



Title	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 : V. 乾物生産の季節的变化
Author(s)	湯本, 節三; YUMOTO, Setsuzo; 島本, 義也 他
Citation	北海道大学農学部邦文紀要, 13(3), 336-341
Issue Date	1982-11-10
Doc URL	<a href="https://hdl.handle.net/2115/11981">https://hdl.handle.net/2115/11981</a>
Type	departmental bulletin paper
File Information	13(3)_p336-341.pdf



# 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

## V. 乾物生産の季節的变化

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57年4月21日受理)

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

### V. Seasonal change of dry matter production

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<sup>19)</sup>において、早春の葉の展開開始時から出穂までの葉の生長の季節的变化に関して、北海道北部と南部地域から収集したチモシーの自生集団間に差異があり、特に早春の低温条件下で地域間の差が顕著であることを明らかにした。同化器官である葉の生長の季節的推移は、当然個体の生長の季節的推移と密接に関連していると思われる。

そこで、本試験では、前報<sup>19)</sup>で用いた集団について年4回の刈取りを実施し、乾物生産の季節的变化に関する集団間変異を検討した。

なお、計算の一部は、北海道大学大型計算機センターを利用して行った。

#### 材料および方法

北海道北部地域(13集団)と南部地域(19集団)から収集したチモシーの32集団を供試し、各集団10個体を調査した。これらは前報<sup>19)</sup>の調査個体の翌年の株であり、自生集団の収集地点や採取方法ならびに試験区の設定方法は前報に記した通りである。

播種後3年目の1979年に、1番草を5月23日、2番草を6月30日、3番草を8月23日、4番草を9月30日に刈取り、各刈取り時に個体当り乾物重、茎数、1茎重および草丈を測定した。施肥は本試験を含む3年間いっさい行わなかった。刈取り高さは10cmとした。

#### 結 果

個体重、茎数、1茎重および草丈に関する北部13集団と南部19集団の平均値をFig. 1に示した。Table 1には、これら4形質の分散分析の結果を示した。

個体重は1, 3, 4番草で集団間差異が有意となった。そのうち3番草では群間の差異も有意となって、南部の群が大きかった。しかし、全体の乾物重の集団間差異は有意とならなかった。茎数では、いずれの番草においても集団間に有意な差はなかった。ただし、3番草の北部の群と4番草の南部の群で、それぞれ群内の集団間差異が有意となった。1茎重では、1番草と3番草において集団間差異が有意となったが、群間の差異はいずれも有意ではなかった。草丈では、1, 3, 4番草で集団間に有意な差がみられ、そのうち3番草と4番草では群間の差異も有意となって、南部の群が大きかった。

2番草以後の個体重は、再生時の株の大きさによっても影響されるので、この株の大きさの効果を除いた時の乾物生産を比較するため、共分散分析を行った。すなわち、直線回帰により2番草の個体重を1番草の個体重で、3番草の個体重を2番草の個体重で、4番草の個体重を3番草の個体重でそれぞれ修正し、再生時の株の大きさの不均一性をできる限り除去した。修正後の個体重(Table 2)では、2番草と3番草において群間の差異は修正前よりも拡大し、3番草ではその差が有意となった。一方、4番草では、群間の差異は修正前よりも縮小し、

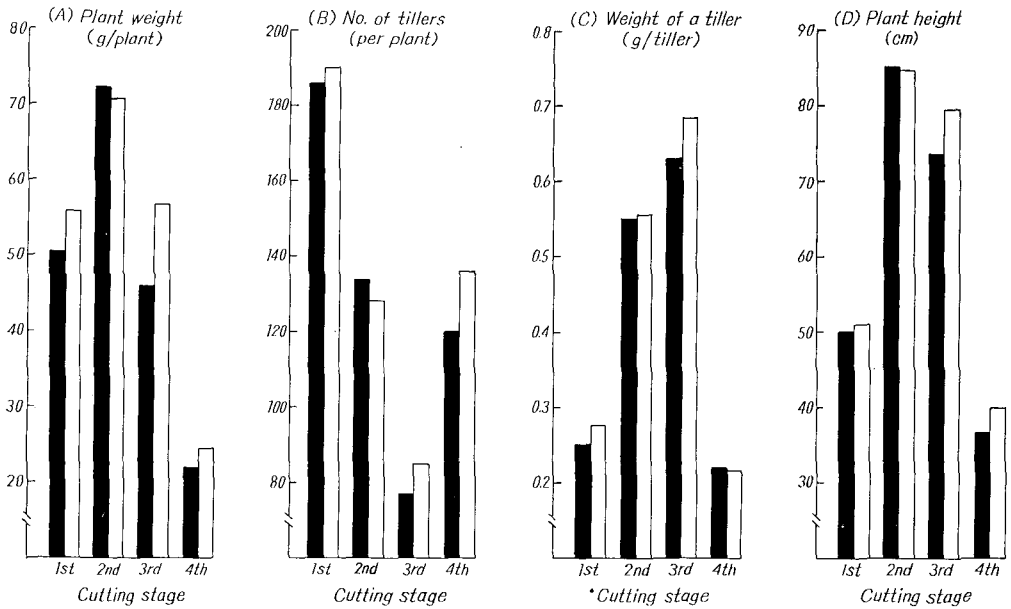


Fig. 1. Changes of mean values of northern (closed bar) and southern (open bar) groups for plant weight, no. of tillers, weight of a tiller and plant height with cutting stage.

Table 1. Analyses of variance for plant weight, no. of tillers, weight of a tiller and plant height at each cutting stage

Source of variation	df	Mean					squares			
		Plant weight					No. of tillers			
		1st	2nd	3rd	4th	Total	1st	2nd	3rd	4th
Population	31	740**	184	473*	50*	2486	2415	706	553	2671
NG vs. SG	1	454	15	1825*	96	2595	214	448	1105	3948
Northern group (NG)	12	867**	199	427	44	2365	2284	857	804*	2231
Southern group (SG)	18	672**	183	429	52*	2560	2624	621	355	2894*
Block	1	5975**	36	186	13	10866*	15876**	26	98	17956**
Error	31	297	258	233	23	1832	1457	554	376	1343

Source of variation	df	Mean				squares			
		Weight of a tiller				Plant height			
		1st	2nd	3rd	4th	1st	2nd	3rd	4th
Population	31	0.0079**	0.0088	0.0389**	0.0042	41.9*	29.3	139.6**	29.5**
NG vs. SG	1	0.0117	0.0006	0.0479	0.0012	33.4	0.7	634.4*	196.7**
Northern group (NG)	12	0.0062	0.0142*	0.0582**	0.0026	31.6	18.9	168.5**	13.4*
Southern group (SG)	18	0.0089**	0.0057	0.0255*	0.0054*	49.2**	37.8	92.9*	31.0**
Block	1	0.0682**	0.0004	0.1961**	0.0431**	481.3**	394.5**	36.5	87.4**
Error	31	0.0031	0.0052	0.0112	0.0023	18.8	20.7	44.5	6.1

\*, \*\*: significant at 5% and 1% levels, respectively.

**Table 2.** Mean values and ranges of plant weight (2nd to 4th) adjusted to the plant weight at the previous cut by means of covariance analysis

	2nd cut	3rd cut	4th cut
Northern group			
Mean	74.3	45.7* <sup>a)</sup>	23.3
Range	49.6-90.5	19.9-69.2* <sup>b)</sup>	17.3-33.6
Southern group			
Mean	70.8	57.0	23.7
Range	57.4-87.5	38.2-97.0	16.2-30.4* <sup>b)</sup>

a) Difference between groups is significant at 5% level.

b) Difference within groups is significant at 5% level.

**Table 3.** Path coefficient analyses of direct and indirect effects of no. of tillers (NT) and weight of a tiller (WT) on plant weight (PW)

1st cut		
PW vs. NT		$r=0.756^{**}$
Direct effect		0.589
Indirect effect via WT		0.167
PW vs. WT		$r=0.795^{**}$
Direct effect		0.642
Indirect effect via NT		0.153
2nd cut		
PW vs. NT		$r=0.654^{**}$
Direct effect		1.143
Indirect effect via WT		-0.489
PW vs. WT		$r=0.144$
Direct effect		0.823
Indirect effect via NT		-0.679
3rd cut		
PW vs. NT		$r=0.731^{**}$
Direct effect		0.754
Indirect effect via WT		-0.023
PW vs. WT		$r=0.591^{**}$
Direct effect		0.620
Indirect effect via NT		-0.029
4th cut		
PW vs. NT		$r=0.800^{**}$
Direct effect		1.287
Indirect effect via WT		-0.487
PW vs. WT		$r=-0.234$
Direct effect		0.683
Indirect effect via NT		-0.917

\*\* : significant at 1% level.

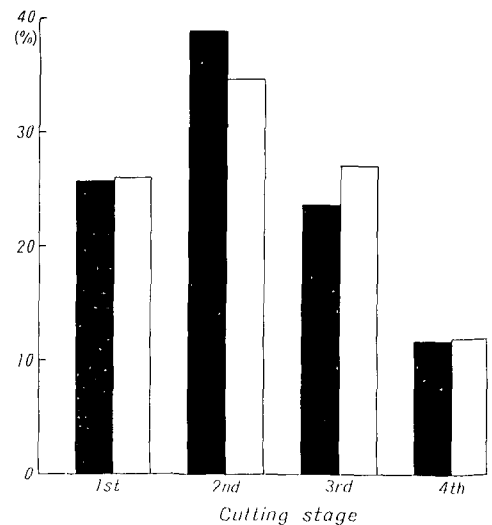
両群はほぼ等しい平均値を示した。

茎数と1茎重は個体重の構成要素を形成することから、これら2形質が個体重とどのように係わっているかを知るため、径路分析を行った (Table 3)。1番草では、両形質ともその直接効果と一方の形質を介した間接効果が正で、個体重との間に有意な正の相関を示した。2番草では、負の間接効果が増大し、茎数は大きな正の直接効果を有するために正の相関を示したが、1茎重はほとんど相関を示さなかった。3番草では、両形質とも正の直接効果に比較して負の間接効果は極めて小さく、個体

**Table 4.** Analyses of variance for relative yield at each cutting stage

Source of variation	df	Mean squares			
		1st	2nd	3rd	4th
Population	31	66.20*	42.17*	46.38	10.06**
NG vs. SG	1	1.61	261.94**	190.14*	1.17
Northern group (NG)	12	60.17	56.88**	48.33	10.28
Southern group (SG)	18	73.81*	20.15	37.10	10.41*
Block	1	702.91**	421.78**	3.76	17.12
Error	31	31.83	18.63	28.11	4.19

\*, \*\*: significant at 5% and 1% levels, respectively.



**Fig. 2.** Changes of mean values of northern (closed bar) and southern (open bar) groups for relative yield (plant weight at each cut/total weight) with cutting stage.

重との間に有意な正の相関がみられた。4番草では、茎数の場合、正の直接効果が大きく、個体重との間に有意な正の相関を示したが、1茎重の場合、茎数を介した負の間接効果が正の直接効果よりも大きくなり、相関係数は負となった。

次に乾物生産の季節的配分を比較するため、集団ごとに相対収量（各番草個体重の全体の乾物重に対する割合）を算出した（Table 4, Fig. 2）。相対収量は1, 2, 4番草において集団間で有意に異なった。さらに、2番草と3番草では群間にも有意な差があり、2番草で北部の群が、3番草で南部の群が大きかった。1番草と4番草では、両群の平均値間にはほとんど差がなかった。

## 考 察

チモシーを含む幾つかのイネ科草種で報告<sup>1,2,7,8,10,11</sup>)されているように、供試された集団は、節間伸長期から出穂期にあたる晩春から初夏にかけて最も旺盛に生長しその後、盛夏から秋にかけて生長は低下し、秋期の生長は春期の生長よりも劣った。

刈取り時期別に北部の群と南部の群の生長を比較すると、全体の乾物重で群間に有意な差はなかったが、3番草では、南部の群が北部の群よりも有意に大きな個体重を示した（Table 1, Fig. 1 A）。共分散分析により再生時の株の大きさの効果を除いた個体重では、この差が一層拡大し（Table 2）、7, 8月の夏期の高温条件下で南部の群が高い生産力を有していることが示された。3番草において個体重の構成要素である茎数と1茎重は群間に有意な差がなかったが、両形質とも南部の群の方が大きな値を示した（Fig. 1 B, C）。ただし、群間の差の程度を形質間で比較するため、測定単位の効果を除いた標準化正規変量の群平均値の差は、茎数で0.340、1茎重で0.284となり、群間の差異は1茎重よりも茎数で大きかった。さらに、個体重に及ぼす直接効果の径路係数も茎数の方が大きかった（Table 3）。これらの点から、夏期における南部集団の高い乾物生産の要因として、第1に茎数の多いことが上げられよう。オーチャードグラスでも、夏期の牧草収量は1茎重よりも茎数の増加に依存することが指摘されており<sup>9</sup>、出穂後の栄養生長期には、分けつの大きさよりも数が収量に大きく貢献するようである<sup>16</sup>。

高温に対する生育反応の結果<sup>18</sup>)では、反応性に関してチモシーの自生集団間に地域的分化がみられ、日高山脈以西の集団は以東の集団に比較して、高温下での分けつ数の減少程度が小さかった。それゆえ、夏期に南部集団が北部集団よりも茎数が多いのは、分けつ原基の温度反

応性の違いによるものと推察される。

年間乾物生産の季節的配分を表わす相対収量は、両群できわだった特色を示した。なかでも特徴的な点は、北部の群で全体の乾物重の約40%が2番草に集中していることである（Fig. 2）。これは、北部集団が、同地域に特有な生育期間の短かさを克服する手段として、気温が上昇して生育適温に近づく時期に、最も旺盛な生長が期待される節間伸長期を重ねることで、短期間のうちに効率的により多くの生長量を確保するような生育特性を有していることを示唆するものであろう。また、北部集団は、不時の低温や晩霜といった春先の北部地域における不安定な気象変動に対処するため、早春の低温下で地上部の生長を抑制して耐寒性を維持するような生理的機構を保有していると考えられるが<sup>19</sup>、低温下で根や分けつ基部に蓄積された同化産物は、その後、すみやかに転流して同化器官の形成に利用されることで、晩春から初夏にかけての北部集団の効率的乾物生産を一層助長する役割を果たしているのであろう。

熊井<sup>11</sup>)は、オーチャードグラスの品種において、高緯度原産の品種は低緯度原産の品種よりも秋の短日にすばやく反応して休眠に達し、伸長停止が秋早くから起こることを観察した。本試験で4番草における北部集団の草丈が低い結果は、夏から秋にかけての日長時間の減少に対する反応性の差異を意味しているのかもしれない。寒地型牧草の幾つかの草種において、気候条件の異なる地域に由来する集団間には日長、温度および光強度に対する生育反応に広く違いがみられ<sup>3-6,12-15,17</sup>、それらの多くは原産地の気候条件と密接に関連していることから、今後は、上記環境要因を組合せた各種環境に対する反応性について、両地域自生集団の特性を明確にすることが肝要であろう。

## 摘 要

乾物生産の季節的变化に関するチモシーの自生集団間変異を明らかにするため、北海道北部地域から収集した13集団と南部地域から収集した19集団を供試し、播種後3年目に、1番草を5月23日、2番草を6月30日、3番草を8月23日、4番草を9月30日に刈取った。各刈取り時に個体重、茎数、1茎重および草丈を測定した。

個体重は1, 3, 4番草で集団間に差異があり、3番草では、南部の群が北部の群よりも大きかった。共分散分析により3番草を2番草で修正した個体重では、群間の差が一層拡大し、南部集団は夏期に高い乾物生産性を有していることが示された。径路分析の結果、この要因とし

て茎数の多いことが指摘された。

草丈は3番草と4番草で群間に差があり、いずれも南部の群が大きかった。

年間乾物生産の季節的配分を表わす相対収量(各番草個体重の全体の乾物重に対する割合)は、1番草と4番草では群間にまったく差がなかったが、2番草で北部の群が、3番草で南部の群がそれぞれ大きな相対収量を示した。

これらの結果から、北部集団は南部集団に比較して、晩春から初夏にかけて活発に生長する一方、夏期の高温条件下で生長が著しく劣ることが示唆された。

#### 引用文献

1. ANSLOW, R. C.: Frequency of cutting and sward production, *J. Agric. Sci.*, **68**: 377-384. 1967
2. ANSLOW, R. C. and GREEN, J. O.: The seasonal growth of pasture grasses, *J. Agric. Sci.*, **68**: 109-122. 1967
3. COOPER, J. P.: Climatic variation in forage grasses. I. Leaf development in climatic races of *Lolium* and *Dactylis*, *J. appl. Ecol.*, **1**: 45-61. 1964
4. COOPER, J. P. and MCWILLIAM, J. R.: Climatic variation in forage grasses. II. Germination, flowering and leaf development in Mediterranean populations of *Phalaris tuberosa*, *J. appl. Ecol.*, **3**: 191-212. 1966
5. EAGLES, C. F.: The effect of temperature on vegetative growth in climatic races of *Dactylis glomerata* in controlled environments, *Ann. Bot.*, **31**: 31-39. 1967
6. EAGLES, C. F. and ØSTGARD, O.: Variation in growth and development in natural populations of *Dactylis glomerata* from Norway and Portugal. I. Growth analysis, *J. appl. Ecol.*, **8**: 367-381. 1971
7. HAGGAR, R. J.: The seasonal productivity, quality and response to nitrogen of four indigenous grasses compared with *Lolium perenne*, *J. Br. Grassl. Soc.*, **31**: 197-202. 1976
8. KAWABATA, S. and GOTOH, K.: Variations of seasonal production in cultivars of orchardgrass (*Dactylis glomerata* L.), *Japan. J. Breeding*, **20**: 146-150. 1970
9. KELLY, A. F.: A comparison between two methods of measuring seasonal growth of two strains of *Dactylis glomerata* when grown as spaced plants and in swards, *J. Br. Grassl. Soc.*, **13**: 99-105. 1958
10. 窪田文武・梶 和一・鎌田悦男: 牧草の乾物生産。第12報 わが国各地のオーチャードグラスの季節生産性におよぼす気温と日射量の影響, *日草誌*, **19**: 302-312. 1973
11. 熊井清雄: 牧草の季節生産性の機作ならびにその調整技術に関する研究, *草地試研報*, **5**: 137-265. 1974
12. ØSTGARD, O. and EAGLES, C. F.: Variation in growth and development in natural populations of *Dactylis glomerata* from Norway and Portugal. II. Leaf development and tillering, *J. appl. Ecol.*, **8**: 383-391. 1971
13. ROBSON, M. J.: A comparison of British and North African varieties of tall fescue (*Festuca arundinacea*). I. Leaf growth during winter and the effects on it of temperature and day-length, *J. appl. Ecol.*, **4**: 475-484. 1967
14. ROBSON, M. J. and JEWISS, O. R.: A comparison of British and North African varieties of tall fescue (*Festuca arundinacea*). II. Growth during winter and survival at low temperatures, *J. appl. Ecol.*, **5**: 179-190. 1968
15. ROBSON, M. J. and JEWISS, O. R.: A comparison of British and North African varieties of tall fescue (*Festuca arundinacea*). III. Effects of light, temperature and day length on relative growth rate and its components, *J. appl. Ecol.*, **5**: 191-204. 1968
16. SILSBURY, J. H.: Interrelations in the growth and development of *Lolium*. II. Triller number and dry weight at low density, *Aust. J. Agric. Res.*, **17**: 841-847. 1966
17. WILSON, D. and COOPER, J. P.: Assimilation rate and growth of *Lolium* populations in the glasshouse in contrasting light intensities, *Ann. Bot.*, **33**: 951-965. 1969
18. 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の変異に関する研究。III. 高温に対する生育反応, *日草誌*, **28**: 1-7. 1982
19. 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の変異に関する研究。IV. 粟の生長の季節的变化, *日草誌*, **28**: 188-194. 1982

#### Summary

This experiment was conducted to investigate the variation of seasonal change of dry matter production among natural populations of timothy

(*Phleum pratense* L.). Using 32 populations of which 13 and 19 populations were collected from northern and southern areas of Hokkaido, respectively, their spaced plants were cut on May 23 (1st cut), June 30 (2nd cut), August 23 (3rd cut) and September 30 (4th cut) in the 3rd year after seeding at Sapporo. Dry weight per plant, number of tillers, weight of a tiller and plant height were measured at each harvest.

There were differences among populations in plant weight at the 1st, 3rd and 4th cuts, and, at the 3rd cut, plant weight was greater in the southern group than in the northern group (Table 1, Fig. 1 A). To eliminate the stand size effect from dry matter production after each cutting, plant weight at the 2nd to 4th cut was adjusted to that at the previous cut by means of covariance analysis. In adjusted plant weight above group difference at the 3rd cut became more evident (Table 2), indicating that dry matter productivity of the southern group was higher than the northern group in mid-summer. Furthermore, by path coefficient

analysis of tiller number and tiller weight on plant weight it was made clear that the higher productivity of the southern group was largely due to the higher tiller number in mid-summer (Table 3).

Plant height at the 3rd and 4th cuts was also greater in the southern group than in the northern group (Table 1, Fig. 1 D).

Relative yield (plant weight at each cut/total weight), which stands for the seasonal distribution of total dry matter production during the growing season, was calculated in each population. At the 1st and 4th cuts relative yields were much similar in the northern and southern groups, whereas the northern group at the 2nd cut and the southern group at the 3rd cut had higher relative yield than the other group (Table 4, Fig. 2).

It was suggested by these results that, compared with southern populations, northern populations grew rapidly under moderate temperature conditions from late spring to early summer, but their growth was markedly suppressed under high temperature conditions in mid-summer.