

RESEARCH ARTICLE

토양 방선균 N-29 배양 여액의 생태계교란 식물 돼지풀 방제효과

김재덕¹ · 김영숙¹ · 광화숙¹ · 김혜진¹ · 이윤미¹ · 고영관¹ · 박기웅² · 최정섭^{1*}

¹한국화학연구원, ²충남대학교

Control of Ragweed (*Ambrosia artemisiifolia*) of Mutant N-29 Broth Filtrate of *Streptomyces scopuliridis* KR-001

Jae-Deok Kim¹, Young-Sook Kim¹, Hwa-Sook Kwak¹, Hye-Jin Kim¹, Youn-Me Lee¹, Young-Kwan Ko¹, Kee-Woong Park², and Jung-Sup Choi^{1*}

¹Korea Research Institute of Chemical Technology, Daejeon 34114, Korea

²Department of Crop Science, Chungnam National University, Daejeon 34134, Korea

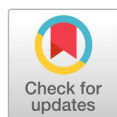
Abstract

We isolated *Streptomyces scopuliridis* KR-001 that produced herbicidal active metabolite(s) against several grass and broad leaf weeds. In this study, potential as natural herbicide of mutant N-29 broth filtrate of *S. scopuliridis* KR-001 was investigated to *Ambrosia artemisiifolia* in a greenhouse and field condition. The broth filtrate of mutant N-29 by foliar application showed a strong herbicidal activity to *A. artemisiifolia* with leaf stage in a greenhouse condition. Also, field trial of foliar application within treatment range had effectively controlled with early and middle stage of *A. artemisiifolia* at the natural habitats. Phytotoxic symptoms of mutant N-29 broth filtrate by foliar application were wilting and discoloration, and burn-down of leaves and finally plant death. These results suggest that mutant N-29 broth filtrate is considered possible as a natural herbicide for controlling environmentally friendly to invasive alien plant such as *A. artemisiifolia* and may provide a new lead molecule for a more efficient herbicide.

Keywords: *Ambrosia artemisiifolia*, Candidate material, Environmental friendly control, Invasive alien plant, Mutant N-29

서론

생물다양성 보전 및 이용에 관한 법률 제2조 제7항에서 외래생물은 ‘외국으로부터 인위적 또는 자연적으로 유입되어 그 본래의 원산지 또는 서식지를 벗어난 존재’로 정의되는데, 국내에 유입된 외래생물 중 잡초는 2017년 기준 43과 204속 387종으로 보고되어 있다(Kim, 2017). 국내에 유입된 외래식물 중 가시박(*Sciyos angulatus*) 등 14종이 생태계교란 식물로 지정되어 있으며, 이중 11종



OPEN ACCESS

*Corresponding Author:
Phone. +82-42-860-7431
FAX. +82-42-861-4913
E-mail. jschoi@kRICT.re.kr

Received: August 28, 2018

Revised: September 18, 2018

Accepted: September 19, 2018

© 2018 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/4.0/>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

이 '생태계 위해성이 매우 높고 향후 위해성이 우려되어 관리대책을 수립하여 조절하거나 퇴치할 필요가 있는 종'으로 정의되는 위해성평가 1등급이다(Choi, 2017). 생태계교란 외래식물은 식생의 단순화, 서식환경 변화, 꽃가루에 의한 알레르기 유발 등의 문제를 일으키며, 하천이나 도로를 따라 이동하여 우리 생활주변으로 급속하게 확산되고 있을 뿐만 아니라 농경지로도 침입이 가속화되고 있는 실정이다. 이러한 상황이지만 생태계교란 외래식물에 대한 분포, 생리, 생태 등의 분야에서 국내연구는 미진한 상황이며, 특히 방제기술 또는 효과적인 관리기술 개발 등은 전무한 실정이라 할 수 있다. 향후 생태계교란 외래식물의 확산속도가 더욱 가속화 될 것으로 예상되기 때문에 확산방지 및 제거를 위한 기술개발이 절실히 요구되는 시점이라 할 것이다.

국내에서 1등급으로 지정된 생태계교란 식물 중 가장 넓은 면적에서 피해를 일으키는 식물은 돼지풀로 알려져 있는데, 경기도 안산시, 충북 청원군, 대구 달성습지, 부산시 낙동강 하천변, 강원도 속초시 설악동 도로변 등에서 주로 발생하고 있다. 돼지풀(*Ambrosia artemisiifolia* L.)은 국화과 하계 1년생 식물로 북아메리카 원산으로 유럽, 아시아 등에 널리 귀화된 1년생 초본 식물로 줄기는 높이 30-180 cm 정도이고, 꽃은 8-9월에 피며, 자웅동주 식물이다. 종자로 번식하는데 연간 평균 주당 약 3,000립이 형성되며, 자연상태에서는 휴면이 있으며, 종자 발아는 항온보다는 변온조건에서 높은 것으로 알려져 있다(Kim and Park, 2009).

국내의 경우 돼지풀과 같은 생태계교란 식물의 방제는 주로 물리적 방제 또는 생물학적 방제를 활용하고 있기 때문에 근본적인 제거가 아니라 일시적으로 개체수를 감소시키는 데에 그치고 있는 실정이다(Choi, 2017). 가시박과 같은 농경지에 침입하는 생태계교란 식물은 linuron 또는 simazine 등의 제초제 처리로 일부 방제가 가능하고, 도로변이나 비농경지에 발생하는 생태계교란 식물은 glufosinate-ammonium이나 glyphosate를 처리하면 효과적인 방제가 가능하다(Lee et al., 2007a). 그러나 가시박과 같은 생태계교란 식물의 주요 분포지역이 주로 사람들이 활동하는 생활주변이기 때문에(Moon et al., 2008) 유기합성 제초제를 이용하는 방제는 현실적으로 제한적이다(Copping and Duke, 2007). 그 동안 국내에서 생태계교란 식물의 확산 또는 제거를 위한 수단으로는 주로 예취와 같은 물리적인 방법을 동원하는 수준인데, 많은 노동력이 필요하고 완전한 제거가 불가능하며 재생력이 강하고 제거속도보다 번식속도가 빠르기 때문에 확산이 가속화되고 있는 실정이다.

생태계교란 식물 방제 시 유기합성 제초제 처리의 현실적인 한계를 해결하기 위한 대안으로 천연물 기반의 제초활성소재가 주목 받고 있는데, 이는 천연물 유래라는 특성에 따라 기존 제초제와는 다른 작용특성이 발현될 가능성이 크고, 상대적으로 환경 생태계에 대한 안전성을 확보할 수 있는 가능성이 높기 때문이다(Christy et al., 1993; Dayan et al., 2009). 국내의 경우 생태계교란 식물의 환경친화적인 제거기술 개발 연구가 일부 시도되고 있으나 아직은 초보적인 수준이라고 할 수 있다. 한국잡초학회지에 게재되어 있는 외래잡초 관련연구 현황을 분석해 보면 외래잡초의 발생특성 및 분포, 발생실태에 관한 내용이 주를 이루고 있다. 제거기술에 관한 연구내용으로는 단풍잎돼지풀 또는 돼지풀 속 잡초의 생물학적 방제를 위한 곤충 선발 및 방제가능성에 관한 연구(Lee et al., 2007b; Na et al., 2008)와 천연물 유래 d-limonene의 가시박 방제효과에 관한 연구내용(Choi et al., 2012b) 등이었으며, 기타 포스터 발표에서 토양 처리형 제초제 처리에 따른 단풍잎돼지풀 방제, 천연 제초활성물질 chrysophanic acid 또는 pelargonic acid를 이용한 가시박 방제 정도의 연구내용이 발표되고 있을 뿐이다.

생태계교란 식물 방제를 위한 천연물 기반의 후보소재 발굴은 다양한 원료에서 가능하지만, 토양 방선균(Duke et al., 1996; Satoh et al., 1993)은 다양한 종류의 2차 대사산물을 생산하기 때문에 특히 많은 관심을 받고 있다(Joseph et al., 2012). 토양 방선균 *Streptomyces scopuliridis* KR-001 균주는 한국화학연구원에서 발굴한 천연제초활성 후보소재로서 균주 배양 여액 살포 시 까마중, 바랭이 등의 농경지 주요 문제잡초뿐만 아니라 생태계교란 식물 가시박에 대한 활성이 매우 우수하였으며(Lee et al., 2013), 또한 이 균주가 생산하는 2차 대사산물 herbicidin은 비선택성 제초제로서의 가능성을 확보한 후보소재이다(Won et al., 2015).

본 연구는 선행연구를 통해 토양에서 분리한 모균주 *S. scopuliridis* KR-001이 생태계교란 식물 가시박(*Sciyos angulatus*)을 배양 여액에서 효과적으로 방제하는 것을 확인하였던 바, 모균주의 개량 균주인 N-29를 대상으로 생태계 교란 식물 돼지풀 대한 온실 및 포장조건에서의 방제효과를 확인함으로써 천연물 기반의 생태계교란 식물 방제제로서의 가능성을 확인해 보고자 수행하였다.

재료 및 방법

시험 균주

본 연구에 사용한 방선균 N-29는 모균주 *S. scopuliridis* KR-001 (Lee et al., 2013)로부터 UV mutation 기술을 활용하여 개량된 균주로서 배양액 중의 유효 제초활성물질인 herbicidin A와 B의 양이 모균주 대비 각각 5.7배 및 12.7배 증가된 균주이다. 모 균주의 경우 herbicidin A와 B의 양이 각각 112.8 및 16.6 $\mu\text{g mL}^{-1}$ 이었고, N-29 균주의 경우에는 각각 639.4 및 211.1 $\mu\text{g mL}^{-1}$ 이었다. N-29 균주 배양액의 활성평가를 위한 배양조건은 28°C, 최적화된 배지조건(3% glucose, 2% soybean meal)에서 교반속도 250 rpm, pH 7.0, 배양일수 7일이었다.

식물 재료

본 연구에 사용한 돼지풀 종자는 2017년 10-11월에 충북 청주시 미호천 주변에서 채종하여 정선 후, 6°C의 저온고에 건조상태로 보관하면서 필요에 따라 충실한 종자를 선별하여 사용하였다. 표면적 350 cm² 사각 플라스틱 포트에 원예용 상토를 충전하여 저온고에 보관중인 돼지풀 종자를 파종했다가 떡잎이 지상부로 출현했을 때 초기 및 중기 경엽처리용은 표면적 40 cm² 폴리스티렌 컵, 후기 경엽처리용은 표면적 314 cm² 플라스틱 포트에 이식하여 온실조건(30/25±5°C, Light/Dark=14/10 h)에서 관리하였다. 이식 후 시험 엽기별 생육시기가 되었을 때 균일한 개체를 선정하여 사용하였다.

온실조건에서의 경엽처리 활성평가

이식 후 온실에서 생육중인 돼지풀의 생육시기가 초기(2-3엽) 및 중기(4-5엽), 후기(7-8엽)가 되었을 때, N-29 균주 배양 여액을 희석하여(Tween-20®, 0.1%) 처리하였다. 각 생육시기별 처리농도는 초기 및 중기 처리는 배양 원액 및 2배, 4배, 8배 희석액, 후기 처리의 경우에는 배양 원액 및 2배, 4배 희석액이었고, 이때 처리물량은 각 처리 농도별로 초기처리는 포트당 3 mL, 중기 처리는 5 mL, 후기처리는 20 mL 이었다. 처리 후 동일한 온실조건에서 관리하다가 처리 5일, 10일, 15일 후에 외형적인 증상 및 약효를 기준표에 준해 달관조사(0; 효과 없음, 100; 완전고사)하였다.

포장조건에서의 경엽처리 활성평가

포장시험 장소는 충북 청주시 청원군 오창읍 가곡리 510-14번에 위치한 돼지풀이 균일하게 서식하고 있는 평평한 근락지를 선정하여 수행하였으며, 시험기간은 2018년 5월 중순부터 6월 하순까지였다. 처리구획은 1 m×1 m (1 m²)로 하였으며, 처리시기는 초기(3-4엽) 및 중기(5-6엽)였는데, 초기처리 시 돼지풀의 초장은 평균 108.6 mm이었고, 중기처리는 평균 171.4 mm이었다. 처리농도는 배양 원액 및 2배, 4배 희석액이었고, 처리물량은 초기 및 중기 처리 모두 각 처리 농도별(Tween-20®, 0.1%) 200 mL m²이었으며, 나노 전동 핸드스프레이(nano electric sprayer, BIO CHEM KOREA Co., LTD., Bucheon, Korea)를 사용하여 분무경엽처리하였다. 처리 7, 14 및 21일 후에 외형적인 증상 및 약효를 기준표에 준해 달관조사(0; 효과 없음, 100; 완전고사)하였으며, 모든 실험은 3반복으로 수행하였다.

결과 및 고찰

온실조건에서의 초기 경엽처리 효과

N-29 균주 배양 여액을 온실조건에서 2-3엽기의 돼지풀에 처리하면 매우 우수한 방제효과를 나타내었다. 처리 5일 후 배양 원액 및 2배, 4배 8배 희석액에서의 돼지풀 방제효과는 모두 100%이었으며, 처리 15일 후에는 각각 100, 100, 100 및 98%이었다(Table 1, Fig. 1). 8배 희석액에서는 처리 5일 이후에 성장점에서 신엽이 발생하였는데, 이후 이 재생된 신엽은 그대로 지속되었다. 돼지풀에 대한 N-29 균주 배양 여액의 살초특성은 매우 속효성이며, 약효지속기간도 길게 유지되고 있었다. 즉, 돼지풀에 배양 여액을 처리하면 24시간 내에 외형적인 살초증상이 발현되기 시작하였고, 3일 이내에 완전 고사되었으며, 이러한 효과는 처리 3주 이후에도 지속되었다. 외형적으로 나타나는 주요 증상은 처리 초기 황화(chlorosis) 증상을 보이다가 시간이 경과하면서 고사(leaf burn-down)로 진행되었다가 궁극적으로는 낙엽화(defoliation)되었다.

방선균은 유용한 2차 대사산물을 생산하는 것으로 알려져 있는데, 그 중에서 제초활성 소재로 활용된 예로는 herbimycin (Li et al., 2003), bialaphos (Bayer et al., 2004; Duke et al., 1996), albucidin (Hahn et al., 2009) 등이 있다. 본 연구에 사용한 방선균 N-29의 모균주인 *S. scopuliridis* KR-001의 배양액 중에는 강력한 제초활성을 나타내는 (Won et al., 2015) herbicidin A와 B, F가 포함되어 있다(Choi et al., 2012a). 본 시험 균주인 N-29는 모 균주와 비교할

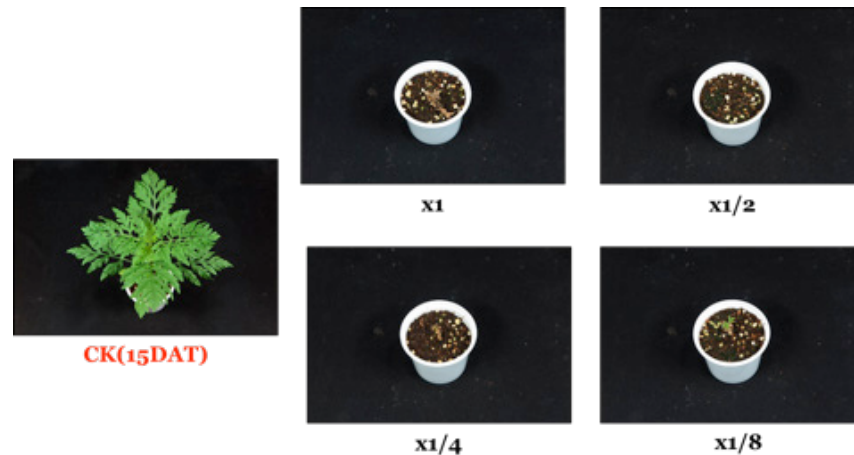


Fig. 1. Herbicidal activity of foliar application of the mutant N-29 broth filtrate of *S. scopuliridis* KR-001 to *A. artemisiifolia* with early leaf stage (2-3Ls) in a greenhouse condition. Herbicidal activity was determined by visual injury (0: no injury, 100: complete death) at 5, 10 and 15 days after treatment. The abbreviation CK means untreated control in this pictures. The representative pictures were taken 15 days after foliar application. DAT, days after treatment.

Table 1. Herbicidal activity of mutant N-29 broth filtrate of *S. scopuliridis* KR-001 to *A. artemisiifolia* with early leaf stage in a greenhouse condition.

Application rate (folds)	Herbicidal activity ^z (%)		
	5 DAT	10 DAT	15 DAT
×1	100	100	100
×1/2	100	100	100
×1/4	100	100	100
×1/8	100	98	98

^zHerbicidal activity was determined by visual injury (0: no injury, 100: complete death).

때 herbicidin A와 B의 함량을 증가시킨 개량 균주로서 이 herbicidin은 생태계교란 식물 가시박에 대한 온실 및 포장실 증 평가에서 매우 우수한 방제효과가 있음이 확인된 바 있다(Lee et al., 2013). 본 연구에서도 가시박과 마찬가지로 생태계교란 야생식물로 지정된 돼지풀에 대해서 온실조건에서의 배양 여액 초기 경엽처리 전 처리농도 범위에서 매우 우수한 방제효과를 나타내고 있었다.

온실조건에서의 중기 경엽처리 효과

4-5엽기의 돼지풀을 대상으로 온실조건에서 N-29 균주 배양 여액을 처리했을 때, 처리 15일 후의 방제효과는 배양 원액 및 2배, 4배, 8배 희석액에서 각각 100, 100, 98, 98%로 매우 우수하였다(Table 2, Fig. 2). 처리 5일 후 동일한 농도에서의 방제효과는 전 처리농도 모두 90%이었다가 처리 일수가 경과하면서 약효가 증가되어 처리 10일 후에는 각각 98, 98, 98, 95%이었고, 처리 15일 후에는 전 처리 농도범위에서 98% 이상의 높은 방제효과를 나타내었다. 처리 15일 후 2배 희석액 이상 농도에서는 완전 방제되었고, 4배 희석액 이하 농도에서는 초기 처리 시 8배 희석액에서와 마찬가지로 성장점에서 아주 작은 신엽이 발생하는 수준이었다. 중기 처리에서도 초기 처리와 동일한 살초특성과 외형적인 증상이 발현되었으며, 신엽이 발생된 4배 희석액 이하 농도에서도 처리 3주 이후에도 더 이상의 신엽 생장은 이루어지지 않았기 때문에 후보소재 N-29 균주는 온실조건에서 돼지풀 중기 처리에서도 효과적인 방제수단으로 판단되었다.

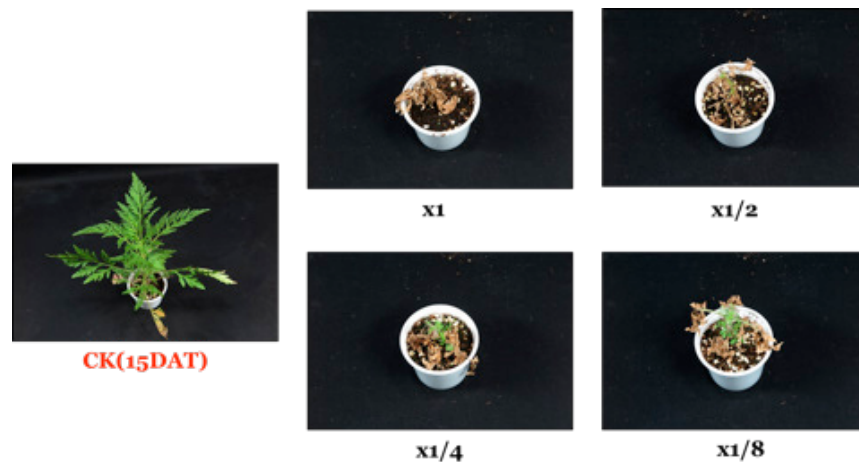


Fig. 2. Herbicidal activity of foliar application of the mutant N-29 broth filtrate of *S. scopuliridis* KR-001 to *A. artemisiifolia* with middle leaf stage (4-5Ls) in a greenhouse condition. The abbreviation CK means untreated control in this pictures. The representative pictures were taken 15 days after foliar application. DAT, days after treatment.

Table 2. Herbicidal activity of mutant N-29 broth filtrate of *S. scopuliridis* KR-001 to *A. artemisiifolia* with middle leaf stage in a greenhouse condition.

Application rate (folds)	Herbicidal activity ^z (%)		
	5 DAT	10 DAT	15 DAT
×1	90	98	100
×1/2	90	98	100
×1/4	90	98	98
×1/8	90	95	98

DAT, days after treatment.

^zHerbicidal activity was determined by visual injury (0: no injury, 100: complete death).

온실조건에서의 후기 경엽처리 효과

돼지풀은 자연상태에서 첫 봄비가 내린 다음부터 일제히 발아하기 시작해서 여름에서 가을에 걸쳐 개화하고 결실한다 (Kim and Park, 2009). 생육초기의 일정 기간이 경과하면 생육이 매우 빨라서 초장과 마디수가 기하급수적으로 증가된다. 따라서 중기 엽기 이후에는 생육이 매우 왕성하기 때문에 이 시기에 돼지풀을 방제하지 못하면 이후의 방제는 더더욱 어렵게 된다. 온실조건에서 7엽기 이후의 돼지풀 방제여부는 자연상태에서의 방제 가능성을 가늠할 수 있는 지표가 될 수 있을 것이다.

N-29 균주 배양 여액을 돼지풀 7-8엽기 처리하면 전 처리농도 범위에서 완벽하게 방제되었다(Table 3, Fig. 3). 처리 5일 후 배양 원액 및 2배, 4배 희석액에서의 돼지풀 방제효과는 각각 98, 90, 90%이었는데, 처리일수가 지나면서 약효가 증진되어 처리 10일 후에는 전 처리농도에서 100%의 방제효과를 보였고, 이후에도 재생되는 개체없이 약효가 지속되어 처리 15일 후에도 전 처리 농도범위에서 100%의 방제효과를 나타내었다. 이상의 결과와 같이 N-29 균주 배양 여액은 온실조건에서 7엽기 내외의 돼지풀을 매우 효과적으로 방제할 수 있기 때문에 자연상태에서 발생된 돼지풀 방제도 가능할 것으로 기대할 수 있었다.

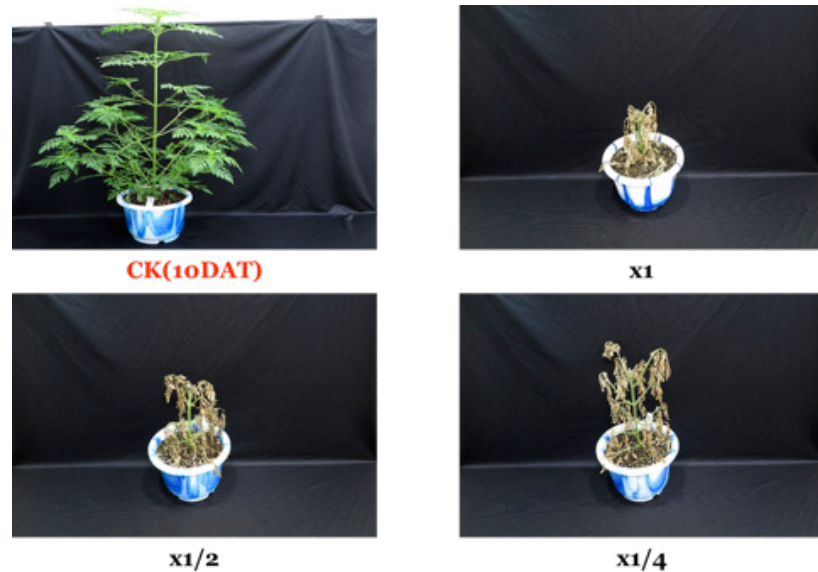


Fig. 3. Herbicidal activity of foliar application of the mutant N-29 broth filtrate of *S. scopuliridis* KR-001 to *A. artemisiifolia* with late leaf stage (7-8Ls) in a greenhouse condition. The abbreviation CK means untreated control in this pictures. The representative pictures were taken 10 days after foliar application. DAT, days after treatment.

Table 3. Herbicidal activity of mutant N-29 broth filtrate of *S. scopuliridis* KR-001 to *A. artemisiifolia* with late leaf stage in a greenhouse condition.

Application rate (folds)	Herbicidal activity ^z (%)		
	5 DAT	10 DAT	15 DAT
×1	98	100	100
×1/2	98	100	100
×1/4	90	100	100

DAT, days after treatment.

^zHerbicidal activity was determined by visual injury (0: no injury, 100: complete death).

포장조건에서의 경엽처리 효과

N-29 균주 배양 여액은 자연상태에서 발생하는 돼지풀에 대해서도 매우 우수한 방제효과를 나타내었다(Table 4, Fig. 4). 포장조건에서 3-4엽기의 돼지풀에 N-29 균주 배양 여액을 처리했을 때, 배양 원액 및 2배, 4배 희석액에서의 방제효과는 처리 7일 후 각각 99, 99, 70%이었다가 처리기간이 지남에 따라 살초력이 점점 더 증가되어 처리 21일 후에는 전 처리 농도범위에서 100%의 방제효과를 나타내었다. 특히 4배 희석액의 경우 처리 5일 후에는 70%이었다가 처리 14일 후에는 95%로 약효가 증진되었고, 처리 21일 후에는 생장점에서 싹이 재생되지 않고 결국 완전 방제되었다.

또한, 5-6엽기의 돼지풀을 대상으로 N-29 균주 배양 여액을 처리했을 때도 아주 우수한 방제효과를 보였는데(Table 5, Fig. 5), 처리 7일 및 14일 후 배양 원액 및 2배, 4배 희석액에서의 방제효과는 모두 100%이었고, 처리 21일 후에는 각각 99, 99 및 98%이었다. 처리 21일 후의 상황을 보면 처리 구획 내의 대부분 돼지풀은 완전 방제되어 있었는데, 처리 당시 생육이 왕성했을 것으로 추정되는 일부 개체 중 생장점 부근에서 싹이 아주 미세하게 재생되는 조짐을 보이고 있었다.

이상의 실험 결과로부터 토양 방선균 N-29 균주 배양 여액은 온실조건에서의 돼지풀에 대한 방제효과가 매우 우수할

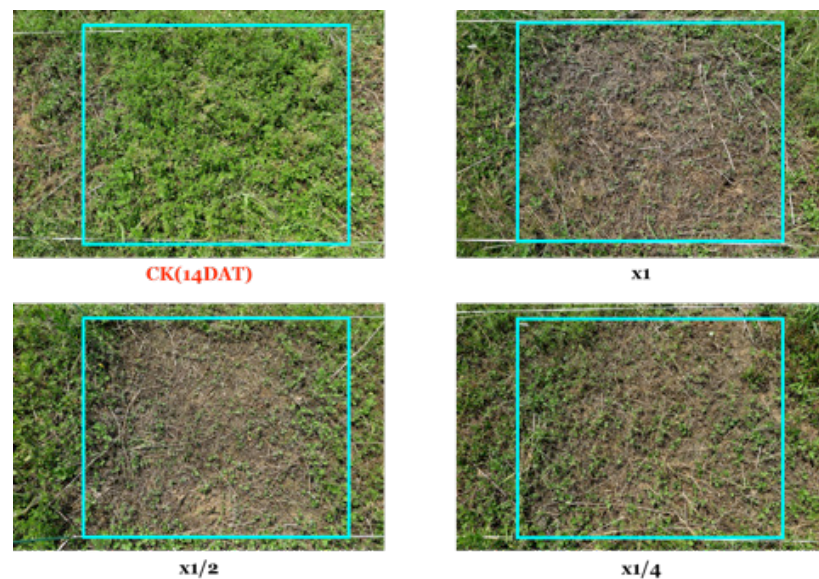


Fig. 4. Herbicidal activity of foliar application of the mutant N-29 broth filtrate of *S. scopuliridis* KR-001 to *A. artemisiifolia* with 3-4 leaf stage in field condition. Herbicidal activity was determined by visual injury (0: no injury, 100: complete death) at 7, 14 and 21 days after treatment. The abbreviation CK means untreated control in this pictures. The representative pictures were taken 14 days after foliar application. DAT, days after treatment.

Table 4. Herbicidal activity of mutant N-29 broth filtrate of *S. scopuliridis* KR-001 to *A. artemisiifolia* with 3-4 leaf stage in field condition.

Application rate (folds)	Herbicidal activity ^z (%)		
	5 DAT	10 DAT	15 DAT
×1	99	100	100
×1/2	99	99	100
×1/4	70	95	100

DAT, days after treatment.

^zHerbicidal activity was determined by visual injury (0: no injury, 100: complete death).

뿐만 아니라 자연상태에서 발생하고 있는 돼지풀에 대해서도 효과적으로 방제하고 있기 때문에 천연물 기반의 돼지풀 방제제 후보소재로 유용하게 활용할 수 있을 것으로 기대된다. 다만 자연상태에서 발생하는 돼지풀의 경우 중기 이후에는 Table 5 및 Fig. 5에서와 같이 생육상황에 따라서는 재생될 가능성을 배제할 수 없기 때문에 2-3회 걸친 체계처리 방법을 동원하면 더욱 효과적일 것으로 판단된다.

돼지풀 방제는 bentazone (Hager and Renner, 1994) 또는 2,4-D (Bassett and Crompton, 1975) 등이 효과적이라고 알려져 있으나 국내에서는 돼지풀 방제에 관한 연구가 거의 없는 실정이기 때문에 국내 실정에 맞는 체계적인 방제연구가 필요하다고 하였다(Kim et al., 2017). 더구나 돼지풀은 충남서부 및 전라지역 등 광범위하게 분포하고 있을 뿐만 아니라 일부 농경지에서 침입하고 있기 때문에(Kim et al., 2016) 적절한 방제체계 구축이 요구되고 있다.

본 연구에서 선발한 토양 방선균 N-29 균주 배양 여액은 온실조건에서는 물론 자연상태에서 발생한 돼지풀에 대해서도 방제효과가 매우 우수할 뿐만 아니라 급성독성 및 어류 독성 등의 평가에서 매우 안전하다는 결과를 확보하고 있기 때문에(자료 미제시) 친환경적인 돼지풀 방제제 후보소재로 유용하게 활용할 수 있을 것으로 기대된다.

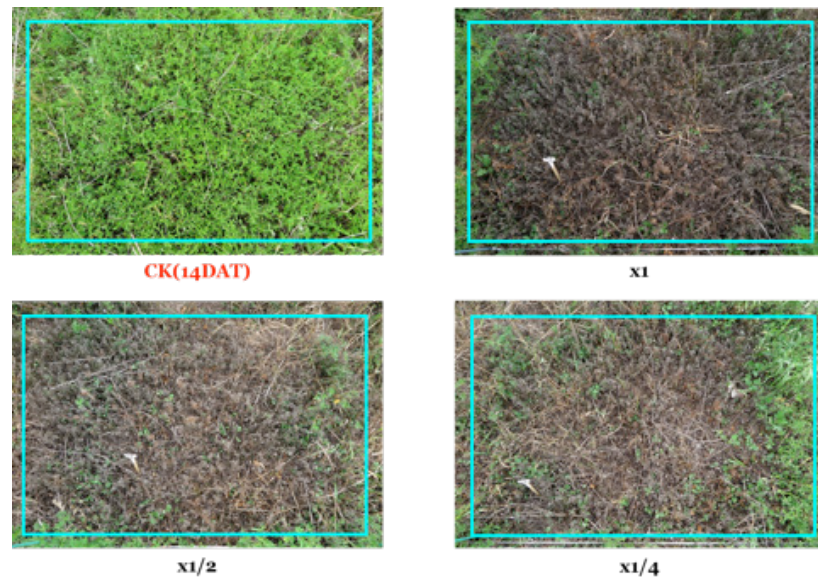


Fig. 5. Herbicidal activity of foliar application of the mutant N-29 broth filtrate of *S. scopuliridis* KR-001 to *A. artemisiifolia* with 5-6 leaf stage in field condition. The abbreviation CK means untreated control in this pictures. The representative pictures were taken 14 days after foliar application. DAT, days after treatment.

Table 5. Herbicidal activity of mutant N-29 broth filtrate of *S. scopuliridis* KR-001 to *A. artemisiifolia* with 5-6 leaf stage in field condition.

Application rate (folds)	Herbicidal activity ^z (%)		
	5 DAT	10 DAT	15 DAT
×1	100	100	99
×1/2	100	100	99
×1/4	100	100	98

DAT, days after treatment.

^zHerbicidal activity was determined by visual injury (0: no injury, 100: complete death).

요약

토양방선균 *Streptomyces scopuliridis* KR-001의 개량 균주인 N-29 균주 배양 여액의 돼지풀에 대한 방제효과를 온실 및 포장조건에서 수행하여 돼지풀 방제제 후보소재로서의 가능성을 검토하였다. N-29 균주 배양 여액은 온실조건에서 돼지풀 초·중·후기 경엽처리 시 처리된 농도범위에서 대부분 완전 방제되었으며, 자연상태에서 발생한 돼지풀에 대해서도 매우 탁월한 방제효과를 나타내었다. 선발 균주 N-29 배양 여액의 돼지풀에 대한 살초특성은 매우 속효성일 뿐만 아니라 약효지속 기간도 매우 길게 유지되었으며, 외형적으로 발현되는 주요 증상으로는 처리 초기에 황화 증상이 발현되었다가 고사로 진행되어 궁극적으로 낙엽화되어 사멸되었다. 토양방선균 N-29 균주는 친환경적인 생태계교란 광엽잡초 돼지풀 방제제로서 유용하게 활용할 수 있을 것으로 기대된다.

주요어: 돼지풀, 생태계교란 식물, 토양방선균 N-29, 친환경적 방제, 후보소재

Acknowledgment

This work was carried out with the support of "Cooperative Research Program for Agriculture Science and Technology Development (Project No. PJ013479)" Rural Development Administration, Republic of Korea.

References

- Bassett, I.J. and Crompton, C.W. 1975. The biology of Canadian weeds: 11. *Ambrosia artemisiifolia* L. and *A. psilostachya* DC. Can. J. Plant Sci. 55:463-476.
- Bayer, E., Gugel, K., Hagele, K., Hagenmaier, H., Jessipow, S. et al. 2004. Softwechsel produkte von mikroorganismen. 98. Mitteilung. Phosphinothricin und phosphinothricyl-alanyl-alanin. Helv. Chim. Acta. 55:224-239.
- Choi, J.S. 2017. Strategy for control of invasive alien weeds based on secondary metabolite(s) from a natural substances. Kor. J. Weed Sci. (an extra number) 2:10. (In Korean)
- Choi, C.W., Choi, J.S., Yon, K.H., Ko, Y.K., Ryu, S.Y., et al. 2012a. Nucleoside antibiotic components from *Streptomyces scopuliridis* RB72. Planta Med. 78:173.
- Choi, J.S., Ko, Y.K., Cho, N.K., Hwang, K.H. and Koo, S.J. 2012b. Herbicidal activity of d-Limonene to Burcucumber (*Sciyos angulatus* L.) with potential as natural herbicide. Kor. J. Weed Sci. 32(3):263-272. (In Korean)
- Christy, A.L., Herbst, K.A., Kostka, S.J., Mullen, J.P. and Calson, P.S. 1993. Synergizing weed biocontrol agents with chemical herbicides. pp. 87-100. In: Pest Control with Enhanced Environmental Safety, ed. by Duke, S.O., Menn, J.J. and Plimmar, J.R. ACS publications, Washington DC., USA.
- Copping, L. and Duke, S.O. 2007. Review: Natural products that have been used commercially as crop protection agents. Pest Management Sci. 63:524-554.
- Dayan, F.E., Cantrell, C.L. and Duke, S.O. 2009. Natural products in crop protection. Bioorg. Med. Chem. 17:4022-4034.
- Duke, S., Abbas, H., Amagasa, T. and Tanaka, T. 1996. Phytotoxins of microbial origin with

- potential for use as herbicides. Crit. Rep. Appl. Chem. 5:82-112.
- Duke, S.O., Abbas, H.K., Amagasa, T. and Tanaka, T. 1996. Phytotoxins of microbial origin with potential for use as herbicides. pp. 82-113. In: Copping LG (ed.), Crop Protection Agents from Nature: Natural Production and Analogues, Critical Reviews on Applied Chemistry. Society for Chemical Industries, Cambridge, UK.
- Hager, A. and Renner, K. 1994. Common ragweed (*Ambrosia artemisiifolia*) control in soybean (*Glycine max*) with bentazon as influenced by imazaethayr or thifensulfuron tank-mixes. Weed Technol. 8:766-771.
- Hahn, D.R., Graupner, P.R., Chapin, E., Gray, J., Heim, D., et al. 2009. Albuclidin: A novel bleaching herbicide from *Streptomyces albus* subsp. chlorinus NRRL B-24108. J. Antibiot. 62:191-194.
- Joseph, B., Sankarganesh, P., Edwin, B.T. and Raj, S.J. 2012. Endophytic Streptomycetes from plants with novel green chemistry: Review. Int. J. Biol. Chem. 6:42-52.
- Kim, C.S. 2017. Occurrence characteristics of exotic weeds flora in arable farm lands in Korea. Kor. J. Weed Sci. (an extra number) 2:3. (In Korean)
- Kim, J.W., Lee, I.Y. and Lee, J.R. 2017. Distribution of invasive alien species in Korean croplands. Weed Turf. Sci. 6(2):117-123. (In Korean)
- Kim, S.H., Kim, D.E., Lee, D.H., Kim, N.Y., Kim, Y.C., et al. 2016. Nationwide survey of non-native species in Korea (II). National Institute of Ecology, Seocheon, Korea.
- Kim, D.S. and S.H. Park. 2009. Weeds of Korea. 2nd edition. Vol. II. pp. 272-274. Rijeon Agricultural Resources Publications, Seoul, Korea. (In Korean)
- Lee, B.Y., Kim, J.D., Kim, Y.S., Ko, Y.K., Yun, G.H., et al. 2013. Identification of *Streptomyces scopuliridis* KR-001 and its herbicidal characteristics. Weed Turf. Sci. 2(1):38-46. (In Korean)
- Lee, I.Y., Oh, S.M., Moon, B.C., Kim, C.S., So, J.S., et al. 2007a. Weeding effect of troublesome exotic weeds, *Sicyos angulatus* and *Amaranthus spinosus*, by several herbicides. Kor. J. Weed Sci. 27(3):195-201. (In Korean)
- Lee, I.Y., Park, J.Y., Oh, S.M., Park, J.E. and Kwon, O.S. 2007b. Selection of insects for potential biological control of *Ambrosia trifida*. Kor. J. Weed Sci. 27(4):309-317. (In Korean)
- Li, Y., Sun, Z., Zhuang, X., Xu, L., Chen, S. and Li, M. 2003. Research progress on microbial herbicides. Crop Prot. 22:247-252.
- Moon, B.C., Oh, S.M., Lee, I.Y., Kim, C.S., Cho, J.R., et al. 2008. Change of weed species in burcucumber (*Sicyos angulatus*) community and domestic distribution aspect. Kor. J. Weed Sci. 28(2):117-125. (In Korean)
- Na, S.H., Cho, Y.H., Park, Y.J., Kim, Y.J., Han, Y.G., et al. 2008. Study on population dynamics of *Ophraella communa* LeSage and *Epiblema sugii* Kawabe, biological control agents against Ambrosia species. Kor. J. Weed Sci. 28(3):279-285. (In Korean)
- Satoh, A., Murakami, T., Imai, S. and Seto, H. 1993. Industrial development of bialaphos, a herbicide from the metabolites of *Streptomyces hygropicus* SF 1293. Actinomycetologica. 7:128-132.

Won, O.J., Kim, Y.T., Kim, J.D., Choi, J.S., Ko, Y.K., et al. 2015. Herbicidal activity of herbicidin from a strain of soil Actinomycete *Streptomyces scopuliridis*. Weed Turf. Sci. 4(3):219-224. (In Korean)