

왕도깨비가지 수용성 추출물의 제초 활성

김태근* · 김현철** · 김대신** · 송진영* · 하영삼* ·
강정환*** · 우성배**** · 송창길*****

Herbicidal Activity of Aqueous Extracts from *Solanum viarum* (Dunal)

Kim, Tae-Keun · Kim, Hyoun-Chol · Song, Jin-Young · Ha, Young-Sam ·
Kang, Jeong-Hwan · Woo, Seong-Bae · Song, Chang-Khil

In order to evaluate the weed suppressing effect of *Solanum viarum* Dunal. In this study species diversity in patch of *S. viarum* and allelopathic effects of the aqueous extracts on *S. viarum* were investigated. Number of species and species diversity in site close to patch of *S. viarum* were decreased gradually 1site (7.7 ± 2.0 , 1.5 ± 0.2), 2site (5.3 ± 1.2 , 1.2 ± 0.2) and 3site (4.0 ± 1.7 , 0.9 ± 0.1). And total phenolic compounds of soil in survey area were increased gradually site1 ($0.16 \pm 0.01 \text{ mg g}^{-1}$), site2 ($0.17 \pm 0.01 \text{ mg g}^{-1}$) and site3 ($0.22 \pm 0.02 \text{ mg g}^{-1}$). So the number of species and species diversity ($r = -0.692$, $P < 0.05$) were negatively correlated with increased total phenolic compounds of soil in the survey area. The relative germination ratio, the mean germination time, the relative elongation ratio, the fresh weight and the dry weight of receptor plants are generally getting decreased while the concentration of the aqueous extracts from *S. viarum* escalate. But every ratio was various depending on the growing regions, the kind of receptor plants and the treatment of the aqueous extracts. Especially, the radicle by injection of the aqueous extracts concentration of *S. viarum* was influenced more than the shoot on the same condition. The total phenolic compounds on region of *S. viarum* was gradually increased in stems (fresh $0.56 \pm 0.02 \text{ mg g}^{-1}$, dry $1.58 \pm 0.08 \text{ mg g}^{-1}$), roots (fresh $1.77 \pm 0.07 \text{ mg g}^{-1}$, dry $2.64 \pm 0.06 \text{ mg g}^{-1}$), leaves (fresh $6.01 \pm 0.14 \text{ mg g}^{-1}$, dry $7.04 \pm 0.29 \text{ mg g}^{-1}$), seeds (fresh $6.21 \pm 0.17 \text{ mg g}^{-1}$, dry $9.08 \pm 0.73 \text{ mg g}^{-1}$) in order. On the contrary, the negative correlation on germination and growth of receptor

* 제주대학교 대학원 농학과

** 제주특별자치도 한라산연구소

*** SK 핑크스

**** (주)장원산업

***** 교신저자, 제주대학교 식물자원환경전공 교수(sck5622@jejunu.ac.kr)

plants was shown by total phenolic compounds on the each parts of *S. viarum*. We think that the aqueous extracts of *S. viarum* showed allelopathic effects on other plants. Therefore, *S. viarum* holds the higher competitiveness in plant community in Jeju Island and makes possibility of application as natural herbicide.

Key words : *solanum viarum*, species diversity, allelopathic effects, aqueous extracts, phenolic compounds

I. 서 론

국내에 분포하는 식물은 약 4,620분류군이 서식하고 있으며 그 중 귀화식물은 287분류군으로 전체식물에 약 6%를 차지하고 있다(강 등, 2003; 고 등, 2003). 특히 귀화식물은 지형적으로 격리된 생태계에서 생물다양성의 파괴자로 쉽게 우점 하는 것으로 알려져 있다(Sherly, 2000; Tokaska-Gazik, 2001).

지형·지리적 특수성을 보이는 제주도인 경우 섬이라는 특성과 함께 격리된 생태계를 가짐으로써 특유한 생물상을 가지고 있다. 제주도에 분포하는 식물은 167과 1,990분류군으로 그 중 37과 205분류군이 귀화식물에 속하며 국내 분포하는 귀화식물의 약 71%가 분포하고 있다. 이들 제주지역 귀화식물은 농경지에는 25과 81분류군이 자리 잡고 있어 농경지 전체 잡초의 33%에 해당하며 최근 국가 간 교역증가와 인간의 왕래 등이 빈번해짐에 따라 지속적으로 증가하는 추세이다(양, 2007; 고 등, 1999). 또한 자생식물 보다 폭넓은 발아조건, 개화의 신속성, 높은 환경적응력 등을 바탕으로 경쟁적 우위를 차지하고 있고 식물활성물질(biological active substance)인 allelochemicals라는 특정 화학물질을 생성하여 여러 가지 방출 기작을 통해 주변지역에 방출시킴으로 작물이나 자생식물의 종자 발아와 생장을 억제하기 때문에 귀화식물의 분포지역에는 일반적으로 자생식물의 빈도수가 낮게 나타난다(Aber *et al.*, 1991; Given, 1994; Duke, 1986). 특히 가시비름(*Amaranthus spinosus*), 개망초(*Erigeron annuus*), 망초(*Erigeron canadensis*), 비름(*Amaranthus mangostanus*), 돼지풀(*Ambrosia artemisiifolia* var. *elatior*), 토끼풀(*Trifolium repens*) 등은 주변식물의 생장을 억제하는 allelochemicals를 함유하고 있다(강 등, 2008; 김과 장, 1998; 김과 김, 2001; 이, 1997). allelochemicals는 일반적으로 식물 간 서식지를 공유함에 있어 한 식물체가 만들어내는 식물생리활성물질로 인접한 종자의 발아와 생장, 토양 미생물의 번식에 영향을 주어 식물군락의 형성과 친이, 작물의 생산 등에 관여하는데 이러한 생화학적 상호작용을 알레로패시(allelopathy)라 한다(柴田承二, 1978; Kim and Lee, 1996).

제주도는 섬이라는 격리된 지역 특성과 특유한 생물상을 가지고 있어 귀화식물의 이입은 다른 지역보다 생태계의 교란이 클 것으로 예상된다. 김(2006)은 제주도에서 귀화식물 중 확산 및 지속성이 높고 생태적이나 환경적으로 악영향을 줄 가능성이 높은 유해초종으

로 도깨비가지(*Solanum carolinense*), 가시비름(*Amaranthus-spinosus* L.), 서양금혼초(*Hypchoeys radicata* L.) 등으로 분석하였다. 그 중 도깨비가지와 유사한 왕도깨비가지(*Solanum viarum* Dunal)는 남아메리카, 아르헨티나가 원산지로 2000년 제주특별자치도 서귀포시 안덕면 동하목장 일대 초지에서 처음 발견되었으며 국내에서는 제주도에만 분포하고 있다. 왕도깨비가지는 도깨비가지(*S. carolinenses*)와 비슷하나 열매의 색, 종자의 날개(seedcoat)에 차이를 보인다(양 등, 2007). 왕도깨비가지는 지하부가 숙근형(宿根形)으로 무성번식을 하고(Mullahey and Cornell, 1994; Akanda *et al.*, 1996) 연간 개체 당 약 45,000립 종자를 생산하며 약 70% 정도 종자번식을 한다(Mullahey and Colvin, 1993; Mullahey *et al.*, 1997). 왕도깨비가지는 Tropical Soda Apple(TSA)로 불리며, 1988년 미국 플로리다 목초생산에 연간 \$1,100만의 막대한 경제적 손실을 주었고(Mullahey and Cornell, 1994), 왕도깨비가지에 대한 Regional Tropical Soda Apple Task Force라는 프로젝트팀을 구성 할 정도로 미국남동부 지역에서 급속도로 확산되어 자연생태계에 대한 피해와 경제적 피해가 발생되고 있다(Mullahey *et al.*, 1993; Langeland and Burks, 1998). 제주도에서 왕도깨비가지는 조사료의 품질저하, 강한 가시로 인한 접근 곤란 등을 야기 시키고 뿌리, 줄기, 가지에 의한 무성번식으로 인해 방제가 어려운 강해잡초이다(오 등, 2007).

따라서 본 연구는 환경생태학적 측면인 왕도깨비가지의 allelopathy 효과를 조사함에 있어 왕도깨비가지 수용성추출물이 타 식물의 발아와 생장에 미치는 영향을 조사하여 천연 제초제 대한 자원화 방안의 기초 자료 제공과 제주도 초지에서의 경쟁적 우세 원인을 규명하고자 실시하였다.

II. 재료 및 방법

1. 왕도깨비가지 군반 내 하부식생조사

1) 조사지역 및 시기

왕도깨비가지(*S. viarum*) 군락 내 하부식생의 변화를 알아보기 위해 2008년 6월부터 2009년 11월까지 제주특별자치도 서귀포시 안덕면 동하목장 일대에 분포하는 왕도깨비가지 군반을 대상으로 현지조사를 실시하였다.

2) 조사방법 및 처리

왕도깨비가지 군반을 선정하여 연접식생법(belt-transect)으로 왕도깨비가지가 분포하지 않는 곳에서부터 100% 피도가 보이는 내부까지 방형구(1×1m) 내에 분포하는 각각의 식물 종수와 개체수를 조사하였으며 이때 조사된 자료를 가지고 Shannon-Wiener(1963)의 H' =

$-\sum(n_i/N)\ln(n_i/N)$ 공식을 이용하여 종 다양성 지수를 산출하였다. 여기서 n_i 는 각 종의 개체 수, N 는 관찰된 총 개체수를 의미한다. 식생데이터를 비롯한 실험결과의 통계분석은 SPSS PC⁺ 통계 package를 이용하여 분석하였다.

2. 왕도깨비가지 수용성 추출액에서의 발아 및 성장실험

1) 검정 식물

왕도깨비가지는 동하목장일대에서 채취하였으며, 검정식물은 왕도깨비가지 군반 근처에 분포하는 가시비름(*Amaranthus spinosus*), 들묵새(*Festuca myuros*), 큰김의털(*Festuca arundinacea*), 쥐보리(*Lolium multiflorum*), 토끼풀(*Trifolium repens*)과 재배종인 배추(*Brassica campestris* subsp. *napus* var. *pekinensis*)로 정하였다. 이들의 종자는 실험하기 전년에 채집하거나 종묘상에서 구입하여 실내 암소에 보관하여 사용하였다.

2) 수용성 추출액 준비

수용성 추출액은 왕도깨비가지 전초(잎, 줄기, 뿌리, 열매)와 종자로부터 추출하였다. 이때 시료의 처리에 따라 생초(生草)에 대한 수용성 추출액을 생전초(生全草) 수용성 추출액, 건초(乾草)에 대한 수용성 추출액을 건전초(乾全草) 수용성 추출액이라고 하였고 종자에 대한 수용성 추출액을 종자 수용성 추출액이라고 하였다. 수용성 추출액 제조는 각각의 시료 100g을 1,000ml의 증류수에 넣고 24시간 동안 방치한 후, 표준망체(500 μ m)로 부유물을 제거한 다음 다시 여과지(Advantec No. 2)를 사용하여 여과시켰다. 이때 추출액을 100% 하여 1차 증류수로 75, 50, 25%로 희석하여 실험에 사용하였고, 대조구는 24시간 전에 받아둔 증류수를 사용하였다.

3) 수용성 추출액에서의 발아실험

왕도깨비가지의 수용성 추출액 농도에 대한 검정식물의 발아 실험은 3회 반복 실시하였고, petri dish(\varnothing 9cm)에 각 농도별 왕도깨비가지의 추출액을 가한 0.8% 한천배지를 깔고, 그 위에 검정식물의 종자를 일정한 간격으로 20립씩 파종한 후 유식물의 성장에 따라 이를 수확하여 평균발아일수(Mean germination time, MGT), 상대발아율(Relative germination ratio, RGR), 지상부와 지하부의 상대신장율(Relative elongation ratio, RER)를 산출하였고 수확한 식물은 생체량을 측정 후 70 $^{\circ}$ C에서 건조 후 건조량을 측정하여 수용성추출액에 대한 저해지수(Inhibition Index)를 산출하였으며 광학현미경하에서 왕도깨비가지의 추출액 농도에 따른 검정식물의 뿌리털의 발달을 관찰하였다(길, 1987; Scott *et al.*, 1984).

$$\text{MGT} = \frac{\sum(\text{치상 후 조사일수} \times \text{조사당일 발아수})}{\text{총 발아수}}$$

$$\text{RGR} = \frac{\text{실험구의 발아수}}{\text{대조구의 발아수}} \times 100$$

$$\text{RER} = \frac{\text{실험구의 평균신장(mm)}}{\text{대조구의 평균신장(mm)}} \times 100$$

$$\text{Inhibition Index} = \frac{\text{실험구의 생체량(mg)} \times \text{건중량(mg)}}{\text{대조구의 생체량(mg)} \times \text{건중량(mg)}}$$

4) 토양 및 수용성 추출액에서의 총 페놀함량 분석

왕도깨비가지의 수용성 추출액과 왕도깨비가지가 생육하고 있는 군반 내·외의 토양 총 페놀함량을 측정하기 위하여 왕도깨비가지가 분포하지 않는 곳에서부터 100% 피도가 보이는 내부까지 방형구(1×1m) 내의 토양 유기물 층을 제거한 후 10cm 깊이까지의 토양을 3장소에서 반복 채취하여 건조 후 표준망체(500 μ m)로 이물질을 제거한 다음 시료 100g을 1,000 ml의 증류수에 넣어 고압 멸균하여 수용성추출액을 만들어 다시 여과지(Advantec No. 2)를 사용하여 여과하였다.

토양 및 수용성 추출액의 총 페놀함량은 Prussian blue법(Graham, 1992)으로 3회 반복 측정하였고, 토양과 왕도깨비가지 수용성 추출액 100 μ l에 증류수 3ml, 0.01M FeCl₃/0.1N HCL 1ml, 0.016M K₃Fe(CN)₆ 1ml을 혼합하여 진탕한 후 실온에서 15분간 방치 후 stabilizer(H₂O : 1% gum arabic : 85% phosphoric acid = 3:1:1, v/v/v) 5ml를 첨가한 후 700nm에서 흡광도를 측정하였다. 총 페놀함량은 gallic acid를 이용하여 검량곡선을 작성하고 gallic acid에 대한 당량으로 환산하였다.

Ⅲ. 결과 및 고찰

1. 왕도깨비가지 군반 내 하부식생 조사

왕도깨비가지 분포에 따른 하부식생의 변화를 알아보기 위해 연접식생법(belt-transect)을 이용하여 분기별 왕도깨비가지 하부에 출현하는 종수와 종 다양성 지수를 산출한 결과, 1번 조사구에서는 팽이밥(*Oxalis corniculata*), 흰털새(*Holcus lanatus*), 유럽점나도나물(*Cerastium glomeratum*) 등 7.7 \pm 2.0종, 2번 조사구에서는 큰김의털(*Festuca arundinacea*), 쥐보리

(*Lolium multiflorum*), 쥐꼬리망초(*Justicia procumbens*) 등 5.3 ± 1.2 종, 3번 조사구에서는 거지덩굴(*Cayratia japonica*), 가시비름(*Amaranthus spinosus*), 뽕리뱅이(*Youngia japonica*) 등 4.0 ± 1.7 종이 분포하는 것으로 조사되었고, 종 다양성 지수는 1번 조사구 1.5 ± 0.2 , 2번 조사구 1.2 ± 0.2 , 3번 조사구 0.9 ± 0.1 로 산출되었다. 출현종수와 종 다양성 지수가 3번 조사구 < 2번 조사구 < 1번 조사구 순으로 증가하여 왕도깨비가지가 군반을 형성함에 따라 하부식생의 출현종수 및 종 다양성에 영향을 미치는 것으로 분석되었다(Fig. 1). 반면 왕도깨비가지 분포에 따른 토양 내 총 페놀함량은 초관 외부지역인 1번 조사구인 경우 $0.16 \pm 0.01 \text{ mg g}^{-1}$, 초관 내·외부의 접경지역인 2번 조사구는 $0.17 \pm 0.01 \text{ mg g}^{-1}$, 초관 내부지역인 3번 조사구는 $0.22 \pm 0.02 \text{ mg g}^{-1}$ 로 왕도깨비가지 군반에 근접 할수록 토양 내 총 페놀함량이 점차 증가하였고 3번 조사구가 1번 조사구보다 토양 내 총페놀 함량이 약 0.4배가 높은 것으로 조사되었다(Fig. 2). 따라서 왕도깨비가지 군락 내의 하부식생 변화와 토양 내 총페놀 함량 변화는 부의 상관($r = -0.692$, $P < 0.05$)을 보임으로써 자연 상태에서 빗물, 안개 등에 의해 세탈된 왕도깨비가지의 수용성 페놀 화합물이 초관 내 토양의 다른 물질과 결합하거나 비활성화 상태로 존재하여 하부식생 발달에 영향을 주는 것으로 판단된다(Rice, 1984).

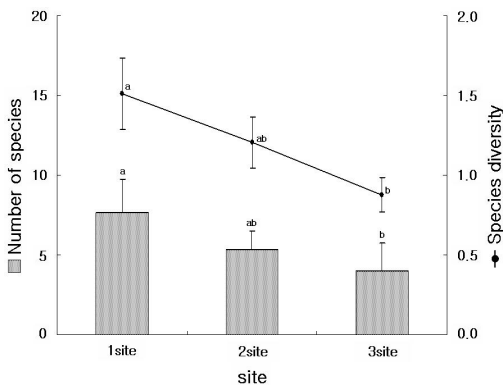


Fig. 1. Changes of understay vegetation in *Stantum viarum* community. 1 site, outside area; 2 site, border area; 3 site, inside area. The different letters are significantly different at 5 % level DMRT.

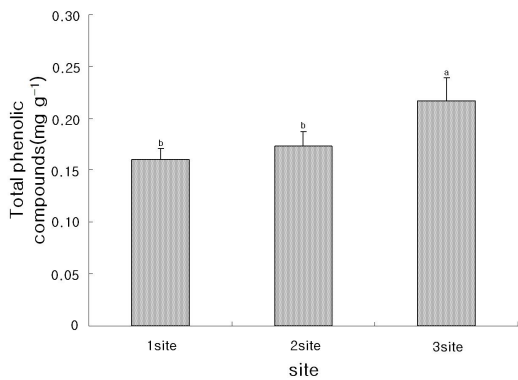


Fig. 2. Total phenolic compounds of experiment site soil in *S. viarum*. 1 site, outside area; 2 site, border area; 3 site, inside area. The different letters are significantly different at 5 % level DMRT.

2. 왕도깨비가지의 Allelopathy 효과

1) 수용성 추출액에서의 발아실험

왕도깨비가지의 수용성 추출액 농도에 따른 검정식물의 발아에 대해 조사한 결과, 대부분 검정식물은 농도가 증가함에 따라 대조구에 비해 발아율이 감소하는 경향을 보이고 수용성 추출액의 시료처리와 부위, 수용체식물의 종류에 따라 각각의 상대발아율과 발아소요일수에서 차이를 보였다.

시료의 상태에 따른 동일 농도별 수용체식물의 발아는 생전초(生全草) 수용성추출액, 건전초(乾全草) 수용성 추출액, 종자 수용성 추출액 순으로 발아율이 감소되는 것으로 분석되었다. 생전초 수용성 추출액에 대한 큰김의털(*F. arundinacea*)의 상대발아율은 25% 처리구에서 79.6%, 50% 처리구에서 79.6%, 75% 처리구에서 85.2%, 100% 처리구에서 88.9%로 발

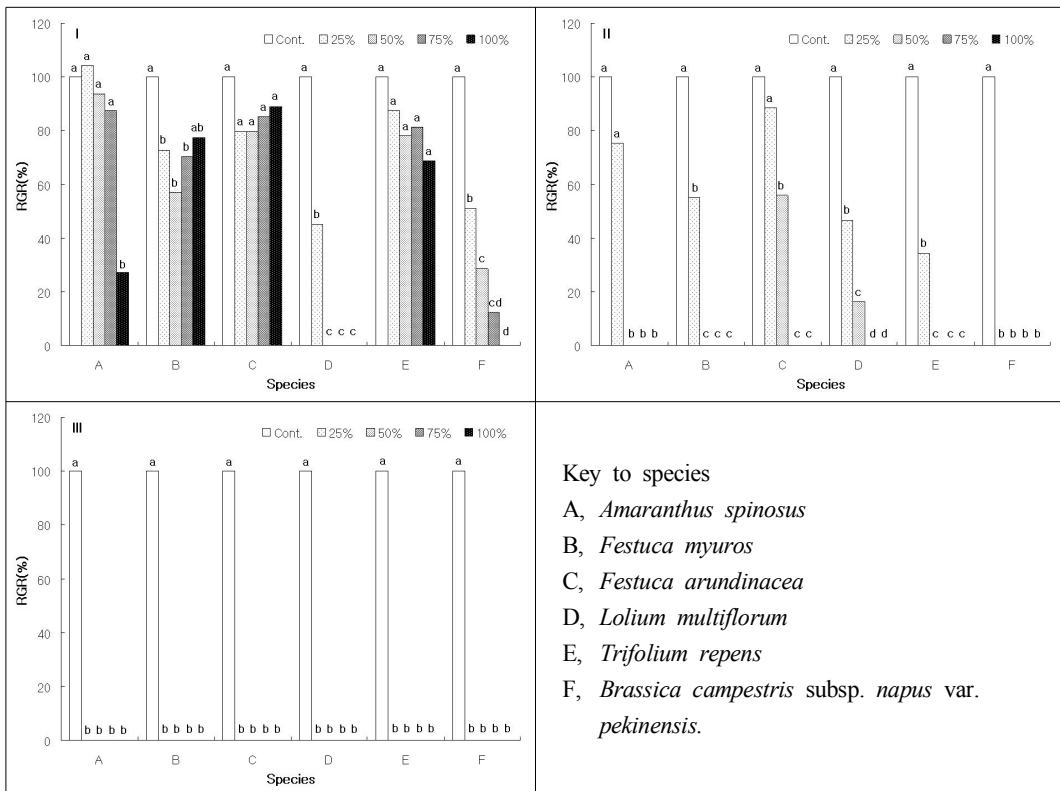


Fig. 3. Relative germination ratio of receptor plants grown in petri dishes with various concentrations of *S. viarum* extracts. I, Fresh aqueous extract; II, Dry aqueous extract; III, Seed aqueous extract. The different letters are significantly different at 5% level DMRT.

아가 억제되는 것으로 조사되었다. 건전초 수용성추출액에 대한 25% 처리구에서 88.4%, 50% 처리구에서 55.8%로 발아가 억제되는 것으로 조사되었으며, 75% 이상 처리구에서는 발아가 이루어지지 않았다. 그리고 종자 수용성 추출액에 대한 모든 처리구에서는 발아가 이루어지지 않았다. 반면, 배추(*B. campestris* subsp. *napus* var. *pekinensis*)인 경우 생전초 수용성 추출액에 대한 상대발아율을 보면 25% 처리구에서 51.0%, 50% 처리구에서 28.6%, 75% 처리구에서 12.2%로 발아가 억제되는 것으로 조사되었고, 100% 처리구에서는 전혀 발아가 되지 않았으며, 건전초와 종자 수용성 추출액에 대해서는 모든 처리구에 대해서 발아가 이루어지지 않았다<Fig. 3>.

Table 1. Mean germination time (day) of receptor plants in petri dishes with different concentrations of *S. viarum* extracts

Species		Control	Concentration (%)			
			25	50	75	100%
Fresh aqueous extract	A	1 ^d	2 ^c	2 ^c	3 ^b	4 ^a
	B	7 ^d	7 ^c	7 ^c	9 ^b	10 ^a
	C	3 ^b	4 ^a	-	-	-
	D	2 ^b	3 ^a	2 ^a	2 ^a	3 ^a
	E	5 ^d	7 ^c	7 ^{bc}	8 ^{ab}	9 ^a
	F	3 ^a	3 ^a	4 ^a	3 ^a	- ^b
Dry aqueous extract	A	1 ^b	5 ^a	-	-	-
	B	6 ^b	9 ^a	-	-	-
	C	4 ^b	8 ^a	9 ^a	-	-
	D	2 ^b	3 ^a	-	-	-
	E	7 ^c	9 ^b	11 ^a	-	-
	F	3 ^a	-	-	-	-
Seed aqueous extract	A	2	-	-	-	-
	B	6	-	-	-	-
	C	4	-	-	-	-
	D	1	-	-	-	-
	E	6	-	-	-	-
	F	5	-	-	-	-

The different letters are significantly different at 5% level DMRT.

Key to species as Fig. 3.

생전초의 수용성 추출액에 대한 가시비름(*A. spinosus*)의 대조구 평균발아일수는 1일, 25% 처리구는 2일이며, 들묵새(*F. myuros*)는 대조구 7일, 25% 처리구는 7일, 쥐보리(*L. multiflorum*)는 대조구 3일, 25% 처리구 4일, 토끼풀(*T. repens*)은 대조구 2일, 25% 처리구 3일, 큰김의털은 대조구 5일, 25% 처리구 7일, 배추는 대조구 3일, 25% 처리구 3일로 평균발아일수가 증가되는 것으로 조사되었다. 건전초 수용성 추출액의 가시비름의 대조구 평균발아일수는 1일, 25% 처리구는 5일, 들묵새 대조구 6일, 25% 처리구 9일, 쥐보리 대조구 4일, 25% 처리구 8일, 토끼풀 대조구 2일, 25% 처리구 3일, 큰김의털 대조구 7일, 25% 처리구 9일로 평균발아일수가 증가되는 것으로 조사되었고, 배추와 종자 수용성 추출액의 25% 처리구 이상에서는 발아를 하지 않았다<Table 1>.

2) 수용성 추출액에서의 유식물의 생장

왕도깨비가지의 수용성 추출액 농도가 증가됨에 따라 각각의 검정유식물의 생장은 대조구에 비해 지상부와 지하부, 생체량과 건중량이 억제되는 경향을 보이고 수용성 추출액 시료의 처리 상태에 따라 검정식물의 종류와 부위별에 따라 억제 정도가 차이를 보였다. 생전초의 수용성 추출액에 대한 지상부의 생장은 대부분 검정식물이 25%, 50% 처리구에서 증가되는 경향을 보였고, 특히 토끼풀(*T. repens*)인 경우 대조구에 비해 전체의 처리구에서 생장이 증가되는 것으로 나타났다. 이에 반하여 건전초와 종자의 수용성추출액에서는 대부분 검정식물이 각 처리구에 대해 지상부 생장이 감소하는 것으로 나타났다<Fig. 3>.

검정식물의 지하부인 경우 지상부보다 왕도깨비가지 수용성 추출액에 대해 민감한 반응을 보여 지상부보다 지하부의 생장이 현저한 감소를 보였다. 생전초의 수용성 추출액에 대한 지하부의 상대신장율(대조구 100%)은 큰김의털(*F. arundinacea*)인 경우 25% 처리구에서 22.2%, 쥐보리(*L. multiflorum*) 17.5%, 들묵새(*F. myuros*) 10.1%, 가시비름(*A. spinosus*) 25.1%, 토끼풀 33.0%, 배추(*B. campestris* subsp. *napus* var. *pekinensis*) 32.3%이며, 100% 처리구에서는 큰김의털 13.4%, 들묵새 3.2%, 가시비름 5.9%, 토끼풀 13.1%로 조사되었다<Fig. 4>.

생전초 추출액의 한천배지에서 생장한 유식물인 배추의 생체량은 대조구 466.7mg, 25% 처리구에서 312.0mg, 50% 처리구에서 157.3mg, 75% 처리구에서 429.2mg, 100% 처리구에서는 발아를 하지 않아 측정하지 못하였으며, 75% 처리구까지 순차적으로 감소하여 농도가 높아질수록 생체량의 감소를 보였다. 반면 가시비름은 대조구 36.7mg, 25% 처리구에서 48.0mg, 50% 처리구에서 38.3mg으로 생체량이 증가하다가 75% 처리구에서 32.0mg, 100% 처리구에서 7.7mg로 감소하여 역치농도의 곡선을 나타냈으며, 건중량은 생체량과 유사한 경향을 보였다<Table 2>. 왕도깨비가지의 수용성 추출액 농도별 유식물 생장의 통합지표인 억제지수(Inhibition Index, II)를 보면 생전초 추출액에서는 가시비름을 제외한 모든 검정식물에서 대조구보다 낮은 억제지수를 보여 왕도깨비가지의 수용성추출액이 검정 유식물의 생장을 억제하는 것으로 나타났다<Table 2>.

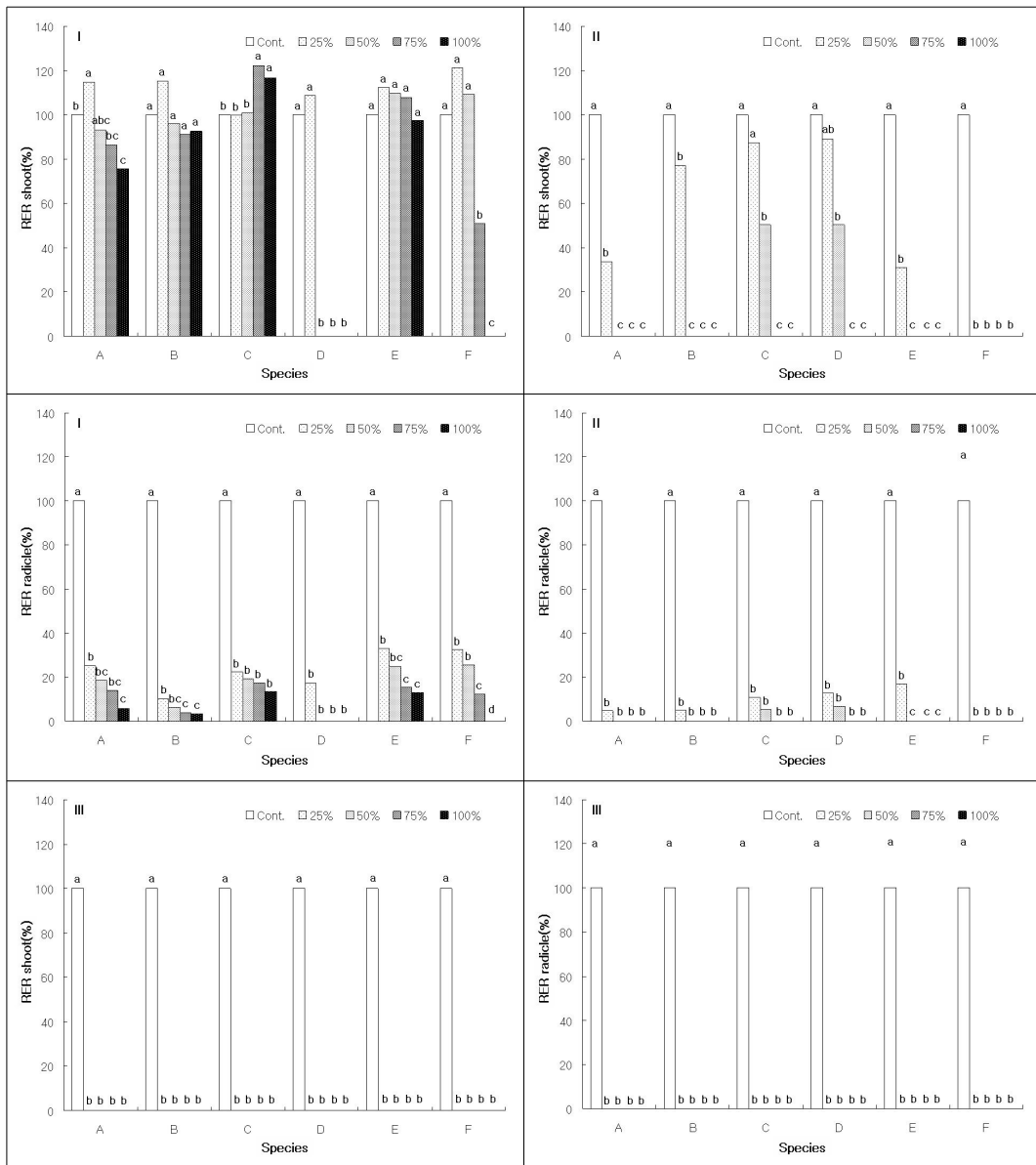


Fig. 4. Effects of various concentrations of *S. viarums* aqueous extracts on shoot and radicle grown (% of control, RER) of receptor plants. I, Fresh aqueous extract; II, Dry aqueous extract; III, Seed aqueous extract. The different letters are significantly different at 5% level DMRT. Key to species as Fig. 3.

Table 2. Biomass (mg) and inhibition index in receptor plants as affected by concentrations of aqueous extracts of *S. viarum*

Species		Control	Concentration (%)				
			25	50	75	100	
Fresh aqueous extract	A	FW	36.7 ^b	48.0 ^a	38.3 ^{ab}	32.0 ^b	7.7 ^c
		DW	2.5 ^{ab}	2.8 ^a	2.6 ^a	1.9 ^{ab}	1.1 ^b
		II	1.0 ^b	1.5 ^a	1.1 ^{ab}	1.6 ^{ab}	0.1 ^c
	B	FW	70.7 ^a	51.7 ^{ab}	38.3 ^b	43.3 ^b	46.0 ^b
		DW	7.4 ^a	4.6 ^b	3.5 ^b	4.2 ^b	4.9 ^b
		II	1.0 ^a	0.5 ^b	0.3 ^b	0.3 ^b	0.4 ^b
	C	FW	359.7 ^a	270.3 ^a	281.7 ^a	326.0 ^a	311.3 ^a
		DW	35.6 ^a	28.4 ^a	29.4 ^a	34.3 ^a	34.7 ^a
		II	1.0 ^a	0.6 ^b	0.7 ^{ab}	0.7 ^{ab}	0.9 ^{ab}
	D	FW	281.7 ^a	117.5 ^b	0.0 ^c	0.0 ^c	0.0 ^c
		DW	39.2 ^a	15.2 ^b	0.0 ^c	0.0 ^c	0.0 ^c
		II	1.0 ^a	0.2 ^b	0.0 ^b	0.0 ^b	0.0 ^b
	E	FW	101.0 ^a	83.7 ^{ab}	71.3 ^{ab}	75.0 ^{ab}	56.7 ^b
		DW	4.9 ^a	4.6 ^a	3.5 ^a	5.3 ^a	4.4 ^a
		II	1.0 ^a	0.8 ^{ab}	0.7 ^{bc}	0.8 ^{ab}	0.5 ^c
	F	FW	466.7 ^a	312.0 ^b	157.3 ^c	37.5 ^{cd}	0.0 ^d
		DW	29.0 ^a	16.6 ^b	11.5 ^b	3.4 ^c	0.0 ^c
		II	1.0 ^a	0.4 ^b	0.1 ^c	0.0 ^c	0.0 ^c
Dry aqueous extract	A	FW	44.3 ^a	15.7 ^b	0.0 ^c	0.0 ^c	0.0 ^c
		DW	4.3 ^a	2.7 ^a	0.0 ^b	0.0 ^b	0.0 ^b
		II	1.0 ^a	0.4 ^b	0.0 ^c	0.0 ^c	0.0 ^c
	B	FW	66.0 ^a	28.7 ^b	0.0 ^c	0.0 ^c	0.0 ^c
		DW	10.2 ^a	6.6 ^b	0.0 ^c	0.0 ^c	0.0 ^c
		II	1.0 ^a	0.3 ^b	0.0 ^c	0.0 ^c	0.0 ^c
	C	FW	258.0 ^a	205.7 ^b	90.7 ^c	0.0 ^d	0.0 ^d
		DW	38.9 ^a	35.8 ^a	21.7 ^b	0.0 ^c	0.0 ^c
		II	1.0 ^a	0.8 ^b	0.2 ^c	0.0 ^c	0.0 ^c
	D	FW	361.7 ^a	325.3 ^b	36.3 ^c	0.0 ^d	0.0 ^d
		DW	45.3 ^a	21.7 ^b	9.2 ^c	0.0 ^d	0.0 ^d
		II	1.0 ^a	0.1 ^b	0.0 ^c	0.0 ^c	0.0 ^c

Species			Control	Concentration (%)			
				25	50	75	100
Dry aqueous extract	E	FW	119.0 ^a	19.0 ^b	0.0 ^c	0.0 ^c	0.0 ^c
		DW	7.7 ^a	4.8 ^b	0.0 ^c	0.0 ^c	0.0 ^c
		II	1.0 ^a	0.1 ^b	0.0 ^c	0.0 ^c	0.0 ^c
	F	FW	416.0 ^a	-	-	-	-
		DW	13.9 ^a	-	-	-	-
		II	1.0	-	-	-	-
Seed aqueous extract	A	FW	40.7	-	-	-	-
		DW	2.7	-	-	-	-
		II	1.0	-	-	-	-
	B	FW	64.7	-	-	-	-
		DW	7.7	-	-	-	-
		II	1.0	-	-	-	-
	C	FW	353.7	-	-	-	-
		DW	33.9	-	-	-	-
		II	1.0	-	-	-	-
	D	FW	429.3	-	-	-	-
		DW	37.2	-	-	-	-
		II	1.0	-	-	-	-
	E	FW	101.3	-	-	-	-
		DW	4.2	-	-	-	-
		II	1.0	-	-	-	-
	F	FW	486.0	-	-	-	-
		DW	23.8	-	-	-	-
		II	1.0	-	-	-	-

The different letters are significantly different at 5% level DMRT.

FW: Fresh Weight, DW: Dry Weight, II: Inhibition Index

Key to species as Fig. 3.

3) 뿌리털 발달에 대한 수용성 추출액의 효과

식물체에서의 뿌리털은 토양내의 영양분, 무기염류, 수분 등을 흡수하는 기관으로 식물체의 성장과 매우 밀접한 관계를 가지고 있다(이, 2000). 수용성 추출액의 농도가 높아질수록 유식물의 뿌리털 길이와 단위면적당 뿌리털의 수가 억제되는 경향을 볼 수 있었고, 수용성

추출액 시료의 처리와 검정식물의 종에 따라 억제 정도가 다르게 관찰되었다<Fig. 5>.

왕도깨비가지의 수용성 추출액에 대한 가시비름(*A. spinosus*)의 유식물 뿌리털을 보면 생전초 수용성 추출액의 25% 처리구에서부터 매우 심하게 억제되며, 건전초 수용성 추출액의 25% 처리구는 생전초 수용성 추출액의 100% 처리구에서 보이는 사진과 유사한 경향을

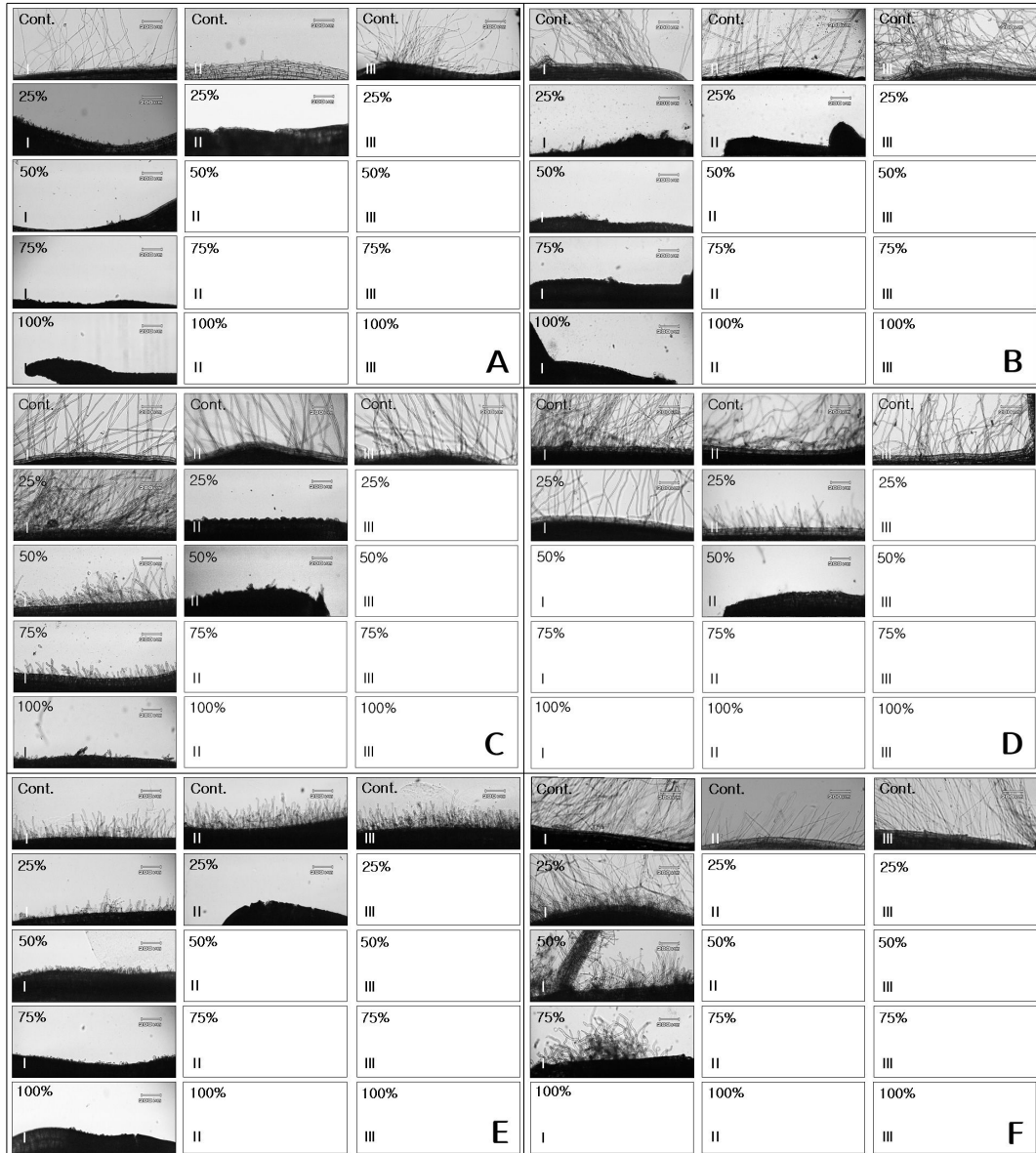


Fig. 5. Development of receptor plants root hairs with different concentrations of *S. viarium* extracts. Scale bar = 200 μ m. I, Fresh aqueous extract; II, Dry aqueous extract; III, Seed aqueous extract. Key to species as Fig. 3.

보였다. 반면 종자 수용성 추출액은 25% 처리구 이상에서 발아를 하지 않아 관찰할 수 없었다<Fig. 5>. 큰김의털(*F. arundinacea*)의 생전초 수용성 추출액의 25% 처리구가 대조구보다 뿌리털의 길이와 단위면적당 뿌리털의 수가 증가되었고, 50% 처리구 이상에서부터 점차 뿌리털이 억제되는 경향을 나타냈다. 건전초 수용성 추출액의 25% 처리구는 생전초 수용성 추출액의 100% 처리구에서 보이는 사진보다 더욱 심하게 억제되는 모습을 보였으며, 종자 수용성 추출액은 25% 처리구 이상에서 발아를 하지 않아 관찰할 수 없었다<Fig. 5>. 이와 관련한 선행 연구를 보면 *Parthenium hysterophorus* L.의 수용성 추출액은 검정식물의 뿌리생장을 억제하고(Mersie and Singh, 1987) 수용성추출액 농도의 변화는 검정식물 종류에 따라 서로 다른 영향을 준다는 보고와 일치하였다(Pardates and Dingal, 1988; Hazebroek *et al.*, 1989; Heisey, 1990).

4) 수용성 추출액의 총 페놀함량

식물체 내의 페놀 화합물들은 일반적으로 acid 계통이며 shikimic acid 경로를 통해 생성되어 외부로 배출되는 수용성물질이며(Duke, 1986) 이것이 다른 식물에 작용하게 되므로 왕도깨비가지의 부위별 추출액과 초관하부 토양의 총 페놀함량을 측정하였다.

부위별 수용성 추출액의 총 페놀함량을 분석한 결과 줄기의 生草는 $0.56 \pm 0.02 \text{ mg g}^{-1}$, 뿌리의 生草는 $1.77 \pm 0.07 \text{ mg g}^{-1}$, 잎의 生草는 $6.01 \pm 0.14 \text{ mg g}^{-1}$, 종자의 生草는 $6.21 \pm 0.17 \text{ mg g}^{-1}$ 로 분석되었고, 줄기의 乾草는 $1.58 \pm 0.08 \text{ mg g}^{-1}$, 뿌리의 乾草는 $2.64 \pm 0.06 \text{ mg g}^{-1}$, 잎의 乾草는

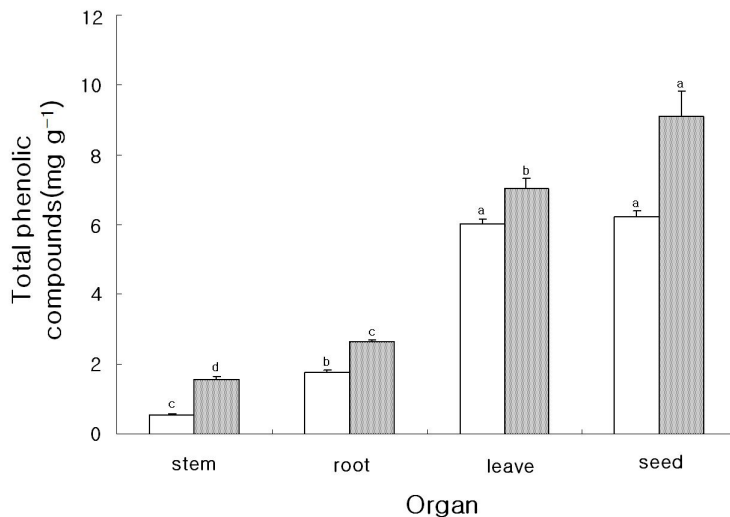


Fig. 6. Total phenolic compounds of aqueous extracts analyzed from different organs of *S. viarum*. □, Fresh aqueous extract; ■, Dry aqueous extract. The different letters are significantly different at 5 % level DMRT.

7.04±0.29mg g⁻¹, 종자의 乾草는 9.08±0.73mg g⁻¹로 분석되었다. 生草보다는 乾草에서 총 페놀함량이 높았으며, 줄기 < 뿌리 < 잎 < 종자 순으로 총 페놀함량이 증가하였고, 종자에 들어 있는 총 페놀함량은 줄기 生草의 11.1배, 乾草의 5.8배 높은 것으로 분석되었다<Fig. 6>.

이와 같은 결과를 종합하여 보면 왕도깨비가지 군반에 근접 할수록 하부식생에 출현하는 종수, 종 다양성이 감소하는 이유는 왕도깨비가지의 allelochemicals 중 하나인 페놀화합물이 자연 상태에서 낙엽이나 빗물에 의해 세탈 되어 초관하부 토양에 비활성화 상태로 잔존하거나 다른 물질과 결합하여 하부식생에 출현하는 식물 중에 대해 발아, 유식물 성장 등을 억제하여 제주도 초지에서 우점 할 수 있는 것으로 보여 진다. 또한 왕도깨비가지의 allelochemicals 즉, 왕도깨비가지의 열매, 잎, 줄기 등 수용성 추출액은 유기농업분야에서 천연 제초제로 활용 가능성이 있다고 판단된다.

IV. 적 요

본 연구는 왕도깨비가지(*Solanum viarum* Dunal) 군반 형성에 따른 하부식생에 미치는 영향을 파악하기 위해 연접식생법(belt-transect)을 이용한 종 다양성 변화와 제초제와 항균제에 대한 자원화방안의 기초자료로 제공하고자 왕도깨비가지의 수용성 추출액에 대한 알레로페시 효과를 조사하였다.

왕도깨비가지 군반에 근접할수록 1번 조사구(7.7±2.0종, 1.5±0.2), 2번 조사구(5.3±1.2종, 1.2±0.2), 3번 조사구(4.0±1.7종, 0.9±0.1) 순으로 출현종수, 종 다양도가 감소하는 경향을 보였고 조사지역의 토양 내 총 페놀 함량은 1번 조사구(0.16±0.01mg g⁻¹), 2번 조사구(0.17±0.01mg g⁻¹), 3번 조사구(0.22±0.02mg g⁻¹) 순으로 증가되어 토양 내 총 페놀 함량과 조사지역의 종 다양도는 부의 상관($r = -0.692$, $P < 0.05$)을 보이는 것으로 분석되었다. 왕도깨비가지의 수용성 추출액에 대한 검정식물의 상대발아율, 평균발아일수, 상대신장율, 생중량, 건중량은 추출액 농도가 증가할수록 전반적으로 감소되었고 검정식물의 종류에 따라 다소 차이를 보였다. 수용성 추출액 동일 농도에서는 시료의 처리 상태에 따라 생전초, 건전초, 종자의 수용성 추출액 순으로 감소되었고 검정식물의 지하부가 지상부보다 억제의 경향이 높았다. 따라서 뿌리털의 발생도 농도가 증가함에 따라 현저하게 뿌리털의 길이와 단위면적당 뿌리털 수가 감소되었다. 부위별 왕도깨비가지의 총 페놀함량은 줄기(生 0.56±0.02mg g⁻¹, 乾 1.58±0.08mg g⁻¹), 뿌리(生 1.77±0.07mg g⁻¹, 乾 2.64±0.06mg g⁻¹), 잎(生 6.01±0.14mg g⁻¹, 乾 7.04±0.29mg g⁻¹), 종자(生 6.21±0.17mg g⁻¹, 乾 9.08±0.73mg g⁻¹) 순으로 증가하고 유식물의 발아율, 유식물의 생장이 반비례함을 보였다.

이들 결과를 종합하면 왕도깨비가지는 자생식물과의 경쟁함에 있어 알레로페시 효과를 나타내는 페놀 화합물을 초관하부 토양으로 방출하여 하부식생에 대한 발아 및 성장 등에

영향을 주기 때문에 경쟁적 우위를 점하고 있으며, 천연제초제로서의 활용 가능성을 가지고 있는 것으로 판단된다.

[논문접수일 : 2010. 3. 15. 논문수정일 : 2010. 6. 5. 최종논문접수일 : 2010. 9. 28]

참 고 문 헌

1. 강병화·홍선희·이동욱·전선민·김건옥. 2003. 남북한 식물이름 비교. 생명자원연구 11: 91-123.
2. 강정환·김현철·우성배·송진영·김태근·강진영·하영삼·송창길. 2008. 천연제초제 개발을 위한 가시비름의 알레로패시 효과. 한국유기농업학회지 16(1): 127-142.
3. 고강석·서민환·길지현·구연봉·오현경·이민효·박수현·전의식·양영환. 2003. 외래식물의 영향 및 관리방안 연구(IV). 국립환경연구원보고. pp. 24-25.
4. 고영우·채제천·김봉구. 1999. 제주도의 경작잡초 분포. 한국잡초학회지 19(1): 70-82.
5. 길봉섭. 1987. 소나무의 알레로패시 효과. 원광대학교 기초과학연구지 6(1): 27-33.
6. 김용옥·장남기. 1998. 자생식물과 귀화식물의 수용 추출액이 *Zoysiagrass*의 발아와 유근 성장에 미치는 영향. 한국잔디학회지 12(3): 658-669.
7. 김찬수. 2006. 제주지역 생태계 위해 외래식물의 분포현황 및 관리방안 연구. 제주지역 환경기술센터. pp. 107-111.
8. 김해수·김중희. 2001. 돼지풀 잎의 휘발성물질이 수용체 유식물 성장에 미치는 알레로패시 효과. 한국생태학회지 24: 61-66.
9. 양영환·한봉석·오진보. 2007. 제주 미기록 귀화식물(V). 한국잡초학회 별책 27(1): 77-81.
10. 양영환. 2007. 제주도 귀화식물의 식생에 관한 연구. 한잡초지 27(2): 112-121.
11. 오진보·강익범·양영환·송창길. 2007. 외래잡초 왕도깨비가지의 종자발아에 관한 연구. 제주대아농생지 23(1): 13-17.
12. 이유성. 2000. 현대식물형태학. 우성. pp. 22-318.
13. 이지훈. 1997. *Trifolium repens* L. 추출액이 *Zoysia aponica* Steyd.의 발아와 성장에 미치는 allelopathy 효과. 창원대학교 석사학위논문. pp. 8-10.
14. 柴田承二. 1978. 生物活性天然物質. 醫齒藥出版社. pp. 96-127.
15. Aber, C. J., D. John and J. M. Melillo. 1991. Terrestrial ecosystems. Saunder College Pub. pp. 315-316.

16. Akanda, R. U., J. J. Mullahey and D. G. Shilling. 1996. Environmental factors affecting germination of tropical soda apple (*Solanum viarum*). *Weed Science*. 44: 570-574.
18. Duke, S. O. 1986. Naturally occurring chemical compounds as herbicides. *Rev. Weed Sci.* 2: 17-44.
19. Given, D. R. 1994. Alien plants and feral animal. In IUCN (ed.), *Principles and Practice of Plant Conservation*. Timber Press. pp. 28-31.
20. Graham, H. D. 1992. Modified prussian blue assay for total phenol compound. *J. Agric. Food Chem.* 40: 801-807.
21. Hazebroek, J. P., S. A. Garrison and T. Gianfagna. 1989. Allelopathic substances in *Asparagus* roots: extraction, characterization, and biological activity. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 114(1): 152-158.
22. Heisey, R. M. 1990. Allelopathic and herbicidal effects of extracts from tree of heaven (*Ailantus altissima*). *Amer. J. Bot.* 77(5): 662-670.
23. Kim, S. C. and H. J. Lee. 1996. Identification and effects of phenolic compounds from some plants. *Korean J. Ecol.* 19: 329-340.
24. Langeland, K. A. and K. C. Burks. 1998. *Identification and Biology of Non-Native Plants in Florida's Natural Areas*. Institute of Food and Agricultural Sciences, University of Florida, Gainesville, Florida, United States.
25. Mersie, M. and M. Singh. 1987. Allelopathic effect of *Parthenium (Parthenium hysterophorus L.)* extract and residue on some agronomic crops and weeds. *J. Chem. Ecol.* 13(7): 1739-1747.
26. Mullahey, J. J. and D. L. Colvin. 1993. Tropical soda apple: A new noxious weed in Florida. Florida Cooperative Extension Service, Fact Sheet WRS-7. Institute of Food and Agricultural Sciences, University of Florida, Gainesville, Florida, USA.
27. Mullahey, J. J. and J. Cornell. 1994. Biology of tropical soda apple (*Solanum viarum*) an introduced weed in Florida. *Weed Technology*. 8: 465-469.
28. Mullahey, J. J., M. Nee, R. P. Wunderlin and K. R. Delaney. 1993. Tropical soda apple (*Solanum viarum*): a new weed threat in subtropical regions. *Weed Technology*. 7: 783-786.
29. Mullahey, J. J., R. A. Akanda and B. Sherrod. 1997. Tropical soda apple (*Solanum viarum*) update from Florida. *Weed Science Society of America Abstracts*. 37: 35.
30. Pardates, J. R. and A. G. Dingal. 1988. An allelopathic factor in taro residues. *Trop. Agric.* 65(1): 21-24.
31. Rice, E. L. 1984. *Allelopathy*. 2nd ed Academic Press, New York and London.
32. Scott, S. J., R. A. Jones and W. A. Williams, 1984. Review of data analysis methods for

- seed germination. *Crop Science*. 24: 1192-1199.
33. Shannon, C. E. and W. Wiener. 1963. *The mathematical theory of communication*. Univ. of Illinois Press, Urbana. p. 117.
 34. Sherly, G. 2000. *Invasive species in the pacific: a technical review and draft regional strategy*. South Pacific Regional Environment Programme (SPREP), Samoa.
 35. Tokarska-Guzik, B. 2001. *Plant invasions: species ecology and ecosystem management* (Brunda, G. et al.(eds.)), Backhuys Pub., Leiden.