

동해안 사구로부터 Auxin을 생산하는 *Bacillus cereus* A-139의 분리 및 그 특성

소재현¹⁾ · 김덕진¹⁾ · 신재호¹⁾ · 유춘발²⁾ · 이인구^{1)*}

¹⁾경북대학교 농업생명과학대학 응용생명과학부, ²⁾대구대학교 식품공학과
(2009년 12월 8일 접수, 2009년 12월 26일 수리)

Isolation and Characterization of *Bacillus cereus* A-139 Producing Auxin from East Coast Sand Dunes

Jai-Hyun So¹⁾, Duk-Jin Kim¹⁾, Jae-Ho Shin¹⁾, Choon-Bal Yu²⁾, and In-Koo Rhee^{1)*} (¹⁾School of Applied Biosciences, Kyungpook National University, Daegu 702-701, Korea, ²⁾Department of Food Science and Engineering, Daegu University, Gyeongsan, 714-712, Korea)

ABSTRACT: A bacterium, which was named to be *Bacillus cereus* A-139, secreting auxin was isolated from the east coast sand dunes in Korea. The secretion of auxin was confirmed by HPLC. When cultured in LB broth, *Bacillus cereus* A-139 produced 16.12 µg/mL auxin after 8 days in LB broth. *Bacillus cereus* A-139 produced 49 µg/mL auxin and 162.6 µg/mL by the addition of 2% tryptone and 0.1% tryptophan, respectively. The root growth of *Arabidopsis thaliana* was retarded by *Bacillus cereus* A-139 culture broth up to 57% but the formation of lateral roots was increased up to almost twice after 4 days incubation. Also the formation of lateral roots of mung bean was increased up to 57% after 10 days incubation.

Key Words: Auxin, *Bacillus cereus*, Root growth retardation, Sand Dunes

서 론

해안사구는 해안지역의 보호와 서식하는 식물자원의 보존을 위해 중요시 되고 있다. 많은 사람들이 환경보존의 심각성을 인식하여 무분별한 개발과 오염으로 인해 점차 사라져 가는 해안사구의 보호를 위해 노력을 하고 있다¹⁾. 훼손된 사구의 복원은 여러 가지 인위적인 방법이 사용될 수 있지만 생태학적인 복원은 가장 자연스러운 복원이 될 것으로 생각할 수 있다.

식물들은 체내에서 생육에 필요한 여러가지 식물호르몬을 합성할 수 있음에도 불구하고 외부에서 공급된 여러 식물 호르몬에 대하여 생리적으로 영향을 받을 수 있다. 그러므로 이러한 사구 식물체도 여러가지 식물 호르몬을 생성하는 미생물 군에 의하여 생육을 조절 받을 수 있다고 생각된다. 여러

미생물이 생산하는 식물 성장에 관여하는 식물 호르몬들로는 auxin, gibberellin, cytokinin 등이 알려져있다²⁾. 여러 미생물 중 auxin을 생성하는 미생물로는 *Azotobacter*, *Azospirillum*, *Bacillus*, *Pseudomonas*, *Rhizobium* 등이 알려져 있으며 이들은 식물 주위에서 auxin을 생성하여 식물체에 공급할 수 있을 것으로 생각된다³⁻⁷⁾. 식물 호르몬 중 auxin은 생장중인 줄기나 뿌리 끝 또는 어린잎에서 생성되어 줄기나 뿌리의 신장부로 옮겨져 그 부분의 세포 성장을 촉진하는 효과를 가진 식물 호르몬으로서 가장 많이 발견되는 auxin은 indole acetic acid(IAA)이다. 이러한 auxin의 식물체내에서의 역할은 생장의 촉진, 생식작용, 생장방향의 조절(굴광성), 정단우세, 그리고 뿌리의 유도등이 알려져 있다. Denvender 등(1984)은 *Azospirillum*이 생산하는 IAA가 숙주의 분근을 유도함을 확인하였고⁴⁾ Atzorn (1988) 등은 *Rhizobium sp.*이 생산하는 IAA와 콩과 식물의 nodulation과의 연관관계를 연구하였으며⁵⁾ Louis (1922)는 식물병원성 균인 *Pseudomonase savastanoi*가 식물 조직에 감염 시 높은 농도의 IAA를 생성하여 절부의 분화를 촉진한다고 발표하였다⁹⁾.

*연락처:

Tel: +82-53-950-5718 Fax: +82-53-953-7233
E-mail: ikrhee@knu.ac.kr

Auxin이 하는 역할 중 가장 큰 역할인 생장의 촉진, 즉 줄기와 자엽초의 신장과 뿌리의 신장, 뿌리의 발근 촉진의 역할은 auxin의 농도에 따라 달라진다. 대개 auxin의 성장촉진 효과는 아주 낮은 농도에서 나타나는데 줄기의 경우 10^{-6} - 10^{-5} M 이 최적의 농도이며 이 농도를 넘어설 경우 오히려 신장 생장이 저해된다. 뿌리의 경우 auxin의 농도가 10^{-8} M 이상이 되면 주근의 생장이 저해를 받아 더 성장하지 못하는 경향이 있지만 측근은 높은 auxin의 농도에서 오히려 생장이 촉진된다¹⁰. 이러한 성질을 이용하여 합성 auxin인 phenoxy 화합물인 2,4-D(2,4-dinitrophenol)와 PCP(pentachlorophenol), MCPA(2-methyl-4-chlorophenoxyacetic acid) 등은 제초제로 널리 사용되고 있으며 또한 이러한 성장억제효과를 이용해 식물왜화제로도 이용되고있다¹¹. 이러한 auxin과 합성 auxin은 실제로 제초제와 식물왜화제등으로 많이 쓰이고 있고 또 auxin을 생산하는 미생물은 많이 분리되고 연구되고 있지만 이들 미생물체와 식물체와의 관계는 아직 많은 연구가 되어 있지 않다.

식물의 생육에 영향을 줄 수 있는 물질을 생산하는 미생물군의 분포를 조절하여 사구식물의 생육을 조절할 수 있다면 훼손된 사구지역의 생태학적 복원에 많은 도움을 줄 수 있을 것으로 생각된다. 따라서 본 연구에서는 사구식물에서 식물의 생장에 가장 큰 영향을 줄 수 있고 생육을 조절할 수 있다고 생각되는 균주를 분리하고 그 중 가장 auxin의 생산성이 뛰어난 균주를 선발하여 동정하고 그 특성을 조사하였다.

재료 및 방법

토양 시료의 채취

Auxin 생산 세균의 분리를 위하여 2008 년 8 월 사구가 잘 발달되어 있는 덕천, 고래불, 대천 해수욕장의 해안사구에서 사구식물 근권 토양시료 80 여점을 채취하였다. 채취된 토양은 배양에 사용하기 전까지 4°C에서 보관하였다.

Auxin생산 균의 분리 및 동정

채취한 토양 1 g을 살균생리식염수에 희석하여 평판희석법으로 LB(Luria-Bertani) agar 배지에 도말 하여 30°C에서 2 일간 배양하여 총 150 여종의 단독 colony를 확보하였다. 이들 단독 colony를 LB배지에 배양 후 배양액을 받아낸 후 3 일이 지난 애기장대에 처리하여 측근의 발육을 촉진하는 균주를 선발하였다. 또한 이들 단독 colony를 다시 적당한 간격으로 0.1%의 tryptophan이 함유된 LB agar배지에 이식한 뒤 다시 30°C에서 2 일간 배양하여 colony가 확립된 후 Salkowski 시약(5% perchloric acid 100 mL, 0.05 M ferric chlorid 2 mL)을 분산하여 암조건에서 30분간 반응시킨 후 붉은 색을 띠는 colony를 선발 하였다. 이 colony를 LB agar 배지에 streaking 하여 Salkowski 시약을 분산하여 발색을 최종 확인하였다.¹² 분리된 균의 동정은 균의 염

색체 DNA를 분리한 후 이를 주형으로 하여 PCR을 이용하여 16S ribosomal DNA를 증폭하였다. 이때 사용한 primer로는 27F(5'-AGAGTTTGATCCTGGCTCAG-3')와 1492R(5'-GTTACCTTGTACGACTT-3')을 사용하였다. 증폭된 DNA를 정제하여 염기서열을 분석하여 Ribosomal Database Project site(<http://rdp.cme.msu.edu/index.jsp>)를 이용하여 비교 분석하였다.

분리균에 의한 auxin의 생산

분리된 균주의 auxin생산성을 확인하기 위하여 분리 균의 종배양액을 50 mL의 LB broth에 1%되게 접종하여 30°C에서 배양하였다. 배양 중 24 시간 마다 배양액을 1 mL씩 채취하여 12,000 rpm에서 10 분간 원심분리한 후 배양상등액에 Salkowski 시약과 1:2(v/v)로 섞은 후 암조건에 30 분간 반응하였다. 이후 이 반응액을 535 nm에서 흡광도를 측정하고, 표준물질로 시판되고 있는 IAA를 사용하여 표준곡선을 작성하여 분리된 균주의 생육에 따른 auxin의 생성량을 정량하였다.

애기장대의 root growth assay

배양액이 식물 생육에 어떠한 영향을 주는 지 확인하기 위하여 애기장대를 모델 식물로 하여 그 뿌리의 생육을 조사하여 보았다. 먼저 애기장대의 종자를 70% 에탄올에 약 5 분간 침지한 후 살균수로 1 회 세척하였다. 이후 종자 살균액(락스:Triton X-100:살균수 = 3:2:2)에 다시 약 5 분간 침지한 후 살균수로 5 회 세척하였다. 살균된 종자를 암조건에서 4 일간 저온처리를 한 후 top agar를 이용하여 MS배지(Duchefa Biochemie, Haarlem, Netherlands)에 잘 퍼뜨려 growth chamber(26°C, 5,000 lux)에서 발아 시켰다. 또한 5 일간 배양한 균주 배양액을 0.22 µm membrane filter(Adventec, Pleasanton, CA)로 여과한 후 살균된 20 mL의 MS agar 배지에 500 µL를 첨가한 후 MS agar plate를 제조하였다. Growth chamber에서 5 일간 발아시킨 애기장대를 균 배양액이 첨가된 MS agar plate와 균 배양액이 첨가되지 않은 MS agar plate로 이식하여 24 시간 마다 그 뿌리의 생육을 측정하였다.

분리균주의 발근 촉진 test

녹두발근생검법¹³을 이용하여 균주 배양액의 발근 촉진효과를 관찰 하였다. 시중에서 구할 수 있는 녹두를 애기장대의 종자 살균과 같은 방법으로 살균 후 습윤살균한 상토가 채워진 16 cm × 16 cm × 14 cm의 화분에 점과를 하였다. 이후 26°C, 5000 lux의 광원하의 growth chamber에서 제1 본엽과 제2 본엽이 날 때까지 3 일간 배양하였다. 이 후 최대한 균일한 크기의 유묘를 채집하여 자엽을 제거하였다. 자엽 밑의 하배축을 3 cm남기고 칼로 절단한 후 살균된 증류수 5 mL와 5 일간 배양한 균주의 상정액을 filter한 배양액을 50

μL 첨가한 배양액에 넣은 후 26°C, 5000 lux의 광원하의 growth chamber에서 10일간 배양한 후 길이 1 mm 이상의 발근수를 측정하였다.

Auxin의 확인을 위한 TLC 및 HPLC

Salkowski test의 경우 auxin유도체에 대해서도 발색을 나타내므로 auxin의 분비를 정확히 확인하기 위해 TLC와 HPLC를 실시하였다. KB media에 각 균주를 5 일간 배양 후 균주배양 상정액을 phosphoric acid를 이용하여 pH 2.8로 조정한 다음 ethyl acetate로 추출하였다. 추출된 sample을 silica gel 60 F254 sheet(Merck, Darmstadt, Germany)에서 TLC를 행하였다. 이 때 전개액은 dichlorometane 3 mL와 Methanol 300 μL를 혼합하여 사용하였다. HPLC 분석을 위하여 사용한 column은 Phenomenex runa C18 column (4.6 x 150 mm, 5 μm)을 사용하였으며, mobile phase는 50 mM KH₂PO₄와 acetonitrile을 7 : 3으로 혼합한 용액을 위해 였다. 이때 flow rate는 1 mL/min이며 검출은 UV detector를 사용하였다.

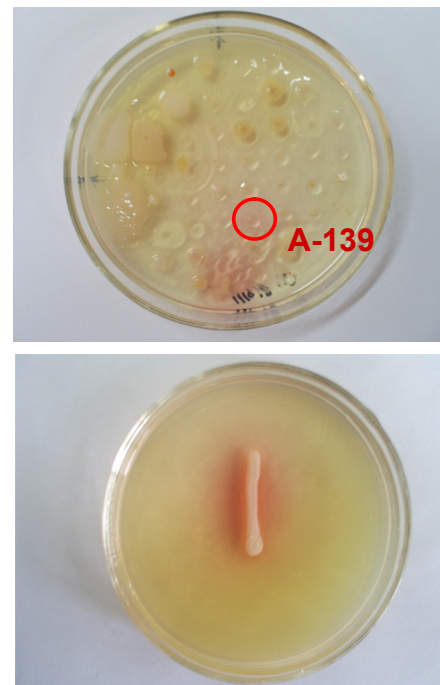


Fig. 1. Color test for indolic compounds secretion of *Bacillus cereus* A-139 using Salkowski reagent.

결과 및 고찰

해안사구로부터 auxin 생산 균주의 선발 및 동정

토양 sample 5 g을 살균생리식염수에 희석한 뒤 tryptophan이 0.1% 함유된 LB agar 배지에 도말하여 30°C에서 2 일간 배양하였다. 이후 Salkowski 시약 10 mL를 colony가 형성된 plate에 살포하여 암조건에서 30 분간 반응시킨 후 붉은색의 환이 생성된 균주를 골라 tryptophan이 0.1% 함유된 LB agar배지에 다시 Streaking 한 후 Salkowski 시약과의 반응성을 향상시켜 다시 확인하였다. Fig. 1에서와 같이 붉은 환을 형성하는 균주 중 가장 강한 붉은 환을 형성하는 균주를 선발하였다. 또한 이들 균주를 LB배지에 배양한 후 이 배양액을 발아된 후 3 일이 지난 애기장대에 처리하여 측근의 발육을 촉진하는 균주를 선발하였다(데이터 미제시). 선발된 균주의 동정은 염색체 DNA를 분리한 후 이를 주형으로 하여 27F와 1492R primer를 이용하여 16S rDNA 염기서열을 증폭하여 염기서열을 분석하였다. 그 결과 *Bacillus cereus*와 99%의 상동성을 보였다 (데이터 미제시).

분리된 *Bacillus cereus* A-139의 auxin생산성 조사

LB 배지에서 *Bacillus cereus* A-139의 생육도와 auxin의 생산량을 측정한 결과 배양 4 일까지 사용하였다. 대수 증식기를 보이고 그 이후 정지기로 들어가는 것을 알 수 있었다. Auxin의 생산은 배양 8 일 후 16.1 μg/mL로 가장 높았으며 그 이후 감소하는 것으로 나타났다(Fig. 2). Tryptone에 의한 *Bacillus cereus* A-139의 auxin의 유도생산을 조사한 결과 tryptone의 첨가량이 증가할수록 auxin의 생성이 증가하였고 2%의 tryptone을 첨가하였을 때 auxin의 생산성이

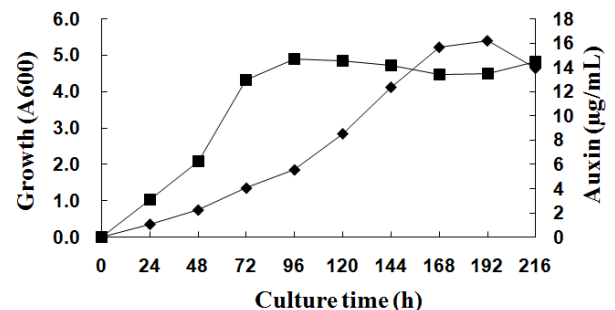


Fig. 2. Auxin production of *Bacillus cereus* A-139 by culture time.

◆ ; Auxin(μg/ mL), ■ ; Growth (A600)

가장 좋았다. 배양 6 일째 auxin의 생산이 49.0 μg/mL로 가장 높았으며 그 후 감소하는 경향을 나타내었다(Fig. 3). Auxin의 전구체인 tryptophan이 auxin의 생산에 미치는 영향을 조사하였다(Fig. 4). 그 결과 역시 tryptophan의 농도가 증가할수록 auxin의 생성은 증가하는 것을 확인하였으며 0.1%의 tryptophan을 첨가한 경우 배양 7 일째 auxin의 생산은 162.6 μg/mL로 가장 높았다. Frankenberger (1990)는 auxin의 전구물질인 tryptophan을 토양에 처리하여 식물 뿌리의 건물중량을 조사한 결과 약 1.3 배가 증가한다는 보고를 하였다¹⁴⁾. 또한 Strzelczyk(1984)의 보고에 따르면 소나무의 근권에서 분리한 대부분의 미생물들은 auxin의 생산에 기본적으로 tryptophan을 필요로 하며 tryptophan이 없는 배양 배지에서는 auxin을 생산하지 못한

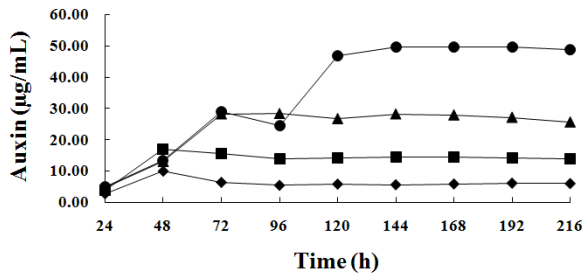


Fig. 3. Effect of tryptone on auxin production in *Bacillus cereus* A-139.

◆ ; Tryptone 0.1%, ■ ; Tryptone 0.5%, ▲ ; Tryptone 1.0%, ● ; Tryptone 2.0%

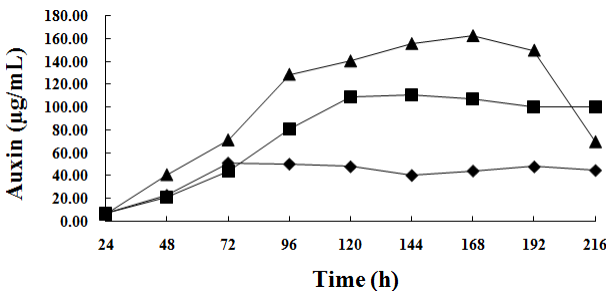


Fig. 4. Effect of tryptophan on auxin production in *Bacillus cereus* A-139.

◆ ; Tryptophan 0.01%, ▲ ; Tryptophan 0.05%, ■ ; Tryptophan 0.1%

다고 보고하였다¹⁵⁾. 그러므로 실제로 토양 중에 존재하는 auxin을 생성할 수 있는 미생물의 분포와 tryptophan의 양을 고려해 볼 때 이들의 상관관계는 더 많은 연구를 필요로 하는 것으로 생각된다.

TLC와 HPLC를 이용한 auxin의 확인

분리된 *Bacillus cereus* A-139의 auxin생성을 확인하기 위하여 TLC와 HPLC를 실시하였다. 추출된 배양액의 TLC와 HPLC결과는 IAA를 표준물질로 비교하였다. 그 결과 *Bacillus cereus* A-139에서 추출된 물질은 TLC상에서 IAA와 동일한 Rf치를 보였으며(Fig. 5) HPLC상에서 같은 retention time을 보여 동일한 물질로 확인 되었다(Fig. 6).

Bacillus cereus A-139 배양액의 주근 생장저해 효과 및 측근발근촉진 효과

대개 auxin은 줄기의 경우 10^{-6} - 10^{-5} M 이 최적의 농도이며 뿌리의 경우 auxin의 농도가 10^{-8} M 이상이 되면 주근의 생장이 저해를 받아 더 생장하지 못하는 경향이 있지만 측근은 높은 auxin의 농도에서 오히려 생성이 촉진된다¹⁰⁾. 이러한 경향을 확인하기 위하여 애기장대와 녹두를 이용하여 주근의 생장저해 효과와 발근촉진효과를 확인하였다. Fig. 7에서와 같이 *Bacillus cereus* A-139 배양액을 함유한 MS배지 상에서 애기장대의 주근은 배양액을 함유하지 않은 배지

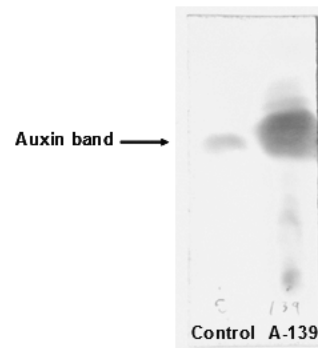


Fig. 5. TLC analysis of *Bacillus cereus* A-139 cultured broth extracted by ethyl acetate on the silica gel plate.

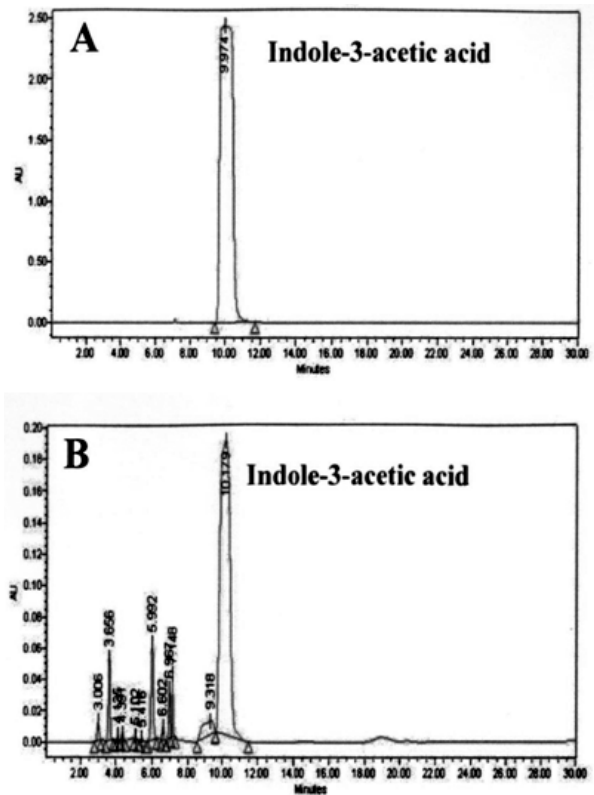


Fig. 6. HPLC chromatograms of *Bacillus cereus* A-139 culture broth extracted by ethyl acetate. A, indole acetic acid standard; B, ethyl acetate extract of culture broth.

상의 주근에 비해 현저히 생육이 저해되는 것을 확인할 수 있었으며 Fig. 8에서와 같이 주근의 길이를 매일 측정 한 결과 *Bacillus cereus* A-139 배양액을 함유한 MS배지 상에서 4 일 후 주근의 길이는 약 15 mm 정도 생육한 것에 비해 배양액을 함유하지 않은 MS배지 상에서의 주근의 길이는 약 35 mm까지 생육하였다. 이러한 결과로 *Bacillus cereus* A-139의 배양액 중에 함유된 IAA에 의한 뿌리 생육억제 작용에 의한 것으로 추측된다. 또한 매일 생성되는 측근의 개수를 측정 한 결과 *Bacillus cereus* A-139 배양액을 함유한 MS배

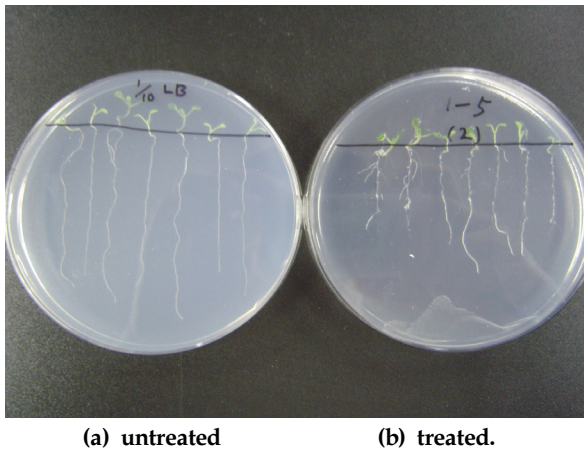


Fig. 7. Root growth retardation of *Arabidopsis thaliana* treated with *Bacillus cereus* A-139 culture broth.

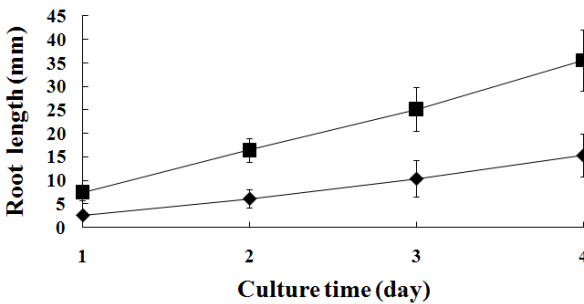


Fig. 8. Root Growth retardation of *Arabidopsis thaliana* treated with *Bacillus cereus* A-139 culture broth. ■ ; untreated, ◆ ; treated

지 상에서 4 일 후 측근의 개수는 평균 5.5개가 형성되는 데 비해 배양액을 함유하지 않은 MS배지 상에서의 측근의 개수는 평균 2.5 개로 배양액을 함유한 MS배지 상에서 4 일 후 측근의 개수가 약 2 배 정도 많았다(Fig. 9). 이러한 측근형성효과를 녹두를 이용하여 확인하였다. 그 결과 *Bacillus cereus* A-139 배양액을 함유한 상태에서 배양한 녹두는 10 일 후 약 54 일개의 측근을 생성하였으나 *Bacillus cereus* A-139 배양액을 함유하지 않은 상태에서 배양한 녹두는 약 3.2 개의 측근을 생성하였다(Fig. 10). 이러한 결과들로서 해안사구 근권에서 분리한 *Bacillus cereus* A-139는 auxin을 분비하는 것으로 확인을 할 수 있었다. 이러한 auxin을 분비하는 균주가 해안사구 근권에 많이 분포하거나 또는 이러한 균주에 의해 과량의 auxin이 분비된다면 이주 적은 농도에서의 auxin에 의한 식물생장촉진효과 보다는 생장이 억제되고 또 주근의 발육은 억제되고 측근의 발육이 촉진될 가능성이 있는 것으로 생각할 수 있다. 그러므로 해안사구의 보호와 사구식물의 보호를 위해서는 이러한 과량의 auxin을 분비하는 미생물들의 생육분포를 조절할 필요가 있을 것으로 생각된다. 이러한 효과를 잘 이용한다면 사구지역의 토양을 보호할 가능성이 있다고 생각된다.

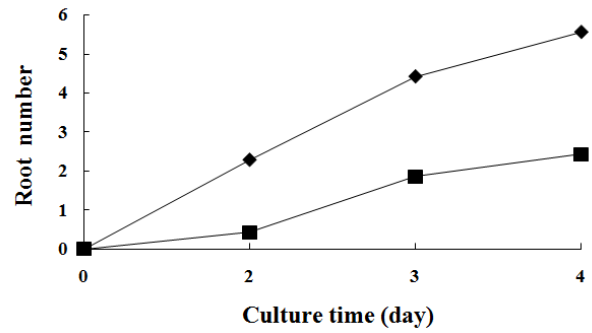


Fig. 9. Lateral root growth assay of *Arabidopsis thaliana* treated with *Bacillus cereus* A-139 culture broth. ■ ; untreated, ◆ ; treated

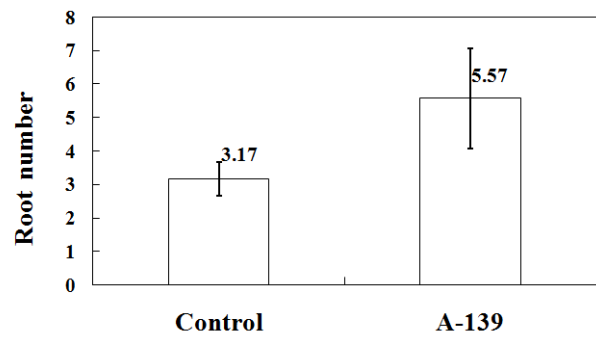


Fig. 10. Lateral root growth promotion assay of mung bean treated with *Bacillus cereus* A-139 culture broth.

요 약

해안사구로부터 auxin을 분비하여 식물의 생육을 조절할 수 있을 것으로 생각되는 한 균주를 분리 선발하여 *Bacillus cereus* A-139 로 동정하였다. 분리된 *Bacillus cereus* A-139 의 배양액을 HPLC로 확인한 결과 IAA를 생성하는 것으로 확인 되었으며 LB배지상에서 배양했을 때 auxin의 생산은 배양 8일 후 16.1 µg/mL 로 가장 높았으며 2%의 tryptone 을 첨가하였을 때 배양 6일 후 auxin의 생산은 49.0 µg/mL 로 증가되었으며 전구물질인 tryptophan의 농도가 증가할 수록 auxin의 생성은 증가 하였으며 tryptophan이 0.1% 첨가되었을 때 배양 7 일 후 auxin의 생산은 162.6 µg/mL로 가장 높았다. 또한 *Bacillus cereus* A-139 의 배양액은 애기장대와 녹두를 이용하여 시험한 결과 주근의 생육을 저해하였으나 측근의 생육을 촉진시키는 전형적인 auxin의 특징을 나타내었다. 따라서 해안사구의 보호와 사구식물의 보호를 위해 이러한 미생물들의 생육분포를 조절할 필요가 있을 것으로 생각된다.

감사의 글

본 연구는 환경부의 "차세대핵심환경기술개발사업(Eco-

technopia 21 project)"의 지원에 의해 이루어진 것이며 이에 감사드립니다.

참고문헌

1. Lee, M. S., Do, J. O., Park, M. S., Jung, S., Lee, K. H., Bae, K. S., Park, S. J. and Kim, S. B. (2006) Dominance of *Lysobacter* sp. in the rhizosphere of two coastal sand dune plant species, *Calystegia soldanella* and *Elymus mollis*. *Antonie Leeuwenhoek*. 90, 19-70.
2. Barea, J. M., Navarro and Montoya. (1976) Production of plant growth regulators by rhizosphere phosphate-solubilizing bacteria. *J. Appl. Bacteriol.* 40, 129-134.
3. Ravikumar, S., Kathiresan K., Selvam M. B. and Shanthi S., (2004) Nitrogen-fixing azotobacters from mangrove habitat and their utility as marine biofertilizers. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.* 312, 5-17.
4. Denvender, K. J. and David, G. (1984) Characterization of a substance produced by *Azospirillum* which causes branching of wheat root hairs. *Can. J. Microbiol.* 31, 206-210.
5. Jung H. K., Kim J. R., Woo S. M. and Kim S. D. (2006) An auxin producing plant growth promoting rhizobacterium *Bacillus subtilis* AH18 which has siderophore-producing biocontrol activity. *Kor. J. Microbiol. Biotechnol.* 34(2), 94-100.
6. Leonid, N. T., Lee, M. J., Lee, M. K., Park, H. and Yoon, J. H. (2000) Production of Auxins and Auxin-like compounds by Ginseng Growth-promoting Bacterium *Pseudomonas fluorescens* KGPP 207. *Agric. Chem. Biotechnol.* 43, 264-268.
7. Francine, M. P., Rolfe, B. G., Hynes, M. F. and Charles H. H. (2004) Gas chromatography-mass spectrometry analysis of indoleacetic acid and tryptophan following aqueous chloroformate derivatisation of *Rhizobium* exudates. *Plant Physiol. Biochem.* 42, 723-729.
8. Atzorn, R., Crozier, A., Wheeler, C. T. and Sandberg, G. (1988) Production of gibberellins and indol-3-acetic acid by *Rhizobium phaseoli* in relation to nodulation of *Phaseolus vulgaris* roots. *Planta*. 175, 532-538.
9. Gardan, L., David, C., Morel, M., Glickmann, E., Abu-Ghorrah, M., Petit, A., and Dessaux, Y. (1992) Evidence for a correlation between auxin production and host plant species among strains of *Pseudomonas syringae* subsp. *Savastanoi*. *Appl Environ Microbiol.* 58, 1780-1783.
10. Kwon, Y. M. (2003) Plant physiology, academybook, seoul, Korea, p.310-322.
11. Kwak, B. H. (2004) Plant physiology, hyangmunsa, seoul, Korea, p.256-261.
12. Kim, D. H., Jung, H. K. and Kim, S. D. (2004) Selection and identification of Auxin-producing plant promoting rhizobacteria having phytopathogen antagonistic activity. *J. Kor. Soc. Appl. Biol. Chem.* 47, 17-21.
13. Hess, C. E. (1961) The mungbean bioassay for the detection of root promoting substances. *Plant Physiol.* 365, suppl. 21.
14. Frankenberger, W. T., Chang, A. C. and Arshad, M. (1990) Response of *Raphanus sativus* to the auxin precursor, L-tryptophan applied to soil. *Plant and Soil.* 129. 235-241.
15. Strzelezyk, E. and Pokojaska-Burdziej, A. (1984) Production of auxins and gibberellin-like substances by mycorrhizal fungi. bacteria and actinomycetes isolated from soil and the mycorrhizosphere of pine. *Plant and Soil.* 81, 185-194.