ラン科植物の種子発芽および初期発育の様相に関する研究

長島時子

恵泉女学園短期大学園芸生活学科 259-11 神奈川県伊勢原市

Studies on Seed Germination and Subsequent Development in Orchidaceae

Tokiko Nagashima

Department of Horticulture, Keisen Junior College, Isehara, Kanagawa 259-11

Summary

Phases of seed germination and subsequent embryo development in 47 species in Orchidaceae were examined.

1. Embryo after seed germination in 47 orchid species were categorized into 4 color groups : 1) white (32 species); 2) pale yellow (3 species); 3) pale green (7 species); and 4) green (5 species). White embryos change gradually from pale yellow to green during formation of protocorm, but in *Cephalanthera falcata*, *Cremastra appendiculata* and *Gastrodia elata* the embryos remain.

2. A single celled slender rhizoid develops from protruded part of protocorms in *Chysis bractescens* and *Paphiopedilum insigne* var. *sanderai*, but 6~10 rhizoids are developed in the other species. No rhizoid was recognized in *Gastrodia elata*. Abundant root hairs were formed on roots of seedlings, except in *Cephalanthera falcata*. Furthermore, a part of root enlarged and produced bulbs in *Habenaria radiata* and *Orchis graminifolia*, but the shoots died gradually after formation of bulbs.

3. Rhizoids develop within 3 days after germination in (*Bletilla striata*) and 155 days in (*Calanthe discolor* × *C. aristulifera*). Root developed within 33 days after germination (*Calanthe discolor* and *Bletilla striata*) and 333 days (*Calanthe tokunoshimensis*). Rhizoid and root development are delayed in species having triangled protocorm showing whitish embryo at germination than in species having round and ellipsoidal protocorm. Furthermore, a tendency was observed that species which develop rhizoid fast also develop roots rapidly.

4. Terminal buds of protocorm elongated downward and formed a rhizome which kept elongating and branching in temperate *Cymbidium*. After elongation of the rhizome ceased, the terminal bud grew upward and differentiated into shoots and roots.

5. Among the 47 species examined, germinating embryos of terrestrial species from temperate and semi-tropical zones are generally whitish; they grew slowly and irregularly. The germinating embryos of terrestrial and epiphytic species from temperate to tropical zones were pale yellow to green. They grew fast and uniformly after germination.

6. No correlation was found within a subfamily with respect to color and growth patterns of embryos and protocorm.

緒 言

ラン科植物の種子の発芽時における胚は、クロロフィルを含まず光合成を行わない白色を呈するものと、クロロフィルを含み光合成を行うと思われる淡黄色～緑色(有色)を呈するものの2種類に大別される

(Stoutamire, 1963, 1974). ランの種子は、一般に発芽後、プロトコームを形成し、頂部に幼芽、基部方向に仮根を発生する。やがて、プロトコームの幼芽から葉が、また基部から根が分化し幼植物となる(Arditti, 1992; Dressler, 1981 b; 長島, 1979, 1982 a, b, 1983, 1984, 1985, 1989). しかし、温帯性ランの *Cymbidium* 属, *Cremastra appendiculata* および *Eulophidium*

maculatum では、プロトコームから直接幼植物は発達せず、プロトコームの頂芽は下方に向かって伸長して地下茎を形成し、分岐しながら伸長を続ける。幼植物は地下茎の伸長が停止した後、その頂芽が上方に向かって伸長し、幼葉を形成し完成される (Stoutamire, 1963; 長島, 1982 b)。ただし、これらの報告中には、種子の発芽から幼植物への発育経過、プロトコームの形態ならびに発芽時の胚の色については、十分な記載はみられない。

本研究においては、発芽時の胚およびプロトコームの色の相違や幼植物への発育経過の様相に焦点を当てて観察を試みた。さらに、それぞれの様相について、亜科に関する特性を検討した。なお、結果の比較検討と考察を容易にするため、すでに発表済みの結果についても再度表および図中に引用した。

材料および方法

5 亜科, 11 族, 13 亜族, 22 属に属する 47 種 (Dressler, 1981 a) のラン科植物 (第 1 表) を供試し、屋外 (1 種)、無加温ガラス室 (39 種) および温室 (7 種) でそれぞれ栽培した。供試材料のそれぞれの栽培、施肥および受粉の方法は前報に準じた (長島, 1993)。

種子の発芽および発育経過の観察には、とくに Hyponex 培地 (Kano, 1968 による。N:P:K=6.5:6.0:19.0) で生育させたものを対象とした。観察は経時的に試験管壁を通じて行うとともに、必要に応じて、試験管より取り出した試料につき、詳細な観察、スケッチ、写真撮影を行った。仮根および根の発生時期の測定にはそれぞれ 10~20 個体を供試した。なお、暗条件で培養 (26±2℃) のものは、プロトコームから幼葉が分化し仮根が発生した時点で、明条件 (26±2℃, 白色蛍光灯およびナショナル植物用蛍光灯で 2300 lx, 16 時間照明) へ移し培養を継続した。

結果および考察

1. 発芽時の胚ならびにプロトコームの色の相違

1) 発芽時の胚 供試材料 47 種は発芽時の胚の色からみると (第 1 表), 下記のような 4 種類に分けられた。

白色を呈するもの (32 種) : エピデンドラム亜科に属するエビネ属の, トクサラン (*Calanthe venusta*), カ・エルメリ (*Cal. elmeri*) およびカ・カルディオグロッサ (*Cal. cardioglossa*) の 3 種を除いた, 17 種とガンゼキラン (*Phaius minor*), オニノヤガラ (*Gastrodia elata*) およびコクラン

(*Liparis nervosa*) の計 20 種, シプリベジウム亜科に属するクマガイソウ (*Cypripedium japonicum*) およびパフィオベディラム (*Paphiopedilum insigne* var. *sanderi*) の 2 種, スピランテス亜科に属するネジバナ (*Spiranthes sinensis*) の 1 種, オルキス亜科に属するキンラン (*Cephalanthera falcata*), ウチョウラン (*Orchis graminifolia*) およびサギソウ (*Habenaria radiata*) の 3 種, バンダ亜科に属するフウラン (*Neofinetia falcata*), サイハイラン (*Cremastera appendiculata*), シュンラン (*Cymbidium goeringii*), ホウサイラン (*Cym. hosai*), カンラン (*Cym. kanran*) およびシンピ・イナサ (*Cym. Inasa*) の 6 種。

淡黄色を呈するもの (3 種) : エピデンドラム亜科に属するトクサラン, カ・エルメリおよびカ・カルディオグロッサの 3 種。

黄緑色を呈するもの (7 種) : エピデンドラム亜科に属するシラン (*Bletilla striata*), チシス (*Chysis baractescens*), カクチョウラン (*Phaius tricarvilleae*) およびデンドロビウム (*Dendrobium Sagimuse*) の 4 種, バンダ亜科に属するファレ・シレリアナ (*Phalaenopsis schilleriana*), ファレ・ドス・プエブロス (*Phal. Dos · Pueblos*) およびバンダ (*Vanda Rothshildiana*) の 3 種。

緑色を呈するもの (5 種) : エピデンドラム亜科に属するブレチア (*Bletia purpurea*), タイリントキソウ (*Pleione formosana*), カトレア (*Cattleya BLC. Pamela*) およびデンファレ (*Dendrobium Phalaenopsis*) の 4 種, バンダ亜科に属するミルトニア (*Miltonia Kongozan*) の 1 種。

供試材料のうち、温帯産地生種の発芽時の胚は、ほとんど白色を呈しており、Knudson (1950) の報告と一致した。また、発芽時の胚が白色を呈するのは、供試材料の 5 亜科のそれぞれのすべてに属する種に認められた。一方、ラン科植物のなかでもっとも進化していると考えられているバンダ亜科およびエピデンドラム亜科に属する種のみが発芽時の胚が淡黄色から緑色になるものが認められた (第 1 表)。

亜科、属別にみると、オルキス亜科に属する 3 種、シプリベジウム亜科に属する 2 種およびシンピジウム属の 4 種は白色、ファレノプシス属の 2 種は黄緑色を呈しており、同一亜科あるいは属に属する調査したそれぞれの場合については亜科あるいは属のすべての種

Table 1. Phases of development in 47 orchid species after seeds germination.

Sub- fam- ily	Genus	Species	Embryo		Protocorm		Time of development (Days after germination)	
			Shape ^x	Color ^x	Shape ^x	Color ^x	Rhizoid	Root
			El	Wh	—	—	—	—
I	<i>Cypripedium</i>	<i>C. japonicum</i> Thunb.						
	<i>Paphiopedilum</i>	<i>P. insignue</i> var. <i>sanderac</i> Rehb. f.	〃	〃	Tr	Gr	45 ~ 50	110 ~ 150
II	<i>Spiranthes</i>	<i>S. sinensis</i> Ames	〃	〃	El	〃	5 ~ 6	70 ~ 80
	<i>Cephalanthera</i>	<i>C. falcata</i> Lindl.	Ro	〃	〃	Wh	70 ~ 80	150 ~ 170
III	<i>Orchis</i>	<i>O. graminifolia</i> Rehb. f.	El	〃	Tr	Gr	13 ~ 50	83 ~ 130
	<i>Habenaria</i>	<i>H. radiata</i> Sprengel	〃	〃	Er	〃	4 ~ 5	50 ~ 60
	<i>Bletia</i>	<i>B. purpurea</i> DC.	〃	Gr	Ro	〃	3 ~ 5	30 ~ 40
	<i>Bletilla</i>	<i>B. striata</i> Rehb. f.	〃	PaGr	Tr	〃	2 ~ 3	30 ~ 35
IV	<i>Calanthe</i>	<i>C. amamiana</i> Hukuyama	Ro	〃	Ro	〃	50 ~ 70	30 ~ 160
		<i>C. aristulifera</i> Rehb. f.	〃	〃	Tr	〃	¥60 ~ 75	155 ~ 190
		<i>C. discolor</i> Lindl. ×	El	〃	Ro	〃	70 ~ 100	116 ~ 200
		<i>C. sieboldii</i> Decne.						
		<i>C. discolor</i>	Ro	〃	Ro	〃	10 ~ 15	30 ~ 35
		<i>C. izu-insularis</i> Ohwi et Satomi	〃	〃	Tr	〃	70 ~ 90	116 ~ 150
		<i>C. kawakamii</i> Hayata	El	〃	Ro	〃	20 ~ 60	52 ~ 92
		<i>C. sieboldii</i>	Ro	〃	〃	〃	26 ~ 40	50 ~ 82
		<i>C. tokunoshimensis</i> Hayata	El	〃	Tr	〃	46 ~ 85	316 ~ 350
		<i>C. discolor</i> ×	Ro	〃	〃	〃	69 ~ 110	100 ~ 160
		<i>C. izu-insularis</i>						
		<i>C. sieboldii</i> ×	El	〃	〃	〃	38 ~ 52	150 ~ 175
		<i>C. aristulifera</i>	〃	〃	〃	〃	134 ~ 176	220 ~ 300
		<i>C. discolor</i> ×	〃	〃	〃	〃	38 ~ 50	100 ~ 140
		<i>C. sieboldii</i> ×						
		<i>C. aristulifera</i>						
		<i>C. nipponica</i> Makino	Ro	〃	—	—	—	—
		<i>C. reflexa</i> Maxim.	El	〃	—	—	—	—
		<i>C. tricarinata</i> Lindl.	〃	〃	—	—	—	—

	<i>C. furcata</i> Bateman	Ro	〃	Ro	〃	60 ~ 85	145 ~ 160
	<i>C. okinawensis</i> Hayata	El	〃	〃	〃	25 ~ 35	71 ~ 120
	<i>C. venusta</i> Schltr.	〃	PaYe	〃	〃	10 ~ 23	80 ~ 112
	<i>C. elmeri</i> Ames	Ro	〃	〃	〃	15 ~ 30	37 ~ 46
	<i>C. cardioglossa</i> Schltr.	El	〃	Tr	〃	20 ~ 25	50 ~ 67
<i>Chysis</i>	<i>C. bractescens</i> Ldl.	Ro	PaGr	Ro	〃	12 ~ 28	55 ~ 92
<i>Phaius</i>	<i>P. tricarvilleae</i> Blume	El	〃	〃	〃	10 ~ 18	42 ~ 68
	<i>P. minor</i> Blume	〃	Wh	〃	〃	13 ~ 30	38 ~ 70
<i>Pleione</i>	<i>P. formosana</i> Hayata	〃	Gr	〃	〃	8 ~ 23	170 ~ 200
<i>Liparis</i>	<i>L. nervosa</i> Hayata	Ro	Wh	Tr	〃	64 ~ 80	93 ~ 120
<i>Gastrodia</i>	<i>G. elata</i> Blume	He	〃	El	Wh	—	—
<i>Cattleya</i>	<i>C. BLC. Panella</i> Farrell.	El	Gr	Ro	Gr	5 ~ 20	65 ~ 96
<i>Dendrobium</i>	<i>D. Sagimuseum</i> Hort.	〃	PaGr	El	〃	20 ~ 22	55 ~ 75
	<i>D. Phalaenopsis</i> Fitzg.	〃	Gr	Ro	〃	5 ~ 25	52 ~ 80
<i>Neofinitia</i>	<i>N. falcata</i> Hu	〃	Wh	Tr	〃	42 ~ 65	88 ~ 110
<i>Phalaenopsis</i>	<i>P. schilleriana</i> Rehb. f.	〃	PaGr	Ro	PaGr and PaYe	—	—
	<i>P. Dos Pueblos</i> Hort.	Ro	〃	〃	Gr	8 ~ 10	105 ~ 107
<i>Vanda</i>	<i>V. Rothshildiana</i> Hort.	El	〃	El	〃	15 ~ 30	84 ~ 100
V <i>Crematris</i>	<i>C. appendiculata</i> Makino	〃	Wh	Tr	Wh	34 ~ 45	185 ~ 200
<i>Cymbidium</i>	<i>C. goeringii</i> Rehb. f.	Tr	〃	Ro	Gr	10 ~ 15	—
	<i>C. hosai</i> Makino	El	〃	〃	〃	16 ~ 30	—
	<i>C. kanran</i> Makino	〃	〃	〃	Wh	10 ~ 20	—
	<i>C. Inasa</i> Hort.	〃	〃	〃	Gr	7 ~ 10	72 ~ 102
<i>Miltonia</i>	<i>M. Kongozan</i> Hort.	Tr	Gr	〃	〃	15 ~ 30	102 ~ 130

² Subfamily. I: Cypripedioideae. II: Spiranthoideae. III: Orchidoideae. IV: Epidendroideae. V: Vandoideae.

³ Shape of embryo at germination and protocorm. Ro: round, El: ellipsoid, He: heart shape, and Tr: reversal triangle shape.

⁴ Color of embryo at germination and protocorm. Gr: green, Wh: white, PaGr: pale green, and PaYe: pale yellow.

が同じ特徴を示した。しかし、エビネ属、エビネ属に近縁とされる5種（ブレチア、シラン、チシス、カクチョウランおよびガンゼキラン）、バンダ亜科のそれ

ぞれに属する種においては、種により異なった色を示した。

エビネ属についてみると、暖帯産のトクサランおよ

び熱帯産落葉性のカ・エルメリおよびカ・カルディオグロッサの3種が淡黄色を呈し、その他の種はすべて白色を呈した(第1表)。エビネ属においては、温帯産の種に比較して熱帯産の種が進化していると考えられており(Ishida, 1990)、発芽時の胚が淡黄色を呈することが白色を呈することよりも進化した特徴ではないかと考えられる。

供試材料47種の発芽時の胚の型には、丸型(13種)、楕円型(31種)、逆三角型(2種)および心臓型(1種)の4種類の型がみられた。白色および有色の種における型の相違はほとんどみられなかつたが、白色を呈するオニノヤガラ(1種)のみが心臓型を呈していた(第1表および第1図E)。

2) プロトコーム 供試材料43種(プロトコームにまで発育しない4種を除く)はプロトコームの色からみると(第1表)、下記したような3種類に分けられた。

白色を呈するもの(4種): オルキス亜科に属するキンランの1種、エピデンドラム亜科に属するオニノヤガラ(1種)およびバンダ亜科に属するサイハイランおよびカンランの2種。

淡黄色を呈するもの(2種): エピデンドラム亜科に属するコクランの1種およびバンダ亜科に属するファレ・シレリアナの1種。

緑色を呈するもの(37種): エピデンドラム亜科に属するエビネ属の17種、シラン、カクチョウラン、ガンゼキラン、ブレチア、チシス、タイリントキソウ、カトレヤ、デンドロビウムおよびデンファレの26種、バンダ亜科に属するフウラン、シュンラン、ハウサイラン、シンビ、イナサ、ファレ・ドス・ブエブロス、バンダおよびミルトニアの7種、シプリベジウム亜科に属するパフィオペディラムの1種、スピランテス亜科に属するネジバナの1種、オルキス亜科に属するウチョウランおよびサギソウの2種。

発芽時の胚が白色を呈している種においても、発芽後ほとんどの種のプロトコームは淡黄色から徐々に緑色を呈するに至った。上記の白色を呈した4種は、明期を含む培養条件下でも、クロロフィルの形成が認められなかつた。白色を呈したままでいることが培養条件によるのか、あるいは遺伝的な性質によるのかは本研究からは解明することはできなかった。ただし、このうち、オニノヤガラについては栄養器官がまったく地上に現れず、塊茎を形成し6~7年間地中で生育し、

開花期に達してから地上に花茎のみが抽出し、開花後地上部および地下部のすべてが枯死する、という特異的な生活史をもつ種であることが知られている(前川, 1975)。

供試材料43種(プロトコームにまで発育しなかつた4種を除く)のプロトコームの型には、丸型(23種)、楕円型(6種)および逆三角型(14種)の3種類の型がみられた(第1表および第1図)。白色および有色の種による型の相違はほとんどみられなかつた(第1表および第1図)。

胚およびプロトコームの型の関係を見ると(第1表および第1図)、同型のものは丸型7種および楕円型4種の計11種で、その他の種はすべて変形していた。同型の種ではプロトコームからの根の発生までの所要日数が短い傾向がみられ(エビネ、サギソウ、デンドロビウムなど)、とくに逆三角型へ変形する種では、同日数が長くなる傾向がみられた(キリシマエビネ、ヒゼン、サイハイランなど)。

2. 発芽時の胚の色とプロトコームからの仮根ならびに根の発生

1) 仮根の発生 発芽後の仮根発生の開始までの所要日数を見ると(第1表)、発芽時に白色を呈する種では5日(サギソウ)から155日(ヒゼン; *Calanthe discolor* × *Cal. aristulifera*)、有色の種では3日(シラン)から22日(カ・カルディオグロッサ)の範囲にあり、白色を呈する種では種による変動がきわめて大きかったが、有色の種では種による変動が比較的小さかった。また、発芽時の胚が有色の種は白色を呈する種に比較して仮根の発生開始までの所要日数が短い傾向が認められた。なお、白色を呈する種においてもネジバナ、サギソウ、シュンランおよびカンランでは仮根の発生開始までが短かく、エビネ属のヒゼンはきわめて長かったが、このような相違は遺伝的な性質、休眠あるいは培養条件によるのではないかと考えられる。仮根の発生開始までの所要日数は、いずれの種においても初発芽能を示す齢の胚からの場合に比較して、最高発芽率を示す胚の齢において、短くなる傾向が認められた(長島, 1993)。

2) 根の発生 発芽後、根の発生開始までの所要日数を見ると(第1表)、発芽時に白色を呈する種では32日(エビネ; *Cal. discolor*)から333日(トクノシマエビネ; *Cal. tokunoshimensis*)、有色の種では32日(シラン)から185日(タイリントキソウ)の範囲にあり、いずれも種による違いがきわめて大きかった。

Fig. 1. Developmental stages of seed germination : (A) *Cysis baractescens*; (B) *Habenaria radiata*; (C) *Neofinetia falcata*; (D) *Miltonia Kongozan*; and (E) *Gastrodia elata*.

1. Shape of seed; 2. Early stage of germination; 3. Germination^z; 4. Protocorm^y; 5. Seedling.

^z Embryo shape at germination : (A), Round; (B) and (C), Ellipsoid; (D), Reversal triangle shape; and (E), Heart shape.

^y Protocorm shape : (A) and (D), Round; (B) and (E), Ellipsoid; and (C), Reversal triangle shape.

t, testa; e, embryo; a, rhizoid; s, shoot; r, root; rh, root hair. Scale bar, 100 μm (A~E; 1~3, and E : 4~5), 1000 μm (A~D : 4~5).

プロトコームは休眠（プロトコームの状態を保持し、幼植物への発育がみられない状態）することが知られており（Curtis, 1943）、根の発生開始までの所要日数がきわめて長い種は、発芽時の胚の色にかかわらずプロトコームが休眠するためではないかと推察される。なお、いずれの種においても仮根の場合と同様、根の発生開始までの所要日数は、初発芽能を示す齢に比較して、最高発芽率を示す種子の齢において短くなる傾向が認められた（長島, 1993）。

3) 仮根と根の発生時期の関係 仮根と根の発生開始の時間関係をみると、両者には、相関係数 $r = 0.765$ の比較的高い相関関係があることが認められた（第2図）。発芽時の胚が有色を呈する種は、白色の種に比較して仮根および根の発生開始までの所要日数が短くなる傾向が認められた（第2図）。仮根の発生開始までの所要日数が短い種は、根の発生開始までの所要日数も短くなり（エビネ、ブレチア、シランなど）、同日数が長い種では長くなる（ヒゼン、タカネ; *Cal. discolor* × *Cal. sieboldii*, ツルラン; *Cal. furcata*, キンランなど）傾向が認められた（第1表）。

3. 発芽時の胚の色と幼植物への発育の様相

1) 白色を呈する種 地生種のランでは、プロトコームから仮根を発生するのが一般的であり（Stoutamire, 1974）、供試材料の地生種（オニノヤガラを除く）のいずれにおいてもプロトコームからの仮根の発生が認められた（第1表および第1図）。仮根の形態は、細長い単細胞で、プロトコームの表皮の隆起した部分から6~10本密生している（第3図）のが

ほとんどであったが、パフィオペディラムでは1本であった。白色を呈する種では光合成が行われず、独立栄養生長ができなかったため、ラン菌が重要な役割を果たしており、仮根から侵入したラン菌の菌糸は生長に必要な炭水化物、無機塩類、ビタミンなどを供給しているのではないかと考えられている（Harvais・Hadley, 1967）。なお、オニノヤガラには仮根の発生はみられなかった（第4図）。オニノヤガラは根茎を形成し、その表面に白色あるいは褐色のナラタケの菌糸束がからみついており、ナラタケとの菌根植物（菌類が共生的に着いて生活している根をもち、これにまったく栄養を依存している）であると考えられている（前川, 1975）。オニノヤガラ・ナラタケの共生によって形成されるのは外生菌根であり、このような条件下では、ラン菌侵入のための仮根は不必要で、仮根の発生がみられなかったのではないかと考えられる。仮根の発生部位は、すべてプロトコームの基部であった（第1図）。

プロトコームから発生した根には、白色を呈した多数の根毛がみられたが、幼植物全体が白色を呈していたキンランの根には、まったく根毛がみられなかった。また、着生ランの一種であるフウランの根に発生した根毛は、5~10本の束となって根の片側に列生していた（第1図C）。

ラン科植物には根の先端が肥大して貯蔵器官となり、根の中央に糸状の地下茎が貫通している特殊な構造の球根を形成するものがあり、Orchideae, Discaeae および Diurideae の各族にその形成がみられるとされている（Dressler, 1981 a）。オルキス亜科に属するサギソウ

Fig. 2. Relationship between the days after germination to the beginning of rhizoid development and root from protocorm in different species.

Fig. 3. Photomicrograph of developing protocorm in *Calante okinauensis* (A) and rhizome of *Cymbidium goeringii* (B).

A1. A whole shape of protocorm; A2. Rhizoid originated from protocorm; A3. Elongation of rhizoid; B. Tips of rhizomes and its surroundings.

a, rhizoid; s, shoot. Scale bar, 200 μ m.

Fig. 4. Developmental stages of seed after germination in *Gastrodia elata*.

1. Tri dehiscent head; 2. One of the tip elongated; 3. One of tips noticeably elongated; 4. Branching and elongating embryo.

t, testa; tb, terminal bud; rz, rhizome. Scale bar, 200 μ m.

およびウチョウランの幼植物に、類似した球根が形成され (長島, 1989), 球根形成後, 地上部が徐々に枯死するに至った。サギソウおよびウチョウランのいずれにおいても, 16 時間照明, $26^{\circ}\pm 2^{\circ}\text{C}$ の培養条件下で球根の形成がみられ, この同じ条件下で種子の発芽のち幼植物の発育がみられた。球根形成は休眠期間中の生存維持の構造であると考えられている (Dressler, 1981 a) が, サギソウおよびウチョウランでは, ある程度栄養生長を行うと環境条件に左右されずに休眠に入る性質をもっているのではないかと推察される。

ラン科植物では, 発芽後プロトコームから幼植物へ発育するものと, シュンラン, *Crematris* などの地生種および着生種の *Polyrhiza lindenii* などでは, プロトコームの頂部が伸長し地下茎を形成する。その茎頂は正の屈地性をしめし, 先端は培地のなかへ侵入し, 分岐しながら伸長し続ける。なお, 地下茎には鱗片葉がみられる (Stoutamire, 1974)。地下茎に暗期条件を与えたり, あるいは一定濃度の植物調節物質 (ベンジルアデニンなど) を添加した培地で培養することにより, 地下茎の伸長が停止し, 頂芽が上方に向かって伸長して幼芽と根を分化し幼植物を形成する。温帯性および熱帯性のシンビジウム属の種子はいずれも発芽時の胚は白色を呈しており, 発芽後 7 日から 10 日の範囲でプロトコームは緑色を呈するようになった。温帯性のシュンラン, ホウサイランおよびカンランのプロトコームは, 地下茎を形成した (第 3 図 B) が, 熱帯性のシンビ. イナサは, 直接幼植物を形成した。同属内でこのような発育過程の相違は, 内在的サイトカイニン形成能力に遺伝的な差があることにより, 生長点から形成される葉原基の細胞の分裂活性などに関係し, 無菌培養における shoot 形成の難易の差を生ずる一つの原因ではないかと考えられている (上田・鳥潟, 1969; Ueda・Torikata, 1970)。

クマガイソウ, キンセイランおよびサルメンエビネ (*Cal. tricarinata*) では, 種子の発芽後の発育がきわめて劣った。胚が楕円型あるいは丸型を呈したのみでそれ以上の発育はみられず (第 1 表), すべて枯死してしまった。いずれの種においても, 発芽後の移植を行わずに放置したことが, 種々の発育段階において枯死する種が多くなった一因とも考えられる。なお, オルキス亜科に属するキンラン, サギソウおよびウチョウランではプロトコームの段階で枯死する個体が多く, キンランの幼植物は, 明期培養にもかかわらず白色を

呈し, 最終的には枯死してしまったが, 培地あるいは培養条件が不適切であったのではないかと考えられる。

一般に, 着生ランは, 発芽後の早い時期からクロロフィルを有し, 光合成を行うようになると考えられるが, *Catasetinae* のように腐った樹木に寄生しているものでは緑色にはならない (Knudson, 1950)。フウランは温帯産の着生ランであるが, 発芽時の胚が白色のため, 光合成を開始する時期が遅く, 地生種と同様に発芽後の発育は緩慢であったと考えられる (第 1 表)。

白色を呈する種では, 発芽後すぐに光合成を行うことができないため, 初期の発育が緩慢で, 不揃いとなる傾向がみられたと考えられる。また, とくに最高発芽率を示す段階に播種した種子を除いて, それ以外の齡の種子から発芽した個体は, 発育の種々の段階で枯死する場合が多かった (第 1 表)。なお, エビネ属の種のほとんどは (17 種) 白色を呈し, 発芽後の発育が緩慢で不揃いとなる傾向がみられた (第 1 表)。

2) 有色の胚を有する種 地生種および着生種のいずれも仮根の発生がみられ, その形態および発生部位は白色を呈する種と同様であった (第 1 図)。なお, チシスは隆起した部位から 1 本の仮根が発生しただけであった (第 1 図 A)。また, プロトコームから発生した根には, 白色を呈した多数の根毛がみられた (第 1 図)。

いずれの種においても, プロトコームから幼植物への発育が早く, 斉一な発育をする傾向がみられ, とくに, シランおよび洋ランの園芸品種 (デンドロビウム, バンダ, カトレヤなど) において顕著であった (第 1 表)。なお, エビネ属の種では, 3 種 (トクサラン, カ・エルメリおよびカ・カルディオグロッサ) が有色の胚を有し, 発芽後の発育が早く斉一な発育をする傾向がみられた (第 1 表)。

4. プロトコームの型と仮根ならびに根の発生経過

1) 仮根の発生 プロトコームの型の相違による仮根発生の時間経過をみると (第 1 表, 第 2 表および第 1 図), いずれの型においても種による変動がきわめて大きかった。仮根の発生開始までの所要日数の平均値をみると, 丸型および楕円型の種に比較して逆三角型の種において長くなる傾向が認められた。なお, 逆三角型の種には発芽時の胚が白色を呈する種が多く, 有色を呈する種は 2 種 (シランおよびカカルディオグロッサ) のみで, この 2 種については所要日数は短かった (第 1 表)。仮根の発生開始までの所要日数は,

Table 2. Types of protocorm nad development of rhizoid and root.

Protocorm shape	Days after germination	
	Development of rhizoid	Development of root
Round	4 ~ 85 (24.3) ²	32 ~ 185 (94.8)
Reversal triangle	3 ~ 85 (58.9)	32 ~ 333 (144.6)
Ellipsoid	5 ~ 75 (25.4)	55 ~ 160 (90.4)

² Numbers in parenthesis shows average days necessary.

発芽時の胚が白色を呈し、プロトコームが逆三角型の種において、長くなる傾向が認められた。

2) 根の発生 プロトコームの型の相違による根の発生の時間経過をみると (第1表および第2表), いずれの型においても種による変動がきわめて大きかった。根の発生開始までの所要日数の平均値をみると, 丸型および楕円型の種ではほぼ同様で比較的短かったが, 逆三角型の種では長くなる傾向が認められた。逆三角型の種について比較すると, 発芽時の胚が有色の種では短く, 白色を呈する種では長くなる傾向が認められ, とくにトクノシマエビネ (333 日) およびヒゼン (260 日) では著しかった。

総合考察

5 亜科, 11 族, 13 亜族, 22 属に属する 47 種 (Dressler, 1981 a) のラン科植物を供試し, 種子の発芽および幼植物への発育経過の様相を調査したが, 亜科による特性がみられるのかどうか以下で考察する。

種子の発芽時に胚が有色 (淡黄色から緑色) の種は, ラン科植物の中で最も進化していると考えられている Vandoideae および Epidendroideae に属する種にみられ, 一方, 進化の遅れていると考えられている Cypripedioideae, Spiranthoideae および Orchidoideae (Dressler, 1981 a) にはみられなかった。しかし, Vandoideae および Epidendroideae においても白色を呈する種がみられた (第1表)。また, プロトコームをみると, いずれの亜科においても緑色を呈する種がみられたが, Vandoideae および Epidendroideae にも白色を呈する種がみられ, 同一亜科においても発芽時の胚およびプロトコームの色の相違がみられた (第1表)。

プロトコームからの仮根ならびに根の発生時期の関係をみると (第1表および第2図), 発芽時の胚が有

色を呈する種は白色の種に比較して, 仮根および根の発生開始までの所要日数が短くなる傾向が認められたが (第2図), 同一亜科についてみると種による相違がみられた。また, 発芽時の胚およびプロトコームの形態についても, 同一亜科において種による相違がみられた (第1表)。

ラン科植物の種子の発芽および初期の発育経過の様相においては, 亜科の特徴は認め難かった。

摘 要

47 種のラン科植物を供試し, 種子の発芽および幼植物への発育経過の様相をそれぞれ調査した。

1. 供試材料 47 種の種子発芽時の胚の色は, 白色 (32 種), 淡黄色 (3 種), 淡緑色 (7 種) および緑色 (5 種) を呈する 4 群に分けられた。なお, エビネ属の 20 種では淡黄色 (3 種) および白色 (17 種) を呈する 2 群がみられた。

白色を呈する胚は, 発芽後プロトコームを形成する過程において, 徐々に黄緑色から緑色を呈するようになるが, キンラン, サイハイランおよびオニノヤガラのプロトコームは白色のままどまっていた。

2. プロトコームの表面の隆起した部分には, 細長い単細胞の仮根が発生し, チシスおよびパフィオペディラムでは 1 本, その他の種では 6~10 本密生していた。なお, オニノヤガラには仮根はみられなかった。幼植物の根には, キンランを除いて白色を呈した多数の根毛がみられた。なお, サギソウおよびウチョウランでは, 幼植物から発生した根の一部が肥大し球根の形成がみられ, 球根形成後は地上部が徐々に枯死した。

3. 仮根の発生開始は, 発芽後 3 日 (シラン) から発芽後 155 日 (ヒゼン), 根の発生開始は, 発芽後 33 日 (エビネおよびシラン) から発芽後 333 日 (トクノシマエビネ) の範囲にあった。仮根および根の発生開始の所要日数は, 発芽時の胚が白色を呈し, プロトコームが逆三角型の種では, 丸型および楕円型の種に比較して, 長くなる傾向がみられた。また, 仮根の発生開始までの所要日数が短い (長い) 種は, 根の発生開始までの所要日数も短く (長く) なる傾向が認められた。

4. 温帯性に属するシンビジウム属の種では, プロトコームの頂芽が下方に向かって伸長して地下茎を形成し, 分岐しながら伸長し続けた。地下茎の伸長が停止した後に, 頂芽が上方に向かって伸長し, 幼芽と根を分化して幼植物を形成する。

5. 供試材料 47 種のうち, 温帯から暖帯産の地生

種は一般に、種子発芽時の胚は白色を呈し、発芽後の発育が緩慢で、発育も不揃いとなる傾向がみられた。一方、暖帯から熱帯産の地生種および着生種は、種子発芽時の胚は淡黄色～緑色を呈するものがほとんどで、発芽後の発育が早く、発育も斉一になる傾向がみられた。

6. 種子発芽時の胚の色、プロトコームの色および形態、ならびにプロトコームからの仮根および根の発生開始までの所要日数のそれぞれにおいて、亜科の特性は認め難かった。

謝 辞 本研究の遂行にご指導を賜った東京大学名誉教授山崎耕宇先生、ならびにエビネ属の種を提供して頂いた園芸研究家三池延和氏に衷心より御礼を申し述べる。

引用文献

- Arditti, J. 1992. Fundamentals of orchid biology. p. 535-538. John Wiley and Sons, New York.
- Curtis, J. T. 1943. Germination and seedling development in five species of *Cypripedium* L. Amer. J. Bot. 30 : 199-206.
- Dressler, R. L. 1981a. The Orchid. Natural history and classification. p. 142-266. Harvard Univ. Press, Cambridge, Massachusetts.
- Dressler, R. L. 1981b. The Orchid. Natural history and classification. p. 72-73. Harvard Univ. Press, Cambridge, Massachusetts.
- Dressler, R. L. 1981c. The Orchid. Natural history and classification. p. 25-31. Harvard Univ. Press, Cambridge, Massachusetts.
- Harvais, G. and G. Hadley, 1967. The development of *Orchis purpurella* in asymbiotic and inoculated cultures. New Phytol. 66 : 217-230.
- Ishida, G. 1990. Karyomorphological studies in *Calanthe*. Orchidaceae. Bull. Hiroshima Botanical Garden 12 : 1-69.
- Kano, K. 1968. Acceleration of the germination of so-called hard-to-germination orchid seeds. Amer. Orchid Soc. Bull. 37 : 690-698.
- Knudson, L. 1950. Germination of seeds of *Vanilla*. Amer. J. Bot. 37 : 241-247.
- 前川文夫. 1975. 原色日本のラン. p. 188-189. 誠文堂新光社. 東京.
- 長島時子. 1979. 二, 三のラン科植物の種子形成および発芽に関する研究. 恵泉短大紀要. 12 : 77-111.
- 長島時子. 1982 a. シラン及びエビネの種子形成, ならびに種子発芽について. 園学雑. 51 : 82-93.
- 長島時子. 1982 b. シュンラン及びパフィオペディラムの種子形成, ならびに種子発芽について. 園学雑. 51 : 94-105.
- 長島時子. 1983. ツルラン, カランセ・カルディオグロッサ及びガンゼキランの種子形成, ならびに種子発芽について. 園学雑. 52 : 65-77.
- 長島時子. 1984. キリシマエビネ, ニオイエビネおよびアマミエビネの種子形成並びに種子発芽について. 園学雑. 53 : 176-186.
- 長島時子. 1985. キエビネ, カランセ・エルメリ及びトクサランの種子形成, 並びに種子発芽について. 園学雑. 54 : 231-241.
- 長島時子. 1989. ウチョウランの胚発生並びに種子形成と発芽について. 園学雑. 58 : 187-194.
- 長島時子. 1993. ラン科植物の胚発生過程と発芽との関係に関する研究. 園学雑. 62 : 581-594.
- Stoutamire, W. 1963. Terrestrial orchid seedlings. Australian Plants 2 : 119-122.
- Stoutamire, W. 1974. Terrestrial orchid seedlings. p. 101-128. In : Withner, C. L. (ed.). The Orchid. Scientific Studies. John Wiley and Sons, New York.
- 上田 博・鳥潟博高. 1969. *Cymbidium* の生長点培養における器官形成. III. シュンランの rhizome-tip からの shoot 形成過程についての組織学的研究. 園学雑. 38 : 262-266.
- Ueda, H. and H. Torikata. 1970. Organogenesis in meristem cultures of *Cymbidium*. IV. Study on cytokinin activities in the extracts from protocorms. J. Japan. Soc. Hort. Sci. 39 : 202-206.