HOKKAIDO UNIVERSITY

| | |
|---|---|
| Title | チモシーの自生集団における生態型的変異に関する研究 : II. 発芽特性に関するダイアレル分析 |
| Author(s) | 湯本, 節三; 島本, 義也; 津田, 周彌 |
| Citation | 北海道大学農学部邦文紀要, 13(1), 61-67 |
| Issue Date | 1981-09-01 |
| Doc URL | http://hdl.handle.net/2115/11964 |
| Type | bulletin (article) |
| File Information | 13(1)_p61-67.pdf |

Instructions for use

Hokkaido University Collection of Scholarly and Academic Papers : HUSCAP

# チモシーの自生集団における生態型的変異に関する研究

## II. 発芽特性に関するダイアレル分析

湯本節三・島本義也・津田周彌
(北海道大学農学部工芸作物学教室)

(昭和56年4月16日受理)

# Studies on Ecotypic Variations among Natural Populations of Timothy (*Phleum pratense* L.)

## II. Diallel analysis of germination characteristics

Setsuzo YUMOTO, Yoshiya SHIMAMOTO and Chikahiro TSUDA
(Laboratory of Industrial Crops, Faculty of Agriculture, Hokkaido University, Sapporo, Japan)

### 緒　言

著者らは，前報[23]において，温度条件の変化に対する発芽特性の反応に関して，チモシーの北海道の自生集団間に分化がみられ，その分化が，集団の自生地の冬期の気候条件によって説明されることを明らかにした。本報告では，チモシーの発芽特性に関する生態型的変異の遺伝的背景を明らかにするため，集団間のダイアレル交配より得られた種子を用いて，それらの発芽温度および種子齢の変化に対する反応を検討する。

### 材料および方法

**ダイアレル支配**——

北海道内4カ所 (Fig. 1) より種子で収集した集団を圃場に栽培して個体を養成後，各集団より任意に2個体を選んで交配母本とした。交配母本の個体を，多数の分げつよりなる7つの栄養分体に分割し，それらの栄養分体を他の7つの交配母本の栄養分体との交配に用いた。

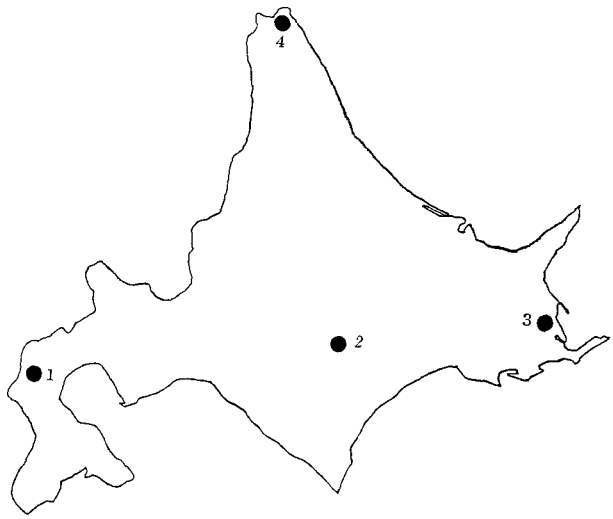


**Fig. 1.** Map of Hokkaido showing locations of parental populations used in diallel crosses.

**Table 1.** Formulae to calculate germination capacity (GC), germination speed (GS) and variation of germination (VG)

$$GC=(\Sigma Xi/N)\times 100,\ (\%)$$
$$GS=\Sigma(XiTi)/\Sigma Xi,\ (\mathrm{day})$$
$$VG=\sqrt{(\Sigma(Xi(Ti-GS)^2)/(\Sigma Xi-1))},\ (\mathrm{day})$$

where $Xi$ = number of germinated seeds on $i$th day
$Ti$ = $i$th day after sowing
N = number of seeds used

交配方法は，交配する2つの母本の栄養分体を同一の鉢に植え，出穂後隔離をし，自然受粉によった。

用いた交配母本の自殖率を推定するため，各交配母本について，出穂後5穂を選んでそれぞれの穂にパラフィン紙の袋をかけ，穂褐変後，各穂100小花の結実種子数を調査した。各集団の平均自殖率は0.0%（集団1），0.4%（集団2），7.2%（集団3），2.2%（集団4）であった。集団の自殖率は低く，各交配における自殖種子の混入は無視した。

同一集団に属する上記の交配母本間の交配より得られた種子を混合して，親系統とした。ただし，集団3は交配途中で一方の母本が枯死したため，親系統の種子は得られなかった。集団を異にする交配母本間での交配より得られた種子は，集団間の交配組合せごとに正逆を区別して混合し，集団間の正逆交配系統とした。

**発芽試験**——

1979年8月13日に交配種子を収穫した後，8月20日（収穫後7日目：齢1）と9月10日（収穫後28日目：齢2）に，発芽試験を行った。収穫後試験までの間，種子は室温で貯蔵した。系統当り50粒の種子を，1%寒天培地をしいたシャーレに置床し，その後10日間，10°Cと25°Cの恒温および室温（14°C～24°C）の各条件下で，発芽した種子数を日毎に記録した。これら日毎の発芽種子数から Table 1 に示した発芽様式を特徴づける特性[18]，発芽力，発芽速度および発芽のばらつきを算出した。

## 結　　果

種子齢2水準と発芽温度3水準の組合せによる計6環境下での発芽力，発芽速度および発芽のばらつきを Table 2 に示した。

分散分析の結果（Table 3），発芽力および発芽速度，発芽のばらつきは，それぞれ齢と温度による効果が有意であった。また，発芽力と発芽速度では，齢と温度との交互作用も有意であった。

各環境下での全系統の平均値に基づいた発芽特性の環境による変化を Fig. 2 に示した。発芽力は齢1のとき10°Cで，齢2のとき室温でそれぞれ最大であり，両齢とも25°Cで最低であった（Fig. 2 (a)）。発芽速度は10°Cで最も遅く，室温と25°Cで顕著に速かった（Fig. 2 (b)）。発芽のばらつきは齢1のとき室温で，齢2のとき10°Cでそれぞれ最も小さく，両齢とも25°Cで最大であった（Fig. 2 (c)）。齢による差異は，10°Cでの発芽力と発芽速度ではほとんどみられないが，25°Cでは3特性とも拡大した。

6環境下での発芽特性に関するダイアレル表の HAYMAN[4] の方法に基づく分散分析（Table 3）より，3特性いずれにおいても，相加的遺伝子効果（a）と平均

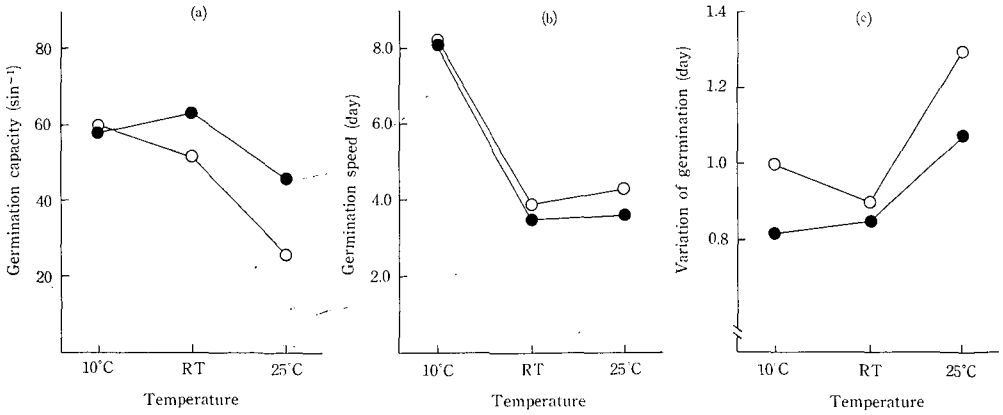


**Fig. 2.** Changes of germination capacity, germination speed and variation of germination with ages and temperatures. RT: room temperature, ○——○: Age I (7 days old), ●——●: Age II (28 days old).

**Table 2.** Diallel table of germination capacity ($\sin^{-1}$), germination speed and variation of germination under two age and three temperature conditions

Germination capacity ($\sin^{-1}$)

| Male parent | Age I (7 days old) Female parent 1 | 2 | 3 | 4 | Age II (28 days old) Female parent 1 | 2 | 3 | 4 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 66.9 | 49.5 | 47.7 | 51.3 | 64.2 | 44.4 | 34.1 | 49.5 |
| | 61.6 | 39.8 | 34.1 | 70.1 | 78.5 | 53.1 | 42.8 | 57.1 |
| | 16.3 | 13.9 | 19.9 | 47.7 | 44.4 | 26.1 | 28.7 | 55.1 |
| 2 | 59.3 | 64.2 | 46.1 | 70.1 | 78.5 | 51.3 | 39.8 | 73.7 |
| | 38.3 | 32.7 | 53.1 | 66.9 | 66.9 | 70.1 | 46.1 | 90.0 |
| | 26.1 | 6.9 | 26.1 | 26.1 | 35.5 | 34.1 | 30.0 | 59.3 |
| 3 | 66.9 | 66.9 | — | 66.9 | 61.6 | 57.1 | — | 55.1 |
| | 47.7 | 61.6 | — | 49.5 | 53.1 | 66.9 | — | 61.6 |
| | 27.4 | 23.6 | — | 32.7 | 39.8 | 53.1 | — | 70.1 |
| 4 | 70.1 | 55.1 | 51.3 | 55.1 | 73.7 | 42.8 | 57.1 | 70.1 |
| | 38.3 | 42.8 | 59.3 | 70.1 | 78.5 | 51.3 | 59.3 | 73.7 |
| | 18.7 | 24.8 | 32.7 | 30.0 | 57.1 | 36.9 | 55.1 | 55.1 |

Germination speed (day)

| Male parent | Age I (7 days old) Female parent 1 | 2 | 3 | 4 | Age II (28 days old) Female parent 1 | 2 | 3 | 4 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 8.24 | 8.34 | 8.41 | 7.59 | 7.93 | 8.34 | 8.54 | 7.76 |
| | 3.93 | 3.94 | 4.11 | 3.38 | 3.41 | 3.38 | 4.29 | 3.24 |
| | 4.36 | 4.50 | 4.76 | 4.05 | 3.49 | 3.23 | 5.08 | 3.59 |
| 2 | 8.60 | 8.33 | 8.44 | 7.94 | 7.80 | 7.97 | 8.41 | 8.23 |
| | 3.81 | 3.93 | 4.20 | 3.76 | 3.17 | 3.47 | 4.14 | 3.22 |
| | 4.86 | 4.67 | 4.32 | 4.50 | 3.48 | 3.18 | 4.16 | 3.16 |
| 3 | 7.78 | 7.74 | — | 8.02 | 8.23 | 7.90 | — | 7.93 |
| | 3.68 | 3.59 | — | 3.82 | 3.90 | 3.30 | — | 3.41 |
| | 3.91 | 4.65 | — | 4.26 | 3.88 | 3.20 | — | 3.36 |
| 4 | 7.77 | 8.56 | 7.95 | 8.34 | 7.92 | 8.76 | 7.74 | 7.70 |
| | 3.74 | 4.06 | 4.16 | 3.64 | 3.22 | 3.49 | 3.33 | 3.21 |
| | 3.88 | 4.24 | 3.78 | 3.52 | 3.33 | 3.60 | 3.41 | 3.12 |

Variation of germination (day)

| Male parent | Age I (7 days old) Female parent 1 | 2 | 3 | 4 | Age II (28 days old) Female parent 1 | 2 | 3 | 4 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 1.02 | 1.05 | 0.93 | 1.19 | 0.65 | 0.91 | 0.74 | 0.71 |
| | 0.97 | 0.98 | 1.60 | 0.90 | 0.57 | 0.63 | 1.84 | 0.82 |
| | 1.08 | 1.24 | 1.99 | 1.47 | 1.22 | 1.59 | 2.10 | 1.25 |
| 2 | 0.79 | 1.11 | 1.18 | 0.90 | 0.85 | 0.78 | 0.88 | 0.81 |
| | 0.48 | 0.62 | 1.22 | 0.92 | 0.38 | 0.86 | 1.73 | 0.42 |
| | 2.03 | 0.82 | 0.95 | 1.54 | 0.95 | 0.39 | 1.72 | 0.37 |
| 3 | 0.89 | 0.98 | — | 0.88 | 0.75 | 0.91 | — | 0.99 |
| | 0.67 | 0.62 | — | 0.83 | 1.55 | 0.70 | — | 0.69 |
| | 0.95 | 1.98 | — | 1.51 | 1.41 | 0.56 | — | 0.94 |
| 4 | 0.98 | 1.05 | 1.03 | 0.88 | 0.71 | 0.96 | 0.91 | 0.66 |
| | 0.58 | 0.69 | 1.43 | 0.79 | 0.47 | 0.76 | 0.61 | 0.54 |
| | 0.86 | 1.04 | 1.16 | 0.71 | 0.95 | 0.98 | 1.07 | 0.51 |

Note; upper figure: 10°C, middle figure: room temperature, bottom figure: 25°C.
Code of parental population is the same as in Fig. 1.
—: the seeds were not obtained.

母体効果 (c) が統計的に有意であり，これらの効果に由来する遺伝的変異が集団間に存在することがわかった。発芽速度では，さらに，優性効果 (b) と残余正逆効果 (d) も有意性が認められた。

次に，遺伝的要因と齢および温度との交互作用を検討した (Table 3)。齢との交互作用は発芽力と発芽速度で有意であった。後者では，遺伝成分のうち，優性効果と残余正逆効果が有意な交互作用を示した。温度との交互作用は，いずれの特性においても有意ではなかった。主効果として認められた相加的遺伝子効果と平均母体効果は，齢および温度との間に交互作用を示さなかった。

遺伝的要因と全環境との交互作用による変動を，環境指標 (各環境下での系統平均値) に対する1次回帰と回帰からの偏差に分割し[3,22]，環境条件の変化に対する表現型安定性の系統間差異に注目した (Table 4)。

発芽力では，回帰係数が系統によって有意に異なり，表現型安定性に変異が認められた。親系統と集団間交配系統を比較すると，前者の回帰係数は b=1.406, 後者の

**Table 3.** Analyses of variance of diallel tables for germination characteristics

| Source of variation | df | mean squares | | |
|---|---|---|---|---|
| | | Germination capacity | Germination speed | Variation of germination |
| Family (F) | 14 | 443.21** | 0.3969** | 0.275014** |
| a | 3 | 686.33** | 0.6141* | 0.564143* |
| b | 5 | 166.52 | 0.2563** | 0.140775 |
| c | 3 | 826.59** | 0.5342* | 0.484630** |
| d | 3 | 277.85 | 0.2768** | 0.0 |
| Age (A) | 1 | 2312.43** | 3.3834** | 0.499821* |
| Temperature (T) | 2 | 5058.18** | 186.7599** | 0.896667** |
| A×T | 2 | 998.21** | 0.8516** | 0.059085 |
| F×A | 14 | 116.13* | 0.1581** | 0.107318 |
| a×A | 3 | 89.66 | 0.2654 | 0.095171 |
| b×A | 5 | 48.17 | 0.2281* | 0.062631 |
| c×A | 3 | 177.97 | 0.0228 | 0.030849 |
| d×A | 3 | 194.04 | 0.0696* | 0.270412 |
| F×T | 28 | 100.75 | 0.0672 | 0.115948 |
| a×T | 6 | 143.81 | 0.1207 | 0.191941 |
| b×T | 10 | 73.59 | 0.0416 | 0.111379 |
| c×T | 6 | 134.48 | 0.0433 | 0.109425 |
| d×T | 6 | 69.23 | 0.0805* | 0.054094 |
| F×A×T | 28 | 57.67 | 0.0540 | 0.092104 |
| a×A×T | 6 | 68.97 | 0.0832 | 0.075353 |
| b×A×T | 10 | 52.77 | 0.0349 | 0.049409 |
| c×A×T | 6 | 48.25 | 0.1003 | 0.129914 |
| d×A×T | 6 | 63.95 | 0.0103 | 0.142203 |

*, **; significant at 5% and 1% levels, respectively.
Main effects and first order interactions were tested against their second order interactions, respectively.
a: additive gene effect (additive genetic variation).
b: dominance effect (non-additive genetic variation).
c: average maternal effect (consistent variation between reciprocal families).
d: residual reciprocal effect (inconsistent variation between reciprocal families).

**Table 4.** Regression analyses of genotype×environment interactions

| Source of variation | df | mean squares | | |
|---|---|---|---|---|
| | | Germination capacity | Germination speed | Variation of germination |
| Family×Environment | 70 | | | |
| Regression | | | | |
| Family | 14 | 178.93** | 0.0799 | 0.134940 |
| Parent vs. Progeny | 1 | 621.07** | 0.0840 | 0.266756 |
| Parent | 2 | 87.76 | 0.0361 | 0.000820 |
| Progeny | 11 | 155.31* | 0.0875 | 0.130650 |
| Deviation | | | | |
| Family | 56 | 63.51 | 0.0802 | 0.097120 |
| Parent vs. Progeny | 4 | 14.51 | 0.0968 | 0.062332 |
| Parent | 8 | 70.13 | 0.0552 | 0.057365 |
| Progeny | 44 | 66.76 | 0.0832 | 0.111687 |

*, **; significant at 5% and 1% levels, respectively.
Parent: Family of intra-population cross (entry on the diagonal in Table 2).
Progeny: Family of inter-population cross (entry on the off-diagonal in Table 2).

回帰係数は b≒0.899 で，両者の差異は1%水準で有意であった。このことは，親系統の方が安定性が小さく，環境条件の変化に敏感に反応することを意味している。また，集団間交配系統においても回帰係数に有意な差があり，そのレンジは b=0.170～b=1.656 であった。

発芽速度と発芽のばらつきには，表現型安定性に特徴的な傾向はなかった。

## 考　　察

採種当初のチモシーの種子は，顕著な低温発芽性を示すことが知られている[14]。本試験においても，収穫後7日目および28日目の種子の発芽力は25°C よりも 10°C で高く，種子齢がより若いうちは，高温下よりも低温下で発芽力がまさることが示された (Fig. 2, Table 3)。一方，収穫後7日目と28日目の種子齢による違いも，発芽様式に影響をおよぼすことがわかった (Table 3)。すなわち，7日目の種子に比較して28日目の種子は，発芽力が高く，発芽速度が速く，発芽のばらつきが小さかった (Fig. 2)。

種子齢と発芽温度の組合せによる6環境下での発芽特性のダイアレル分析の結果 (Table 3)，いずれの特性においても，相加的遺伝子効果と平均母体効果が有意であった。このことから，集団間の主要な遺伝的変異は相加的遺伝子効果と平均母体効果によるといえる。*Lolium perenne*[5~8,19~21], *Dactylis*[15~17], *Trifolium subterraneum*[13], *Melandrium*[9,10], *Papaver dubium*[11,12] などについての集団間のダイアレル交配による遺伝的解析においても，一般に，集団間の遺伝的変異の最も多くの部分は，相加的遺伝子効果に帰因していた。一方，種や形質によっては，しばしば正逆交雑間の差異に由来する大きな変異が観察された。*Dactylis* 集団の発芽率に関するダイアレル分析[15] では，相加的遺伝子効果と平均母体効果が認められ，平均母体効果の分散は相加的遺伝子効果の分散よりも有意に大きく，細胞質効果の関与が指摘された。また，*Lolium perenne* においては，分げつ能力に関する同一株内の分げつの選抜反応[2] や，ダイアレル交配系統の $F_2$ 世代での地上部重のダイアレル分析[19] などに基づき，細胞質レベルでの変異の存在が確認され，核内遺伝子ばかりでなく，細胞質の効果あるいは遺伝子と細胞質との相互作用もまた，集団の環境適応性を支配する要因の1つと考えられている。本試験で認められた平均母体効果が，どの程度細胞質効果に起因しているか明らかでないが，上記の点などを考慮するとき，チモシーの自生集団における生態型的変異の遺伝的背景として，細胞質効果も重要であると思われる。

発芽特性に関する遺伝的要因と齢および温度との交互作用 (Table 3) は，齢における発芽力と発芽速度でしかみられなかった。発芽速度では，遺伝成分のうち，優性効果と残余正逆効果が有意な交互作用を示し，齢によって，これら効果の発現程度が異なることがわかった。

一方，主効果として認められた相加的遺伝子効果と平均母体効果は，一切有意な交互作用を示さず，それら効果の発現程度は，環境条件が変化しても，安定していることが示唆された。

発芽3特性のうち，発芽力では，遺伝的要因と全環境との交互作用による変動の一部が，1次回帰によって説明されることがわかった (Table 4)。すなわち，個々の環境での発芽力は，環境指標 (各環境での系統平均値) を独立変数とする1次回帰によって，ある程度予測可能であるといえる。このことは，また同時に，環境条件の変化に対する表現型安定性に関して，系統間に差異のあることを意味している。親系統と集団間交配系統とでは表現型安定性を異にし，親系統が環境条件の変化により敏感に反応するのに対し，集団間交配系統は表現型の発現がより安定していた。交配系統でのより高い表現型安定性は，集団間の交配にともなう異型接合性の増加が，環境条件の変化に対する個体の緩衝能力を向上させたことによってもたらされたと考えられる[1)]。親系統では，発芽力の表現型安定性について変異はみられなかったが，それらの交配系統では，有意な差異が認められた。したがって，親系統においても，発芽力の環境条件の変化に対する反応程度に潜在的な遺伝変異が存在すると思われる。

## 摘　　要

チモシーの自生集団における発芽特性 (発芽力，発芽速度，発芽のばらつき) に関する生態型的変異の遺伝的背景を明らかにするため，北海道内4カ所より収集した集団間のダイアレル交配系統の種子を用いて，種子齢2水準 (収穫後7日目，28日目) と温度3水準 (10°C，室温，25°C) の組合せによる6環境下で発芽試験を行った。

発芽力は25°C より10°C で高く，種子は低温発芽性を示した。発芽特性は齢によって異なり，7日目の種子に比較して28日目の種子は，発芽力が高く，発芽速度が速く，発芽のばらつきが小さかった。

ダイアレル分析より，3特性いずれについても，相加的遺伝子効果と平均母体効果が認められ，集団間の主要な遺伝的変異は，相加的遺伝子効果と平均母体効果によることが示された。発芽速度では，優性効果や残余正逆効果も認められた。

遺伝的要因と齢との交互作用は，発芽速度では，優性効果と残余正逆効果で有意となり，発芽力では，全体の遺伝的要因でのみ有意となった。主効果として認められた相加的遺伝子効果と平均母体効果は，齢および温度との間に交互作用を示さず，環境条件が変化しても，これら効果は相対的に一定していた。

発芽力では，遺伝的要因と全環境との交互作用による変動の一部が，環境指標に対する1次回帰の系統間差異によって説明された。集団間交配系統の回帰係数は親系統のそれよりも小さく，環境条件の変化に対する発芽力の反応は，集団間交配系統でより安定していた。さらに，集団間交配系統によって，表現型安定性に差異があった。

## 引 用 文 献

1. ALLARD, R. W. and BRADSHAW, A. D.: Implications of genotype-environmental interactions in applied plant breeding, *Crop Sci.*, **4**: 503-507. 1964
2. BREESE, E. L., HAYWARD, M. D. and THOMAS, A. C.: Somatic selection in perennial ryegrass, *Heredity*, **20**: 367-379. 1965
3. FINLAY, K. W. and WILKINSON, G. N.: The analysis of adaptation in a plant-breeding programme, *Aust. J. Agric. Res.*, **14**: 742-754. 1963
4. HAYMAN, B. I.: The analysis of variance of diallel crosses, *Biometrics*, **10**: 235-244. 1954
5. HAYWARD, M. D. and BREESE, E. L.: The genetic organisation of natural populations of *Lolium perenne*. I. Seed and seedling characters, *Heredity*, **21**: 287-304. 1966
6. HAYWARD, M. D.: The genetic organisation of natural populations of *Lolium perenne*. II. Inflorescence production, *Heredity*, **22**: 105-116. 1967
7. HAYWARD, M. D. and BREESE, E. L.: The genetic organisation of natural populations of *Lolium perenne*. III. Productivity, *Heredity*, **23**: 357-368. 1968
8. HAYWARD, M. D. and NSOWAH, G. F.: The genetic organisation of natural populations of *Lolium perenne*. IV. Variation within populations, *Heredity*, **24**: 521-528. 1969
9. LAWRENCE, C. W.: Genetic studies on wild populations of *Melandrium*. II., *Heredity*, **18**: 149-163. 1963
10. LAWRENCE, C. W.: Genetic studies on wild populations of *Melandrium*. III., *Heredity*, **19**: 1-19. 1964
11. LAWRENCE, M. J.: Variation in wild populations of *Papaver dubium*. II. Variation between populations, *Heredity*, **24**: 337-346. 1969

12. LAWRENCE, M. J.: Variation in wild populations of *Papaver dubium*. III. The genetics of stigmatic ray number, height and capsule number, *Heredity*, **28**: 71-90. 1972
13. MORLEY, F. H. W.: The inheritance and ecological significance of seed dormancy in subterranean clover (*Trifolium subterraneum* L.), *Aust. J. Biol. Sci.*, **11**: 261-274. 1958
14. 中村俊一郎：禾本科牧草種子の特性—特にその休眠について—，畜産の研究，**13**: 1469-1473. 1959
15. PARKER, P. F.: Genetic variation in diploid *Dactylis*. I. Cross compatibility and seedling characters, *Heredity*, **23**: 279-300. 1968
16. PARKER, P. F.: Genetic variation in diploid *Dactylis*. II. Emergence date and some morphological and physiological leaf characters, *Heredity*, **23**: 369-386. 1968
17. PARKER, P. F.: Genetic variation in diploid *Dactylis*. III. Panicle, spikelet and floret characters, *Heredity*, **24**: 383-405. 1969
18. 高橋成人・東海林英夫・崔京求：ビール用大麦の種子発芽特性に関する研究 (2) 発芽様式を特徴づける要因について，東北大農研報，**27**: 13-28. 1975
19. THOMAS, R. L.: Inter-population variation in perennial ryegrass. 1. Population means, *Heredity*, **22**: 481-498. 1967
20. THOMAS, R. L.: Inter-population variation in perennial ryegrass. 2. Population variance coefficient, *Heredity*, **24**: 85-90. 1969 a
21. THOMAS, R. L.: Inter-population variation in perennial ryegrass. 3. Interaction of heritable and environmental variation, *Heredity*, **24**: 91-100. 1969 b
22. YATES, F. and COCHRAN, W. G.: The analysis of groups of experiments, *J. Agric. Sci. Camb.*, **28**: 556-580. 1938
23. 湯本節三・島本義也・津田周弥：チモシーの自生集団における生態型的変異に関する研究 I. 種子の発芽特性に関する変異，日草誌，**26**: 243-250. 1980

## Summary

In order to investigate the genetic bases of ecotypic variations of germination characteristics (germination capacity, germination speed and variation of germination) in the natural populations of timothy (*Phleum pratense* L.), 4×4 diallel crosses were made between the populations collected from four locations in Hokkaido. With the seeds from these diallel crosses, germination tests were carried out under six environments represented by the combinations of two seed ages (7 days and 28 days old after harvesting) with three temperatures (10°C, room temperature and 25°C). In each test, 50 seeds per family were placed on 1% agar in a petri dish and the number of germinated seeds was counted daily for 10 days.

Germination characteristics were significantly influenced by seed ages and temperatures. Germination capacity was higher at 10°C than 25°C over two age conditions, and thus the seeds had low temperature germinability. Twenty eight days old seeds showed higher germination capacity, faster germination speed and smaller variation of germination than 7 days old seeds.

By means of diallel analyses, it was shown that for all the three germination characteristics most of variation among parental populations was attributable to additive gene and average maternal effects over six environments. In addition to the above effects dominance and residual reciprocal effects were also detected in germination speed.

Genotype×age interactions were significant for germination capacity and germination speed. In the latter case, interactions of dominance and residual reciprocal effects with ages were significant. On the other hand, no genotype×temperature interactions were detected for the said characteristics. These experimental results indicated that additive gene and average maternal effects were consistent over environmental changes.

Genotype×environment interactions were partitioned into heterogeneity of linear regressions on environmental index and deviation from the regressions. In germination capacity variation due to genotype×environment interaction was explained partly by the difference of the regression coeffcient among families. Progenies had generally lower regression coefficient, indicating to be phenotypically more stable over varying environments in comparison with their parents. Furthermore, there were significant differences in phenotypic stability of germination capacity among progenies.