

第4章 乾物消化率と生理的及び形態的形質の関係

乾物消化率の選抜を進めることにより、他の重要な形質がどのように変化するかを知ることは、興味深いことである。

乾物消化率と他の成分との関係では、タンニンは蛋白質を凝固し、その消化率を低下させるといわれ、レスペデザの高タンニン系統は低タンニン系統に比較し、低い乾物消化率を示した³⁹⁾。またフェスク類やライグラス類に含まれるパーロリンはセルロースの消化率を低下させる⁴⁰⁾。一方鼓脹症の発病が比較的少ないマメ科草種は、発病の多い草種に比較し、かなり低い乾物消化率を示す⁶⁸⁾。鼓脹症の原因はマメ科牧草に含まれる蛋白質で、乾物消化率と直接的な関係はないが、乾物消化率の選抜には注意が必要と考えられる。チモシーは有害成分はほとんど問題にならないため、本試験では粗蛋白質や乾物率について検討した。

一方、一般的に収量と品質は負の関係と考えられ、牧草についても古くから検討されている^{13,111,148)}。乾物消化率と収量の関連については高消化性への選抜が、収量を低くする場合と、収量に關係のない例が報告されており^{9,15)}、本章においても検討する。

実際の育種においては多数の材料を扱うため、乾物消化率の測定はできるだけ効率的な方法が必要である。このため圃場での一般的な調査形質が乾物消化率の初期選抜に応用できる可能性を検討した。

に第3章で検討したようにかなり高い乾物消化率を示す。このため本試験では葉部率（茎葉重に対する葉身重の割合）の変異と乾物消化率の関係を検討し、葉部率から乾物消化率推定の可能性について検討した。

2. 試験方法

前章第1節で述べた52品種系統の番草別葉部率（乾物ベース、以下も同様とする）及び同章第3節の1番草の収穫日別52品種系統の葉部率を調査した。更に乾物消化率によって選抜された216クローンの1番草葉部率を調査し、それぞれ乾物消化率との相関係数を算出した。乾物消化率は前述の Tilley and Terry 法により測定した。

3. 試験結果

番草別の平均葉部率を第16表に示した。平均葉部率は1番草38.6%、2・3番草は90%前後で極めて高い値を示した。標準偏差や変異係数は1番草が最も大きく、3番草が最も小さかった。第17

第16表 番草別葉部率の品種系統間変異

項 目	葉部率 (%)		
	1番草	2番草	3番草
平 均	38.6	89.2	96.0
標準偏差	8.96	6.72	2.13
変異係数	23.2	7.5	2.2
レ ン ジ	37.2	29.1	8.1

注：1) 供試数52, 葉部率は乾物ベース。

第1節 乾物消化率と葉部率の関係

1. 試験目的

従来牧草育種における品質は蛋白質に代表され、多葉性が育種目標の一つとして検討されていた。葉身は茎部に比較すると粗蛋白質が高く、既

第17表 1番草葉部率の収穫日別品種系統間変異

項 目	葉 部 率 (%)					
	6月5日	6月12日	6月19日	6月26日	7月3日	7月10日
平 均	66.0	55.8	45.2	41.3	27.1	21.2
標準偏差	4.37	4.90	4.36	4.76	7.01	6.13
変異係数	6.6	8.8	9.6	11.5	25.9	28.9
レ ン ジ	20.4	17.5	15.5	23.1	26.1	24.1

注：月日は収穫日、葉部率は乾物ベース。

表に1番草の収穫日別平均葉部率を示した。平均葉部率は生育が進むに従い明らかに低下した。標準偏差及び変異係数は生育に伴い逆に増加の傾向を示した。

番草別葉部率と乾物消化率の相関係数を第18表に示した。1番草は有意な相関係数を示したが、2・3番草の相関係数は小さかった。1番草の収穫日別葉部率と乾物消化率の相関係数を第19表に示した。生育が進むに従い相関係数は大きくなり7月10日収穫では、0.612を示した。

1番草クローンの平均葉部率及び葉部率と乾物消化率の相関係数を第20表に示した。平均葉部率37.1%、変異係数23.7%で216クローンの葉部率と乾物消化率の相関係数は0.651で、前述2種の試験結果よりやや大きかった。

第18表 番草別乾物消化率と葉部率の相関係数

1番草	2番草	3番草
0.539**	0.244	0.006

注：1) 供試数52。

2) **; 1%水準で有意性を示す。

第19表 1番草乾物消化率と葉部率の相関係数

6月5日	6月12日	6月19日	6月26日	7月3日	7月10日
0.068	0.244	0.279*	0.431**	0.586**	0.612**

注：1) 供試数52。

2) 月日は収穫日。

3) *, **; 5%, 1%水準で有意性を示す。

第20表 1番草クローンの乾物消化率と葉部率の変異

項目	乾物消化率(%)	葉部率(%)
平均	72.3	37.1
標準偏差	8.00	8.79
変異係数	11.1	23.7
供試数	216	216

注：1) 乾物消化率と葉部率の相関係数0.651(1%水準で有意性を示す)。

4. 考 察

葉部率と乾物消化率の関係を3種類の試験から検討した。前2種類の試験は品種系統を供試した。他は乾物消化率により選抜したクローンである。

1番草の葉部率と乾物消化率の相関係数はいずれも高い有意性を示したが、その値は比較的小さかった³⁶⁾。しかしながら従来から行われていた多葉性に対する選抜は、乾物消化率の選抜にもつながるものと考えられた。

2・3番草や1番草の生育初期において、葉部率と乾物消化率の関係は有意な相関を示さなかった。これはこの時期の葉部率の変異の幅が小さいことによるものと考えられた。

多葉性は比較的調査しやすい形質のため、今後乾物消化率選抜における極く初期世代の材料の淘汰に利用できるものと考えられた。

第2節 乾物消化率と粗蛋白質含量の関係

1. 試験目的

乾物消化率と牧草中成分との関係は古くから検討されている^{85,92)}。一般に蛋白質や可溶性炭水化合物の含有率が高く、リグニンやセルロースあるいは細胞壁成分の含有率が低いと乾物消化率は高くなる。このため本試験ではチモシーの粗蛋白質含量の変異と乾物消化率の関係について検討した。

2. 試験方法

我が国を含めた7か国で育成した13品種系統に由来する、24の多交配母株と、その多交配後代系統を1区6m²、2反復の乱塊法で圃場に栽植した。供試系統はいずれも早生群に属する。造成2年次の1番草を6月25日に収穫し、乾物消化率と粗蛋白質含量の測定を行った。

更に前節で述べた1番草の乾物消化率で選抜した216クローンの乾物消化率と粗蛋白質含量の関係を検討した。乾物消化率は前述の Tilley and Terry法、粗蛋白質含量はケルダール法(農技研法)により測定した。

3. 試験結果

母株とその多交配後代系統の1番草粗蛋白質含

第21表 1 番草粗蛋白質含量の変異

項目	粗蛋白質 (%)	
	多交配母株	多交配後代系統
平均	7.1	8.7
標準偏差	0.85	0.69
変異係数	11.9	8.0
レンジ	3.3	2.6
有意性	**	*

注：1) 粗蛋白質含量は乾物中、供試数24。

2) *, **, 5%, 1%水準で有意性を示す。

第22表 1 番草乾物消化率と粗蛋白質含量の相関

供試材料名	供試数	相関係数	回帰式
多交配母株	24	0.777**	$Y = -4.65 + 0.20X$
多交配後代系統	24	0.743**	$Y = -3.29 + 0.21X$

注：1) X; 乾物消化率(%), Y; 粗蛋白質(乾物中%)。

2) **, 1%水準で有意性を示す。

第23表 番草別クローンの乾物消化率と粗蛋白質含量の変異

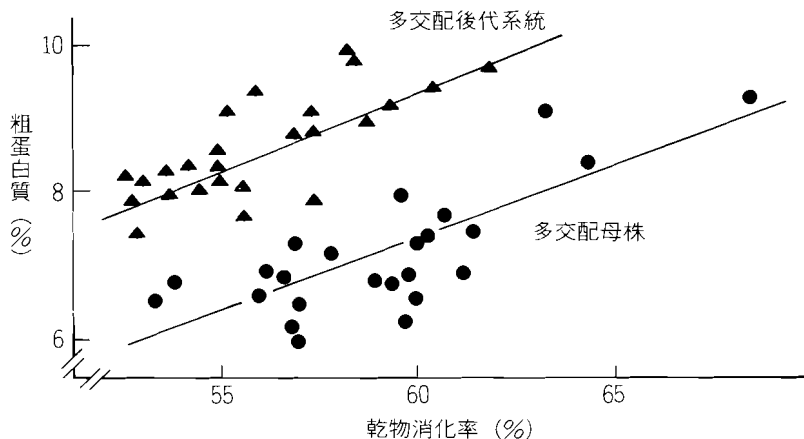
項目	乾物消化率 (%)		粗蛋白質 (%)	
	1 番草	2 番草	1 番草	2 番草
平均	72.3	74.9	18.6	17.1
標準偏差	8.00	6.75	3.56	3.40
変異係数	11.1	9.0	19.1	19.8

注：1) 粗蛋白質は乾物中。

第24表 番草別クローンの乾物消化率と粗蛋白質含量の相関

項目	1 番草	2 番草
相関係数	0.585**	0.626**
供試数	216	202

注：1) **, 1%水準で有意性を示す。



第7図 1 番草乾物消化率と粗蛋白質の関係

注：1) 粗蛋白質は乾物中%。

量を第21表に示した。母株の平均粗蛋白質含量は7.1%、多交配後代系統の平均粗蛋白質含量は8.7%であった。標準偏差、変異係数及びレンジは後代系統が小さかった。分散分析の結果は両供試系統間に有意性が認められた。

乾物消化率と粗蛋白質含量の相関係数及び回帰式を第22表に示した。相関係数は両群とも比較的

大きい値を示した。この関係を第7図に示した。

クローンの乾物消化率と粗蛋白質含量の変異を第23表に示した。平均乾物消化率は1番草72.3%、2番草74.9%で、番草間の相関係数は0.361で高い有意性を示した。平均粗蛋白質含量は1番草18.6%、2番草17.1%で、1番草がやや大きく、番草間の相関係数は0.303で高い有意性を示した。

乾物消化率と粗蛋白質含量の相関係数を第24表に示した。1・2番草とも有意な相関が示されたが、相関係数は前に述べた母株と後代系統の1番草より小さかった。

4. 考 察

粗蛋白質含量の変異は第21表や第23表に示すとおり、比較的大きいことが判明した。また乾物消化率と粗蛋白質含量の相関係数はいずれも有意性を示し、乾物消化率に対する選抜は、粗蛋白質含量の選抜につながるものと考えられた。飼料中の粗蛋白質含量の増加は蛋白質過剰との指摘もあるが¹²⁰⁾、従来とは比べものにならないほど高泌乳牛の飼育が進んでいる現在、この乾物消化率と粗蛋白質含量の関係は、育種上都合のよい関係と考えられる。

母株とその多交配後代の乾物消化率と粗蛋白質含量の回帰係数において、両群の回帰係数の差は有意性を示さず、乾物消化率と粗蛋白質含量の関係は両群で同じ傾向を示した。1・2番草クロンの乾物消化率と粗蛋白質含量は、それぞれ番草間で有意な相関が認められ、乾物消化率と粗蛋白質含量の相関係数において1・2番草の差は有意性を示さなかった。この結果乾物消化率と粗蛋白質含量の関係は1・2番草で同じ傾向を示すと考えられた。

第21表に示した粗蛋白質含量の親子の関係から親子回帰による粗蛋白質含量の遺伝力を算出したが、0.920でかなり大きく、粗蛋白質含量は選抜可能な形質であることが判明した。今後は乾物消化率の選抜を通じ、粗蛋白質含量の向上に寄与できるものと考えられた。

第3節 乾物消化率と乾物率の関係

1. 試験目的

乾物率（生草重に対する乾物重の割合）は家畜の嗜好性に関係があるといわれ¹²⁰⁾、収量との関係も検討されている。また乾物率は収量の評価のために一般的に調査される形質であり、乾物消化率との関係が明らかになれば、乾物消化率の初期選抜に応用できる可能性も期待できる。このため本

試験では乾物率の変異と乾物消化率の関係について検討した。

2. 試験方法

本章第2節で述べた早生群に属し、13品種系統由来の24系統を供試し、その1番草の乾物率を測定した。また乾物消化率で選抜した230クロンを1区1畦として圃場に栽植し、その1番草の乾物率を測定した。乾物率は500gのサンプルを70℃で48時間乾燥する方法、乾物消化率は前述のTilley and Terry法により測定した。

3. 試験結果

乾物率の変異を第25表に示した。24系統の平均乾物率は21.2%、標準偏差は1.21%で、変異は比較的大きかった。クロンの平均乾物率は25.0%、標準偏差は3.41%で、系統に比較するとやや大きかった。

乾物消化率と乾物率の相関係数を第26表に示した。両供試群とも負の有意な相関を示したが、値は比較的小さかった。

第25表 1番草乾物率の系統間及びクロン間変異

項 目	乾物率 (%)	
	多交配後代系統	選抜クロン
平 均	21.2	25.0
標準偏差	1.21	3.41
変異係数	5.8	13.6
レ ン ジ	4.4	14.5
供 試 数	24	230

第26表 1番草乾物消化率と乾物率の関係

相 関 係 数	
多交配後代系統	選抜クロン
-0.521**	-0.420**

注：1) **; 1%水準で有意性を示す。

4. 考 察

乾物率と収量の関係は正の相関と考えられ、乾物率1%の違いは乾物収量の数%の違いに相当する。しかしながら熟期が同一の場合、乾物率の変

異はかなり小さいと考えられていたが、本試験では予想に反し、比較的大きい変異を示した。

乾物率と乾物消化率の相関係数は負の値を示し、水分含有率の高い材料の乾物消化率が高い傾向を示した。この結果は乾物率と嗜好性の間の結果に類似していた。しかしながら両形質の相関係数は比較的小さく、乾物率から乾物消化率の推定、あるいは乾物率を乾物消化率の初期選抜に応用することはかなり難しいものと考えられた⁹⁹⁾。

第4節 乾物消化率と牧草病害の関係

1. 試験目的

牧草の病害はその生育を阻害するだけでなく、飼料価値を低下させる^{56, 69)}。このため著しい病害の発生は牧草の質・量ともに劣化させ、家畜の疾病や、牧草の永続性にかかわる重要な問題を引き起こす。本試験はチモシー斑点病及びすじ葉枯病の罹病程度と乾物消化率の関係を検討した。

2. 試験方法

第3章の第1節で示した52品種系統のチモシー斑点病及びすじ葉枯病の罹病程度を、番草別に圃

場で調査するとともに、6月27日、8月11日及び10月2日の3回収穫し、乾物消化率の測定を行った。他に斑点病の罹病程度の異なる葉身試料を温室で作製し、その罹病程度と乾物消化率の関係を検討した。乾物消化率は前述の Tilley and Terry 法により測定した。

3. 試験結果

チモシー斑点病 (*Cladosporium phlei* (Gregory) de Viies) とすじ葉枯病 (*Scolecotrichum graminis* Fuckel) の罹病程度の品種系統間変異を第27表に示した。斑点病の罹病程度はすじ葉枯病より小さかったが、変異係数やレンジはやや大きかった。斑点病は1番草の平均罹病程度が最も大きく、3番草が小さかった。すじ葉枯病は2番草の平均罹病程度が他の番草に比較し、やや大きかった。平均罹病程度の番草間の差は斑点病がすじ葉枯病より大きかった。

番草別乾物消化率と両病害罹病程度の相関係数は第28表に示した。斑点病は1番草と2番草が有意性を示したが、その値はやや小さかった。すじ葉枯病は1番草が有意性を示したが、相関係数は

第27表 病害罹病程度の品種系統間変異

項目	斑 点 病			すじ葉枯病		
	1番草	2番草	3番草	1番草	2番草	3番草
平均	2.8	2.3	1.8	3.2	3.6	3.2
標準偏差	0.75	0.33	0.43	0.47	0.39	0.41
変異係数	26.8	14.3	23.9	14.7	10.8	12.8
レンジ	3.0	3.0	2.0	2.0	1.0	2.0

注：1) 罹病程度は評点値，1;(無又は微)~5;(甚)、供試数52。

第28表 病害罹病程度と乾物消化率の相関係数

	斑 点 病			すじ葉枯病		
	1番草	2番草	3番草	1番草	2番草	3番草
	-0.518**	-0.300*	-0.207	-0.370**	0.147	-0.071

注：1) 供試数52。

2) *, **; 5%, 1%水準で有意性を示す。

斑点病より小さかった。

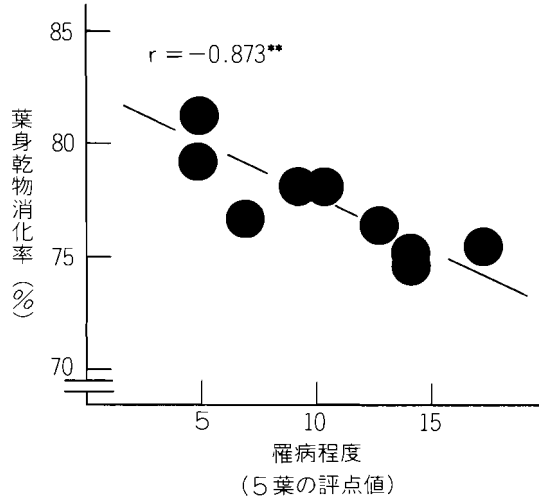
温室内で作製した罹病程度の異なる斑点病の葉身サンプルの乾物消化率を第9図に示した。斑点病罹病程度と乾物消化率の相関係数は -0.873 で比較的高い値を示した。

4. 考 察

チモシー斑点病はチモシーにだけ発生が認められ、北海道を中心に本州各地で発生が確認されており、1番草の生育後期に最盛となり以後晩秋まで発病が認められるチモシーの最重要病害の一つである^{123,142)}。斑点病の圃場での自然感染による罹病程度は第27表に示すとおりで、1番草はやや高い罹病程度を示した。罹病程度と乾物消化率の相関係数は第28表に示すとおり各番草とも負の相関を示し、1番草と2番草で有意性が認められた。しかしながらその値は比較的小さかった。このため自然環境の影響をできるだけ少なくし、発病を一定にするため、温室内において斑点病菌の接種により罹病程度の異なる葉身サンプルを作製した。この葉身の罹病程度と乾物消化率の相関係数は -0.873 で、比較的大きい値を示した。以上の結果から斑点病はチモシーの生育を阻害するだけでなく、乾物消化率をも低下させると判断された。

すじ葉枯病は北海道一円に、生育期間中常に発生が見られるが、特に夏期間に多く発生する。チモシーだけでなく他の牧草においても重要な病害である^{100,102)}。その圃場における罹病程度を第27表に示した。各番草ともかなり高い値を示したが、第28表に示す乾物消化率との相関係数は比較的小さかった。この結果はすじ葉枯病の罹病程度の品種系統間変異が比較的小さいことによるものと考えられた。

この二つの病害の例が示すように、斑点病あるいはすじ葉枯病の発生を育種的又は栽培的に抑えることができれば、チモシーの乾物消化率は現在より高い値になると考えられ、耐病性育種との連携が更に重要と考えられた。



第8図 チモシー1番草の葉身乾物消化率と斑点病罹病程度の関係

注：1) **; 1%水準で有意性を示す。

第5節 乾物消化率と他の農業形質の関係

1. 試験目的

乾物消化率を分析によらずに供試材料の形態的あるいは生理的形質から推定が可能ならば、乾物消化率の選抜を進める上で極めて高い効率化が図れることになろう。このため育種試験において圃場で普通に調査される形質と乾物消化率の関係を検討した。

2. 試験方法

第3章第1節で述べた52品種系統の一般的な番草別調査形質7種類と、同じく第3節で述べた52品種系統の1番草の調査形質6種類を圃場で調査した。各形質とも2反復で調査を行った。乾物消化率は前述のTilley and Terry法により測定した。

3. 試験結果

乾物消化率と番草別の各調査形質の相関係数を第29表に示した。1番草は葉色を除く各形質で有意な相関係数が得られたが、その値は比較的小さかった。2番草は出穂性が有意性を示したが、相関係数は比較的小さかった。

収穫日を異にした場合の1番草の乾物消化率と調査形質の相関係数を第30表に示した。7月10日収穫において茎の直径を除き4形質が有意性を示したが、相関係数は比較的小さかった。

4. 考 察

品質に対する選抜を行う場合、多数の材料を扱うため、分析方法の簡便化が最重要の課題になる。このため簡易な調査によって得られる形態的あるいは生理的形質から品質を推定する試みが行われている^{55,130,137)}。本試験は乾物消化率推定のため、通常の育種試験で調査される形質を圃場で調査し、乾物消化率との関係を検討したが、調査したいずれの形質も乾物消化率と高い相関を示さなかった。このことから圃場試験の調査によって得られた形質から乾物消化率を推定することは困難と考えられた。しかしながらこれらの結果から乾物消化率の高い材料の形態は草丈が低く、葉色がやや薄く、茎数が多く、葉幅が狭く、ややほふく型をしていると推定された。

第29表 番草別乾物消化率と他形質の相関

項 目	相 関 係 数		
	1 番草	2 番草	3 番草
草 丈	-0.599**	-0.135	-0.073
出穂期	0.620**	—	—
葉 色	-0.143	0.142	—
茎 数	0.451**	—	0.058
葉身幅	-0.451**	-0.226	—
草 型	-0.486**	—	—
出穂性	—	-0.408**	—

注：1) 供試数52, 出穂期だけ46。
2) **, 1%水準で有意性を示す。

第30表 1 番草乾物消化率と他形質の相関

項 目	相 関 係 数					
	6月5日	6月12日	6月19日	6月26日	7月3日	7月10日
草 丈	0.035	-0.310*	-0.314*	-0.139	-0.321*	-0.350**
出穂期	-0.485**	0.302*	0.499**	0.344*	0.679**	0.676**
葉 色	0.186	—	-0.301*	—	—	-0.306*
茎 数	-0.174	—	0.032	—	—	0.366**
茎の直径	—	—	—	0.051	—	0.037
葉 身 重	—	—	0.088	—	—	—

注：1) 供試数52, 茎の直径だけ45。
2) 月日は収穫日。
3) *, **, 5%, 1%水準で有意性を示す。

第6節 乾物消化率と収量の関係

1. 試験目的

一般に牧草の飼料成分と収量は負の関係といわれ^{13,34)}、牧草以外の作物においても品質と収量は負の関係を示す場合が多い¹⁴⁰⁾。このため本試験は乾物消化率と収量の関係を明らかにし、乾物消化率の選抜による収量の影響について検討する。

2. 試験方法

52品種系統の1番草を造成3年次の6月27日に収穫し、収量と乾物消化率の関係を検討した。供試材料は第3章第1節と同一で、2反復の乱塊法による試験である。乾物消化率と乾物収量の調査から、相関係数及び共分散分析による遺伝相関、環境相関を算出した。2番草は8月11日、3番草は10月2日に収穫し、乾物消化率と乾物収量の相

関係数を算出した。乾物消化率は前述の Tilley and Terry法により測定した。

3. 試験結果

各番草の熟期別乾物収量を第31表に示し、1番草の乾物消化率と乾物収量の関係を第9図に示した。各番草の乾物収量及び乾物消化率の品種系統間変異は高い有意性が認められ、この両形質の相関係数、遺伝相関、環境相関を第32表に示した。

相関係数は各番草とも負の相関を示したが、1番草にだけ有意性が認められ、2・3番草の相関係数はかなり小さかった。出穂期による1番草の熟期群別の相関係数は、中晩生群及び晩生群が有意性を示したが、早生群及び中早生群の相関係数は小さかった。

1番草の遺伝相関は全体で-0.809とかなり高い値を示したが、早生群は小さく、熟期の遅い群は

第31表 番草別乾物収量の変異

熟期	項目	乾物収量 (kg/a)			
		1番草	2番草	3番草	合計
E	平均	71.9	22.0	13.6	107.4
	標準偏差	6.17	3.60	1.57	6.88
	変異係数	8.6	16.4	11.6	6.4
	レンジ	17.5	10.7	5.0	22.8
ME	平均	70.7	18.3	15.3	104.2
	標準偏差	6.30	2.37	1.57	7.42
	変異係数	8.9	13.0	10.3	7.1
	レンジ	27.7	7.7	7.1	33.8
ML	平均	66.7	18.8	15.9	101.4
	標準偏差	7.81	0.98	1.64	8.23
	変異係数	11.7	5.2	10.3	8.1
	レンジ	24.1	2.9	4.5	26.1
L	平均	51.8	16.6	16.0	84.4
	標準偏差	6.04	0.88	0.94	6.74
	変異係数	11.7	5.3	5.8	8.0
	レンジ	18.1	2.4	2.8	20.1
全体	平均	68.0	18.7	15.2	101.9
	標準偏差	8.81	2.72	1.67	9.77
	変異係数	13.0	14.5	11.0	9.6
	レンジ	45.3	10.7	7.7	49.2
	有意性	**	**	**	**

注：1) E, ME, ML, L; 早生, 中早生, 中晩生, 晩生。

2) **: 1%水準で有意性を示す。

第32表 乾物消化率と乾物収量の相関係数、遺伝相関及び環境相関

項目	1番草						
	全体	E	ME	ML	L	2番草	3番草
相関係数	-0.553**	0.029	-0.003	-0.477**	-0.557**	-0.233	-0.207
遺伝相関	-0.809	-0.282	-0.659	-0.938	-1.020	—	—
環境相関	0.323	0.230	0.198	0.267	-0.120	—	—

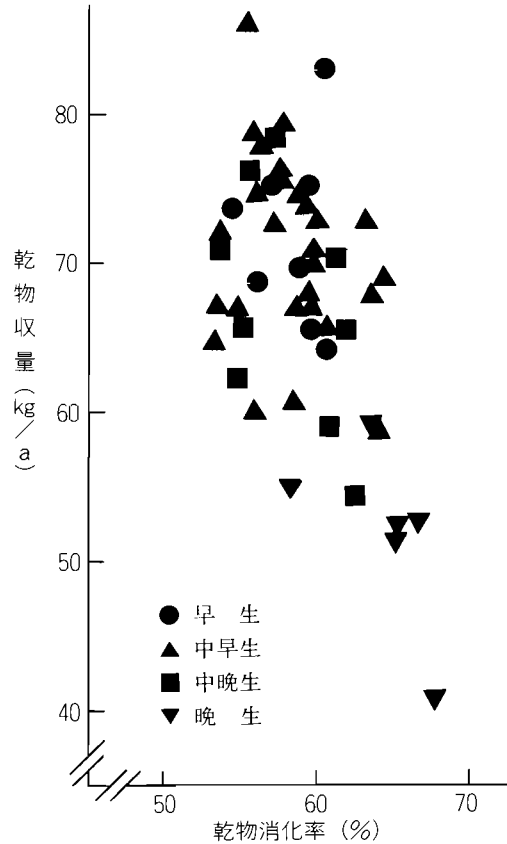
注：1) E, ME, ML, L; 早生, 中早生, 中晩生, 晩生。

2) **: 1%水準で有意性を示す。

ど大きかった。環境相関は全般的に小さかった。

4. 考 察

乾物消化率の選抜を重ねていくことにより、他の重要な特性が損なわれては選抜の意味がなくな



第9図 1番草乾物消化率と乾物収量の関係

る。特に品質と収量は負の関係にあると考えられることから、乾物消化率と乾物収量の関係について検討した⁶⁷⁾。乾物消化率と乾物収量の関係は第32表に示すとおり、1番草の全体の相関係数はや

や大きく、遺伝相関は極めて大きい値を示した。この結果は収量の犠牲なしに乾物消化率を高めることは不可能に近いことを示している。しかしながら熟期による群別の相関を検討すると、早生群の相関係数及び遺伝相関は小さく、乾物収量と乾物消化率に対する十分な検討を続けることにより、乾物収量を損なうことなしに乾物消化率の選抜は可能と考えられた。乾物消化率と乾物収量の関係が、供試材料の熟期により異なり、1番草において熟期の遅い群ほど高い相関を示す理由は不明で、今後の検討課題としたい。

2・3番草の相関係数は小さく、有意水準以下であった。

また参考のために年間合計収量と各番草の乾物消化率の相関係数を算出した。1番草 -0.552 ($p < 0.01$)、2番草 -0.325 ($p < 0.05$)並びに3番草 -0.371 ($p < 0.01$)で、有意な相関が認められた

が、出穂期により群別すると各相関係数とも小さく、いずれも有意水準以下であった。この結果年間合計収量と各番草の乾物消化率は一定の傾向を示さず、年間合計収量が高く、なおかつ各番草の乾物消化率が高い系統育成の可能性が考えられた。

環境相関は全般的に小さく、両形質の関係は環境による影響よりも遺伝的により強く影響していることが明らかになった。

チモシーにとって最も重要と考えられる1番草の早生群が、乾物消化率と乾物収量の負の相関が比較的小さいことは、育種上極めて都合のよい結果であり、今後の乾物消化率の選抜は主に早生群を対象に行われることになろう。しかしながら中・晩生群については、収量を考えあわせると乾物消化率の選抜は極めて難しいものと考えられた。

第5章 乾物消化率の選抜

乾物消化率が育種の対象として可能性が高い形質であることは、既に第3章で検討した。更に第4章で検討した乾物消化率と葉部率や粗蛋白質の関係及び乾物収量の関係から、チモシーにおける乾物消化率の選抜について障害は比較的小さいことが判明した。

以上から本章では乾物消化率の遺伝力を推定し、更に、世代間の乾物消化率の変化を検討するとともに、実験的に高乾物消化率系統を育成し、その乾物消化率について検討した。また選抜の効率化と精度の向上を考え、乾物消化率の幼苗検定を試みた。

第1節 乾物消化率の遺伝力

1. 試験目的

乾物消化率は第3章で述べたとおり、かなり大きい変異を示し、52品種系統の乾物消化率の分散分析表から求めた1番草の広義の遺伝力は0.896で、チモシーにおける乾物消化率の選抜は十分可能と考えられた。本試験では更に選抜の効果を明確にするため、親子回帰による狭義の遺伝力を求めた。

2. 試験方法

供試材料は乾物消化率に未選抜の早生群24系統で、我が国を含めた7か国で育成された13品種系統に由来する。母株とその多交配後代系統を2反復の乱塊法で圃場に栽植し、造成2年次の1番草を収穫し、前述のTilley and Terry法によって乾物消化率の測定を行った。

3. 試験結果

多交配母株とその多交配後代系統の乾物消化率を第33表に示し、その両群の関係を第10図に示した。平均乾物消化率は後代系統が母株より小さく、標準偏差、変異係数及びレンジも後代系統が小さかった。分散分析の結果は両群とも有意性が認められた。

第33表 親と後代の乾物消化率

系統番号	乾物消化率 (%)		
	多交配母株	多交配後代系統	差
1	59.5	53.5	6.0
2	59.3	57.1	2.2
3	59.9	54.6	5.3
4	64.2	59.0	5.2
5	60.6	57.9	2.7
6	56.7	58.0	-1.3
7	56.5	58.4	-1.9
8	53.1	52.6	0.5
9	61.5	60.1	1.4
10	53.7	54.6	-0.9
11	59.6	55.5	4.1
12	56.7	54.7	2.0
13	60.5	53.9	6.6
14	68.5	61.5	7.0
15	55.8	52.5	3.3
16	56.8	56.7	0.1
17	57.7	52.3	5.4
18	63.2	54.9	8.3
19	61.0	57.1	3.9
20	59.6	54.3	5.3
21	58.9	57.2	1.7
22	60.0	55.7	4.3
23	56.8	55.4	1.4
24	56.0	52.7	3.3
平均	59.0	55.8	3.2
標準偏差	3.31	2.44	0.87
変異係数	5.6	4.4	1.2
レンジ	15.4	9.2	6.2
有意性	*	*	—

注：1) 差は(多交配母株－多交配後代系統)を示す。
2) *; 5%水準で有意性を示す。

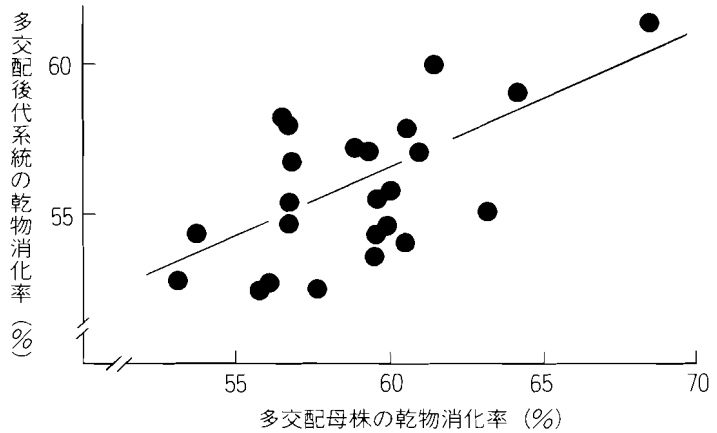
以上の結果から親子回帰による乾物消化率の遺伝力、相関係数及び回帰式を第34表に示した。遺伝力は0.891でかなり大きかった。また両群の相関

係数は0.606で高い有意性を示した。

4. 考 察

親子回帰による乾物消化率の遺伝力は0.891で、この種の量的形質としてはかなり大きかった。親子回帰による遺伝力は、親世代から子世代の反応を予測しようとするもので、遺伝力の概念と一致し、実証的な数値であると言われ⁵²⁾、乾物消化率の選抜は現実的に可能性が高いと考えられた。

他の草種においても乾物消化率の遺伝力はかなり高く、育種により乾物消化率改良の可能性が高いと結論されているが^{46,112,158)}、本試験の結果と併せ、乾物消化率はかなり多くの草種にとって選抜可能な形質と考えられた。



第10図 乾物消化率の親と後代の関係

第34表 親子回帰による乾物消化率の遺伝力、相関係数及び回帰式

遺伝力	親子の相関係数	親子の回帰式
0.891	0.606**	$Y = 29.53 + 0.45X$

注：1) 遺伝力 $=2CovPO/\sigma T^2$ 、 $CovPO$ ：親子間の共分散、 σT^2 ：全分散。

2) **: 1%水準で有意性を示す。

3) X; 多交配母株の乾物消化率 (%)

Y; 多交配後代系統の乾物消化率 (%)

第2節 乾物消化率の世代間の変異

1. 試験目的

一般に牧草の種子は育種家種子が作出されてから農家で栽培可能になるまでに、数世代の増殖が行われる。この数世代を経る間に大きな形質変化を起し、品種としての特性が失われては、育種の意味がなくなる^{138,167)}。しかしながら乾物消化率に対するこの種の研究はほとんど報告されていない。このため、品種の増殖に伴う乾物消化率の変化について検討し、今後の高乾物消化率品種育成の基礎的資料を得ようとした。

2. 試験方法

北海道立北見農業試験場で育成したノサップ¹⁵²⁾とセンボク¹⁵¹⁾を供試した。ノサップは4クローンによる合成品種法、センボクは35個体による集団選抜法により育成された品種で、両品種とも早生群に属する。1区面積6m²で4反復の乱塊法によ

り試験を行った。造成1年次2回、2年次3回の収穫を行い、乾物消化率の測定を行った。乾物消化率の測定は前述のセルラーゼ分解法(振とう法)によった。

3. 試験結果

ノサップ及びセンボクの乾物消化率を第35表に示した。ノサップは1年次の1番草の育種家種子と原々種子の間でやや大きい差を示すが、2番草や2年次の両種子の差は比較的小さく、2年次の平均乾物消化率の両種子間の差は0.1%であった。センボクは両種子の乾物消化率の差は1年次の2番草でやや大きく、2年次の差は比較的小さく、平均乾物消化率の差は1.3%であった。各番草における乾物消化率は世代間及び品種間に有意差は認められなかった。

4. 考 察

一般に世代による形質の変化は極く初期世代に大きく、世代が進むに従い小さくなる^{25,166)}。また

第35表 乾物消化率の世代間の変異

品 種 名	種子の世代	乾物消化率 (%)					
		1 年次		2 年次			平 均
		1 番草	2 番草	1 番草	2 番草	3 番草	
ノサップ	育種家(1)	65.1	82.7	68.8	69.7	85.8	74.8
	原々種(2)	69.9	84.6	68.5	70.1	85.5	74.7
	比率(2)ノ(1)	107	102	100	101	100	100
有 意 性		n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	—
センボク	育種家(1)	—	84.6	68.9	—	81.2	75.1
	市 販(3)	—	80.8	69.4	—	83.4	76.4
	比率(3)ノ(1)	—	96	101	—	103	102
有 意 性		—	n.s.	n.s.	—	n.s.	—

注：n.s.; 有意性を示さない。

この形質の変化は合成品種法で育成された品種において大きく、集団選抜法で育成された品種ではほとんど問題はないとされている⁷⁶⁾。このため本試験では合成品種法で育成されたノサップと集団選抜法で育成されたセンボクを供試し、その初期世代の乾物消化率の変化を検討した。

両品種の乾物消化率とも造成1年次の世代間の変化がやや大きい傾向を示すが、これは播種による栽培環境の一時的な不安定性による

変化と考えられる。2年次における乾物消化率の世代間の変化は比較的小さく、この両品種の初期世代における世代間の変異は無視できる程度と考えられた。一般的に倍数性の大きい作物ほど世代間の変化は小さく²⁵⁾、チモシーは6倍体作物であることから乾物消化率の世代間の変化は小さいものと考えられた。

世代間の形質の変化はその品種の構成母材により異なる¹⁶⁾。このため本試験で得られた結果がそのまま他の育成品種系統に応用できるとは限らないが、比較的少ない構成母材で育成されたノサップの世代間の変化が小さいことから、乾物消化率の世代間の変異は比較的小さいものと推測される。

また合成品種法で育成されたノサップと集団選抜法で育成されたセンボクの乾物消化率の世代間の変異の違いは明らかでなかった。

今後は乾物消化率を主目標に育成された品種系統の世代間の比較が必要と考えられた。

第3節 系統の実験的育成

1. 試験目的

乾物消化率選抜に対する前節までの試験結果から、乾物消化率は選抜可能な形質と判断された。

このため本試験では乾物消化率を主目標に選抜した系統を実験的に育成し、その乾物消化率について検討し、乾物消化率に対する選抜の効果を推定する。

2. 試験方法

1) 合成品種法による系統の育成：乾物消化率に関し未選抜の材料を供試した場合

乾物消化率に関して未選抜の早生群24クローンの後代検定を実施し、1番草の乾物消化率の最も高い3クローン及び最も低い3クローンを選抜した。選抜クローン間の多交配を行い、高乾物消化率系統と低乾物消化率系統を育成した。これらの系統と対照品種センボクを4反復の乱塊法により圃場に栽植した。造成3年次と4年次に年間3回の収穫を行い、乾物消化率の測定を行った。乾物消化率の測定は前述の Tilley and Terry 法によった。

2) 合成品種法による系統の育成：1番草乾物消化率で選抜した材料を供試した場合

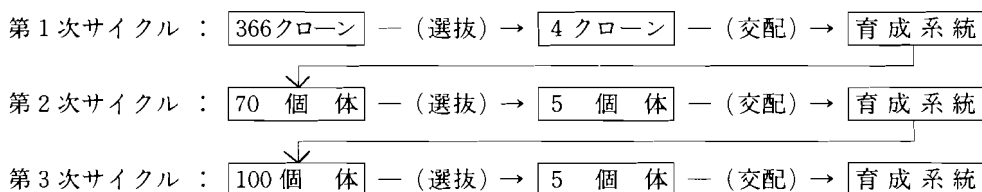
早生群に属する366クローンの1番草の乾物消化率を測定し、最も乾物消化率の高い28クローンを選抜した。選抜クローンの多交配後代検定を実施し、乾物消化率の最も高い5クローンを選抜した、クローン間の多交配により高乾物消化率系統を育成した。この系統と対照品種ノサップを4反復の

乱塊法で圃場に栽植した。造成1年次2回、2年次3回の収穫を行い乾物消化率の測定を行った。乾物消化率の測定は前述の Tilley and Terry 法によった。

3) 集団選抜法による系統の育成

前述2)の366クローンの1番草乾物消化率を測定し、最も乾物消化率の高い4クローンを選抜した。選抜クローン間の多交配により第1次サイクルの系統を育成した。

次いでこの系統の育種家種子から苗を養成し、



これら各群の乾物消化率を検討した。乾物消化率は前述のTilley and Terry法により測定した。

3. 試験結果

合成品種法と集団選抜法により実験的に系統を育成した。乾物消化率に関し未選抜の材料を供試した場合の結果を第36表に示した。乾物消化率の高い材料と低い材料から育成した2系統間の乾物消化率の差は、比較的小さいが、各番草とも有意性を示した。高消化率系統の乾物消化率は、センボクとの比較で3番草を除き有意性を示した。これらの系統の収量は第37表に示すとおり、高消化率系統は低消化率系統に比較し高い傾向を示し、3年次の合計収量は両系統間に有意差が認められた。

1番草の乾物消化率によって選抜された母材から育成された系統の乾物消化率を第38表に示した。

70個体を圃場に栽植した。この個体の1番草乾物消化率から、最も高い5個体を選抜した。選抜個体間の多交配により、第2次サイクルの系統を育成した。

更に第2次サイクルで育成した系統から100個体の苗を養成し、圃場に栽植した。この100個体から最も乾物消化率の高い5個体を選抜し、選抜個体間の多交配により、第3次サイクルの系統を育成した。この操作の概要を次に示す。

第36表 未選抜の母材から育成した系統の乾物消化率

品種系統	乾物消化率 (%)					
	3年次			4年次		
	1番草	2番草	3番草	1番草	2番草	3番草
高消化率系統	64.2	66.7	71.9	65.7	69.1	75.0
低消化率系統	63.1	64.5	70.5	64.4	66.8	72.4
センボク	62.7	64.4	71.1	63.4	66.7	73.7
l.s.d. (5%)	1.02	1.49	1.20	1.26	1.20	1.35

注：1) 両系統とも3クローンの合成。

第37表 未選抜の母材から育成した系統の収量

品種系統名	乾物収量 (Kg/a)							
	3年次				4年次			
	1番草	2番草	3番草	合計	1番草	2番草	3番草	合計
高消化率系統	73.1	35.6	16.2	124.9	50.2	14.2	12.4	76.8
低消化率系統	58.9	30.8	16.0	105.7	43.9	13.6	13.6	71.3
センボク	75.2	42.6	13.8	131.5	51.1	14.0	14.0	83.6
l.s.d. (5%)	n.s.	8.23	n.s.	18.67	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.

注：1) 両系統とも3クローンの合成。

2) n.s.; 有意性を示さない。

2年次の1番草に有意差が認められ、育成系統とノサップの乾物消化率の差は3.6%であった。育成系統の収量は第39表に示すとおりノサップと比較するとやや低い傾向を示した。

集団選抜法で育成した系統の乾物消化率を第40表に示した。選抜のサイクルが進むに従い平均乾物消化率が高くなった。特に第1次サイクルと第2次サイクルの平均値の差は3.1%でやや大きかった。しかしながらサイクルが進むに従い標準偏差及びレンジは小さくなった。

4. 考 察

乾物消化率に未選抜の材料を母材とした合成品種法において、高乾物消化率系統と低乾物消化率系統の乾物消化率の差は小さいが、各番草とも有意差を示した。この結果は乾物消化率に対する選抜の効果と考えられた。

1番草の乾物消化率で選抜した材料を母材とした合成品種は、2年次の1番草が有意性を示し、ノサップと比較し3.6%高い乾物消化率を示した。この結果は必ずしも乾物消化率に対する選抜の効果とは認められないが、ノサップの乾物消化率は、早生品種群では比較的高く¹⁵²⁾、育成系統の1番草がノサップより高い乾物消化率を示すことは、今後の乾物消化率の選抜に対する重要な知見と考えられる。

集団選抜法で育成した系統は選抜サイクルが進むに従い平均乾物消化率が高くなったが、この試験は同一年次の結果でないことから選抜の効果を確認することはできない。また各群のレンジが示すように乾物消化率の高い個体が選抜されるより低い個体が淘汰される結果となっている。しかしながら実際の育種操作上、集団選抜法での系統の育成が可能と推定された。

以上の結果と既に述べた遺伝力などから推測し

第38表 選抜母材から育成した系統の乾物消化率

品種系統名	乾物消化率 (%)				
	1年次		2年次		
	1番草	2番草	1番草	2番草	3番草
育成系統	66.0	79.9	72.4	66.5	85.1
ノサップ	65.1	82.7	68.8	69.4	85.8
l.s.d. (5%)	n.s.	n.s.	3.15	n.s.	n.s.

注：1) 育成系統は5クローンの合成。

2) n.s.; 有意性を示さない。

第39表 選抜母材から育成した系統の収量

品種系統名	乾物収量 (Kg/a)						
	1年次			2年次			
	1番草	2番草	合計	1番草	2番草	3番草	合計
育成系統	29.8	26.7	56.5	65.5	31.9	10.0	107.4
ノサップ	29.4	24.5	53.9	71.0	29.4	10.8	111.1
l.s.d. (5%)	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.

注：1) 育成系統は5クローンの合成。

2) n.s.; 有意性を示さない。

第40表 集団選抜法により育成した系統の乾物消化率

集 団 項 目	乾物消化率 (%)		
	第1次サイクル	第2次サイクル	第3次サイクル
	基礎集団	平均 61.9 標準偏差 4.0 レンジ 51.6~72.5 供試数 366クローン	平均 65.0 標準偏差 2.3 レンジ 61.0~70.2 供試数 70個体
上からの選抜個体群	平均 72.1 レンジ 72.4~72.5 供試数 4クローン	平均 68.8 レンジ 67.7~70.2 供試数 5個体	平均 70.3 レンジ 69.3~72.2 供試数 5個体

て、チモシーの乾物消化率を標準品種より有意に高めることは十分可能と判断された。しかしながら高乾物消化率系統の収量は、標準品種に比較し低い傾向を示す。既に述べた乾物消化率と収量の関係を考え合わせると、乾物消化率の選抜において、収量に対する十分な検討が必要と考えられる。

第4節 乾物消化率の幼苗検定

1. 試験目的

乾物消化率の選抜を行う場合、一般的に播種あるいは移植2年次以降の材料が供試される。これは2年次以降の材料が、播種や移植の影響が少なくなり、安定した生育を示す時期と考えられるからである。このことはまた供試材料を圃場に栽植して2年以上、乾物消化率の選抜が行えないことを意味する。このため選抜の効率化、育種年限短縮あるいは選抜精度の向上を目的として、幼苗に対する乾物消化率の選抜を試みた。

2. 試験方法

センボクの種子を育苗箱に播種し、温室（最高温度：22℃、最低温度：15℃、日長時間：15時間）で育苗した。

生育した幼苗を収穫し、水洗後乾燥し、その重量を秤量した。分解ビンに乾燥幼苗とセルラーゼ50mg、pH4.0の酢酸緩衝液50mlを入れ、40℃で24時間振とう分解した。分解前後の乾物重量差から乾物減量割合を算出し乾物消化率とした。幼苗は5葉期とその20日後の再生草を収穫し、乾物消化率測定用の試料とした。試料収穫後の再生個体を圃場に移植し、移植初年次1回、2年次2回収穫し、前述のセルラーゼ分解法（振とう法）により乾物消化率の測定を行った。

3. 試験結果

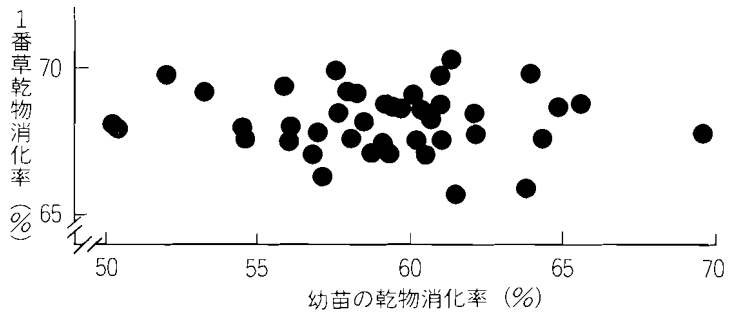
幼苗及び幼苗再生草と圃場に移植後の個体の乾物消化率を第41表に示した。幼苗及び幼苗再生草の乾物消化率は標準偏差や変異係数が比較的大きく、移植後の株の乾物消化率は、各番草とも幼苗に比較し、変異が小さかった。第11図及び第42表に示す幼苗と移植後の株の乾物消化率の相関は極く小さく、両乾物消化率の間に一定の傾向は認められない。

4. 考察

温室で育苗した幼苗の乾物消化率から圃場に栽

第41表 幼苗と圃場移植後の個体の乾物消化率

項目	乾物消化率 (%)				
	幼苗	幼苗再生草	1年次		2年次
			1番草	1番草	2番草
平均	58.9	58.4	69.8	68.2	66.2
標準偏差	3.92	4.01	1.79	1.04	1.94
変異係数	6.7	6.9	2.6	1.5	2.9
レンジ	19.4	20.1	7.3	4.6	8.2
供試数	44	44	41	44	44



第11図 幼苗と2年次1番草乾物消化率の関係

第42表 幼苗と圃場移植後の個体の乾物消化率の相関係数

	幼苗再生草	1年次		2年次
		1番草	1番草	2番草
幼苗	0.995**	0.124	-0.040	-0.238
幼苗再生草		0.116	-0.043	-0.263

注：1) **; 1%水準で有意性を示す。

植後の個体の乾物消化率を推測できれば、乾物消化率選抜のための育種操作は極めて効率的になる。このため幼苗と圃場に移植後の乾物消化率の関係を検討したが、両乾物消化率の間に一定の傾向は認められなかった。乾物消化率の変異が比較的小さい品種を供試したことが原因の一つと考えられるが、幼苗に対する乾物消化率の測定方法についても今後更に検討が必要と考えられた。

第6章 乾物消化率に及ぼす環境要因の影響

乾物消化率は牧草の生育環境から種々の影響を受けるが、生育環境と品種の交互作用が有意性を示す場合も少なくないと考えられる⁵⁴⁾。個体レベルにおいても品種と同様の影響が考えられ¹⁷⁾、乾物消化率の選抜において複雑な影響をもたらすが、このような例は牧草以外の作物においても同様に検討されている¹⁴⁰⁾。

本章ではチモシー5品種を供試し^{90, 151-153)}種々の生育環境が、乾物消化率に与える影響を検討し、今後の乾物消化率選抜における基礎的資料を得ようとした。

第1節 乾物消化率に及ぼす生育温度の影響

1. 試験目的

チモシーは冷涼な気象に適し、越冬性は極めて強いが、反面高温や土壌乾燥に弱い欠点を持っている¹⁴⁰⁾。一般にチモシーは比較的気象に敏感な草種で⁶¹⁾、温度に対する反応は品種間で異なると考えられるが、生育温度と乾物消化率の関係について品種間差を報告している例は少ない。このため生育温度がチモシー品種の乾物消化率に及ぼす影響を検討した。

2. 試験方法

チモシー5品種(第43表参照)を供試し、1品種4クローンを1ポットに移植し、昼/夜温を15/10(低温区)、23/18(標準区)及び31/26(高温区)℃に設定した温室で30日間栽培した。試験終了時に茎葉を収穫し、前述のセルラーゼ分解法(振とう法)により乾物消化率の測定を行った。試験は主区に温度処理、細区に品種を配する2反復の分割区法で実施した。

3. 試験方法

各温度処理における供試品種の乾物消化率を第43表に示した。考察を容易にするため参考として生育温度と収量の関係を第12図に示した。茎葉及び葉身ともに生育温度が高くなるに従い乾物消化率は有意に低下した。低温区と高温区の乾物消化率の差は、茎葉平均で5.8%、葉身平均で5.3%と大きく、交互作用は有意性を示さなかったが、低下割合の大きい品種はホクシュウで、平均乾物消化率の高い品種はクンプウ、ホクシュウであった。

4. 考察

乾物消化率に及ぼす生育温度の影響は明らかで、各品種とも生育温度が高くなるに従い乾物消化率は有意に低下した。品種と生育温度の交互作用は有意水準以下で、高温による乾物消化率の低下傾向は品種を問わずチモシーに共通的な現象と考えられる。

乾物消化率の低下に影響を及ぼす要因の一つとして、植物体に可溶性炭水化物の蓄積が少ないこ

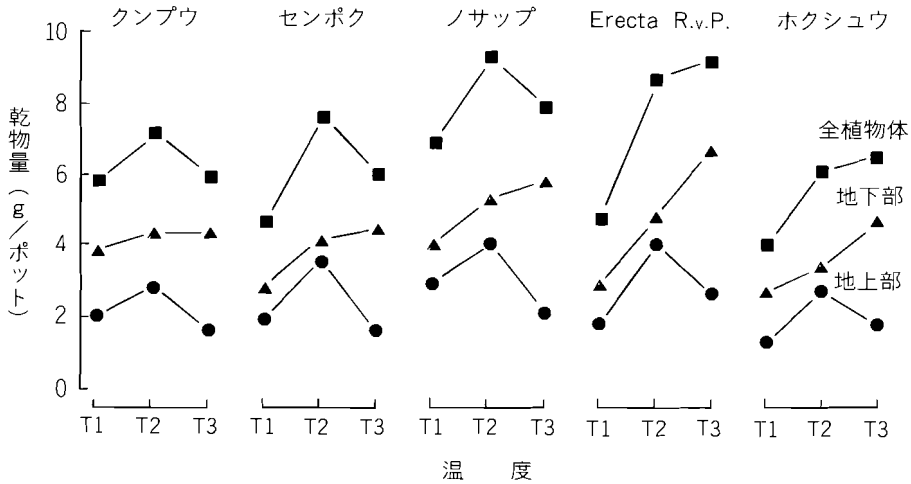
第43表 1番草の乾物消化率に及ぼす生育温度の影響

部位	品 種 名	乾物消化率 (%)			有 意 性		
		T 1	T 2	T 3	温度	品種	交互作用
茎葉	クンプウ	68.2	70.7	73.8			
	センボク	66.9	70.1	72.4			
	ノサップ	66.6	68.8	72.7	*	**	n.s.
	エレクトタ	67.1	68.1	72.4			
	ホクシュウ	67.5	70.1	73.7			
	平 均	67.2	69.5	73.0			
葉身	クンプウ	68.6	71.9	74.2			
	センボク	67.4	70.3	72.6			
	ノサップ	67.6	69.3	73.2	*	**	n.s.
	エレクトタ	69.1	69.2	73.0			
	ホクシュウ	68.4	70.5	74.5			
	平 均	68.2	70.2	73.5			

注：1) T1, T2, T3; 31/26, 23/18, 15/10℃(昼/夜温)。

2) *, **, 5%, 1%水準で有意性を示す。

n.s.; 有意性を示さない。



第12図 チモシーの生育に及ぼす温度の影響

注：1) T1, T2, T3; 31/26, 23/18, 15/10°C (昼/夜温)。

とが考えられる。生育温度が上昇すると呼吸作用が増大し、可溶性炭水化物が消費され、急激に減少する。可溶性炭水化物の消化率は極めて高いことから、この呼吸作用による減少は乾物消化率の低下をもたらすものと考えられる¹³²⁾。

乾物消化率の品種間差は明らかであるが、第12図に示す地上部重、地下部重並びに全植体重に認められる品種と生育温度の交互作用は乾物消化率に認められず、高温による乾物消化率の低下傾向は生育の良否に影響されなかった。

このため極端に生育温度の異なる季節間での選抜や、生育温度の異なる圃場間での選抜には、生育温度による乾物消化率の変動について考慮する必要があろう。

また今後は高温条件下で乾物消化率の低下しない品種育成のための選抜方法の検討や育種材料の導入が必要と考えられる。

第2節 乾物消化率に及ぼす土壌水分の影響

1. 試験目的

チモシーは湿潤な土壌にも良く生育するが、反面高温と土壌の乾燥に弱い欠点を持っている。一

般に土壌水分と生育反応の関係は各作物の最適水分条件について報告されているが⁸⁶⁾、土壌水分と牧草の乾物消化率の関係を明らかにしている例は少ない。このため土壌水分がチモシー品種の乾物消化率に及ぼす影響を検討した。

2. 試験方法

チモシー5品種(第44表参照)を供試し1品種4クローンを1ポットに移植し、土壌水分を最大容水量の82%(高水区)、63%(中水区)及び39%(低水区)に調節し、温室(最高温度22°C、最低温度15°C)で65日間栽培した。試験期間中高水区の出穂日と試験終了時の2回収穫し、前述のセルラーゼ分解法(振とう法)により乾物消化率の測定を行った。試験は主区に土壌水分、細区に品種を配する2反復の分割区試験法で実施した。

3. 試験結果

各土壌水分処理における供試品種の乾物消化率を第44表に示し、考察の参考として各収穫時の乾物重を第13図に示した。高水区と低水区の乾物消化率の比較では、1番草、2番草ともに明らかに中水区が小さく、高水区と低水区の比較では、品種により傾向が異なった。中水区と低水区の比較では、低水区が大きい傾向を示した。葉身乾物消化率を除き、土壌水分処理間に有意性が認められ

るとともに、土壤水分と品種の交互作用は有意性を示し、土壤水分に対する乾物消化率の反応は品種により異なった。

4. 考 察

一般に牧草の乾物消化率は多湿条件よりやや乾燥条件で栽培される方が小さいと考えられる。この理由は乾燥条件で栽培される牧草中の可溶性炭水化物が少ないことによるもので¹⁴⁰⁾、このような条件は本試験の高水区と中水区の關係に当てはまるものと考えられる。一方第13図に示す低水区のように、より強い乾燥ストレスによって生育遅延が起こる場合、正常に生育している牧草に比較し乾物消化率は大きく、牧草中成分は窒素、可溶性炭水化物が高く、繊維類が低い^{134,164)}。このような条件は本試験の高水区と低水区あるいは中水区と

低水区の關係に相当するものと考えられる。

しかしながら土壤水分が乾物消化率に対し、有意な影響を及ぼさないとする報告もあり⁴²⁾、草種、品種により土壤水分から受ける影響は異なる。本試験においても土壤水分と品種の交互作用は有意性を示し、土壤水分に対する乾物消化率の品種反応は明らかに異なった。第13図に示す乾物重は1・2番草ともに土壤水分と品種の交互作用が有意性を示し、中水区と低水区で品種反応が異なり、品種間の生育の差が、乾物消化率に影響を及ぼしたものと考えられた。この結果から牧草が徒長したり、しおれたりする異常な土壤水分条件での選抜は、土壤水分による乾物消化率の変動に十分な注意が必要と推測された。

第44表 乾物消化率に及ぼす土壤水分の影響

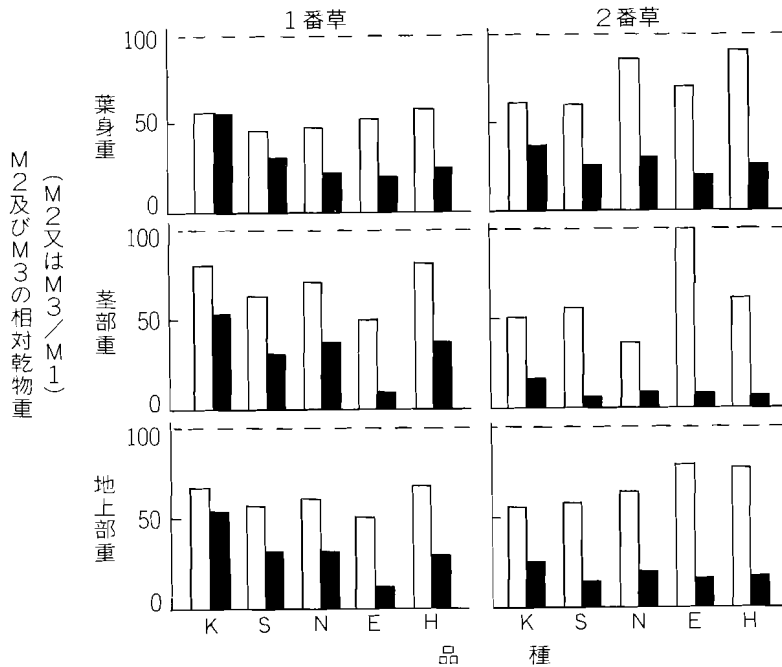
番 草	部 位	品 種 名	乾物消化率 (%)			有 意 性					
			M 1	M 2	M 3	水分	品種	交互作用			
1 番草	葉身	クンプウ	72.5	72.3	75.6	n.s.	**	*			
		センボク	70.7	70.5	73.9						
		ノサップ	71.4	70.1	71.0						
		エレクト	71.1	69.6	74.7						
		ホクシュウ	71.8	70.3	71.1						
		平 均	71.5	70.5	73.2						
	茎部	クンプウ	64.8	64.3	67.6						
		センボク	65.5	64.4	71.6						
		ノサップ	65.7	64.6	65.1				*	**	**
		エレクト	64.5	62.7	74.7						
		ホクシュウ	68.4	66.8	69.2						
平 均	65.8	64.5	69.6								
2 番草	茎葉	クンプウ	69.0	68.3	67.3						
		センボク	67.2	65.9	67.7						
		ノサップ	69.2	68.8	69.2				*	**	*
		エレクト	70.5	66.6	68.0						
		ホクシュウ	69.6	68.5	70.6						
		平 均	69.1	67.6	68.5						

注：1) M1, M2, M3; 土壤水分82, 63, 39% (最大含水量比)。

2) 茎部は葉鞘と穂を含む。

3) *, **, 5%, 1%水準で有意性を示す。

n.s.; 有意性を示さない。



第13図 チモシーの生育に及ぼす土壤水分の影響

注：1) M1, M2, M3; 土壤水分82, 63, 39% (最大含水量比)。

白抜き部; M2, 黒塗り部; M3。

2) 茎部は葉鞘と穂を含む。

3) K, S, N, E, H; クンプウ, センボク, ノサップ, エレクトア, ホクシユウ。

第3節 乾物消化率に及ぼす日射量の影響

1. 試験目的

チモシーは比較的気象に敏感で、早春の強い日射量下で急激な生育を示すが、反面他の寒地型牧草に比較すると耐陰性が劣ると考えられる。一般に陽性植物は低日射量下で生育や光合成速度が低下するが、飼料成分も同様の影響が予想され、その低下の程度は植物の種類や品種により異なると考えられる¹²⁶⁾。このため日射量がチモシー品種の乾物消化率に及ぼす影響を検討した。

2. 試験方法

チモシー5品種(第45表参照)を供試し、1品種4クローンを1ポットに移植し屋外で栽培した。日射量は黒色寒冷紗による遮光により全日射量の100% (標準区)、45% (45%区) 及び16% (16%区) とした。試験期間中標準区の出穂日と試験終

了時の2回収穫し、前述のセルラーゼ分解法(振とう法)により乾物消化率の測定を行った。試験は主区に日射量、細区に品種を配する2反復の分割区試験法で実施した。

3. 試験結果

各処理における供試品種の乾物消化率を第45表に示し、参考のため各収穫時の乾物重を第14図に示した。1番草の乾物消化率は葉身、茎部ともに日射量が低下するに従い有意に小さくなった。乾物消化率の低下割合は各品種とも茎部に比較し葉身の低下割合が大きかった。品種間ではクンプウが他の品種より大きかった。2番草の乾物消化率は標準区に比較すると、45%区は各品種とも小さく、45%区と16%区の比較では各品種とも16%区が大きかった。1・2番草とも処理間が有意性を示し、品種と日射量の交互作用は有意性を示さなかった。

4. 考 察

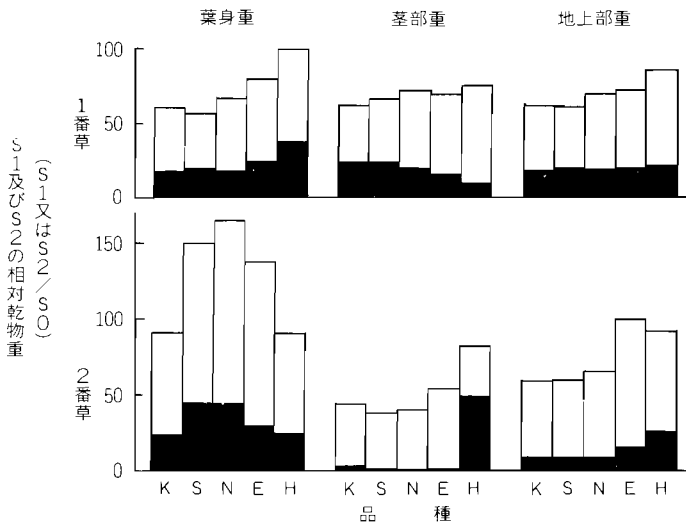
一般に日射量が減少すると、乾物消化率は低下すると考えられる¹²⁵⁾。乾物消化率の低下に影響を及ぼす要因の一つに、植物体に可溶性炭水化物の蓄積が少ないことが考えられる。日射量が減少すると、光合成能力を高めるため植物体に窒素化合物が増加し、炭水化物の合成は抑制されることが知られている³⁾。日射量の減少で比葉面積 (SLA) の増加など、植物体に形態的な変化が認められるが、植物体成分についても同様の適応的な変化が起こっているものと考えられた。

1 番草の乾物消化率は葉身、茎部とも日射量の減少に従い低下し、各品種とも同じ傾向であった。2 番草は 1 番

第45表 乾物消化率に及ぼす日射量の影響

番 草	部 位	品 種 名	乾物消化率 (%)			有 意 性		
			S 0	S 1	S 2	日射量	品種	交互作用
1 番草	葉 身	クンプウ	74.9	72.8	69.1			
		センポク	73.4	71.1	67.6			
		ノサップ	75.0	72.7	68.2			
		エレクト	72.6	68.2	68.0	**	**	n.s.
		ホクシュウ	71.5	69.1	68.5			
	平 均	73.5	70.8	68.3				
	茎 部	クンプウ	71.3	68.4	66.8			
		センポク	69.6	67.2	66.9			
		ノサップ	68.4	66.8	66.6	*	n.s.	n.s.
		エレクト	67.9	66.8	65.8			
ホクシュウ		70.2	68.3	67.9				
平 均	69.5	67.5	66.8					
2 番草	茎 葉	クンプウ	71.6	69.1	70.9			
		センポク	69.2	68.2	71.2			
		ノサップ	68.3	67.7	70.0	**	*	n.s.
		エレクト	71.6	69.4	69.8			
		ホクシュウ	73.8	71.7	72.1			
		平 均	70.9	69.2	70.8			

注：1) S0, S1, S2; 日射量100, 45, 16% (全日射量比)。
 2) 茎部は葉鞘と穂を含む。
 3) *, **, 5%, 1%水準で有意性を示す。
 n.s.; 有意性を示さない。



第14図 チモシーの生育に及ぼす日射量の影響

注：1) S0, S1, S2; 日射量100, 45, 16% (全日射量比)。

白抜き+黒塗り部; S1, 黒塗り部; S2。

2) K, S, N, E, H; クンプウ, センポク, ノサップ, エレクト, ホクシュウ。

草と傾向は異なり、第14図に示すとおり生育不良な16%区は45%区より大きい乾物消化率を示した。日射量と品種の交互作用は1・2番草とも有意性を示さなかったことから、日射量の減少に伴う乾物消化率の変化はチモシーに一般的な現象で、他の草種にも共通するものと考えられる¹²⁵⁾。一方第14図に示す乾物重は1・2番草ともに日射量の減少に従い小さくなり、品種と日射量の交互作用が有意性を示すことから、2番草のように極端な生育不良の場合を除き、日射量の減少に伴う乾物消化率の低下傾向はチモシーの生育に影響されないものと考えられた。この結果から乾物消化率の選抜において日射量の影響は小さいと推測されるが、日射量の異なる年次間の選抜には注意が必要と考えられた。低日射条件は栽培技術で対応できない気象要因の一つであるが、今後は低日射量下で乾物消化率の低下しない品種育成のための検定方法の開発や育種母材の導入が必要と考えられる。

第4節 乾物消化率に及ぼす窒素施肥と土壌の影響

1. 試験目的

チモシーは比較的地域適性が広く、各種の土壌、気象によく適応し、一つの品種が比較的広い地域に栽培されるのが普通である。しかしながら前節までに述べたように栽培環境の違いにより品種の反応は異なり、他の作物より高い広域適応性を持ちながら最適生育条件は品種により異なると考えられる。また乾物消化率はチモシーの生育と同様に栽培環境に左右される。このため窒素施肥と土壌の違いがチモシー品種の乾物消化率に及ぼす影響を検討した。

2. 試験方法

チモシー5品種(第46表参照)を供試し、1品種4クローンを1

ポットに移植し、屋外で栽培した。窒素施肥量は窒素施用区(ポット当たり硫酸2g)と窒素無施用区とした。供試土壌は北海道訓子府町(湿性黒色火山性土)、清里町(褐色火山性土)及び網走市(褐色火山性土)採取土⁶⁵⁾、試験期間中各品種の出穂日と試験終了時の2回収穫し、前述のセルラーゼ分解法(振とう法)により乾物消化率の測定を行った。試験は主区に窒素施肥量、細区に土壌、細々区に品種を配する2反復の分割区試験法により実施した。

3. 試験結果

窒素施肥による乾物消化率の変化を第46表に示した。1・2番草とも窒素施肥により各品種の乾物消化率は有意に増加した。2番草は交互作用が有意性を示した。

土壌の違いによる乾物消化率の変化を第47表に示した。1番草の乾物消化率は葉身、茎部ともにクンプウを除く4品種は訓子府土が最も大きかった。クンプウは逆に訓子府土が小さかった。2番草の乾物消化率は1番草と逆の傾向を示した。

第46表 乾物消化率に及ぼす窒素施肥の影響

番 草	部 位	品 種 名	乾物消化率(%)		有 意 性		
			N 0	N 1	窒素	品種	交互作用
1 番草	葉身	クンプウ	70.9	71.9			
		センボク	71.3	72.3			
		ノサップ	70.8	72.1	*	**	n.s.
		エレクト	67.9	69.3			
		ホクシュウ	67.4	68.9			
		平 均	69.6	70.9			
	茎部	クンプウ	67.4	68.4			
		センボク	68.6	70.6			
		ノサップ	65.6	68.6	**	**	n.s.
		エレクト	65.2	67.9			
	ホクシュウ	67.0	68.1				
	平 均	67.0	68.7				
2 番草	茎葉	クンプウ	66.4	68.1			
		センボク	64.7	67.1			
		ノサップ	66.4	67.0	**	**	**
		エレクト	67.6	68.5			
		ホクシュウ	69.7	74.5			
		平 均	66.7	69.0			

注：1) N0, N1; 無窒素区, 窒素施肥区。

2) 茎部は葉鞘と穂を含む。

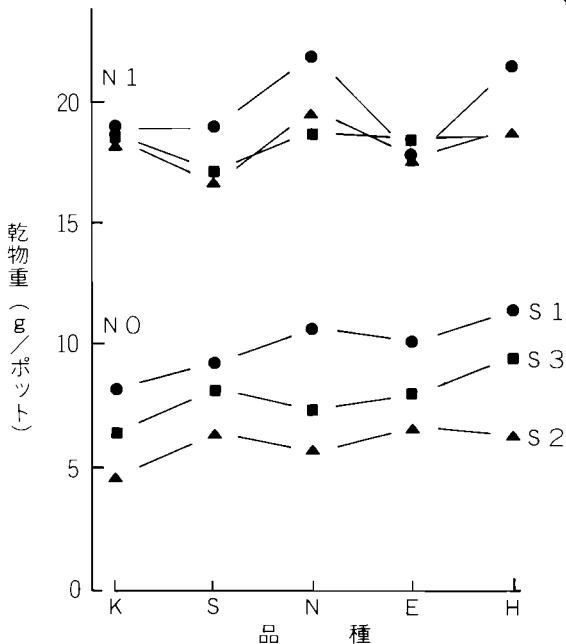
3) *, **, 5%, 1%水準で有意性を示す。

n.s.; 有意性を示さない。

4. 考 察

窒素施肥量や土壌の違いが牧草の生育に及ぼす影響は古くから研究されているが、第15図に示すように品種の反応は複雑である^{77,83)}。同様に乾物消化率や飼料成分に及ぼす影響も報告されているが^{142,165)}、本試験においては窒素施肥により各品種の乾物消化率は有意に増加し、2番草は交互作用が有意性を示し、品種により傾向は異なった。

土壌の違いによる乾物消化率の影響は1番草葉身乾物消化率に示され、土壌及び交互作用が有意性を示した。このように土壌の違いによる品種の乾物消化率が異なる反応を示す理由は、



第15図 チモシーの生育に及ぼすN施肥と土壌の影響

注：1) N0, N1; 無N区, N施肥区。
 2) S1, S2, S3; 訓子府町, 清里町, 網走市採取土。
 3) K, S, N, E, H; クンプウ, センポク, ノサップ, エレクタ, ホクシュウ。

第47表 乾物消化率に及ぼす土壌の影響

番 草 部 位	品 種 名	乾物消化率 (%)			有 意 性			
		S 1	S 2	S 3	土 壌	品 種	交 互 作 用	
1 番 草 葉 身	クンプウ	71.1	71.0	72.1				
	センポク	72.6	70.7	72.2				
	ノサップ	72.7	70.1	71.6	**	**	*	
	エレクタ	70.0	66.7	69.2				
	ホクシュウ	69.0	67.8	67.8				
	平 均	71.1	69.3	70.6				
	茎 部	クンプウ	67.1	68.9	67.8			
		センポク	70.2	69.2	69.5			
		ノサップ	67.6	67.0	66.8	n.s.	**	n.s.
		エレクタ	67.9	66.0	65.8			
		ホクシュウ	68.5	67.1	67.2			
平 均		68.3	67.6	67.4				
2 番 草 茎 葉	クンプウ	68.1	66.2	67.5				
	センポク	65.9	66.7	65.2				
	ノサップ	66.3	67.0	67.0	n.s.	**	n.s.	
	エレクタ	67.1	68.4	68.7				
	ホクシュウ	72.2	72.6	71.6				
	平 均	67.9	68.2	68.0				

注：1) S1, S2, S3; 訓子府町, 清里町, 網走市採取土。
 2) 茎部は葉鞘と穂を含む。
 3) *, **, 5%, 1%水準で有意性を示す。
 n.s.; 有意性を示さない。

本試験の範囲内では不明で、今後の検討が必要である。

以上の結果から乾物消化率選抜時において、窒素の施肥量は選抜母材の適量とし、その範囲を大きく逸脱することは避けるべきであろう。そして選抜母材の適当な窒素施肥量は母材の生育状態によって判断するのが妥当と考えられる。土壌の違いによる乾物消化率の変動は、土壌の異なる圃場間で選抜を行う場合注意が必要と考えられた。

第5節 乾物消化率に及ぼす日長時間の影響

1. 試験目的

チモシーは長日下で節間伸長し、花芽分化するが、品種により日長に対する反応は異なると考えられる。一方日長時間の違いと牧草生育の関係は古くから研究されているが^{5,59}、飼料成分においても生育の変化と同様に、大きい影響が考えられる^{6,14}。しかしながら日長時間と乾物消化率あるいは飼料成分の関係を品種との関連で検討した報告は少ない。このため日長時間がチモシー品種の乾物消化率に及ぼす影響を検討した。

2. 試験方法

チモシー5品種(第48表参照)を供試し1品種4クローンを1ポットに移植し、日長時間を15時間及び22時間に設定した温室(最高温度22℃、最低温度15℃)で栽培した。15時間区は4～19時、22時間区は0～22時を昼時間とした。各品種の出穂日に収穫し、前述のセルラーゼ分解法(振とう法)により乾物消化率の測定を行った。試験は主区に日長時間、細区に品種を配する2反復の分割区試験法で実施した。

3. 試験結果

日長時間の違いによる乾物消化率の変化を第48表に示し、参考のため乾物重を第16図に示した。乾物消化率は各品種とも15時間区に比較し22時間区が高く、15時間区に対する22時間区の乾物消化率の増加割合は、ノサップが葉身、茎部ともに大

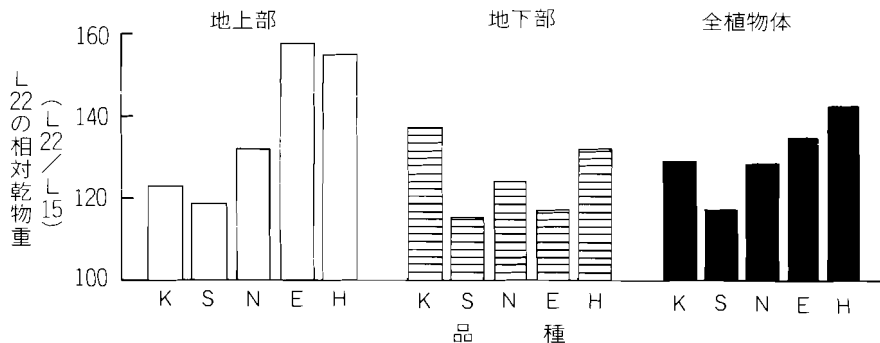
第48表 1 番草乾物消化率に及ぼす日長時間の影響

部位	品 種 名	乾物消化率(%)		有 意 性		
		L15	L22	日長	品種	交互作用
葉身	クンプウ	71.6	72.6			
	センポク	68.7	69.5			
	ノサップ	71.3	75.5	*	**	**
	エレクトタ	74.3	76.8			
	ホクシュウ	70.3	71.5			
	平 均	71.2	73.3			
茎部	クンプウ	67.2	70.7			
	センポク	68.0	68.7			
	ノサップ	69.8	75.0	*	**	**
	エレクトタ	73.4	75.7			
	ホクシュウ	68.0	69.2			
	平 均	69.3	71.5			

注：1) L15, L22; 15時間, 22時間日長。

2) 茎部は葉鞘と穂を含む。

3) *, **, 1%, 5%水準で有意性を示す。



第16図 チモシーの生育に及ぼす日長時間の影響

注：1) L15, L22; 15時間, 22時間日長。

2) K, S, N, E, H; クンプウ, センポク, ノサップ, エレクトタ, ホクシュウ。

きかった。葉身及び茎部乾物消化率ともに日長時間、品種及び交互作用が有意性を示し、乾物消化率に及ぼす日長時間の影響は品種により異なることが明らかになった。

4. 考 察

本試験で設定した15時間日長は北海道北見地方の夏至の日長時間に相当し、22時間日長は我が国の自然条件では得られない極めて長い日長時間である。しかしながらこのように日長時間の差を大きくすることにより、品種の持つ日長反応の違いを顕在化できると考えた。

日長時間の違いによる乾物重の変化は第16図に示すとおり、品種によって異なり、品種と日長時間の交互作用が有意性を示した。同様に乾物消化率も品種によりかなり異なった変化を示す。すなわちセンポクは葉身、茎部乾物消化率ともに15時間区と22時間区の差は小さく、逆にノサップは葉

身、茎部ともにその差は大きい。エレクタ及びホクシュウの15時間区と22時間区の乾物消化率の差はやや大きく、葉身、茎部ともにセンポクとノサップの間に位置する。クンプウは葉身乾物消化率で15時間区と22時間区の差は小さく、茎部の差はやや大きかった。しかしながら乾物消化率が品種及び植物部位で異なる日長反応を示す理由は本試験の範囲内では不明で、今後更に検討が必要であろう。以上のように葉身及び茎部乾物消化率の日長時間による違いにより、品種の群別が可能であった。

以上の結果乾物消化率に及ぼす日長時間の影響は大きく、数年にわたり乾物消化率の選抜を行う場合、日長時間の同一時期での選抜が必要と考えられる。更に今後は日長時間による影響の小さい品種を育成するための検定方法の開発が必要と考えられた。