

하늘타리 추출물의 제초활성

윤영범¹ · 변리나¹ · 장세지¹ · 현규환¹ · 신동영¹ · 김상수² · 김도익³ · 권오도³ · 국용인^{1*}

¹순천대학교 생명산업과학대학 한약자원개발학과

²순천대학교 생명산업과학대학 식물의학과, ³전남농업기술원 쌀연구소

Herbicidal Activities of *Trichosanthes kirilowii* Maxim Extracts

Young Beom Yun¹, Ri Na Byeon¹, Se Ji Jang¹, Kyu Hwan Hyun¹, Dong Young Shin¹,
Sang Su Kim¹, Do IK Kim², Oh Do Kwon², and Yong In Kuk^{1*}

¹Department of Development in Oriental Medicine Resources, College of Life Science and Natural Resources,
Suncheon National University, Suncheon 540-742, Korea

²Department of Plant Medicine, College of Life Science and Natural Resources, Suncheon National
University, Suncheon 540-742, Korea

³Jeonnam Agricultural Research and Extension Services, Naju 520-715, Korea

(Received on August 09, 2013; Revised on August 30, 2013; Accepted on September 05, 2013)

ABSTRACT. Currently, methods for controlling weeds in organically produced crops have not been as effective as conventional methods. This research was carried out to determine the herbicidal effects of leaf, stem, fruit, root extracts of *Trichosanthes kirilowii*. The extraction methods used were water, boiling water and ethanol. The characteristics of potential herbicidal components among extraction methods were investigated by using the following solvent fractions: hexane, chloroform, ethyl acetate, butanol, and water. Generally, water extracts provided the best on inhibition of germination rate, plant height, and root length in cucumber and barley. Specifically, extractions made from fruit parts of *T. kirilowii* provided the greatest inhibition effect on plant growth in cucumber and barely. Inhibition of germination rate, plant height, and root length in cucumber and barley in solvent fractions was the best in water fractions, but there were no significant differences among the other fractions. *Digitaria siliaris* and *Solanum nigrum* were controlled 80-100% by 5% extractions of water fraction. However, there were no herbicidal effects from foliar treatment in cucumber, barley, black nightshade, and henry crabgrass by 5% extractions of the water fraction. These results show that extractions of *T. kirilowii* can be used for controlling some weeds in organically produced crops.

Key words: Herbicidal activity, Plant extract, *Trichosanthes kirilowii*

서 론

유기 합성농약은 병해충 및 잡초방제에 있어서 중요한 농자재 중에 하나로서 농약을 사용하지 않을 경우 작물에 따라 30~100% 수확이 감소된다(Aldrich and Kremer, 1997). 그러나 작물재배시 사용한 농약의 남용 및 오용으로 인축에 대한 독성뿐만 아니라 토양, 수질 및 농산물 오염과 생태계 파괴 등 여러 가지 문제가 야기되고 있다. 이에 따라 정부는 2013년까지 화학비료와 합성농약의 사용량을

2004년을 기준으로 40% 수준까지 절감할 것을 권고하고 있다(MFAFF, 2011).

이러한 상황에서 친환경 및 유기농업을 실천하는 농가를 위하여 유기합성 농약을 대체하는 병해충 및 잡초 방제법을 개발하는 것이 시급하다. 식물은 페놀화합물, 테르펜화합물, 질소함유화합물(알칼로이드 등) 등과 같은 다양한 2차 대사물질을 함유하고 있다(Taiz and Zeiger, 1998). 또한 식물에서 추출한 천연물질들은 일부 병해충 및 잡초에 선택성을 보이며, 인축에 영향이 적고 환경에도 안전하여 유기합성 농약을 대체하는 대안이 될 수 있다(Copping, 2009; Duke et al., 1997; Head, 1966).

하늘타리(*Trichosanthes kirilowii* Maxim)는 박과에 속하는 다년생 초본식물로 우리나라 남부지방이나 중부지방

*Corresponding author:

Phone) +82-61-750-3286, Fax) +82-61-750-3280
E-mail) yikuk@sunchon.ac.kr

의 산 밑, 초원 및 인가 담벼락에 자생하는 식물이다(Jung and Shin, 1998; Kim, 1996). 잎은 호생이고 둥근모양이며 단풍잎처럼 5~7갈래로 갈라지고 아랫부분은 심장형이고 위부분은 톱니가 있고 잎 표면에 짧은 털이 있다. 덩굴손은 잎과 대생이며 다른 물체에 5 m 정도까지 감겨 올라간다. 꽃은 암수딴그루이고 7~8개 백색꽃이 핀다. 열매는 구형으로 황색을 띠며 많은 종자가 들어있다.

하늘타리 열매와 근경은 해열, 이뇨, 변비, 피부병, 당뇨병 치료에 많이 사용되었는데 약재의 사용부위에 따라서 질병에 대한 적응도가 다른 것으로 기록되어 있다(Zhu, 1998). 근경에서 생합성되는 trichosanthin은 항진균성 물질로 항암효과가 있는 것으로 알려져 있다(Byers et al., 1990).

다양한 식물로부터 제조활성성분 탐색연구는 오랫동안 수행되어 왔으며 현재 많은 식물종의 잎, 나무껍질, 뿌리, 꽃, 열매에서 phenol류, quinone류, tannin류, alkaloid류, terpenoid류 등 여러 가지 다양한 성분들이 발굴되고 있다(Duke et al., 2002; Kim et al., 2003; Rice, 1984). 대표적인 식물기원 제조활성물질로는 귀리짚에 함유되어 있는 naringin, 냉이에 함유되어 있는 phenol 화합물(hydroquinone, ferulic acid, cinnamic acid), 쇠비름 추출물에서 phenol류, linalool, dihydroactinidiolide 등을 들 수 있다(Kim et al., 2010).

최근 인가 및 비농경지에 잡초식생분포를 조사하는 중에 하늘타리 발생량이 과거와 다르게 증가하고 있으며, 하늘타리 발생지역에서 특이하게 쌍떡잎 잡초의 발생량이 적은 경향을 보이고 있었다. 현재 하늘타리의 뿌리, 열매 및 종자는 약용으로 이용되고 있을 뿐 또 다른 생리활성 효능뿐만 아니라 제조 등에 관한 연구는 미진한 형편이다. 따라서 본 연구는 하늘타리의 잎, 줄기, 뿌리, 열매 중 어느 부위에서 제조효과가 가장 높은지를 알아보기 위해서 물, 열수 그리고 에탄올로 추출하여 활성을 평가하고자 수행하였다. 또한 위의 추출방법 중 제조활성능력이 뛰어난 것을 hexane, chloroform, ethyl acetate, butanol, water로 용매분획하여 제조 성분에 대한 수용성 유무를 조사하였다.

재료 및 방법

식물재료

하늘타리의 잎, 줄기, 열매 및 뿌리는 2010년 10월 중순에 전라남도 순천시 서면에서 수확한 것을 건조시켜 사용하였고, 이들 부위별 제조활성 정도를 알아보기 위한 검정 식물로 오이(*Cucumis sativus* L., 늘푸른청장오이)와 보리(*Hordeum vulgare* L., 유효보리)를 사용하였다. 또한 까마중(*Solanum nigrum* L.), 바랭이(*Digitaria siliaris* L.), 깨풀(*Acalypha australis* L.) 및 소리쟁이(*Rumex crispus* L.)

종자를 본 실험에 사용하였다.

하늘타리 식물체 부위별, 추출방법별 제조효과

건조된 하늘타리의 잎, 줄기, 열매 및 뿌리 각각 30 g을 증류수와 ethanol 200 ml에 넣고 24시간 교반하여 추출하였다. 열수 추출은 물 200 ml를 넣고 100°C에 30분간 가열하였다(Yun et al., 2012). 이들 추출물을 4겹의 Miracloth로 여과한 후 다시 filter paper (Whatman No. 2)로 재여과하여 감압농축기를 사용하여 최종농도가 30%가 되도록 농축하였다. 각각의 추출물을 0, 1, 3, 5 및 10%의 농도가 되도록 물로 희석하여 Petri dish (90 mm)에 2장의 filter paper (Whatman No. 2)를 깔고 추출물 5 ml를 넣고 오이와 보리 종자를 각각 10립씩 파종하여 25°C의 생장상(1일 광주기 14시간)에 두었다. 파종 후 5일에 발아율, 초장 및 근장을 조사하였다.

물 추출물의 용매 분획

위의 추출방법 중에는 물 추출법, 하늘타리 부위별로는 열매에서 제조 효과가 가장 높았다. 따라서 하늘타리 열매 열수 추출물은 다시 hexane, chloroform, ethyl acetate, butanol과 물로 분획하였다(Yun et al., 2012). 각 유기용매 층은 감압농축하고, pellet에 남아 있는 유기용매는 진공건조기(Hanbaek Scientific Co. Korea)를 이용하여 완전히 증발시켰다. 이들 각 용매분획을 tween 20(0.1%)과 증류수로 용해하여 검정시료로 사용하였고 그 밖의 방법은 위의 “하늘타리 식물체 부위별, 추출방법별 제조효과에 관한 실험방법”과 동일하게 사용하였다.

물 추출물의 물 분획물에 대한 제조효과

위의 용매분획 중 물 분획물에서 제조효과가 가장 높게 나타났다. 따라서 이 물 분획을 0, 1, 3, 5 및 10%의 농도가 되도록 물로 희석하여 위의 “하늘타리 식물체 부위별, 추출방법별 제조효과에 관한 실험방법”과 동일하게 까마중과 바랭이에 대한 제조효과를 조사하였다. 또한 이들 추출물에 대한 경엽처리 효과를 알아보기 위하여 2엽기까지 생육한 오이, 보리, 깨풀 및 소리쟁이에 경엽처리하였다. 경엽 처리 후 5일째에 초장과 지상부 생체중을 조사하였다.

하늘타리 부위별 총 phenol 및 flavonoid 함량

하늘타리 부위별 총 phenol 및 flavonoid 함량을 측정하기 위하여 줄기, 열매 및 뿌리를 사용하였다. 총 polyphenol 측정은 Folin-Dennis법을 이용하였다. 80% 메탄올 추출물 시료 1 ml에 증류수 1 ml, Folin-Denis' reagent 1 ml 첨가한 후 혼합하여 27°C의 shaking bath에서 5분간 반응시켰다. 반응 후, NaCO₃ 포화용액 1 ml를 가하여 혼합하여 실

온에서 1시간 동안 반응시킨 후 640 nm에서 흡광도를 측정하였다. 총 폴리페놀 화합물은 ferulic acid를 이용하여 표준곡선으로부터 함량을 구하였다. 표준곡선은 ferulic acid를 100 µg ml⁻¹ 농도로 증류수에 녹이고 최종농도가 0, 1, 25, 50 및 75 µg ml⁻¹ 용액이 되도록 취하여 위와 같은 방법으로 640 nm에서 흡광도를 측정하였다.

총 플라보노이드 측정은 80% 메탄올 추출물 500 µl에 95% alcohol 1.5 ml 첨가하고, 다시 10% aluminum chloride hexahydrate 100 µl, 1 M potassium acetate 100 µl와 증류수 2.8 ml를 가하여 상온에서 40분간 반응시킨 후 415 nm에서 흡광도를 측정하였다. 표준시약으로는 quercetin을 이용하여 표준곡선으로부터 함량을 구하였다. 표준곡선은 quercetin을 1 mg ml⁻¹ 농도로 증류수에 녹이고 최종농도가 0, 1, 10, 30 및 50 µg ml⁻¹ 용액이 되도록 취하여 위와 같은 방법으로 415 nm에서 흡광도를 측정하였다.

결과 및 고찰

식물체 부위별, 추출방법별 제조활성 차이

하늘타리 부위별(잎, 줄기, 열매 및 뿌리), 추출방법별(물, 열수 및 에탄올) 제조활성을 검정하고자 0, 1, 3, 5 및 10% 추출물에 오이와 보리 종자를 파종하고 5일 후에 발아율, 초장 및 근장을 측정하였다(Fig. 1, 2). 오이 발아율의 경우 사용한 모든 하늘타리 추출방법별 그리고 부위별 처리 농도가 증가할수록 억제되었으나 물 추출과 열수 추출법에서는 뿌리를 제외한 잎, 줄기 및 열매의 3% 추출물에서 100% 발아억제를 보였고, 에탄올 추출물에서도 모든

부위의 5% 추출물에서 100% 발아가 억제되었다. 오이 근장 억제의 경우 추출방법별로는 물추출>열수추출>에탄올 추출 순으로 컸으나 각 추출방법별 식물체 부위간에는 큰 차이가 없었다(Fig. 1). 한편 하늘타리 추출물에 대한 보리의 초장과 근장에 미치는 영향을 조사한 결과, 보리 초장은 추출물 농도가 증가할수록 감소하였으나 물과 열수 추출법이 에탄올 추출법에 비해 초장 감소가 크게 나타났다. 또한 부위별 초장 억제는 추출방법에 관계없이 뿌리 부위를 제외한 잎, 줄기 및 열매 추출물간에는 큰 차이가 없었다(Fig. 2). 그러나 보리의 근장은 물추출>열수추출>에탄올추출법 순으로 감소정도가 컸고, 물 추출물의 경우는 부위별로 큰 차이가 없었다. 열수추출법에서는 줄기를 제외한 잎, 열매, 뿌리 추출물간에는 차이가 없었고 에탄올 추출물 경우는 뿌리부위를 제외한 다른 부위 추출물간에는 큰 차이가 없었다. 전반적으로 추출방법별 부위별로 오이와 보리의 제조효과는 추출방법 중에서는 물 추출법, 부위별로는 열매에서 높았다. 이처럼 제조활성을 보였던 것은 페놀화합물과 같은 이차대사산물이 하늘타리 식물체에 존재하고 이러한 이차대사산물은 식물체 부위별로 차이가 있을 것으로 사료된다. 예를 들면 야콘의 제조활성은 잎, 줄기보다 뿌리에서 높았고(Yun et al., 2012), 이처럼 야콘 뿌리 추출물에서 제조효과가 높았던 것은 야콘 뿌리에 chlorogenic acid(Lachman et al., 2003; Yan et al., 1999)와 caffeic acid 유도체(Takenaka et al., 2003)와 같은 페놀 화합물(2,300 mg kg⁻¹)이 상당히 많이 함유되어 있기 때문인 것으로 사료된다.

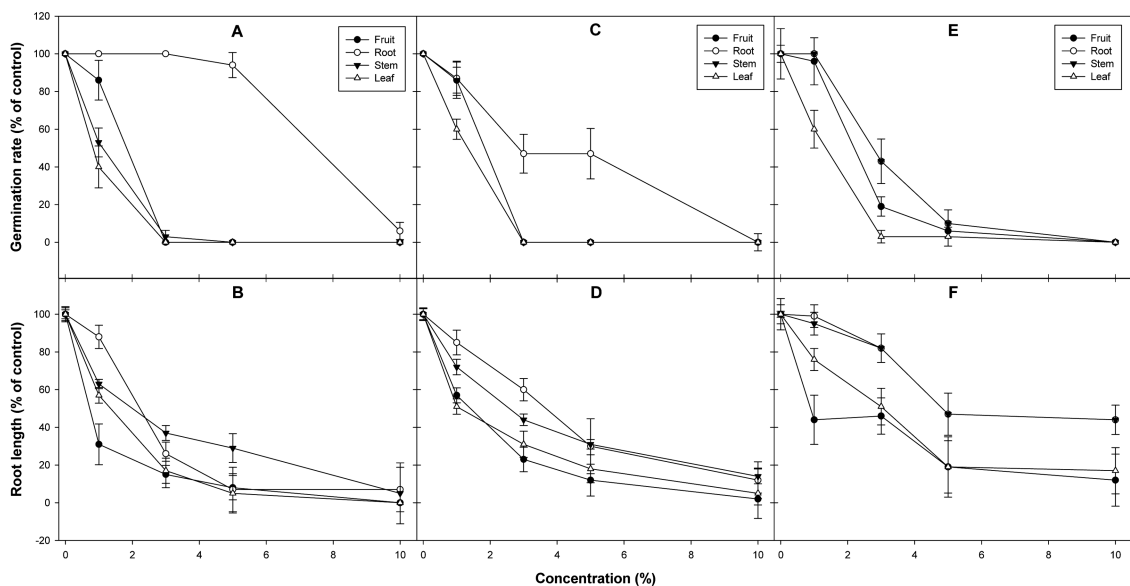


Fig. 1. Effect of water (A, B), boiled water (C, D), and ethanol (E, F) extracts prepared from various parts of *Trichosanthes kirilowii* on germination rate (A, C, E) and root length (B, D, F) of cucumber (Parameters were recorded 5 days after treatment).

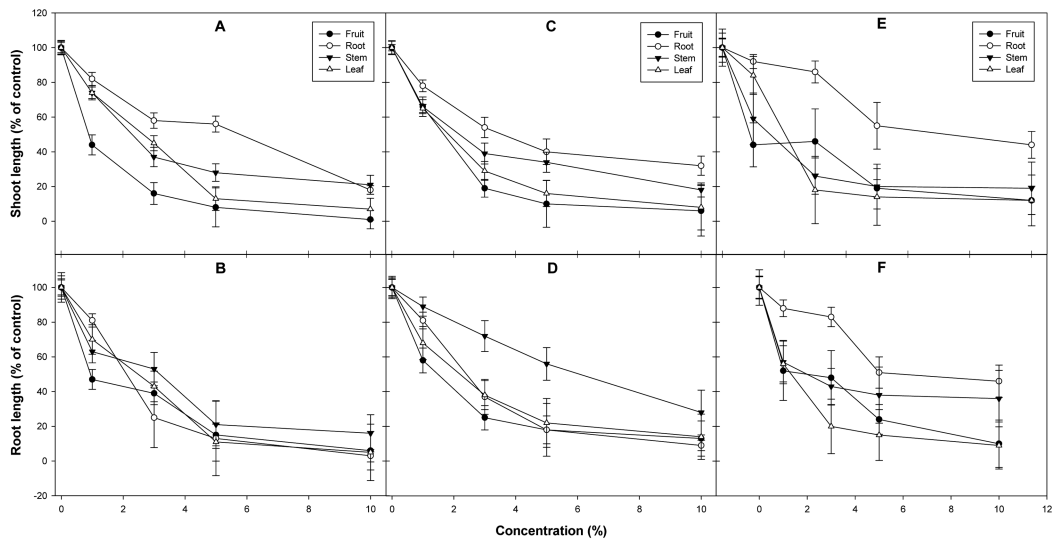


Fig. 2. Effect of water (A, B), boiled water (C, D), and ethanol (E, F) extracts prepared from various parts of *Trichosanthes kirilowii* on shoot (A, C, E) and root length (B, D, F) of barley (Parameters were recorded 5 days after treatment).

Table 1. Total polyphenol and total flavonoid contents in fruit, stem and root of *Trichosanthes kirilowii*.

Plant parts	Total phenolic contents (mg/g DW)	Total flavonoid contents (mg/g DW)
Stem	33.7a ^a	0.58a ^b
Fruit	24.6b	0.15b
Root	11.7c	0.05c

^{a,b} Means within a column followed by the same letters are not significantly different at 5% level according to Duncan's multiple range test.

하늘타리 부위별 총 phenol 및 flavonoid 함량

하늘타리에서 제초활성을 보였던 것이 총 페놀 및 플라보노이드 함량과 관련성이 있는지를 알아보기 위하여 조사하였다(Table 1). 페놀 함량은 하늘타리 줄기>열매>뿌리 순이었으나 제초활성은 열매가 줄기에 비해 다소 높았다. 줄기와 열매는 뿌리에 비해 훨씬 높은 제초활성을 보였고, 줄기와 열매의 페놀 함량이 뿌리에 비해 2~3배 높았다. 그러나 전체 페놀함량과 제초활성과의 직접적인 관련성뿐만 아니라 식물체에 존재하는 특정 페놀 종류와도 제초활성과 관련성이 있을 것으로 사료되어 추후 검토가 되어야 할 것이다. 플라보노이드 함량은 줄기>열매>뿌리 순으로 많았고, 상대적으로 제초활성이 낮았던 줄기가 뿌리에 비해 3.9배 많았던 것으로 나타나 제초활성과는 관련성이 없는 것으로 사료된다.

용매분획에 의한 제초활성

위의 하늘타리 추출방법별, 부위별 제초효과에 관한 연구에서 물 추출법과 열매에서 가장 제초활성이 높았다. 따라서 열매를 물로 추출하고 그 추출물을 용매분획하여 추출물의 활성 특성을 조사하였다(Fig. 3). 용매분획별 오이의 발아율 억제는 물 층에서 가장 좋았고, butanol층 10% 추출물을 제외한 그 밖의 chloroform, ethyl acetate, butanol 및 hexane 분획에서는 효과가 적었거나 없었다(Fig. 3A). 오이의 근장 억제에서도 물 층 분획에서 효과가 가장 좋았으나 0, 1, 3 및 5% 추출물의 분획별간에 차이가 없었을 뿐만 아니라 효과도 보이지 않았다(Fig. 3B). 다만 hexane과 butanol 분획의 10% 추출물은 chloroform과 ethyl acetate 분획의 10% 추출물보다 효과가 좋았다. 보리 초장의 경우에서도 오이의 발아율처럼 용매분획 중 물 층에서 초장 감소가 가장 크게 나타났으며 ethyl acetate층에서는 전혀 효과가 없었으며, 그 밖의 hexane, chloroform과 butanol 층에서는 다소 초장 감소가 인정 되었으나 분획간에는 차이가 없었다. 보리의 근장 감소도 물 층 분획에서 가장 효과가 높았으나 다른 분획간에는 큰 차이가 없었을 뿐만 아니라 근장 감소 정도도 적었다. 따라서 본 연구에서 제초활성을 보인 추출물은 친수성인 것으로 판단된다. 본 연구와 유사하게 야콘 추출물에서 제초활성을 보였던 잠재적인 물질도 친수성으로 보고되었다(Yun et al., 2012).

추출물 처리방법별 제초효과

위의 용매분획에서 물 층에서 가장 효과가 좋아서 물 층 추출물을 0, 1, 3, 5 및 10% 농도로 조제하여 Petri dish에 처리하고 바랭이와 까마중 종자를 파종한 후 5일째에

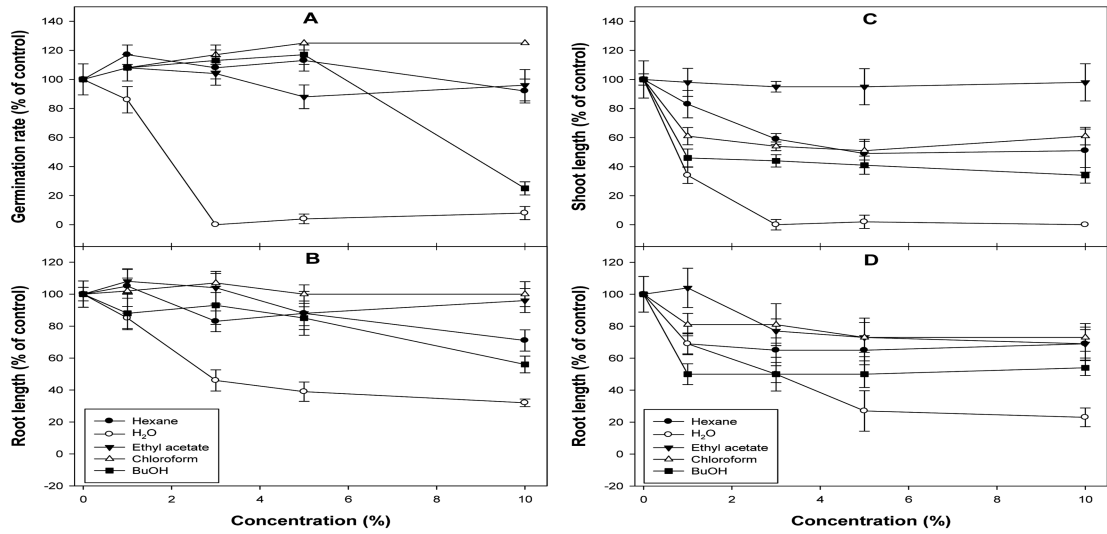


Fig. 3. Effect of solvent fractions prepared with water extracts of *Trichosanthes kirilowii* fruit on germination rate (A) and shoot (C) and root (B, D) length of cucumber (A, B) and barley (C, D) (Parameters were recorded 5 days after treatment).

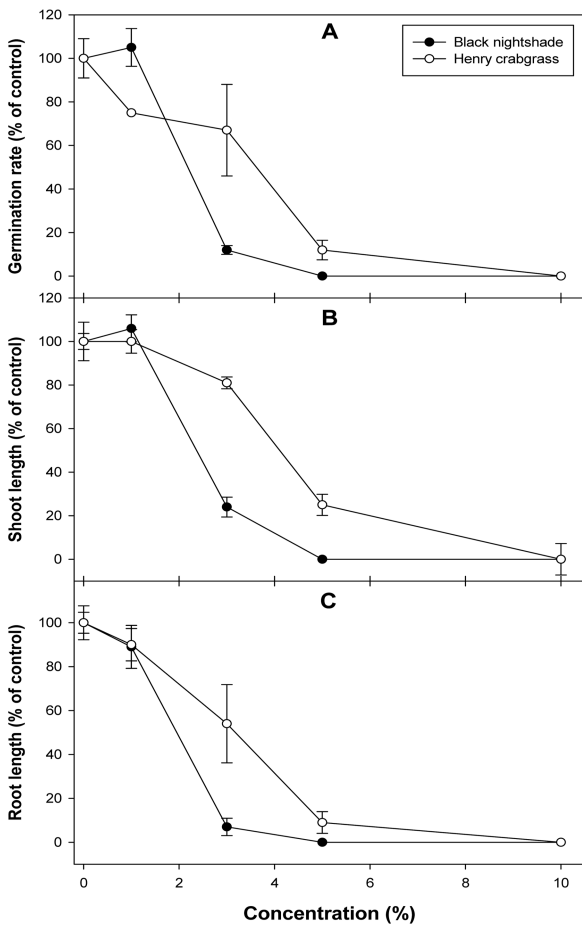


Fig. 4. Effect of H₂O layer of water extracts of *Trichosanthes kirilowii* fruit on germination rate (A) and shoot (B) and root (C) length of black nightshade (*Solanum nigrum* L.) and henry crabgrass (*Digitaria siliaris* L.) (Parameters were recorded 5 days after treatment).

발아율, 초장 및 근장을 조사하였다(Fig. 4). 바랭이와 까마중의 발아율, 초장 및 근장의 경우 추출물의 농도가 증가할수록 감소하였으나 바랭이에 비해 까마중에서 효과가 더 좋았다. 그러나 추출물 5% 이상의 농도에서 두 잡초종의 생장이 80~100% 억제되었지만 물 층 5%와 10% 추출물을 오이와 보리뿐만 아니라 바랭이, 까마중, 깨풀 및 소리쟁이 경엽에 처리한 경우 초장과 지상부 생체중은 무처리와 차이가 없었다(Fig. 5). 따라서 하늘타리 식물체 추

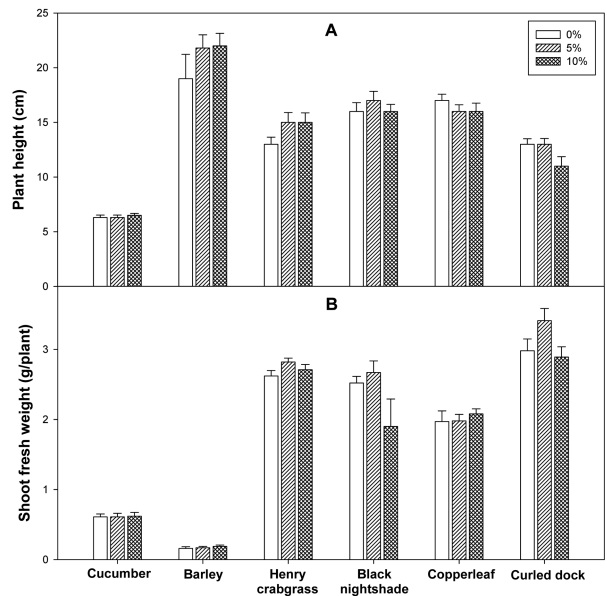


Fig. 5. Effect of H₂O layer of water extracts of *Trichosanthes kirilowii* fruit on shoot length (A) and weight (B) of crops and weeds by foliage spraying (Parameters were recorded 5 days after treatment).

출물은 경엽 처리시 효과가 없는 것으로 보아 하늘타리 추출물에는 일부 잡초종의 발아를 억제하는 생리활성 성분을 함유하고 있는 것으로 사료된다.

본 연구결과를 볼 때 하늘타리 식물체 추출물은 일부 잡초종의 발아를 억제하는 효과가 있는 것으로 보아 추후에 하늘타리 식물체에서 제초활성 성분 분석과 포장검정을 통하여 친환경 및 유기농 농자재로서 이용 가능성을 검토해야 할 것이다.

요 약

현재 유기재배에서 잡초 방제를 위한 방법은 관행방법에 비해 효과적이지 못하다. 본 연구는 하늘타리의 잎, 줄기, 열매, 뿌리 추출물 중 어느 부위에서 제초 효과가 가장 높은지를 알아보기 위해서 각 부위별로 물, 열수 그리고 에탄올로 추출하였다. 또한 위의 추출방법 중 제초활성능력이 뛰어난 것을 hexane, chloroform, ethyl acetate, BuOH, H₂O로 용매분획하여 잠재적 제초 성분에 대한 특성을 조사하였다. 전반적으로 오이와 보리의 발아율, 초장 및 근장 억제는 추출방법 중 물 추출법이 가장 효과적이었고, 식물체 부위별로는 열매에서 가장 효과적이었다. Ethyl acetate, butanol, chloroform, hexane, water의 용매분획에서 오이와 보리의 발아율, 초장 및 근장 저해는 물 층에서 가장 좋았고 그 밖의 분획에서는 차이가 없었다. 5% 물 층 추출물 발아전 처리에 의해 바랭이와 까마중의 생장량은 80~100% 억제되었으나, 이 추출물에 의한 오이와 보리뿐만 아니라 잡초종(바랭이, 까마중 등) 경엽처리에 의한 생육저해 효과는 없었다. 본 연구결과로 볼 때 하늘타리 추출물을 친환경 또는 유기농 재배에 잡초방제를 위해 사용할 수 있을 것으로 본다.

주요어: 제초활성, 물추출물, *Trichosanthes kirilowii*

Acknowledgement

This study was supported by joint research project of Rural Development Administration, Republic of Korea (Project number : PJ008423).

References

- Aldrich, R.J. and Kremer, R.J. 1997. Principles in Weed Management. Iowa State University Press. p. 455.
- Byers, V.S., Levin, A.S., Waites, L.A., Starrett, B.A., Mayer, R.A., et al. 1990. A phase I/II study of trichosantin treatment of HIV disease. AIDS 4:1189-1196.
- Copping, L.G. 2009. The Manual of Biocontrol Agents. BCPC. p 205.
- Duke, S.O., Dayan, F.E., Rimando, A.M., Schrader, K.K., Aliotta, G., et al. 2002. Chemicals from weed management. Weed Sci. 50:138-151.
- Duke, S.O., Dayan, F.E., Hernandez, A., Duke, M.V. Abbas, H.K., et al. 1997. Natural products as leads for new herbicide mode of action. The 1997 BCPC-Weeds 579-586.
- Head, S.W. 1966. A study of insecticidal constituents in *Chrysanthemum cinerariaefolium*. Pyrethrum Post. 8:32-37.
- Jung, B.S. and Shin, M.K. 1998. Encyclopedia of Traditional Drug (2nd ed). Younglim Pub. pp. 960-963. (In Korean)
- Kim, H.Y., Choi, H.J., Yu, Y.M., Heo, S.J., Lim, S.M., et al. 2003. Plant-derived herbicidal compounds. Kor. J. Weed Sci. 23(3):190-212. (In Korean)
- Kim, J.H., Kwon, O.K., Park, J.E., Lim, K.J., Choi, K.H., et al. 2010. Plant Protective Secondary Metabolites in Plants. Rural Development Administration. National Academy of Agricultural Science. p. 505. (In Korean)
- Kim, T.J. 1996. Korea's Resources Plants (IV). Seoul National University Pub. p. 172. (In Korean)
- Lachman, J., Fernandez, E.C. and Orsák, M. 2003. Yacon [*Smallanthus sonchifolius* (Poepp. Et Endl.) H. Robinson] chemical composition and use-A review. Plant Soil Environ. 49:283-290.
- Ministry for Food, Agriculture, Forestry and Fisheries (MFAFF). 2011. 2011~2015 Third Eco-friendly Agriculture Fostering Five-Year Plan. Ministry for Food, Agriculture, Forestry and Fisheries. pp. 1-24. (In Korean)
- Rice, E.L. 1984. Allelopathy. Academic Press. pp. 1-4.
- Taiz, L. and Zeiger, E. 1998. Plant Physiology. Sinauer Associates, Inc., Publishers. p. 792.
- Takenaka, M., Yan, X., Ono, H., Yoshida, H., Nagata, T., et al. 2003. Caffeic acid derivatives in the roots of yacon (*Smallanthus sonchifolius*) J. Agric. Food Chem. 51:793-796.
- Yan, X., Suzuki, M., Ohnishi-Kameyama, M., Sada, Y., Nakanishi, T., et al. 1999. Extraction and identification of antioxidants in the roots of yacon (*Smallanthus sonchifolius*). J. Agric. Food Chem. 47:4711-4713.
- Yun, Y.B., Kim, J.H., Jang, S.J., Kim, D.I., Kwon, O.D., et al. 2012. Effect of yacon (*Smallanthus sonchifolius* H. Robinson) extracts on herbicidal, fungicidal, and insecticidal activities. Korean J. Weed Sci. 32(2):98-106. (In Korean)
- Zhu, Y.P. 1998. Chinese Material Medica. Harwood Academic Publishers. pp. 489-490.