くるまばつくばねさうノ核型及ビ其ノ 生殖細胞ニ就イテ (豫報)

芳 賀 恣

T. HAGA: On the Karyotypes and their Gametes of *Paris quadrifolia*
L. var. *obovata* REGEL et TIL. (A Preliminary Note)

Received October 7, 1933

緒 言

筆者ハ北海道ニ豊富ニ野生スルつくばねさう類 *Parideae* ノ核學的並ビニ遺傳學的研究ノ途上くるまばつくばねさう *Paris quadrifolia* L. var. *obovata* REGEL et TIL. ハ核學的ニ多型ノ植物デアルヲ見, 且ツ**ディプロイド** ($2n=10$) ノ外ニ**トリプロイド** ($3n=15$) ノ個體ヲモ見出ス事ガ出來タ。**ディプロイド**ノ二核型ノ間デハ外部形態的差違ハ明瞭デナイガ**トリプロイド**ハ多少**ギガス**ノ性質ヲ示シテ居ル。此處ニ述ベントスル核型ハ凡テ後藤, 須藤兩氏 (1930) ガ既ニ報告シテ居ルノデアルガ, 筆者ハ此處ニ夫等核型ノ起源及ビ特ニ**トリプロイド**ノ生殖細胞ニ於ケル染色體ノ數及ビ組合セト其ノ意義ニ就イテ簡單ニ報告スル事トスル。

本文ニ先チ, 當研究ヲ御指導下サレツツアル松浦教授並ビニ材料ニ就イテ色々便宜ヲ與ヘラレタ北大植物園石田氏ニ心カラ感謝ノ意ヲ表シタイ。

材 料 及 ビ 方 法

材料ハ凡テ札幌及ビ其ノ近郊ニ於イテ採集シ根端ハ下記ノ當教室**フレミング**改良液デ固定後**バラフィン**切片トナシ, 花粉母細胞ハ擦リ附ケ法ニ依リ**テイラー**氏液デ固定後**ニュートン**氏**ゲンチアンバイオレット**法ニ依リ染色シ, 花粉粒内ノ核分裂ハ**アセトカーミン**法ニ依ツテ觀察シタ。何レモ種々ナル試ミノ中デ最モ良キ結果ヲ示シタモノデアル。

10 %	クローム酸.....	5 c.c.
10 %	氷 醋 酸.....	20 c.c.
2 %	オスミウム酸.....	15 c.c.
	蒸 溜 水.....	80 c.c.

観 察

1. **ディプロイド** 根端細胞ニ於ケル中期核板ヲ成ス 10 本ノ染色體ノ長サ及ビ狭窄ノ位置ヲ HASEGAWA 氏 (1932) ノ方法ヲ少シ變化シタ方法 (HAGA 1934 参照) デ測定シタ結果ヲ模式圖デ示シタノガ Figure 1 デアル。Figure 2 ハ後期ニ兩極ヘ分レタ二娘染色體群ヲ一本一本離シテ描イタモノデ, 上下ニ向ヒ合ツテ居ルモノハ夫々一本ノ中期染色體カラ縦裂シテ分レタ娘染色體デアル。

Fig. 1. Diagrammatic representation of the chromosomes measured at a somatic metaphase (after HAGA 1934).

Fig. 2. Anaphasic chromosomes drawn separately, above from the upper group, below from the lower, facing the daughter halves to each other. 1220×

ツテ居リ、3本ノ d 型染色体ノ内 1本ダケ附随體ヲ有シ他ノ 2本デハ其ヲ消失シテ居ル (Fig. 4 参照)。從ツテ其ノ染色体組成ハ下ノ式デ示サレル：

$$aaa + bbb + ccc + d_T d_0 d_0 + eee = 15 \text{ (3rom)}$$

3. 減數分裂 ディプロイドノ減數分裂ハ $d_T d_T$ 型デモ $d_T d_0$ 型デモ共ニ正常デアツテ、5本ノ二價染色体ガ作ラレ、中期ノ二價染色体ハ所謂 localised chiasma 型ノ接合ヲ示シ狭窄ノ附近ニ於イテノミ染色体ガ互ニ接着シテ居ル、接合ノ型ハトリプロイドデモ同様デアル。 d_T 及ビ d_0 染色体ガ互ニ接合スル事ハディプロイドデモトリプロイドデモ容易ニ確メラレタ (Figs. 3-4)。

トリプロイドノ減數分裂中期ニ於イテハ Figure 4 ニ見ル様ニ 3本ノ相同染色体ガ凡テ接合シテ中期ニ 5本ノ三價染色体ヲ見ル事ガ多イガ、二價染色体ト一價染色体ニ分レテ居ツタリ其他後期及ビ第二分裂ニ於イテモ種々ナル不規則現象ヲ見ルガ是ニ就イテハ後報ニ譲ル事トスル。

筆者ハ便宜上染色体ノ長さ、狭窄ノ位置及ビ附随體ノ有無ニ依ツテ圖ニ示シテアル様ニ五種ノ染色体ニ夫々アルファベットトサフィクスデ名前ヲ付ケタ、夫ヲ用キルト圖ニ示シタ個體ノ核型ハ次ノ式デ現ハサレル：

$$aa + bb + cc + d_T d_T + ee = 10(2rom)$$

今一ツノ核型デハ d_T 對ノ一方ノ附随體ガ消失シテ居ル。此ノ染色体ヲ d_0 デ示スト (Figs. 8-12 参照) 此ノ核型ノ染色体式ハ下ノ様ニナル：

$$aa + bb + cc + d_T d_0 + ee = 10(2rom)$$

ディプロイドニハ上記二ツノ核型ガ見出サレタ。以下前者ヲ $d_T d_T$ 型後者ヲ $d_T d_0$ 型ト呼ブ事トスル。

2. トリプロイド 此ノ個體ノ體細胞ハディプロイドデ見ラレタ五種ノ染色体 a, b, c, d 及ビ e ヲ夫々 3本宛持

Figs. 3-6. 3: 5 bivalents from a metaphase plate in a PMC of a diploid of *drdr* type. 4: 5 trivalents from a metaphase in a PMC of a triploid of *drdodo* type. 5: A PMC at interkinesis showing a chromosome fragment isolated by cell wall. 6: A pollen grain at mononucleus stage showing a chromosome fragment degenerating. 1220 $\times$.

猶此處＝重要ナ關係ヲ持つ不規則現象トシテ、直接ノ觀察ハ行ハレナカタノデア
アルガ**ディプロイド**個體ノ減數第一分裂＝於イテ稀デハアルガ染色體ノ横斷ガ起ル事
デ Figure 5 **ハイインターキネシス**ノ花粉母細胞デ染色體ノ斷片ガ細胞膜デ隔離サレ
テ居ル。Figure 6 ハ一核ノ時期ノ花粉粒デ染色體斷片ガ崩壞シカケテ居ルノガ見
ラレル。

4. 花粉粒核ノ染色體組成 花粉ハ始メ一核デアアルガ(Fig. 6) 後＝花粉管核ト
生殖核＝分裂スル、此ノ分裂ノ中期＝於イテ染色體ノ個體性ハ最モ容易ニ觀察サレ、
而シテ體細胞＝於イテ既ニ見タル如ク5種ノ染色體ハ其ノ形態ニ依ツテ容易ニ區別
出來ルノデ花粉粒核ノ染色體組成ハ何等困難ナク決定シ得ル。Figure 9-10 ニ示シ
タ *d_o* 染色體ノ乳頭ニハ**セタ**ガ殘存シテイル、體細胞デモス様ナ**セタ**ハ稍々見ラレ
ル。

ディプロイドデハ豫想通り *drdr* 型デハ $a+b+c+d_T+e=5$ (*rom*) ノ花粉 (Fig. 7
參照) ガ一種、*drd_o* 型デハ $a+b+c+d_T+e$ ト $a+b+c+d_o+e$ ノ *d* 染色體＝關
シテ異ル二種ノ花粉 (Fig. 7-8) ガ觀察ニヨレバ略同様出來ル。

Figs. 7-12. Metaphases in pollen grains. 7 and 8: Two kinds of pollen grains from a diploid of $dx d_o$ type, 7 with d_x and 8 with d_o chromosome. 9-12: Four pollen grains from a triploid of $dx d_o d_o$ type, all represented with formulas at page 183, i. e. 9; Formula 2; 10; Formula 4; 11; Formula 7; 12; Formula 8. d_o -chromosomes figured in 9 and 10 show the rest of connecting filament of the trabant. f indicates chromosome fragments. 1220 $\times$.

トリプロイドノ花粉ハ全ク色々デアツテ觀察ノ一部ヲ下ニ染色體式ト Figures 9-12 ニ示ス (f ハ染色體斷片ヲ指ス)。

1. $a + b + c + d_0 + e = 5(n)$
2. $a + bb + c + d_0 + e = 6 \dots \dots \dots \text{Fig. 9}$
3. $a + bb + c + d_0 d_0 + e = 7$
4. $aa + b + c + d_0 d_0 + e = 7 \dots \dots \dots \text{Fig. 10}$
5. $a + b + cc + dr d_0 + e = 7$
6. $aa + b + cc + dr d_0 + e = 8$
7. $aa + bb + cc + dr d_0 d_0 + ee + f = 11 + f \text{ (ca. } 2n) \dots \dots \text{Fig. 11}$
8. $aaa + bb + ccc + dr dr d_0 + eee + f = 14 + f \text{ (ca. } 3n) \dots \dots \text{Fig. 12}$

上ノ式ニ見ラレル様ニ染色體ノ數ニ關シテハ殆ドハプロイド (5) カラトリプロイド (15) マデノ凡テノ數が見ラレ其ノモードハ 7 附近ニアル様ニ見ラレル。又其ノ組合セニ就イテモ此處ニ式デ示シタハプロイド花粉ハ 1 ツノ完全ナゲノム (但シ d_0 ヲ含ム) ヲ持ツテ居リ、ディプロイド及ビトリプロイド花粉モ夫々大體 2 ツ及ビ 3 ツノゲノムヲ含ンデ居ル事ガ觀察サレタ。

考 察

減數分裂ニ於イテディプロイドデモトリプロイドデモ d_T ト d_0 染色體ハ互ニ接合スル。染色體ノ乳頭ニハ花粉粒内ノ分裂ニ於イテモ亦體細胞ノ分裂ニ於イテモ稍々附隨體ヲ連結シテ居ツタト思ハレルセタ (seta) ヲ見ル事ガ出來、而シテ筆者ノ檢ベタ他ノつくばねさう屬植物ノよつばつくばね *P. tetraphylla* A. GRAY 及ビきぬがささう *P. japonica* FRANCH. ニハ斯様ナ d 型染色體ハナイノデ (HAGA 1934 參照), 此ノ d_T 及ビ d_0 染色體ハ明カニ相同ノモノト考ヘラレ、 d_0 染色體ハ d_T ガ其ノ附隨體ヲ切斷ニ依ツテ失ツタ形ト考ヘラレル。事實ディプロイドデモ何ノ染色體ノ斷片デアルカハ不明デアルガ既ニ述ベタル如ク減數分裂ニ於イテ染色體ノ横斷ガ起ル事ガ認メラレタノデアレバ d_T 染色體ノセタノ部分デ切斷ガ起ル事ガアルト考ヘルノハ何等無理ノナイ事ト思ハレル。

d 型染色體對ノ 2 本共其ノ附隨體ヲ失ツタディプロイド型 $d_0 d_0$ ハ後藤、須藤兩氏モ亦著者モ未ダ發見セザル所デアルガ、今斯様ナ型ガ致死的ノモノデナイト假定スルトディプロイドニハ $d_T d_T$, $d_T d_0$, $d_0 d_0$ ノ三ツノ核型ガアル理デ $d_T d_0$ 型ハ $d_T d_T$ 型カラ直接ニ又ハ $d_T d_T$ ト $d_0 d_0$ 型トノ交雜ニ依ツテ生ジタモノト考ヘラレ、而シテ $d_0 d_0$ 型ハ $d_T d_T$ 或ハ $d_T d_0$ 型カラ直接ニ又ハ其等ノ交雜ニ依ツテ生ズルモノト推察サレル。

此處ニ見出サレタトリプロイド $d_T d_0 d_0$ 型ハ其ノ減數分裂ニ於イテ 3 本ノ相同染色體ハ夫々互ニ接合シテ三價染色體ヲ作ル事及ビ前述ノ如ク d_0 型染色體ノ乳頭ニ花粉粒核及ビ體細胞核ノ分裂ニ際シ稍々セタヲ見ル事ガ出來ルノデオウトトリプロイドト考ヘラレ、其ノ起源ニ關シテハディプロイド生殖細胞トハプロイドノ生殖細胞ノ合一ニ依ツテ生ジタモノト考ヘラル。其ノ過程ニ於イテ再ビ附隨體ノ切斷ガ起

ル事モアリ得ルノデ、 $d_0 d_0$ 型ノ自家授精ノ場合ヲ除イテ上記三ツノ**ディプロイド**型ノ生殖細胞ノ種々ナル組合セガ其ノ形成ニ關與シ得ル。勿論此ノ場合一方ノ性ハ減數サレナイ**ディプロイド**生殖細胞デアル。此處ニ廣範ナ文獻ノ引用ハ避ケルガ、**ディプロイド**生殖細胞ノ出來ル原因トシテハ現在次ノ六ツノ場合ガ考ヘラレル。

1) 高温又ハ低温ノ影響 (TAKAGI 1928, SHIMOTOMAI 1927)。2) **ディプロイド**ノ個體ニ**テトラプロイド**ノ體組織ノ出來ル事 (TAHARA 1933)。3) 既ニ存スル**ポリプロイド**植物。4) 雜種 (KARPECHENKO 1927)。5) **バクテリア**、菌類、**モザイク**病ノ影響 (KOSTOFF 1933) 6) 原因不明デアルガ稀ラク直接ノ原因トシテ二核ノ母細胞或舊核構成ニ依ツテ多數ノ**ハプロイド**花粉ニ混ツテ**ディプロイド**花粉ヲ見ル事ガアル (BRUNN 1932)。

Fig. 13. A seed set of a berry from the cross $3n \times 2n$. Above, 7 seeds normal in appearance except their sizes. Below, 8 from the left: abortives; 3 from the right: examples of presumably non-functioned ovules. Photo. ca. $1 \times$.

トリプロイドノ花粉ハ既ニ述ベタル如ク 5-14ノ染色体ヲ持ツモノガ實際觀察サレ 5 (*rom*) ノモノハ完全ナ1ツノ**ゲノム** (但シ d_0 ヲ含ム) ヲ含ンデ居リ、 $10+f$ (約 $2n$) ノモノハ大體2ツノ**ゲノム**ヲ、 $14+f$ ノモノハ大略3ツノ**ゲノム**ヲ含ンデ居ルノガ見ラレタ。故ニ多數ノ花粉ノ中ニハ完全ナ**ゲノム** ($a+b+c+d+e$) ヲ夫々1ツ2ツ3ツヲ含ム數ニ於イテモ亦組合セニ於イテモ完全ニ**ハプロイド**、**ディプロイド**、**トリプロイド**ノ花粉ガ形成サレル事ハ容易ニ想像出來ル。又卵子ノ方ニ於イテモ斯様ナ卵核ガ出來ル事ハ EAST (1933) ノたばこノ**トリプロイド**ニ於ケル研究等ヲ考慮スレバ何等疑フベキ處ガナイ。**ポリプロイド**及ビ或種ノ**ポリ**

ゾーミック生殖細胞ガ機能ヲ有スル事ハ坂村、須藤兩氏 (1926)、下斗米氏 (1927)、高木氏 (1928)、EAST (1933) 及ビ BLAKESLEE ノてうせんあさがほニ於ケル研究等ヲ考慮スルト全然不可能ノ事トハ思ハレナイ。以上ノ事實ヲ以ツテ推察スルトくるまばつくばねさうノ**トリプロイド**ガ自家授精或ハ**ディプロイド**トノ交雜ニ依ツテ、**ポリプロイド**生殖細胞ヨリハ完全ナ**ゲノム**ヲ 2-6 組ヲ含ム $2rom-6rom$ ノ**オウトポリプロイド**植物ガ、又或種ノ**ポリゾーミック**生殖細胞ヨリハ種々ナル**ポリゾーミック**植物ガ得ラレルモノト考ヘラレル。

筆者ハ $3rom \times 2rom$ ノ交配ニ依ツテ少數ノ種子ヲ得ル事ガ出來タ。其ノ種子ハ外見普通ニ見エルガ大サハ一ツノ漿果ノ中デモ色々デアツテ、其ノ外發育不良ノモノ實又全然機能ヲ現ハサナカツタト見ラレル胚珠モ多數ニ見ラレタ (Fig. 13)。此ノ事ハ上記ノ推察ヲ裏書キスルモノノ様ニ思ハレル。カカル種子ヨリ生ジタル植物ハ今後細胞遺傳學的ニ種々ナル興味アル問題ヲ提供スルモノト考ヘラル。

Résumé

1) The basic number of chromosomes of *Paris quadrifolia* L. var. *obovata* REGEL et TIL. is 5, and its 5 chromosomes, which were designated as *a*, *b*, *c*, *d_r* (or *d₀*), and *e*, are easily distinguishable by their relative lengths, positions of constrictions and presence or absence of a trabant (Figs. 1-2).

2) The original form has *a*, *b*, *c*, *d_r*, and *e* chromosomes all in pair in its somatic complement (the suffix *r* means the presence of a trabant):

$$aa + bb + cc + d_r d_r + ee = 10 \text{ (2rom)} \quad (\text{Figs. 1-2})$$

In the secondary diploid form one of its *d* type chromosome pair is deprived of its trabant, which may be designated as *d₀* chromosomes (cf. Figs. 8-12). Accordingly its somatic complement is as follows :

$$aa + bb + cc + d_r d_0 + ee = 10 \text{ (2rom)}$$

The triploid form described here comprises triple complement in its somatic cells, but two of its three *d* type chromosomes are *d₀*'s (cf. Fig. 4):

$$aaa + bbb + ccc + d_r d_0 d_0 + eee = 15 \text{ (3rom)}$$

3) Though their mother chromosomes were undeterminable, chromosome fragments in pollen mother cells and pollen grains were observed even in diploid forms (Figs. 5-6). Rest of connecting filament were frequently observed at mitosis in pollen grains and in somatic cells (Figs. 9-10). *d_r* and *d₀* chromosomes conjugate at meiosis in diploid and also in triploid (Figs. 3-4). Other *Paris* species (*P. tetraphylla* A. GRAY and *P. japonica* FRANCH.) have not such a *d* type chromosome (cf. Haga 1934). Thus it is very probable to consider that *d_r* type has transformed into *d₀* type through the fragmentation at the region of connecting filament of trabant, and that the present triploid is an autotriploid form.

4) Although a diploid form containing *d₀* chromosome pair has not been found as yet, if we presume that such combination is not lethal, *d_rd₀* type might have arisen directly from *d_rd_r* type or through the cross between *d_rd_r* and *d₀d₀* type; *d₀d₀* type from *d_rd_r* or *d_rd₀*. Furthermore, there is possibility to arise from the cross between them.

And the present triploid might have arisen through the various combinations of gametes of the above three diploid types with the exception of the selfing of *d₀d₀* type, in these cases, one side of the sexes is considered as the unreduced diploid gametes.

5) Diploid form containing *d_r* and *d₀* chromosome produces two

kinds of pollens differing in their d type chromosomes. i. e. containing d_T or d_0 , approximately in equal number (Figs. 7-8).

Chromosome numbers and combinations in pollens of triploid form are various (cf. Formulas at page 183). Among the great majority of pollens, haploid, diploid and triploid pollens having 1, 2, and 3 basic complements will be expected, and in reality such pollens were observed (Formulas 1, 7, and 8 at page 183). Various combinations of such polyploid gametes will result in $2n-6n$ autopolyploid plants, and various polysomic plants will be arisen from certain polysomic gametes.

6) The cross $3rom \times 2rom$ produced some seeds various in size even within a berry. This probably indicates that certain eggs differing from the ordinal haploid eggs had functioned (Fig. 13).

Botanical Institute, Faculty of Science,
Hokkaido Imperial University,
Sapporo, Japan

引用文献

- BRUN, H. G. 1932. Cytological studies in *Primula* with special reference to the relation between the karyology and taxonomy of the genus. *Symb. Bot. Upsal.* **1**: 1-239.
- EAST, E. M. 1933. The behavior of a triploid in *Nicotiana purpurea*. *Amer. Journ. Bot.* **20**: 269-289.
- GOTOH, K. 1933. Karyologische Studien an *Paris* und *Trillium*. *Japan. Journ. Gen.* **8**: 197-203.
- GOTOH, K. & STOW, I. 1930. Karyologische Studien an *Paris* und *Trillium*. (Vorl. Mitt. Japanisch) *Japan. Journ. Gen.* **5**: 114-117.
- HAGA, T. 1934. The comparative morphology of the chromosome complement in the tribe *Parideae*. *Journ. Fac. Sci. Hokkaido Imp. Univ. Ser. V.* **3**: 1-32.
- KARPECHENKO, G. D. 1927. The production of polyploid gametes in hybrids. *Hereditas* **9**: 349-368.
- KOSTOFF, D. 1933. A contribution to the sterility and irregularities in the meiotic process caused by Virus diseases. *Genetica* **15**: 103-114.
- SAKAMURA, T. & STOW, I. 1926. Ueber die experimentell veranlasste Entstehung von keimfähigen Pollenkörnern mit abweichenden Chromosomenzahlen. *Japan. Journ. Bot.* **3**: 111-137.
- SHIMOTOMAI, N. 1927. Ueber Störungen der meiotischen Teilungen durch niedrige Temperature. *Bot. Mag., Tokyo* **41**: 149-160.
- TAHARA, M. 1933. Chromosome morphology in *Smilacina japonica*. *Sci. Rep. Tôhoku Imp. Univ., 4 Ser. Biol.* **8**: 33-37.
- TAKAGI, F. 1928. The influence of the higher temperature on the reduction division of the pollen mother cells of *Lychnis Sieboldii*, van Houtte. *Sci. Rep. Tôhoku Imp. Univ., 4 Ser. Biol.* **3**: 461-466.