20_nを有せし矮性小麥の草丈、稔性並びに染色體數の變化¹⁾²⁾

木 原 均 若 桑 俊 二 郎

京都帝國大學農學部

本實驗に使用せる 20_n (20 個の二價染色體) を有する矮性小麥はペンタプロイド雜種 (*Triticum polonicum* × *spelta*) の子孫より現はれたるものなり (Kihara 1924, Wakakuwa 1929, 木原, 若桑 1930)。

T. polonicum は AB なる二つの異なるゲノムを有し, *T. spelta* は ABD なる三つの異なるゲノムを有す。故に, F₁ は兩親より來れる AB ゲノムが夫々對を作り 14_n となり, *spelta* より來れる D ゲノムは 7_i となり機械的に生殖細胞に分配さるるものなり。今 D ゲノムの 7 個の各染色體を夫々 a, b, c, d, e, f, g なる文字にて表せば 20_n なる植物は *spelta* の 21 對の染色體即ち 2(14 + a + b + c + d + e + f + g) より a—g 染色體の中何れか一對を失ひて 20_n となりしものなれば, a を失ひて 20_n となりしもの, b を失ひて 20_n となりしもの其他 c, d, e, f, g 等夫々異なる染色體を失ひて 20_n となりしもの等全部にて 7 通りを生ずる理なり。

現在までに當研究室に於て發見されたる 20_n 植物は 4 通りなり。最初に發見されし矮性植物 (20_n) に缺除せる一對を g 染色體と假定し次ぎに發見せしものは f を失ひたるものとなしたり (Kihara 1924, 1925)。次いで 1926 年に一對の e 染色體を失ひて 20_n となりし矮性小麥を發見, 更に 1928 年一對の d 染色體を失ひて 20_n となりし矮性小麥を發見す。之等矮性小麥には夫々發見の順序に従ひて D-2g, D-2f, D-2e, D-2d なる記號を附したり。この記號は D ゲノムより夫々一對の染色體を失ひし植物の意にして, 尙發見せる 20_n 植物は全部矮性なりしを以て D なる文字は D ゲノムなる意味の外に dwarf なる意味も加味さる。

以上四通りの 20_n 植物は發見當初は何れも不稔性の度高く且つ矮性なりしに, 其後 D-2d を除く D-2g, D-2f, D-2e の三種は代を重ねるに従ひ稔性草丈等は殆んど正常植物に近きものを矮性植物中に點々發生するを見るに至りしも, 自家授精を行ふに當り常に矮性植物を選び正常植物に近きものは之を除外せしが, 最近に至りては稔性草丈等は全く正常植物と異なるところなき状態となれり。第 1 表にあげたる矮性植物の稈長の變異の幅が 1927 年頃に廣きはこの突然變異個體による。斯くの如き變化は或は染色體數の變化に基因するものに非らざるかとの疑念を生じ, 1934 年 D-2g, D-2f 及 D-2e の根端細胞にて染色體數の再検査を行ひしに果して 42 個に増加せるを確かめ得たり。D-2d は舊の如く 2n=40 なり。茲に於て過去數年來保存されし「矮性」小麥 (實際には草丈正常なるものあり) 及び「矮性」小麥間の雜種の花粉母細胞の切片標本を整理し, 之等の検査に依りて染色體増加の大略の經過を知り得たるを以て茲にその結果を報告せんとす。

1) Kihara, H. und Wakakuwa, Sh., Veränderung von Wuchs, Fertilität und Chromosomenzahl in den Folgegenerationen der 40-chromosomigen Zwerge bei Weizen.

2) Contributions from the Laboratory of Genetics, Biological Institute, Kyoto Imperial University, No. 55.

細胞學的觀察

(1) 染色体数増加以前の矮性小麥

1924 年乃至 1929 年に於ける D-2g, D-2f, D-2e, D-2d 等は何れも花粉母細胞第一分裂中期に於ては 20 個の二價染色体を有し、各染色体は兩核分裂を通じて全く正規の分裂を行ひたり。D-2g, D-2e, 及 *T. spelta* の成熟分裂に於ける染色体を第 1 圖 (上段に) 掲ぐ。

(2) 染色体数増加以前に於ける矮性小麥同志の交雑

第一式に示せる如く矮性小麥四種的全組合せの交雑を行ふ。之等の中大多數は既に木原(1925)若桑(1929)木原・若桑(1930)に報告されたるものなり。D-2g, D-2f, D-2e 及び D-2d 等の矮性小麥は何れも $20n$ にして之等は染色体数及びその組合せの上にては何等區別し難けれど、之等矮性小麥同志の交雑を行ふ時はその F_1 植物の花粉母細胞内に於ける染色体の組合せは何れも $19n + 2n$ なるを以て両者が異なりたる染色体を失ひしものなること明かなり (第 1 圖 D-2g $\times$ D-2e)。即ち第二式に示せる如く、 $2n$ は兩親の失ひし染色体が各々異なる爲 F_1 に於て夫々一價染色体として現はれたること明かなり。例へば D-2g $\times$ D-2f F_1 に於ては、g は D-2f に存在すれど D-2g は之を缺く爲一價染色体となり、同様に f は D-2g に存在すれど D-2f は之を缺く爲一價染色体となり、こゝに g 及び f 二個の一價染色体を生ずるものなり。 F_1 植物の成熟分裂に於てはペンタプロイド雑種の場合と同様に $19n$ は第一、第二の兩核分裂を通じて正規の分裂を行ふも、 $2n$ は第一分裂に於ては縦裂するも第二分裂に於ては再び縦裂することなく任意に兩極に分配さる。

第一式 1928 年乃至 1930 年に於ける矮性小麥同志の交雑組合せ

第二式 第一式に於ける各種組合せの雑種が有するゲノム構成

1	$\begin{cases} \text{D-2g} & 14+abcdef \\ \times & \\ \text{D-2f} & 14+abcde g \end{cases}$	3	$\begin{cases} \text{D-2g} & 14+abcdef \\ \times & \\ \text{D-2d} & 14+abc efg \end{cases}$	5	$\begin{cases} \text{D-2f} & 14+abcde g \\ \times & \\ \text{D-2d} & 14+abc efg \end{cases}$
2	$\begin{cases} \text{D-2g} & 14+abcdef \\ \times & \\ \text{D-2e} & 14+abcd fg \end{cases}$	4	$\begin{cases} \text{D-2f} & 14+abcde g \\ \times & \\ \text{D-2e} & 14+abcd fg \end{cases}$	6	$\begin{cases} \text{D-2e} & 14+abcd fg \\ \times & \\ \text{D-2d} & 14+abc efg \end{cases}$

第 1 圖 第一成熟分裂に於ける矮性, *T. spelta* 及それ等の雜種の染色体

Abb. 1 I. Metaphase. D-2g; 20_{II} , D-2e; 20_{II} , *spelta*; 21_{II} , D-2g x D-2e (beide Zwerge vor der Chromosomenvermehrung); $19_{II}+2_I$, D-2e (vor der Chromosomenvermehrung) x *spelta*; $20_{II}+1_I$, *spelta* x D-2g (nach der Chromosomenvermehrung); $20_{II}+2_I$, D-2e (nach der Chromosomenvermehrung) x *spelta*; $20_{II}+2_I$.

(3) 染色体数増加以前に於ける矮性小麦と *T. spelta* との交雑

4 矮性小麦と *spelta* との雜種 F_1 に於ける染色体組合せ式は何れも $20_{II}+1_I$ なり (第 1 圖 D-2e x *spelta*)。而してこゝに現はるゝ 1 個の一價染色体は何れも矮性小麦の失ひたる染色体なり。

(4) 1934 年に於ける矮性小麦根端細胞の染色体数

D-2g, D-2f 及び D-2e の三者は明かに $2n=42$ なり。即ち両者は發見當初に比し 2 個の染色体の増加を示す。D-2d は發見當初と變りなく $2n=40$ なり。

(5) 1932 年に於ける D-2e の花粉母細胞に於ける染色体数の變化及びその組合せ

1932 年の春に D-2e の花粉母細胞を固定したり。その第一分裂中期及び後期の初めに於ける染

色体の組合せを見るに、或個体に於ては $42=2m+18n$ 又は $42=1m+19n+1r$ なり。他の 1 個体に於ては全部二価染色体にして極めて正常なる分裂を行ふ。然れども此の個体に於ては染色体数の決定不可能なりし爲この植物は果して發見當初の如く 20_n の状態にあるものか又は 21_n の状態に變化せるものかは不明なり。

前者にありては明かに發見當初の 20_n の状態より 2 染色体の増加なり。今 AB ゲノム中の或二つの染色体の重複によりて 2 染色体の増加を來したるものとし、之等を夫々 $\epsilon\epsilon'$ とせば第三式に示す如く $42=20n+2r$ となる。而して増加せる染色体は AB ゲノム中の或染色体と相同なる爲往々トリパレントを作り $42=2m+18n$ 又は $42=1m+19n+1r$ 等の組合せを爲すものと思はる。

$$\text{第三式} \quad 1932 \text{ に於ける } D-2e \text{ のゲノム構成} \quad \begin{cases} 14+abcd \text{ } fg\epsilon\epsilon' \\ 14+abcd \text{ } fg \end{cases}$$

若し 2 染色体の増加を見たる D-2e が子孫を残す時は染色体の上で固定するものは $2(14+abcd \text{ } fg\epsilon)$, $2(14+abcd \text{ } fg\epsilon')$ 及び $2(14+abcd \text{ } fg\epsilon\epsilon')$ の三種なり。最後のものは $2n=44$ にして恐らく染色体の不平衡組合せの爲死滅し前二者が 21_n の状態で子孫を残すものと推量せらる。前二者を未だ區別する必要なく、又両者が共存するか否かも不明なるを以て以下 ϵ を 2 個増加したりとして論ず。

(6) 1933 年及び 1934 年に於ける「矮性」小麦と *T. spelta* との交雑

1932 年 *T. spelta* × D-2g の交雑を行ひ、1933 年 F₁ 植物の花粉母細胞を固定し 1934 年之を鏡檢す。この F₁ の花粉母細胞第一分裂中期極面觀に於ては明かに $42=20n+2r$ なる組せを示す(第 1 圖 *spelta* × D-2g)。又中期側面觀にて $42=1m+19n+1r$ の組合せを示すことも往々あり。D-2e × *spelta* F₁ に於ても矢張り $42=20n+2r$ なる組合せを示す(第 1 圖 D-2e × *spelta*)。之等の雜種 F₁ に現はるゝ 2_r は矮性小麦に失はれし染色体と新たに増加せる染色体なり。即ち D-2g × *spelta* F₁ に現はるゝ 2_r は g と新たに増加せる染色体なり。後者を γ と名付く。D-2e × *spelta* F₁ にありては ϵ と新たに増加せる染色体 (ϵ) なり。 γ 及び ϵ は ABD 何れのゲノムより由來せるものなるかを知るには今後の研究に俟たざるべからずと雖も、恐らく D ゲノムより失はれたる g 及び e の代用となるが如き一染色体が AB 何れかのゲノムより重複に生じたるものならんか。D-2f に於て増加せる染色体を ϕ と名付く。前記の *spelta* と D-eg 植物との F₁ に現はる 2_r の出來を以上の假定に基きて式に示せば次の如し。

第四式 染色体増加後に於ける「矮性」植物と *T. spelta* との雜種のゲノム構成

$$\begin{cases} T. \textit{spelta} & 14+abcdefg \\ \times \\ D-2g & 14+abcdef \gamma \end{cases} \quad \begin{cases} D-2e & 14+abcde g\epsilon \\ \times \\ T. \textit{spelta} & 14+abcdefg \end{cases}$$

尙 1934 年に於ける D-2d × *T. spelta* F₁ の染色体組合せは $41=20n+1r$ にして 1929 年に於けるものと異なるところなし。D-2d は $2n=40$ にして未だ染色体の増加を見ざるものなればなり。

(7) 1933 年に於ける D-2g × D-2f F₁ の染色体組合せ

花粉母細胞第一分裂後期に於ては明かに一極に 20、他極に 21 の染色体を數へらる。故にこの F₁ は $2n=41$ なることを知る。第一分裂中期に於ては $41=1m+18n+2r$ の組合せを示す像を観察せり。これより考へる時は 1932 年に於ける兩親の一方は 20_n にして他方は 21_n なりしものと思はる。即ち D-2g を $2(14+abcdef \gamma)$ とし、D-2f を $2(14+abcde g)$ とせば第五式の如く

$19n+3r$ となる。而して D-2g に於て新たに増加せる r は時々 A (又は B) ゲノム中にある相同染色体とトリバレントを形成するものと思はる。

第五式 1932 年の D-2g×D-2f の雑種 ($19n+3r$) のゲノム構成

$$\begin{cases} \text{D-2g} & 14+abcdef \ r \\ \times \\ \text{D-2f} & 14+abcde \ g \end{cases}$$

草丈の變化

第 1 表に示せる如く、D-2g, D-2f, 及び D-2e 等は 1927-1930 年には何れも純粹種に比し矮性なりしに染色体数の増加を來せる 1934 年には純粹種の *T. spelta* 及び *T. polonicum* と殆ど大差なき稈長を有するに至る。これは染色体の缺除により染色体の平衡を失ひし爲矮性なりし植物が其後染色体の補給により染色体の平衡を回復し草丈も亦正常に復歸せしものと思惟さる。

第 1 表 矮性小麦の稈長の變化 (Höhe)

材 料	年 次	供 株 數	稈 長 平 均	稈 長 變 異
<i>spelta</i>	'34	134	103.24cm	93—116cm
<i>polonicum</i>	'34	96	107.34	90—125
D-2g	'27	237	67.30	27—112
"	'33	25	86.72	78— 99
"	'34	69	94.17	72—108
D-2f	'27	141	98.11	67—116
"	'33	42	97.43	80—110
"	'34	76	106.62	92—119
D-2e	'30	40	69.38	60— 80
"	'33	41	90.44	61—110
"	'34	77	103.88	73—121
D-2d	'33	30	65.43	54— 77
"	'34	48	72.17	50— 84
Versuchspflanzen	Jahr	Anzahl der Individuen	Durchschnittliche Höhe	Variationsbreite für die Höhe

染色体数の増加後も「矮性」植物は草丈の他、外部形態學的に何等の變化なし。恐らく同一「矮性」植物の各個體とも夫々同一の染色体を増加せるものなるべし。假に増加染色体が各個體によりて種々ありとせばその形態、稔性等に於て差異を生ずる事は當然推量しうべし。故に D-2g の植物は r 染色体を 2 個、D-2f 植物は e 染色体を 2 個、D-2d は δ 染色体を増加したるものと推量して差支へなからん。

稔性の變化

稔性調査に當りて 1934 年以外の調査には、第一、第二、第三小花等の着粒を區別せざりし爲

着粒歩合にて比較することを得ず。然れども第三小花の着粒は少なきを以て着粒歩合を大凡計算しうべし。表中には、()を以て之を示す。第二表に示す如く D-2g にありては明かに稔性は33年に於て急に高まれるを知る。表には略したるが D-2f にありても同様なり。本「矮性」植物は初めより稍矮性高く1924年には矮性は80%なるも1934年に於ける着粒歩合は96.34%にして完全なり。D-2eにても同様1934年には矮性完全となれり。然るに D-2d にては29年後殆ど變化なく現在にても54%の低度の矮性を示せり。本植物にては上述の如く現在も尙染色体数は20nにして變化なし。

第2表 矮性小麥の稔性變化 (Fertilität)

材 料	年 次	供試穂數	一穂ノ着粒	一小穂ノ着粒	着 粒 % (第一, 二小花)
<i>spelta</i>	'31	20	31.45	1.79	89.60
"	'34	32			90.41
<i>polonicum</i>	'34	40			90.93
D-2g	'27—'28	50	21.50	1.34	(60)
"	'33	39	42.15	2.08	
"	'34	10	48.50	2.37	
"	'34	32			95.68
D-2d	'29	50	12.40	0.98	(50)
	'33	47	9.83	0.91	(45)
	'34	10	14.50	1.23	(60)
	'34	40			54.82
Versuchspflanzen	Jahr	Anzahl der Ähren	Anzahl der pro Ähre	Körner pro Ährchen	Fertilität (%)

Zusammenfassung

Es handelt sich um die 40-chromosomigen Zwerge, die in der Nachkommenschaft der pentaploiden Verbindung *T. polonicum* × *T. spelta* aufgetreten sind (vgl. Kihara 1924, Kihara and Wakakuwa 1930). Seit 1922 wurden bis jetzt viererlei verschiedene 40-chromosomige Zwerge gefunden, nämlich D-2g, D-2f, D-2e und D-2d (D=Dinkelgenom; a, b, c, d, e, f, g=die 7 Chromosomen des Dinkelgenoms). Anfangs waren alle diese Zwerge steril. Im Laufe der Jahre traten aber in den Folgegenerationen der drei zuerst genannten Zwerge zunächst einzelne Individuen auf, die sich von den Schwesterpflanzen der betreffenden reinen Linien durch normalen Wuchs und volle Fertilität in auffallender Weise unterschieden. Später wurden die normalwüchsigen, fertilen Pflanzen immer häufiger, so dass die jüngsten Folgegenerationen dieser Zwerge fast ausschliesslich aus solchen Individuen bestanden und Zwerge nur noch selten zu finden waren. Die Umwandlung

fand zuerst bei D-2g und D-2f statt, später auch bei D-2e, während die Zwerglinie D-2d, die erst im J. 1928 aufgetreten ist, bis jetzt unverändert geblieben ist. Über diese Verhältnisse orientieren Tab. 1 und 2. In Tab. 2 sind die Zahlen nur für D-2g und D-2d angegeben; D-2f und D-2e verhielten sich ähnlich wie D-2g.

Die mikroskopische Untersuchung ergab im J. 1934 42 somatische Chromosomen für die normalwüchsig und fertil gewordenen Pflanzen. In demselben Jahre wurden die Reifungsteilungen der PMZ bei den im J. 1933 hergestellten Rückkreuzungsbastarden *T. spelta* × D-2g und D-2e untersucht.

Es wurden bei beiden Verbindungen $20_{II} + 2_I$ gefunden. Aus diesem Befunde ist zu ersehen, dass das neue Chromosom der betreffenden Zwerge nicht das fehlende Element g bzw. e sein kann, da man in diesem Falle 21 Bivalente hätte finden müssen. Ferner liegt es nahe, anzunehmen, dass das neue Chromosom überhaupt nicht zum D-Genom, sondern zu einem der beiden Emmergenome (A oder B) gehört; es dürfte sich um dasjenige Element dieser Genome handeln, das dem Chromosom gebzw. e entspricht (zur Bezeichnung der neuen Chromosomen werden die entsprechenden griechischen Buchstaben, γ und ϵ verwendet). Das neue Chromosom tritt mit einem der Chromosomenpaare nicht selten zu einem dreigliedrigen Verband zusammen. Dass dabei nur die neuen Chromosomen (γ bzw. ϵ) in Frage kommen, nicht die von *T. spelta* gelieferten g bzw. e, kann daraus gefolgert werden, dass bei den Bastarden *T. spelta* × 40-chromosomige Individuen nie Tripartite festgestellt wurden.

Weitere Untersuchungen über das Zustandekommen der neuen 42-chromosomigen Sippen sind im Gange.

文 献

- Kihara, H. (1924): Cytologische und genetische Studien bei wichtigen Getreidearten mit besonderer Rücksicht auf das Verhalten der Chromosomen und die Sterilität in den Bastarden. Memoirs of the College of Science Kyoto Imperial University Vol. I
- Kihara, H. (1925): Weitere Untersuchungen über die pentaploiden *Triticum*-Bastarde. I. Japanese Journal of Botany Vol. 2.
- Kihara, H. and Wakakuwa, Sh. (1930): 小麦ペンタプロイド雑種の子孫に現はるゝ矮性植物. 遺傳學雜誌 第5卷, Japanese Journal of Genetics Vol. 5.

追 記 若桑俊二郎氏は本稿完成の後(昭和十年一月十一日)春秋に富める身を以て惜しくも急逝せらる。小麦學界の大なる損失なり。茲に深甚なる哀悼の意を表す。 木原均