

대청호 퇴적층으로부터 분리된 방선균의 속 다양성

박동진 · 육연수 · 박해룡 · 박 철¹ · 이상화 · 김창진*
생명공학연구소, ¹중국 연변대학 농학부

Genus Diversity of Actinomycetes Isolated from the Sediments in Lake Daechung. Park, Dong-Jin, Youn-Su Yuk, Hae-Ryong Park, Zhe Piao¹, Sang-Hwa Lee, and Chang-Jin Kim*. Korea Research Institute of Bioscience and Biotechnology, P.O. Box 115, Yusong, Taejeon 305-600, Korea, ¹Agronomy Department, College of Agriculture, Yanbian University, Longjing City, Jilin Province, China – From each sediments collected at Chudong(static) and Hoenam(streaming) site of Lake Daechung on May 18(before rainy season) and on August 24 in 1998(after rainy season), different strains of Actinomycetes were isolated and identified to genus level. For comparison, the genus diversity of Actinomycetes in control soils such as grass land around lake, lake shore, and shallow(5-10 cm) lake was also investigated. In consequence, the isolation of *Streptomyces* from the sediments of Lake Daechung was the most copious(41 strains) at the streaming site before rainy season and the least(27 strains) at the static site before rainy season, which were 2.4- and 1.6-fold larger than the average(17 strains) of control soils, respectively. In addition, the isolation of rare Actinomycetes from the sediments of Lake Daechung was the most copious(23 strains) at the streaming site before rainy season and the least(12 strains) at the static site after rainy season, which were 3.2- and 1.6-fold larger than the average(17 strains) of controls, respectively. Therefore, it is considered that lake sediments exhibit higher diversity of Streptomyce as well as rare Actinomycetes than general soils, and thereby can be utilized as useful sources to isolate diverse Actinomycetes.

Key words : Lake Daechung, sediment, actinomycetes, genus diversity

방선균은 균사를 형성하는 곰팡이의 특징과 원핵형 세포 특징을 함께 갖는 그람양성 세균으로서 다양한 생리활성물질의 중요한 탐색원이 되고 있다[22, 29]. 현재 방선균의 효율적 분리를 위해 분리된 시료의 전처리, 선택 배지의 사용, 적절한 배양 조건과 배양 기간의 선택 등에 관한 연구가 집중되고 있다[2, 25]. 한편 방선균은 토양에 널리 서식하고 있지만[26] 그들의 생리·생태학적 특성에 따라 다양한 분포 양상을 나타내고 있다[7, 27]. 따라서 다양한 방선균의 효과적 분리를 위해 새로운 분리법의 개발과 더불어 토양 환경에 따른 방선균의 분포 특성에 관한 많은 이해가 요구된다.

토양 방선균의 분포와 관련된 연구로서 Horst[5], Kizuka [12], Okazaki[19] 등의 보고가 있다. 이들 중 humic acid-vitamin agar 배지를 이용하여 상이한 방선균의 분포를 연구한 Kizuka 등에 의하면 토양 중에는 *Streptomyces* 속이 60.7%로써 가장 많이 분포하며 *Micromonospora*, *Nocardia* 속은 각각 5.9%, 10.4%씩 분포하며 나머지 방선균 속은 3% 이하의 매우 낮은 분포 수준을 나타낸다고 하였다[12]. 국내에서는 일반 토양에서 방선균의 속 다양성을 조사한 저자들의 연구 결과에 따르면 *Streptomyces* 속이 60-70%를 차지하며 *Streptomyces* 속을 제외한 모든 속의 방선균 즉

최소방선균[6, 18, 19]의 분포 비율은 30-40%인 것으로 나타났다[9-11]. 한편, 1963년 *Micromonospora* 속으로부터 항생물질 gentamicin이 발견[28]된 후 최소방선균은 각종 생리활성물질의 중요한 탐색원이 되고 있다[14]. 이러한 배경에서 최소방선균의 분리에도 많은 관심이 집중되고 있는데, 저자들이 연구한 결과에 따르면 토양 깊이와 계절(시기)에 따라 최소방선균은 *Streptomyces* 속 보다 더 많이 분리되었다[20].

금강 상류부에 위치하고 있는 대청호는 1980년 12월에 완공된 후 지금까지 대전 및 충청지역에 각종 용수를 공급하고 있으나 현재 부영양화에 따른 수질 악화는 큰 문제가 되고 있다[13]. 따라서 저자들은 대청호수 생태계에서 중요한 자정 역할을 하는 퇴적층 미생물의 분포 양상을 조사하여 궁극적으로 호수의 수질 개선을 도모하고자 먼저 미생물의 분포 밀도를 조사한 바 있다[21]. 그 결과에 따르면 호수 퇴적층 방선균은 인근 초지 지역에 비해 35%의 낮은 분포 밀도를 나타냈으나 호숫가에 비해서는 3.6배 더 높았다. 또한 방선균의 분포 밀도는 장마 전보다 후가 더 높았으며 본류수역은 정체수역 보다 2.3-3.5배 더 높았다. 한편, 호수 퇴적층은 일반적으로 연중 온도 변화가 적고 산소 분압이 낮을 뿐 아니라 미생물에 의한 물질 순환(분해) 작용이 활발하며 특히 장마 때에는 상류로부터 상당량의 토사가 유입되므로 일반 토양과는 크게 다른 미생물 분포 다양성을 나타낼 것으로 생각된다. 이러한 배경으로 본 연구에

*Corresponding author

Tel. 82-42-860-4332, Fax. 82-42-860-4595

E-mail: changjin@mail.kribb.re.kr

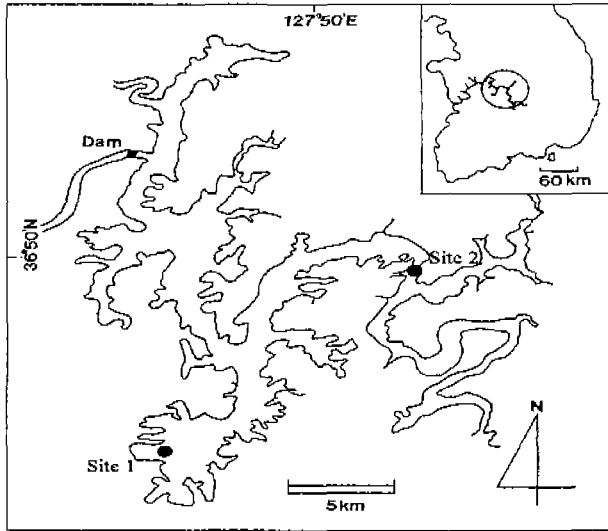


Fig. 1. Map of sampling sites in Lake Daechung.

서는 대청호수 퇴적 토양에 부존하고 있는 방선균의 속 다양성을 알아보기 위해 정체 및 본류 수역으로부터 장마 전과 장마 후에 퇴적층 시료를 채집하여 서로 다른 방선균주를 분리한 다음 속명을 동정하였으며 또한 이를 바탕으로 다양한 방선균의 분리원으로서 호수 퇴적층의 유용성을 검토하고자 하였다.

재료 및 방법

조사 지점

조사 지점은 여러 선행 연구[15, 17, 21]에서 이용한 대청호수 하상 퇴적층을 대상으로 하였다. 대청호에서 비교적 유속이 느린 대표적인 정체 수역으로, 대전 지역에 음용수를 공급하는 취수장이 위치한 대전광역시 대덕구 추동 정점(site 1, 수심 11 m)과 본류를 대표할 수 있는 수역으로, 충청북도 보은군 어성리 회남교 정점(site 2, 수심 26 m)을 각각 선정하였다(Fig. 1).

토양 시료의 채집 및 화학성 분석

퇴적층 토양 시료는 조사 정점의 반경 10 m 이내 3지점에서 Van-Veen Grab Sampler(Wild Co., Saginaw MI)를 이용하여 장마 전(1998년 5월 18일)과 후(1998년 8월 24일)에 각각 표층 0.5-2 cm 내 깊이에서 채집하였다. 대조구 토양 시료는 대청호 주변(30-50 m 이내) 초지 및 호수 접경 지역(호숫가), 그리고 수심이 5-10 cm 정도의 얇은 호수 바닥 층의 각 3지점으로부터 채집하였다. 또한 토양 시료의 화학적 특성은 농업과학기술원 토양 화학분석법[23]에 따라 pH, 유기물 함량, 총 질소, 유효 인산, 양이온 농도를 측정하였다.

방선균의 순수 분리

방선균의 분리는 여러 종류의 vitamin(*p*-aminobenzoic acid 0.5 mg, biotin 0.25 mg, Ca-pantothenate 0.5 mg, inositol 0.5 mg, thiaminc-HCl 0.5 mg)과 항생제(cycloheximide 50 mg, nalidixic acid 20 mg)가 포함된 humic acid-vitamin agar 배지[3](humic acid 1 g, Na₂HPO₄ 0.5 g, KCl 1.7 g, MgSO₄ · 7H₂O 0.05 g, FeSO₄ · 7H₂O 0.01 g, CaCO₃ 0.02 g, agar 20 g, pH 7.2, 증류수 1 l)를 사용하였으며 균주 보존은 Bennett's agar 배지[1](glucose 10 g, yeast extract 1 g, bacto-peptone 2 g, beef extract 1 g, agar 20 g, pH 7.2, 증류수 1 l)를 사용하였다. 실온에서 풍건한 토양 시료 1 g을 멸균 생리 식염수 10 ml에 현탁한 다음 10⁴ 배까지 희석한 후 각각의 현탁액 0.1 ml을 humic acid-vitamin agar 배지에 도말하였다. 이를 28 °C에서 2주간 배양하면서 배지상에 출현하는 방선균 집락을 Bennett's agar 배지 상에 옮겨 28 °C에서 1주일 배양한 후 형태적 특징을 상호 비교하여 서로 다른 방선균주들을 순수 분리하였다.

방선균의 속 동정

방선균의 속 동정은 Bergey's manual[4]과 ISP방법[24]에 따라 순수 분리된 각 균주의 형태 및 화학적 특성을 조사하여 행하였다. 즉 기균사의 색상, 배면 색상, 수용성 색소의 생성 여부와 광학 현미경(Nikon사, Labophot-2, long working distance, 40×, 100×)을 이용한 포자 색 등의 형태학적 특징, 그리고 균주 세포벽 성분인 diaminopimelic acid(DAP)의 특성을 조사하였다. DAP 분석은 Lechevalier의 방법[13]에 따라 충분히 생육된 일정량의 균체를 6 N HCl로 가수분해한 후 thin layer chromatography(cellulose TLC; Merck 5715, 전개용매; methanol:water:6 N HCl:pyridine=80:26:4:10)상에서 전개시켜 LL-DAP 혹은 meso-DAP를 구분하였다. 속 동정한 방선균주는 크게 *Streptomyces* 속과 이를 제외한 희소방선균으로 구분하였으며, 또한 희소방선균은 *Micromonospora* 속과 *Nocardia*, *Amycolata*, *Amycolatopsis*, *Pseudonocardia*를 포함하는 nocardioform 균, 그리고 분리 빈도가 2% 이하인 *Actinomadura*, *Kineosporia*, *Microbispora*, *Nocardiosis*, *Saccharopolyspora*, *Streptosporangium* 속과 미동정 균주를 합한 기타 균주로 세분하였다.

결과 및 고찰

토양 시료의 화학적 특성

본 실험에 사용한 토양 시료의 여러 가지 화학적 특성을 조사한 결과 Table 1에 나타난 바와 같다. 초지, 호숫가, 호수 수심이 얇은 지역의 각 대조구는 호수에 가까울수록 토양 pH가 약산성에서 중성으로 변화하였으며 유기물, 총 질소, 유효 인산, 양이온 농도는 감소하였다. 한편 호수 퇴적

Table 1. Chemical properties of soil samples

Site	pH(1:5)	O.M.(g/kg)	T-N(g/kg)	P ₂ O ₅ (g/kg)	Ex. Cation(mM/kg)		
					Ca	Mg	
Glass land	5.63 ± 0.01	39.8 ± 15.8	4.21 ± 1.32	0.02 ± 0.04	1.08 ± 0.74	0.42 ± 0.11	
Lake shore	6.47 ± 0.41	20.2 ± 6.7	0.76 ± 0.13	0.02 ± 0.02	0.86 ± 0.52	0.57 ± 0.22	
Shallow (5-10 cm) lake	7.09 ± 0.23	13.5 ± 2.3	0.38 ± 0.15	0	0.74 ± 0.00	0.28 ± 0.04	
May 18, 1998	Site 1	5.97 ± 0.25	24.4 ± 1.6	1.73 ± 0.15	0.15 ± 0.04	1.96 ± 0.39	0.56 ± 0.14
	Site 2	5.89 ± 0.15	28.8 ± 0.8	2.07 ± 0.13	0.34 ± 0.00	1.95 ± 0.02	0.49 ± 0.00
Aug. 24, 1998	Site 1	5.78 ± 0.35	22.7 ± 1.4	2.13 ± 0.01	0.30 ± 0.02	1.87 ± 0.13	0.49 ± 0.03
	Site 2	5.86 ± 0.45	21.0 ± 4.9	1.84 ± 0.40	0.16 ± 0.00	1.90 ± 0.19	0.53 ± 0.01

Data (mean ± standard deviation) were obtained from 3 soil samples of each site. O.M.: Organic matter, T-N: Total nitrogen.

층에서 토양 pH는 초지와 비슷한 5.78-5.97 범위였으며 유기물 및 총 질소량의 경우 초지에 비해서는 다소 낮았으나 호수 내 수심이 얇은 곳에 비해서는 더 높았다. 유효 인산 함량은 대조구에 비해 호수 퇴적층에서 특히 높게 나타났으며 양이온 농도도 대조구에 비해 높았다. 그러나 호수 퇴적층과 대조구 간의 이러한 특성 차이와 달리, 장마 전후 정체 및 본류수역 간에는 장마 전 본류수역과 장마 후 정체수역에서 유효 인산 함량이 나머지 토양 시료에서 보다 약 2배가 높은 경우를 제외하고는 뚜렷한 차이가 발견되지 않았다.

대조구 지역에서 방선균의 속 다양성

대조구 지역에서 서로 다른 방선균주를 분리하여 속 다양성을 조사한 결과(Table 2), 초지와 호숫가 지역에서는

총 23-25주 중 *Streptomyces* 속 방선균은 16-17주였으며 회소방선균은 7-8주였다. 또한 호수 수심이 얇은 곳에서는 총 25주 중 *Streptomyces* 속은 18주였으며 회소방선균은 7주였다. 따라서 각 대조구 간에 방선균의 속 다양성은 큰 차이가 없으며 이를 평균적으로 볼 때 *Streptomyces* 속은 17주(70%)가 분리되었으며 회소방선균은 7.3주(30%)가 분리되었다. 이러한 속 다양성은 산림, 밭, 초지, 논 토양에서 조사된 전 연구 결과와 일치하는 것으로 판단된다[9-11].

장마 전 호수 퇴적층에서 방선균의 속 다양성

장마 전 호수 퇴적층에서 서로 다른 방선균주를 분리하여 속 다양성을 조사한 결과(Table 3), 정체수역 site 1에서는 총 50주 중 *Streptomyces* 속은 27주(54.0%)였으며 회소방선균은 23주(46.0%)였다. 이는 대조구 평균에 비해 *Streptomyces* 속은 10주(58.8%)가 많으며 회소방선균은 15.7주(215.1%)가 더 많다. 또한 본류수역 site 2에서는 총 58주 중 *Streptomyces* 속 방선균은 41주(70.7%)였으며 회소방선균은 17주(29.3%)였는데 이는 대조구 평균에 비해 *Streptomyces* 속은 24주(141.2%) 많으며 회소방선균은 9.7주(132.9%)가 더 많다. 각 수역에서 방선균의 분리 빈도를 서로 비교해 볼 때 *Streptomyces* 속은 정체수역 보다 본류수역에서 14주(51.9%) 더 많았으며 회소방선균은 반대로 본류수역 보다 정체수역에서 6주(35.3%) 더 많았다. 따라서 장마 전 호수 퇴적층에서 방선균의 속 다양성은 대조구 등의 일반 토양에 비해 평균 2.4배 정도 높으며, 또한 *Streptomyces* 속과 회소방선균은 각각 정체 및 본류수역에서 더 높은 속 다양성을 나타내는 것으로 판단된다.

장마 후 호수 퇴적층에서 방선균의 속 다양성

장마 후 호수 퇴적층에서 방선균주를 분리하여 속 다양성을 조사한 결과(Table 4), 정체수역(수심 11 m) site 1에서는 총 45주 중 *Streptomyces* 속은 29주(64.4%)였으며 회소방선균은 16주(35.6%)였다. 이는 대조구 평균에 비해 *Streptomyces* 속은 12주(70.6%) 많으며 회소방선균은 8.7주

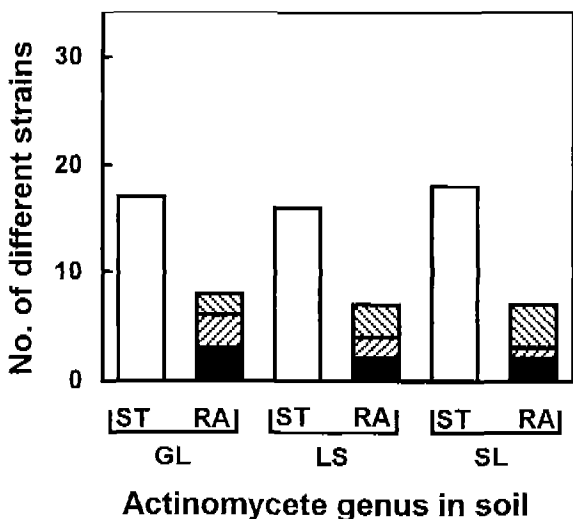


Fig. 2. Genus diversity of Actinomycetes in control soils such as grass land around lake (GL), lake shore (LS), and shallow (5-10 cm) lake (SL).

ST: *Streptomyces* (□), RA: rare actinomycetes including *Micromonospora* (■), Nocardioform (▨), and other genera (▩) of *Actinomadura*, *Kineosporia*, *Microbispora*, *Nocardiopsis*, *Saccharopolyspora*, *Streptosporangium*, and unidentified genera.

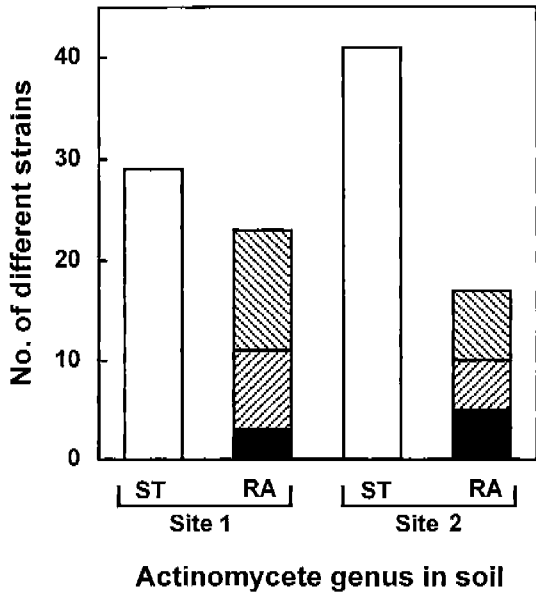


Fig. 3. Genus diversity of actinomycetes in sediments collected at site 1 and 2 of Lake Daechung on May 18, 1998. ST: *Streptomyces* (□), RA: rare actinomycetes including *Micromonospora* (■), *Nocardioform* (▨), and other genera (▩) of *Actinomadura*, *Kineosporia*, *Microbispora*, *Nocardiopsis*, *Saccharopolyspora*, *Streptosporangium*, and unidentified genera.

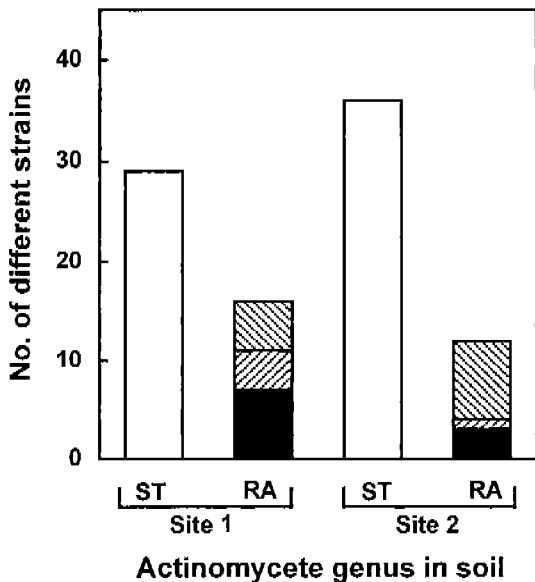


Fig. 4. Genus diversity of actinomycetes in sediments collected at site 1 and 2 of Lake Daechung on August 24, 1998. ST: *Streptomyces* (□), RA: rare actinomycetes including *Micromonospora* (■), *Nocardioform* (▨), and other genera (▩) of *Actinomadura*, *Kineosporia*, *Microbispora*, *Nocardiopsis*, *Saccharopolyspora*, *Streptosporangium*, and unidentified genera.

(119.2%)가 더 많다. 또한 본류수역(수심 26 m) site 2에서는 총 48주 중 *Streptomyces* 속 방선균은 36주(75.0%)였으며 희소방선균은 12주(25.0%)였는데 이는 대조구 평균에

비해 *Streptomyces* 속은 19주(111.8%) 많으며 희소방선균은 4.7주(64.4%) 더 많다. 장마 후 각 수역에서 방선균의 분리 빈도를 서로 비교해 볼 때 *Streptomyces* 속은 정체수역 보다 본류수역에서 7주(24.1%) 더 많았으며 희소방선균은 반대로 본류수역 보다 정체수역에서 4주(33.3%) 더 많았다. 또한 각 수역에서 장마 전과 후에 분리된 방선균의 빈도를 서로 비교해 볼 때 *Streptomyces* 속은 최고 13.9%의 작은 차이를 나타내었으나 희소방선균은 두 수역 모두에서 장마 후 보다 장마 전이 평균적으로 6주(42.8%) 더 많았다. 따라서 장마 후 호수 퇴적층에서 방선균의 속 다양성은 대조구 등의 일반 토양에 비해 평균 1.9배 정도 높으며 *Streptomyces* 속과 희소방선균은 각각 정체 및 본류수역에서 더 높은 속 다양성을 나타내는 것으로 판단된다. 각 수역에서 장마 전후 *Streptomyces* 속 방선균의 속 다양성은 큰 차이가 없으나 각 수역 희소방선균의 속 다양성은 장마 전에 더 높은 것으로 판단된다.

이상의 결과를 종합적으로 살펴볼 때 호수 퇴적층에서 분리된 *Streptomyces* 속의 빈도는 장마 전 본류수역에서 가장(41주) 높았으며 장마 전 정체수역에서는 가장(27주) 낮았는데 이는 대조구 평균 17주에 비해 각각 2.4배와 1.6배 더 높았다. 또한 호수 퇴적층 희소방선균의 분리 빈도는 장마 전 정체수역에서 가장(23주) 높았으며 장마 본류수역에서는 가장(12주) 낮았는데 이는 대조구 평균 7.3주에 비해 각각 3.2배와 1.6배 더 높았다. 따라서 호수 퇴적층은 일반 토양에 비해 *Streptomyces* 속뿐 아니라 희소방선균의 높은 분포 다양성을 나타내는 것으로 판단되며 앞으로 다양한 방선균주의 유용한 분리원으로서 활용될 수 있을 것으로 생각된다.

요 약

대청호수의 site 1(정체수역)과 site 2(본류수역) 지점으로 부터 장마 전(1998년 5월)과 후(1998년 8월)에 각각 하상 퇴적층 토양 시료를 채집하여 서로 다른 방선균주를 분리하고 속 동정하였으며 이를 호수 주변 초지, 호숫가, 호수 내 수심이 얕은(5-10 cm) 곳의 대조구와 비교하였다. 그 결과 호수 퇴적층에서 *Streptomyces* 속 방선균의 분리 빈도는 장마 전 본류수역에서 가장(41주) 높았으나 장마 전 정체수역에서는 가장(27주) 낮았고 이는 대조구 평균 17주에 비해 각각 2.4배와 1.6배 더 높았다. 또한 호수 퇴적층에서 희소방선균의 분리 빈도는 장마 전 정체수역에서 가장(23주) 높았으며 장마 후 본류수역에서는 가장(12주) 낮았는데 이는 대조구 평균 7.3주에 비해 각각 3.2배와 1.6배 더 높았다. 따라서 호수 하상 퇴적층은 일반 토양에 비해 *Streptomyces* 속뿐 아니라 희소방선균의 분포 다양성이 높은 것으로 판단되며 앞으로 다양한 방선균주의 유용한 분리원으로서 활용될 수 있을 것으로 생각된다.

REFERNECES

1. Atlas, R. M. 1993. *Handbook of Microbiological Media*, pp. 126–127. 1st ed. CRC, Florida.
2. Goodfellow, M. and A. G. O'Donnell. 1989. Search and discovery of industrially-significant actinomycetes. *Symp. Soc. Gen. Microbiol.* **44**: 343–383.
3. Hayakawa, M. and H. Nonomura, 1987. Humic acid-vitamin agar, a new medium for the selective isolation of soil actinomycetes. *J. Ferment. Technol.* **65**: 501–509.
4. Holt, J. G., N. R. Krieg, P. H. A. Snea, J. T. Staley, and S. T. Williams. 1994. *Bergey's Manual of Determinative Bacteriology*, pp. 605–703. 9th ed. Williams and Wilkins, Baltimore.
5. Horst, W. 1981. Characteristics of actinomycetes isolated from marine sediments, pp. 309–314. In K. P. Schaal and G. Pulverer (eds.), *Actinomycetes*, suppl. **11**. Gustav Fisher Verlag · Stuttgart, New York.
6. Iwai, Y. and Y. Takahashi. 1992. Selection of microbial sources of bioactive compounds, pp. 281–302. In S. Omura (ed.), *The Search for Bioactive Compounds from Microorganisms*. Springer-Verlag, New York.
7. Kennedy, A. C. and V. L. Gewin. 1997. Soil microbial diversity: Present and future considerations. *Soil Sci.* **162**: 607–617.
8. Kim, C.-J. 1997. Isolation and classification of industrially significant actinomycetes. *Bioindustry News* **10**: 36–42.
9. Kim, C.-J., K.-H. Lee, A. Shimazu, and I.-D. Yoo. 1994. Reisolation frequency of soil actinomycetes on multiple isolation media. *Kor. J. Appl. Microbiol. Biotechnol.* **22**: 329–331.
10. Kim, C.-J., K.-H. Lee, A. Shimazu, O.-S. Kwon, and D.-J. Park. 1995. Isolation of rare actinomycetes on various types of soil. *Kor. J. Appl. Microbiol. Biotechnol.* **23**: 36–42.
11. Kim, P.-K., O.-S. Kwon, C.-Y. Lim, D.-J. Park, and C.-J. Kim. 1997. Genus distribution of soil actinomycetes on different depth. *Kor. J. Appl. Microbiol. Biotechnol.* **25**: 534–536.
12. Kizuka, M., R. Enokita, K. Takahashi, and T. Okazaki. 1997. Distribution of the actinomycetes in the Republic of South Africa investigated using a newly developed isolation method. *Actinomycetol.* **11**: 54–58.
13. Lechevalier, M. P. and H. Lechevalier. 1970. Chemical composition as a criterion in the classification of aerobic actinomycetes. *Int. J. Syst. Bacteriol.* **20**: 435–443.
14. Nisbet, L. J. 1982. Current strategies in the search for bioactive microbial metabolites. *J. Chem. Technol. Biotechnol.* **32**: 251–270.
15. Oh, H.-M., J.-H. Park, M. W. Yun, and J. Maeng. 1997. Relation between phosphorus concentration and distribution of polyphosphate in cyanobacteria at water bloom in Daechung Reservoir. *Kor. J. Limnol.* **30**: 97–106.
16. Oh, I. H. 1998. Ecological studies on Daechung Reservoir. *Kor. J. Limnol.* **31**: 79–87.
17. Oh, K.-C., H.-M. Oh, J.-H. Lee, and J.-S. Maeng. 1995. The diurnal vertical migration of phytoplankton in Daechung Reservoir. *Kor. J. Limnol.* **28**: 437–446.
18. Okami, Y. and K. Hotta. 1988. Search and discovery of new antibiotics, pp. 33–67. In M. Goodfellow (ed.), *Actinomycetes in biotechnology*. Academic Press, London.
19. Okazaki, T. 1987. Rare actinomycetes: New breed of actinomycetes. *J. Microorganism* **3**: 453–461.
20. Park, D.-J., S.-H. Lee, S. H. Park, and C.-J. Kim. 1998. Distribution pattern of soil actinomycetes on the seasonal change. *Kor. J. Microbiol.* **34**: 149–153.
21. Park, D.-J., Y.-S. Yuk, D.-G. Park, S.-H. Lee, H.-M. Oh, and C.-J. Kim. 1998. Microbial distribution at sediments of Lake Daechung. *Kor. J. Microbiol.* **34**: 183–187.
22. Porter, N. and F. M. Fox. 1993. Diversity of microbial products-discovery and application. *Pestic. Sci.* **39**: 161–168.
23. Rural Development Administration. 1988. *Standard Methods for Soil Analysis*, pp. 1–218. Sammi Press Co., Seoul, Korea.
24. Shirling, E. B. and D. Gottlieb. 1966. Methods for characterization of *Streptomyces* species. *Int. J. Syst. Bacteriol.* **16**: 313–340.
25. Steele, D. B. and M. D. Stowers. 1991. Techniques for selection of industrially important microorganisms. *Annu. Rev. Microbiol.* **45**: 89–106.
26. Takashi, S. 1987. Cosmopolitan actinomycetes. *J. Microorganisms* **3**: 482–492.
27. Tate III, R. L. 1997. Soil microbial diversity research: Whither to now? *Soil Sci.* **162**: 605–606.
28. Weinstein, M. J., G. M. Luedmann, E. M. Oden, and G. H. Wagman. 1963. Gentamicin, a new broad-spectrum antibiotic complex. *Antimicrob. Agent Chemother.* 1-7.
29. Zahner, H. 1985. The secondary metabolism of microorganisms: An inexhaustible source for new products. *Pestic. Sci.* **16**: 424–425.

(Received April 19, 1999)