

제주도 토양 방선균의 속 다양성 분포

권오성 · 박동진 · 이찬용¹ · 김창진*

한국과학기술연구원 생명공학연구소, ¹대전대학교 미생물학과

Distribution Pattern of Soil Actinomycetes at Cheju Island. Oh-Sung Kwon, Dong-Jin Park, Chan-Yong Lee¹ and Chang-Jin Kim*. Korea Research Institute of Bioscience and Biotechnology, KIST, P.O. Box 115, Yusong, Taejeon 305-600, Korea, ¹Department of Microbiology, Taejeon University, Taejeon 309-805, Korea - Total 938 actinomycete strains were isolated from 59 soil samples collected at Cheju island. All of these isolates were identified to the genus level based on morphological and physiological characteristics. As the result, 62.6% of those isolates were *Streptomyces*, 16.4% were *Micromonospora*, 8.6% were Nocardioform group, 2.2% were *Actinomadura*, 1.7% were *Microbispora*, 1.6% were *Nocardiosis*, 1.0% were *Streptosporangium*, and 5.9% were the others. As the sources of soil, *Streptomyces* and *Microbispora* were abundant in grassland soil, *Streptomyces* and *Micromonospora* were abundant in field soil, and *Micromonospora* were abundant in forest soil. Especially, Nocardioform strains were abundant in natural caves.

방선균은 원핵 생물로서 균사체로 생육하는 그람 양성 세균이며, 분류학적으로는 균사체를 형성하는 곰팡이의 특징과 핵막이 없는 원핵 세균의 특징을 가지고 있는 미생물이다. 이러한 방선균은 현재 다양한 생리활성물질을 탐색하기 위한 연구 재료로써 많이 이용되고 있다(1). 즉 지금까지 알려진 각종 항생물질 중 40% 이상이 방선균에서 분리되었을 뿐 아니라(2) 많은 효소와 생리활성물질이 방선균으로부터 탐색되어져 왔다.

한편 토양 중의 방선균 분포와 관련한 연구로써는 Okazaki(3), Horst(4), Lechevalier(5) 등의 보고가 있다. 이 중 토양 방선균의 일반적인 분포를 연구한 Lechevalier 등(5)에 의하면 토양 중에는 *Streptomyces* 속이 69.4%로써 가장 많이 존재하며, 그 다음으로 *Micromonospora* 속, *Nocardia* 속, *Streptosporangium* 속의 순서로 11.4%, 6.1%, 2.0%씩 분포하며 *Actinomadura* 속, *Nocardiosis* 속, *Microbispora* 속이 각각 0.9%씩 분포한다고 하였다. 국내에서는 김 등(6)의 연구로써 중부 내륙지역의 방선균 속 다양성 분포를 조사한 바에 따르면 *Streptomyces* 속이 68.4%를 차지하며 최소방선균으로는 *Micromonospora* 속은 6.2%, Nocardioform 군은 9.1%, *Microbispora* 속은 6.2%, *Noacrdiosis* 속은 2.7%, *Actinomadura* 속은 2.3%, *Streptosporangium* 속은 1.8% 등의 순으로 분포한다고 하였다. 그러나 현재까지 수평적, 수직적 환경별로 나누어 체계적으로 방선균의 분포를 연구한 경우는 그리 많지 않다고 하겠다.

한편 선진국에서는 새로운 미생물을 탐색하기 위하여 극지, 사막, 해저 화산 등 극한 환경 하에 존재하는

방선균을 분리하고 있으며(7, 8) 국내에서는 자연 동굴 지역의 방선균을 이용하고자 하는 보고(9) 등이 알려져 있다. 본 연구에서 대상 지역으로 선정된 제주도는 화산재 토양으로 형성되어 있고, 연안에 흐르는 난류의 영향으로 기온의 연교차가 적은 전형적인 해양성 기후를 나타낸다. 그러나 남한 최고봉으로써 표고 1,950 m인 한라산이 섬 중앙에 위치하고 있어 남, 북 지역에 따라 기후 차가 나타난다. 연평균 기온은 16°C이며 국내에서는 최다우 지역이고, 지형에 따른 수직적 변화가 큰 것으로 알려져 있어(10) 다양한 미생물이 서식할 것으로 예상된다.

따라서 본 연구에서는 생리활성물질 탐색을 위한 기초적인 연구 자료로 활용하기 위하여, 제주도내 토양 중에 존재하는 방선균의 속 다양성을 몇 가지 토양 환경별로 조사해 보고자 하였다.

재료 및 방법

균 분리원

균 분리원으로서 제주도를 전역에서 채취한 토양 표층시료 59점을 사용하였는데 기본적으로 각 시료 채취 지점간의 거리는 5 km 이상으로 하였다. 즉 성판악, 영실 입구, 천지연 입구 등에서 수집한 산림 토양시료 15점, 삼의양 오름, 어리목 부근, 관음사 입구 등에서 수집한 초지 토양시료 8점, 파인애플과 오렌지를 포함하는 농작물 재배지에서 수집한 밭 토양시료 9점, 그리고 기타 지역으로서 소나무가 밀집한 지역의 토양시료 4점, 비자림 공원지역의 토양시료 4점, 제동목장 및 호명목장 등 목장지역의 토양시료 2점, 만장굴, 협재굴, 쌍용굴 등 자연 동굴 내부 토양시료 3점, 그리고 기타시료 14점을 공시하였다.

*Corresponding author.

Key words: Cheju island, actinomycetes, distribution, genus, diversity

균 분리 배지

균 분리 배지로서는 방선균을 위한 선택 분리배지로 많이 사용되고 있는 Bennet's agar(glucose 10 g, yeast extract 1 g, Bacto peptone 1 g, beef extract 1 g, agar 20 g, 증류수 1L, pH 7.2)(11)와 humic acid-vitamin agar (humic acid 1 g, Na₂HPO₄ 0.5 g, KCl 1.71 g, MgSO₄·7H₂O 0.05 g, FeSO₄·7H₂O 0.01 g, CaCO₃ 0.02 g, agar 20 g, 증류수 1L, pH 7.2) 배지를 사용하였다(12).

방선균 분리

채취된 각 토양시료는 하룻밤 실온에서 일정량을 건조시킨 후 100°C에서 1시간 열처리하였다. 전 처리된 토양시료는 멸균 생리식염수에 10⁻³~10⁻⁴으로 희석한 후 희석액 0.1 ml씩을 humic acid-vitamin agar와 Bennet's agar 배지에 접종하고 28°C에서 2주간 배양하였다. 배양 후에 나타난 각 colony를 Bennet's agar 배지 상에 옮겨 일정 시간 재 배양하고, 육안 및 현미경 하에서 형태적으로 서로 상이한 균주를 선정하고 순수 분리하였다.

분리 방선균의 속 동정

순수 분리된 각 균주의 형태 및 화학적 특성을 조사하여 속명을 동정하였다. 형태적인 관찰을 위해서는 Bennet's agar 배지 상에서 일정 시간 배양 후 육안 및 광학 현미경(long working distance 렌즈 장착) 하에서 균 동정에 필요한 형태적 특징을 조사하였다. 또한 균사체 세포벽 성분의 하나인 diaminopimelic acid의 형태를 조사하였다. 즉 agar 배지 상에서 적절하게 생육된 일정량의 균체를 취하고 이를 염산으로 가수분해한 후 thin layer chromatography(cellulose TLC, Merck no. 5718, 전개 용매:methanol-H₂O-5N HCl-pyridine=80:15:5:10) 방법(13)으로 분석하였으며, 필요한 경우에는 ISP(International Streptomyces Project) 방법(14)과 Bergey's manual(15)에 준하여 기타의 생리 화학적인 특징을 조사하였다. 그러나 menaquinone, phospholipid, mycolic acid 등의 분석에 의해서 동정 및 구분이 가능한 *Nocardia*, *Amycolata*, *Amycolatopsis*, *Pseudoamycolata*는 구별하지 않고 Nocardioform 균으로 종합하여 분류하였고 menaquinone, phospholipid 등의 분석에 의해 동정이 가능한 *Nocardioopsis*와 *Saccharothrix*는 구별하지 않고 *Nocardioopsis*로 분류하였다. 그리고 이와 같은 몇 가지 방법에 의해 속명을 구분하여 동정하기 어려운 균주들은 기타 균주로서 정리하였다.

결과 및 고찰

본 연구에서는 환경 적으로 특이한 제주도 지역을 대상으로 토양 중 방선균의 속 다양성 분포를 조사한 후 그 결과를 비교하였다. 제주도 전역에서 채취한 총

59점의 토양시료로부터 Bennet's agar 배지와 humic acid-vitamin agar 배지를 이용하여 총 938주의 방선균을 분리하므로써 각 시료당 평균적으로 16균주씩 분리되었다. 이를 각 균 분리원 별로 보면 초지 토양시료 8점에서 106주, 밭 토양시료 9점에서 166주, 산림 토양시료 15점에서 231주의 방선균을 분리하였다. 기타 27점의 토양시료는 해안과 산림에 분포하는 소나무 밀생 지역에서 4점, 비자림 공원 지역에서 4점, 재동 복장과 호명목장 등 목장 지역에서 2점, 그리고 협재굴, 만장굴, 쌍용굴 등 자연 동굴 내 토양시료 3점을 포함하여 제주 골프장, 조천 읍의 논 토양 등 여러 기타 지역에서 채취하였으며 이로부터 435주의 방선균을 분리하였다. 이렇게 분리된 모든 방선균을 동정하여 속명을 결정한 후 제주도의 주요 토양 환경에 해당하는 초지, 밭, 산림과 기타 토양 등으로 대별하여 비교하였다.

초지 토양에서의 방선균 분포

초지 토양시료 8점으로부터 106주의 방선균이 분리되어 시료 당 평균 13주씩으로서 비교적 적게 분리되었다. 이를 각 속별로 보면 Table 1과 같이 *Streptomyces* 속은 67.9%인 72주이었으며 희소방선균으로서 *Micromonospora* 속 균주는 10.4%인 11주, Nocardioform 균주는 4.7%인 5주, *Actinomadura* 속 균주는 2.8%인 3주, *Microbispora* 속 균주는 5.6%인 6주, *Streptosporangium* 속 균주는 1.9%인 2주, 기타 속 균주는 6.6%인 7주이었다.

국내 중부지역 초지에서의 방선균 속 다양성을 조사한 김 등(6, 18)의 연구결과에 의하면 *Streptomyces* 속의 분리 비율은 64.5%, *Micromonospora* 속은 7.5%, Nocardioform 균은 11.2%, *Microbispora* 속은 5.6%,

Table 1. Distribution of actinomycetes at grassland soil

Genus	Sam- ples	Stm.	Mim.	Noc	Sts.	Acm.	Ncp.	Mib.	Etc	Total
	1	13	0	3	1	0	0	1	0	18
	2	10	2	0	0	1	0	1	0	14
	3	12	0	1	0	0	0	1	0	14
	4	5	0	0	0	0	0	0	1	6
	5	16	2	0	0	0	0	0	1	19
	6	4	3	0	0	0	0	2	2	11
	7	1	2	1	0	0	0	1	0	5
	8	11	2	0	1	2	0	0	3	19
Total	72	11	5	2	3	0	6	7		106
(%)	(67.9)	(10.4)	(4.7)	(1.9)	(2.8)	(0.0)	(5.6)	(6.6)		

Stm.; *Streptomyces*, Mim.; *Micromonospora*, Noc; Nocardioform, Sts.; *Streptosporangium*, Acm.; *Actinomadura*, Ncp.; *Nocardioopsis*, Mib.; *Microbispora*, Etc; the other genus.

Table 2. Distribution of actinomycetes at crop field soil

Genus	Stm.	Mim.	Noc	Sts.	Acm.	Ncp.	Mib.	Etc	Total
1	8	2	1	0	1	1	1	1	15
2	17	0	0	0	1	0	0	1	19
3	11	6	2	0	0	0	0	0	19
4	25	6	2	0	0	0	0	1	34
5	14	4	1	1	0	0	0	0	20
6	11	9	3	0	0	0	0	0	23
7	3	0	0	0	0	0	0	0	3
8	7	1	0	0	0	0	0	1	9
9	14	2	2	0	2	2	0	2	24
Total	110	30	11	1	4	3	1	6	166
(%)	(66.3)	(18.1)	(6.6)	(0.6)	(2.4)	(1.8)	(0.6)	(3.6)	

Stm.; *Streptomyces*, Mim.; *Micromonospora*, Noc; Nocardioform, Sts.; *Streptosporangium*, Acm.; *Actinomadura*, Ncp.; *Nocardioopsis*, Mib.; *Microbispora*, Etc; the other genus.

Nocardioopsis 속은 3.7%, *Actinomadura* 속은 5.6% 이었다. 이를 본 연구결과와 비교하면, 제주도 지역 초지 토양에서는 *Streptomyces*, *Microbispora* 속의 분포 비율은 중부지역과 큰 차이가 없었으나 *Micromonospora* 속의 분포 비율은 다소 높은 경향이였으며 *Actinomadura*, *Nocardioopsis* 속과 Nocardioform 군의 분포 비율은 낮은 경향이였다.

밭 토양에서의 방선균 분포

밭 토양시료 9점으로부터 166주의 방선균이 분리되어 시료당 평균 18주씩으로서 비교적 많이 분리되었다. 이를 각 속별로 보면 Table 2와 같이 *Streptomyces* 속은 66.3%에 해당하는 110주이였으며 희소방선균으로서 *Micromonospora* 속 균주는 18.1%인 30주, Nocardioform 군 균주는 6.6%인 11주, *Actinomadura* 속 균주는 2.4%인 4주, *Nocardioopsis* 속 균주는 1.8%인 3주, 기타 속 균주는 3.6%인 6주이였다. 국내 중부지역 밭 토양에서의 방선균 속 다양성을 연구한 김 등(6, 16)에 의하면 *Streptomyces* 속의 분리비율은 67.9%, *Micromonospora* 속은 3.8%, Nocardioform 군은 7.6%, *Microbispora* 속은 9.2% *Nocardioopsis* 속은 5.3%, *Actinomadura* 속은 1.5%이였다. 이를 본 연구 결과와 비교하면, 제주도 지역 밭 토양에서는 *Streptomyces*, *Actinomadura* 속과 Nocardioform 군 분포 비율은 중부지역과 큰 차이가 없었으나 *Micromonospora* 속의 분포 비율은 크게 높은 경향이였으며 *Nocardioopsis*와 *Microbispora* 속의 분포 비율은 낮은 경향이였다.

산림 토양에서의 방선균 분포

산림 토양시료 15점으로부터 231주의 방선균이 분

Table 3. Distribution of actinomycetes at forest soil

Genus	Stm.	Mim.	Noc	Sts.	Acm.	Ncp.	Mib.	Etc	Total
1	15	1	0	0	1	1	0	0	18
2	6	3	1	0	2	0	0	4	16
3	8	0	0	0	0	0	0	1	9
4	10	1	0	0	0	0	2	0	13
5	8	2	0	2	1	0	1	0	14
6	14	1	2	0	0	0	0	1	18
7	20	1	0	1	0	0	0	0	22
8	10	4	0	0	0	0	0	1	15
9	12	5	0	0	0	0	0	11	28
10	1	4	0	0	0	0	0	5	10
11	10	4	3	0	0	0	1	1	19
12	0	1	0	0	0	0	0	1	2
13	13	5	1	0	1	0	0	2	22
14	5	5	0	0	0	2	0	0	12
15	6	6	1	0	0	0	0	0	13
Total	138	43	8	3	5	3	4	27	231
(%)	(59.7)	(18.6)	(3.5)	(1.3)	(2.2)	(1.3)	(1.7)	(11.7)	

Stm.; *Streptomyces*, Mim.; *Micromonospora*, Noc; Nocardioform, Sts.; *Streptosporangium*, Acm.; *Actinomadura*, Ncp.; *Nocardioopsis*, Mib.; *Microbispora*, Etc; the other genus.

리되어 시료당 평균 15주씩 분리되었다. 이를 각 속별로 보면 Table 3과 같이 *Streptomyces* 속은 59.7%인 138주이였으며 희소방선균 으로서 *Micromonospora* 속 균주는 18.6% 인 43주, Nocardioform 군 균주는 3.5%인 8주, *Actinomadura* 속 균주는 2.2%인 5주, *Microbispora* 속 균주는 1.7%인 4주, 기타 속 균주는 11.7%인 27주 이였다.

국내 중부지역 산림토양에서의 방선균 속 다양성을 연구한 김 등(6, 16)에 의하면 *Streptomyces* 속의 분리 비율은 73.0%, *Micromonospora* 속은 4.5%, Nocardioform 군은 7.2%, *Microbispora* 속은 4.5%, *Actinomadura* 속은 1.8% 이였다. 이를 본 연구 결과와 비교하면 제주도 지역 산림 토양에서는 *Streptomyces*, Nocardioform 군의 분포 비율은 다소 낮은 경향이였으며, *Micromonospora* 속의 경우 특히 높은 경향이였다. 한편 *Actinomadura*, *Streptosporangium* 속의 분포 비율은 중부 지역과 큰 차이가 없었다.

기타 지역 토양에서의 방선균 분포

초지, 밭, 산림을 제외한 기타 지역에서 채집된 토양시료 27점으로부터 총 435주의 방선균이 분리되어 각 시료당 평균적으로 16주씩 분리되었으며 이를 각 토양 환경별로 정리하면 Table 4와 같다.

먼저 목장지역 토양시료 2점으로부터는 34주의 방선균이 분리되어 비교적 적게 분리되었다. 각 속별로

Table 4. Distribution of actinomycetes at various different sites

Samples Genus	<i>Stm.</i>	<i>Mim.</i>	Noc	<i>Sts.</i>	<i>Acm.</i>	<i>Ncp.</i>	<i>Mib.</i>	Etc	Total
Ranch (%)	18(52.9)	6(17.7)	3(8.8)	0(0.0)	3(8.8)	1(2.9)	0(0.0)	3(8.8)	34
Pine tree area (%)	24(51.0)	12(25.5)	2(4.3)	2(4.3)	1(2.1)	2(4.3)	4(8.5)	0(0.0)	47
Bijalim park (%)	33(67.3)	6(12.2)	3(6.1)	0(0.0)	2(4.1)	0(0.0)	1(2.1)	4(8.2)	49
Natural cave (%)	26(37.7)	12(17.4)	22(31.9)	0(0.0)	1(1.4)	0(0.0)	0(0.0)	8(11.6)	69
Others (%)	166(70.3)	34(14.4)	27(11.5)	1(0.4)	2(0.8)	6(2.5)	0(0.0)	0(0.0)	236
Total (%)	267(61.4)	70(16.1)	57(13.1)	3(0.7)	9(2.0)	9(2.0)	5(1.2)	15(3.5)	435

Stm.; *Streptomyces*, *Mim.*; *Micromonospora*, Noc; Nocardioform, *Sts.*; *Streptosporangium*, *Acm.*; *Actinomadura*, *Ncp.*; *Nocardiosis*, *Mib.*; *Microbispora*, Etc; the other genus.

Table 5. Distribution of actinomycetes from various types of soil at Cheju island

Soil type Genus	<i>Stm.</i>	<i>Mim.</i>	Noc	<i>Sts.</i>	<i>Acm.</i>	<i>Ncp.</i>	<i>Mib.</i>	Etc	Total
Grass land (%)	72(67.9)	11(10.4)	5(4.7)	2(1.9)	3(2.8)	0(0.0)	6(5.7)	7(6.6)	106
Field (%)	110(66.3)	30(18.1)	11(6.6)	1(0.6)	4(2.4)	3(1.8)	1(0.6)	6(3.6)	166
Forest (%)	138(59.7)	43(18.6)	8(3.5)	3(1.3)	5(2.2)	3(1.3)	4(1.7)	27(11.7)	231
Other sites (%)	267(61.4)	70(16.1)	57(13.1)	3(0.7)	9(2.0)	9(2.0)	5(1.2)	15(3.5)	435
Total (%)	587(62.6)	154(16.4)	81(8.6)	9(1.0)	21(2.2)	15(1.6)	16(1.7)	55(5.9)	938

Stm.; *Streptomyces*, *Mim.*; *Micromonospora*, Noc; Nocardioform, *Sts.*; *Streptosporangium*, *Acm.*; *Actinomadura*, *Ncp.*; *Nocardiosis*, *Mib.*; *Microbispora*, Etc; the other genus.

보면 *Streptomyces* 속은 52.9%인 18주이었으며 *Micromonospora* 속은 17.7%인 6주, *Actinomadura* 속과 Nocardioform 군 군주는 각각 8.8%인 3주씩이었다. 이를 제주도 전체 평균치와 비교해 보면 *Actinomadura* 속의 분포 비율이 비교적 높은 경향이었으며, *Streptomyces* 속은 적게 분포하고 있었다.

소나무 밀생 지역 시료 2점으로부터는 47주의 방선균이 분리되어 비교적 적게 분리되었다. 각 속별로 보면 *Streptomyces* 속은 51%인 24주로써 비교적 적게 분포하는 경향이었으며 *Micromonospora* 속 군주는 25.5%인 12주, *Microbispora* 속 군주는 8.5%인 4주가 분리되어 많이 분포하고 있었다.

비자림 지역 토양시료 4점으로부터는 49주의 방선균이 분리되어 비교적 적게 분리되었다. 각 속별로 보면 *Streptomyces* 속은 67.3%인 33주이었으며, *Micromonospora* 속 군주는 12.2%인 6주, Nocardioform 군 군주는 6.1%인 3주가 분리되므로써 제주도 전체 평균치와 큰 차이가 없었다.

특히 환경지역인 동굴 토양시료 3점으로부터는 69주의 방선균이 분리되어 시료당 평균 23주씩으로서 가장 많이 분리되었다. 각 속별로 보면 *Streptomyces* 속은 37.7%인 26주이었으며, *Micromonospora* 속 군주는 17.4%인 12주, Nocardioform 군 군주는 31.9%인 22주, 기타 속 군주는 11.6%인 8주이었다. 이를 제주도 전체 평균치 및 국내 내륙지역 동굴 토양의 방선균 속 다양성을 연구한 임 등(9)의 결과와 비교해 볼 때, *Streptomyces* 속의 분리 비율이 특히 낮은 반면에 Nocardio-

form 군의 분리 비율이 특히 높았으며 기타 속에 속하는 군주도 많이 분리되어 속 다양성이 풍부한 경향이였다. 이는 자연 동굴이 직사광선의 영향을 거의 받지 않으며, 연중 내부 온도 변화가 적다는 것 등 복합적인 환경 요인과 관련한 것으로 생각되어 앞으로 지속적인 연구가 필요할 것으로 판단된다.

제주도내 토양중의 전반적인 방선균 분포

제주도 내의 초지, 밭, 산림, 농장, 목장, 소나무 밀생 지역, 비자림 공원, 자연 동굴 지역 등 총 59점의 시료로부터 938주를 분리하여 방선균의 속 다양성 분포를 조사한 결과를 종합하면 Table 5와 같다. 그 결과를 토양 환경별로 보면, 초지에는 *Streptomyces* 속과 *Microbispora* 속 군주가 풍부하였고, 밭에는 *Streptomyces* 속과 *Micromonospora* 속 군주가 풍부하였고, 산림에는 *Micromonospora* 속과 기타 속 군주가 풍부하였으며 기타 지역과 더불어 방선균의 속 다양성이 풍부한 편이었다.

그리고 각 속별로 보면 전체적으로 *Streptomyces* 속 군주가 62.6%인 587주 분리되었다. 이는 중부 지역 토양에서의 평균치인 68.4%와 비교했을 때 큰 차이는 없었다(6). 희소방선균 속 중에서 *Micromonospora* 속 군주는 16.4%인 154주가 분리되었는데 중부 지역 평균치인 6.2%에 비해 특히 많이 분리되는 경향이였다(6). Nocardioform 군의 경우 8.6%인 81주가 분리되었으며 중부 지역 평균치인 11.8%에 비해 적게 분리되는 경향이였다. 기타의 희소방선균으로서 *Actinomadura* 속

균주는 2.2%인 21주, *Microbispora* 속 균주는 1.7%인 16주 등의 순으로 분리되었다. 이상과 같이 전반적으로 내륙의 중부 지역과 비교해서 아주 큰 차이는 없었으나, 각 토양환경에 따라서는 어느 정도 차이가 나타났다. 특히 자연 동굴 지역 등에서 희소방선균 속이 높은 비율로 분포하고 있는 것으로 볼 때 환경 요인에 의해서 방선균의 속 다양성 분포가 크게 달라진다는 것을 알 수 있었다.

요 약

제주도 전역에서 채집한 59점의 토양시료로부터 총 938주의 방선균을 분리하였다. 분리된 각 균주의 형태적, 생리적 특성을 조사하고 이를 기준으로 속명을 동정하므로써 제주도 지역 토양 방선균의 속 다양성을 비교하였다. 그 결과 *Streptomyces* 속 방선균이 62.6%를 차지하였으며 *Micromonospora* 속은 16.4%, *Nocardioform* 균은 8.6%, *Actinomadura* 속은 2.2%, *Microbispora* 속은 1.7%, *Nocardiosis* 속은 1.6%, *Streptosporangium* 속은 1.0%, 나머지 기타 속은 5.9%이었다. 토양 환경별로 보면, 초지에는 *Streptomyces* 속과 *Microbispora* 속 균주가 풍부하였고, 밭에는 *Streptomyces* 속과 *Micromonospora* 속 균주가 풍부하였고, 산림에는 *Micromonospora* 속과 기타 속 균주가 풍부하였으며 기타 지역과 더불어 방선균의 속 다양성이 풍부한 편이었다. 그리고 특히 자연 동굴 토양에서는 *Streptomyces* 속의 분포 비율이 높지 않았으며 상대적으로 *Nocardioform* 균주의 분포 비율이 특히 높았다.

참고문헌

1. Tanaka, Y. and S. Omura. 1990. Metabolism and products of actinomycetes-an introduction. *Actinomycetol.* **4**: 13-14.
2. Berdy, J. 1984. New ways to obtain new antibiotics. *J. Antibiotics.* **7**: 278-290.
3. Okazaki, T. 1987. Rare actinomycetes-new breed of actinomycetes. *J. Microorganism.* **3**: 453-461.

4. Horst, W. 1981. Characteristics of Actinomycetes isolated from marine sediments, 1981. *Actinomycetes, zbl. Bakt. Suppl.* **11** Pp. 309-314. Gustav Fischer Verlag, Stuttgart New York.
5. Lechevalier, H.A. 1989. A practical guide to generic identification. Pp. 2344-2347. In S.T. Williams, M.E. Sharpe, and J.G. Holt (ed.). *Bergey's Manual of Systematic Bacteriology*, Vol. 4, Williams and Wilkins, Baltimore.
6. 김창진, 권오성 등. 1995 토양 특성에 따른 다양한 희소방선균의 분리. *Kor. J. Appl. Microbiol. Biotechnol.* **23**(1): 36-42.
7. Chen-Lin Jiang, Li-Hua Xu and Guang-Yuan Guo. 1993. A study on alkalophilic actinomycetes in Yunnan. *Actinomycetol.* **7**: 58-64.
8. Amira, M. and Ji-Sheeg, Ruan. 1994. *Nocardiosis* halophilic actinomycetes isolated from soil. *Int. J. Syst. Bacteriol.* **44**: 474-478.
9. 임채영, 권오성, 김창진 등. 1995. 국내 자연동굴 방선균의 속 다양성. 한국산업미생물학회 추계학술발표.
10. 강구진, 김근수 등. 1982. 동아시아대백과 사전. 동아출판사 **25**: 113-124.
11. Jones, K.L. 1949. Fresh isolates of actinomycetes in which the presence of sporogenous aerial mycellium is a fluctuating characteristic. *J. Bacteriol.* **57**: 141-145.
12. Hayakawa, M. and H. Nonomura. 1987. Humic acid-vitamin agar, new medium for the selective isolation of soil actinomycetes. *J. Ferment. Technol.* **65**: 501-509.
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. Shirling, E.B. and D. Gottlieb. 1966. Methods for characterization of *Streptomyces* species. *Int. J. Syst. Bacteriol.* **16**: 313-340.
15. Holt, J.G., N.R. Krieg, P.H.A. Sneath, J.T. Staley, and S.T. Williams. 1994. *Bergey's Manual of Determinative Bacteriology*. Pp. 605-703. 9th ed. Williams and Wilkins, Baltimore.
16. 김판경, 권오성, 김창진 등. 1995. 토양별 깊이에 따른 방선균의 속 다양성과 분포특성. 한국산업미생물학회 춘계 학술발표.

(Received 21 December 1995)