.

Wilson, G. F., Adeeb, N. N. and Campling, R. C. (1972): The apparent digestibility of maize grain when given in various physical forms to adult sheep and cattle. *J. Agric. Sci.*, 80, 259-267.

藪野友三郎 (1975): ヒエ属植物の分類と地理的分布. 雑草研究, 20, 97-104.

箭原信男 (1979): オオムギホールクロップサイレージ. 農林技術大系 畜産編 7 飼料作物, 養賢堂, 東京, pp. 基礎編 505-512.

箭原信男・高井慎二・沼川武雄 (1980b): 水稲ホールクロップサイレージの調製利用に関する研究. 東北農試研報, 63, 151-159.

八幡林芳・名久井 忠・岩崎 薫・浅野昭三 (1970): 十勝地方における「とうもろこし」サイレージの品質と乳牛の飼養効果. 北農, 37(9), 22-30.

安江多輔・後藤貴雄・加藤善二・川瀬岩夫 (1974): 栽培ヒエの青刈利用に関する研究 II 播種期生育および収量との関係. 岐阜大農研報, 36, 1-8.

吉田 條二・星野雅男・中村亮八郎 (1980): 青刈イネのサイージ調製.

日草誌, 26(別), 279-280.

吉田 條二・白井三夫・中村亮八郎 (1981): ハトムギサイレージの

飼料価値. 日草誌, 27(別), 153-154.

## Summary

The improvements of productivity of grassland and the efficiency in utilization of the produced forage are earnestly needed. This study was undertaken with the view to encourage forage production in warm-temperate zone through improvements of cultivation and ensiling techniques and estimation of nutritive value using corn, sorghum, paddy rice, Job's tear, millets and two-rowed barley as whole crop silage, which are suitable for cultivation in the warmer areas of Japan. The results summarized are as follows:

At first, the present situation and subject of dairy husbandry and beef industry in Japan have mainly been described. Livestock farms are limited in arable land in warmer districts of Japan. Author point out that the problems regarding forage production and reasonable making and feeding system of whole crop silages have come to occupy an important position. The practical method for utilization of forage and the ensiling technique for whole crop silage have also been discussed.

There are limited studies on corn silage in warm temperate areas, although much have been done in cool temperate regions. Therefore studies were carried out to determine a characteristic of corn (Zea mays L.) produced under warmer-temperate conditions with reference to growth, yield, silage fermentation quality and feeding value. Wet endurance differences among varieties were also investigated from the view point of production stability of corn in fields converted from paddy field. The results obtained are as follows:

Late-season corn varieties had higher dry matter yield and rate of ear production than the early-season varieties. Consequently, the former varieties had relatively superior fermentation quality and

feeding value of silage to the latter. No significant differences in fermentation quality and feeding value of silage were obtained among two tured type, although it is known that the relatively late matured types had lower TDN content in Hokkaido area where the growing period is shorter. Differential wet endurance was found among the varieties. Generally, the late varieties had more wet endurance than the early varieties when flooded at 5 and 8 leaf stages. The varieties of Japanese and South-east Asian origins had greater wet endurance. Therefore varieties such as most suitable for cultivation in fields converted from paddy fields were suggested. Flooding treatment had no effect on DM digestibility determined by in vitro method.

Sorghum (Sorghum bicolor Moench) is a promising forage species for warm-temperate area but unlike cool-temperate area, limited information is available on its eco-physiological characteristics, production potential, fermentation quality and feeding value of the silages. The objectives of this study were: to determine the eco-physiological characteristics, production potential, fermentation quality and feeding value of silage, the optimum stage of harvesting which leads to maximum digested net energy per hectare. The results obtained are as follows:

The silage can be divided into two main groups on the basis of plant morphology (changes in the length and leaf number per stalk) in relation to planting date: in the first group (unchanged types) changes in the leaf length and leaf number per stem are not apparently influenced by planting date, however the second group (change type) comprised of those genotypes whose leaf length and number per stem vary according to the planting date. From the view point of mono-oligo saccharides content of the stem, sorghums were separated into two types: the sugary and non-sugary types. The former type is most

suitable for making whole crop silage because the stalks contain much sugar as fermentation substrate. Regression equations were derived to predict the mono-oligo saccharides content of sorghum stalk from the Brix sugar rate. In terms of the DM digestibility, sorghum parts were ranked as follows: ear > leaf > stalk. These results showed that ear development imparts favorable ensiling characteristics and plays an important role in the use of sorghum as whole crop silage. Thus, genotypes with high sugar content and ear production are most suitable for making silage from the view point of nutrient value.

The results of fermentation quality of whole crop sorghum silages and digestion trials using sheep, showed that with the exception of the non-sugar type sorghums, the fermentation quality of sorghum silage tend to be high. The TDN content varies with cultivar, cultivar with high sugar content and high rate of ear production had the highest (65 %) value, being almost the same as that of whole crop corn silage. Digestion trials of sorghum silages ensiled at different growth stages were carried out using sheep and dairy cattle. Dairy cattle could not totally digest the grain, especially many indigestible grains were found in sorghum silage ensiled at the hard-dough stage. On the other hand, in sheep this was not observed with any of silages made at the different growth stages of sorghum. As the digestive capability of these two animals differ, estimation of the nutritive value of whole crop silage determined through digestion trials using sheep are not reliable for the estimation those of cattle, because the TDN content of sorghum silages made at the hard-dough and ripe stages of sheep were higher than those of dairy cattle. The results showed that the soft-dough stage was most suitable stage for cutting sorghum intended for sorghum silage.

Studies were conducted to determine the species of paddy rice (Oryza sativa L.) most suitable for making whole crop silage. The growth, yield, fermentation quality and nutritive value of silages made from two indigenous species and four exotic species were examined. The lodging resistance of indigenous varieties was much better than that of exotic types. The DM content and DM yield of indigenous varieties tend to be higher than those of the exotic varieties. Furthermore, the fermentation quality and nutritive value of the silages made from the indigenous were better than those of exotic varieties. Therefore, the indigenous varieties were more suitable for making whole crop silage in warm-temperate areas.

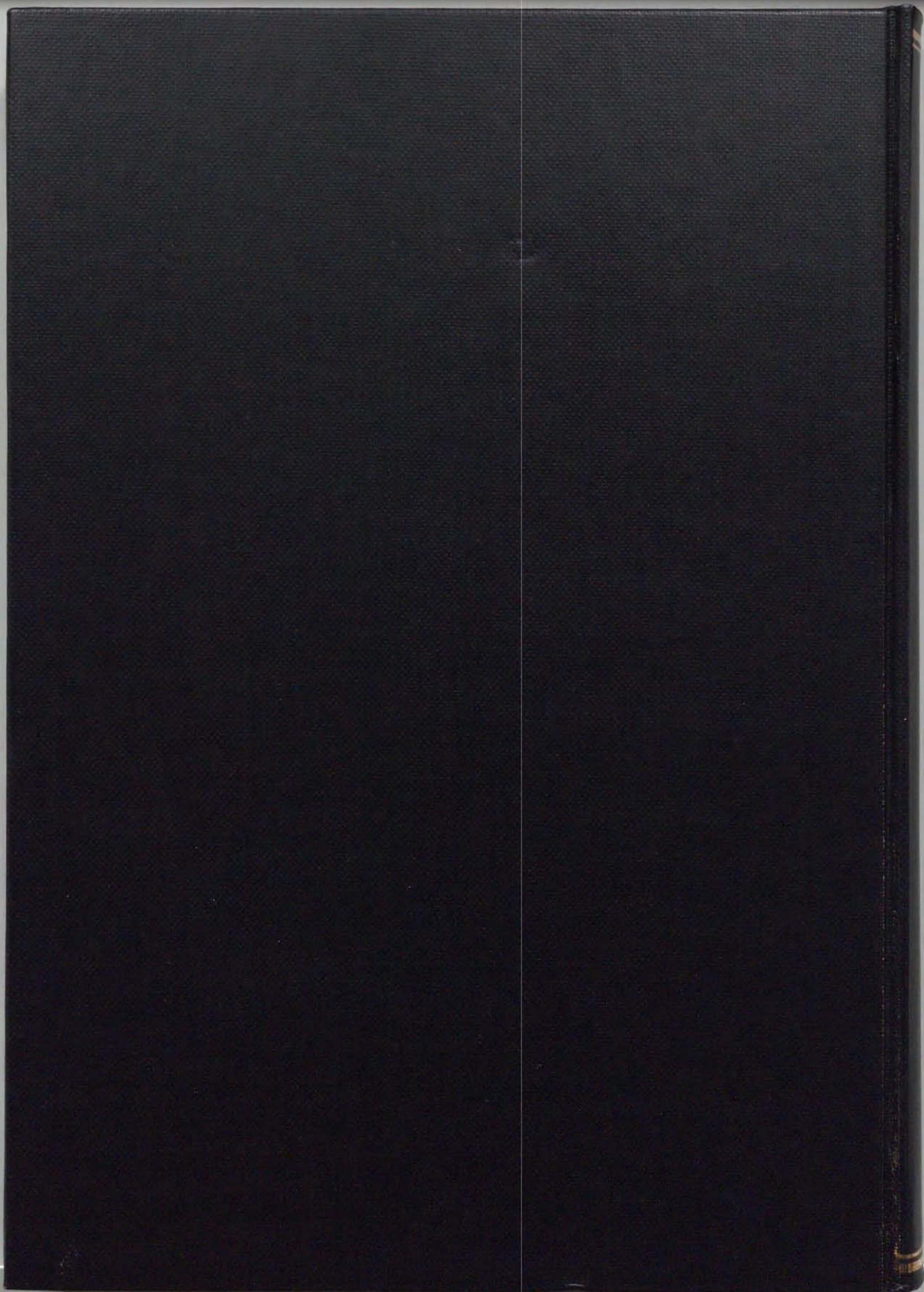
The suitability of Job's tear millet (Coix lacryma-jobi L.) for the preparation of whole crop silage was examined because it could be grown at paddy field. Job's tear millet was sown in a well-drained paddy field and intermittently irrigated after Job's tear millet reached the 5 to 6 leaf stage. Job's tear millet produced satisfactory yield and even good aftermath growth was possible. To determine the most suitable time of harvesting to optimise both yield and silage quality, studies on the effects of growth stage on the ensiling characteristics of Job's tear were initiated. Ensiling at milk stage produced silages with the best of fermentation quality. At the milk stage, the DCP and TDN contents of Job's tear millet silages were 6.4 % and 53.3 %, respectively. These values are similar to those of sorghum silage. It was concluded that Job's tear millet was suitable forage species for cultivation in paddy fields and could be satisfactorily ensiled as whole crop.

The ensilability of whole crop millets which originated from Shikoku area were evaluated. Common millet (Panicum miliaceum L.), barnyard millet (Echinochloa utilis Ohwi et. Yabuno, Bems.) and

Italian millet (Seteria italica Beauv.) produced higher DM yield within a short period of time under good management practices. The fermentation quality of common millet was higher than the others, Italian millet was ranked second to common millet. The DCP content of the silages made from these crop were high (6.1 to 7.4 %). The TDN content (53 to 54 %) was not significantly different among the silages and was either the same or lower than that of sorghum silage. Common millet was considered the most suitable species for making whole crop silage, whereas Italian millet would be better for hay because its fermentation quality was relatively poor. Barnyard millet would be better for use as green forage.

The yield, fermentation quality, and nutritive value of two-rowed barley (Hordeum distichum L.) influenced by the growth stage were assessed. Furthermore, the effect of cellulase or lactic acid bacteria additives on the fermentation quality of dough or ripe stages of two-rowed barley silage was determined. Two-rowed barley grew so fast that it reached the dough stage by the end of April. Consequently, it is suitable for making whole crop silage. The DM yield of two-rowed barley at the dough and ripe stages were  $125\text{kg a}^{-1}$  and  $151\text{kg a}^{-1}$ , respectively, similar to that of Italian ryegrass. The pH of two-rowed barley silage was high, with the exception of the silage made at ripe stage. Although the content of butyric acid was small, the Flieg's score of these silages indicated that the fermentation quality was 'excellent' due to the high lactic acid content. Lactic acid bacteria and cellulase treatments improved fermentation quality of silage and reduced the pH value to 4.2. The DCP and TDN contents of the two-rowed barley silages ensiled at milk, dough and ripe stages of growth were 8.7 and 60.0, 4.1 and 58, and 4.1 and 62 %, respectively. Cellulase treatment improved TDN

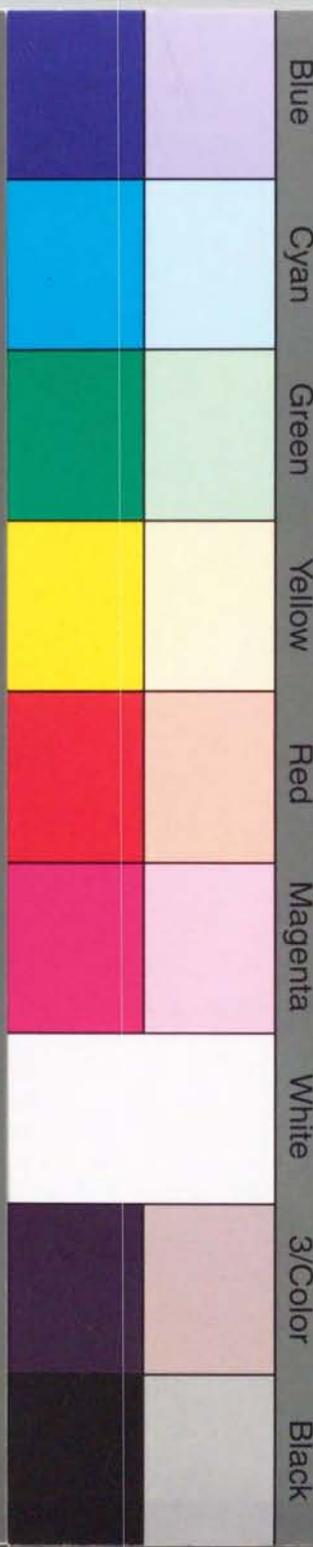
content of silage. Hard-dough and ripe stages of two-rowed barley were most suitable for ensiling as a whole crop silage because these stages were associated with high TDN content, TDN yield and fermentation quality of silage.



inches  
1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19  
cm

# Kodak Color Control Patches

© Kodak, 2007 TM: Kodak



# Kodak Gray Scale



© Kodak, 2007 TM: Kodak

**A** 1 2 3 4 5 6 **M** 8 9 10 11 12 13 14 15 **B** 17 18 19

