

レンゲ人為同質4倍体子孫における異数体頻度の推定

林 喜三郎・森澤 徹 男

(農学部作物・育種学研究室)

The Estimation of Aneuploid Frequencies in the Progenies of Induced Autotetraploid Renge (*Astragalus sinicus* L.)

Kisaburo HAYASHI and Tetsuo MORISAWA

Laboratory of Crop Science and Plant Breeding, Faculty of Agriculture

Abstract: It is serious obstacles for autotetraploid breeding that there are aneuploids making poor agronomic characters or seed fertility in autotetraploid variety. In this paper, by means of Markov chain, we pursued on how the frequencies of eu-(4x) and aneu-ploid ($4x \pm 1$ or $4x \pm 2$) will change from generation to generation in the population of induced autotetraploid Renge.

The chromosome conjugation at meiosis and the number of the gametic chromosomes at pollen mitosis were observed in the eu- and the aneu-ploid plants, and also the number of somatic chromosomes in their offspring plants were observed. Theoretical frequencies of the eu- and the aneu-ploid offspring plants that produced from the eu- or the aneu-ploid parent plants were estimated from the results both of the observation and of the Hayashi's previous report. Those theoretical frequencies were regarded as transition matrix in Markov chain and the frequencies of the eu- and the aneu-ploid were calculated in the each successive generations by means of electronic digital computer. According to those results, it became clear that the euploid frequencies decreased already about 0.75 in the next generation of euploid plants and that the eu- and the aneu-ploid frequencies reached a steady state after 4-5 generations (frequencies of eu- and aneu-ploid at steady state were 0.68 and 0.32, respectively), whichever there were only the eu- or the aneu-ploid plants in the initial population. Therefore we suggest that the productivity of autotetraploid strain is unable to select within 4-5 generations after the induction of autotetraploid and that few frequencies of the aneuploid in the culture field decrease by selecting the euploid plants in seed farm of autotetraploid varieties.

緒 言

人為同質4倍体では、成熟分裂時の染色体行動の乱れにもとづいて異数性配偶子が生じるために、次代に異数体が出現することは早くから指摘されてきた。この点に関し詳細に検討した Tokumasu¹⁾, Moore²⁾, 三石³⁾, Ahloowalia⁴⁾, Simonsen⁵⁻⁸⁾, 永田・岡部⁹⁾らの報告によれば、このような異数体の大部分は $4X \pm 1$ あるいは $4X \pm 2$ であるが、実用形質及び種子稔性は正4倍体より劣り、しかもそれら異数体が次代の15~50%にも達する高頻度であることが明らかにされている。したがって、このような異数体頻度の世代にわたる変化を明らかにすることは、4倍体品種の育成及び維持の上で極めて重要な問題であるが、この点に関しては、上述のうち、Tokumasu¹⁾, 三石³⁾, 及び永田・岡部⁹⁾の少数の報告があるにすぎず、なお検討の余地が残されている。

林¹⁰⁾はレンゲ同質4倍体の不稔機構の解明に関する研究のなかで、正4倍体に生じる異数性配偶子頻度を、第1成熟分裂中期に形成されるIV価染色体数から推定できること、また、異数性胚珠は子孫を残し得るが異数性花粉は受精能力を欠くことなどを明らかにした。レンゲではこのように次代個体成立に関する配偶子頻度の推定が比較的容易であるので、4倍体子孫の異数体頻度の理論的解析が従来の材料あるいは方法よりの確に行なうことができると考えられる。

以上のような観点から、本報告はレンゲを材料として、人為同質4倍体子孫の正4倍体及び異数体頻度の消長をマルコフ連鎖として検討し、同時に4倍体品種の育成及び維持の上で問題となる点

について検討したものである。

材料及び方法

供試系統は、1960年、岐阜大晩生種からコルヒチン処理によって育成し、以後、高知大学作物・育種学研究室で自殖によって保存してきた4倍体系統である。1975年秋、播種して染色体数を明らかにした正4倍体 ($2n=32$) 及び異数体 ($2n=30, 31, 33, 34$) ならびにそれらの次代を供試した。栽培は慣例の方法にしたがい、植木鉢で行なった。

(1) 成熟分裂時の染色体接合 異数性配偶子形成頻度の基礎資料とするため、開花前約10日の若い蕾を酢酸アルコール (1:3) で固定し、それらの PMC の第1分裂中期 (MI) における染色体の接合状況を酢酸カーミン染色による押しつぶし法によって調べた。

(2) 配偶子の染色体数 開花前約7日の蕾をとり、その葯内の花粉について、花粉核第1分裂時に観察される染色体数を酢酸カーミン染色による押しつぶし法によって調べた。

(3) 次代個体の体細胞染色体数 次代に生じる正4倍体及び異数体頻度を明らかにするため、播種1、2ヶ月後の幼植物より根を採取し、 0°C 、24時間の前処理を行なった後、2%オルセインによる押しつぶし法で観察した。

結果及び考察

1. 異数体頻度の世代推移の推定理論

(1) マルコフ連鎖 一般に任意の世代における4倍体集団内での正4倍体及び異数体 ($4X \pm \alpha$ 個体) の頻度は直前の世代の構造によって決定されるので、 $4X \pm \alpha$ 個体頻度の世代推移に伴う変化はマルコフ連鎖として扱うことができる。(Bartko and Watterson¹¹⁾)。この過程は数学的に

$$V_{(t)} = V_{(0)} \cdot P^t \quad (1)$$

$V_{(t)}$: 第 t 世代における $4X \pm \alpha$ 個体の頻度分布 (行ベクトル)

$V_{(0)}$: 第 0 世代における $4X \pm \alpha$ 個体の頻度分布 (行ベクトル)

P : $4X \pm \alpha$ 個体がそれぞれ次代に $4X \pm \alpha$ 個体を生じる割合 (推移確率行列)

ただし、従来の多くの報告では α が3以上の場合は、極めてまれであるので、本論文では $\alpha=0, 1, 2$ の場合についてのみ考えることとする。

で表わされる。したがって、この式の推移確率行列を知ることができれば、世代推移に伴う異数体頻度が追跡できることになる。

(2) 推移確率行列の推定方法 $4X \pm \alpha$ 個体がそれぞれ次代に $4X \pm \alpha$ 個体を生じる割合 (推移確率行列) を推定するためには、(a) $4X \pm \alpha$ 個体に生じる $2X \pm \beta$ 配偶子の頻度、及び、(b) それら $2X \pm \beta$ 配偶子が次代個体成立に関与する割合 (配偶子の受精能力) などを知る必要がある。

a) $4X \pm \alpha$ 個体に生じる $2X \pm \beta$ 配偶子頻度 林¹⁰⁾ は $4X$ 個体の MI で n 個の N 価染色体 (N) が形成され、このうち k 個の N が $2-2$ に残りの $n-k$ 個の N が $3-1$ に分配される確率を ${}_n P_k$ とすれば

$${}_n P_k = {}_n C_k p^k \cdot q^{n-k} \quad (2)$$

ここで p は1対の N が $2-2$ に、 $q (=1-p)$ は $3-1$ に分配される確率を示す。

で表わされ、これらのN以外は均等に分配されるとし、 p, q を実験的に求めて理論的に配偶子頻度を算出すると実際の頻度と極めて良く一致するのみならず、さらに既報の他作物の結果にも適用できることを明らかにしている。そこで $4X \pm \alpha$ 個体からできる配偶子頻度の推定においてもこの方法を適用すれば Table 1. のとうりになる。ただし、後述のようにレンゲでは $n=3$ であるので、同表でも $n=3$ の場合についてのみ記載した。

Table 1. Theoretical gametic frequencies estimated from chromosome conjugation at meiosis in plants with $4X \pm \alpha$ ($\alpha=0, 1 \text{ \& } 2$) chromosomes *)

Chromosome numbers of parents	Chromosome numbers of gametes				
	$2X-2$	$2X-1$	$2X$	$2X+1$	$2X+2$
$4X-2$	$3/16 \cdot sP_0^{**})$	$3/16 \cdot sP_0$	$3/16 \cdot sP_0$	$1/8 \cdot sP_0$	$1/16 \cdot sP_0$
	$+3/16 \cdot sP_1$	$+1/4 \cdot sP_1$	$+3/16 \cdot sP_1$	$+1/8 \cdot sP_1$	$+1/16 \cdot sP_1$
	$+1/4 \cdot sP_2$	$+1/4 \cdot sP_2$	$+1/4 \cdot sP_2$	$+1/8 \cdot sP_2$	
	$+1/4 \cdot sP_3$	$+1/2 \cdot sP_3$	$+1/4 \cdot sP_3$		
$4X-1$	$3/16 \cdot sP_0$	$3/16 \cdot sP_0$	$3/16 \cdot sP_0$	$3/16 \cdot sP_0$	$1/16 \cdot sP_0$
	$+1/8 \cdot sP_1$	$+1/4 \cdot sP_1$	$+1/4 \cdot sP_1$	$+1/8 \cdot sP_1$	$+1/8 \cdot sP_1$
	$+1/4 \cdot sP_2$	$+1/4 \cdot sP_2$	$+1/4 \cdot sP_2$	$+1/4 \cdot sP_2$	
		$+1/2 \cdot sP_3$	$+1/2 \cdot sP_3$		
$4X$	$1/4 \cdot sP_1$	$1/2 \cdot sP_2$	$1 \cdot sP_3$	$1/2 \cdot sP_2$	$1/4 \cdot sP_1$
		$+3/8 \cdot sP_0$	$+1/2 \cdot sP_1$	$+3/8 \cdot sP_0$	
$4X+1$	$1/16 \cdot sP_0$	$3/16 \cdot sP_0$	$3/16 \cdot sP_0$	$3/16 \cdot sP_0$	$3/16 \cdot sP_0$
	$+1/8 \cdot sP_1$	$+1/8 \cdot sP_1$	$+1/4 \cdot sP_1$	$+1/4 \cdot sP_1$	$+1/8 \cdot sP_1$
		$+1/4 \cdot sP_2$	$+1/4 \cdot sP_2$	$+1/4 \cdot sP_2$	$+1/4 \cdot sP_2$
			$+1/2 \cdot sP_3$	$+1/2 \cdot sP_3$	
$4X+2$	$1/16 \cdot sP_0$	$1/8 \cdot sP_0$	$3/16 \cdot sP_0$	$3/16 \cdot sP_0$	$3/16 \cdot sP_0$
	$+1/16 \cdot sP_1$	$+1/8 \cdot sP_1$	$+3/16 \cdot sP_1$	$+1/4 \cdot sP_1$	$+3/16 \cdot sP_1$
		$+1/8 \cdot sP_2$	$+1/4 \cdot sP_2$	$+1/4 \cdot sP_2$	$+1/4 \cdot sP_2$
			$+1/4 \cdot sP_3$	$+1/2 \cdot sP_3$	$+1/4 \cdot sP_3$

*) Rectifying the summation of elements in row to 1.

***) nP_k : Probability that at the first anaphase of meiosis, the chromosome will separated equally to the both poles in "k" out of "n" pairs of quadrivalents (2-2) but unequally in "n-k" pairs in the remains (3-1).

b) $2X \pm \beta$ 配偶子の受精能力 Table 1. のような頻度分布をする配偶子のなかで、林¹⁰⁾ が指摘したように、雌性配偶子はすべてが受精能力をもち、雄性配偶子は $2X$ 花粉のみが受精能力をもつと考えれば、その結果生じる接合体頻度は正4倍体と異数体の増殖率が極端にちがわない限り Table 1. 上欄の $2X \pm \beta$ を $4X \pm \alpha$ ($\alpha=\beta$) とおきかえたものと同じものになる。しかし、実際には一部の胚珠は受精能力が低下していると考えられるので、それらの割合(実際の受精能力)を知るには、Table 1. の値と実際に次代に生じる $4X \pm \alpha$ 個体の頻度とを比較すればよい。すなわち、Table 1. の i 行 j 列の頻度を P_{ij} ($i, j=1 \sim 5$) とし、それらの観察値を P'_{ij} とすれば

$$P_{ij} (1 - S_{ij}) / W_{i.} = P'_{ij} \quad (3)$$

$(i, j=1 \sim 5)$

ただし、 $W_{i.} = \sum_j P_{ij} (1 - S_{ij})$, ($i, j=1 \sim 5$) である。 S_{ij} は Table 1. i 行 j 列の個体生成に関与する胚珠のうち、不受精に終るものの割合(不受精胚珠率)を示

し、 $S_{13}, S_{23}, S_{33}, S_{43}, S_{53} = 0$ とした比数で表わすものとする。したがって、 $(1-S_{ij})$ は実際に子孫を残し得る胚珠の割合（受精能力と呼ぶ）を示す。

の関係が成立する。したがって、 P_{ij}' を実測して S_{ij} を求め、この $(1-S_{ij})$ を Table 1. の行列の成分 P_{ij} にそれぞれ乗ずれば、 $4X \pm \alpha$ 個体から次代に生じる $4X \pm \alpha$ 個体の理論頻度が求められる。ただし、実際の計算にあたっては確率行列の条件をみたすために、各行の和が1になるように補正する必要がある。

2. 推移確率行列の推定

(1) 第1成熟分裂中期の染色体接合 $4X \pm \alpha$ 個体の PMC の MI で形成される I 価染色体 (I) 及び II, III, N 価染色体 (II, III, N) の頻度を調べた結果は Table 2. のとおりである。

Table 2. Chromosome conjugation in the PMCs of plants with $4X \pm \alpha$ chromosomes

Chromosome pairing	4X-2		4X-1		4X		4X+1		4X+2	
	cell no.	no./cell	cell no.	no./cell	cell no.	no./cell	cell no.	no./cell	cell no.	no./cell
IV	30 (100)*	2.7	25 (100)	2.8	150 (94.8)	2.9	35 (100)	2.7	30 (100)	2.7
III	0 (0)	0.0	0 (0)	0.0	4 (2.5)	0.03	1 (2.8)	0.02	0 (0)	0.0
II	30 (100)	9.4	25 (100)	9.3	158 (100)	9.6	35 (100)	10.3	30 (100)	11.4
I	0 (0)	0.0	25 (100)	1.0	61 (39.8)	0.9	35 (100)	1.1	0 (0)	0.0

*) %.

同表によれば、親個体が正4倍体であっても異数体であっても N 及び II は常に全細胞で観察され、平均すると N は細胞あたり約3個であり、II は $4X+2$ で約11個、 $4X+1$ と $4X$ で約10個、 $4X-1$ と $4X-2$ で約9個である。I は $4X \pm 1$ では全細胞で、 $4X$ では約40%の細胞でみられるが $4X \pm 2$ ではほとんどみられない。また、IIIのみられる細胞は全般に極めて少ない。以上の結果は林¹⁰⁾ が正4倍体において平均の接合体型として、 $2.9N + 0.03III + 9.6II + 0.9I$ であるとしているのと極めてよく似ており、異数体においても過不足数に応じた変化がみられる以外本質的な差異が認められない。

(2) $4X \pm \alpha$ 個体に生じる $2X \pm \beta$ 配偶子頻度 花粉核第1分裂における染色体数を数えた結果は Table 3. の各行第1欄（観察数）、第2欄（頻度）の通りである。

同表の観察頻度によれば、 $4X$ 個体からできる $2X$ 花粉は約60%と最も多く、ついで $2X \pm 1$ 花粉の約17%ずつ、 $2X \pm 2$ 花粉の約2%ずつと配偶子の染色体数の過不足が大きなものほど少なくなる。これに対し、母体の染色体数の過不足に応じ最高頻度を示す花粉の染色体数も過不足側にかたより、その結果 $2X$ 花粉が少なく異数性花粉の頻度が増加してくる。そこで(2)式の n の値として Table 2. から、 $n=3$ とし、 p 及び q は Table 3. の第2欄の分布から林¹⁰⁾ の用いたそれぞれ 0.825, 0.175 を用い、理論的に配偶子の頻度分布を求めると Table 3. の各行第3欄のようになる。このようにして求めた配偶子頻度の分布と先に観察された花粉の頻度分布は非常に良く一致している。

(3) $2X \pm \beta$ 胚珠の受精能力及び推移確率行列 1975年と1976年秋、正倍数体の次代181個体の染色体数を調査した結果と Table 3. の理論頻度をならべて示すと Table 4. の通りである。

Table 3. Gametic frequencies observed at pollen mitosis and estimated from chromosome conjugation at meiosis in plants with $4X \pm \alpha$ ($\alpha=0, 1 \text{ \& } 2$) chromosomes

Somatic*) chromo- some no.	Chromosome numbers of gametes*)					Total
	2X-2	2X-1	2X	2X+1	2X+2	
4X-2	45**)	74	46	10	1	176
	0.2557***)	0.4204	0.2614	0.0568	0.0057	1.0000
	0.2610****)	0.4150	0.2610	0.0580	0.0050	1.0000
4X-1	26	119	123	25	5	298
	0.0872	0.3993	0.4128	0.0839	0.0168	1.0000
	0.1010	0.3940	0.3940	0.1010	0.0100	1.0000
4X	8	71	245	71	10	405
	0.0198	0.1753	0.6049	0.1753	0.0247	1.0000
	0.0190	0.1810	0.6000	0.1810	0.0190	1.0000
4X+1	8	34	141	142	36	361
	0.0222	0.0942	0.3906	0.3933	0.0997	1.0000
	0.0100	0.1010	0.3940	0.3940	0.1010	1.0000
4X+2	1	12	57	89	55	214
	0.0047	0.0561	0.2664	0.4158	0.2570	1.0000
	0.0050	0.0580	0.2610	0.4150	0.2610	1.0000

*) $X=8$. **) Numbers of observed pollen. ***) Rates of observed pollen.
****) Theoretical frequencies estimated from chromosome conjugation at meiosis. $\chi^2=8.01$
d. f. =20 ($0.990 < P < 0.995$).

Table 4. Observed and theoretical frequencis of plants with $4X \pm \alpha$ chromosomes in the offsprings produced by parents with $4X$ chromosomes

Chromosome number	4X-2	4X-1	4X	4X+1	4X+2
Observed frequencies	0.0050	0.0990	0.7160	0.1650	0.0160
Theoretical frequencies	0.0190	0.1810	0.6000	0.1810	0.0190

$\chi^2=12.09$ d. f. =4 ($P < 0.05$).

同表によれば、 $2X$ 花粉のみが受精に関与するとした場合の正4倍体次代の理論頻度が観察頻度よりも低く、異数体では逆に高くなっており、なかでも、低異数体でこの傾向が著しい。これは $2X \pm \beta$ 胚珠のうち β が $0 \rightarrow 2$ と増加するにつれて受精能力が劣り、低異数体ではその影響がとくに強く現われるためと考えられる。そこで、(3)式を用いて $(1-S_{3j})$ を求めると Table 5. のとうりになる。

同表の異数性胚珠の受精能力を Table 3. の各行第3欄の値にそれぞれ乗じ、各行の和が1となるように補正すれば Table 6. の各行上欄のとうりになる。なお、同表の各行下欄には実際に観察した $4X \pm \alpha$ 個体の次代に表われる $4X \pm \alpha$ 個体頻度を記入しておいた。異数体では観察個体数が少ないために一部で理論値と観察値が一致しない場合もあるが全般的には非常

Table 5. Fertilization abilities of ovules

Chromosome no.	S	1-S
14	0.8104	0.1896
15	0.6337	0.3663
16	0.0000	1.0000
17	0.3507	0.6493
18	0.4318	0.5682

S; Rate of ovules unfertilized.

に良く一致していると思われる。したがって、この理論値を推移確率行列として異数体頻度の世代推移の推定に用い得るものと考えられる。

Table 6. Theoretical and observed frequencies of plants with $4X \pm \alpha$ chromosomes in the offsprings of parents with $4X \pm \alpha$ chromosomes

Chromosome numbers of parents	Chromosome numbers of offsprings				
	$4X-2$	$4X-1$	$4X$	$4X+1$	$4X+2$
$4X-2$	0.0982*) 0.2500**)	0.3023 0.0625	0.5193 0.5909	0.0747 0.0625	0.0055 0.0625
$4X-1$	0.0303 0.0455	0.2295 0.2273	0.6271 0.5909	0.1042 0.0454	0.0089 0.0909
$4X$	0.0045 0.0050	0.0830 0.0990	0.7519 0.7160	0.1472 0.1650	0.0134 0.0160
$4X+1$	0.0024 0.0400	0.0494 0.0800	0.5285 0.4800	0.3429 0.3600	0.0768 0.0400
$4X+2$	0.0012 0.0204	0.0302 0.1020	0.3724 0.4286	0.3846 0.2858	0.2116 0.1632

*) Theoretical frequencies (Transition matrix).

**) Observed frequencies.

3. 異数体頻度の世代推移の推定

Table 6. の値を推移確率行列として(1)式に代入し、初期集団を正4倍体または異数体のみと考えた場合の各世代毎の $4X \pm \alpha$ 個体の頻度を電子計算機を用いて算出した。その結果を図示すれば Fig. 1. のとうりである。

同図によれば、いずれの場合とも、初期世代での $4X \pm \alpha$ 個体の頻度は急激に変化するが、世代とともにその変化は緩慢となって、4~5世代後にはほぼ一定の値となって平衡に達する。この場合の平衡値は初期集団の如何にかかわらず、正4倍体 ($4X$) が70%弱、ついで $4X+1$ の20%弱、 $4X-1$ の10%弱、 $4X \pm 2$ の各数%ずつとなって、異数体合計で30%強となる。

従来、4倍体品種では毎世代正4倍体から諸異数体を生じるが、同時に各異数体からも正4倍体を生じるので、4倍体品種中の異数体頻度が世代とともに一定値に収斂することについては Tokumasu¹⁾、三石²⁾、永田・岡部³⁾ らによって指摘されてきたところであり、さらに三石²⁾ はこの収斂経過を統計学的に検討し、平衡に達する世代をほぼ4~5世代であろうとした。また、育成後長年月を経過した4倍体品種中の異数体頻度については、三石²⁾ はビートで20~30%、永田ら³⁾ はイタリアンライグラスで50~60%であると報告している。本実験では、育成後長年放任された系統について異数体頻度を確認していないが、上記の諸報告に照せば、本推定結果に大きな誤りはないと考えて差し支えなからう。

いずれにしても、4倍体品種では特別に手を加えない限り、かなり高頻度の異数体が混入することは避け難いが、同時に無制限に異数体が増加するものでないことが再確認された。ただし、Fig. 1. Aに示されるように、仮に正4倍体みの集団であっても、次代にはすでに約25%の異数体が生じ、この値が収斂値の30%に近い値であることを特に指摘しておきたい。すなわち、このことは従来強調されてきたように採種集団中の異数体を除去して、栽培用種子中の異数体の減少に努力しても、採種量の増加には貢献するであろうが、種子中の異数体の減少効果には多くを期待できないことを示すものである。したがって、4倍体品種の実際栽培にあたっては、形質や種子稔性の劣悪な異数体は、生育初期に人為的または自然的な淘汰が実施できるような栽培法をとり入れる必要が

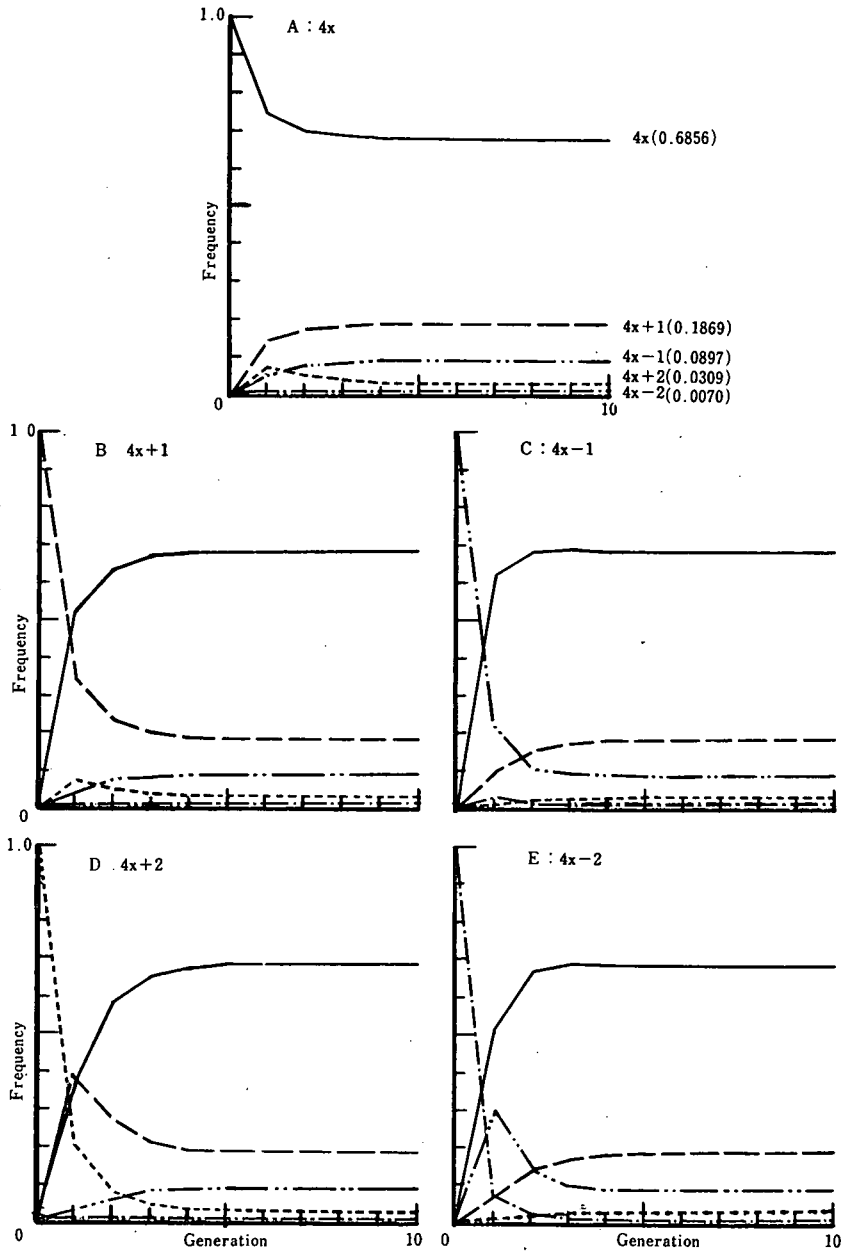


Fig. 1. Change of eu- and aneu-ploid frequencies from generation to generation in induced autotetraploid range. A, B, C, D & E: Initial population constitutes only $4X$, $4X+1$, $4X-1$, $4X+2$ & $4X-2$ respectively.

ある。この点、レンゲや牧草類のような播種密度の高い作物では、生育の悪い異数体は隣接個体の繁茂によって、補われるために好都合といえる。

また、4倍体品種の育成にあたっては、4倍体個体の育成直後から4~5世代の間は異数体頻度が安定しないので、系統としての諸特性も安定しないと考えられる。したがって、この間は厳密な系統選抜を行なわない方が得策と思われる。

要 約

人為同質4倍体集団に異数体が混在し、これが品種の特性を劣悪化させ、種子稔性を低下させることは4倍体育種において極めて重要な問題である。しかしながら、4倍体子孫の異数体頻度の消長を詳細に検討した報告は極めて少ない。本報告はレンゲを材料として、人為同質4倍体子孫の正4倍体及び異数体頻度の消長をマルコフ連鎖として検討し、同時に4倍性品種の育成及び維持の上で問題となる点について検討したものである。

まず、正4倍体及び異数体における花粉核分裂中期核板の染色体数を数え、次にMIにおける染色体の接合状態の観察結果から $4X \pm \alpha$ ($\alpha=0, 1, 2$) 個体からできる正倍数性及び異数性配偶子の頻度を林¹⁰⁾の方法で理論的に求めた。観察値と理論値は極めて良く一致していたので、理論値を実際の配偶子頻度と考え、雌性配偶子はすべてが、雄性配偶子は正倍数性のもののみが受精能力を有するとして(林¹⁰⁾)、接合体頻度を求めた。この接合体頻度と実際に観察できる正4倍体及び異数体の頻度とを比較し、異数性胚珠が子孫を残し得る割合を求め、理論的に $4X \pm \alpha$ 個体からできる次代の接合体頻度を明らかにした。次に、この接合体頻度を推移確率行列とし、初期集団における正4倍体及び異数体頻度を種々に設定して、4倍体集団での世代推移に伴う異数体頻度の変化を電子計算機で追跡した。得られた結果によれば、同質4倍体集団では初期の正4倍体及び異数体の頻度がいかなるものであっても、4~5世代で正4倍体及び異数体の頻度がほぼ一定の値となって平衡に達し、その割合は正4倍体が約70%、異数体が約30%となる。すなわち、4倍体品種では特別に手を加えない限り、かなり高頻度の異数体が混入することは避け難いが、同時に無制限に異数体が増加するものでないことが確認された。

したがって、4倍体品種の育成にあたっては4倍体個体の育成直後から4~5世代の間は異数体頻度が安定しないので、系統としての諸特性も安定しないと考えられ、この間は厳密な系統選抜を行わない方が得策と思われる。

なお、正4倍体だけの集団であっても、次代には高頻度の異数体が生じることが明らかになったので、従来強調されてきたように採種集団中の異数体を除去して、栽培種子中の異数体の減少に努力しても、種子中の異数体の減少効果には多くを期待できないと思われる。

文 献

- 1) Tokumasu, S., The maintenance and collapse of polyploidy in the progenies of autotetraploid Japanese radishes, with reference to the occurrence of aneuploid plants. *Memoirs of the Ehime University* vol VII No. 2, 176-349 (1961).
- 2) Moore, K., The influence of climate on a population of tetraploid spring rye. *Hereditas*, 50, 269-305 (1963).
- 3) 三石昭三, てん菜の人為四倍性系統における異数体の出現とその平衡について. *育種*, 13, 253-259 (1965).
- 4) Ahloowalia, B. S., Chromosome association and fertility in ryegrass. *Genetica*, 38, 471-481 (1967).
- 5) Simonsen, Ø., Cyto-genetic investigations in diploid and autotetraploid populations of *Lolium perenne* L. *Hereditas*, 75, 157-188 (1973).
- 6) ———, Cytogenetic investigations in diploid and autotetraploid populations of *Festuca pratensis*. *Hereditas*, 79, 73-108 (1975).
- 7) ———, Genetic variation in diploid and autotetraploid populations of *Lolium perenne* L. *Hereditas*, 84, 133-156 (1976).
- 8) ———, Genetic variation in diploid and autotetraploid populations of *Festuca pratensis*. *Hereditas*, 85, 1-24 (1977).
- 9) 永田保・岡部俊, イタリアンライグラスの同質4倍体品種における異数体の頻度. *育種*, 25 別冊 1, 64-65 (1975).

- 10) 林喜三郎, レンゲの人為同質4倍体における稔性低下機構の解明に関する研究. 高知大学農学部紀要, No. 28, 1-68 (1974)
- 11) Bartko, J. J. and Watterson, G. A., Inference on a genetic model of Markov chain type. Biometrika, 58, 251-264 (1963).

(昭和52年9月19日受理)

(昭和53年1月6日分冊発行)

