

雌ずいにおける花粉管の伸長速度

前田 暁・中村紀雄

横浜市立大学生物学教室 〒236 横浜市金沢区瀬戸 22-2

Rate of Pollen Tube Growth in Pistil

Akira MAEDA and Norio NAKAMURA

*Department of Biology, Yokohama City University,
Kanazawa-ku, Yokohama 236, Japan*

(1990年3月31日受理)

The rate of pollen tube growth in pistil at outdoor temperatures was studied in 18 angiosperm species. The average and maximum rates of tube growth ranged from 0.04 to 9.0 and from 0.09 to 13.5 mm/hr, respectively. The maximum rates were more than 5 mm/hr in the species of which the flowering finishes within one day, and those were less than 2 mm/hr in the species of which the flowering continues over one day. Effects of pistil length and atmospheric temperature on the rate of pollen tube growth and the time required for fertilization were discussed.

Key words : Growth rate, Pistil, Pollen tube.

緒 言

花粉管伸長機構研究の一環として、雌ずいにおける花粉管伸長を培地で再現すること、つまり培地上で雌ずいにおける花粉管伸長と同じ速度で、雌ずいの長さと同じ長さの花粉管を伸ばさせることを試みている。この場合、雌ずいと培地の花粉管伸長の速度を比較することが必要となる。しかし、雌ずいにおける花粉管伸長速度の報告は少なく、0.5-10 mm/hrの値が報告されているが、⁽¹⁻⁶⁾ その求め方は様々であり、多くの種について比較検討した報告は少ない。⁽⁷⁾ また雌ずいにおける花粉管伸長に影響する要因として、気温、雌ずいの長さ、その成熟度などが考えられているが、これらの関係について詳しく検討した報告も少ない。⁽⁷⁾

そこで今回多くの被子植物について、雌ずいにおける花粉管伸長速度と受精時間(受粉後、花粉管が子房に達する時間)を求め、それらに影響を与える要因について検討したので報告する。

材料と方法

ツユクサ、ムラサキツユクサ、アサガオ、マルバアサガオ、オシロイバナ、マツバボタン、フヨウ、ムクゲ、タチアオイ、アメリカデイゴ、チャ、サザンカ、ツバキ、ピーマン、ナス、トベラ、ビワ、オオムラサキの18種の植物を実験に用いた。

受粉は、開花直後の雌ずい(開花受粉)と開花24時間前の雌ずい(蕾受粉)に対して行った。受粉はす

べて他家受粉で行い、花粉を柱頭全面に付着させた。予備観察と蕾の大きさから前以て開花時間を推定しておき、開花受粉の場合は、自家受粉していないことを確かめてから受粉した。とくにツバキでは、開花前に自家受粉が行われることがあったので、開花前に花卉を開いて葯を取り除いておき、開花してから受粉させた。蕾受粉の場合は、開花24時間前の蕾に切り込みを入れ、花卉を開いて受粉させた。実験は野外で行い、実験時の最高気温と最低気温を記録した。

受粉させた雌ずいは一定時間後に子房基部より切り取り、直ちにエタノール-酢酸(3:1V/V)混液に浸け、加熱、固定した。なお、予備実験から受粉後受精するまでの時間を推定し、その時間を一定時間間隔5-6区分(蕾受粉の場合は4-8区分)に定め、各時間毎6ケの雌ずいを集めた。また予備実験で受精が認められなかったものは3-12時間間隔とした。固定した雌ずいは子房を切り離し、1-10% NaOHに浸けて組織を軟化させた。太い雌ずいは二分または三分してから、細いものはそのままスライドグラス上で押し潰し、0.04% アニリンブルー(pH 11)液をかけて花粉管を染め、蛍光顕微鏡で観察して、最も長く伸びている花粉管の長さをマイクロメーターを用いて測定した。雌ずいの長さは柱頭上端から子房上端までとし、最も長い花粉管が子房上端部に達したものを観察した時、その雌ずいでは受精が行われたとみなした。そして検体の半数以上でこのような花粉管がみられた時、これら雌ずいを採取した時間を、すなわち受粉後採取までの時間をその植物の受精時間とみなした。

結 果

18種の花の雌ずいにおける花粉の発芽と花粉管伸長の様子を観察し、花粉管伸長速度と受精時間を調べた。測定した結果を花粉管伸長曲線としてグラフに表し、伸長速度の変化を検討した。どの種においても花粉管伸長曲線は直線を示さず、伸長速度は一定ではなかった。したがって雌ずいの長さを受精時間で割った値を平均速度とし、花粉管伸長曲線の最も勾配の大き

い部分より最大伸長速度を求めた。

ムクゲの結果をFig. 1に示した。ムクゲの開花している時間は一日以内であった。開花受粉では、時に数本の花粉管を伸ばし、受粉後15時間で受精した。受粉後3時間から6時間にかけて管伸長速度は最も大きく5.8 mm/hrであり、平均速度は2.5 mm/hrであった。この時の雌ずいの長さは37.4 mmで、開花後その長さに変化はみられなかった。これに対して蕾受粉では9時間で受精がみられた。蕾受粉時の雌ずいの長さは19.7 mmで、開花時の雌ずいの53%であり、さらに開花時にかけて伸長がみられた。

その他、調べたすべての種についての結果をTable 1と2に示した。ビワ、オオムラサキは受精時間を求めることができなかったため最大速度のみを示した。

トベラは雌雄異株で、雌花の葯は退化していて花粉は集められなかったが、雄花の雌ずいは退化しておらず受粉可能であった。そこで雄花の花粉を両花に受粉させ、花粉管伸長を調べたところ、雄花雌ずいにおいても開花受粉、蕾受粉とも花粉管は子房に達し、管伸

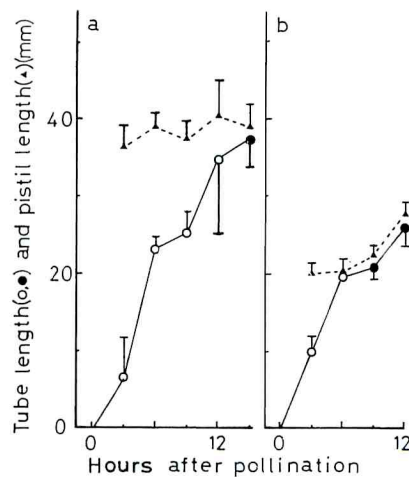


Fig. 1. Pollen tube growth in *Hibiscus syriacus* pistil at outdoor temperatures. Stigmas were pollinated (a) soon after or (b) 24 hours before flower opening. Closed circles indicate that the pollen tube reached the base of the style in more than half of the pistils examined. Outdoor temperatures: (a), 24.0-31.0°C; (b), 24.3-32.5°C. Vertical bars represent standard deviation.

Table 1. Rate of pollen tube growth in pistil of opened flower at outdoor temperatures

| Species | Pistil length mm | Rate of pollen tube growth mm/hr | | Fertilization time hr | Temperature °C | |
|--|---------------------|-------------------------------------|---------|--------------------------|-------------------|------|
| | | Max. | Average | | Max. | Min. |
| <i>Commelina communis</i> (Cc) | 10.5 | 13.5 | 5.3 | 2 | 25.9 | 23.6 |
| <i>Tradescantia reflexa</i> (Tr) | 6.1 | 5.1 | 1.5 | 4 | 32.5 | 26.2 |
| <i>Pharbitis nil</i> (Pn) | 38.0 | 12.9 | 8.4 | 4.5 | 26.7 | 24.4 |
| <i>Pharbitis purpurea</i> (Pp) | 25.3 | 7.0 | 6.3 | 4 | 26.2 | 23.5 |
| <i>Mirabilis jalapa</i> (Mj) | 53.9 | 10.6 | 9.0 | 6 | 29.0 | 24.3 |
| <i>Portulaca grandiflora</i> (Pg) | 10.9 | 10.3 | 5.5 | 2 | 24.7 | 22.2 |
| <i>Hibiscus mutabilis</i> (Hm) | 23.3 | 7.4 | 5.1 | 4.6 | 20.4 | 17.4 |
| <i>Hibiscus syriacus</i> (Hs) | 37.4 | 5.8 | 2.5 | 15 | 31.0 | 24.0 |
| <i>Althaea rosea</i> (Ar) | 23.9 | 5.0 | 3.0 | 8 | 27.1 | 20.0 |
| <i>Erythrina crista-galli</i> (Ec) | 11.1 | 1.6 | 1.2 | 9 | 23.5 | 21.0 |
| <i>Camellia sinensis</i> (Ts) | 10.1 | 1.5 | 0.8 | 12 | 23.1 | 15.8 |
| <i>Camellia sasanqua</i> (Cs) | 11.7 | 1.4 | 0.5 | 24 | 23.0 | 13.0 |
| <i>Camellia japonica</i> (Cj) | 23.0 | 1.1 | 1.0 | 24 | 13.7 | 4.2 |
| <i>Capsicum annuum</i> var. <i>angulosam</i> (Ca) | 4.6 | 1.0 | 0.6 | 8 | 33.0 | 29.0 |
| <i>Solanum melongena</i> (Sm) | 10.0 | 1.0 | 0.5 | 20 | 24.7 | 17.8 |
| <i>Pittosporum tobira</i> (♀)(Pt) | 2.3 | 0.29 | 0.26 | 9 | 24.3 | 15.5 |
| <i>Pittosporum tobira</i> (♂) | 3.1 | 0.29 | 0.13 | 24 | 19.5 | 9.2 |
| <i>Eriobotrya japonica</i> | 2.6 | 0.09 | 0.04 | — | 17.2 | 9.0 |
| <i>Pododendron pulchrum</i> | 62.0 | 0.8 | 0.3 | — | 24.0 | 15.3 |

Pistil length was measured directly from the stigma surface to the base of the style. The rate of pollen tube growth was estimated from plots of pollen tube length against elapsed time after pollination. Fertilization time means the time taken for the pollen tube to reach the base of the style after pollination.

長速度に違いはみられなかった。

蕾受粉については13種について調べた (Table 2)。そのうち9種では蕾の時の雌ずいの長さは開花時の雌ずいの長さの50-70%と短く、このうち5種では花粉管伸長はみられなかった。蕾受粉で管伸長がみられたもののうち受粉後24時間以内に受精がみられたの

はムクゲとトベラだけであった。ただ多くの種では開花前12-16時間より、さらに開花時に近くなってから雌ずいが伸びはじめた。ツバキ、チャ、サザンカの蕾受粉では管伸長がみられたが、その伸長速度は開花12-14時間前より上昇した。雌ずいの生理的状態は開花前に急速に変化しているように思える。

Table 2. Rate of pollen tube growth in pistil of unopened flower at outdoor temperatures

| Species | Pistil length | Rate of pollen tube growth | | Fertilization time | Temperature | |
|-------------------------------|---------------|----------------------------|---------|--------------------|-------------|------|
| | | Max. | Average | | Max. | Min. |
| | | mm | mm/hr | | hr | °C |
| <i>Commelina communis</i> | 5.2 | 0 | 0 | | 25.6 | 22.8 |
| <i>Tradescantia reflexa</i> | 4.4 | 0 | 0 | | 25.4 | 22.1 |
| <i>Pharbitis nil</i> | 21.8 | 0 | 0 | | 25.7 | 22.0 |
| <i>Pharbitis purpurea</i> | 18.1 | 0 | 0 | | 27.0 | 23.8 |
| <i>Mirabilis jalapa</i> | 35.1 | 0 | 0 | | 26.7 | 22.3 |
| <i>Portulaca grandiflora</i> | 5.7 | 0.7 | 0.3 | | 23.7 | 21.3 |
| <i>Hibiscus mutabilis</i> | 11.3 | 5.7 | 0.9 | | 21.9 | 15.8 |
| <i>Hibiscus syriacus</i> | 19.7 | 2.8 | 2.2 | 9 | 32.5 | 24.3 |
| <i>Camellia sinensis</i> | 6.7 | 0.3 | 0.2 | | 33.0 | 24.0 |
| <i>Camellia sasanqua</i> | 12.1 | 1.1 | 0.4 | | 21.3 | 7.7 |
| <i>Camellia japonica</i> | 22.5 | 0.2 | 0.08 | | 14.5 | 2.6 |
| <i>Pittosporum tobira</i> (♀) | 2.2 | 0.3 | 0.1 | 24 | 24.3 | 16.4 |
| <i>Pittosporum tobira</i> (♂) | 2.9 | 0.3 | 0.1 | 24 | 23.6 | 11.9 |
| <i>Pododendron pulchrum</i> | 56.3 | 0.4 | 0.2 | | 21.2 | 10.9 |

Stigmas were pollinated 24 hours before flower opening.

考 察

雌ずいにおける花粉管伸長速度は、ペチュニア、⁽¹⁾ トウモロコシ、⁽²⁾ テッポウユリ、⁽³⁾ ゴクラクチョウカ、⁽⁴⁾ マツヨイグサ、⁽⁵⁾ カボチャ⁽⁶⁾においてそれぞれ0.51, 1.4, 2.1, 2.5, 6.5, 10.0 mm/hrの値が、また受精時間については、タンポポ、⁽⁸⁾ ヒメマツバボタン、⁽⁹⁾ アボカド、⁽¹⁰⁾ カボチャ、⁽⁶⁾ マツヨイグサ、⁽⁵⁾ ポプラ、⁽¹¹⁾ グラジオラス、⁽¹²⁾ ペチュニア、⁽¹⁾ テッポウユリ、⁽³⁾ ゴクラクチョウカ、⁽⁴⁾ ハッサク、⁽¹³⁾ ツツジ⁽¹⁴⁾でそれぞれ0.5, 1.5, 2, 3.6, 15, 18, 24, 48, 72, 72-96, 120, 168時間の値が報告されている。花粉管伸長速度は平均速度として、つまり雌ずいの長

さを受精時間で割った値として示されたものが多いが、花粉管伸長曲線は直線的でなく、S字または双曲線を示した。したがって雌ずいにおける花粉管伸長速度再現の目安を、平均速度ではなく、最大速度とした。ただ今回調べた種については、最大速度と平均速度の間に高い相関（相関係数0.9）がみられ、最大速度は平均速度の約1.8倍であった。

雌ずいの長さと同様に花粉管伸長最大速度の相関係数は0.34であり、高い相関はみられなかった。開花している時間が一日以内の種と一日以上の種に分けてみると、前者はすべて5 mm/hr以上であり、後者は2 mm/hr以下であった。雌ずいの長さと同様に受精時間との関係（Fig. 2）については、調べた種全体としては相関

はみられなかったが、開花している時間が一日以内と一日以上の種に分けるとそれぞれ相関係数は0.73と0.44となり相関が大きくなった。さらに多くの種について調べる必要があろう。最近ツツジ93種について、雌ずいの長さと同伸長速度、雌ずいの長さと同受精時間の関係について詳しい検討がなされ、これらに高い相関があることが報告されている。⁽⁷⁾

気温は花粉管伸長や受精時間に影響を与えられており、今回得られた結果について検討してみた。最高気温と同伸長速度の関係は相関係数0.1でほとんど関係がなく、最低気温と速度の相関係数は0.5であった。一方気温と受精時間の場合、最高気温と受精時間の相関係数は-0.54、最低気温と受精時間の相関は-0.77であり (Fig. 3)、気温と同伸長速度の関係に比

べてより大きな相関を示した。とくに最低気温が管伸長や受精時間に与える影響は大きく、最低気温が低くなるにつれて最大伸長速度も遅くなり、受精時間が長くなると考えられたので、その影響についてさらに検討した。Fig. 4はツツジの花粉管伸長を示している。

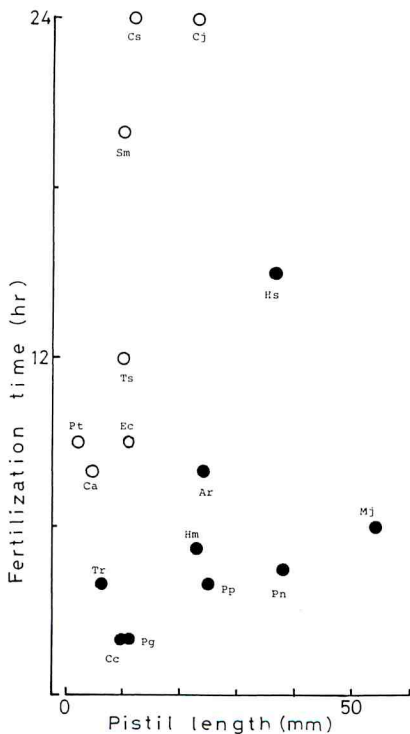


Fig. 2. Relationship between fertilization time and pistil length. Flowering continues over one day in the species represented by open circles, but finishes within one day in those represented by closed circles. Letters show abbreviations of species name (see Table 1).

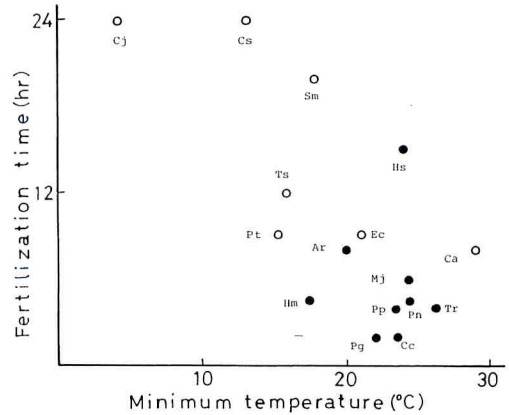


Fig. 3. Relationship between fertilization time and minimum temperature.

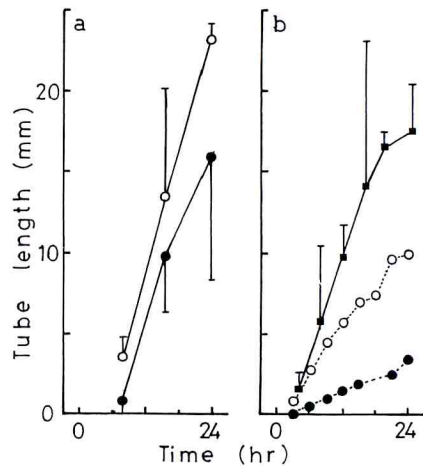


Fig. 4. Pollen tube growth in *Camellia japonica* pistil. The tube growth in pistil was followed during time after pollination (a) at a constant temperature \circ , 15°C or \bullet , 5°C and (b) at outdoor temperatures \blacksquare , $4\text{--}14^{\circ}\text{C}$. The tube growth on sucrose (0.3 M) - agar (1%) medium at 5 or 15°C is appended to (b) in symbols joined broken lines.

ツバキ切り花を室内で一定温度下においた時 (Fig. 4-a), 雌ずいにおける花粉管伸長の最大速度は 5℃と 15℃の時それぞれ 1.1, 1.2 mm/hr とほぼ同じであった。雌ずいにおける花粉管伸長に温度は大きな影響を与えていないと思える。一方培地における花粉の成長 (Fig. 4-b) は温度の影響を強く受け、5℃と 15℃では花粉管伸長に大きな違いがみられ、発芽時間にも 3 時間の違いがみられた。これらのことから、気温は柱頭上における花粉の発芽に大きな影響を与えるが、花柱中での管伸長にはあまり影響せず、雌ずいにおける花粉管伸長の速度をきめる主要因は雌ずいにあると考える。

蕾受粉の場合、管伸長は良好ではなかったが、ムクゲでは開花受粉よりも、蕾受粉の方が受精時間が短かった。これは蕾の雌ずいにおいても管伸長がみられたことと雌ずいの長さが短いことによると考えられる。しかし雌ずいが未発達であることを考えると、実際に受精が行われたかどうかは疑問であり、受精をしたとしても種子形成には至らないと考えられる。

この実験においては、多くの花を使用しなければならず調べた種に限られた。花粉管伸長速度、受精時間、雌ずいの長さ、気温の関係についてはさらに多くの種類を用いて調べる必要があろう。

謝 辞

本論文を丁寧にお読み下さり、有益なご教示をくださった湘南短期大学教授鈴木恕先生に厚くお礼申し上げます。

要 約

被子植物 18 種の雌ずいにおける花粉管伸長速度を調べた。平均速度、最大速度はそれぞれ 0.04-9.0, 0.09-13.5 mm/hr であった (Table 1)。また最大速度は、開花している時間が一日以内の種では 5 mm/hr 以上、開花が一日以上では 2 mm/hr 以下であった。花粉管伸長速度と受精時間に及ぼす雌ずいと気温の影響について考察した。

引用文献

- (1) Hoekstra, F. A. and T. van Roekel: Effect of previous pollination and stylar ethylene on pollen tube growth in *Petunia hybrida* styles. *Plant Physiol.* **86**, 4-6 (1988).
- (2) Sprague, G. F.: Pollen tube establishment and the deficiency of waxy seed in certain maize crosses. *Proc. N. A. S.* **19**, 838-841 (1933).
- (3) Labarca, C. and F. Loewus: The nutritional role of pistil exudate in pollen tube wall formation in *Lilium longiflorum*. II. Production and utilization of exudate from stigma and stylar canal. *Plant Physiol.* **52**, 87-92 (1973).
- (4) Kronstedt, E., B. Walles and I. Alkemar: Structural studies of pollen tube growth in the pistil of *Strelitzia reginae*. *Protoplasma* **131**, 224-232 (1986).
- (5) Hecht, A.: Growth of pollen tubes of *Oenothera organensis* through otherwise incompatible styles. *Amer. J. Bot.* **47**, 32-36 (1960).
- (6) 早瀬広司: 南瓜属の交雑に関する研究. I. 種間交雑における花粉管の伸長. *遺伝学雑誌* **25**, 181-190 (1950).
- (7) Williams, E. G. and J. L. Rous: Relationships of pollen size, pistil length and pollen tube growth rates in *Rhododendron* and their influence on hybridization. *Sex. Plant Reprod.* **3**, 7-17 (1990).
- (8) Warmke, H. E.: Macrosporogenesis, fertilization, and early embryology of *Taraxacum kok-saghyz*. *Bulletin of the Torrey Botanical Club* **70**, 164-173 (1943).

- (9) 会沢正義：花粉の発芽と花粉管の伸長XI *Portulaca* の種間交雑における花粉の発芽と花粉管伸長. *花粉誌* **18**, 37-40 (1976).
- (10) Sedgley, M.: Structural changes in the pollinated and unpollinated avocado stigma and style. *J. Cell Sci.* **38**, 49-60 (1979).
- (11) Gaget, M. C. Said, C. Dumas and R. B. Knox: Pollen-pistil interaction in interspecific crosses of *Populus* (sections *Aigeiros* and *Leuce*): pollen adhesion, hydration and callose response. *J. Cell Sci.* **72**, 173-184 (1984).
- (12) Clarke, A. E., J. A. Considine, R. Ward and R. B. Knox: Mechanism of pollination in *Gladiolus*: role of the stigma and pollen-tube guide. *Ann. Bot.* **41**, 15-20 (1977).
- (13) Yamashita, K.: Studies on self-incompatibility of Hyuganatsu, *Citrus tamurana* Hort. ex Tanaka I. Pollen behavior on stigmas and pollen tube growth in styles observed under a scanning electron microscope and a fluorescent microscope. *J. Japan Soc. Hort. Sci.* **47**, 188-194 (1978).
- (14) Williams, E. G., R. B. Knox and J. L. Rouse: Pollination sub-systems distinguished by pollen tube arrest after incompatible interspecific crosses in *Rhododendron* (Ericaceae). *J. Cell Sci.* **53**, 255-277 (1982).
-

