

*Stigmatella aurantiaca*의 발생에 대한 연구(I).

—fruiting body 형성에 미치는 몇가지 양이온과 pheromone 및 GMP의 영향—

김 수 옥 · 김 영 민
(연세대학교 이과대학 생물학과)

Studies on the development of *Stigmatella aurantiaca*(I)

—Effects of cations, pheromone, and GMP on the fruiting body formation—

Kim, Soo-Ok and Young-Min Kim

(Department of Biology, College of Science, Yonsei University, Seoul 120, Korea)

ABSTRACT

Cells of *Stigmatella aurantiace* developed in the light on the medium containing calcium, barium, or lithium ion formed fruiting bodies without stalk. Fruiting body with stalk was formed on the medium containing calcium ion and GMP (GMP-medium) even under the dark condition. On the medium containing calcium and pheromone (pheromone-medium), most cells were developed only into the stalk in the light and into the sporangium in the dark. The number of aggregate formed on the medium containing calcium ion (Ca-medium) was more than that formed on the medium containing calcium, potassium, and sodium ions (CPS-medium). The number of aggregate formed on the GMP- or pheromone-medium was less than that formed on the Ca-medium. Both pheromone and GMP reduced the time required for aggregate formation when cells were developed in the dark. Light stimulated cells to form more aggregates in short time when it was introduced into the Ca-, CPS-, GMP-, or pheromone-medium.

서 론

Myxobacteria의 일종인 *Stigmatella aurantiaca*는 배양조건에 따라 상이한 발생과정을 거친다. 배지속에 영양물질이 충분한 경우에는 고체 배지의 표면 위를 활강운동(gliding movement)에 의해 이동하는 반면, 영양물질이 결핍된 경우에는 빛의 유무에 따라 매우 다른 분화 양상을 나타낸다. 즉 빛이 있는 경우에는 영양이 결핍된 초기에 세균들이 몇개의 집합중심(aggregation center)에 모여 큰 세균집합체(aggregate)를 형성하고, 이어서 각 세균들이 위로 이동하여 stalk를 형성한 다음, stalk의 끝에서 포자낭(sporangium)의 분화가 이루어진다. 반면에 빛이 없는 경우에는 뚜렷한 세균집합체가 형성되지 않고 일련의 세포 집단이 서로 연결된 등성(ridge)속에

서 포자가 형성된다(Kaiser *et al.*, 1979; Qualls *et al.*, 1978a; Stephens and White, 1980; White *et al.*, 1980b).

이러한 일련의 발생과정은 세균상호간의 정보인지와 전달, 그리고 세균간의 응집(cohesion)을 포함하는 복잡한 과정을 거쳐서 이루어진다(White, 1981). Qualls *et al.* (1978a and 1978b)과 White(1981)는 *S. aurantiaca*에서 확산되는 분자량이 작은 지질(lipid) 성분의 pheromone이 빛이 없는 경우에도 빛의 효과를 대신할 수 있다고 하였고, Stephens *et al.* (1982)은 이 물질이 세균집합체를 형성하는 데에 필요한 시간을 단축시키며, 집합체의 수를 증가시키고, fruiting body의 성숙을 촉진시키는 효과를 나타낸다고 보고 하였으나, 이 물질이 어떻게 세균간에 전달 및 인지되고 있는지는 확인되지 않고 있다. 또한 Stephens and White(1980)는 guanosine

5'-monophosphate(GMP)도 fruiting body의 분화과정에서 pheromone과 유사한 효과를 나타낼 수 있다고 보고 하였다.

한편 White *et al.* (1980a)은 *S. aurantiaca*의 발생에 미치는 양이온의 영향을 관찰하고 calcium 이온만을 포함하는 배지에서는 빛이 있는 조건에서도 fruiting body가 형성되지 않고 대부분의 포자낭이 등성위에서 형성된다고 보고하였다.

본 실험은 영양이 결핍된 상태에서 *S. aurantiaca*의 발생에 미치는 다수의 양이온의 영향을 조사하고, 특히 calcium 이온만이 포함된 배지에 GMP와 pheromone을 첨가하여 빛이 존재하는 경우와 존재하지 않는 경우에 형성되는 fruiting body의 변화를 관찰하여, 이 세균의 발생에 미치는 빛, 이온, 그리고 pheromone 및 GMP의 효과를 비교 분석하는데 그 목적을 두고 있다.

재료 및 방법

1. 균주 및 배양

본 실험에 사용한 세균은 *Stigmatella aurantiaca* DW4 CN29로 David White(Department of Biology, Indiana University, Bloomington, Indiana 47401, U.S.A.)로 부터 포자상태로 제공 받았다.

포자상태의 세균은 1% Bactocastone (Difco), 0.35% yeast extract (Difco), 8mM MgSO₄가 포함된 액체배지(CT배지, Qualls *et al.*, 1979a)에서 영양세포로 발아시켜 진탕배양 하였고, 세균의 성장 속도는 Baush and Lomb spectrophotometer를 사용하여 540nm에서의 흡광도를 측정하여 결정하였다.

2. Fruiting body 형성을 위한 배지

양이온이 fruiting body 형성에 미치는 영향을 알아보기 위하여 사용한 배지는 10mM HEPES 완충액(Sigma, pH7.2)과 3%의 한천(Difco)이 포함된 배지(고체 HEPES 배지)에 각 양이온의 염화물(CaCl₂, KCl, NaCl, MgCl₂, BaCl₂, ZnCl₂, LiCl)을 첨가하여 사용하였다.

Fruiting body 형성에 미치는 GMP(Sigma)의 영향을 조사하기 위한 배지는 3%의 한천과 2mM Tris 완충액(Sigma, pH7.2)이 포함된 배지(고체 Tris 배지)에 0.8mM의 GMP를 첨가하여 사

용하였다.

그리고 fruiting body 형성에 미치는 pheromone의 영향을 관찰하기 위해서는 0.8mM GMP와 동일한 효과를 나타내는 양의 pheromone을 고체 Tris 배지에 첨가하여 사용하였는데, 그 양은 Stephens and White(1980)와 Stephens *et al.* (1982)의 결과로부터 계산한 결과 7×10^7 세균으로 부터 분리된 pheromone에 해당하였다.

한편 배지의 습도가 fruiting body의 형성에 영향을 미친다는 보고(Wireman and Dworkin, 1977)가 있으므로 각각의 배지는 사용하기 2~3일 전에 준비하였다.

3. Fruiting body의 형성

CT배지에서 자라고 있는 영양세포 세균들을 지수성장기(O.D._{540nm}: 0.3)에서 원심분리(6,000 × g/15min/4°C)하여 모은 다음, 3.4mM CaCl₂와 10mM KCl 및 10mM NaCl이 포함된 용액(CPS 용액)으로 씻고 CPS 용액으로 4×10^{10} cells/ml의 농도가 되도록 충분히 재현탁시켰다. 이 세균 현탁액을 고체 HEPES 배지 또는 고체 Tris 배지에 5μl씩 일정한 간격으로 접종한 다음 30°C에서 215 lux의 백열등 빛을 비추어 주면서 배양하였다(White *et al.*, 1980a).

4. Pheromone의 분리

다섯 장의 여과지(Whatman 3MM, 21×28cm)를 5mM sodium EDTA(Sigma, pH8.0) 용액으로 충분히 씻어낸 후, 재증류수로 약 6시간 씻고 Pyrex baking dish(23×33cm)에 넣어 멸균한 후, dry-oven에서 건조시켰다. 건조된 다섯 장의 여과지 중 네 장은 Pyrex dish에서 접착된 상태로 CPS 용액을 재증류수와 1:1(v/v)로 희석시킨 용액으로 적시고, 나머지 한 장에는 1.5%의 한천이 포함된 CPS 용액을 사용하여 1mm의 두께의 피막을 형성시켰다. 이 여과지위에 6×10^{10} 의 세균을 포함하는 세균 현탁액을 일정한 간격으로 접종한 후, Uniwrap으로 용기를 덮고 30°C에서 215 lux의 백색광을 비추면서 36시간 동안 배양한 다음, 세균이 있는 여과지를 제외한 네 장의 여과지만을 재증류수로 descending chromatography하에서 pheromone을 분리하였다(Stephens *et al.*, 1982).

5. 현미경 관찰을 위한 시료 처리

영양이 결핍된 배지에서 분화된 세균의 형태를

주사현미경을 이용하여 관찰하기 위하여 분화된 세균을 포함하는 한천평판배지 조각을 칼로 떼어낸 후, 10% glutaraldehyde 증기로 24시간 동안 고정하였다. 고정된 한천 조각은 60%, 70%, 80%, 90%, 95%의 ethanol을 이용하여 20분 간격으로 한 번씩 탈수한 다음, 100%의 ethanol에서 두 번 탈수시켰다. 탈수가 끝난 시료는 isoamyl acetate로 30분 동안 침윤시키고 액체 탄산가스를 이용하여 건조시켰다. 건조된 시료는 400Å 정도의 두께로 황금피막을 입힌 후 Hitachi S-450 주사현미경으로 15KV에서 관찰하였다.

광학현미경 관찰을 위한 시료는 한천배지 조각을 가능한 한 얇은 두께로 잘라내 직접 관찰하였고, 발생 시간에 따른 세균집합체와 fruiting body의 수의 변화는 해부현미경을 사용하여 관찰하였다(Grilione *et al.*, 1975).

결 과

*Stigmatella aurantiaca*를 영양물질이 풍부한 CT배지에서 진탕 배양하였을 때의 doubling time은 약 12시간이었다(결과 미계제). 그리고 CPS 용액으로 씻은 영양세포 세균을 CPS 용액으로 제현탁시킨 것은 fruiting body의 형성에 미치는 양이온의 작용을 조사하는 데에 영향을 주지 않았다(결과 미계제).

1. 양이온의 역할

영양물질이 결핍된 배지에서 fruiting body의 형성을 유도할 때에 CPS 용액이 첨가된 배지(CPS 배지)를 대조구로 사용하였는데, 이 배지에서는 2~3개의 포자낭과 뚜렷한 stalk를 갖는 전형적인 fruiting body가 형성되었다(Fig. 1A).

2mM MgCl₂ 및 1mM MnCl₂가 들어있는 배지에서는 stalk 위에 한개의 포자낭만 달린 fruiting body가 형성되었고(Fig. 1B), 2mM MgCl₂와 1mM MnCl₂ 및 0.2mM CaCl₂가 첨가된 곳에서는 대조구보다 더 많은 포자낭을 가지고 있는 fruiting body가 형성되었다(Fig. 1C).

ZnCl₂의 경우에는 3μM이 첨가되었을 때는 등성만 형성되고 뚜렷하게 구분되는 세균집합체나 stalk도 형성되지 않았으나, 5μM에서는 세균집합체의 유사구조가 형성되었다(결과 미계제). 그리고 10μM이 첨가된 배지에서는 stalk없이 포자

낭이 분화된 것을 관찰할 수 있었다(Fig. 1D). 이 때 형성된 세균집합체의 수는 대조구에서보다 적었고, 포자낭의 아래에는 많은 세균들이 뚜렷한 집합체로 모이지 않고 비교적 넓게 퍼져있는 것을 관찰할 수 있었다(Fig. 1A and 1D).

LiCl₂와 BaCl₂가 미치는 영향은 서로 비슷하였다. 5mM LiCl가 첨가된 배지에서는 등성만 형성되었으나(결과 미계제), 10mM에서는 세균집합체위에 완전히 분화된 다수의 포자낭이 형성되었다(Fig. 1E). BaCl₂의 경우에도 5mM 농도에서는 등성을 형성하고 소수의 stalk를 형성하였으며(결과 미계제), 10mM 농도에서는 stalk는 없었으나 뚜렷이 분화된 포자낭을 형성하였다(Fig. 1F).

CaCl₂만 첨가된 배지에서는 빛이 없는 경우에는 대조구에서와 같이 등성만을 형성하였고(Fig. 2B), 빛이 있는 경우에는 정상적인 stalk보다 더 짧고 굵은 유사stalk(pedicle)를 형성하였는데, 그 끝에는 일반적인 포자낭보다 더 크고 미분화된 한 개의 포자낭이 달려있었다(Fig. 2A). CaCl₂만 첨가된 배지에서는 대조구에서 보다 더 많은 수의 세균집합체가 형성되었으나, 이 세균집합체가 형성되는 데에 필요한 시간은 비슷하였다(Fig. 5). 또한 이 두 배지에서 공히 세균집합체의 형성에 필요한 시간이 빛을 비추어 주었을 때 더 단축되는 것을 관찰할 수 있었다(Fig. 5).

2. Calcium 이온 배지에서의 GMP와 pheromone의 역할

앞에서 관찰한 결과중, 빛의 존재하에서 CaCl₂만 첨가한 배지에서의 fruiting body 형성 양상이 대조구와 가장 현저한 차이를 나타내었기 때문에, 대조구의 조건하에서 빛의 효과를 대신할 수 있다는 pheromone 또는 GMP(White, 1981)를 CaCl₂ 배지에 첨가하여 이것들과 빛이 *S. aurantiaca*의 발생에 미치는 보다 직접적인 영향을 비교, 조사하였다.

GMP가 함께 첨가된 배지에서는 빛의 유무에 관계없이 완전한 fruiting body로 분화되었으며, 특히 빛의 존재하에서는 GMP 첨가 전보다 훨씬 더 분화된 전형적인 stalk가 형성되었다(Fig. 3A). 그러나 빛이 없는 경우에는 pedicle 보다는 조금 더 분화된 형태의 stalk가 형성되었으나



Fig. 1. Light micrographs of fruiting bodies on the HEPES medium supplemented with various kinds of chloride salt. A total of 2.0×10^8 cells per $5 \mu\text{l}$ spot were placed on the solid HEPES medium containing: 3.4mM CaCl_2 , 10mM KCl, and 10mM NaCl (A); 2mM MgCl_2 and 1mM MnCl_2 (B); 2mM MgCl_2 , 1mM MnCl_2 , and 0.2mM CaCl_2 (C); $10 \mu\text{M}$ ZnCl_2 (D); 10mM LiCl (E); 10mM BaCl_2 (F). Cells were developed for 56 hours under the light condition as described in method. A, B, C, E, and F ($\times 200$); D ($\times 400$).

빛이 있는 경우보다는 더 굵고 짧았고, fruiting body의 주변에는 매우 느슨하게 결합된 상태의 세균집합체가 다수 존재하였다(Fig. 3B). 그리고 GMP가 첨가된 배지에 빛을 비추는 경우에는 한 개의 포자낭이 형성되었고, 빛을 비추지 않았을 때는 좀더 작은 크기의 포자낭이 두 개씩

형성되었다(Fig. 3A and 3B). 그리고 이 배지에서 형성된 세균집합체의 수는 빛이 있는 경우가 없는 경우보다 1.5배 많았으며, 집합체의 형성에 필요한 시간도 6시간 정도 더 짧았다(Fig. 6).

CaCl_2 와 pheromone이 함께 첨가된 배지에서는



Fig. 2. Scanning electron micrographs of fruiting bodies on the CaCl_2 medium. A total of 2.0×10^8 cells per $5\mu\text{l}$ spot were placed on the solid Tris-HCl medium containing 3.4mM CaCl_2 . Cells were developed for fruiting body formation for 56 hours under the light (A) or dark (B) condition as described in method.

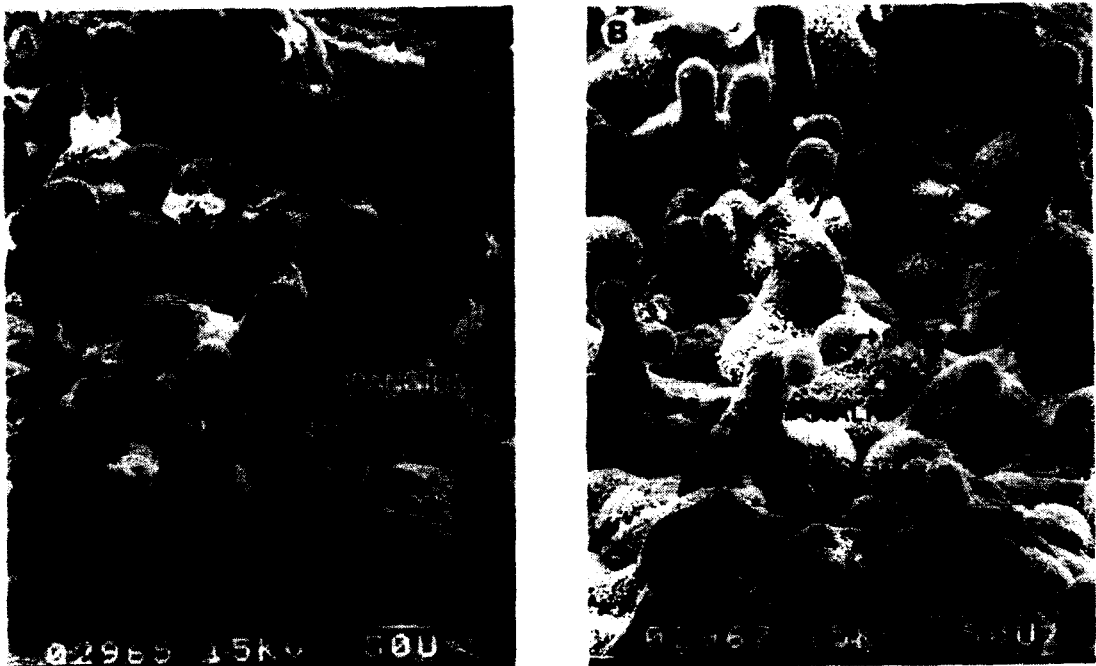


Fig. 3. Scanning electron micrographs of fruiting bodies on the CaCl_2 medium supplemented with GMP. A total of 2.0×10^8 cells per $5\mu\text{l}$ spot were placed on the solid Tris-HCl medium containing 3.4mM CaCl_2 and 0.8mM GMP. Cells were developed for fruiting body formation for 56hours under the light (A) or dark (B) condition as described in method.

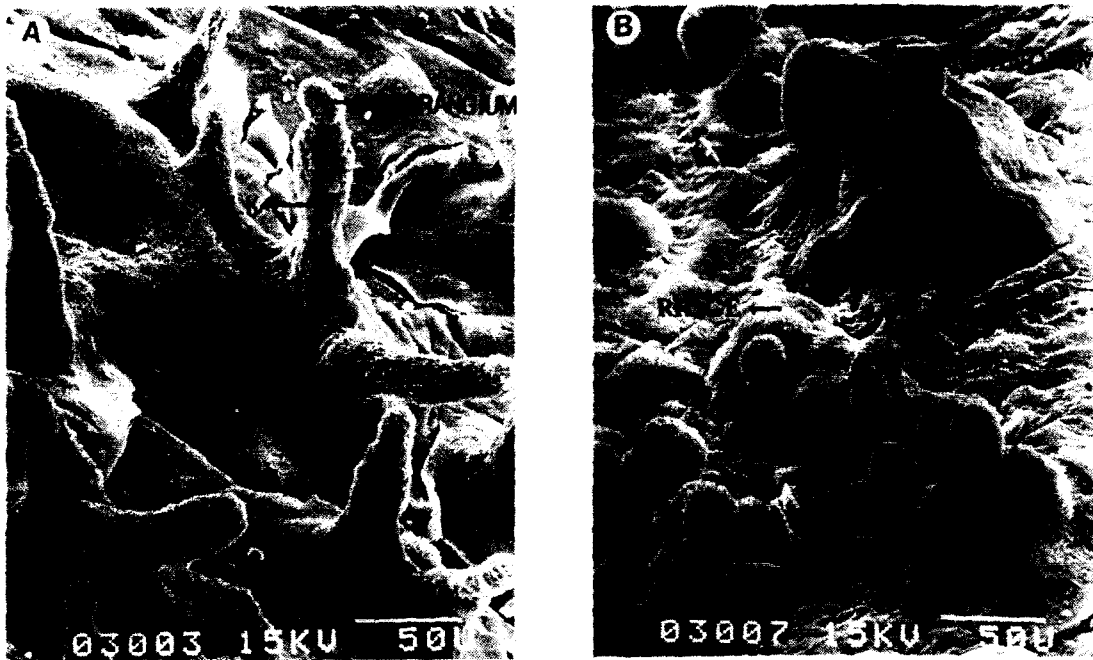


Fig. 1. Scanning electron micrographs of fruiting bodies on the CaCl_2 medium supplemented with pheromone. A total of 2.0×10^3 cells per $5 \mu\text{l}$ spot were placed on the solid Tris-HCl medium containing 3.4mM CaCl_2 and pheromone. Cells were developed for 72 hours under the light (A) or dark (B) condition as described in method.

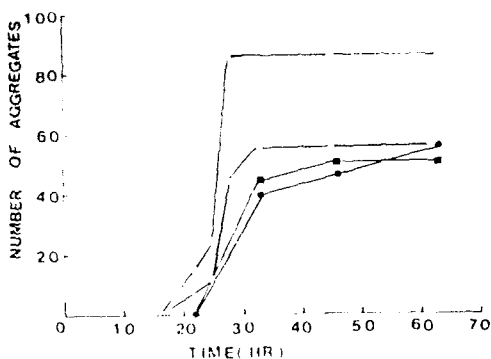


Fig. 5. Effect of cations on the aggregate formation. A total of 3.3×10^7 cells per $5 \mu\text{l}$ spot were placed on the solid HEPES medium containing CPS solution or on the solid Tris-HCl medium containing CaCl_2 . Cells were developed for aggregate formation under the light or dark condition as described in method. Symbols: CPS-light (□-□), CPS-dark (■-■), CaCl_2 -light (○-○), and CaCl_2 -dark (●-●).

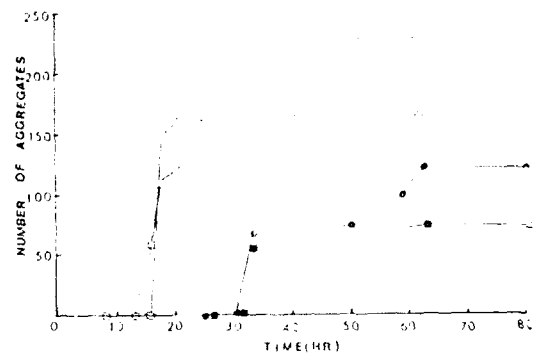


Fig. 6. Effect of GMP and pheromone on the aggregate formation. A total of 3.3×10^7 cells per $5 \mu\text{l}$ spot were placed on the solid Tris-HCl medium containing either CaCl_2 and GMP or CaCl_2 and pheromone. Cells were developed for aggregate formation under the light or dark condition as described in method. Symbols: GMP-light (○-○), GMP-dark (●-●), pheromone-light (□-□), and pheromone-dark (■-■).

빛을 조사하였을 경우에는 대부분의 세균들이 stalk로만 분화하였으나 그중 일부는 하나의 포자낭을 지닌 완전한 fruiting body로 분화하였다 (Fig. 4A). 그러나 빛이 없는 경우에는 stalk가 없거나 pedicle을 가지는 포자낭으로 분화하였다 (Fig. 4B). 이 배지에서 형성된 세균집합체의 수는 빛의 유무에 관계없이 서로 비슷하였고, CaCl_2 만 첨가된 배지에서 형성된 수의 1/5정도였다. 또한 집합체 형성에 소요되는 시간은 빛의 존재 하에서는 약 15시간이었고, 빛이 없는 경우에는 약 22시간 정도였다 (Fig. 6).

한편 GNP 또는 pheromone이 첨가된 배지에서 발생한 세균들도 CaCl_2 만 첨가된 배지에서 발생한 세균들 처럼 완전히 독립된 세균집합체에서 fruiting body를 형성하지 못하고 등성으로 연결된 세균집합체위에서 fruiting body를 형성하였다 (Fig. 3 and 4).

고 찰

영양물질이 결핍된 배지에서 *Stigmatella aurantiaca*의 fruiting body를 형성시키기 위한 영양세포 세균의 배양시, 540nm에서의 흡광도가 0.3일 때 세균을 모은 것은 세균이 더 이상 증식되었을 경우에는 짙은 갈색의 색소를 분비하였고, 이때 모은 세균들은 fruiting body를 형성하지 않았기 때문이다.

한천에는 소량의 아미노산과 sulfated galactose polymer가 들어있어 이들이 세균의 발생과 이온의 작용을 관찰하는 데에 약간의 영향을 미칠 수 있겠으나, 본 실험에서는 동일한 lot number의 한천만을 사용하여 한천 속에 포함된 물질들이 모든 실험에 동일한 영향을 주도록 하였으므로 큰 문제는 없는 것으로 생각한다.

Calcium 이온만이 첨가된 배지에서 형성된 fruiting body가 CPS 배지에서의 대조구와는 달리 완전한 stalk를 가지지 못하고 있다는 사실 (Fig. 1A and 2A)은 potassium과 sodium 이온이 stalk의 분화에 영향을 미치고 있음을 시사하고 있다. 그리고 manganese와 magnesium 이온이 첨가된 배지에서는 한 개의 포자낭을 가진 완전한 fruiting body가 형성된 반면, calcium과 magnesium 및 manganese 이온 등이 첨가된 배지

에서는 여러개의 포자낭을 가진 fruiting body가 형성되었다 (Fig. 1B and 1C). 이와 같은 결과는 calcium 이온이 포자낭의 분지에 영향을 미치고 있음을 암시하고 있는데, 이는 calcium 배지에서 형성된 포자낭의 형태가 분획이 일어나고 있는 중간형태를 하고 있다는 사실 (Fig. 2A)로 부터 더욱 확실시 되고 있어, calcium 이온 또는 calcium이온과 magnesium 이온이 여러개의 포자낭을 형성하도록 한다는 White *et al.* (1980)의 보고를 강하게 뒷받침해주고 있다.

빛이 없는 경우에 calcium 이온만 첨가된 배지에서 형성된 등성의 구조는 Grilione and Pangborn (1975)이 CPS배지를 사용하여 관찰한 결과와 차이가 없었다. 이와같은 사실로부터 빛이 없는 상태에서 형성되는 등성의 분화는 이온 특유의 영향을 받지 않는다고도 할 수 있겠으나 이에 대해서는 보다 더 많은 관찰을 하여야 할 것으로 생각한다.

한편 White *et al.* (1980a)은 $3\mu\text{M}$ 의 zinc이온으로도 fruiting body의 형성이 억제된다고 보고 하였는데, 본 실험에서는 동일한 저농도에서는 등성만이 형성되었으나 $10\mu\text{M}$ 에서는 세균집합체 위에 포자낭이 형성된 것으로 보아 zinc 이온이 fruiting body의 형성을 촉진할 수도 있음을 암시하고 있다 (Fig. 1D).

GMP를 calcium 이온배지에 첨가한 경우에는 빛의 유무에 관계없이 stalk 위에 포자낭이 형성되었다 (Fig. 3). 그러나 pheromone이 첨가된 배지에서는 빛이 있는 경우에는 대부분의 세균들이 stalk만으로 분화되었으나 일부는 한 개의 포자낭을 가지는 stalk로 분화되었고, 빛이 없는 경우에는 등성 위 또는 pedicle 위에 포자낭을 형성하였다 (Fig. 4). 이와 같은 사실은 세균의 pheromone에 대한 반응이 빛이 있는 경우에 더 효과적으로 나타나고 있음을 암시해주고 있음은 물론, pheromone에 대한 반응의 결과로 세균의 내부에서 GMP 대사가 유도되며 이 과정에 potassium 또는 sodium 등의 이온이 필요함을 시사하고 있다. 그러나 *Myxococcus*의 경우에는, 배지에 adenine 복합체의 첨가시 fruiting body의 형성이 촉진되는 현상이 phosphoribosyl pyrophosphate로부터 합성되는 아미노산의 합성이 저해되어 영양물질의 결핍을 초래하기 때문으로 보

고 되었는데(Kaiser *et al.*, 1979; Manoil *et al.*, 1980), *S. aurantiaca*의 경우에도 GMP의 첨가로 stalk를 지닌 fruiting body가 형성되는 것이 궁극적으로 세균 내부의 영양물질의 결핍을 촉진시킨 결과로 추측할 수도 있겠다. 그러나 현재까지는 이세균에서의 guanine 유도체의 대사과정이 밝혀지지 않았으므로 GMP가 세균의 분화에 어떻게 영향을 미치고 있는지 속단할 수는 없다.

Calcium 배지에 GMP첨가시 빛이 있는 경우에는 뚜렷한 구조의 fruiting body가 형성되나, 빛이 없는 경우에는 fruiting body 주위에 느슨하게 응집된 세균의 집합체가 존재하고 있는 것(Fig. 3)은 빛이 세균집합체에서 fruiting body로 성숙되는 과정을 촉진한다는 보고(Stephens *et al.*, 1982)와 일치한다. 그러나 빛이 세균 상호간의 반응으로 다세포 구조를 형성함에 있어 세균에게 어떠한 구체적인 생리변화를 일으키는지는 알 수 없다. 그리고 또 이 GMP가 첨가된 배지에서 빛이 있는 경우에는 각 stalk에 한개의 포자낭이 형성되고 빛이 없는 경우에는 두 개의 포자낭이 형성되었는데, 이는 calcium 이온이 포자낭의 분지에 영향을 미칠 것이라는 앞에서의 추측과는 달리 calcium 이온이 포자낭의 분지에 직접적인 영향을 주는 것이 아니라 세균의 일반적인 대사에 영향을 줌으로써 포자낭의 분화에 간접적인 작용을 하고 있음을 말해주고 있다.

Calcium과 pheromone 또는 GMP가 함께 첨가된 배지에서도 calcium만 첨가된 배지에서와 같이 빛이 있는 경우에도 뚜렷한 세균집합체의 구분이 없이 등성에 의해 서로 연결된 상태로 분화된 사실은, calcium 이온만으로는 뚜렷이 구분되는 세균집합체를 형성할 수 없고 potassium이나 sodium, 또는 다른 이온들이 필요함을 암시하고 있다.

한편 calcium 이온만 첨가된 배지에서 형성된 세균집합체의 수는 대조구에서 형성된 수보다

많았는데, 이는 각 세균집합체를 구성하고 있는 세균의 수가 calcium 이온이 첨가된 배지에서보다 대조구에서 더 많음을 말해준다. 그리고 세균집합체의 형성에 필요한 시간은 두 배지에서 비슷하였으나 두 배지에서 공히 빛이 있는 경우에 약 7시간 단축되었는데, 이는 Stephens and White (1980)가 빛이 세균집합체의 형성에 필요한 시간을 단축시킨다고 한 사실과 일치한다.

Calcium 이온과 GMP 또는 pheromone이 첨가된 배지에서는 빛이 없는 경우에 세균집합체 형성에 소요된 시간이 calcium 이온배지에서보다 약 10시간이 단축되었는데 이는 Stephens *et al.* (1982)이 빛이 없는 경우 pheromone과 GMP가 세균집합체형성에 필요한 시간을 단축시키는 빛의 효과를 대신할 수 있다고 보고한 사실과 일치한다. 그러나 빛이 없는 상태에서 이들 배지에서 형성된 세균집합체의 수가 calcium 이온배지에서 보다 감소한 것은, CPS 용액이 첨가된 배지에 GMP 또는 pheromone을 첨가하여 실시한 유사한 실험의 결과(Stephens *et al.*, 1982)와 일치하지 않는데, 이것은 아마도 CPS 용액의 다른 두 이온의 영향 때문일 것으로 추측이 된다.

Calcium 이온이 세균집합체의 형성에 주는 특이한 효과는 calcium 이온이 첨가된 배지와 CPS 용액이 첨가된 배지에서 세균의 발생을 유도한다음 확산되어 나오는 pheromone의 활성도를 비교함으로써 밝혀낼 수 있을 것이며, 세균이 빛의 자극을 받아 다세포구조의 fruiting body로 분화될 수 있는 기작은 pheromone을 순수하게 분리하여 그것의 화학적인 특성을 명확하게 밝히는 한편 세균에 존재하는 빛과 pheromone, 더 나아가서 GMP의 수용체(receptor)를 찾아내어 이 세균의 발생에 큰 영향을 미치는 이들 세가지의 물리화학적 자극의 상관관계를 밝힘으로써 규명할 수 있을 것이다.

摘 要

*Stigmatella aurantiaca*는 calcium, barium, 또는 lithium이온이 포함된 배지에서는 빛을 비추어 주어도 stalk를 형성하지 않고 포자낭으로만 분화하였다. Calcium이온과 GMP가 함께 첨가된 배지(GMP 배지)에서는 빛의 유무에 관계없이 stalk와 포자낭을 지니는 fruiting body가 형성되었다. Calcium 이온과 pheromone이 포함된 배지(pheromone배지)에서는 빛이 있는 경우에는 대부분의 세균들이 stalk로만 분화되었으나, 빛이 없는 경우에는 대

부분 포자낭으로만 분화하였다. 세균집합체는 calcium과 potassium 및 sodium이 함께 첨가된 배지(CPS배지)에서 보다 calcium 이온만 첨가된 배지(calcium 배지)에서 더 많이 형성되었다. GMP 배지나 pheromone 배지에서는 calcium 배지에서보다 적은 수의 세균집합체가 형성되었고, 빛이 없는 경우에는 이 집합체의 형성이 소요된 시간이 단축되었다. 빛은 상기한 네가지 배지에서 공히 짧은 시간에 더 많은 세균집합체가 형성되도록 하였다.

引用文獻

1. Grilione, P. L., and J. Pangborn. 1975. Scanning electron microscopy of fruiting body formation by myxobacteria. *J. Bacteriol.* 124; 1558-1565.
2. Kaiser, D., C. Manoil, and M. Dworkin. 1979. Myxobacteria: cell interaction, genetics, and development. *Ann. Rev. Microbiol.* 33; 595-639.
3. Manoil, C., and D. Kaiser. 1980. Purine-containing compounds, including cyclic adenosine 3', 5'-monophosphate, induce fruiting of *Myxococcus xanthus* by nutritional imbalance. *J. Bacteriol.* 141; 374-377.
4. Qualls, G. T., K. Stephens, and D. White. 1978a. Morphogenetic movements and multicellular development in the fruiting myxobacterium *Stigmatella aurantiaca*. *Develop. Biol.* 66; 270-274.
5. Qualls, G. T., K. Stephens, and D. White. 1978b. Light stimulated morphogenesis in the fruiting myxobacterium *Stigmatella aurantiaca*. *Science* 201; 444-445.
6. Stephens, K., and D. White. 1980. Morphogenetic effects of light and guanine derivatives on the fruiting myxobacterium *Stigmatella aurantiaca*. *J. Bacteriol.* 144; 322-326.
7. Stephens, K., G. D. Hegeman, and D. White. 1982. Pheromone produced by the myxobacterium *Stigmatella aurantiaca*. *J. Bacteriol.* 149; 739-747.
8. White, D. 1981. Cell interactions and the control of development in myxobacteria populations. *Intl. Rev. Cytol.* 72; 203-207.
9. White, D., J. A. Johnson, and K. Stephens. 1980a. Effects of specific cation on aggregation and fruiting body morphology in the myxobacterium *Stigmatella aurantiaca*. *J. Bacteriol.* 144; 400-405.
10. White, D., W. Shropshire, Jr., and K. Stephens. 1980b. Photocontrol of development by *Stigmatella aurantiaca*. *J. Bacteriol.* 142; 1023-1024.
11. Wireman, J. W., and M. Dworkin. 1977. Developmentally induced autolysis during fruiting body formation by *Myxococcus xanthus*. *J. Bacteriol.* 129; 796-802.