飼料成分から見たエンバク(Avena sativa L.)品種の変異性評価

誌名	日本草地学会誌
ISSN	04475933
著者名	細谷,肇 三井,安麿 堀田,正樹 高梨,勝
発行元	日本草地学会
巻/号	43巻4号
掲載ページ	p. 474-481
発行年月	1998年1月

農林水産省 農林水産技術会議事務局筑波産学連携支援センター
Tsukuba Business-Academia Cooperation Support Center, Agriculture, Forestry and Fisheries Research Council Secretariat

Grassland Science 43 (4) : 474-481 (1998)

飼料成分から見たエンバク（*Avena sativa* L.）品種の変異性評価

細谷　肇・三井安麿*・堀田正樹・高梨　勝**

千葉県畜産センター（289-11 千葉県八街市八街へ 16-1）
* 現在：千葉県農業大学校（283 千葉県東金市家之子 1059）
** 現在：千葉県農林部農業改良課（260 千葉県千葉市中央区市場町 1-1）
Chiba Prefectural Livestock Experiment Station, Yachimata, Chiba, 289-11 Japan
* Present address : Chiba Prefecture Agricultural College, Togane, Chiba, 283 Japan
** Present address : Chiba Prefecture Agriculture and Forestry Bureau, Agricultural Extension Division, Ichiba, Chiba, 260 Japan

受付日：1996 年 10 月 28 日/受理日：1997 年 10 月 20 日

Synopsis

Hajime Hosoya, Yasumaro Mitsui, Masaki Hotta and Masaru Takanashi (1998) : Evaluation of Variability in Forage oats (*Avena sativa* L.) Varieties in Regard to Feed Composition. *Grassland Science* 43, 474-481.

Sixteen forage oats (*Avena sativa* L.) varieties were evaluated at milk-ripe stage for 2 years. Forage samples were chemically analyzed by both of detergent- and enzymatic-Methods. Then, variability among variety groups was investigated in feed compositions and growth characters, using statistical analyses such as variance and cluster analysis.

Among 4 groups classified according to earliness, morphology and breeding object, extremely early maturing and medium maturing groups were found to be homogeneous in each feed composition and possessed individual feed property. Medium maturing thin-stem and late maturing groups showed comparatively large variation in feed composition. From these results, it is concluded that farmers should put much emphasis on the difference of feed composition among variety groups and not treat oats as a whole.

By regression analysis of all varieties tested, it was suggested that the fiber digestibility was high in the CP (crude protein) content-rich and ADL (acid detergent lignin)-poor varieties. The dry matter digestibility was high in the CP-rich, ADL-poor and NDF (neutral detergent fiber)-poor varieties.

Key words : Feed composition, Oats, Variability, Variety.

緒　　言

青刈・ホールクロップ用エンバクは 6 倍種（2n＝42）の普通型エンバク（*Avena sativa* L.）が栽培種の主体をなしており[6]，これらは耐湿性や耐酸性に優れ土壌に対する好悪が少ないため，生育の安定性が高い[11]。また，他のムギ類に比べ耐寒性が弱いものの，春播性が分級Ⅰ～Ⅲと高い品種が多く，多様な作付体系に適応し，飼料作物として重要な地位を占めている[12]。近年では，安定多収をねらって早播きしたサイレージ用トウモロコシの後作としての相性が良いことから，播性Ⅱクラスで早生系の市販品種が大幅に増え，暖地ではこれらの秋作栽培も増加している[12]。また，極めて茎が細いことから乾草生産に有利とされる品種も市販されるようになっている[12]。

一方，日本飼養標準・乳牛[21]や NRC 乳牛飼養標準[20]では各種の養分要求量が明示され，近年ではこれに対応して日本標準飼料成分表[22,23]にデタージェント法[5]による繊維成分含量が新たに掲載されるようになった。自給粗飼料についても収穫成績や生育特性のみならず，飼料成分等の品質評価を併せた飼料特性の把握が重要度を増している。

エンバクの飼料特性の評価は，品種[9,14]，生育期[9,13,14,16]，施肥水準[13,16]，部位[9]などの要因別に検討がなされている。しかし，前進に代表されるような古い品種に比べ，前記したような新しい品種は必ずしも充分に評価されていない[10]。日本標準飼料成分表ではエンバクとして一括して表示されていて品種間差に関する掲載はなく[23]，栽培利用の現場で品種特性の全体像が把握されたうえでエンバクが導入されているとは言い難い。

本報では，品種の市場性を重視して主要流通品種を供試し，デタージェント法や酵素法[2]等の反芻家畜による消化性に視点を置いた化学分析を実施した。その結果に基づき，エンバクの品種選定や家畜に対する飼料給与設計の一助とすべく，飼料成分を視野に入れた品種の変異性評価を行った。

材 料 と 方 法

1. 供試品種

市場性を重視し，流通量が多く種子が容易に入手できる市販 16 品種を取り上げた（表 1）。これらを 2 か年にわたって栽培し，試験に供した。

2. 栽培概要

作型は標準栽培[8]とし，千葉県八街市に位置する千葉県畜産センター内圃場（表層腐植質黒ボク土）において，1988 年 11 月 11 日と 1990 年 11 月 13 日に各品種とも 800 g/a を全面全層播きした。設置試験区は 1 品種につき 6.75 m² とした。施肥量は，基肥で厩肥 200 kg/a，化成三要素各 1 kg/a，苦土石灰 5 kg/a とした。刈取りおよび収穫調査は，いずれの品種

もホールクロップサイレージ利用を想定し，乳熟期[10]に実施した。

3. 分析用試料の調製

常法[7]により調製した。地際より約7 cmの高さで手刈りした新鮮試料を65℃の通風乾燥器内で72時間乾燥した後，風乾状態にして粉砕し，1 mmのふるいを通して分析に供した。

4. 化学分析

一般成分分析を常法[7]で，デタージェント分析および酵素分析を農林水産省畜産試験場研究資料[3]に準拠して行った。これにより，乾物率（percentage dry matter, DM）のほか，有機物（organic matter, OM），粗蛋白質（crude protein, CP），細胞内容物質有機物部分（organic cellular contents, OCC），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），酸性デタージェントリグニン（acid detergent lignin, ADL），ケイ酸（silica, SIL）等の主要成分を，乾物中の含量として定量した。ただし，水分の測定は135℃2時間乾燥法で，粗蛋白質はケルダール法で分析した[7]。また乳熟期の刈取りであるので，デタージェント分析および酵素分析では，澱粉に対して加熱による糊化とα-アミラーゼによる加水分解を行った[3]。なお，アクチナーゼ・セルラーゼ連続処理による乾物分解率（dry matter degradability, DMD），セルラーゼ処理によるCW分解率（cell wall degradability, CWD）を求め，これを*in vitro*による乾物あるいは繊維成分の消化率の指標とした[1,3,19]。

5. 品種の変異性の評価

早晩性や収穫成績，各飼料成分値について，統計量の算出，1元配置法による繰り返し数の異なる分散分析，さらにはクラスター分析[15]を実施し，複数の観点から品種の変異性の把握を試みた。クラスター分析における個体間・変量間の類似度は，ユークリッドの平方距離を用いた。また，回帰分析を行い，特定成分による乾物あるいは繊維の消化性の把握ならびに寄与の程度の解析を試みた。変数増減法による重回帰分析[15]は，Fin＝Fout＝2.0に固定した。

結　　果

1. 早晩性，形態，収量性

供試品種の個別の成績を表1に示した。早晩性を2か年の生育状況から見ると，早生，中生，晩生の3群に大別された。出穂期はそれぞれ5月上旬，5月中旬，5月末-6月初めであり，収穫した乳熟期に至るのはそれぞれ5月下旬，5月末-6月上旬，6月中旬であった。このうち早生品種は一般に極早生エンバクの呼称で市販されているものと一致したので，以下では極早生と表記する。中生品種には，形態的に極早生品種と区別のつかない普通のタイプと，茎葉が極めて細く小穂が小型で他と明確に違う形態を持つものとがあり，後者は乾草調製向きとして流通していた。以下では早晩性と形態から品種群を4区分とし，それぞれ極早生群，中生群（普通タイプのみ），中生細茎群，晩生群と呼称する。この分類による供試品種の内訳は，極早生群7品種，中生群4品種，中生細茎群2品種，晩生群3品種であった。

この品種群別の平均値，標準偏差，変異係数を表2にまとめた。供試2か年とも，基準温度を5℃[8]として算出した播種から出穂期に至るまでの有効積算温度は早晩性に合致して有意な差が認められ，また，刈取り時の草丈は晩生群が極早生群に比べ有意に高かった。以上の群間の相対的な関係は，年次によって大きな差異がなく供試2か年に共通の傾向として認められたが，乾物収量と乾物率は品種群間に差は認められなかった。一方，刈取り時の倒伏率は晩生ほど高い傾向があり，初年目（1989年収穫）は，晩生群が極早生群に比べ有意に高かった。2年目（1991年収穫）は，極早生群の収穫前に70 mmを越える降雨があったこと，中生群収穫直前に入梅となったこと等が重なり，全体的に倒伏が多発し，品種群間に有意な差は認められなかった。

1-5月の月平均気温は，供試初年目が6.3，5.5，7.8，13.7，16.3℃，2年目が3.9，4.6，7.7，13.6，16.8℃であり，初年目の1月と2月の気温が高く，3月以降は差がなかった。初年目は，極早生群のみ出穂が2年目より1週間早く，有効積算温度も100℃程度少なかった。一方，2年目は，各品種群とも草丈が高く，中生細茎群を除いて乾物収量も高かった。中生群の1品種（改良グレイオーツ）は，極早生群並に生育が早まった。

2. 飼料成分，消化性

化学分析で得られた各飼料成分，およびCWD, DMDの値を，表1には供試品種個別，表2には品種群別に示した。品種群間の相対的な関係を見ると，供試2か年に共通した傾向は明確には認められなかった。一方，2年分を込みにした延べ32品種についての変異係数が10%を越えたのはCP, OCC, ADL, SILおよびCWDであり，他は変異が比較的小さかった。全品種の変異係数と品種群別の変異係数を比較すると，極早生群はすべての成分について小さい値となっており，成分組成の均質性が高かった。中生群の変異係数も全品種の値と比べてADF, ADL以外は小さかった。しかし，中生細茎群と晩生群はほとんどの成分で大きな変異係数を示しており，品種群としての飼料成分の均質性は低かった。標準偏差で見ても同様であった。

表3には飼料成分間の相関関係を示したが，ADFはADLおよびOCCとの間に0.8を越える比較的高い相関があった。ADF以外の主要成分としてCP, OCC, NDF, ADLの4成分を変量として取り上げ，値を標準化してクラスター分析を実施し，年次別の樹形図を図1に示した。クラスター間の距離は群平均法により定義した。初年目，2年目とも約7の距離で，A, B, Cの3クラスターに大別された。クラスターAは極早生群を中心としたグループ，クラスターBは中生群を中心として4品種群が混在するグループ，クラスターCは晩生群を中心としたグループであった。初年目はクラスターAとB，2年目はクラスターBとCの距離が近いなど，クラスター間あるいは各品種間の距離関係は栽培年により違った。また，各クラスターに属する品種も固定されたわけでなく栽培年によって多少の変化が認められた。つまり，極早生群では初年目のベストエンバクおよび2年目のエンダックスとス

Table 1. Plant characteristics and chemical composition of oats varieties cut at milk-ripe stage.

Variety	(Group)[1]	Heading date	Cutting date	Plant length (cm)	Percentage dry matter (%)	Dry matter yield (kg/a)	Lodging (%)	Chemical composition (% of dry matter)[2]							Degradability (%)[2]	
								OM	CP	OCC	NDF	ADF	ADL	SIL	CWD	DMD
Cutting in 1989																
Early queen	(E)	May. 1	May. 24	132	19.6	97.0	0	91.3	9.0	20.3	65.7	39.7	5.4	2.2	19.2	40.9
Endakkus	(E)	May. 1	May. 24	134	20.4	98.9	0	91.5	9.6	22.5	64.0	38.3	5.2	2.5	18.5	41.9
Gokuwase-sprinter	(E)	May. 1	May. 24	128	21.0	72.5	0	91.7	9.0	23.8	62.4	37.5	5.4	2.4	18.2	42.6
Best-enbaku	(E)	May. 1	May. 24	124	20.2	81.8	0	91.3	10.3	24.0	61.3	37.6	5.9	2.8	19.0	43.3
West	(E)	May. 1	May. 24	125	20.0	77.0	0	91.7	10.1	22.1	64.4	38.7	5.6	2.3	18.9	41.6
Hayate	(E)	May. 1	May. 24	119	20.9	76.3	0	90.6	9.2	22.1	62.6	38.7	5.6	2.8	15.6	39.5
Speed swallow	(E)	May. 1	May. 24	123	19.5	88.7	0	91.6	10.1	21.9	64.4	39.2	5.6	2.3	17.1	40.3
Kairyo-greyoats	(M)	May. 15	May. 31	132	22.8	57.0	0	92.3	9.0	28.6	59.2	35.8	5.3	2.6	15.3	43.6
Kukiyutaka	(M)	May. 15	May. 31	140	20.2	127.3	20	92.6	10.0	28.3	60.1	36.6	6.2	1.9	16.0	44.4
Queen-enbaku	(M)	May. 15	May. 31	134	18.6	96.7	0	90.8	10.9	25.1	59.9	37.4	5.3	2.4	20.7	45.7
Swallow	(M)	May. 19	Jun. 5	124	21.1	122.4	25	92.2	10.2	28.5	56.6	36.1	5.9	2.2	18.2	46.0
Kansou-enbaku	(T)	May. 19	Jun. 5	135	19.5	131.6	10	91.0	11.0	24.8	61.1	39.2	6.2	2.4	18.3	43.7
Hay oats	(T)	May. 19	Jun. 5	147	23.6	122.7	20	92.3	9.9	29.4	58.8	36.8	6.5	2.5	12.5	42.8
Almighty	(L)	May. 29	Jun. 14	151	22.2	122.1	15	93.2	10.6	29.4	58.4	36.4	5.7	1.3	16.7	45.6
Akimasari	(L)	May. 29	Jun. 14	139	24.2	91.4	90	92.1	8.5	21.4	66.6	43.3	7.6	2.2	9.6	34.4
Haruaoba	(L)	Jun. 3	Jun. 20	160	20.2	86.4	95	91.3	9.1	21.3	64.9	42.0	7.4	2.5	11.0	35.4
Cutting in 1991																
Early queen	(E)	May. 7	May. 30	149	22.3	123.8	90	89.8	9.7	22.5	62.6	41.7	6.8	2.6	16.5	42.9
Endakkus	(E)	May. 7	May. 30	141	22.2	118.8	70	89.5	11.6	21.1	62.7	41.9	7.3	2.9	16.7	41.6
Gokuwase-sprinter	(E)	May. 7	May. 30	153	21.2	114.5	35	89.6	10.0	23.6	60.1	39.9	6.6	2.6	17.7	44.8
Best-enbaku	(E)	May. 7	May. 30	144	22.7	114.6	45	90.1	10.1	25.1	58.6	39.5	6.6	2.8	17.7	44.7
West	(E)	May. 7	May. 30	148	21.8	139.5	0	89.0	10.2	23.0	60.5	40.0	7.0	3.3	18.4	44.0
Hayate	(E)	May. 7	May. 30	142	22.1	105.0	45	90.2	9.7	24.5	59.5	39.4	7.1	2.8	18.2	44.4
Speed swallow	(E)	May. 7	May. 30	133	22.0	114.4	15	90.8	11.2	22.5	62.2	41.0	7.3	2.0	17.1	42.8
Kairyo-greyoats	(M)	May. 7	May. 30	150	20.9	105.5	5	90.8	10.1	23.7	61.8	41.0	6.8	2.7	19.9	44.4
Kukiyutaka	(M)	May. 17	Jun. 5	143	19.0	109.3	70	88.9	11.5	21.6	61.7	42.3	7.8	2.7	18.0	43.0
Queen-enbaku	(M)	May. 17	Jun. 5	143	19.3	144.8	30	89.2	10.7	23.2	61.1	41.4	7.5	3.0	16.8	43.0
Swallow	(M)	May. 17	Jun. 5	141	23.1	114.3	79	90.8	10.9	22.8	63.0	41.2	7.5	2.4	16.8	41.6
Kansou-enbaku	(T)	May. 17	Jun. 5	155	23.4	134.6	94	90.1	11.3	20.1	65.5	44.6	8.8	2.5	15.1	38.6
Hay oats	(T)	May. 17	Jun. 5	156	18.7	102.9	57	89.3	12.7	21.8	63.4	43.2	7.7	2.4	19.7	44.2
Almighty	(L)	May. 30	Jun. 14	160	21.9	112.8	80	87.0	12.9	21.8	60.3	41.1	7.1	2.6	19.6	45.9
Akimasari	(L)	May. 30	Jun. 14	149	24.7	143.3	75	87.9	10.6	19.5	63.8	44.4	7.7	2.8	15.2	40.4
Haruaoba	(L)	May. 30	Jun. 14	167	21.9	111.7	95	85.8	11.8	17.9	63.1	43.1	7.2	2.9	19.7	43.6

[1] (E) : Extremely early maturing group, (M) : Medium maturing group, (T) : Medium maturing thin-stem group, (L) : Late maturing group.

[2] OM : Organic matter, CP : Crude protein, OCC : Organic cellular contents, NDF : Neutral detergent fiber, ADF : Acid detergent fiber, ADL : Acid detergent lignin, SIL : Silica, CWD : *in vitro* Cell wall degradability, DMD : *in vitro* Dry matter degradability.

Table 2. Mean, standard deviation and coefficient of variation (%) about plant characteristics and chemical composition of variety groups of oats cut at milk-ripe stage.

Variety group	No. of variety		Effective heat unit summation[1] (℃)	Plant length (cm)	Percentage dry matter (%)	Dry matter yield (kg/a)	Lodging (%)	Chemical composition (% of dry matter)							Degradability (%)	
								OM	CP	OCC	NDF	ADF	ADL	SIL	CWD	DMD
Cutting in 1989																
Extremely early maturing	7	Mean	553[a]	126[a]	20.2	84.6	0[a]	91.4	9.6	22.4[a]	63.5[a]	38.5	5.5[a]	2.5	18.1[a]	41.4
Medium maturing	4	Mean	713[b]	133[a]	20.7	100.9	11[a]	92.0	10.0	27.6[b]	59.0[b]	36.5	5.7[ab]	2.3	17.6[ab]	44.9
Medium thin-stem	2	Mean	746[b]	141[ab]	21.6	127.2	15[ab]	91.7	10.5	27.1[ab]	60.0[ab]	38.0	6.4[ab]	2.5	15.4[ab]	43.3
Late maturing	3	Mean	892[c]	150[b]	22.2	100.0	67[b]	92.2	9.4	24.0[ab]	63.3[ab]	40.6	6.9[b]	2.0	12.4[b]	38.5
Cutting in 1991																
Extremely early maturing	7	Mean	646[a]	144[a]	22.0	118.7	43	89.9[a]	10.4	23.2[a]	60.9	40.5[a]	7.0[a]	2.7	17.5	43.6
Medium maturing	4	Mean	747[b]	144[ab]	20.6	118.5	46	89.9[a]	10.8	22.8[ab]	61.9	41.5[ab]	7.4[ab]	2.7	17.9	43.0
Medium thin-stem	2	Mean	781[b]	156[ab]	21.1	118.8	76	89.7[a]	12.0	20.9[ab]	64.5	43.9[b]	8.3[b]	2.5	17.4	41.4
Late maturing	3	Mean	949[c]	159[b]	22.8	122.6	83	86.9[b]	11.8	19.7[b]	62.4	42.9[ab]	7.3[ab]	2.8	18.2	43.3
Total of 2 years																
Extremely early maturing	14	Mean	600[a]	135[a]	21.1	101.6	21[a]	90.6	10.0	22.8	62.2[a]	39.5	6.2	2.6	17.8	42.5
		SD	48	11	1.1	20.4	30	0.9	0.7	1.3	2.0	1.4	0.8	0.3	1.1	1.6
		CV	8.1	8.0	5.1	20.1	142.2	1.0	7.4	5.8	3.3	3.4	12.5	13.1	5.9	3.9
Medium maturing	8	Mean	730[b]	138[ab]	20.6	109.7	29[ab]	91.0	10.4	25.2	60.4[b]	39.0	6.5	2.5	17.7	44.0
		SD	50	8	1.7	25.9	31	1.4	0.8	2.9	2.0	2.7	1.0	0.3	1.9	1.5
		CV	6.9	5.8	8.2	23.6	106.7	1.5	7.3	11.3	3.3	7.0	15.4	13.7	10.6	3.3
Medium thin-stem	4	Mean	763[b]	148[ab]	21.3	123.0	45[ab]	90.7	11.2	24.0	62.2[ab]	41.0	7.3	2.5	16.4	42.3
		SD	20	10	2.6	14.3	38	1.3	1.2	4.1	2.9	3.6	1.2	0.1	3.2	2.6
		CV	2.6	6.5	12.0	11.6	84.6	1.4	10.3	17.0	4.7	8.8	16.3	2.4	19.7	6.0
Late maturing	6	Mean	921[c]	154[b]	22.5	111.3	75[b]	89.6	10.6	21.9	62.9[ab]	41.7	7.1	2.4	15.3	40.9
		SD	40	10	1.7	20.8	30	3.0	1.6	4.0	3.0	2.8	0.7	0.6	4.3	5.0
		CV	4.3	6.5	7.4	18.7	40.7	3.4	15.5	18.1	4.8	6.8	10.3	24.5	27.9	12.3
All varieties	32	Mean	713	141	21.3	108.1	36	90.5	10.4	23.4	61.9	40.0	6.6	2.5	17.1	42.6
		SD	128	12	1.6	21.6	36	1.6	1.0	2.9	2.4	2.5	0.9	0.4	2.5	2.7
		CV	18.0	8.6	7.6	20.0	99.7	1.8	10.1	12.3	3.9	6.2	14.2	14.7	14.5	6.4

[1] From seeding to heading. 5℃ basis.

OM, CP, OCC, NDF, ADF, ADL, SIL, CWD and DMD : See Table 1.

Mean values followed by different letters in the same column of each year are significantly different (Scheffé's tests, $P<0.05$).

Table 3. Correlation coefficients among feed components of oats cut at milk-ripe stage.

Feed component[1)]	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)
(1) OM	—						
(2) CP	−0.617**	—					
(3) OCC	0.658**	−0.244	—				
(4) NDF	−0.121	−0.112	−0.792**	—			
(5) ADF	−0.666**	0.390*	−0.823**	0.630**	—		
(6) ADL	−0.543**	0.465**	−0.464**	0.270	0.847**	—	
(7) SIL	−0.635**	0.091	−0.406*	0.026	0.347	0.298	—

[1)] See Table 1.
*, **: Significant at 5% and 1% levels, respectively (n=32).

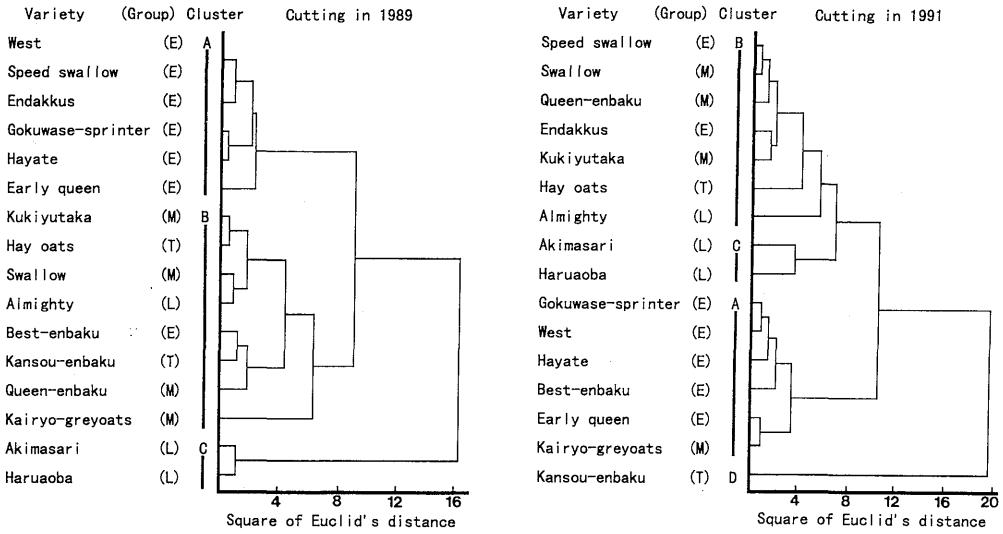

Fig. 1. Clustering of oats varieties at milk-ripe stage by feed components.
(E) : Extremely early maturing group, (M) : Medium maturing group, (T) : Medium thin-stem group, (L) : Late maturing group.
The distance is at about 7 among cluster A, B, C, D.
Note : Four explanatory variables were used ; CP, OCC, NDF and ADL (See Table 1).
Calculation was conducted by the group average method.

ピードスワローがクラスターBに，中生群では2年目の改良グレイオーツがクラスターAに，晩生群ではオールマイティが2か年ともクラスターBに分類された。また，中生細茎群に属する乾草エンバクは，2年目に1品種だけ3クラスターとは別個に分類された（クラスターD)。

表4，表5には，それぞれDMDとCWDを目的変量とする重回帰分析結果を示した。各飼料成分のうち変数増減法によって選択されたのは，DMDの場合がNDF，CP，ADL，DMの4変量，CWDの場合がCP，ADL，DM，OMの4変量であり，CP，ADL，DMが両者に共通して選択された。標準偏回帰係数は，DMDではNDF，CP，ADLの3成分が高く，これらを説明変量とした場合に0.9を越える重相関係数を得た。また，CWDではCP，ADLの2成分の標準偏回帰係数が高く，これにDMを加えた3成分を説明変量とした場合，0.8を越える重相関係数を得た。

考　　察

1. 生育特性と品種の変異性

市販されているエンバク品種に早晩性が存在することは一般に認知されているが，早晩性の表記の仕方が種子の販売元によって厳密に統一されておらず，栽培利用者が正しく把握しにくい状況にある。本試験では品種によって出穂期に至るのに1か月程度の差異が認められたことから，早晩性の正確な把握が栽培利用の現場で非常に重要となる。特にサイレージ用トウモロコシなどの夏作物を基幹とする条件下では，年間の作付体系における冬作物の相性として，品種の早晩性が第一義的な選択要因になる[4,18]。結果に示したとおり，播種から出穂期に至るまでの有効積算温度によって早生，中生，晩生に大別されたが，それぞれの変異係数が9%以下と小さいことからも，これらは適切な区分がなされていると思われる。極早生群は標準栽培で5月中の刈取りが可能な結果を得ており，若干の早刈りによって5月下旬-6月初めのトウモロコシ播種に対応できる品種群である。中生以降の品種は刈取

Table 4. Regression equations and correlation coefficients for estimating the *in vitro* dry matter degradability (DMD %) of oats with various feed components.

Multiple regression equation	Multiple correlation coefficient	Standard error of the estimate	Standard partial regression coefficients in order of the explanatory variables
(1) DMD=−0.73 NDF+1.56 CP−2.10 ADL+1.22 DM−25.99[1)]	0.939***	1.00	−0.64, 0.60, −0.72, 0.42
(2) DMD=−0.74 NDF+1.32 CP−1.00 ADL+81.30	0.909***	1.19	−0.65, 0.51, −0.34
(3) DMD=−1.11 ADF+1.92 CP+1.03 DM−27.85	0.834***	1.58	−1.00, 0.74, 0.35
(4) DMD=−0.87 NDF+0.87 CP+87.30	0.864***	1.42	−0.76, 0.33
(5) DMD=−0.81 ADF+1.84 CP+56.03	0.797***	1.70	−0.74, 0.71
(6) DMD=−0.91 NDF+98.93[2)]	−0.798***[3)]	1.67	

[1)] Calculation of equation (1) was conducted by the selecting variables method fixed at F=2.0.
[2)] Equation (6) is simple regression.
[3)] Coefficient (6) is simple correlation.
*** Significant at 0.1% level.
CP, NDF, ADF and ADL : See Table 1. These components are DM (dry matter) basis (%).
Note : Investigation was made for a total of 32 varieties cut in 1989 and 1991. All the varieties were at milk-ripe stage.

Table 5. Regression equations and correlation coefficients for estimating the *in vitro* cell wall degradability (CWD %) of oats with various feed components.

Multiple regression equation	Multiple correlation coefficient	Standard error of the estimate	Standard partial regression coefficients in order of the explanatory variables
(1) CWD=1.75 CP−3.01 ADL+1.19 DM−0.41 OM−53.40[1)]	0.823***	1.51	0.74, −1.14, 0.45, −0.27
(2) CWD=2.07 CP−3.20 ADL+1.40 DM−0.17 OCC−108.00	0.821***	1.52	0.87, −1.21, 0.53, −0.19
(3) CWD=2.11 CP−3.07 ADL+1.51 DM−122.70	0.803***	1.56	0.89, −1.16, 0.57
(4) CWD=1.39 CP−2.05 ADL−0.59 OM+69.34	0.789***	1.61	0.58, −0.77, −0.39
(5) CWD=1.82 CP−1.71 ADL+9.62	0.737***	1.74	0.76, −0.65

[1)] Calculation of equation (1) was conducted by the selecting variables method fixed at F=2.0.
*** Significant at 0.1% level.
CP, OM, OCC and ADL : See Table 1. These components are DM (dry matter) basis (%).
Note : See footnote of Table 4.

りが入梅後となる可能性が高く，作期が長いことと合わせて倒伏が拡大する可能性もあり，収穫調製に不安定要素がある。

初年目の極早生群の出穂期が2年目より1週間早かったのは，1-2月の平均気温が基準温度の5℃を上回った影響で，冬期の茎立ちが進んだことによると考えられる。その後も順調に気温が確保されて出穂が早まったため，2年目ほどには十分な草丈の伸長と乾物収量が得られなかったと思われる。中生以降のほとんどの品種も初年目のほうが出穂が数日早く，草丈が低い傾向があった。

一方，草型など形態的な面から見ると中生細茎群は特異な品種群であり，穀実が小型で，茎が細く分げつが多いことから，出穂期前後に刈取って乾草生産に有利[12)]とされている。ホールクロップ利用向きではない形態から，普通型エンバクであるが野生種[17)]に近い特性を持つ品種群であると考えられる。極早生群と中生群は形態的な区別がつけにくいが，晩生群は長稈・茎太で葉幅が広い。

倒伏については，前記した作期の長さが中生以降に不利なことと合わせ，中生細茎群の分げつと晩生群の長稈も不利な材料と考えられる。そのため，耐倒伏性に優れるのは極早生群で，次いで中生群であると考えられる。以上のように各品種群の特性は明確であるが，乾物収量は品種間のばらつきが大きく，群間に優劣はない。そのため，同一群内では収量性に関する情報が品種選定の重要な要素のひとつになると考えられる。

2. 飼料成分と品種の変異性

表2から，CPは極早生群が低く中生細茎群が高いこと，ADLは極早生群が低く中生細茎群や晩生群が高いことなどがうかがえるものの，品種群間の成分的な相対関係はやや不鮮明で，はっきりした結論を読み取りにくい。しかし，供試品種数が多い極早生群や中生群は，多くの成分で変異係数が小さく，飼料成分の均質性が比較的高いと考えられる。なお，2年目は各品種群ともADF，ADLが高いが，草丈が高く生育したことが関係していると思われる。

一方，飼料成分値についてのクラスター分析で，供試2か年とも約7の距離で3つの大きなクラスターが形成されたことは，樹形図（図1）に示したとおりである。ここで取り上げたのは，主要な分画である細胞内容物質と総繊維をそれぞれ示すOCCとNDF，細胞内容物質の重要な構成要素であり家畜の主要栄養源のひとつであるCP，繊維の構成や消化性に関する成分であるADLの4変量であり，これらの解析によ

り成分組成の基本的な骨格を把握できると考えられる。そのため，得られた各クラスターは成分組成に類似性を持つといえる。極晩生群はクラスターA，中生群はクラスターBに，ほぼまとまって分類されたことは，この2群に属する品種の変異が小さいことを補完的に証明すると考えられる。晩生群もクラスターCを形成するが，供試2か年とも1品種（オールマイティ）のみがクラスターBに分類された。特定品種が違うクラスターに分類されたことは品種群としての均質性に欠けると考えられ，このことは晩生群の各成分の変異係数が大きいことに合致している。中生細茎群も同様に均質性を欠く結果となっているが，この品種群はホールクロップ利用向きでないことから繊維成分が増加しやすく，その場合にクラスターDを形成し，変異が大きくなるものと考えられる。

なお，2か年に共通した特徴として，クラスターAはCP，ADF，ADLが低い集団，クラスターBはCPが高い集団，クラスターCはOCCがやや低くNDF，ADF，ADLが高い集団となっていた。クラスターDはNDF，ADF，ADLが顕著に高く，いずれもクラスターCの値を上回った。

3. 変異性評価の活用

極早生品種は，秋作栽培における生育や利用適性の差異から，アーリータイプとウエストタイプに分類される[12]。しかし，本試験の標準栽培では両者に差異は認められず，一つの品種群としてとらえて問題ない。極早生群あるいは中生群に属する品種は，生態的，形態的あるいは飼料成分組成の変異が小さいので，ばらつきの大きい形質である収量性等を重視して品種選定するのが効率的である。

中生細茎群と晩生群は，成分組成に関しては分類に検討の余地がある。晩生群はさらに細分化が必要な可能性があり，また，中生細茎群も一群として適切と結論するのは尚早である。成分分析を重ねるなどして，品種群の性格をさらに明確化することが課題である。

従来，エンバクの評価は生育特性や収穫成績が中心であって，飼料成分から品種の変異を網羅した評価はなかった。一括してエンバクとして取り扱われることが多く，品種間の成分組成の相違や類似は把握されないまま，家畜に給与されてきた。群内の生育特性や成分組成に均質性が認められるうえ，夏作との組み合わせの点で利用目的が明確である極早生群は，少なくとも古い普及品種と一線を画してとらえるべきである。今後は，種々の試験成績も品種群を意識した解析あるいはデータ蓄積が望まれ，飼料成分という家畜への給与に直結する情報を付加して品種を整理する手法が一般化されるべきである。また，品種群間の成分的な相対関係は，生育段階による栄養価の変動[9,13]があるため，生育期別の評価を明確化したうえで把握されるべきであろう。

最後に，品種群の枠をはずし，供試全品種の変異について考察する。表4と表5では，DMDとCWDを目的変量としてそれぞれ乾物と繊維の消化性について重回帰分析を試みたが，変数増減法で実施した場合に選択された説明変量には，いずれもCP，ADL，DMが含まれた。このうちCPとADLの2成分は表2に示したとおり変異が大きく，品種間の消化性の差異をよく反映した成分であると思われる。DMD，CWDのいずれの回帰式においてもこの2成分の標準偏回帰係数は比較的大きく，目的変量への寄与が大きいと考えられる。

DMDの場合，説明変量としてCPやADLに並んで，NDFも寄与が大きい結果を得ている。NDFは全品種の変異係数が3.9%で小さいが，DMDとの単相関係数が−0.798で最も高い成分であり，消化性を推定する場合に繊維成分の情報として有用であると考えられる。CWDの場合は単相関の高い成分が存在せず，CPとADLを軸とした複数の説明変量による重回帰により推定精度を向上させるのが有効である。

刈取りを乳熟期に統一した横並びの条件下で実施した本試験では，CPが高くADLの低い品種は繊維の消化率が良く，さらにNDFも低いと乾物の消化率が良好な品種であると判断される。飼料給与設計等において給与飼料の消化率に関する情報は不可欠である。エンバクを給与粗飼料として組み込む場合，導入品種についてこれらの成分の把握が特に重要となろう。

引 用 文 献

1）阿部 亮・堀井 聰（1974）セルラーゼによる牧草細胞膜物質の分画とその応用．日草誌 **20**, 16-21.

2）Abe,A., S. Horii and K. Kameoka (1979) Application of enzymatic analysis with glucoamylase, pronase and cellulase to various feeds for cattle. *J. Anim. Sci.* **48**, 1483-1490.

3）阿部 亮（1988）炭水化物成分を中心とした飼料分析法とその飼料栄養価評価法への応用．畜試研資 **2**, 1-75.

4）青木ひかる・三井安麿・米本貞夫（1981）飼料用麦類の栽培に関する試験．千葉畜セ研報 **5**, 73-78.

5）Goering, H.K. and P.J. Van Soest (1970) Forage Fiber Analyses. Agriculture Handbook **379**. U.S. Department of Agriculture. Washington, D.C. pp. 1-12.

6）後藤寛治（1989）飼料作物の種類．飼料作物学（西村修一著者代表）．文永堂出版．東京． pp. 28-29.

7）堀井 聰・倉田陽平・林弥太郎（1974）栄養実験のための理化学的分析方法．動物栄養試験法（森本 宏監修）．養賢堂．東京．pp. 280-298.

8）飯田克実（1989）飼料作物の栽培法．粗飼料・草地ハンドブック（高野信雄・佳山良正・川鍋祐夫監修）．養賢堂．東京．pp. 409-416.

9）岩崎 薫・名久井忠・早川政市・玉田信政（1978）えん麦の品種・刈取時期とホールクロップサイレージの飼料価値について．日草誌 **23**, 348-355.

10）川鍋祐夫（1989）飼料作物・野草の種類・育種・採種．粗飼料・草地ハンドブック（高野信雄・佳山良正・川鍋祐夫監修）．養賢堂．東京．pp. 29-31.

11）熊谷 健（1979）総合野菜・畑作技術事典I（農林水産技術会議事務局編）．農業技術協会．東京．pp. 30-34.

12）熊谷 健・飯田克実（1986）牧草・飼料作物の品種解説（農林水産技術会議事務局編）．日本飼料作物種子協会．浦和．pp. 136-142.

13）三秋 尚・能勢 公（1967）飼料作物の化学的成分と飼料価値に関する研究．IV．青刈エンバクの化学的成分と飼料価値に及ぼす窒素肥料の施肥料水準と生育段階の影響について．日草誌 **12**, 213-217.

14）佐野 豊・月森幸雄・鎌田隆義（1981）エン麦を中心とした青刈麦類の生育過程とその飼料価値について．島根畜試報告 **17**,

58-63.
15) 田中　豊・脇本和昌（1991）多変量統計解析法．現代数学社．京都．pp. 1-244.
16) 丹比邦保・柿原秀文・熊井清雄・栗原昭三（1977）厩肥施用水準が飼料作物の化学成分と飼料価値に及ぼす影響．2. 青刈エンバク．日草誌 **23**, 159-165.
17) 戸苅義次・菅　六郎（1972）食用作物．養賢堂．東京．pp. 227-232.
18) 富田耕太郎・斉藤公一・米本貞夫（1991）トウモロコシを基幹とする温暖地での冬作飼料作物の作付技術．関東草飼研誌 **15** (2), 14-24.
19) TSUTSUMI, M. and A. ABE (1977) A comparison of results using five methods for prediction of forage digestibility. *J. Japan. Grassl. Sci.* **23**, 252-255.
20) National Research Council (1989) [佐藤正三監訳（1990）] 乳牛の飼養標準-NRC 飼養標準第 6 版（1988・1989 年改訂版）全訳-．デーリィ・ジャパン社．東京．pp. 12-92.
21) 農林水産省農林水産技術会議事務局編（1994）日本飼養標準・乳牛（1994 年版）．中央畜産会．東京．pp. 19-89.
22) 農林水産省農林水産技術会議事務局編（1987）日本標準飼料成分表（1987 年版）．中央畜産会．東京．pp. 13-82.
23) 農林水産省農林水産技術会議事務局編（1995）日本標準飼料成分表（1995 年版）．中央畜産会．東京．pp. 13-103.

要　　旨

細谷　肇・三井安麿・堀田正樹・高梨　勝（1998）：飼料成分から見たエンバク（*Avena sativa* L.）品種の変異性評価．*Grassland Science* **43**, 474-481.

青刈・ホールクロップ用エンバク（*Avena sativa* L.）として市販されている 16 品種を乳熟期に刈取り，その生育特性にデタージェント法や酵素法による飼料成分組成を加味して，品種の変異性を明らかにした。

早晩性・形態・育種的な違いにより分類された 4 品種群のうち，極早生群と中生群はそれぞれ成分組成の均質性が高く，品種群として別個の飼料特性を備えていた。中生細茎群と晩生群は成分組成のばらつきが大きかった。エンバクとして一括評価するのではなく，各品種群の品質の違いを重視した栽培利用ならびに家畜への給与が必要であった。

供試全品種の飼料成分の変異から，乾物中の含量として，粗蛋白質（CP）が高く，酸性デタージェントリグニン（ADL）の低い品種は繊維の消化率が良く，加えて中性デタージェント繊維（NDF）が低い品種は乾物消化率の高いことが示唆された。

キーワード：エンバク，飼料成分，品種，変異性．