

Weed & Turfgrass Science was renamed from both formerly Korean Journal of Weed Science from Volume 32 (3), 2012, and formerly Korean Journal of Turfgrass Science from Volume 25 (1), 2011 and Asian Journal of Turfgrass Science from Volume 26 (2), 2012 which were launched by The Korean Society of Weed Science and The Turfgrass Society of Korea founded in 1981 and 1987, respectively.

## 토양 방선균 *Streptomyces scopuliridis* KR-001 균주 배양액의 살초활성을 증가시키는 Adjuvant 탐색

김재덕<sup>1,3</sup> · 신훈탁<sup>1,3</sup> · 김영숙<sup>1</sup> · 고영관<sup>1</sup> · 조남규<sup>2</sup> · 황기환<sup>2</sup> · 구석진<sup>2</sup> · 최정섭<sup>1\*</sup> · 박기웅<sup>3\*</sup>

<sup>1</sup>한국화학연구원 친환경신물질연구센터, 34114, 대전광역시 유성구 가정로 141

<sup>2</sup>(주)목우연구소, 34141, 대전광역시 유성구 과학로 125 한국생명공학연구원 바이오벤처센터 311호

<sup>3</sup>충남대학교 식물자원학과, 34134, 대전광역시 유성구 대학로 99

### The Influence of Adjuvants on Herbicide Activity of *Streptomyces scopuliridis* KR-001

Jae Deok Kim<sup>1,3</sup>, Hoon Tak Sin<sup>1,3</sup>, Young Sook Kim<sup>1</sup>, Young Kwan Ko<sup>1</sup>, Nam Kyu Cho<sup>2</sup>,  
Ki Hwan Hwang<sup>2</sup>, Suk Jin Koo<sup>2</sup>, Jung Sup Choi<sup>1\*</sup>, and Kee Woong Park<sup>3\*</sup>

<sup>1</sup>Eco - friendly and New Materials Research Center, Korea Research Institute of Chemical Technology, P.O. Box 107, 141, Gajeong-ro, Yuseong-gu, Daejeon 34114, Korea

<sup>2</sup>BVC #311, Korea Research Institute of Bioscience and Biotechnology, 125 Gwahak-ro, Yuseong-gu, Daejeon 34141, Korea

<sup>3</sup>Department of Crop Science, Chungnam National University, Daejeon 34134, Korea

**ABSTRACT.** This study was conducted to investigate efficient adjuvants to increase herbicidal efficacy of metabolites from *Streptomyces scopuliridis* KR-001. Commonly used 21 adjuvants mixed with the metabolites were applied to eight weed species (six grass weeds and two broadleaved weeds). Based on the visual evaluation, two adjuvants, LE7 (Polyoxyethylene lauryl ether) and EP4C (Sodium bis (2-ethylhexyl) sulfosuccinate), were selected as most efficient adjuvants to elevate herbicidal efficacy of the metabolites. Higher efficacy in the LE7 and EP4C was obtained when overall spray volume was 2,000 L ha<sup>-1</sup> (65 µg a.i. ml<sup>-1</sup>) than 1,000 L ha<sup>-1</sup> (130 µg a.i. ml<sup>-1</sup>). Field study demonstrated that 1,300 µg ml<sup>-1</sup> of metabolites from KR-001 applied with EP4C at concentration of 2 µg ml<sup>-1</sup> provided a highly effective post-emergence weed control which was almost equivalent to the glufosinate-ammonium at 540 g a.i. ha<sup>-1</sup>. On the basis of these results, combination and multiple application methods could be developed to enhance herbicidal efficacy of metabolites from KR-001.

**Key words:** Adjuvant, Herbicidal efficacy, *Streptomyces scopuliridis* KR-001

Received on November 30, 2015; Revised on December 7, 2015; Accepted on December 9, 2015

\*Corresponding author: <sup>1</sup>(Phone) +82-42-860-7431, Fax) +82-42-861-4913; E-mail) jschoi@kRICT.re.kr

<sup>3</sup>(Phone) +82-42-821-5726, Fax) +82-42-822-2631; E-mail) parkkw@cnu.ac.kr

© 2015 The Korean Society of Weed Science and The Turfgrass Society of Korea

This is an Open-Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0>) which permits unrestricted noncommercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

## 서 론

그 동안 대부분의 제초제 개발은 유기합성에 의존해왔으며, 유기합성을 통한 신물질 제초제 개발 연구는 지금도 활발하게 이루어지고 있다. 하지만 유기합성 제초제의 연용에 따른 저항성잡초 출현, 일부 제초제에서의 인축독성 문

제, 환경오염 유발, 국민소득 증가에 따른 웰빙과 친환경농업의 요구 등 글로벌 이슈가 부각되고 있다. 따라서 이러한 문제점을 해결하기 위한 방안으로 개발 소재의 다양성을 확보하는 동시에 생분해가 용이하고 비교적 친환경적인 안전한 농자재가 요구되고 있으며, 미생물과 같은 천연물 소재를 활용한 제초제 개발이 활발하게 진행되고 있다

(Duke et al., 1996; Duke et al., 2000).

*Streptomyces* 속을 포함하는 방선균은 다양한 종류의 유용한 2차 대사 산물을 생성하기 때문에 학문적, 산업적 측면에서 연구자들의 관심을 끌고 있다(Joseph et al., 2012). 지금까지 방선균으로부터 분리된 제초활성 물질의 예로는 *Streptomyces actinomycetes*가 생산하는 anismycin, *Streptomyces viridochromogenes*가 생산하는 bialaphos (Bayer et al., 2004; Duke et al., 1996), *Streptomyces albus* subsp. *chlorinus* NRRL B-24108가 생산하는 albucidin (Hahn et al., 2009), *Streptomyces viridichromogenes*와 *Streptomyces hygroscopicus*에서 분리된 glufosinate-ammonium (Hoerlein, 1994) 등이 있다. 따라서 본 연구팀은 학술적, 산업적으로 높은 가치가 있다고 판단되는 방선균으로부터 살초활성을 갖는 유효활성물질을 탐색하는 연구를 꾸준히 수행해 왔으며, 그 결과 *Streptomyces scopuliridis* KR-001 균주를 발굴하였다. 또한 발굴한 균주의 배양액을 온실조건에서 주요잡초에 대해 살포한 결과 높은 살초력을 확인하였고, 물질을 분리하고 동정하는 과정을 통해 유효활성물질을 확인하였다. 이 후 환경유해잡초인 가시박과 난방제성 잡초에 대한 살초활성을 확인하였고, 주요 작물에 대한 약해시험을 통해 KR-001 균주 배양액은 비선택적인 살초활성을 나타낸다는 것을 확인하였다(Lee et al., 2013).

한편, 제초제에는 약효증진제(adjuvant)를 첨가하는 것이 일반적이는데, 이 adjuvant는 살포대상 표면에 대한 유효활성물질의 부착, 지속적 잔류, 침투, 이행 등에 영향을 미쳐서 궁극적으로 약효를 증진할 목적으로 사용되는 물질을 총칭한다(McWhorter, 1982; Van valkenburg, 1982). 약효증진제로 알려진 보조제에는 alcohol, alkylphenol, sorbitan, alkylamine의 polyethoxylate와 organosilicone, mineral oil류가 주류를 이루고 있으며(Gaskin and Murray, 1998), polyethoxylate의 경우는 구조별 ethoxylation 정도에 따른 HLB (hydrophilic lipophilic balance)에 따라 효과의 차이를 보인다(Reekmans, 1998). 일반적으로 널리 쓰이는 alcohol ethoxylate 계통은 소수성 부위의 길이와 친수성 부위의 ethylene oxide 부가물수에 따라 상이한 효과를 나타내므로 각 유효활성물질의 특징에 따라 최적 조합을 찾는 것이 중요하다(Aven et al., 1998). 활성물질의 침투이행성은 제초제의 약효를 좌우하는 중요한 요인 중 하나이다. Glyphosate, glufosinate-ammonium 등 대부분의 제초제는 식물체 내로 침투 이행되어 작용점에 도달할 수 있어야 제초효과가 발현된다. 또한 광분해가 쉽게 일어나거나 빗물에 잘 씻기는 약제의 경우에는 분무 직후 짧은 시간 내에 식물체 안으로 침투되게 함으로써 약효 지속기간을 연장할 수 있다. 특히 잎 표면으로부터의 침투성은 주로 유효성분의 물리적인 성질에 의해 좌우된다. 이는 농약의 침투에 있어서 최대의 장

벽인 잎 표면의 큐티클이 극단적으로 소수성을 나타내기 때문이다. 따라서 유효성분의 엽면 침투성 연구는 다양한 adjuvant 탐색에 이론적인 기초를 제공하여 최적의 조합을 찾아내고 사용량을 크게 절감하는데 중요한 역할을 할 것으로 기대된다(McWhorter, 1982; Van valkenburg, 1982).

본 연구는 KR-001 균주 배양액이 최적의 제초활성을 발현 할 수 있는 적합한 adjuvant를 선발하고, 선발된 adjuvant를 대상으로 포장조건에서의 실증평가를 통해 천연 제초제로서 활용가능성을 확인하고자 수행하였다.

## 재료 및 방법

### KR-001 균주 배양액

실험에 사용한 처리약제는 Bennett's medium (1% glucose, 0.1% yeast extract, 0.2% Bacto-peptone, 0.1% beef extract)에서 28, 170 rpm으로 7일간 플라스크 배양한 KR-001 배양액을 감압농축기 (EYELA SB-1200, EYELA Shanghai CO., LTD)를 사용하여 10배(v/v) 농축한 후 사용하였다. 농축하지 않은 배양액에 포함된 유효활성물질의 농도는 평균  $130 \mu\text{g ml}^{-1}$ 으로 배양할 때마다 함유량은 미세한 차이가 있었다(Lee et al., 2013).

### 약효증진을 위한 adjuvant 선발

실험에 사용한 21종의 adjuvant는 (주)유성화연테크로부터 분양 받아 사용하였으며 10배(v/v) 농축된 KR-001 배양액에 최종농도  $2 \mu\text{g ml}^{-1}$ 가 되도록 조제하였다. Adjuvant 선발을 위해 6종(돌피(*Echinochloa crus-galli*), 바랭이(*Digiraria sanguinalis*), 쥐꼬리뚝새풀(*Alopecurus myosuroides*), 호밀풀(*Loium perenne*), 새포아풀(*Poa annua*), 벨트그라스(*Agrostis palustris*))의 화본과 잡초와 2종(자귀풀(*Aeschynomene indica*), 도꼬마리(*Xanthium strumarium*))의 광엽잡초를  $350 \text{ cm}^2$  플라스틱 사각포트에 파종하여 온실조건( $30/20 \pm 5$ , Light / Dark=14/10 h)에서 21일간 생육하였다. 이 후 포트당 식물 밀도를 일정하게 조절하고 spray booth((주)식물환경연구소)를 활용하여  $1000 \text{ L ha}^{-1}$  처리량으로 경엽처리 하였고, 처리가 완료된 포트는 다시 온실에서 7일간 관리한 후에 약효를 육안으로 달관조사 하였다.

1차 선발실험 후, 21종의 adjuvant 중 EP4C [Sodium bis(2-ethylhexyl) sulfosuccinate]와 LE7 [Polyoxyethylene lauryl ether]에 대하여 추가실험을 수행하였는데 피검식물은 4종(돌피, 바랭이, 강아지풀(*Setaria viridis*), 쥐꼬리뚝새풀)의 화본과 잡초와 5종(유홍초(*Quamoclit pennata*), 어저귀(*Abutilon theophrasti*), 자귀풀, 도꼬마리, 개비름(*Amaranthus lividus*))의 광엽잡초로 구성하여 처리 하였으며  $130 \mu\text{g ml}^{-1}$ 과  $260 \mu\text{g ml}^{-1}$  두 가지 농도에서 약효반응을 확인 하였다. 약제처리

와 검정방식은 앞서 수행한 1차 선발 실험과 동일하게 진행하였다.

### 살포약량에 따른 약효활성 비교

처리약량에 따른 살초활성을 비교하기 위해 adjuvant 선발 실험과 동등한 조건에서 실험을 수행하였으며, 8종(돌피, 바랭이, 강아지풀, 새포아풀, 유흥초, 어저귀, 자귀풀, 도꼬마리)의 피검식물에 대한 약효반응을 확인하였다. 한 포트에 적용하는 유효성분의 함량은 130 g a.i. ha<sup>-1</sup> 농도로 일정하게 고정하고, 살포 물량을 두 가지(1000 L ha<sup>-1</sup>, 2000 L ha<sup>-1</sup>)로 구분하여 비교하였다.

### 선발 adjuvant의 포장조건에서의 약효확인

선발된 2종의 adjuvant (LE7, EP4C)를 KR-001 배양액에 적용하고 포장조건에의 약효를 확인하고자 실험을 수행하였다. 실험은 대전 유성구에 위치한 한국화학연구원 시험포장에서 6월 하순에 수행하였으며 1×1 m 크기로 구획을 설정하고 6종의 피검식물(돌피, 수수(*Sorghum bicolor*), 바랭이, 까마중(*Solanum nigrum*), 자귀풀, 어저귀)을 30~40립 파종하여 시험구를 조성하였다(Lee et al., 2013). 처리는 2종의 adjuvant를 2 µg ml<sup>-1</sup> 농도로 첨가한 배양액과 전혀 첨가하지 않고 배양액만 단독으로 처리한 시험구로 구분하여 조제하였다. 이 때 배양액은 유효성분을 기준으로 260 µg a.i. ml<sup>-1</sup>과 1300 µg a.i. ml<sup>-1</sup> 농도로 적용하였으며, 대조구로 상용약제인 glufosinate-ammonium을 비농경지 표준약량 (540 g a.i. ha<sup>-1</sup>)으로 처리하였다. 대조약제를 제외한 모든 조건의 시험약제는 1구획에 200 ml의 처리량(대조약제: 100 ml)으로 핸드스프레이를 사용하여 분무 처리하였고 4일과 7일 후에 육안으로 달관조사하였다.

## 결과 및 고찰

### Adjuvant 선발

선행연구에서 KR-001 균주 배양액의 약효를 파악하기 위해 2종의 광엽잡초(자귀풀, 도꼬마리)와 6종의 화본과 잡초(돌피, 바랭이, 쥐꼬리뚝새풀, 호밀풀, 벤틀그라스, 새포아풀)에 대하여 어떤 adjuvant도 첨가하지 않고 배양액만 처리했을 경우, 유효성분 1600 µg ml<sup>-1</sup> 농도에서 광엽잡초는 완전방제 되었지만 화본과 잡초는 대부분 활성이 약하거나 시간이 경과함에 따라 재생하는 것을 확인할 수 있었다(자료 미제시). 따라서 KR-001 배양액에 적합한 adjuvant를 선발하는 시험에서는 주로 화본과 잡초에 대한 약효증진을 목표로 시험이 이루어졌다. 작물보호제에 주로 쓰이는 adjuvant는 침투성, 확산성, 지속성을 증가시키는 역할이 중요하다(Prashant et al., 2010). 따라서 선발 배양액의

약효증진을 위한 시험을 수행하기 위해 21종의 adjuvant를 배양액과 혼합하여 처리하면 6초종의 화본과 잡초에 대해서는 adjuvant를 첨가하지 않았을 때보다 살초활성이 전체적으로 높게 증가하는 것을 확인할 수 있었다. EP4C, LE7, LA9, SF90에서 전 초종에 대한 평균 검정 값이 각각 56.3, 53.8, 50, 47.5%로 살초활성이 증가한 것을 확인할 수 있었다(Table 1). 또한 추가로 수행한 EP4C와 LE7에 대한 실험에서는 앞선 1차 선발 실험과 약효반응의 경향이 일치하는 결과를 얻을 수 있었다. 130 µg ml<sup>-1</sup> 농도 처리구에서 두 전착제 간에 약효의 차이는 있었지만, 유효성분의 약효를 우수하게 증가시킨다는 것을 재차 확인할 수 있었다. 따라서 화본과 잡초에 대한 약효가 높게 형성되고 광엽잡초에서도 약효증진 효과를 나타낸 EP4C와 LE7을 적합한 adjuvant로 최종 선발 하였다(Fig. 1).

### 살포약량에 따른 살초활성 비교

통상적으로 상용화된 비선택성 제초제의 경우 처리물량은 1000~1500 L ha<sup>-1</sup> 정도를 권장하고 있다(Weaver et al., 2009). 본 실험은 KR-001 균주 배양액에 선발된 두 adjuvant가 적용되었을 때 처리량에 따라 확산성과 지속성 등의 특성과 관련하여 살초활성이 어떻게 변화하는지 확인하고자 수행하였다. 실험에 사용된 물량 조건에서 1000 L ha<sup>-1</sup> 처리량은 상용제초제를 경엽처리용으로 사용할 때 가장 적은 물량으로 제시되는 조건이며, 2000 L ha<sup>-1</sup> 처리량은 수분을 충분히 공급하기 위해 제시되는 조건이다. 이상의 두 조건에 대한 실험에서 adjuvant를 첨가하지 않은 처리구에서 상호간의 차이를 확인할 수 있었다. 화본과 잡초에 대한 결과에서는 두 처리량 모두 살초활성이 미미하게 나타나 차이를 확인할 수 없었지만, 광엽잡초에 대한 결과 2000 L ha<sup>-1</sup> 조건에서 유흥초와 도꼬마리의 살초활성이 1000 L ha<sup>-1</sup> 조건보다 더 증가된 것을 확인할 수 있었다. 또한 LE7과 EP4C 처리구의 결과에서는 앞선 adjuvant 선발 시험에서와 같이 화본과 잡초에 대해서 전체적으로 살초활성이 증가되는 경향을 나타냈다. 처리량에 따른 활성의 차이를 비교했을 때 돌피, 바랭이, 강아지풀에서는 큰 차이를 확인할 수 없었으나, 새포아풀의 경우 LE7 처리구는 40%에서 30%로 물량이 많아질수록 약효가 감소한 반면, EP4C 처리구는 50%에서 80%로 증가한 결과를 보였다. 따라서 본 결과만으로 화본과 잡초에 대한 처리 물량과 두 adjuvant간의 상관관계는 파악할 수 없어 추가 실험이 요구된다. 그러나 광엽잡초에 대한 결과는 두 adjuvant 모두 어저귀와 도꼬마리에서 살초활성이 크게 증가한 것을 확인할 수 있었고(Table 2), 전 시험 초종을 대상으로 평가했을 때 2000 L ha<sup>-1</sup> 처리 조건이 배양액의 약효와 선발한 두 adjuvant의 효과를 더 높일 수 있을 것으로 예상되었다.

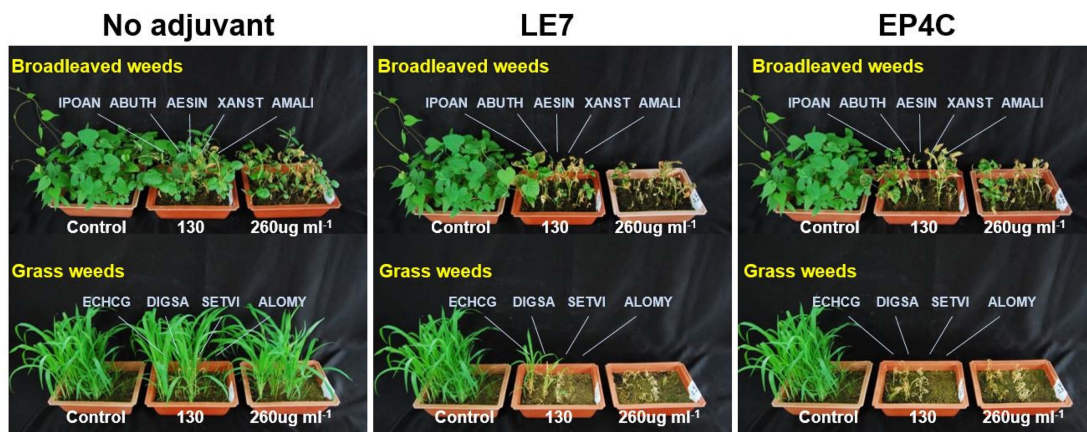
**Table 1.** Herbicidal activity of KR-001 culture broth mixed with 21 adjuvants on eight weed species under greenhouse condition.

Adjuvant <sup>z</sup>	Herbicidal Activity (% of untreated control) <sup>x</sup>								
	ECHCG <sup>y</sup>	DIGSA	ALOMY	LOLPE	POAAN	AGRST	AESIN	XANST	Aver.
EP4C	40	70	60	50	60	40	50	60	56.3
LE7	50	60	40	20	70	70	80	60	53.8
LA9	30	40	30	20	50	70	80	80	50.0
SF90	50	40	30	20	60	50	60	70	47.5
NF80	20	70	30	30	50	30	40	50	40.0
PE62	0	40	40	20	50	50	50	60	38.8
Sulfynol440	0	20	30	20	60	40	20	90	35.0
TW20	0	20	40	20	50	40	50	50	33.8
Silwet618	0	50	20	30	50	20	50	50	33.8
CA12	0	10	0	10	10	60	90	70	31.3
TDE7	0	30	20	20	50	30	40	40	28.8
PSB80	0	0	0	0	10	10	90	60	21.3
DOS70	0	10	20	10	0	0	60	50	18.8
TP200	0	0	30	0	40	20	20	40	18.8
DBC	0	20	20	0	40	20	0	40	17.5
COG15	0	0	0	0	40	0	50	50	17.5
Silwet	0	0	0	0	10	20	50	50	16.3
LES270	0	0	0	10	0	20	40	50	15.0
CAVA	10	10	10	0	20	0	20	40	13.8
TM15	0	0	0	0	10	20	20	10	7.5
DBA	10	0	0	0	0	0	40	10	7.5

<sup>x</sup>Herbicidal activity was determined by visual injury 14 days after treatment (0: no efficacy; 100: complete control).

<sup>y</sup>ECHCG: *Echinochloa crus-galli*; DIGSA: *Digitaria sanguinalis*; ALOMY: *Alopecurus myosuroides*; LOLPE: *Lolium perenne*; POAAN: *Poa annua*; AGRST: *Agrostis palustris*; AESIN: *Aeschnomene indica*; XANST: *Xanthium strumarium*.

<sup>z</sup>The concentration of all adjuvants was prepared in 2 µg mL<sup>-1</sup>.



**Fig. 1.** Herbicidal activity of KR-001 culture broth with two adjuvants (LE7 and EP4C). Two adjuvants were prepared at 2 µg mL<sup>-1</sup> concentration. IPOAN: *Quamoclit pennata*; ABUTH: *Abutilon theophrasti*; AESIN: *Aeschnomene indica*; XANST: *Xanthium strumarium*; AMALI: *Amaranthus lividus*; ECHCG: *Echinochloa crus-galli*; DIGSA: *Digitaria sanguinalis*; SETVI: *Setaria viridis*; ALOMY: *Alopecurus myosuroides*.

**선발 adjuvant의 포장실증 평가에서의 약효증진 효과**

본 시험은 온실조건에서 후보 방선균 배양액의 약효증진

효과 평가를 통해 선발된 2종의 adjuvant를 대상으로 포장

조건에서의 효과 발현 여부를 확인하고자 수행하였다. 시

협결과 adjuvant를 첨가하지 않은 배양액을 살포했을 때 처리 7일 후 260 µg ml<sup>-1</sup> 처리구에서 광엽잡초에 대하여 우수한 살초력을 나타낸 반면 화본과 잡초(돌피, 수수, 바랭이)에 대해서는 살초력이 상대적으로 낮게 나타났다. 그러나 기 선발된 adjuvant EP4C를 첨가한 경우 260 µg ml<sup>-1</sup> 처리구에서 우수한 잡초방제 효과를 보였으며 1300 µg ml<sup>-1</sup> 처리구에서는 전 초종을 100% 방제하는 효과를 보였다. 이

결과는 대조약제인 glufosinate-ammonium과 비교했을 때 대등한 살초활성을 나타낸다는 결과에서 큰 의의가 있다고 사료된다. 반면 adjuvant LE7을 첨가한 경우에는 처리 7일 후 1300 µg ml<sup>-1</sup> 처리구에서 높은 방제활성을 보였으나 260 µg ml<sup>-1</sup> 처리구에서 화본과 잡초에 대한 방제효과가 같은 농도의 EP4C 처리구보다 상대적으로 약하게 나타났다(Table 3).

**Table 2.** Herbicidal activity of KR-001 culture broth mixed with LE7 and EP4C on eight weed species under greenhouse condition.

Sprayed volumn (L ha <sup>-1</sup> )	Adjuvant <sup>x</sup>	Herbicidal Activity (% of untreated control) <sup>y</sup>							
		ECHCG <sup>w</sup>	DIGSA	SETVI	POAAN	IPOAN	ABUTH	AESIN	XANST
1000 <sup>y</sup>	LE7	20	20	60	40	100	70	100	50
	EP4C	40	50	100	50	70	20	100	30
	no adju.	0	0	0	0	40	20	0	50
2000 <sup>z</sup>	LE7	40	20	60	30	100	90	100	90
	EP4C	40	60	100	80	80	60	100	90
	no adju.	0	0	0	0	80	10	0	70

<sup>y</sup>Herbicidal activity was determined by visual injury 14 days after treatment (0: no efficacy; 100: complete control).

<sup>w</sup>ECHCG: *Echinochloa crus-galli*; DIGSA: *Digitaria sanguinalis*; SETVI: *Setaria viridis*; POAAN: *Poa annua*; IPOAN: *Quamoclit pennata*; ABUTH: *Abutilon theophrasti*; AESIN: *Aeschynomene indica*; XANST: *Xanthium strumarium*.

<sup>x</sup>The concentration of two adjuvants was prepared in 2 µg mL<sup>-1</sup>.

<sup>y</sup>Concentration of culture broth: 130 µg mL<sup>-1</sup>.

<sup>z</sup>Concentration of culture broth: 65 µg mL<sup>-1</sup>.

**Table 3.** Herbicidal activity of KR-001 culture broth mixed with LE7 and EP4C on six weed species in semi-field condition.

Treatment (adjuvant + Conc. µg mL <sup>-1</sup> )	DAT <sup>y</sup>	Herbicidal Activity (% of untreated control) <sup>w</sup>							Aver.
		ECHCG <sup>x</sup>	SORBI	DIGSA	SOLNI	AESIN	ABUTH		
LE7 + 260	4	85±7.1	80±0	90±0	92.5±3.5	100±0	75±7.1	87.1±1.8	
	7	65±7.1	65±7.1	80±14.1	100±0	100±0	100±0	85±4.7	
LE7 + 1300	4	95±0	97.5±3.5	100±0	92.5±3.5	100±0	85±7.1	95±1.2	
	7	95±0	95±0	97.5±3.5	100±0	100±0	100±0	97.9±0.6	
EP4C + 260	4	95±0	95±0	92.5±3.5	92.5±3.5	100±0	92.5±3.5	94.6±1.8	
	7	85±7.1	90±0	85±7.1	100±0	100±0	100±0	93.3±0	
EP4C + 1300	4	100±0	100±0	100±0	95±0	100±0	100±0	99.2±0	
	7	100±0	100±0	100±0	100±0	100±0	100±0	100±0	
non + 260	4	75±7.1	70±0	55±21.2	92.5±3.5	92.5±3.5	75±7.1	76.7±7.1	
	7	40±0	45±7.1	50±14.1	100±0	100±0	100±0	72.5±3.5	
non + 1300	4	70±0	70±0	50±14.1	95±0	100±0	70±0	75.8±3.5	
	7	50±0	60±0	50±0	100±0	100±0	100±0	76.7±0	
Glufosinate-Ammonium <sup>z</sup>	4	87.5±10.6	97.5±3.5	90±0	55±7.1	100±0	70±0	83.3±3.5	
	7	97.5±3.5	100±0	100±0	100±0	100±0	100±0	99.6±0.6	

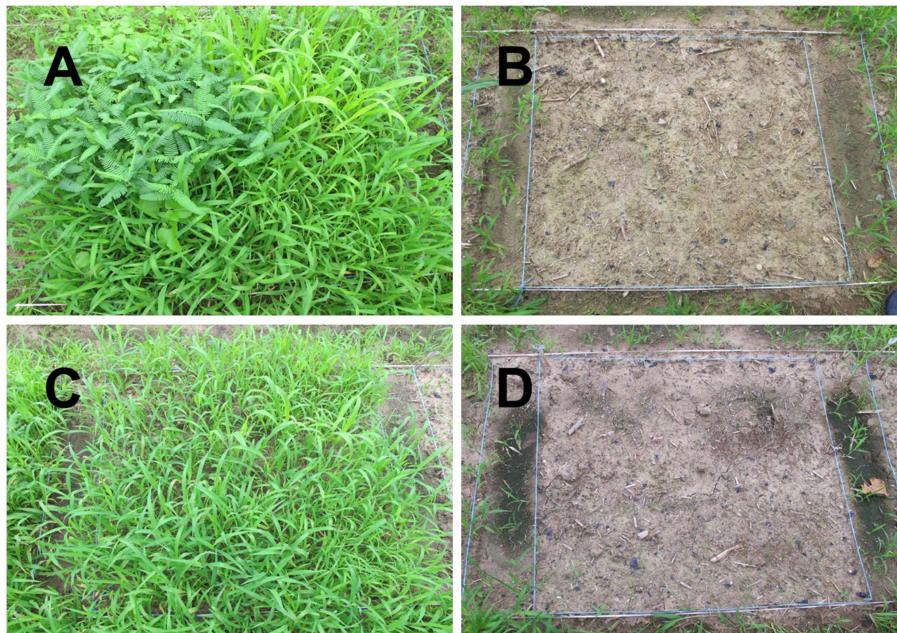
<sup>w</sup>Herbicidal activity was determined by visual injury (0: no efficacy; 100: complete control).

<sup>x</sup>ECHCG: *Echinochloa crus-galli*; SORBI: *Sorghum bicolor*; DIGSA: *Digitaria sanguinalis*; SOLNI: *Solanum nigrum*; AESIN: *Aeschynomene indica*; ABUTH: *Abutilon theophrasti*.

<sup>y</sup>DAT: days after treatment.

<sup>z</sup>Control: standard amount 540 g a.i. ha<sup>-1</sup>.





**Fig. 2.** Herbicidal activity of KR-001 culture broth in the semi-field test. A: untreated control; B: glufosinate-ammonium (540 g a.i. ha<sup>-1</sup>); C: only KR-001 culture broth treatment (1300 µg mL<sup>-1</sup>, without adjuvant); D: KR-001 culture broth with EP4C (1300 µg mL<sup>-1</sup>).

이러한 결과는 처리 14일 후에도 지속되었는데 EP4C를 첨가한 1300 µg mL<sup>-1</sup> 처리구는 대조구와 동등한 약효를 나타냈다. 또한 같은 시기에 adjuvant를 첨가하지 않은 1300 µg mL<sup>-1</sup> 처리구에서는 일정 기간 후에 화분과 잡초가 재생하는 것이 확인 되어 약효증진을 위한 adjuvant의 첨가는 반드시 필요할 것으로 판단되었다(Fig. 3). 또한 처리 4주후에도 EP4C를 첨가한 1300 µg mL<sup>-1</sup> 처리구는 대조구와 대등한 약효를 꾸준히 나타내는 결과를 보였다.

## 요 약

본 연구는 토양방선균 *Streptomyces scopuliridis* KR-001 대사물질의 살초활성을 증가시키는 adjuvant를 선별하기 위해 수행되었다. 작물보호제에서 보편적으로 사용하는 21종의 adjuvant를 8종(화분과잡초 6종, 광엽잡초 2종)의 피검 식물에 처리하여 살초활성이 상대적으로 증가된 LE7 [Polyoxyethylene lauryl ether]과 EP4C [Sodium bis (2-ethylhexyl) sulfosuccinate]를 선별하였다. 선별된 2종의 adjuvant를 KR-001 대사물질과 함께 8종(화분과잡초 4종, 광엽잡초 4종)의 피검 식물을 대상으로 살포한 결과 2,000 L ha<sup>-1</sup> (65 µg a.i. mL<sup>-1</sup>) 처리가 1,000 L ha<sup>-1</sup> (130 µg a.i. mL<sup>-1</sup>) 처리보다 살초활성이 더 높게 나타났다. 또한 6종(화분과 잡초 3종, 광엽잡초 3종)의 피검 식물에 대하여 포장 실증평가를 수행한 결과 1,300 µg mL<sup>-1</sup>의 KR-001 대사물질에 2 µg mL<sup>-1</sup> 농도로 EP4C를 첨가하여 2,000 L ha<sup>-1</sup> 처리량으로 살포시 대조약제인 glufosinate-ammonium (540 g a.i. ha<sup>-1</sup>)과

대등한 약효를 보였다. 향후 선별된 2종의 adjuvant를 대상으로 복합 및 다중처리와 잡초의 생육 정도에 따른 처리시기 조절 등으로 보다 효과적인 약효증진 기술을 개발하고자 한다.

**주요어:** Adjuvant, *Streptomyces scopuliridis* KR-001, 살초활성

## Acknowledgements

We would like to acknowledge the financial support from the R&D Convergence Program of MSIP (Ministry of Science, ICT and Future Planning) and NST (National Research Council of Science & Technology) of Republic of Korea (CCP-13-19-KRICT).

## References

- Aven, M., Noga, G. and Reuter, M. 1998. Effect of alcohol ethoxylate surfactants on the penetration and efficacy of the fungicide dimethomorph in grapevine leaves. pp. 176-181. In: McMullan, P.M. (Ed.). proceeding of 5th international symposium on adjuvants for agrochemicals. Memphis, USA.
- Bayer, E., Gugel, K., Hägele, K., Hagenmaier, H., Jessipow, S., et al. 2004. Stoffwechselprodukte von mikroorganismen. 98. mitteilung. phosphinothricin und phosphinothricin-alanyl-alanin. *Helv. Chim. Acta.* 55:224-239.
- Duke, S.O., Romagni, J.G. and Dayan, F.E. 2000. Natural products

- as sources for new mechanisms of herbicidal action. *Crop Protection*. 19:583-589.
- Duke, S., Abbas, H., Amagasa, T. and Tanaka, T. 1996. Phytotoxins of microbial origin with potential for use as herbicides. *Crit. Rep. Appl. Chem.* 35:82-112.
- Gaskin, R.E. and Murray, R.J. 1998. Adjuvants to improve insecticidal activity of dazinon on kiwifruit. pp. 217-222. In: McMullan, P.M. (Ed.). *proceeding of 5th international symposium on adjuvants for agrochemicals Memphis, USA.*
- Hahn, D.R., Graupner, P.R., Chapin, E., Gray, J., Heim, D., et al. 2009. Albucidin: a novel bleaching herbicide from *Streptomyces albus* subsp. *chlorinus* NRRL B-24108. *The Journal of Antibiotics* 62:191-194.
- Hoerlein, G. 1994. Glufosinate (phosphinothricin), a natural amino acid with unexpected herbicidal properties. *Rev. Environ. Contam. Toxicol.* 138:73-146.
- Joseph, B., Sankarganesh, P., Edwin, B.T. and Raj, S.J. 2012. Endophytic *Streptomyces* from plants with novel green chemistry: Review. *Int. J. Biol. Chem.* 6:42-52.
- Lee, B.Y., Kim, J.D., Kim, Y.S., Ko, Y.K., Yon, K.H., et al. 2013. Identification of soil bacteria *Stepomyces scopuliridis* KR-001 and its herbicidal characteristics. *Weed Turf. Sci.* 2(1):38-46.
- McWhorter, C.G. 1982. The use of adjuvants. pp. 10-25. In: Hodgson, R.H. (Ed.). *adjuvants for herbicides.* Published by the Weed Science Society of America. Champaign, Illinois, USA.
- Prashant, J., Jason, K.N. and Robert, C.S. 2010. Cyhalofop application timing and adjuvant selection for *Echinochloa crus-galli* control in rice. *Crop Protection*. 29(8):820-823.
- Reekmans, S. 1998. Novel surfactants and adjuvants for agrochemicals. pp. 212-231. In: Knowles, D.A. (Ed.). *Chemistry and Technology of Agrochemical Formulations.* Kluwer Academic Publishers, UK.
- Van Valkenburg, J.W. 1982. Terminology, classification and chemistry. pp. 1-9. In: Hodgson, R.H. (Ed.). *Adjuvant for herbicides.* Published by the Weed Science Society of America. Champaign, Illinois, USA.
- Weaver, M.A., Jin, X., Hoagland, R.E. and Boyette, C.D. 2009. Improved bioherbicidal efficacy by *Myrothecium verrucaria* via spray adjuvant or herbicide mixtures. *Biological Control*. 50(2):150-156.