한국생태학회지 25(5):353~358, 2002 Korean J. Ecol.

소나무과 식물이 지닌 Monoterpenes가 *Escherichia coli*와 *Aspergillus nidulans*의 성장저해에 미치는 영향

이 은 주 · 김 종 희†
경남대학교 생물학과

적 요: 소나무과 식물(곰솔, 리기다소나무 및 소나무)이 지닌 monoterpene의 표준시약 12가지를 4가지 농도별로 *Escherichia coli*와 *Aspergillus nidulans*에 처리하여 성장 저해 효과를 조사하였다. *E. coli*의 성장 저해 효과가 있는 것들은 (R)(−)carvone, (S)(+)carvone, (1R)(−)fenchone, (-)menthone, α-pinene, (1S)(−)verbenone 그리고 (+)β-pinene이었고, 이들 중에서 가장 높은 성장 저해 효과를 보이는 것은 (+)β-pinene이었다. 그리고 *A. nidulans*에 성장 저해 효과를 보이는 것들은 (R)(−)carvone, (S)(+)carvone, (+)β-pinene, geranyl-acetate, α-pinene 그리고 (1S)(−)verbenone이었다. 본 실험에서 *A. nidulans*에 성장 저해 효과를 나타내는 monoterpene은 대부분 *E. coli*에서도 저해효과를 보이는데, 다만 geranyl-acetate는 *E. coli*에서는 전혀 영향을 미치지 않는 것으로 나타났다. 또한 (1R)(−)fenchone과 (−)menthone은 *E. coli*의 성장 억제를 하는 반면, *A. nidulans*의 성장에는 영향이 없었다. 특히 주목할 만한 점은 myrcene, sabinene, bornyl acetate 그리고 limonene의 경우 두 종 모두에서 성장 저해 효과가 전혀 나타나지 않았다.

검색어: 성장 저해 효과, *A. nidulans*, *E. coli*, Monoterpenes

서 론

식물의 번식과 생존 경쟁에 중요한 역할을 하는 이차대사산물은 이차화합물질이라고도 부르며 alkaloids, terpenoids 그리고 phenolic compounds가 여기에 속한다(Dey and Harbone 1997). Terpene중에서 정유(essential oils)는 휘발성 monoterpenes와 sesquiterpenes로 구성되는데, monoterpenes는 휘발성 물질로서 식물의 잎에서 독특한 냄새를 풍긴다(Harbone 1997). 식물의 terpenes나 phenol물질들은 초식 곤충과 동물들에 대한 식물의 화학적 방어 기작에 중요한 역할을 하는 것으로 보고되었다(길 등 1991, Langenheim 1994, Karamanoli *et al.* 2000). 또한 이 물질들은 미생물의 성장에도 영향을 미친다(이와 김 1999, Janssen *et al.* 1987). 현재까지 식물의 이차화합물이 미생물의 성장에 미치는 영향에 관한 연구들이 많이 진행되고 있는데(이 등 1997, 이와 김 1999, Karamanoli *et al.* 2000, Schmidt *et al.* 2000, White 1991), 몇몇의 식물들에 있어 이들의 이차대사화합물은 초식자, 곰팡이 그리고 세균 등의 성장에 저해 효과를 나타내는 것으로 알려져 있고, 특히 잎에서 생산되는 정유는 농도에 따라 또는 대상 식물들에 따라 그 효과가 다른 것으로 보고되고 있다(Champagne *et al.* 1992, Cuvelier *et al.* 1996, Hammer *et al.* 1999, Yamaji *et al.* 1999, Souto *et al.* 2000).

특히 Sivropoulou 등(1995), Dimitra 등(2000), Pino 등(2001)과 Devarajan 등(2002)의 연구는 식물이 함유하고 있는 정유의 특성을 분석하고, 분석된 정유를 이용하여 항미생물의 효과를 농도별로 연구하였다. *Swietemia mahogani*에서 분리된 7종류의 limonoids 물질들과 *Khaya senegalensis*로부터 분리된 5종류의 limonoid가 *Puccinia archidis*에 대해 각각 다른 저해 작용이 있어, 같은 화합물이라도 그들의 구조적 특징이나 이성질체에 따라 각각 다른 저해 작용을 보이는 것으로 Govindachari 등(1999)은 보고하였다. 그러나 아직까지 이에 대한 연구들은 대부분 외국식물이 지니고 있는 monoterpene에 관한 연구들이 대다수이다. 우리나라의 경우 식물의 monoterpene에 관한 몇몇 연구들(김 1996, 1997, 1998, 김과 김 1999)은 식물이 지닌 함량의 변이에 관한 것들이 대부분이었다. 이에 본 연구에서는 *E. coli*와 *A. nidulans*가 우리나라 소나무과 식물들(곰솔, 리기다소나무 및 소나무)이 생산하는 주요 monoterpene들에 대해 농도별로 얼마만큼의 성장 저해 효과가 있는지 알아보고자 한다.

재료 및 방법

실험균주 및 배양방법

본 연구에 사용된 monoterpene들은 강과 김(1997)의 연구에서 보고된 주요 monoterpene 12가지를 선택하여(Table 1), 상용화된 표준시약(Sigma, Fluka, 순도 90%~99%)을 이용하였다. 실험에 사용한 균주는 *E. coli*와 *A. nidulans*를 사용하였으며, *E. coli*는 한국화학기술연구원 생명공학연구소 유전자센타 유전자은행(K.C.T.C.)로 부터 분양받은 No. 1116을 이용하였고, *A. nidulans*

본 연구는 경남대학교 2002년 학술연구비에 의하여 지원되었음.
†Author for correspondence; Phone: 82-55-249-2242, e-mail: biokim@kyungnam.ac.kr

Table 1. Major leaf monoterpenes(μg/g.f.w.) from *Pinus thunbergii* (Pt), *P. rigida*(Pr) and *P. densiflora*(Pd). Data obtained from Kang and Kim (1997)

Monoterpene	Pt	Pr	Pd
α-Pinene	0.011	0.005	0.005
Sabinene	0.488	0.001	0.021
β-Pinene	2.419	0.079	0.283
Myrcene	0.071	0.009	0.025
Limonene	0.002	t	0.01
Fenchone	0.014	t	0.019
Menthone	0.003	t	0.001
Verbenone	0.002	-	t
Carvone	t	-	0.001
Bornyl acetate	0.038	t	0.004
Geranyl acetate	0.009	0.001	0.002

- means no identification.
t means trace, less than 0.001㎍/g.f.w.

는 K.C.T.C.로부터 분양받은 No. 6048을 이용하였다.

실험에 사용되어진 배지는 *E. coli*의 경우 NYGY(Nutrient Broth Tryptose Glucose Yeast extract, Tryptose 5g, Yeast 5g, Glucose(or Dextrose) 1g, K_2HPO_4 1g, Agar 20g, Distilled Water 1L)를 사용하여 32℃의 incubator에서 2일간 배양하여 terpene에 의한 성장저해 실험에 사용하였다. 또 *A. nidulans*의 경우는 Malt Extract Agar 배지(Malt extract 20g, Glucose 20g, Peptone 1g, Agar 20g, Distilled Water 1L)를 사용하여 25℃의 incubator에서 1주일간 배양하여 성장저해 실험에 사용하였다.

Terpene의 *E. coli*에 대한 성장저해 실험

32℃의 incubator에서 2일간 배양된 *E. coli*를 멸균 생리식염수 10ml에 현탁시킨 후, NTGY배지에 200 μL씩 무균대 내에서 접종하여 도말하였다. 멸균 건조된 지름 0.6 cm의 filter paper를 petri-dish 중앙에 놓고, terpene 표준시약을 filter paper에 1 μL씩 첨가하였고, 표준시약들은 pentane에 희석하여 incubator에서 배양하면서 4가지 농도(1, 0.6, 0.3, 0.1 μL)에 의한 영향을 24시간, 48시간 간격으로 clear zone을 각각 측정하였고, 한 농도당 5개의 petri-dish를 사용하여 2회 반복 실험하여 그 평균치를 사용하였다.

Terpene의 *A. nidulans*에 대한 성장저해 실험

*A. nidulans*의 성장은 *E. coli*와 달리 완전 성숙기간으로 1주일이 소요된다. 따라서, *A. nidulans*의 성장에 대한 monoterpene의 영향을 관찰하기 위하여 성숙시기에 따른 두 가지의 실험을 하였다. 즉 ① *A. nidulans*의 포자를 malt extract agar 배지에 접종한 후, 동시에 *E. coli*와 같은 방법으로 filter paper를 petri-dish의 중앙에 놓고 monoterpene 표준시약들을 농도별로 첨가하여 성장저해 실험을 하였으며, ② 25℃의 incubator에서 1주일간 배양한 성숙된 *A. nidulans*에 멸균 건조된 filter paper를 2장씩 포개어 petri-dish 중앙에 놓고 (R)-carvone과 (S)+carvone의 표준시약들을 1 μL씩 접종시킨 후, 2일간 배양하면서 clear zone의 직경(mm)을 측정하였다.

표준시약이 첨가되지 않은 *E. coli*와 *A. nidulans*를 각각의 성장 조건대로 배양하여 대조구로서 비교하였다.

결과 및 고찰

Terpene의 *E. coli*에 대한 성장저해

실험에 사용된 12가지의 monoterpene 가운데 myrcene, sabinene, bornyl acetate, limoene 그리고 geranyl acetate는 *E. coli*에 대해 1 μL 농도에서 조차도 clear zone이 형성되지 않았다. 따라서 *E. coli*의 성장에 영향을 미친 monoterpene은 다음 7가지였다(Fig. 1). Fig. 1은 *E. coli*의 성장저해에 영향을 준 monoterpene들의 24시간 배양한 후의 clear zone 크기를 비교한 것이며, Fig. 2는 *E. coli*의 성장에 영향을 준 monoterpene들의 clear zone 사진들의 일부이다. 이 중에서 (+)β-pinene(Fig. 2-a)은 소나무과의 소나무, 곰솔 그리고 리기다소나무에서 모두 많이 나타나는 주요 monoterpene으로 알려져 있는데(강과 김 1997), 1 μL농도에서는 35mm로 가장 큰 clear zone을 형성하였으며, 0.6 μL농도에서는 50%이하로 (12mm) 급격히 감소하나, 그 이하의 낮은 농도에서의 저해효과는 비슷하게 나타났다. 또한 α-pinene(Fig. 2-b)과 (S)-(+)-carvone의 경우도 β-pinene과 유사하게 1 μL농도에서 저해효과가 큰 것 (각각 23mm, 13mm)으로 나타났으나, 0.6

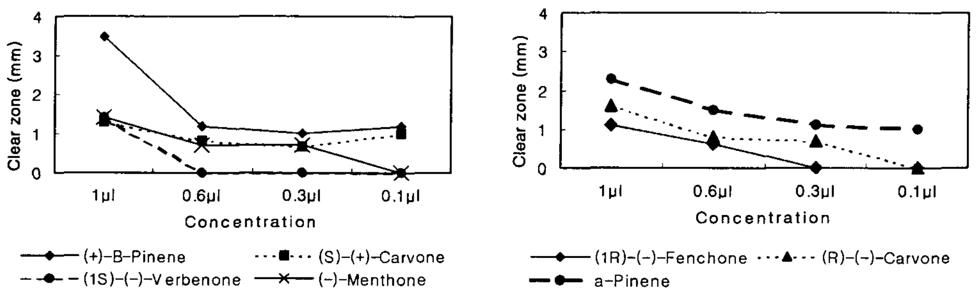


Fig. 1. The effects of each monoterpene on growth of *E. coli* after 24-hr incubation.

μL농도이하에서의 효과는 비슷한 것으로 나타났다. 그러나 이들 세 종류의 monoterpene들은 최하의 농도인 0.1 μL에서도 그 효과가 지속적으로 나타났다. 따라서 소나무과가 함유하고 있는 monoterpene 가운데, 특히 α-pinene과 β-pinene은 그들의 함량이 많고(Table 1), 낮은 농도에서도 *E. coli*의 성장저해에 효과가 있다는 점을 고려한다면 *E. coli*의 성장저해에 충분히 응용할 수 있을 것이다.

한편 (1S)-(−)-verbenone(Fig. 2-c)은 1 μL농도(14mm) 외의 다른 농도에서는 전혀 저해 효과가 없었으며, fenchone 역시 1 μL농도(11mm)와 0.6 μL농도(7mm)에서만 저해효과가 있었다. 그러나 (−) menthone과 (R)-(−)carvone은 0.001 μL농도에서만 효과가 없었고, 그 외의 농도에서는 지속적인 저해효과가 나타났다. Menthone은 Rohloff(1999)와 Maffei 등(2001)에 의하면 *Mentha* x *piperita*의 정유에서 상당량 검출되는 monoterpene이고, 대부분의 mint식물들이 함유한 화합물로서 (−)menthol, (−) menthone, (+)menthofuran 그리고 (+)menthyl acetate 등의 이성질체 등의 화합물들과 함께 mint식물들에 함유되어 있다고 보고했다. Sivropoulou 등(1995)에 의하면 menthone류의 화합물들은 *E. coli*와 *Staphylococcus* sp.의 변종들에 큰 성장 억제 효과를 나타내는 것으로 보고되어졌다. Dimitra 등(2000)의 연구에 의하면, 수종의 향식물들(aromatic plants)의 정유가 *Penicillium digitatum*의 성장에 독성을 가지는 것으로 보고하였고, Pino 등(2001)과 Devarajan 등(2002)도 식물이 생산해 내는 정유가 antifungal activity를 가진다고 하였다. 이렇듯이 식물이 생산하는 정유에는 많은 양의 monoterpene이 함유되어 있기 때문에 결국 monoterpene에 의한 항미생물작용이라는 점에서는 본 연구결과와 일치한다. 그러나 그들의 연구는 특정의 monoterpene에 대한 antifungal activity를 조사한 것이 아니라 특정의 식물이 생산해 내는 총 정유(mono-와 sesquiterpene 포함)의 효과를 관찰한 것이었다.

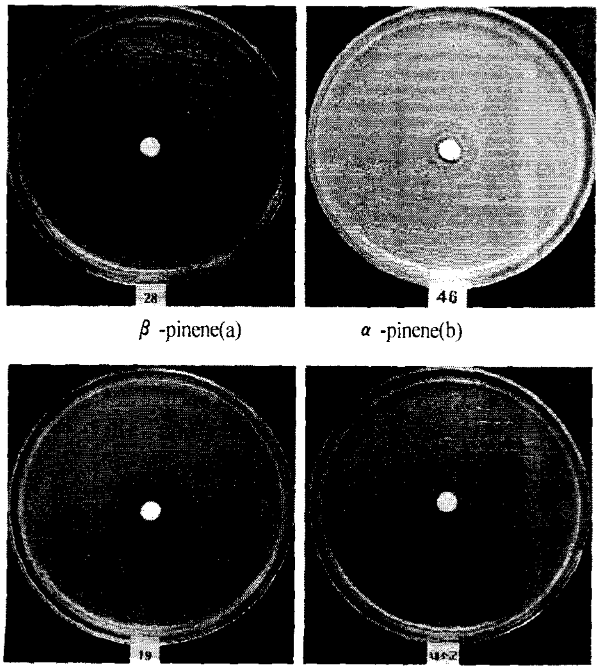


Fig. 2. Antiactivity of monoterpenes for growing of *E. coli*.

Terpene의 *A. nidulans*에 대한 성장저해

실험에 사용된 12가지의 monoterpene 가운데 myrcene, sabinene, bornyl acetate, limoene 그리고 fenchone은 *A. nidulans*에 대해 1 μL농도에서 조차도 clear zone이 형성되지 않았다. Fenchone을 제외한 이 화합물들은 *E. coli*에서도 영향을 주지 않은 화합물들이었다. Fig. 3은 *A. nidulans*의 성장저해에 영향을 준 monoterpene들의 24시간 동안 형성된 clear zone을 농도별로 관찰한 것이다. Fig. 3에서 살펴보면 *E. coli*에 대한 monoterpene의 영향과는 달리 (R)-(−)carvone과 (S)-(+)carvone은 1 μL 농도에서 *A. nidulans*의 성장저해에 강한 영향을 보이다가 0.3 μL 농도에서는 전혀 영향을 보이지 않는 경향을 보였다. 또한 verbenone, geranyl acetate, α-pinene 그리고 β-pinene등은 1 μL 농도에서 약간의 clear zone이 형성되어, 약한 저해 현상을 보였으나, 마찬가지로 0.3 μL 농도 이하에서는 전혀 영향을 보이지 않았다. 본 연구 결과로 살펴보았을 때 carvone의 경우 *E. coli*보다는 *A. nidulans*(85mm)에 보다 민감한 것으로 판단된다. 왜냐하면, 1 μL 농도에서 clear zone이 (*E. coli*, 16mm; *A. nidulans*, 85mm)훨씬 크다가 0.3 μL 농도에서 갑자기 그 효과가 없는 것으로 나타나기 때문이다. 따라서 본 연구에서는 carvone의 효과를 보다 더 자세히 살펴보기 위하여, 일주일간 배양한 *A. nidulans*에 (R)-carvone과 (S)+carvone의 표준시약 1 μL 농도를 접종하여 1시간 단위로 관찰한 결과(Fig. 4), 처음 clear zone이 나타난 것은 접종 2시간 후 7mm의 clear zone이 나타났고, 3시간 후에는 15mm, 9시간까지 꾸준히 증가하다가 10시간 이후부터는 clear zone의 크기의 변화가 없었다.

본 연구에서는 앞선 연구에서 밝혀진 소나무과 식물의 주요 monoterpene의 표준시약들을 이용하여 *E. coli*와 *A. nidulans*의 성

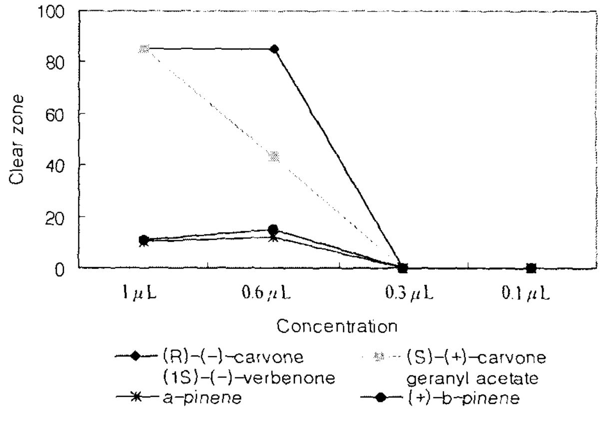
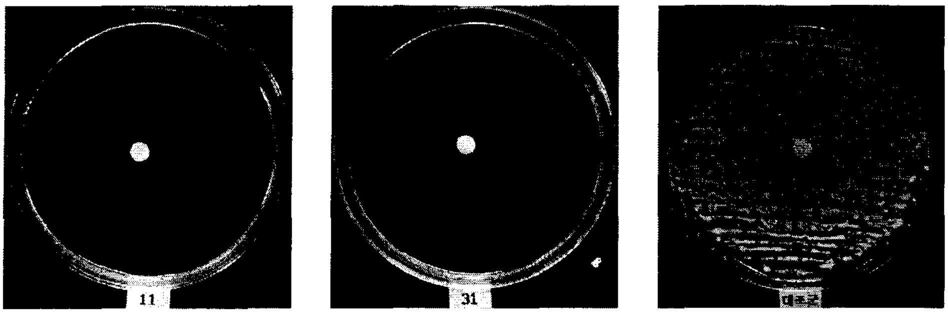


Fig. 3. The effects of each monoterpene on growth of *A. nidulans* for 24 incubation.



(R)-(-)carvone (s)-(+)carvone control

Fig. 4. The effects of (R)-(-)carvone and (S)-(+)carvone on *A. nidulans* after one week culture. *A. nidulans* disappeared from added (R)-(-)carvone and (S)-(+)carvone in this photos.

장저해효과를 조사하였다. 같은 화합물이라도 대상 균주에 따라 그 저해효과가 달랐으며, 농도에 따라 차이가 나타났다. *E. coli* 보다는 *A. nidulans*가 더 민감하게 반응을 나타내, 성장저해 뿐만 아니라 포자 발아가 되지 않아 clear zone의 크기 아닌 petri-dish 전체에 저해효과를 보였다. 한편 이 결과들은 단지 12가지의 monoterpene의 표준시약들을 이용하였을 뿐, 식물들에서 직접 추출되어지는 화합물들을 이용한다면 *E. coli*와 *A. nidulans*의 성장저해효과에 다른 결과를 얻을 수도 있을 것이다. 그러나 식물에서 추출되는 화합물은 어떤 화합물에 의한 영향인지를 정확하게 알 수 없다는 점에서 본 연구의 의의가 있다고 사료되며, 소나무과의 주요 monoterpene의 특징인 α -pinene과 β -pinene이 *E. coli*와 *A. nidulans*, 두 종 모두에서 저해효과가 있음으로, Himejima 등(1992)과 Tellez 등(2001)이 제시한 것처럼 소나무를 이용한 천연 항균제나 살균제로의 개발 가능성이 높은 것으로 사료된다.

인용문헌

강호남, 김종희. 1997. 곰솔, 리기다소나무 및 소나무의 Monoterpenoids. 한국생태학회지 20: 323-328.

김종희. 1998. 제비쑥(*Artemisia japonica*) 잎에서의 Monoterpenoids의 계절적 변이. 한국생태학회지 21: 263-268.

김종희. 1996. 쑥에 함유된 Monoterpenes의 함량과 조성의 계절적 변이. 한국생태학회지 19: 321-328.

김종희. 1997a. 산국에서의 Terpenes 함량의 변이. 한국생태학회지 20: 397-403.

김종희. 1997b. Variation of Monoterpenoids of *Artemisia feddei* and *Artemisia scoparia*. 한국생태학회지 20: 267-274.

김종희, 김해수. 1999. 돼지풀 잎의 성장기동안 Monoterpenes 조성과 계절적 변이. 한국생태학회지 22: 155-161.

길봉섭, 김영식, 윤경원. 1991. 쑥에 들어있는 생장억제 물질의 작용. 한국생태학회지 14: 121-135.

이호준, 김용옥, 장남기. 1997. 수종 식물의 분비물질이 종자발아와 균류성장에 미치는 알레로파시 효과. 한국생태학회지 20: 181-189.

이호준, 김용옥. 1999. Allelochemicals 함유 식물의 항균효과. 한국생태학회지 22: 51-58.

Ahmad, A. and L. N. Misra. 1994. Terpenoids from *Artemisia annua* and constituents of its essential oil. Phytochemistry 37: 183-186.

Blum, U., K. L. Staman, L. J. Flint and S. R. Shafer. 2000. Induction and/or selection of phenolic acid-utilizing bulk-soil and rhizosphere bacteria and their influence on phenolic acid pytotoxicity. J. Chem. Ecology 26: 2059-2078.

Champagne, D. E., K. O. Isman, M. B. Scudder and G. H. N. Towers. 1992. Biological activity of limonoids from the Rutales. Phytochemistry 31: 377-394.

Cuvelier, M. E., H. Richard and C. Berset. 1996. Antioxidative activity and phenolic composition of pilot-plant and commercial extracts of sage and rosemary. J. Am. Oil Chem. S℃. 73: 645-651.

Devarajan, T., S. Anitha, T. Pullaiah, O. N. Reddy and O. S. Ramachandraiah. 2002. Essential oil constituents and in vitro antimicrobial activity of *Decalepis hamiltonii* roots against foodborne pahtogens. J. Agric. Food Chem. 50: 3147-3149.

Dey, P. M. and J. B. Harbone. 1997. Plant Biochemistry. Academic Press, London. pp 503-515.

Dimitra, J. D., B. N. Ziogas and M. G. Polissiou. 2000. GC-MS analysis of essential oils from some Greek aromatic plants and their fungitoxicity on *Penicillium digitatum*. J. Agric. Food Chem. 48: 2576-2581.

Govindachari, T. R., G. Shresh, B. Banumathy, S. Masilamani, G. Gopalakrishnan and G. N. K. Kumari. 1999. Antifungal activity of some B, D- seco Limonoids from two meliaceous plants. J. Chem. Ecology 25: 923-933.

Harbone, J. B. 1997. Plant secondary metabolism. *In* M. J. Crawley (ed.), Plant Ecology. Blackwell Science, Oxford. pp132-155.

Hammer, K. A., D. F. Carson and T. V. Riley. 1999. Antimicrobial

activity of essential oils and other plant extracts. J. Appl. Microbiol. 86: 985-990.

Himejima, M., K. Hobson, T. Otsuka, D. Wood and I. Kubo. 1992. Antimicrobial terpenes from oleoresin of ponderosa pine tree *Pinus ponderosa*: A defense mechanism against microbial invasion. J. Chem. Ecol. 18: 1809-1818.

Janssen, A. M., N. L. J. Chin, J. J. C. Scheffer and B. Svendsen. 1987. Screening for antimicrobial activity of some essential oils by the agar overlay technique. Pharm. Weekb. Sci. 8: 89-292.

Karamanoli, K., D. Vokou, U. Menkissoglu and H. I. Constantinidou. 2000. Bacterial colonization of phyllosphere of mediterranean aromatic plants. J. Chem. Ecology 26: 2035-2048.

Kim, J. H. and J. H. Langenheim. 1994. The effects of *Pseudotsuga menziesii* monoterpenoids on nitrification. Korean J. Ecol. 17: 251-260.

Langenheim, J. H. 1994. Higher plant terpenoids: A phytocentric overview of their ecological roles. J. Chem. Ecol. 20:1223-1280.

Maffei, M., W. Camusso and S. Sacco. 2001. Effect of *Mentha* x *piperita* essential oil and monoterpenes on cucumber root membrane potential. Phytochemistry 58:703-707.

Pino, P. A. C., C. D. Bishop and M. J. Pascual-Villalobos. 2001. Antifungal activity of the essential oil of flowerheads of garland chrysnathemum (*Chrysanthemum coronarium*) against agricultural pathogens. Phytochemistry 57: 99-102.

Rohloff, J. 1999. Monoterpene composition of essential oil from Peppermint(*Mentha* x *piperita* L.) with regard to leaf position using solid-phase microextraction and gas chromatography/mass spectrometry analysis. J. Agric. Food Chem. 47: 3782-3786.

Sivropoulou, A., S. Kokkini, T. Lanaras and M. Arsenakis. 1995. Antimirobial Activity of Mint Essential Oils. J. Agric. Food. Chem. 43: 2384-2388.

Souto, C., F. Pellissier and G. Chiapusio. 2000. Allelopathic effects of humus phenolics on growth and respiration of mycorrhizal fungi. J. Chem. Ecology 26: 2015-2023.

Schmidt, S. K., D. A. Lipson and T. K. Raab. 2000. Effects of willows(*Salix brachycarpa*) on populations of salicylate-mineralizing microorganisms in alpine soils. J. Chem. Ecology 26: 2049-2057.

Tellez, M., R. Estell, E. D. Fredrickson, J. Powell, D. Wedge, K. Schrader and M. Kobaisy. 2001. Extracts of *Flourensia cernua* (L): Volatile constituents and antifungal, antialgal, and antitermite bioactivities. J. Chem. Ecol. 27: 2263-2273.

White, C. S. 1991. The role of monoterpenes in soil nitrogen cycling processes in ponderdsa pine. Biogeochemistry 12: 43-68.

Yamaji L., Y. Fukushi, Y. Hashidoko, T. Yoshida, and S. Tahara. 1999. Characterization of antifungal metabolites produced by *Penicillium* species isolated from seeds of *Picea glehnii*. J. Chem. Ecology. 25: 1643-1653.

(2002년 9월 25일 접수; 2002년 10월 10일 채택)

Antimicrobial Activity of the Monoterpenes of *Pinus* Plants on *Escherichia coli* and *Aspergillus nidulans*

Lee, Eun-Ju and Jong-Hee Kim†

Department of Biological Sciences, Kyungnam University, Masan 604-701, Korea

ABSTRACT : We examined the effect of 12 main monoterpenes in Pinus plants on growth inhibition of *Escherichia coli* and *Aspergillus nidulans*. We tested four concentrations of each compound by comparing the clear zone with controls. (R)-(-)carvone, (S)(+)carvone, (1R)(-)fenchone, (-)menthone, α-pinene, (1S)(-)verbenone and (+)β -pinene had a inhibition effect on *E. coli*. (R)-(-)carvone, (S)(+)carvone, (+) β -pinene, geranyl-acetate, α-pinene, and (1S)(-)verbenone had inhibitory effects on the growth of *A. nidulans*. Geranyl-acetate inhibit growth of *A. nidulans*, however not to *E. coli*. And (1R)(-)fenchone and (-)menthone inhibit growth of *E. coli*, but not to *A. nidulans*. Myrcene, sabinene, bornyl acetate, and limonene had no inhibitory effects on *E. coli* and *A. nidulans*, eventhough at the highest concentration. All these results suggested that some selected monoterpenes had antifungal activities depend on the species of microorganism.

Key words : Antifungal activity, *A. nidulans*, *E. coli*, Monoterpenes