

積雪地におけるLolium属品種・系統の農業的特性の変異と クラスター分析による分類

誌名	日本草地学会誌
ISSN	04475933
著者	田瀬, 和浩 小林, 真
巻/号	40巻3号
掲載ページ	p. 246-256
発行年月	1994年10月

積雪地における *Lolium* 属品種・系統の農業的特性の変異と クラスター分析による分類

田瀬和浩・小林 真*

要 旨

田瀬和浩・小林 真 (1994) : 積雪地における *Lolium* 属品種・系統の農業的特性の変異とクラスター分析による分類. 日草誌 40, 246-256.

わが国の積雪地に適したイタリアンライグラス (*Lolium multiflorum* LAM.) の品種育成のための基礎資料として, イタリアンライグラスの 38 品種・系統, その他の *Lolium* 属 6 種 13 品種・系統, *L. hybridum* の 1 品種及び *Festuca-Lolium hybrid* の 2 品種の計 54 品種・系統を供試し, 農業的特性の変異を検討し, クラスター分析による分類を試みた。

各品種・系統の耐雪性と 1 番草の乾物収量との間には有意な相関関係が認められ, 積雪地帯においては耐雪性の強弱が, 収量に直接影響しているものと考えられた。また, 耐雪性と出穂期との関係では, 早生, 中生群の中に耐雪性に優れる品種・系統が多数存在した。草型及び越冬性に関しては, 一般に早生ほど直立型で, 越冬性が不良となり, 晩生になるにしたがってほふく型で, 越冬性が良好であった。

25 の農業形質に基づいてクラスター分析を行った結果, 8 クラスターに群別できた。クラスター I は *L. multiflorum* から構成され, 耐雪性に優れ, 収量が多く, 草丈, 葉身長, 穂長も長く大型である。クラスター II も *L. multiflorum* から構成され, クラスター I よりも耐雪性, 収量性は劣るが, 出穂期が早く, クラスター I より小型である。クラスター III は *L. multiflorum*, *L. perenne*, *L. hybridum* 及び *Festuca-Lolium hybrid* から構成され, 耐雪性, 収量性はクラスター I と同様に高いが, 出穂期が最も遅く, ほふく型で越冬性に優れる。クラスター IV は *L. multiflorum* から構成され, 最も出穂期が早く, 直立型である。クラスター V は *L. strictum*, *L. rigidum* 及び *L. subulatum* から構成され, 耐雪性が最も弱く, ほふく型で穂数, 茎数が多い。クラスター VI は自殖性種の *L. remotum*, *L. temulentum* から構成され, 出穂期がクラスター IV に次いで早く, 収量及び再生が最も低い。クラスター VII は *L. temulentum* から構成され, 種子千粒重が最も重い。クラスター VIII も *L. temulentum* から構成され, 最も直立性が高い。

以上, 積雪地における *Lolium* 属の種, 品種・系統の特性評価により, 積雪地においては, クラスター I 及び III が重要であることが明らかとなった。

キーワード: クラスター分析, 収量, 耐雪性, 農業的特性, *Lolium* 属.

緒 言

TERRELL⁶⁾ は, *Lolium* 属を *L. multiflorum* LAM. (イタリアンライグラス), *L. perenne* L. (ペレニアルライグラス), *L. rigidum* GAUD. (ウィメラライグラス), *L. canariense* STEUD., *L. temulentum* L., *L. persicum* BOISS. & HOHEN, *L. subulatum* VIS. 及び *L. remotum* SCHRANK の 8 種に分類した。なお, *L. strictum* PRESL は *L. rigidum* の異名として取り扱っている。このうち適応性の大きいペレニアルライグラス, イタリアンライグラス

及びウィメラライグラスの 3 種が, 栽培種として世界各地に広く分布している。わが国においても, 主に放牧用としてペレニアルライグラスが, 採草用としてイタリアンライグラスが栽培されている。

イタリアンライグラスは地中海地方の原産で, 北イタリアにおいて初めて栽培され, 19 世紀にフランス, スイスに入り, 以後世界各地で広く栽培されている。現在, わが国における単播栽培の面積は, 約 9 万 ha に及び, マメ科牧草等との混播栽培も含めると 12 万 ha を越え, 牧草類のうちで重要な草種の一つになっている。イタリアンライグラスは初期生育が良好で乾物生産性が高く, 短期間に多収をあげることができるが, 夏期の高湿・乾燥, 冬期の低温・積雪が, 生育上の最大の制限要因となっている。また, 寒地型イネ科牧草の中では, 永続性

北陸農業試験場 (943-01 新潟県上越市稲田 1-2-1)

* 現在: 熱帯農業研究センター沖縄支所 (907 沖縄県石垣市真栄里川良原 1091-1)

が劣り水田裏作や輪作体系の中で利用されているが、多年利用には向かず生育期間の拡大も望まれている。そのため、暖地においては主に耐暑性及び耐病性が、寒冷・積雪地においては耐雪性及び耐寒性の強化が求められている。特に北陸地域のような積雪地帯においては、長期にわたる積雪のため冬作物の生産が極めて不安定であり、これらが飼料基盤を狭いものになっている。

1960～1970年代に、わが国の暖地、寒冷・積雪地において、イタリアンライグラスの品種・在来種について、特性を評価した例が報告されている²⁻⁵⁸⁻¹⁰⁾が、クラスター分析による報告やイタリアンライグラス以外の *Lolium* 属の種の農業的特性について、積雪地で評価した例はほとんどない。

本試験では、積雪地においてイタリアンライグラスの市販品種や国内外の育成系統を中心に、その他の *Lolium* 属の種、品種・系統並びにイタリアンライグラスと *Festuca* 属との属間雑種を用い、出穂期、耐雪性、収量等、25の農業的形質について調査すると共に、クラスター分析により分類し、育種素材としての有用性を評価した。

材料及び方法

イタリアンライグラスは北陸農試で育成された5品種・系統、わが国の他の諸機関で育成された11品種・系統、民間で育成された13品種・系統及び海外で育成された9品種の計38品種・系統を供試した。これらのうち積雪地で育成された耐雪性品種・系統はウツキアオバ、ワセアオバ、新潟早生、新潟系、高系18号、ミユキアオバ及びナガハヒカリの7品種・系統である。また、イタリアンライグラス以外の種として1986年10月にUJNR(天然資源の開発利用に関する日米会議)を通じて、アメリカ農務省より導入した *Lolium* 属6種13品種・系統、イタリアンライグラスとペレニアルライグラスとの種間雑種 (*L. hybridum*) の1品種及びイタリアンライグラスと *Festuca* 属との属間雑種 (*Festuca-Lolium hybrid*) の2品種を供試した。なお、*Festuca-Lolium hybrid* は *Lolium* 属の種ではないが、*Lolium* 属の変異の拡大には属間雑種は有効であり、既に品種も育成されていることから、積雪地においてその特性を *Lolium* 属の種とともに評価するために材料に加えた。また、*Lolium* 属のうち *L. temulentum* と *L. remotum* は自殖性の種である¹⁶⁾。出穂期及び草型等の主に形態的形質は個体植試験で、収量、草勢等は条播試験で評価した。

1. 個体植試験

1990年9月18日に、畦間0.65m、株間0.30mで、1区20個体の3反復乱塊法で北陸農試圃場に播種した。施肥量は基肥として、発芽後2週間目にN:0.5、P₂O₅:1.0、K₂O:0.5kg/aを施用し、早春の萌芽期にN:0.3、K₂O:0.15kg/aを施用した。調査形質は以下に示すとおりである。但し、耐寒性の評価は長野種畜牧場(現家畜改良センター長野牧場)において、1990年9月21日に北陸農試圃場での試験と同様の方法で播種して行った。長野種畜牧場現地圃場は、積雪が殆どなく、雪腐病による被害は発生せず、平年の平均最低気温が-8.5℃、最低極値気温が-15.0℃と極めて低くなるため耐寒性のみが評価できる。

(1)出穂期:各個体の40～60%の茎が出穂を始めた日。(2)草型:節間伸長開始直前における株の外周を形成する茎と地表がつくる角度に基づき直立=1、ほふく=9とする評点。(3)耐雪性:雪解け2週間後における各品種・系統の生存個体率。(4)耐寒性:早春における各品種・系統の生存個体率。(5)穂数及び茎数:穂揃期における出穂茎及び全茎数を計数。(6)穂長:穂揃期1～2週間後における穂の最下位1次枝梗基部から先端までの長さを測定。(7)葉身長及び葉幅:止め葉の下第1葉の葉身の長さ及び最大葉幅を測定。(8)稈径:穂首直下節間の稈の長径を測定。(9)小穂数:穂揃期において1穂に着生する小穂の数を計数。(10)千粒重:種子100粒を3反復秤量して算出。

2. 条播試験

1990年9月18日に、条間0.70m、播幅0.10m、畦長1.00m、の3反復乱塊法で北陸農試圃場に播種した。施肥量は基肥として、発芽2週間後にN:0.5、P₂O₅:1.0、K₂O:0.5kg/aを施用し、早春の萌芽期及び各刈取り後にN:0.3、K₂O:0.15kg/aを施用した。調査形質は以下に示すとおりである。(1)初期草勢:播種40日後に生草収量を推定し、極不良=1、極良=9とする評点。(2)収量(生草収量、乾物収量、乾物率):各品種・系統毎に1番草と2番草の出穂期に刈取り調査。(3)草丈:越冬前、1番草刈取り時及び2番草刈取り時に測定。(4)再生程度:各刈取り1週間後に極不良=1、極良=9として評点。(5)倒伏程度:1番草の出穂期に無及び極少=1、甚=9として評点。(6)越冬性:早春における枯死率、再生率率、葉枯程度より総合的に判定し、極不良=1、極良=9とする評点。(7)越夏性:越夏後の初秋に、畦が10cm以上裸地となった部分を10%単位で概略積算し判定。

なお、クラスター分析は、農林水産研究計算センターのメーカーアプリケーションプログラムDAISYを用い

Table 1. Five main characteristics of fifty-four cultivars and strains.

Maturity	No.	Species	Cultivar or strain	Country	Ploidy	Characteristics				
						Heading date ^{a)}	Dry matter yield of 1st cutting (kg/a)	Plant type ^{b)}	Snow endurance ^{c)}	Summer endurance ^{d)}
Very early	1	<i>L. multiflorum</i>	Sakurawase	Japan	2	16	37	4.1	26	100
	2	<i>L. multiflorum</i>	Uzukiaboba	Japan	2	17	50	3.9	82	100
	3	<i>L. temulentum</i>	PI287848	Spain	2	21	20	3.3	60	100
	4	<i>L. multiflorum</i>	Minamiaoba	Japan	2	22	35	3.6	41	100
	5	<i>L. multiflorum</i>	Minamiwase	Japan	2	23	30	3.7	32	100
	6	<i>L. strictum</i>	PI204087	Cyprus	2	25	32	7.0	17	100
	7	<i>L. temulentum</i>	PI197439	Ethiopia	2	25	12	5.2	46	100
	8	<i>L. multiflorum</i>	Haruaoba	Japan	2	28	56	4.2	55	100
	9	<i>L. remotum</i>	PI283611	France	2	29	18	3.5	41	100
			Mean				23	32	4.3	44
Early	10	<i>L. multiflorum</i>	Green-first	Japan	2	31	59	4.5	51	100
	11	<i>L. strictum</i>	PI204083	Cyprus	2	32	35	7.8	37	100
	12	<i>L. rigidum</i>	PI204081	Cyprus	2	33	49	8.3	42	100
	13	<i>L. rigidum</i>	PI239760	Algeria	2	34	50	7.7	27	100
	14	<i>L. subulatum</i>	PI197310	Argentina	2	34	60	6.5	37	100
	15	<i>L. multiflorum</i>	Waseaoba	Japan	2	36	89	4.3	80	100
	16	<i>L. multiflorum</i>	Waseyutaka	Japan	2	36	69	4.5	75	100
	17	<i>L. multiflorum</i>	Merit	Japan	4	36	76	4.8	65	100
	18	<i>L. multiflorum</i>	Tachiwase	Japan	2	36	81	3.4	90	100
	19	<i>L. multiflorum</i>	Niigatawase	Japan	2	36	89	5.2	90	100
	20	<i>L. temulentum</i>	PI176624	Turkey	2	36	62	4.1	75	100
	21	<i>L. rigidum</i>	PI311421	Spain	2	37	54	5.9	25	100
	22	<i>L. multiflorum</i>	Gulf	U. S. A	2	39	76	5.3	66	100
	23	<i>L. multiflorum</i>	Giant	Japan	4	39	83	5.9	73	100
	24	<i>L. multiflorum</i>	Magnolia-ryegrass	U. S. A	2	40	77	5.3	37	100
	25	<i>L. temulentum</i>	PI249725	Greece	2	40	81	4.5	85	100
26	<i>L. multiflorum</i>	Niigatakei	Japan	2	40	111	4.8	80	100	
		Mean				36	71	5.5	61	100
Medium	27	<i>L. multiflorum</i>	Miyazakizairai	Japan	2	41	81	5.2	61	97
	28	<i>L. multiflorum</i>	Takei 18	Japan	4	41	108	6.0	86	100
	29	<i>L. multiflorum</i>	Miyukiaoba	Japan	4	43	113	5.2	90	100
	30	<i>L. multiflorum</i>	Nagahahikari	Japan	4	43	122	5.5	86	87
	31	<i>L. multiflorum</i>	Imperial	Sweden	2	44	79	5.7	58	63
	32	<i>L. multiflorum</i>	Hero	Japan	4	44	83	6.0	78	67
	33	<i>L. multiflorum</i>	Wasehikari	Japan	2	44	81	6.2	38	93
	34	<i>L. multiflorum</i>	Yamaaoba	Japan	2	44	85	5.2	66	80
	35	<i>L. multiflorum</i>	Tetila-barenza	Netherlands	4	45	95	6.2	69	47
	36	<i>L. multiflorum</i>	Futaharu	Japan	4	46	92	5.7	81	10
	37	<i>L. multiflorum</i>	Mammoth-B	Japan	4	46	99	5.2	82	97
	38	<i>L. multiflorum</i>	Mammoth-A	Japan	4	46	105	6.2	85	60
	39	<i>L. multiflorum</i>	Tur	Poland	2	47	79	6.2	74	50
	40	<i>L. multiflorum</i>	Tetila-tetorone	Netherlands	4	47	94	6.6	77	43
	41	<i>L. multiflorum</i>	Common domestic	U. S. A	2	47	102	5.9	51	97
	42	<i>L. multiflorum</i>	Ace	Japan	4	48	96	6.0	86	60
	43	<i>L. multiflorum</i>	Leader	Japan	4	48	96	6.2	83	77
	44	<i>L. multiflorum</i>	Billion	Netherlands	4	48	90	5.2	66	93
45	<i>L. multiflorum</i>	Hitachiaoba	Japan	4	48	101	5.7	83	100	
46	<i>L. multiflorum</i>	Jumbo	Japan	4	49	99	6.1	78	57	
47	<i>L. multiflorum</i>	Ostsaat-landsberg	Germany	2	49	72	5.3	51	83	
48	<i>L. multiflorum</i>	Fujiooba	Japan	4	50	105	5.5	86	70	
		Mean				46	94	5.8	73	74
Late	49	<i>L. multiflorum</i>	Sceempter	Netherlands	2	52	85	5.0	38	97
	50	Festuca-Lolium hybrid	Evergreen	Unknown	4	55	79	7.4	60	30
	51	Festuca-Lolium hybrid	Tandem	Netherlands	4	55	89	7.3	62	20
	52	<i>L. hybridum</i>	Tetrelite	U. S. A	4	56	107	6.6	81	50
			Mean				54	90	6.6	60
Very late	53	<i>L. perenne</i>	Yatsunami	Japan	4	61	138	7.4	86	7
	54	<i>L. perenne</i>	Friend	Japan	4	62	93	7.3	76	13
			Mean				62	115	7.4	81

^{a)} Number of days from 1 April, ^{b)} 1 (upright)-9 (prostrate), ^{c)} Survival percentage (angular transformed value),

^{d)} Percentage of bare land area in early autumn.

て行った。

結 果

1. 主要特性の評価

(1) 出穂期

全品種・系統の出穂期の間には、46日間の変異幅が認められた。最も出穂の早いものはイタリアンライグラスのサクラワセで4月16日(4月1日起算日数:15.7)、最も遅いものはペレニアルライグラスのフレンドで6月1日(同61.7)であった。4月中に出穂期に達したものは2倍体の9品種・系統であり、他のほとんどのものが5月中に出穂期に達した(表1)。各草種の供試品種・系統数に差があるため明確ではないが、種毎にみると *L. multiflorum*, *L. temulentum*, *L. strictum* 及び *L. remotum* の中に4月中に出穂期に達する品種・系統が存在した。一方、*L. perenne*, *L. rigidum*, *L. subulatum*, *L. hybridum* 及び *Festuca-Lolium hybrid* の中には、そのような出穂期の早い品種・系統は存在しなかった。

(2) 収量

全品種・系統の出穂期と1番草の乾物収量との間には、0.80** (**は1%水準で有意、以下同様)の相関関係が認められた(表2)ので、出穂期により5群に分類して各品種・系統の収量を検討した。極早生群は、出穂期が4月30日以前のものとし、早生群は5月1日から10日、中生群は5月11日から20日、晩生群は5月21日から31日、極晩生群は6月1日以降のものとして群別した(表1)。各群の種の構成は、極早生群が *L. multiflorum*, *L. temulentum*, *L. strictum* 及び *L. remotum* の9品種・系統、早生群が *L. multiflorum*, *L. temulentum*, *L. strictum*, *L. rigidum* 及び *L. subulatum* の17品種・系統、中生群が *L. multiflorum* の22品種・系統、晩生群が *L. multiflorum*, *L. hybridum* 及び *Festuca-Lolium hybrid* の4品種、極晩生群が *L. perenne* の2品種から

構成された。各群の1番草の乾物収量の変異幅と平均値は、各々極早生群が12.3-56.4 kg/a, 32.3 kg/a, 早生群が35.4-111.1 kg/a, 70.6 kg/a, 中生群が71.7-121.5 kg/a, 94.3 kg/a, 晩生群が78.6-107.0 kg/a, 89.7 kg/a, 極晩生群は2品種のみで平均値が115.0 kg/aであり、早生、中生群の変異幅が、極早生、晩生群より大きかった。また、平均乾物収量は出穂期が遅くなるにしたがって増加する傾向にあり、特に極早生群と早生群との平均乾物収量の較差が大きかった。極早生群の出穂期と1番草の乾物収量との相関係数は-0.23で、中生群では-0.05、晩生群では0.56でいずれも有意な関係が認められなかった。しかし、早生群では、0.73**の相関関係が認められた(表3)。極早生群の品種・系統の中では、イタリアンライグラスのハルアオバ、ウヅキアオバの乾物収量が高く、早生群では新潟系、中生群ではナガハヒカリ、ミユキアオバ、晩生群では *L. hybridum* のテトリライト、極晩生群ではペレニアルライグラスのヤツナミが高かった(表1)。

(3) 耐雪性

全品種・系統の耐雪性と出穂期との間には、0.47**の相関関係が認められた(図1及び表2)。各群の耐雪性(生存個体率の角変換値)の変異幅と平均値は、各々極早生群で16.9-81.6, 44.3, 早生群で24.8-90.0, 60.9, 中生群で37.5-90.0, 73.4, 晩生群で37.7-81.1, 60.3, 極晩生群は2品種のみで平均値が81.0であり、変異幅は早生群が大きく、平均値では中生群が最も高かった(表1)。極早生群は概して耐雪性が弱い、その品種・系統の中では、イタリアンライグラスのウヅキアオバの耐雪性が特に高く、早生群ではタチワセ、新潟早生、中生群ではミユキアオバが高かった。晩生群では *L. hybridum* のテトリライト、極晩生群ではペレニアルライグラスのヤツナミが高かった。また、耐雪性と1番草の乾物収量との間には、0.72**の相関関係が認められた(表2)。また極早生、早生、中生及び晩生群の各群内においても相関係数は、

Table 2. Correlation matrix among five agronomic characteristics measured in genus *Lolium*.

Characteristics ^{a)}	HD	DMY 1	PT	SE	SME
HD	1.00				
DMY 1	0.80**	1.00			
PT	0.54**	0.30	1.00		
SE	0.47**	0.72**	-0.07	1.00	
SME	-0.68**	-0.45**	-0.51**	-0.34	1.00

^{a)} HD: Heading date, DMY 1: Dry matter yield of 1st cutting, PT: Plant type SE: Snow endurance, SME: Summer endurance.

** : Significant at the 1% level.

Table 3. Correlation coefficients between dry matter yield and either of heading date and snow endurance within the same maturity groups.

Maturity	Heading date	Snow endurance
Very early	-0.23	0.31
Early	0.73**	0.75**
Medium	-0.05	0.67**
Late	0.56	0.74*
All	0.80**	0.72**

** , * : Significant at the 1% and 5% levels, respectively.

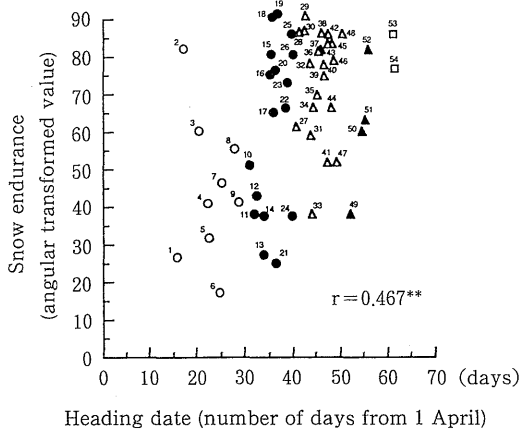


Fig. 1. Relationship between snow endurance and heading date.

Numbers are the same as those in Table 1.

○: Very early group, ●: Early group,
△: Medium group, ▲: Late group,
□: Very late group.

各々0.31, 0.75**, 0.67**及び0.74*と高く, 耐雪性の強弱が収量に直接影響するものと考えられた(図2及び表3)。

(4) 草型

全品種・系統の出穂期と草型との間には, 0.54**の相関関係が認められ, 極早生群が最も直立性が大きく, 極晩生群になるほどほふく性が大きくなった(表2)。各群の草型の変異幅と平均値は, 極早生群が3.3-7.0, 4.3, 早生群が3.4-8.3, 5.5, 中生群が5.2-6.2, 5.8, 晩生群が5.0-7.4, 6.6, 極晩生群は2品種の平均値が7.4であり, 早生群の変異幅が最も大きく, 中生群のそれは小さかった。極早生, 早生群に属する *L. temulentum* のPI287848, *L. remotum* のPI283611及びイタリアンライグラスのタチワセは, 直立性に優れ, 一方, *L. strictum* のPI204087, PI204083, *L. rigidum* のPI204081及びPI239760は, 極めてほふく性が大きかった。中生, 晩生及び極晩生群は, 中間型からほふく型まで分布し, 直立性の品種・系統は存在しなかった(表1)。

(5) 越夏性

越夏性を初秋の裸地率で評価すると, 出穂期と越夏性の間には, -0.68**の相関関係が認められた(表2)。極早生群, 早生群の裸地率は全てが100%であり, どの品種・系統も初秋までには枯死した(表1)。一方, 中生群, 晩生群の裸地率の変異幅と平均値は各々, 10-100%, 74.1%と20.0-96.7%, 49.2%であり, 晩生群になるにしたがって裸地率も低くなった。中生群のイタリアンライ

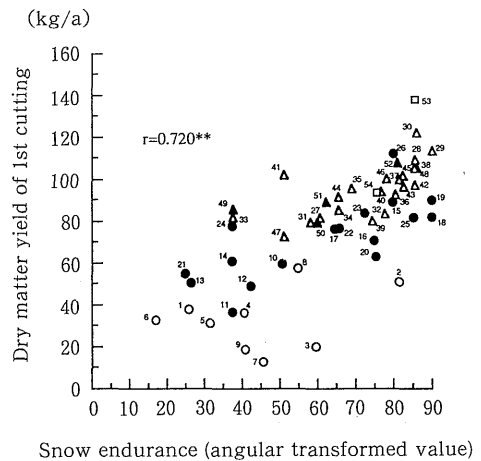


Fig. 2. Relationship between dry matter yield of 1st cutting and snow endurance.

Numbers are the same as those in Table 1.

○: Very early group, ●: Early group,
△: Medium group, ▲: Late group,
□: Very late group.

グラスのフタハルは, 特異的に裸地率が10.0%と低く, 越夏性の良い品種であった。極晩生群のペレニアルライグラスのヤツナミ, フレンドは, 裸地率が各々6.7, 13.3%で, 越夏には支障がなかった。

2. クラスタ分析による分類

供試品種・系統間の統計上の相対的距離から, 品種・系統の相互の類似性を判定するため, 出穂期, 1番草と2番草の乾物収量, 乾物率及び草丈, 初期草勢, 越冬前草丈, 草型, 1番草と2番草刈り後の再生程度, 倒伏程度, 越冬性, 越夏性, 耐雪性, 耐寒性, 穂数, 茎数, 穂長, 葉身長, 葉幅, 稈径, 小穂数, 千粒重の25形質を用い, 群間平均法によるクラスタ分析を行った。その結果, 54品種・系統は8群に分類された(図3及び表4)。各クラスターを構成する種についてみると, クラスタI, II及びIVは *L. multiflorum* の各々17, 16及び4品種・系統, クラスタIIIは *L. multiflorum* の1品種, *L. perenne* の2品種, *L. hybridum* の1品種及び *Festuca-Lolium hybrid* の2品種の計6品種, クラスタVは *L. strictum* の2系統, *L. rigidum* の3系統及び *L. subulatum* の1系統の計6系統, クラスタVIは自殖性種の *L. remotum*, *L. temulentum* の各1系統の計2系統, クラスタVIIは *L. temulentum* の2系統, クラスタVIIIは *L. temulentum* の1系統から構成された。また各クラスターの特徴を主要5形質の変異幅及び平均値からみると, クラスタIの出穂期(4月1日起算日数)は各々39-50日, 46日, 1番草の乾物収量は83-122 kg/a, 98 kg/

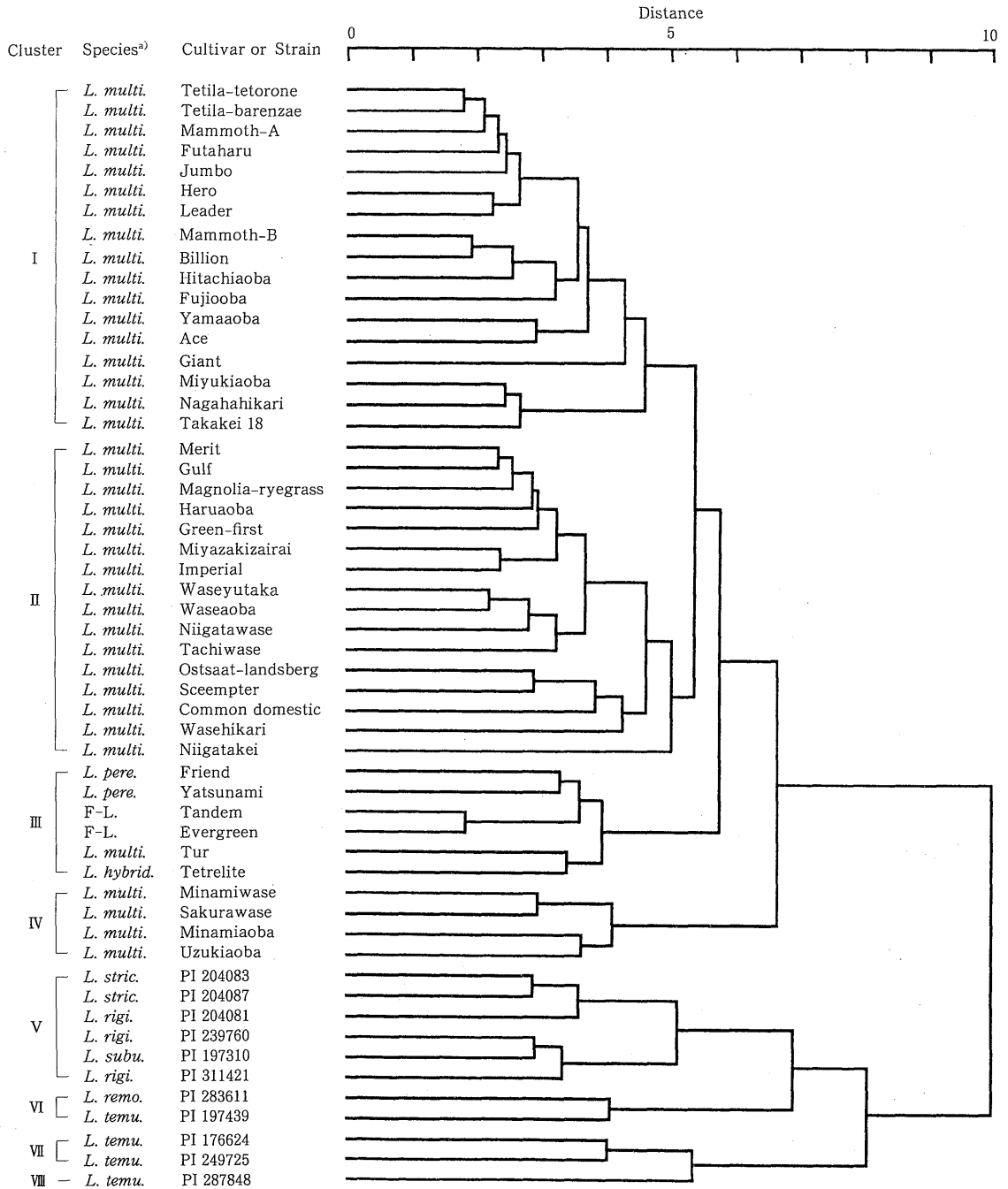


Fig. 3. Dendrogram of fifty-four cultivars and strains in genus *Lolium* by cluster analysis based on twenty-five agronomic characteristics.

^{a)} *L. multi.* : *L. multiflorum*, *L. pere.* : *L. perenne*, F-L. : Festuca-Lolium hybrid, *L. hybrid.* : *L. hybridum*, *L. stric.* : *L. strictum*, *L. rigi.* : *L. rigidum*, *L. subu.* : *L. subulatum*, *L. remo.* : *L. remotum*, *L. temu.* : *L. temulentum*.

Table 4. Twenty-five characteristics and eight clusters classified by cluster analysis.

Cluster	No. of cultivar or strain	Heading date ^{a)}	Dry matter yield of 1st cutting (kg/a)	Dry matter yield of 2nd cutting (kg/a)	Dry matter percent. age of 1st cutting (%)	Dry matter percent. cutting (%)	Seedling vigor ^{b)}	Plant height before winter (cm)	Plant height 1st cutting (cm)	Plant height 2nd cutting (cm)	Plant type ^{c)}	Regrowth after 1st cutting ^{b)}	Regrowth after 2nd cutting ^{b)}	Lodging at 1st cutting ^{d)}
I	17	46 g 39-50 h	98 83-122	27 17-34	19 17-21	15 12-17	6.4 5.2-7.7	61 56-73	115 104-130	75 62-82	5.8 5.2-6.6	7.1 4.8-7.8	6.0 4.3-6.8	2.7 1.3-4.1
II	16	40 28-52	80 56-111	20 14-25	21 18-23	15 14-18	5.8 4.7-7.7	56 42-64	100 87-112	68 59-76	5.0 3.4-6.2	6.5 5.6-7.2	5.1 3.8-6.1	3.0 1.0-5.2
III	6	56 47-62	97 79-138	23 19-28	22 21-23	16 15-18	4.5 4.0-5.5	45 42-51	95 85-102	65 58-77	7.0 6.2-7.4	6.4 5.7-7.0	6.6 4.6-8.3	2.7 1.3-3.9
IV	4	19 16-23	38 30-50	13 12-16	17 16-17	14 14-15	5.9 5.0-7.2	58 53-63	80 72-89	66 59-73	3.8 3.6-4.1	7.3 6.8-8.3	4.6 3.8-5.5	2.5 2.0-2.7
V	6	32 25-37	47 32-60	7 4-11	17 15-19	17 17-18	4.3 3.8-5.0	44 44-58	68 51-85	33 33-47	7.2 5.9-8.3	3.2 2.8-4.1	1.7 1.3-2.5	2.6 1.9-3.3
VI	2	27 25-29	15 12-18	2 2-2	22 21-22	17 16-17	3.9 3.7-4.0	62 61-63	58 51-65	43 41-45	4.4 3.5-5.2	1.9 1.2-2.5	1.2 1.0-1.3	1.9 1.8-2.0
VII	2	38 36-40	72 62-81	3 3-4	20 20-20	18 18-18	4.8 4.5-5.0	41 41-42	93 93-94	35 33-37	4.3 4.1-4.5	2.0 1.7-2.2	1.0 1.0-1.0	3.8 2.8-4.7
VIII	1	21	20	1	18	17	5.7	52	64	38	3.3	1.9	1.3	1.3

(Continued)

Cluster	No. of cultivar or strain	Number of heads per plant	Number of stems per plant	Number of spikelets per head	Head length (cm)	Leaf blade length (cm)	Leaf blade width (mm)	Culm diameter (mm)	Cold hardiness ^{e)}	Snow endurance ^{e)}	Winter survival ^{b)}	Thousand kernel weight (g)	Summer endurance ^{d)}
I	17	90 65-122	102 69-134	29 26-32	36 31-38	33 29-37	13 12-15	2.5 2.2-2.9	47 29-65	80 66-90	8 6-9	4.4 2.2-6.2	73 10-100
II	16	116 83-189	135 88-203	27 22-31	28 23-33	26 23-28	11 10-12	2.2 1.9-2.5	53 38-69	62 37-90	6 4-9	2.7 1.8-3.8	96 63-100
III	6	102 71-128	147 108-190	29 27-32	35 31-40	30 26-32	10 9-12	2.1 2.4-2.5	58 51-68	73 60-86	8 6-9	2.7 1.7-3.3	28 7-50
IV	4	115 78-145	126 99-152	23 20-28	25 23-26	22 21-23	10 9-11	2.4 2.1-2.6	59 50-72	45 26-82	5 3-8	3.2 2.5-4.4	100 100-100
V	6	195 121-277	230 154-294	21 19-23	25 22-28	16 14-19	8 7-9	2.2 2.0-2.4	30 5-50	31 17-42	3 1-4	2.5 1.9-2.8	100 100-100
VI	2	98 92-105	115 109-120	19 16-22	24 24-25	23 21-25	7 7-8	2.1 1.8-2.4	6 5-7	43 41-46	2 1-2	7.8 5.9-9.7	100 100-100
VII	2	85 63-107	89 67-110	16 16-16	25 24-26	26 25-27	10 9-10	2.5 2.4-2.6	65 55-76	80 75-85	7 5-8	12.9 10.4-15.4	100 100-100
VIII	1	99	102	21	27	23	9	2.6	66	60	3	11.3	100

^{a)} Number of days from 1 April, ^{b)} 1 (poor)-9 (good), ^{c)} 1 (upright)-9 (prostrate), ^{d)} 1 (none)-9 (heavy lodging),^{e)} Survival percentage (angular transformed value), ^{f)} Percentage of bare land area, ^{g)} Mean, ^{h)} Range (min.-max.).

a, 草型は 5.2-6.6, 5.8, 耐雪性は 66-90, 80, 越夏性は 10-100, 73 であり, どのクラスターよりも平均値でみると 1 番草の乾物収量と耐雪性に優れていた。クラスター II の出穂期は各々 28-52 日, 40 日, 1 番草の乾物収量は 56-111 kg/a, 80 kg/a, 草型は 3.4-6.2, 5.8, 耐雪性は 37-90, 62, 越夏性は 63-100, 96 であり, 平均値でみるとクラスター I よりも 1 番草の乾物収量及び耐雪性は低く, 出穂期はやや早くなっている。クラスター III の出穂期は各々 47-62 日, 56 日, 1 番草の乾物収量は 79-138 kg/a, 97 kg/a, 草型は 6.2-7.4, 7.0, 耐雪性は 60-86, 73, 越夏性は 7-50, 28 であり, 平均値でみると 1 番草の乾物収量はクラスター I に次いで高く, 出穂期は最も遅く, 越夏性は最も優れていた。クラスター IV の出穂期は各々 16-23 日, 19 日, 1 番草の乾物収量は 30-50 kg/a, 38 kg/a, 草型は 3.6-4.1, 3.8, 耐雪性は 26-82, 73, 越夏性は全て 100 であり, 平均値でみると出穂期が最も早く, 草型は直立性に優れていた。クラスター V の出穂期は各々 25-37 日, 32 日, 1 番草の乾物収量は 32-60 kg/a, 47 kg/a, 草型は 5.9-8.3, 7.2, 耐雪性は 17-42, 31, 越夏性は全て 100 であり, 平均値でみると耐雪性が最も弱く, 草型は最もほふく性であった。クラスター VI は 2 系統のみであるが出穂期は各々 25-29 日, 27 日, 1 番草の乾物収量は 12-18 kg/a, 15 kg/a, 草型は 3.5-5.2, 4.4, 耐雪性は 41-46, 43, 越夏性は全て 100 であり, 平均値でみると 1 番草の乾物収量が最も低かった。クラスター VII も 2 系統のみであるが出穂期は各々 36-40 日, 38 日, 1 番草の乾物収量は 62-81 kg/a, 72 kg/a, 草型は 4.1-4.5, 4.3, 耐雪性は 75-85, 80, 越夏性は全て 100 であり, 平均値でみると耐雪性がクラスター I と同様に強かった。クラスター VIII は 1 系統のみであり, 出穂期は 21 日, 1 番草の乾物収量は 20 kg/a, 草型は 3.3, 耐雪性は 60, 越夏性は 100 であり, 草型は全品種・系統の中で最も直立型であった。また, 主要 5 形質以外の特徴的な形質の平均値についてみると, クラスター I では, 1 番草と 2 番草刈取り時の草丈が各々 115 cm, 75 cm と高く, 穂長, 葉身長が各々 36 cm, 33 cm と長く, 葉幅は 13 mm と広かった。クラスター III は 2 番草刈取り後の再生が 6.6 と優れていた。クラスター IV は 1 番草刈取り後の再生が 7.3 と最も優れた。クラスター V は穂数, 茎数が各々 195, 230 本と多く, 葉身長が 16 cm と短く, 種子千粒重は 2.5 g と軽かった。クラスター VI は越冬前の草丈が 62 cm と最も高いが, 1 番草刈取り時の草丈は 58 cm と最も低く, 葉幅が 7 mm と狭く, 耐寒性も 6 と最も低かった。クラスター VII は越冬前の草丈が 41 cm と最も低く, 穂数, 茎数及び小穂数が各々 85, 89 本, 16 個と少ないが,

千粒重は 12.9 g と最も重かった。

考 察

イタリアンライグラスの遺伝的変異の拡大には, *L. perenne*, *L. rigidum* などとの種間交雑や, 人為 4 倍体の作出による方法があり^{7,11)}, それらを利用して実用品種も育成されている。イタリアンライグラスの品種分類については, 我が国でもいくつか報告があるが²⁻³⁾, 今後, 積雪地におけるイタリアンライグラスの育種を考える場合, イタリアンライグラスを含む *Lolium* 属の種, 品種・系統の主要特性を積雪環境下において調査し, 分類しておくことは, 育種材料の選定の際に極めて重要と考えられる。なお, 本試験年は, 積雪日数が 63 日と平年と比べると 27 日短かく少雪年であったものの, 雪腐病による被害は認められ, 耐雪性の判定は可能であった。

耐雪性と収量との間には, 図 2 に示したように高い相関関係が認められ, 積雪地においては, 耐雪性が 1 番草の乾物収量に直接影響しているものと考えられた。種毎にみると, *L. strictum*, *L. rigidum*, *L. remotum* 及び *L. subulatum* の耐雪性は弱く, 乾物収量も低く, *L. temulentum* の耐雪性は弱いものからやや強いものまであるが, 乾物収量はそれらと同様に低い傾向にあった。*L. multiflorum* の耐雪性, 乾物収量はともに低いものから高いものまで幅広く分布した。*L. perenne*, *L. hybridum* 及び *Festuca-Lolium hybrid* の耐雪性は概して強く, 乾物収量も高い傾向にあった。積雪地で育成された耐雪性品種のうち, 極早生群の中ではウヅキアオバ, 早生群の中では新潟系, 中生群の中ではナガハヒカリが耐雪性が強く, 乾物収量が高いものであった。一方, 暖地で育成された極早生群のミナミワセ及びミナミアオバ, 早生群のワセユタカは明らかに耐雪性が弱く, 乾物収量が低いものであった。本試験年は少雪であったが, 平年並みかそれ以上の積雪条件となった場合には, この耐雪性の強弱が収量に与える影響はより大きいものと考えられる。

一般に, 出穂期と耐雪性との関係は, 早生品種・系統の方が, 晩生品種・系統よりも耐雪性に劣ることが認められている⁵⁾。本試験でも図 1 から明らかのように, 主に早生, 中生群の中に耐雪性に優れる品種・系統が多数存在した。しかし, 最近育成された極早生群のウヅキアオバは, 耐雪性に優れ, 極早生における耐雪性の改良が行われていることが認められた。また, 出穂期と 1 番草の乾物収量との間に全体としては高い相関関係が認められるが, 表 3 に示したように極早生群と中生群において, それらの間の相関は低かった。これは極早生群では

ウヅキアオバ, 中生群では高系18号, ミユキアオバ及びナガハヒカリの出穂期が早い割には耐雪性が強く, 収量が高い品種・系統が育成されたことに起因するものと考えられる。このような意味からすると早生群における高い相関関係は, むしろこの群の中には出穂期が早く, 耐雪性と収量に優れる品種・系統が存在しないことを示すものと考えられる。

草型について種毎にみると, *L. temulentum*, *L. remotum* は直立型から中間型, *L. strictum*, *L. rigidum*, 及び *L. subulatum* は中間型からほふく型, *L. perenne*, *L. hybridum* 及び *Festuca-Lolium hybrid* はほふく型, *L. multiflorum* は中間型からややほふく型まで分布した。木下³⁾は遺伝力の高い出穂期と草型を基準に, イタリアンライグラス品種の群別を試み, 両者の間に一定の関係はないが, 極早生・早生-ほふく型群, 早生-直立型群, 中生-中間・ほふく型群, 晩生-中間・ほふく型群, 晩生-直立型群の5つに大別している。また, その群別は種子の取り寄せ先と密接な関係があるとし, 緯度が低くなるほど品種群の出穂期は早くなると報告している。本試験では出穂期と草型の間には相関関係が認められ, 極早生群は *L. strictum* の PI204087 以外は直立型で, 早生群は直立型からほふく型まで分布し, 中生群は殆ど中間型の草型を示し, 極晩生群は中間型からほふく型まで存在した。このように木下の分類とは異なり, 極早生ほど直立性が高く, 晩生ほどほふく性が高いという傾向が認められたことは, 供試材料としてイタリアンライグラス以外の草種の品種・系統を含んでいること, またイタリアンライグラスについては, 日本の最近育成された品種を多く用いていることによるものと考えられる。育成地との関係については, 供試した品種・系統の育成地が, 主に日本及びオランダ等であったため明確にできなかった。

越夏性について種毎にみると, *L. perenne*, *L. hybridum* 及び *Festuca-Lolium hybrid* が越夏性に優れ, 次いで *L. multiflorum* が優れた。それ以外の種は全て初秋までに枯死してしまった。耐雪性と越夏性との間に明瞭な関係は認められないが, 出穂期との間に負の高い相関関係が認められ, 中生群から極晩生群にかけて越夏性が優れることが認められた。*L. multiflorum* の中では, 2年位利用可能な極長期利用型品種としてのフタハルが極めて越夏性に優れることが認められた。

このように主要5形質のうち, 積雪地における収量性には, 特に出穂期と耐雪性が大きく関与すると考えられた。しかし, 積雪地の育種素材の評価としては, より多くの形質を併せて複合的に評価しておくことが重要であると考えられる。そこで25の農業的あるいは形態的形

質を用いクラスター分析を行い, 8クラスターに分類した。クラスターIは, 1品種を除き *L. multiflorum* の4倍体品種・系統から構成され, 耐雪性に優れ, 収量が多く, 草丈, 葉身長, 穂長も長く大型である。クラスターIIは, 1品種を除き *L. multiflorum* の2倍体品種・系統から構成され, クラスターIよりも耐雪性, 収量性は劣るが, 出穂期が早くなり, クラスターIより小型となっている。クラスターIIIは, *L. multiflorum*, *L. perenne*, *L. hybridum* 及び *Festuca-Lolium hybrid* から構成され, 耐雪性, 収量性は高いが, 出穂期が最も遅く, ほふく型で越夏性に優れる。クラスターIVは, *L. multiflorum* で構成され, 最も出穂期が早く, 直立型である。クラスターVは, *L. strictum*, *L. rigidum* 及び *L. subulatum* から構成され, 耐雪性が最も弱く, ほふく型で穂数, 茎数が多い。クラスターVIは, 自殖性種の *L. remotum*, *L. temulentum* から構成され, 出穂期がクラスターIVに次いで早く, 収量及び再生が最も低い。クラスターVIIは, *L. temulentum* から構成され, クラスターVIよりも耐雪性, 収量に優り, 種子千粒重は最も重い。クラスターVIIIも, *L. temulentum* から構成され, 最も直立型で, 耐雪性が高い割には収量は低いものとなっている。

このように各クラスターは, 耐雪性, 収量, 出穂期の他に, 草型, 越夏性, 草丈, 茎数, 穂数, 種子千粒重など多形質を総合して分類されており, それぞれのクラスターの特徴により育種素材としての利用場面を考えていくことができる。しかし, 積雪地においては耐雪性と収量との関係が最も重要であり, その評価が基本となる。積雪地に適したクラスターとしては, クラスターIとIIIが有望であることが認められた。これらに属する品種・系統間からの交配により, 積雪地に適した有用な遺伝変異が期待される。なお, クラスターIIIにはイタリアンライグラスとペレニアルライグラスあるいは *Festuca* 属との雑種が含まれることを考えると, 積雪地向けのイタリアンライグラスの改良には種間・属間交雑による変異の拡大も有望とみられ, 積極的に利用する価値があるものと考えられる。

以上, 積雪地における *Lolium* 属の種, 品種・系統の評価, 分類により, 積雪地に適した耐雪性品種育成のための育種材料が明確になったものと考えられる。

謝 辞

長野種畜牧場(現家畜改良センター長野牧場)における耐寒性試験の遂行に当りご協力いただいた田中誠也技官(現畜産局自給飼料課), 島森剛技官(現畜産局牛乳乳製品課)に深謝致します。

引用文献

- 1) BULINSKA-RADOMSKA, Z. and R. N. LESTER (1985) Relationships between five species of *Lolium* (Poaceae). *Pl. Syst. Evol.* 148, 169-175.
- 2) 江本泰二 (1983) イタリアンライグラス (*Lolium multiflorum* LAM.) の主成分分析ならびにクラスター分析による品種・系統群の分類. 秋田県農業短大研究報告 9, 1-6.
- 3) 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.
- 4) 木下東三 (1978) イタリアンライグラスの品種と栽培・利用(2). 農業技術 33, 151-154.
- 5) 岡部 俊 (1975) イタリアンライグラスの育種に関する基礎的研究 とくに耐雪多収性選抜に対する作物学的考察. 北陸農試報告 17, 133-189.
- 6) TERRELL, E. E. (1968) Taxonomic revision of the genus *Lolium*. U.S. Dep. Agric. Tech. Bull. No. 1392, 1-65.
- 7) THOMAS, H., W. G. MORGAN and M. W. HUMPHREYS (1988) The use of triploid hybrid for introgression in *Lolium* species. *Theor. Appl. Genet.* 57, 299-304.
- 8) 山口秀和・鈴木 茂 (1985) イタリアンライグラスの出穂性の構成要因とその変異. 農技研報 D36, 283-332.
- 9) 横島吉彦・木下東三・小田俊光 (1979) イタリアンライグラスの品種特性に関する研究 (第 14 報) 草型の相違が収量性に及ぼす影響について. 山口農試研報 31, 103-107.
- 10) 横島吉彦・小田俊光 (1981) イタリアンライグラスの品種特性に関する研究 (第 15 報) 春播性の品種間差異. 山口農試研報 33, 51-56.
- 11) WIT, F. (1958) Tetraploid Italian ryegrass (*Lolium multiflorum* LAM.). *Euphytica* 7, 47-58.

(1993年7月19日受理)

Variation of Agronomic Characteristics and Classification by Cluster Analysis
of Genus *Lolium* in a Heavy Snowfall Area of Japan

Kazuhiro TASE and Makoto KOBAYASHI*

Hokuriku National Agricultural Experiment Station, Inada,
Joetsu, Niigata 943-01, Japan

*Present address : Okinawa Branch, Tropical Agriculture Research
Center, Ishigaki, Okinawa 907, Japan

Summary

Fifty-four cultivars and strains belonging to several species of genus *Lolium* were evaluated in a heavy snowfall area and was classified by cluster analysis using twenty-five characteristics.

A high degree of correlation was observed between snow endurance and dry matter yield of 1st cutting. It seemed that snow endurance was one of the most important factors influencing forage productivity in a heavy snowfall area. Snow endurance was also correlated significantly to heading date. Plant type tended to be more prostrate in late maturity group than in early one. Degree of summer endurance was much higher in late and very late maturity groups than the other early maturity groups.

Fifty-four cultivars and strains were classified into eight clusters by cluster analysis on the basis of twenty-five characteristics. Cluster I consisted of *L. multiflorum* LAM., which was superior in snow endurance and dry matter yield. Cluster II consisted of *L. multiflorum*, which was inferior to cluster I in those characteristics but heading date was earlier. Cluster III consisted of *L. perenne* L., *L. hybridum* and Festuca-Lolium hybrid, which showed very late heading, rather prostrate in plant type and higher summer endurance. And also, cluster III was similar to cluster I in snow endurance and dry matter yield of 1st cutting. Cluster IV consisted of *L. multiflorum*, which showed very early heading and upright in plant type. Cluster V consisted of *L. strictum* PRESL, *L. rigidum* GAUD. and *L. subulatum* VIS., which showed the lowest snow endurance. Cluster VI consisted of *L. temulentum* L. and *L. remotum* SCHRANK which showed lower dry matter yield. Cluster VII consisted of *L. temulentum*, which showed larger thousand kernel weight. Cluster VIII also consisted of *L. temulentum*, which showed the most upright in plant type of all of cultivars and strains. Clusters I and III were considered to be important from the viewpoint of adaptability to snowfall area. Cultivars and strains of those clusters seemed to be useful as material of snow endurance breeding of Italian ryegrass.

Key words : Agronomic characteristic, Cluster analysis, Forage yield, Genus *Lolium*, Snow endurance.