

## 論 説

## 単子葉植物における花粉母細胞の分裂について

鈴木 幸子\*

On the division of pollen mother cell in Monocotyledoneae.

Sachiko SUZUKI\*

## 序

被子植物の若い葯の中では胞原細胞が分裂して花粉母細胞 (PMC) になる。このPMCが特別な生理学的条件をそなえると2回の核分裂によって減数分裂を完了し花粉4分子を作る。PMCが減数分裂する分裂型には、大きく2種類に分けられている。PMCが2回の核分裂で均等な4つの核が形成されてから隔膜が同時に作られる同時分裂型と、PMCが第1核分裂で2つの核ができると隔膜が形成され2細胞となって第2核分裂がそれぞれにおこり4分子ができあがる連続分裂型とがある。同時分裂は一般に双子葉型、連続分裂は単子葉型と考えられている。ここでは単子葉植物のPMCの分裂型、4分子の配列を中心に調べ、花粉の核性、花粉の発芽孔の形態などを含めて花粉の面から単子葉植物の系統発生を考えたので、ここに報告する。

## 材料及び方法

単子葉植物の10目、20科、40属、46種を材料とした。分類方法は、新エングレー分類系 (1964)、伊藤洋の新高等植物分類表 (1967) に従った。プレパラートの作り方は、生またはカルノア液に固定した材料の若い葯をスライドグラスにとり酢酸カーミンを1、2滴落して、カバーグラスをかける。(日本花粉学会誌第8号P10を参照) 軽く押しつぶして約10分後に顕微鏡写真とスケッチで記録した。それを Fig.1 の如く分類し符号をもちいた。A型はPMCが同時分裂型、D型は連続分裂型である。4分子配列はA型は  $A_1 \sim A_5$  まで、D型は  $D_1 \sim D_6$  までとした。 $A_1$  は四面体型、 $D_1$  は双同側型、 $D_2$  は十字対生型、 $D_3$  はT字型、 $D_4$  は線型として4分子を分類することもある(生物学辞典)がここでは符号をもちいた。

## 結 果

PMCの分裂型と4分子配列は Table 1 の如くである。花粉の核性については、Brewbaker (1967) による。核性が2核のものは一線を、3核のものは二線を、2・3核が混在しているものは三線をもちいて科名と属名の下に記してある。

PMCがD型の連続分裂するもので4分子配列が  $D_1 \cdot D_2 \cdot D_3 \cdot D_4$  の百分率は Table 2 の如くである。

## 考 察

1) 単子葉植物の花粉母細胞の分裂型について、

序で述べたが一般的に双子葉植物は同時分裂 (A型)、単子葉植物は連続分裂 (D型) といわれてきた。今回単子葉植物を調べたところ、D型は7目、16科、31属、35種にわたって見られた。A型は4目、5科、9属、11種にわたっていた。これから単子葉植物のPMCの分裂型は一般的にD型といえるが、調べた植物の約25%がA型であり、それが植物分類群ごとに同じ分裂型をとることがわかった。PMCの分裂型が植物分類の要素としてとりあげられたことは少ないがひとつの参考資料となりうる。双子葉植物については、今回は省略したが、多数のものがA型をとるが、D型や、中間移行型も見られる。(著者未発表)。

2) 花粉母細胞の分裂型と4分子配列との関係について

単子葉植物ではPMCの分裂がA型の時には4分子配列は  $A_1$  をとる。つまりPMCの還元分裂で生じた4核が正三角形四面体の頂点に配置して (Fig.2-1) 隔膜が同時に形成される (Fig.2-2)。Fig.1 の  $A_2$ 、 $A_3$  あるいは  $D_3$ 、 $D_4$  の配列はほとんど見られないが、ごく少数のものが  $A_2$  あるいは  $A_5$  をとっていた。シュロ *Trachycarpus excelsa* (Fig.2-3)、オニドコロ *Dioscorea*

\* 神奈川県立衛生短期大学 神奈川県横浜市旭区中尾町 50-1

Kanagawa Prefectural Junior College of Nursing and Medical Technology

50-1 Nakao-cho Asahi-ku Yokohama, Pref. Kanagawa.

第 1 表 花粉母細胞の分裂型と 4 分子配列 (単子葉植物)

Table 1 Division type of pollen mother cell and tetrad arrangement (Monocotyledoneae)

10-Order, 20-Family, 40-Genus, 46-Species

Number	Type	Order	Family	Species name	Japanese name	Tetrad arrangement
1	D	Helobiae	<u>Alismataceae</u>	<u>Sagittaria trifolia</u>	オモダカ	D <sub>1</sub> D <sub>2</sub> D <sub>3</sub>
2	"	"	<u>Hydrocharitaceae</u>	<u>Hydrilla verticillata</u>	クロモ	D <sub>1</sub> D <sub>2</sub> D <sub>3</sub>
3	"	"	<u>Potamogetonaceae</u>	<u>Potamogeton nipponicus</u>	ササエビモ	D <sub>1</sub> D <sub>2</sub> D <sub>3</sub> D <sub>4</sub>
4	"	"	"	<u>Potamogeton oxyphyllus</u>	ヤナギモ	D <sub>1</sub> D <sub>2</sub> D <sub>3</sub> D <sub>4</sub>
5	"	"	<u>Najadaceae</u>	<u>Najas marina</u>	イバラモ	D <sub>1</sub> D <sub>2</sub> D <sub>3</sub>
6	D	Liliiflorae	<u>Liliaceae</u>	<u>Allium fistulosum</u>	ネギ	D <sub>1</sub> D <sub>2</sub>
7	"	"	"	<u>Allium Grayi</u>	ノビル	"
8	"	"	"	<u>Allium tuberosum</u>	ニラ	"
9	"	"	"	<u>Eucomis undulata</u>	パイナップルリリー	"
10	"	"	"	<u>Hemerocallis fulva</u>	ヤブカンゾウ	"
11	"	"	"	<u>Liriope graminifolia</u>	ヤブラン	"
12	"	"	"	<u>Muscari armeniacum</u>	ムスカリ	"
13	"	"	"	<u>Ophiopogon japonicus</u>	ジャノヒゲ	"
14	"	"	"	<u>Scilla chinensis</u>	ツルボ	"
15	"	"	"	<u>Smilax China</u>	サルトリイバラ	D <sub>1</sub> D <sub>2</sub> D <sub>3</sub> D <sub>4</sub>
16	"	"	<u>Agavaceae</u>	<u>Yucca gloriosa</u>	アツバキミガヨラン	D <sub>1</sub> D <sub>2</sub>
17	"	"	<u>Amaryllidaceae</u>	<u>Lycoris radiata</u>	ヒガンバナ	"
18	"	"	<u>Pontederiaceae</u>	<u>Monochoria vaginalis</u>	コナギ	"
19	"	"	<u>Iridaceae</u>	<u>Crocus aureus</u>	クロッカス	"
20	"	"	"	<u>Freesia hybride</u>	フリージャー	"
21	"	"	"	<u>Gladiolus gandavensis</u>	グラジオラス	"
22	"	"	"	<u>Tritonia crocosmaeflora</u>	ヒメヒオウギズイセン	"
23	D	Commelinales	<u>Commelinaceae</u>	<u>Commelina communis</u>	ツユクサ	"
24	"	"	"	<u>Tradescantia reflexa</u>	ムラサキツユクサ	"
25	"	"	"	<u>Zebrina pendula</u>	チェブリナ	"
26	D	Graminales	<u>Gramineae</u>	<u>Miscanthus sinensis</u>	ススキ	D <sub>1</sub>
27	"	"	"	<u>Poa annua</u>	スズメノカタビラ	D <sub>1</sub>
28	"	"	"	<u>Zea Mays</u>	トウモロコシ	D <sub>1</sub>
29	D	Spathiflorae	<u>Araceae</u>	<u>Acorus Calamus</u>	シヨウブ	D <sub>1</sub> D <sub>2</sub>
30	"	"	"	<u>Acorus gramineus</u>	セキショウ	D <sub>1</sub> D <sub>2</sub>
31	D	Scitamineae	<u>Musaceae</u>	<u>Musa Basjoo</u>	バショウ	D <sub>1</sub> D <sub>2</sub> D <sub>3</sub> D <sub>4</sub>
32	"	"	<u>Zingiberaceae</u>	<u>Alpinia intermodia</u>	アオノクマタケラン	D <sub>1</sub> D <sub>2</sub> D <sub>3</sub> D <sub>4</sub>
33	"	"	"	<u>Zingiber Mioga</u>	ミョウガ	D <sub>1</sub>
34	"	"	<u>Cannaceae</u>	<u>Canna generalis</u>	カンナ	D <sub>1</sub> D <sub>2</sub> D <sub>3</sub> D <sub>4</sub>

35	D	Microspermae	<u>Orchidaceae</u>	<u>Spiranthes sinensis</u>	ネ ジ バ ナ	D <sub>6</sub>
36	A	Liliiflorae	<u>Liliaceae</u>	<u>Aloe deltoideodnta</u>		A <sub>1</sub>
37	"	"	"	<u>Astoroloba pentagone</u>		"
38	"	"	"	<u>Gasteria armstrangii</u>		"
39	"	"	"	<u>Haworthia cymbiformis</u>	タ カ ラ グ サ	"
40	"	"	"	<u>Haworthia reinwardtii</u>		"
41	"	"	"	<u>Kniphofia hybrids</u>	ト リ ト マ	"
42	"	"	<u>Dioscoreaceae</u>	<u>Dioscorea Batatas</u>	ナ ガ イ モ	A <sub>1</sub> (D <sub>1</sub> D <sub>2</sub> )
43	"	"	"	<u>Dioscorea Tokoro</u>	オ ニ ド コ ロ	A <sub>1</sub> (D <sub>1</sub> D <sub>2</sub> )
44	A	Juncales	<u>Juncaceae</u>	<u>Juncus prismatocarpus</u>	コウガイゼキショウ	A <sub>1</sub>
45	A	Principes	<u>Palmae</u>	<u>Trachycarpus excelsa</u>	シ ュ ロ	A <sub>1</sub>
46	A	Cyperales	<u>Cyperaceae</u>	<u>Scirpus triangulatus</u>	カンガレイ	A <sub>4</sub>

目は Enger(1964) 伊藤洋 (1967) ——は 2 核性花粉、---- は 3 核性花粉、---は 2・3 核性混在花粉

Order; Enger (1964) Hiroshi Ito (1967) —— line=binucleate pollen,---- line=trinucleate pollen, ---line=binucleate and trinucleate pollen

第 2 表 4 分子配列の割合

Table 2 Percentage of tetrad arrangements.

Number	Order	Species name	Japanese name	Tetrad arrangement %				Total number
				D <sub>1</sub>	D <sub>2</sub>	D <sub>3</sub>	D <sub>4</sub>	
1	Helobiae	Sagittaria trifolia	オモダカ	81	16	3		195
2	"	Hydrilla verticillata	クロモ	83	8	8		95
3	"	Potamogeton nipponicus	ササエビモ	72	23	3	2	215
4	Liliiflorae	Allium fistulosum	ネギ	52	48			673
5	Commelinales	Commelina communis	ツユクサ	62	38			211
6	"	Tradescantia reflexa	ムラサキツユクサ	52	48			95
7	Graminales	Zea Mays	トウモロコシ	100				100
8	Spatiflorae	Acorus Calamus	シヨウブ	74	26			190
9	Scitamineae	Musa Basjoo	バシヨウ	46	15	18	21	228

Tokoro (Fig.2-4)、ナガイモ *Dioscorea Batatas* で見られたが双子葉植物のオニグルミ *Juglans mandshurica* でも  $A_2$  をとることがある(上野 1967)。また逆にPMCの分裂がD型の時には4分子配列は  $D_1 \cdot D_2 \cdot D_3 \cdot D_4$ (Fig.2:5~8)と  $D_1$  の変形とも考えられる  $D_6$ (Fig.2-9)である。同時分裂型の典型的4分子配列の  $D_5$  は1例も認められなかった。したがってひとつの植物の分裂型は、分裂そのものを見なくとも、多数の4分子配列を観察すれば推定できることになろう。

カヤツリグサ目Cyperalesは1種だけを調べたがFig.2:10~13の如くPMCの4核の内、3核が退化し、残る1核が花粉となる。カヤツリグサ目の隔膜形成(Fig.2-11)と4分子配列(Fig.2-12)を見ると、D型の  $D_4$  配列と考えられるが、PMCの核分裂によって4核が作られ過程では隔膜がなくその後には隔膜が作られること、4核の内3核が退化するという特殊な花粉形成をすることから、ここでは4分子配列を  $A_4$  とした。

### 3) 単子葉植物の系統樹について

PMCの分裂型、4分子配列と花粉の核性との相互関係はFig.3とFig.4の如くである。考察2で述べたように4分子配列からPMCの分裂型は推定できるので、分裂型は図から省略した。Fig.3ではユリ目Liliifloraeの核性は2核であるが、ユリ目から進化したとされている他の目では2核、3核、2・3核の混在となり、ユリ目が核性分化の中心となっている。Fig.4のユリ目の4分子配列には3つの型が見られる。ヤシ目Principes、イグサ目Juncalesで見られる  $A_1$  がユリ目の〔ユリ科Liliaceaeのアロエ属Aloeなどとヤマノイモ科Dioscoreaceae〕に存在する。イバラモ目Helobiae、ショウガ目Scitamineaeで見られる  $D_1 \sim D_4$  がユリ目の〔ユリ科サルトリイバラ *Smilax China*〕に存在する。サトイモ目Spathiflorae、ツユクサ目Commelinalesで見られる  $D_1$  と  $D_2$  がユリ目の〔多種類〕にわたり存在する。以上から4分子配列においてはユリ目に配列の分化がみられた。したがって核性とPMCの分裂型、4分子配列とはたがいに関係があることがわかる。ユリ目が単子葉植物の中では地理的分布の拡大や種属の増加をなしとげて、ラン目Microspermae、イネ目Graminales、サトイモ目Spathiflorae……などに分れたものであろう。

単子葉植物の起源については諸説があるが下等だとされているイバラモ目の4つの科がいずれも連続分裂し(Table 1)、4分子配列もさまざまな配列をとっているため、PMCが連続分裂する下等な植物が起源と

なっているとも考えられる。Brewbaker (1967)によれば被子植物の核性は2核から3核へと進化したと考えている。イバラモ目は単子葉植物の起源という可能性はあるがいずれも核性が3核なので系統樹における位置は彼に従ってひとつの枝として表わした。

イグサ目Juncales、カヤツリグサ目Cyperales、イネ目Graminales、は系統的に近いものとされているが、花粉の核性、PMCの分裂型、4分子配列がそれぞれ異なる。イグサ目の花粉は4集粒であり、カヤツリグサ目は1つのPMCから1つの花粉ができる。花粉形成のこれらの点からは、類縁関係は認めにくいだが、他の点から見た3者の関係を考察5でふた、びとりあげる。

### 4) 連続分裂する4分子配列について

PMCの連続分裂によって生ずる4分子配列はFig.1の  $D_1 \cdot D_2 \cdot D_3 \cdot D_4 \cdot D_6$  と多種類である。 $D_6$ の不規則というのはラン目のとる配列でFig.2-9にしめす。 $D_6$ はイネ目のとる  $D_1$ (Fig.2-14)の変形と考えてのぞき、 $D_1 \sim D_4$ の百分率をTable 2にしめた。材料とした9種類のいずれにおいても  $D_1$  が最も割合が高い。また  $D_1$  と  $D_2$  の配列だけをとる場合にはほぼ等しい割合になることがわかる。Table 2には表わしていないが  $D_1 \sim D_4$  の中間的配列も存在した。シダ植物胞子の4分子配列を調べた佐橋(1970)によれば、シダ植物でも4分子配列にいくつかのタイプがみられ、その割合は下等シダから高等なシダに至るにしたがい一定の方向への流れがみられるということであった。しかし単子葉植物に関しては、ここでは4分子配列にそのような進化は見られない。4分子は系統進化にしたがって配列するのではなく、PMCの細胞形によって決定されてくると考えられるがこの点については考察6でとりあげる。

### 5) 花粉の発芽孔と4分子配列について

ソビエトのKuprianova (1948 参考文献16)は、花粉の発芽孔の形態より花粉の系統発生を論じ(Fig.5)I群からII群、III群へと花粉が進化したとしている。この図に該当する目あるいは科の4分子配列をあてはめたのがFig.6である。I群にはユリ目を中心として4分子配列が  $D_1 \cdot D_2$  のものと単子葉植物でPMCの分裂がA型で4分子が  $A_1$  をとるユリ科の一部(アロエ属Aloeなど)・ヤマノイモ科Dioscoreae・ヤシ目Principes・ショウガ目Scitamineaeの中でのたゞ1つラセン紋様の花粉をもつショウガ *Zinger Mioga* が含まれる。II群には、4分子配列が  $D_1$  のイネ目、 $D_1 \cdot D_2$  の

ツクサ目 Commelinales サトイモ目、 $A_1$  のイグサ目、 $A_4$  のカヤツリグサ目が含まれる。III 群には  $D_1 \cdot D_2 \cdot D_3 \cdot D_4$  をとるイバラモ目・ショウガ目・ユリ科のサルトリイバラ *Smilax China* が含まれる。Kuprianova の進化説が4分子配列の進化に結びつくとはここから結論づけることはできない。

考察3でイグサ目、カヤツリグサ目、イネ目の3者の核性、分裂型、4分子配列がそれぞれ異なるので類縁関係に疑問をもったが、Fig.6 ではいずれもII群に属し、発芽孔の形態では似ている。花粉のある点はかなり異なる方向に分化し、他の点では共通を備えていると考えるしかなかろう。

Fig.5 と Fig.6 より発芽孔の形態と4分子配列との間の関係に注目したい。III 群の発芽孔のない花粉のPMCが連続分裂し、4分子配列が  $D_1 \cdot D_2 \cdot D_3 \cdot D_4$  をとっている。これは花粉の発芽孔が1つの場合にそれが花粉の遠心極側にできることと関係している。

#### 6) 花粉母細胞の細胞形と4分子配列について

単子葉植物の中でPMCが連続分裂する場合は4分子配列が多種類あるので、それを類別してみると、 $D_1 \sim D_4$  の4種類をとるもの(これを $\alpha$ 群とする)と、 $D_1$  と  $D_2$  のみをとるもの( $\beta$ 群)と、 $D_1$  あるいは  $D_6$  のように1種類をとるもの( $\gamma$ 群)となる。4分子がどの配列をとるかを決定している要素を著者は次のように考えている。PMCが第1分裂して2細胞になるころまではどの群も共通であるが次の第2分裂がどの方向におきるかは主としてPMCの細胞の形による。すなわち $\alpha$ 群のPMCの細胞形は、球形、楕円形、長楕円形とさまざまな形の母細胞ができあがる(Fig.2:5~8)。 $\beta$ 群はほぼ球形で  $D_1$  か  $D_2$  かは第1分裂によってできた核の方向性による(Fig.2:5と2:6)。 $\gamma$ 群はPMCが上下に押しつぶされた球形である為に  $D_1$  (Fig.2:14)しかとらず、ラン目の  $D_6$  (Fig.2:9) は4分子になって成長の過程で  $D_1$  が  $D_6$  にずれたものであろう。カヤツリグサ目では同時分裂で生じた4核の中3つがPMCの一方に集って退化する(Fig.2:10~13)。この退化する3核は残る1核と明らかに差が見えている。この核のちがいがなによって生ずるかが4分子配列と無関係とは考えられないがここでは例外として扱う。他の多くの場合には、2核あるいは4核が物質的に均等でたがいな一定の間隔をもつようにPMCの細胞形にしたがって配置する。その後、隔膜が形成される。すなわち4分子配列はPMCの細胞によって決定されると考える。

#### 7) ヤマイモ科 Dioscoreaceae のPMCの分裂について

ヤマノイモ科の2種とも分裂はA型であったが同じ株のある部分には、まとまってD型が見られた。これをヤマノイモ科の特徴としてとりあげるにはまだ不十分であろうが、もし固定型(Fixiform)ならば分裂がD型からA型へと変移する途中にあるものとして興味がある。

## 要 約

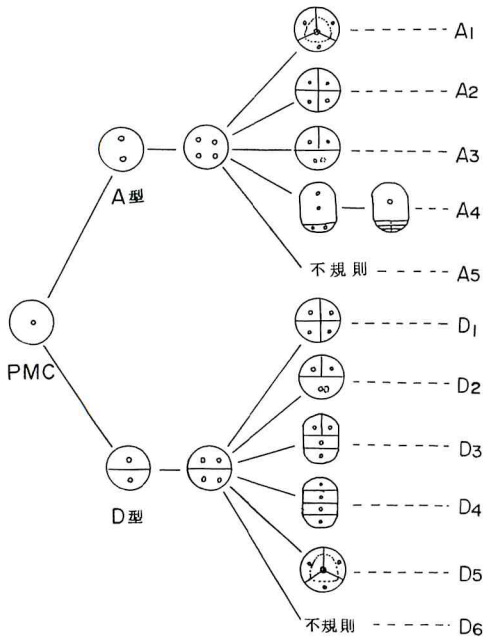
単子葉植物における花粉母細胞の分裂について10目、20科、40属、46種を調べた点が明らかになった。

- 1) 花粉母細胞(PMC)の分裂は一般には連続分裂(D型)であるが約25%の種類が同時分裂(A型)であった(Fig.1、Table 1)。
- 2) PMCの分裂がD型の時には4分子配列は  $D_1, D_2, D_3, D_4, D_6$  を、A型の時には  $A_1$  をとる(Fig.1、Table 1)。
- 3) PMCの分裂型と成熟花粉の核性とは関係がある(Fig.3、Fig.4)。
- 4) ユリ目 Liliiflorae でPMCの分裂型と4分子配列に色々な変化がみられる(Fig.3、Fig.4)。
- 5) 単子葉植物の起源となった植物のPMCの分裂はD型と思われる(Fig.4)。
- 6) 連続分裂によってできる4分子配列が  $D_1 \cdot D_2 \cdot D_3 \cdot D_4$  の中ではどの種類の植物でも  $D_1$  の割合がもっとも高い。 $D_1 \sim D_4$  の相互の割合と系統進化とは結びつかない(Table 2)。
- 7) Kuprianova は花粉の発芽孔の形態から花粉の進化を述べたが、この進化はPMCの分裂型や4分子配列にはあてはまらない。だが花粉の発芽孔と4分子配列とは相互関係がある(Fig.5、Fig.6)。
- 8) 連続分裂によってできる4分子配列は主としてPMCの細胞形によると考えられる(Fig.1、Fig.2)。
- 9) ヤマイモ科 Dioscoreaceae ではPMCが同時分裂をおこなうが少数の連続分裂も見うけられた。

## 謝 辞

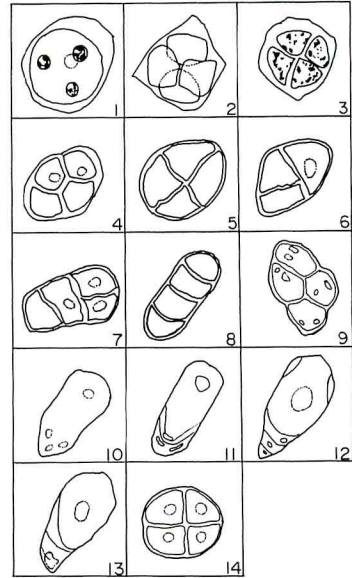
今回の研究にあたり御指導いただいた静岡大学の上野実朗教授と神奈川県立衛生短期大学の加藤直教授に感謝の意を表します。東大附属植物園の山崎敬教授には助言と材料をいただき御礼申し上げます。多数の方々材料を提供していただきありがとうございました。

第 1 図 PMC の分裂型と 4 分子の配列  
Fig.1 Division type of PMC and tetrad arrangement



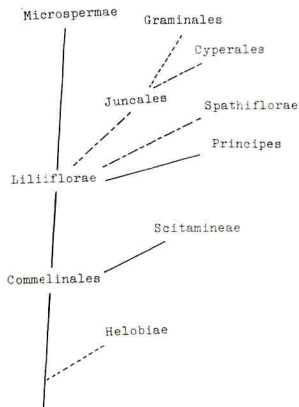
第 2 図 単子葉植物の花粉形成  
Fig.2 Ontogeny of the pollen grains (Monocotyledoneae)

- |                            |        |
|----------------------------|--------|
| 1,2 Kniphofia hybrids      | トリトマ   |
| 3 Trachycarpus excelsa     | シュロ    |
| 4 Dioscorea Tokoro         | オニドコロ  |
| 5~8 Musa Basjoo            | バショウ   |
| 9 Spiranthes sinensis      | ネジバナ   |
| 10~13 Scirpus triangulatus | カンガレイ  |
| 14 Zea Mays                | トウモロコシ |



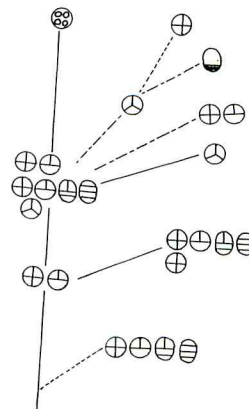
第 3 図 単子葉植物の系統樹 I (核性)  
Fig.3 Family tree I of Monocotyledoneae  
Phylogenetic arrangement of order to nuclear number;  
— line=all binucleate order, ---- line=all trinucleate order, -.-.-line=both binucleate and trinucleate order.

(Modify from Brewbaker 1967)

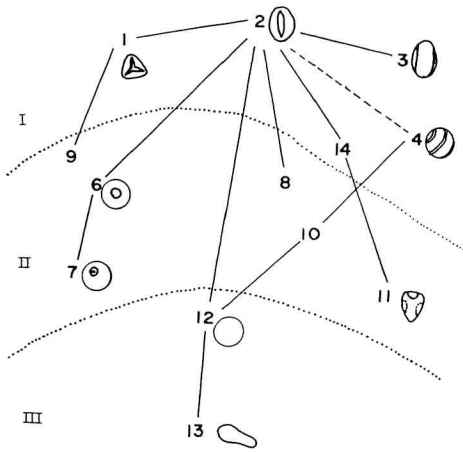


第 4 図 単子葉植物の系統樹 II (核性と 4 分子配列)  
Fig.4 Family tree II of Monocotyledoneae

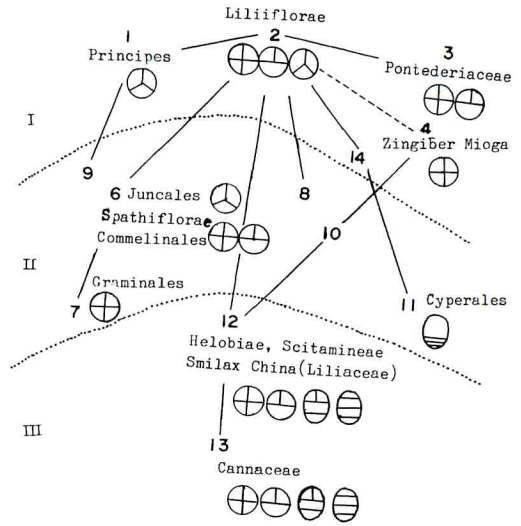
Palynological relationships of Monocotyledoneae showing tetrad arrangement and nuclear number



第5図 単子葉植物の花粉形態  
 Fig.5 Types of pollen grains of Monocotyledoneae  
 (Modify from Kuprianova,1948)



第6図 4分子配列と花粉形態(第5図)との相互  
 関係  
 Fig.6 Mutual relation between tetrad arrangement  
 and types of pollen grains (Fig.5)



## Summary

Following results were obtained in the present study of the monocotyledoneae. (10-Order, 20-Family 40-Genus, 46-Species)

1. The division type of the pollen mother cell(PMC) in the monocotyledoneae in generally successive division(D-type) about 75% and simultaneous division(A-type) is 25%. (Fig.1, Table 1)
2. In D-type, arrangements of the tetrad are  $D_1, D_2, D_3, D_4,$  and  $D_6$ .  
In A-type, the tetrad arrangement is  $A_1$ . (Fig.1, Table 1)
3. The division type of PMC has some relationships with nucleate type of pollen grains. (Fig.3,4)
4. A many variation of the division type of PMC and the tetrad arrangement were occurred in Liliiflorae. (Fig.3,4)
5. The most primitive monocotyledoneae will take D-type division of PMC. (Fig.4)
6. It is seen in almost all monocotyledoneae that  $D_1$  arrangement has the highest percentage of all arrangements( $D_1 \sim D_4$ ) of D-type. The mutual percentages of  $D_1 \sim D_4$  have no connection with phylogenesis. (Table 2)
7. Kuprianova mentioned the pollen evolution with germ aperture of pollen. But this evolution does not apply to the division type of PMC and the tetrad arrangement. However, mutual relation is recognized between the germ aperture and the division type, tetrad arrangement. (Fig.5,6)
8. The tetrad arrangement of D-type will be chiefly controlled of PMC shape. (Fig.1,2)
9. Dioscoreaceae takes A-type division of PMC but sometimes takes D-type one.

- 1) 小野知夫 (1961) 植物の生理 (岩波全集)
- 2) 幾瀬マサ (1956) 日本植物の花粉 (広川書店)
- 3) 佐竹義輔 (1971) 植物の分類 (第一法規)
- 4) 新家浪雄 (1961) 細胞学 (岩波全集)
- 5) 伊藤 洋 植物系統学概論 (広川書店)
- 6) 伊藤 洋 (1970) 新高等植物分類表 (北隆館)
- 7) 桑田義備 (1954) 核分裂の進化 (岩波書店)
- 8) 伊藤 洋・川崎次男 (1971) 植物系統学概論 (広川書店)
- 9) 今堀宏三・田村道夫 (1971) 系統と進化の生物学 (培風館)
- 10) 佐橋紀男 (1970) シダ植物胞子の4分子分裂機構 花粉と孢子 NO.5
- 11) 山田・前川・江上・八杉 (1960) 生物学辞典 (岩波書店)
- 12) 上野実朗 (1967) オニグルミの花粉について Acta Phytotax Geobot. Vol. XXII, No.4~6
- 13) 鈴木幸子 (1971) ネギの花粉形成について 日本花粉学会会誌第8号
- 14) Y. Hayashi (1960): Microsporogenesis in Magnoliaceae Sci. Rep. Tohoku Univ. Ser IV Vol. XXVI, No.1
- 15) J. Ueno (1971): The Fine Structure of Pollen Surface : Reports of Faculty of Science, Shizuoka Univ. V6
- 16) E. Strasburger (1962): Lehrbuch der botanik fur Hochschulen
- 17) G. O. W. Kremp (1965): Morphologic Encyclopedia of Palynology
- 18) J. L. Brewbaker (1967): Pollen in Angiospermes: Amer.J. Bot. 54