



HOKKAIDO UNIVERSITY

Title	ペレニアルライグラス(<i>Lolium perenne</i> L.)における低温発芽性の品種間差異
Author(s)	山下, 雅幸; Yamashita, Masayuki; 島本. 義也 他
Citation	北海道大学農学部牧場研究報告, 14, 53-62
Issue Date	1990-02-20
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/48934
Type	departmental bulletin paper
File Information	14_53-62.pdf



ペレニアルライグラス (*Lolium perenne* L.) における低温発芽性の品種間差異

山下 雅幸・島本 義也

(北海道大学農学部工芸作物学講座)

要 旨

山下雅幸・島本義也(1989)ペレニアルライグラス(*Lolium perenne* L.)における低温発芽性の品種間差異, 北大農学部附属牧場研究報告14:53~62。

ペレニアルライグラスの低温発芽性の品種間差異を検討するために, 世界各国で育成された品種を用いて, 25℃, 15℃および5℃の3水準の温度条件で発芽試験を行った。その結果を要約すると, 次のとおりである。

1) 温度の低下に伴う発芽率と発芽係数の低下, 平均発芽日数の遅延および発芽不斉一性の増加が観察された。その程度は, 品種間で異なった。

2) 北ヨーロッパで育成された品種は低温発芽性が高く, オランダ, アメリカおよびオーストラリアで育成された品種は低温発芽性が低い傾向を示した。

3) 発芽特性の遺伝率は高く, 発芽特性が遺伝的支配を受けていること, さらに, 低温条件において遺伝率が一層高く, 低温条件に適応した発芽特性を有する遺伝子型の選抜の可能性が示された。

キーワード: 低温発芽性, 発芽係数, *Lolium perenne* L., 品種間差異

緒 言

ペレニアルライグラスは, 飼料価値および家畜の嗜好性が高く, また, 早春や晩秋の低温短期に比較的良好に繁茂する寒地型草種である(三井, 1973)。しかし, この草種は, イギリス, オランダ, ニュージーランド等の冷涼温暖な温帯地域に適応しており, 北海道で栽培するには低温に対する適応性に関して多くの問題がある。

北海道におけるペレニアルライグラスの草地造成では, 5月中・下旬に播種が行われるが, 株の定着を確実にするためには, 低温条件で十分な発芽と生育をすることが必要条件である。

本研究の目的は, ペレニアルライグラスの低温発芽性に関して, その遺伝資源探索の観点から, 世界各国で育成された品種を調査し, 検索することである。

材料および方法

供試材料は, 北海道の準奨励品種3品種を標準品種とし, これらを含む10か国から導入した37品種(2倍体25品種および4倍体12品種)である(Table 1)。発芽試験は, 25℃, 15℃および5℃の3水準の温度条件を設け, それぞれ恒温器内で実施した。発芽床には, 内径9cmのプラス

Table 1. Code number, cultivar name, ploidy level and nation of origin of materials used in experiment.

No.	Cultivar name	Ploidy level	Nation of origin
1	RIIKKA	2x	Finland
2	SVEA	2x	Sweden
3	GUNNE	2x	Sweden
4	SERVO	2x	Sweden
5	VIRIS	2x	Sweden
6	RALLY	2x	Denmark
7	CHANTAL	2x	Denmark
8	HELLA	2x	Denmark
9	BARANNA	2x	Germany
10	BARANNA(II)	2x	Germany
11	COCKDE	2x	United Kingdom
12	ANTRIM	2x	United Kingdom
13	RATHLIN	2x	United Kingdom
14	BARRY	2x	Netherlands
15	BARCLAY	2x	Netherlands
16	LENNOX	2x	Netherlands
17	OVATION	2x	Netherlands
18	HERMES	2x	Netherlands
19	PELLEAS	2x	Netherlands
20	SAVER	2x	Netherlands
21	BACA	2x	Czechoslovakia
22	TARPAN	2x	Czechoslovakia
23	MANHATTAN 2	2x	United States
24	GATOR	2x	United States
25	TASDALE	2x	Australia
26	SVO 1428	4x	Sweden
*27	PATORA	4x	Denmark
28	BARVESTRA	4x	Netherlands
29	FLORET	4x	Netherlands
30	BASTION	4x	Netherlands
31	CITADEL	4x	Netherlands
32	FANTOOM	4x	Netherlands
33	GAMBIT	4x	Netherlands
34	CONDESA	4x	Netherlands
*35	REVEILLE	4x	Netherlands
36	BONITA	4x	Germany
*37	FRIEND	4x	Japan

* : Quasirecommended cultivar in Hokkaido.

チック製シャーレにろ紙を3枚敷き、これに蒸留水を加えたものを用いた。これらの発芽床に、各品種の充実種子50粒ずつを置床し、12時間毎に発芽種子数を調査した。種子長の½以上の発根をもって発芽とみなし、発芽した種子は調査のつど取り除いた。発芽締切日は、置床後、25℃と15℃で7日、5℃で20日とした。反復は2回である。

調査結果から、発芽様式を特徴づける発芽率、平均発芽日数、発芽不斉一性および発芽係数を次の式により求めた。

$$\text{発芽率 (GP)} = \sum Xi / m \times 100$$

$$\text{平均発芽日数 (GD)} = \sum (Xi \times i) / \sum Xi$$

$$\text{発芽不斉一性 (GU)} = (\sum Xi (GD - i)^2) / (\sum Xi - 1)^{1/2}$$

$$\text{発芽係数 (GC)} = GP / GD$$

i : 置床後日数

Xi : 発芽締切日までの i 日目の発芽個体数

m : 置床種子数

発芽率は発芽力を、平均発芽日数は発芽の速さを、発芽不斉一性は発芽のばらつきを表したものである。発芽係数は、発芽率と平均発芽日数を加味しており、作物の発芽特性として、より高いことが望ましい(佐々木, 1974; 笹原 1989)。

結果および考察

3水準の温度条件における各品種の発芽率、平均発芽日数、発芽不斉一性および発芽係数をTable 2に示した。温度の低下に伴い、発芽率と発芽係数は低下し、平均発芽日数は、15℃で約2日、5℃では更に約10日、25℃より多かった。発芽不斉一性は、25℃と15℃では変わらず、5℃で増大する傾向を示した。各温度条件の発芽率、平均発芽日数、発芽不斉一性および発芽係数の間の相関係数をTable 3に示した。すべての温度条件で、発芽率は平均発芽日数および発芽不斉一性との間に負、発芽不斉一性は平均発芽日数との間に正、発芽係数との間に負の相関を示した。湯本ら(1980)によって明らかにされたチモシーの発芽特性と同様に、ペレニアルライグラスにおいても、発芽率の高い品種ほど、早く、均一に発芽する傾向が認められた。

これら発芽特性に関する品種間差、温度効果および品種と温度の相互作用を解析するための分散分析の結果をTable 4に示した。品種間差異は、すべての発芽特性で認められた。しかし、倍数性間の差異は、平均発芽日数において、2倍体品種が4倍体品種より少ないことが有意に認められたが、他の発芽特性では2倍体品種と4倍体品種の間に差異は認められなかった。品種と温度の相互作用は、すべての発芽特性で有意性を示し、発芽特性の温度に対する反応は品種間で異なることがわかった。

発芽特性の温度に対する反応を解析するために、発芽率、平均発芽日数および発芽係数の標準条件(25℃)と北海道の播種期の条件(15℃)の関係をFig. 1に示した。便宜上、25℃の発芽

Table 2. Germination percentage (GP), mean days to germination (GD), germination uniformity (GU) and germination coefficient (GC) at three temperatures.

No.	a	G P			G D			G U			G C		
		25℃	15℃	5℃	25℃	15℃	5℃	25℃	15℃	5℃	25℃	15℃	5℃
1	2x	95.4	86.9	74.4	2.6	4.9	14.6	0.62	0.67	1.79	37.3	17.8	5.1
2	2x	96.0	94.9	83.0	2.1	4.1	12.4	0.34	0.50	1.37	45.2	23.2	6.7
3	2x	96.4	97.3	90.1	2.2	4.3	13.6	0.64	0.47	1.52	43.0	22.7	6.6
4	2x	96.3	90.9	50.0	2.3	4.9	15.0	0.30	0.49	1.46	42.4	18.5	3.3
5	2x	96.7	97.4	99.0	2.4	4.6	12.9	0.61	0.43	1.01	41.2	21.1	7.7
6	2x	99.0	100.0	95.0	2.4	4.7	14.7	0.35	0.37	1.22	40.9	21.3	6.5
7	2x	97.9	93.3	94.3	2.4	4.6	13.8	0.64	0.71	1.43	40.7	20.4	6.8
8	2x	93.6	78.2	55.4	3.2	5.8	15.6	0.90	0.71	1.46	29.4	13.5	3.6
9	2x	93.8	95.1	88.6	2.6	4.5	13.5	0.79	0.46	1.20	36.6	21.2	6.6
10	2x	93.9	96.0	96.2	2.4	4.4	13.9	0.45	0.56	1.44	38.8	21.6	6.9
11	2x	77.3	57.0	45.3	3.1	5.8	17.0	0.71	0.72	1.70	25.1	9.8	2.7
12	2x	100.0	95.3	94.1	2.4	4.5	13.7	0.50	0.59	1.68	42.4	21.1	6.9
13	2x	91.5	90.5	82.0	2.3	4.7	13.5	0.59	0.51	1.59	39.3	19.2	6.1
14	2x	95.2	92.8	76.0	2.3	5.0	14.5	0.49	0.60	1.40	40.6	18.6	5.3
15	2x	90.7	75.4	52.4	3.0	5.6	16.3	1.00	0.71	1.70	30.1	13.6	3.2
16	2x	94.3	87.3	88.6	2.6	4.9	13.9	0.89	0.62	1.31	36.2	17.9	6.4
17	2x	88.5	86.1	81.3	2.8	5.3	14.7	0.57	0.65	1.76	31.3	16.1	5.5
18	2x	97.3	97.5	90.5	2.2	4.2	12.9	0.53	0.45	1.11	44.6	23.4	7.0
19	2x	95.1	86.2	89.5	2.6	5.1	15.8	0.60	0.62	1.76	36.1	17.1	5.7
20	2x	99.1	97.0	93.0	2.9	5.3	15.4	0.71	0.57	1.49	34.1	18.2	6.1
21	2x	96.3	94.4	98.3	2.6	4.6	13.6	0.68	0.60	1.27	37.0	20.5	7.2
22	2x	78.5	69.5	78.4	3.2	4.9	14.2	0.89	0.59	1.48	24.4	14.2	5.5
23	2x	95.4	90.5	74.0	2.3	4.6	14.2	0.44	0.62	2.17	41.4	19.7	5.2
24	2x	96.5	93.9	58.7	2.5	5.0	16.1	0.57	0.57	1.78	38.8	18.7	3.6
25	2x	93.5	92.1	90.5	2.5	4.9	14.3	0.49	0.57	1.16	36.9	19.0	6.3
26	4x	94.1	98.1	95.2	2.4	4.4	12.9	0.60	0.79	1.85	38.8	22.2	7.4
*27	4x	84.1	96.0	74.2	2.5	5.1	15.0	0.49	0.68	1.19	33.3	19.0	5.0
28	4x	92.4	90.3	66.2	2.8	5.1	15.8	0.90	0.53	1.66	33.2	17.6	4.2
29	4x	100.0	98.0	98.1	2.3	4.7	12.7	0.34	0.58	1.29	43.9	21.0	7.7
30	4x	89.8	84.6	69.7	2.7	5.4	15.0	0.50	0.67	1.58	32.8	15.7	4.7
31	4x	90.0	84.3	87.1	2.7	5.1	14.8	0.72	0.61	1.59	33.3	16.6	5.9
32	4x	92.3	85.5	77.1	3.0	5.2	16.1	0.82	0.63	1.56	30.7	16.4	4.8
33	4x	90.9	80.8	83.5	2.6	4.9	14.3	0.64	0.76	1.82	35.0	16.4	5.8
34	4x	97.4	96.5	92.7	2.5	4.8	14.3	0.49	0.55	1.57	39.5	20.2	6.5
*35	4x	88.2	89.8	84.9	2.7	4.9	15.7	0.48	0.66	1.54	32.5	18.3	5.4
36	4x	96.2	95.4	82.7	2.4	4.8	14.8	0.31	0.55	1.40	40.7	19.8	5.6
*37	4x	98.1	90.9	93.2	2.3	4.6	14.3	0.54	0.58	1.57	42.3	19.9	6.5
2x	MEAN	93.9	89.4	80.7	2.6	4.8	14.4	0.61	0.57	1.49	37.4	18.7	5.7
4x	MEAN	92.8	90.9	83.7	2.6	4.9	14.6	0.57	0.63	1.55	36.3	18.6	5.8
Overall	MEAN	93.6	89.9	81.7	2.6	4.9	14.5	0.60	0.59	1.51	37.0	18.7	5.7

a : Ploidy level

* : Quasirecommended cultivar in Hokkaido.

ペレニアルライグラスの低温発芽性

Table 3. Correlation coefficient between GP, GD, GU and GC at three temperatures.

25 °C				
	GP	GD	GU	GC
GP	1.00			
GD	-.60**	1.00		
GU	-.40*	.73**	1.00	
GC	.86**	-.92**	-.66**	1.00
15 °C				
	GP	GD	GU	GC
GP	1.00			
GD	-.68**	1.00		
GU	-.56**	.50**	1.00	
GC	.93**	-.89**	-.58**	1.00
5 °C				
	GP	GD	GU	GC
GP	1.00			
GD	-.69**	1.00		
GU	-.39*	.38*	1.00	
GC	.96**	-.85**	-.43**	1.00

** , * : Significant at the 1% and 5% levels, respectively.
GP, GD, GU and GC are the same as Table 2.

Table 4. Analyses of variance for GP, GD, GU and GC.

Source	df	Mean squares			
		GP	GD	GU	GC
Temperature(T)	2	2,078.2**	2,951.82**	20.621**	12,576.3**
Cultivar(C)	36	332.1**	1.88**	0.097**	42.1**
2x vs 4x	1	4.9	0.57**	0.030	5.9
Diploid(2x)	24	392.3**	2.15**	0.106**	47.6**
Tetraploid(4x)	11	230.2**	1.40**	0.083**	33.4**
C × T	72	64.7**	0.52**	0.051**	10.6**
(2x vs 4x) × T	2	54.6	0.39**	0.115*	6.0
2x × T	48	148.0**	1.09**	0.117**	22.7**
4x × T	22	95.4**	1.01**	0.065**	19.4**
Error	111	24.6	0.04	0.024	2.7

** , * : Significant at the 1% and 5% levels, respectively.
All sources were tested against Error.
GP, GD, GU and GC are the same as Table 2.

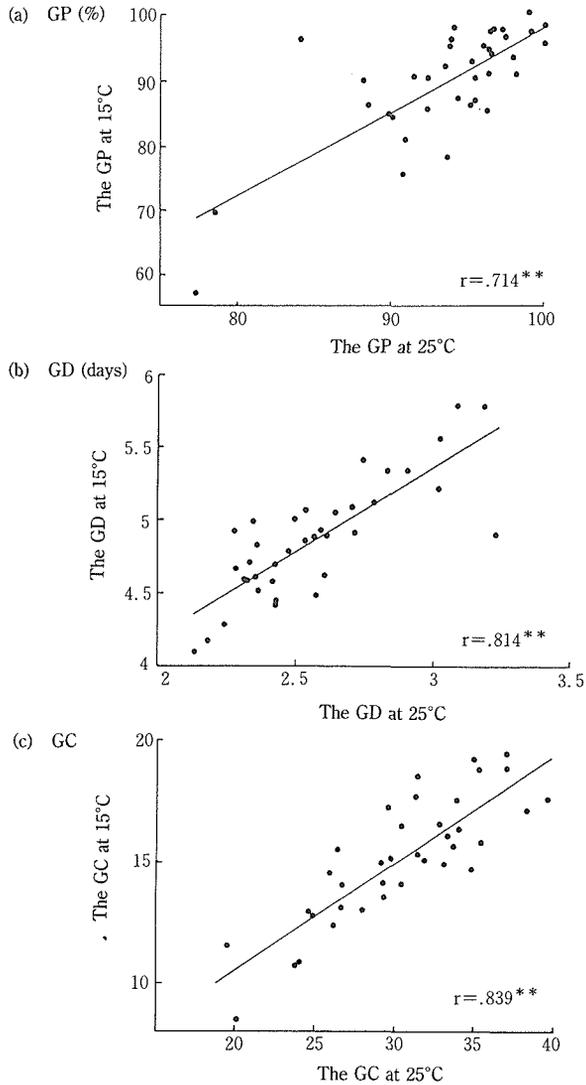


Fig. 1 Correlations in characteristics of germination between 25°C and 15°C.
GP, GD and GC are the same as Table 2.

特性を独立変数、15°Cの発芽特性を従属変数として、回帰直線を求めた。発芽率と発芽係数では、回帰直線から上に離れるほど、温度の低下に伴う発芽特性の低下が小さい品種、回帰直線から下に離れるほど、温度の低下に伴う発芽特性の低下が大きい品種を意味する。平均発芽日数では、逆に回帰直線から上に離れるほど、温度の低下に伴う平均発芽日数の遅延が大きい品種を意味する。回帰直線から上下に離れる距離が品種間で異なることと、分散分析 (Table 4) が示すように相互作用が有意であったことから、温度の低下に伴う発芽特性の低下程度が品種間で異なる

ペレニアルライグラスの低温発芽性

ことがわかった。しかし、各発芽特性の温度条件の間の相関係数を求めた結果 (Table 5), 発芽率, 平均発芽日数および発芽係数は, 温度条件の間で高い正の相関を示した。温度条件間の相関が低い発芽不斉一性を除く発芽特性の温度による影響は, 品種間で異なるが, 発芽特性に関する品種間の大小関係を逆転させるのではなく, 15℃で品種間差を拡大したと思われる。したがって, Table 6 に示すように, この3つの発芽特性の遺伝率は15℃が25℃より高い値を示した。一方, 発芽不斉一性の遺伝率が低く, 温度条件間の相関係数が低いことは, この発芽特性に及ぼす温度の影響が複雑であることを意味している。

北海道におけるペレニアルライグラスの播種期は5月中・下旬であり, その時期の平均気温が10℃から15℃である。したがって, 15℃での発芽特性は実用面から重要である。15℃におけるそれぞれの発芽特性の大小に基づいて, 供試品種を5階級に分け, その結果を Table 7 に示した。供試品種中, 最も高緯度で, 年間平均気温も最も低いノルウェーで育成されたNo. 1は低温下での発芽特性が「中」から「やや低」であったが, スウェーデンで育成されたNo. 3と26やデンマークで育成されたNo. 5と6は, 低温下で発芽率が高く, 発芽日数が少なかった。さらにNo. 3と6は発芽のばらつきも小さかった。北ヨーロッパで育成されたその他の品種の大部分も低温下で発芽率が高く, 発芽日数も少なかった。北ヨーロッパよりやや低緯度のドイツで育成されたNo. 9, 10および36も, 低温下で発芽率がやや高く, 早く均一に発芽した。供試品種中, ヨーロッパでは

Table 5. Correlation coefficient between GP, GD, GU and GC at three temperatures.

	G P				G D		
	25℃	15℃	5℃		25℃	15℃	5℃
25℃	1.00			25℃	1.00		
15℃	.71**	1.00		15℃	.81**	1.00	
5℃	.54**	.66**	1.00	5℃	.67**	.84**	1.00

	G U				G C		
	25℃	15℃	5℃		25℃	15℃	5℃
25℃	1.00			25℃	1.00		
15℃	.32	1.00		15℃	.84**	1.00	
5℃	.12	.54**	1.00	5℃	.61**	.77**	1.00

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

GP, GD, GU and GC are the same as Table 2.

Table 6. Heritability of GP, GD, GU and GC at three temperatures.

	G P	G D	G U	G C
25 ℃	0.417	0.876	0.427	0.745
15 ℃	0.776	0.949	0.512	0.880
5 ℃	0.823	0.922	0.494	0.891

Heritability is estimated from analysis of variance.

GP, GD, GU and GC are the same as Table 2.

Table 7. A demarcation table for GP, GD, GU and GC at low temperature and the latitude of location of origin.

(a) Germination percentage (GP)

E		High ←		Middle		→ Low	
L	a	≥97%	≥95%	≥90%	≥85%	≥80%	≥50%
56°~					1		
54°~56°		3, 5, 6, 26	27*	2, 4, 7			8
52°~54°			9, 10, 12	13			11
50°~52°		18, 20, 29	34, 36	14, 21, 28	16, 17, 19, 32, 35*		15, 22, 30, 31, 33
~50°				23, 24, 25, 37*			

(b) Mean days to germination (GD)

E		High ←		Middle		→ Low	
L	b	4days ≤	4.5days ≤	4.7days ≤	5.0days ≤	5.3days ≤	
56°~				1			
54°~56°		2, 3, 26	5, 6, 7	4	27*		8
52°~54°		9, 10	12	13			11
50°~52°		18	21, 29	14, 16, 22, 33, 34, 35*, 36	19, 28, 31, 32		15, 17, 20, 30
~50°			23, 37*	25	24		

(c) Germination uniformity (GU)

E		High ←		Middle		→ Low	
L	c	0.3days ≤	0.5days ≤	0.57days ≤	0.62days ≤	0.7days ≤	
56°~					1		
54°~56°		2, 3, 4, 5, 6			27*		7, 8, 26
52°~54°		9	10, 13	12			11
50°~52°		18	28, 34, 36	14, 20, 21, 22, 29, 31	16, 17, 19, 30, 32, 35*		15, 33
~50°			24, 25	37*	23		

(d) Germination coefficient (GC)

E		High ←		Middle		→ Low	
L	d	≥18	≥16	≥14	≥12	≥10	≥8
56°~				1			
54°~56°		2, 3, 6, 26	5, 7	4, 27*			8
52°~54°			9, 10, 12	13			11
50°~52°		18	21, 29, 34, 36	14, 16, 20, 28, 35*	17, 19, 30, 31, 32, 33		15, 22
~50°				23, 24, 25, 37*			

E : Evaluation for low temperature germinability

a : The germination percentage at 15 °C

b : The mean days to germination at 15 °C

c : The germination uniformity at 15 °C

d : The germination coefficient at 15 °C

L : Latitude of location of origin

Number of cultivar is the same in the Table 1.

* : Quasirecommended cultivar in Hokkaido.

低緯度に位置するオランダとチェコスロバキアで育成された品種 (No. 14~22と28~35) の低温下での発芽特性は、「高」から「低」まで広く分布したが、「中」と「やや低」にその多くが入った。さらに低緯度に位置し、年間平均気温も高いアメリカのNo. 23と24およびオーストラリアのNo. 25は、低温下での発芽特性が「中」程度であった。また、標準品種のNo. 27, 35および37の低温下での発芽係数 (Table 7 d) は「中」に入り、スウェーデン、デンマークおよびドイツで育成された品種の発芽係数は、この3品種を上回った。このように、高緯度で育成された品種には低温発芽性の高い品種が、低緯度で育成された品種には低温発芽性の低い品種が多い傾向を示しており、低温発芽性が育成地の緯度および気候条件によって分化していることが、イネ (李・田口, 1969; 小高・安部, 1988; 笹原, 1989) や他の牧草 (湯本ら, 1980; 阿部, 1986) と同様に、認められた。

草地造成の際、早春の播種により雑草との競争を避け、株の定着を確実なものにするためには、低温発芽性の向上が必要である。本研究において、標準品種を上回る低温発芽性を有する品種が、北ヨーロッパで育成された品種に多数見られたこと、発芽特性が高い遺伝率を示し、とくに25℃の標準条件より15℃や5℃の低温条件において遺伝率が高かったことより、低温発芽性の改良の可能性が示唆された。

引用文献

- 阿部二郎 (1986) 寒地型イネ科牧草の耐凍性と雪腐病抵抗性に関する品種間変異 北海道農試研報146, 89-143
- 三井計夫 (1973) 飼料作物・草地ハンドブック 435-436 養賢堂. 東京
- 小高真一・安部信行 (1988) 低温条件下におけるイネの高出芽性品種の検索-低温発芽性の品種間差異と苗立性検定法の開発- 農業技術43, 165-168
- 笹原健夫 (1989) 水稻種子の発芽特性と湛水直播稲作の課題-寒冷地における生育初期段階の問題点- 農及園64, 711-717
- 佐々木多喜雄 (1974) 稲品種の低温発芽性に関する育種的研究 北海道立農試報24, 1-90
- 湯本節三・島本義也・津田周彌 (1980) チモシーの自生集団における生態型の変異に関する研究. I. 種子の発芽特性に関する変異 日草誌26, 243-250
- 李 弘拓・田口啓作 (1969) 稲種子の低温発芽性に関する研究. 第1報. 低温発芽性の品種間差異および親植物の栽培環境の影響 北大農邦紀7, 63-71

Varietal Differences in the germinability at low temperature of perennial ryegrass (*Lolium perenne* L.)

Masayuki YAMASHITA and Yoshiya SHIMAMOTO

(Laboratory of Industrial crops, Faculty of Agriculture, Hokkaido University)

In order to elucidate varietal differences in the germinability at low temperature of perennial ryegrass, germination tests at three different temperature levels, i. e. 25°C, 15°C and 5°C, were carried out for the cultivars collected from various nations of the world. The results are summarized as follows.

1) It was observed that in response to the decrease of temperature, germination percentage, germination uniformity and germination coefficient reduced, and mean days to germination increased. These trends were different among the cultivars.

2) There was a tendency that the cultivars released in North Europe had high germinability at low temperature, while ones released in the Netherlands, the United States and Australia had low germinability at low temperature.

3) Since the heritability of germinability at low temperature was higher and thus under the genetic control, it seemed that there was a possibility to select for the genotypes adapted to low temperature germinability.

Key words : Germinability at low temperature, Germination coefficient, *Lolium perenne* L., Varietal difference