



Title	Festuca 属における潜在の変異に関する研究 : 第II報 メドーフェスク人為4倍体における多交配後代検定
Author(s)	杉山, 修一; SUGIYAMA, Shuichi; 高橋, 直秀 他
Citation	北海道大学農学部邦文紀要, 11(4), 380-385
Issue Date	1979-11-12
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/11933
Type	departmental bulletin paper
File Information	11(4)_p380-385.pdf



Festuca 属における潜在の変異に関する研究

第 II 報 メドーフェスク人為 4 倍体における
多交配後代検定

杉山修一・高橋直秀・後藤寛治

(北海道大学農学部食用作物学教室)

(昭和 54 年 7 月 27 日受理)

Studies on Potential Variability in *Festuca*

II. Polycross progeny test in induced autotetraploid of meadow fescue (*Festuca pratensis* Huds.)

Shuichi SUGIYAMA, Naohide TAKAHASHI
and Kanji GOTOH

(Laboratory of Field Crops, Faculty of Agriculture,
Hokkaido University, Sapporo, Japan)

緒 言

著者らは前報¹⁾において、メドーフェスク品種は変異の幅が狭く、今後は変異の幅を拡大する方向への研究が必要であることを指摘した。川端ら³⁾は変異の幅を拡大させる方法として、自殖、交雑、倍数化、生態型の導入、突然変異などの利用をあげている。このうちで、倍数化はメドーフェスクが 2 倍体であることから容易に利用されうと思われる。さらに BORRILL¹⁾が指摘しているように、*Festuca* 属は、多くの倍数体を含み、*Lolium* 属と近縁関係にあるため、倍数化することにより *Festuca* 属の倍数体種や *Lolium* 属との交雑も可能になり、変異の拡大をはかる手段ともなると考えられる。

メドーフェスク品種でも、2, 3 の 4 倍体品種は育成されているが、これらの品種は著しく茎数が減少し、低収であった³⁾。倍数化により茎数が減少することはよく知られており、ライグラスなどの他の草種にも共通している現象である⁵⁾。しかし、最近 SIMONSEN⁷⁾はメドーフェスク人為 4 倍体と 2 倍体の比較試験を行ない、人為 4 倍体には収量に大きな遺伝変異が含まれることを報告しており、人為 4 倍体の遺伝変異についてはさらに検討を加える必要があるものと思われる。

本試験はこのような立場から、コルヒチン処理により作出したメドーフェスク人為 4 倍体 11 個体を多交配し、

その後代について変異創出の可能性を検討したものである。

材料と方法

倍数化の母本として、カナダで育成された品種 Trader を用いた。Trader は、晩生、ほふく型の特徴をもつ多収品種である。1974 年春に、発芽種子を 0.1% 濃度のコルヒチン溶液に 30 分間浸し、水洗後ペーパーポットに播種を行ない、温室で約 60 日間育苗し、5 月中旬に圃場に移植した。翌年、減数分裂期の花粉細胞を顕鏡し、人為 4 倍体と思われる 11 個体を選抜した。1975 年に 11 個体間で多交配を行ない、系統ごとに採種した種子を 1976 年に播種し、育苗の上、5 月に圃場へ移植した。試験区は、畦幅 1 m、株間 50 cm の 3 反復乱塊法を用いた。なおコントロールに、2 倍体品種 Trader を供試した。施肥は、成分量で早春に N, P, K それぞれ 10 a あたり 4, 6, 7.5 kg、1 番草刈り取り後 N, K それぞれ 2, 3 kg、2 番草刈り取り後 N, K それぞれ 1, 2 kg を分施した。調査は各系統、品種の開花期に行ない、1 反復 5 個体を 2 反復で調査した。調査形質は草丈、穂長、止葉と第 2 葉の各葉長、葉幅、茎の太さ、茎数、葉重歩合である。なお葉重歩合は全乾物重と葉乾物重との比であり、個体別に測定した。出穂始日は、全個体につき調査した。収量調査は、7 月中旬に 1 番草、8 月下旬に 2 番草について行

ない, 直ちに 80°C, 48 時間乾燥後乾物重を秤量した。

結 果

1. 人為 4 倍体後代の諸形質の変異

Table 1 に, 主要形質の平均値を示した。人為 4 倍体系統間には, どの形質でも大きな変異が認められた。一方, 人為 4 倍体は Trader に比し, 乾物率が減少し,

1 茎重, 草丈, 止葉長, 止葉幅が増加する傾向にあった。

人為 4 倍体と 2 倍体を各個体単位で比較するために, Fig. 1 に 1 茎重, 穂長, 出穂始日, 止葉長, 止葉幅, 葉重歩合, 乾物率の頻度分布図を示した。系統平均値にみられたように, 1 茎重, 止葉幅, 止葉長, 出穂始日では, 人為 4 倍体の分布が Trader に比し増加傾向にあり, 逆に乾物率では減少傾向を示した。穂長では, 人為 4 倍体

Table 1. Mean values of some agronomic characters of each tetraploid strain and Trader

Strain	Yield of 1st crop (g)	No. of tillers	Weight of a tiller (g)	Dry matter content (%)	First* heading date	Plant height (cm)	Leaf length (cm)	Leaf breadth (mm)	Ratio of leaf weight (%)	Yield of after-math (g)	Plant** type index
1	199.98	195	1.33	30.58	10.9	112.1	15.0	9.3	14.23	69.41	6.56
9	218.96	220	1.12	29.51	10.8	111.6	19.2	9.8	14.61	60.76	5.20
11	224.55	238	1.20	31.18	14.0	118.3	16.7	8.0	12.64	60.85	5.03
6	239.99	249	1.15	29.90	11.5	105.1	16.2	9.6	14.39	74.33	4.79
4	225.30	251	1.15	32.19	10.5	109.3	14.5	8.3	12.57	53.14	4.78
10	273.68	267	1.08	30.90	11.4	114.0	14.5	8.6	13.22	77.25	3.94
2	283.00	296	1.00	29.28	11.9	105.6	16.3	8.7	16.30	87.32	3.32
8	312.11	354	0.94	27.34	12.8	109.7	17.6	9.6	17.98	95.94	2.63
3	306.13	356	0.93	30.90	11.0	103.1	22.6	10.6	17.09	75.89	2.61
7	268.61	353	0.83	34.26	9.3	105.0	14.2	7.3	13.97	86.46	2.19
5	233.08	378	0.77	36.62	9.3	105.1	19.3	8.6	12.67	80.52	1.96
Trader	258.60	304	0.83	33.77	9.0	105.7	14.8	7.4	13.21	85.56	2.66
Tetraploid mean	253.22	287	1.05	31.15	11.2	109.0	16.9	9.0	14.52	74.72	4.01
L.S.D.	47.57	96	0.29	3.62	1.4	9.2	3.4	1.8	1.29	—***	0.93

Note. *: Days from 1st June, **: Plant weight/(No. of tillers)², ***: non-significant.

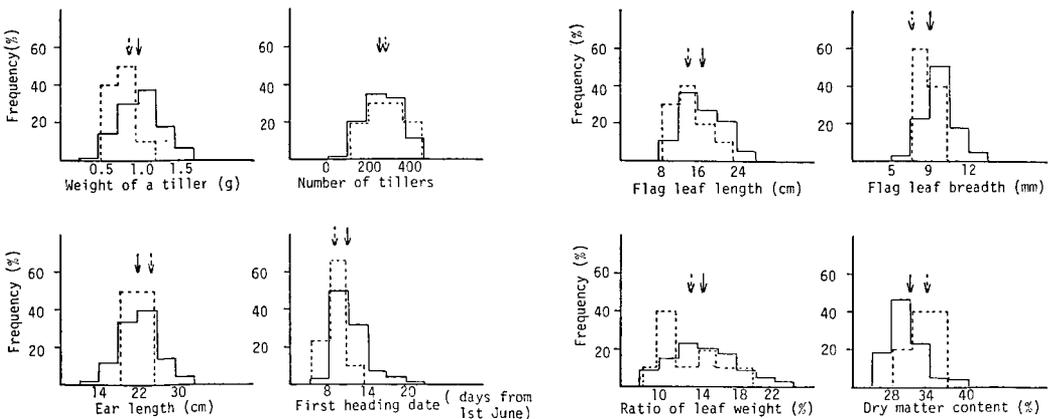


Fig. 1. Histogram of some characters.

Note. — Tetraploid - - - - - Diploid
 ——— Tetraploid mean - - - - - Diploid mean

での分布は増減両方向へ拡大した。人為4倍体が両方向へ広がる分布パターンは、草丈、第1節間長などの高さにかかわる形質で共通してみられた。茎数では、人為4倍体とTrader間には分布パターンに差はみられず、人為4倍体では茎数に大きな減少は認められなかった。

Table 2に、主要形質の分散分析表を示した。2倍体と人為4倍体間に有意差の認められた形質は、止葉幅、1茎重、出穂始日、乾物率のみであった。つまり、倍数化により1茎重と葉の大きさの増加、乾物率の減少、晩

生化という特徴が生じている。乾物率の減少、1茎重と葉の大きさの増加などは、イタリアンライグラスやメドーフeskで行なった他の実験結果とも一致するが^{5,7,8)}晩生化についての報告はない。草丈、止葉幅、2番草を除く他の形質は、すべて人為4倍体系統間に有意差を示した。特に、1茎重、出穂始日、乾物率については人為4倍体系統間に差がみられ、1茎重の増加、晩生化、乾物率の減少の程度は系統間で大きく異なることが認められる。これは、品種内においても遺伝子型間に、染色体

Table 2. Analysis of variance in some characters

Characters	Mean square			
	Diploid and tetraploid	Within tetraploid	Between diploid and tetraploid	Error
Yield of 1st crop	3826.07**	4200.69**	79.90	789.14
Yield of aftermath	323.22	333.96	215.73	187.67
Total yield	4930.31**	5322.31**	1010.29	522.51
Plant height	41.98	44.19	19.86	17.95
Leaf length	13.03**	13.49**	8.36	2.46
Leaf breadth	1.98**	1.73	4.48*	0.70
Weight of a tiller	0.0632*	0.0609*	0.0862*	0.0174
No. of tillers	7241.05*	7920.14*	450.07	1947.89
First heading date	6.29**	5.71**	13.72**	0.68
Dry matter content	13.10**	13.10**	13.05	2.67
Ratio of leaf weight	22.68**	24.36**	5.86	1.66

Table 3. Correlation coefficients among characters

	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)
(1) Yield of 1st crop	0.698*	-0.566	-0.277	0.125	-0.415	0.300	0.190	0.717**	0.725**	-0.556
(2) No. of tillers		-0.909**	0.384	-0.322	-0.639*	0.358	-0.079	0.326	0.664*	-0.870**
(3) Weight of a tiller			-0.525	0.534	0.653*	-0.243	0.272	-0.142	-0.672	0.911**
(4) Dry matter content				-0.722**	-0.302	-0.101	-0.587*	-0.670*	-0.018	-0.464
(5) First heading date					0.615*	0.110	0.309	0.320	-0.415	0.554
(6) Plant height						-0.273	-0.116	-0.330	-0.486	0.766**
(7) Leaf length							0.718**	0.484	0.004	-0.069
(8) Leaf breadth								0.645*	-0.088	0.336
(9) Ratio of leaf weight									0.526	-0.182
(10) Yield of aftermath										-0.615*
(11) Stem thickness										

Note. *: significance at 5% level, **: significance at 1% level.

倍加による影響や人為 4 倍体レベルでの組み合わせ能力に大きな変異があることを示している。

2. 倍数体における収量形質の変異

Table 3 に、主要形質間の相関係数を示した。1 番草乾物重は、茎数、葉重歩合、2 番草乾物重と正の有意な相関関係があり、逆に 1 茎重、草丈、茎の太さとは有意ではないが負の相関を示している。牧草収量は、その構成要素である 1 茎重と茎数の積で表わされ、他方、草型は両者の比で表わすことができる。個体乾物重/(茎数)²の値を草型指数とし⁵⁾、それを基準にして、4 倍体系統を分類した。その結果、4 倍体系統は 3 群に大別され、草型指数が 2.5 以下を茎数型、2.5~4.0 を中間型、4.0 以上を茎重型とした。人為 4 倍体では 1 茎重が増加するため、11 系統の内訳は茎重型 5、茎数型 2、中間型 4 と、茎重型に含まれる系統が多くなった。1 番草収量とその構成要素である 1 茎重と茎数との関係を Fig. 2 に示した。中間型系統は、すべて Trader より多収であった。逆に茎重型系統はすべて Trader より低収であり、茎数型系統がその中間にある。茎重型系統では茎数と収量との間に正の相関関係がみられ、茎数の少ないことが制限要因になっていると思われる。Table 3 の相関関係に示されているように、1 茎重と茎の太さ、草丈には密接な関係がある。本試験では 1 茎重は草丈 ($r=0.653$) よりも茎の太さ ($r=0.911$) と高い相関があり、倍数化による 1 茎重の増加は草丈よりもむしろ茎の太さの影響が大きい。茎数と 1 茎重の間には $r=-0.915$ と高い負の相関関係があり、さらに両者には直線の関係が存在する。茎数の 1 茎重に対する回帰係数の検定では $t=7.167$ で 1% 水準で有意であり、また Table 4 に示したように、回帰の分散分析では回帰の項が残差に比し非常に大きい値をとっている。したがって、茎数の分散の大部分は 1 茎重に対する回帰の分散により説明される。したがって、収量は下に示すような 1 茎重の 2 次式で表わすことができる。

$$y = 621.37x - 324.04x^2$$

この式より最高収量を与える 1 茎重の値 (0.959) が得られ、Fig. 2 にみられる関係とほぼ一致する。最高収量を与える 1 茎重の値は Trader より高く、倍数化により増収をもたらす可能性を示唆している。本試験に供試した人為 4 倍体系統で、1 茎重と茎数の間に直線の関係がみられたのは、用いた人為 4 倍体系統がすべて Trader から育成され、遺伝的背景が類似しているためと考えられる。また、2 番草収量については、茎重型系統は中間型、茎数型系統に比しいずれも低くなっており (Table

Table 4. Analysis of variance in no. of tillers

Variables	D.F.	S.S.	M.S.	F value
Regression	1	34089.99	34089.99	51.343**
Residual from regression	10	6636.93	663.69	
Total	11	40726.92	6787.82	

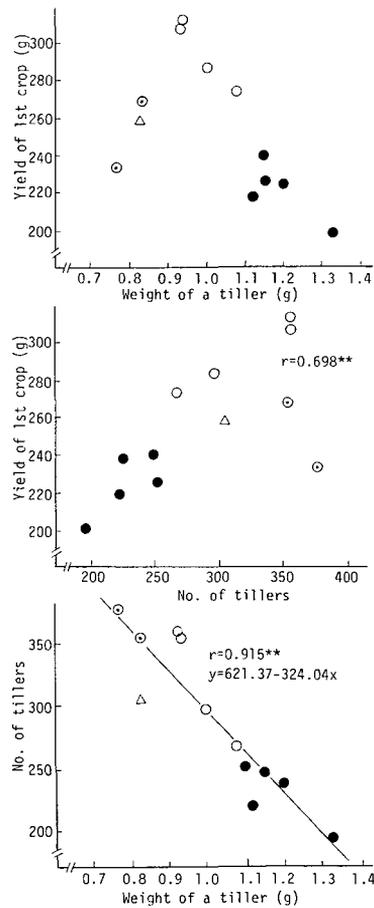


Fig. 2. The relationship among yield of 1st crop, weight of a tiller and no. of tillers.

○: Tiller number type ○: Medium type
●: Tiller weight type △: Trader (diploid)

1), 倍数化によりもたらされる 1 茎重の過度の増加は、1 番草ばかりでなくその後の再生にも影響し、年間収量の著しい低下を招くものと考えられる。

考 察

本試験で供試した人為4倍体系統は多交配により育成された後代であり、各4倍体の変異には倍数化による影響とヘテロシスの効果が含まれていると考えられる。メドーフェスクの人為4倍体品種では、倍数化に伴う分けつ能力の低下が収量の制限要因になっている³⁾。本試験で供試した4倍体系統においても、茎重型系統は茎数が減少したため、1番草収量ばかりでなく2番草収量も低収であった。しかし、人為4倍体系統の中には、2倍体に比し1茎重が増加したにもかかわらず茎数を維持した系統もあり、倍数化による変異創出の可能性を示唆している。

人為4倍体集団には、異数体が含まれていることが知られている。異数体の頻度は草種により異なり、イタリアンライグラスで43~60%^{2,4)}、ペレニアルライグラスで12~48%⁴⁾、メドーフェスクで26%⁶⁾という報告がある。異数体は一般に生育が劣り、晩生化し、茎数が減少し、低収であることが指摘されている²⁾。本試験で供試した4倍体集団にも多くの異数体が含まれ、それが変異の幅を大きくしている可能性も考えられる。しかし、メドーフェスクでは、Eutetraploidにもかかわらず染色体数が不規則な配偶子が27%生ずるという報告もあり⁶⁾、人為4倍体集団では異数体の出現が避けられないものと思われる。

SIMONSEN⁷⁾は、メドーフェスク人為4倍体系統間にダイアレックロスを行ない、4倍体集団の遺伝的変異を解析している。それによると、出穂始は相加的遺伝子により支配されており、染色体の重複により4倍体では遺伝変異が減少した。しかし、収量では逆に遺伝変異は拡大し、4倍体集団は2倍体集団に比しG.C.A. (一般組み合わせ能力) 効果は2倍となり、また同時に、S.C.A. (特定組み合わせ能力) 効果も大きくなっている。多交配はG.C.A. 効果の検定法であり、人為4倍体系統間にみられた収量の変異は、主としてG.C.A. 効果によりもたらされたものと考えられる。本試験で供試した4倍体系統間には収量で有意差が認められ、さらに母本である品種Traderより多収な系統を生じたことは、メドーフェスクの4倍体集団におけるG.C.A. に対する選抜が可能であることを示唆している。

摘 要

カナダ産の品種Traderを母本として育成した人為4倍体の多交配後代検定を行ない、Traderと人為4倍

体後代の諸特性を比較し、さらに収量構成要素の面から人為4倍体系統の多収条件を検討した。

1. 人為4倍体系統間にはかなりの変異が認められたが、人為4倍体は一般に1茎重と葉の大きさの増加、晩生化、乾物率の減少などの特徴を示した。

2. 個体乾物重/(分けつ数)²で表わされる草型指数に基づき、人為4倍体系統を茎重型、中間型、茎数型に分類した。中間型系統は、すべてTraderより多収を示した。逆に茎重型系統は、いずれもTraderより低収であり、また茎数型系統はその中間にあった。

3. 収量を制限する要因は草型により異なり、茎重型系統は1茎重の過度の増加に伴う茎数の減少が、一方茎数型系統では1茎重の小さいことがその制限要因になっていた。

引用文献

1. BORRILL, M.: Evolution of crop plants, p. 137-141, Longman, London and New York, 1976
2. EASTON, H. S.: Performance of aneuploid ryegrass populations, N.Z. Jour. Agr. Res., 16: 35-37. 1973
3. 川端習太郎・後藤寛治: 最近海外より導入したトルフェスクおよびメドーフェスク品種の生産力と諸特性にみられる変異性, 北農試研究資料, 2: 1-52. 1973
4. NAGATA, T. and OKABE, T.: Frequency of aneuploid in autotetraploid populations of Italian ryegrass (*Lolium multiflorum* Lam.), Jap. J. Breed., 28: 205-210. 1978
5. 岡部 俊: イタリアンライグラスの育種に関する基礎的研究, 北陸農試報, 17: 129-284. 1975
6. SIMONSEN, Ø.: Cytogenetic investigation in diploid and autotetraploid populations of *Festuca pratensis*, Hereditas, 79: 73-108. 1975
7. SIMONSEN, Ø.: Genetic variation in diploid and autotetraploid populations of *Festuca pratensis*, Hereditas, 85: 1-24. 1977
8. WIT, F.: Tetraploid Italian ryegrass, Euphytica, 7: 47-58. 1958
9. 杉山修一・高橋直秀・後藤寛治: *Festuca* 属における潜在的変異に関する研究, 第I報, メドーフェスク (*Festuca pratensis* Huds.) 品種の主成分分析による分類, 北大農邦文紀, 11: 372-379. 1979

Summary

The polycross progeny test was made on the induced autotetraploid in meadow fescue derived

from cultivar, Trader which is originated from Canada. Then, tetraploid strains and Trader were compared for several agronomic characters.

1. Tetraploid had heavier tillers, larger leaves, later heading date and lower dry matter content, although wide variation was found between tetraploid strains. The effect of ploidy on some characters was different among genotypes.

2. Three strains of 11 tetraploid ones had higher performance in yield than diploid cultivar, Trader.

3. Based on plant type index, plant weight/(no.

of tillers)², tetraploid strains examined in this experiment were classified into tiller weight type, medium type and tiller number type. Strains of medium type were generally productive and those of tiller weight type were low yielders.

4. The limiting factor of yield was different between plant type groups. The yield of tiller weight type was restricted by decrease in tiller number resulted from a heavier tiller, but that of tiller number type was restricted by small tillers.