Korean J. Plant Res. 32(5):478-485(2019)
https://doi.org/10.7732/kjpr.2019.32.5.478

Print ISSN 1226-3591
Online ISSN 2287-8203

Original Research Article

마이크로웨이브 균일분산 특성을 이용한 명아주(*Chenopodium album* var. *centrorubrum*), 쇠비름(*Portulaca oleracea*)과 한련초(*Eclipta prostrata*)의 발아율 변화

최성철[1], 제민지[2], 강신구[3], 제상훈[4*]

[1]경북대학교 교양교육센터, 교수, [2]영남대학교 생명과학과, 대학원생, [3]산림청 수목원조성사업단, 연구관, [4]경상북도 환경연수원, 교수

Control of Seed Germination Rate (*Chenopodium album* var. *centrorubrum*, *Portulaca oleracea* and *Eclipta prostrata*) Using Universal Dispersed Microwave

Sung Chul Choi[1], Min Ji Che[2], Shin Koo Kang[3] and Sang Hoon Che[4*]

[1]Professor, Center for General Education, Educational Development Institute, Kyungpook National University, Daegu 41566, Korea
[2]Graduate Student, Department of Life Science, Yeungnam University, Gyeongbuk 38541, Korea
[3]Senior Resercher, Korea Forest Service, Facility Management Division, Daejeon 35208, Korea
[4]Professor, Gyeongsangbuk-do Environment Training Institute, Gumi 39309, Korea

Abstract - As environmentally sound agriculture emphasize gradually as well as the importance of environment, many studies on weed and soil nematode control of new concept which does not affect adversely environment are in progress. For this purpose, plant seeds which are representative weed species in field were selected and treated with microwave having generating capacity of 17.73 kw/㎥, and investigated germination rates of weed seeds and the number of soil nematode according to soil moisture contents, soil depth and irradiation times. The microwave effect on the germination rates was extremely high in soil moisture content of 40% and irradiation time over 40 seconds for irradiation time, while soil depth did not affect germination rate. In view of the results so far achieved, it seems that universal dispersed microwave system is effective for the control of weed seeds.

Key words – *Chenopodium album* var. *centrorubrum*, *Eclipta prostrata*, Germination rate, Microwave system, *Portulaca oleracea*, Weed seed

서 언

최근에는 과학기술의 발달과 생물학이나 식물 또는 농업 기술이 눈에 띄게 발달되면서 농업에 있어서 친환경적이거나 생태적 입장에 대한 관심이 높아지게 되었고 잡초에 대한 흥미도 생물학적 또는 농업 경영적 측면뿐만 아니라 이들의 다양한 이용 가치를 통한 비농업적 가치에 이르기까지 광범위해지고 있다. 세계적으로 알려진 잡초의 종류는 3만여 종이며, 농경지에 발생하는 잡초는 6,700여 종이다. 경제적으로 피해를 주는 것은 1,800여 종, 주요 식량 작물의 재배 지역에 발생하는 잡초는 150~200여 종으로 추정되며(Ennis, 1967), 그 가운데 76종이 문제의 잡초로 간주되고 있다. 이들 잡초는 몇 가지 분류학적인 공통점을 가지고 있으며, 이들 잡초 중에 피(*Echinochloa crus-galli*)를 비롯한 벼과(Gramineae)가 44종, 별꽃아재비(*Galinsoga parviflora*)를 비롯한 국화과(Compositae)가 32종, 하늘지기(*Fimbristylis dichotoma*)를 비롯한 사초과(Cyperaceae)가 12종

*교신저자 : E-mail gene6116@naver.com
Tel. +82-54-440-3271

ⓒ 본 학회지의 저작권은 (사)한국자원식물학회지에 있으며, 이의 무단전재나 복제를 금합니다.
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 non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

으로 이들 3개과(family)가 차지하는 비율이 전체의 43%를 차지한다고 보고하였다(Holm *et al.*, 1977; Holm, 1978; Kim *et al.*, 2018). 이러한 잡초에 대한 방제는 유기 제초제의 시초인 1941년 미국의 R. Pokorny가 2,4-D를 화학적인 합성을 발표한 이래 작물 재배에 있어 잡초 방제에 대한 새로운 장이 펼쳐졌으며, 이후 현재까지 많은 제초제가 개발되어 사용되고 있다. 우리나라에서는 1921년 못자리의 물이끼방제를 위해 유산동(cuppur sulfate)을 사용한 사례가 있으며, 이것이 화학적 방제의 효시라 할 수 있겠지만 1955년 우리나라에도 2,4-D가 들어와 제초제의 사용은 본격적으로 시작되었다. 이후 제초제가 한정적으로 사용되다가 1970년대에 마세트가 국내에 도입되면서 우리나라 논의 전 면적을 마세트로 잡초방제를 하는 상황까지 이르게 되었다. 이후 전 세계 잡초 방제에 있어서 1970년 초 벼과(Gramineae) 식물에 효과가 있는 잡초 발생 전 처리 제초제인 Butachlor, Alachlor가 도입된 이후에 잡초의 방제를 위한 제초제 의존도가 크게 늘어났다. 또한 제초제에 대한 저항성 잡초의 발생으로 잡초 군락은 보다 방제하기 어려운 잡초의 종이 증가되는 경향을 보였다.

대부분의 잡초들은 해마다 종족 번식을 위해서 하나의 식물체로부터 적게는 3,000립에서부터 50만 립까지 다량의 종자를 생산한다(Kusanagi, 1981). 이들 종자들은 토양 중에 존재하면서 발아에 적합한 조건만 주어지면 언제든지 발아하게 되는데 발아에 적합한 조건이 주어지더라도 이들 종자가 일시에 발아하는 것이 아니고, 일부 종자들만 발아를 하고 나머지 종자들은 휴면을 하고 있다가 몇 십 년이 경과한 후에도 발아하는 특성이 있다고 보고되었다(Choi *et al.*, 2018; Robbins *et al.*, 1972).

Thompson and Grime (1979)은 종자 pool의 형태를 잠정적형(transient)과 장기형(persistent)으로 대별하고, 장기형의 경우 종자의 수명이 20년 이상이나 되는 것도 있어서 잡초 발생, 전파의 주요 원인이 된다고 밝혔으며, 잡초 종자는 토양 중에서 장기간 생명력을 유지하며, 이러한 잡초들은 환경에 대한 적응력이 뛰어나 토양이 척박한 곳에서부터 비옥한 곳까지 생육 범위가 넓어 일시에 방제하기에는 어려움이 많다(Marschner, 1995)고 하였다. 따라서 땅위에 나타나 있는 잡초만을 보면서 향후에 나타날 잡초에 대한 문제를 속단하는 일은 불가능하다고 할 수 있으며, 무기질 땅에서 세 가지 방식으로 저장시킨 잡초종자의 살아남는 기간을 조사한 결과 39 ㎝ 깊이에 4년 간 저장되었던 명아주(*Chenopodium album* var. *centrorubrum*) 종자는 92%, 20년간 저장된 종자는 15% 정도의 종자들이 살아남는다(Egley and Duke, 1985).

현재까지 연구 진행된 잡초방제 대한 여러 가지 방법으로는 발생된 잡초가 번식체인 종자나 영양체를 형성하기 때문에 이들 잡초의 생성자체를 막는 예방적 방제방법이 가장 기본적이고 장기적으로 효과적인 잡초방제 방법이다. 생태적 방제법은 재배적 또는 경종적 방제법이라고도 하며, 작물에 적합한 토양 산도유지, 관배수 조절, 제한 경운 등으로 인하여 생태적으로 작물이 잡초보다 경합력이 크도록 재배 관리하는 방법이다.

생물적 방제법은 기생성, 식해성, 병원성을 지닌 생물을 이용하여 잡초의 밀도를 적게 하는 수단을 말하며, 이들은 곤충, 특정 잡초만을 가해하는 병원균, 각종 물에서 사는 잡초를 가해하는 어패류, 잡초의 생장을 억제시키는 특정 식물 등을 이용하여 잡초를 방제하는 것을 말한다. 화학적 잡초방제법은 제초제 등 화학물질을 사용하여 제초하는 것을 의미한다(Kang *et al.*, 1993). 이러한 방제법과 더불어 UHF (ultra high frequence)파장을 이용한 방제법은 식물과 종자에 선택적으로 유해한 점을 이용하여 상업화되고 있으나 이는 현재 많은 종을 차지하는 벼과(Gramineae)식물 보다는 광엽식물에 유효하다고 하는 연구결과도 보였다(Eglitis and Johnson, 1970; Zimdahl, 1993). 잡초방제를 위한 제초제의 과용은 자연환경 및 생태계에 여러 가지 오염원으로 작용하고 있다. 이런 부작용을 최소화하고 친 환경적 잡초발아 제어를 위한 다양한 방법으로 요구되고 있다.

본 연구는 친환경적인 잡초 발아 억제를 위해 마이크로웨이브 균일분산장치를 이용하여 토양의 함수량, 토양 깊이와 마이크로웨이브 조사시간에 따른 식물체 종자의 발아율을 조사하고, 현재 경작지에서 심각한 환경오염을 유발하는 제초제나 토양 살충제를 대신할 잡초방제에 대한 새로운 대안을 제시하여 수질오염, 토양오염 및 환경오염으로부터 벗어나는 친환경적 농업으로의 전환을 위한 방안을 제시하고자 한다.

재료 및 방법

본 연구는 17.73 kw/m³ 출력의 마이크로웨이브 균일분산 applicator [0.5 × 0.55 × 0.68 m, (주)MHT (Microwave Heating Technology 특허 출원(10-2001-0044301, PCT/KR01/02034)]를 이용하여, 토양 함수량 및 토양깊이, 마이크로웨이브 조사시간에 따른 식물체 종자의 발아력 측정 및 토양의 변화를 비교 분석하였으며, 사용된 재료는 명아주(*Chenopodium album* var. *centrorubrum*), 쇠비름(*Portulaca oleracea*), 한련초(*Eclipta prostrata*) 3종을 조사하였다.

식물체 발아율 측정

마이크로웨이브의 토양 깊이별, 토양 함수량별, 조사 시간별 발아율 측정을 위하여 식물체의 종자를 대상으로 17.73 kw/m³ 출력의 applicator를 사용하여 20초, 40초, 60초 간격으로 조사하여 측정하였다.

토양 함수량은 10%, 20%, 30%, 40%, 식물체의 토양 깊이는 1 ㎝, 2 ㎝, 3 ㎝, 4 ㎝, 5 ㎝, 6 ㎝로 구분하여, 마이크로웨이브의 조사시간은 20초, 40초, 60초로 측정하였다. 토양은 종자의 간섭을 제거하기 위하여 vermiculite를 사용하였으며, 토양의 양은 20 ㎝ × 30 ㎝ × 1 ㎝의 사각형의 깊이별 측정 기구를 만들어 1 ㎝ 조사시 토양은 240 g, 식물체 종자는 1 g을 혼합하여 각 실험구 마다 3반복하여 측정하였다.

발아율 = (실험구/대조구) × 100

결과 및 고찰

명아주(*Chenopodium album* var. *centrorubrum*) 발아율

마이크로웨이브 처리한 후 2 ㎜ 이상 백체가 출현한 것을 기준으로 명아주의 발아 개체수(Table 1)와 발아율을 조사하였다(Fig. 1).

토양 함수량 10%에서 마이크로웨이브 20초, 40초, 60초 처리시간별 명아주의 발아율은 토양깊이 1 ㎝에서는 72.2%, 65.1%, 56.6%로 감소하였고, 2 ㎝에서는 71.7%, 59.9%, 50.5%, 3 ㎝는 67.0%, 63.7%, 50.0%, 4 ㎝는 75.0%, 63.7%, 47.2%, 5 ㎝는 66.5%, 55.2%, 40.6%, 6 ㎝는 70.3%, 60.4%, 44.8%로 감

Table 1. Germinated seed number of *Chenopodium album* var. *centrorubrum* according to microwave irradiation time under the condition of different soil water content and soil depth

soil water content (%)	soil depth ㎝	control	20s	40s	60s
		number			
10%	1	42.4±1.8	30.6±1.1	27.6±1.1	24.0±1.6
	2	42.4±1.8	30.4±1.7	25.4±1.7	21.4±1.3
	3	42.4±1.8	28.4±1.5	27.0±1.5	21.2±2.4
	4	42.4±1.8	31.8±1.9	27.0±1.9	20.0±1.6
	5	42.4±1.8	28.2±1.5	23.4±1.5	17.2±1.8
	6	42.4±1.8	29.8±1.9	25.6±1.9	19.0±2.2
20%	1	42.4±1.8	31.0±1.6	24.4±1.1	21.4±1.1
	2	42.4±1.8	30.0±2.6	20.6±1.1	18.0±1.0
	3	42.4±1.8	29.2±0.8	23.4±1.5	20.0±1.2
	4	42.4±1.8	27.2±1.3	23.6±1.1	19.0±2.2
	5	42.4±1.8	25.2±0.8	22.2±1.9	15.8±1.9
	6	42.4±1.8	27.8±2.3	24.0±2.0	15.2±4.2
30%	1	42.4±1.8	27.0±1.6	22.8±1.9	16.6±1.5
	2	42.4±1.8	19.8±1.5	15.8±1.5	13.6±1.7
	3	42.4±1.8	20.2±1.3	17.8±1.5	13.2±1.9
	4	42.4±1.8	19.2±1.6	16.6±1.3	14.4±0.9
	5	42.4±1.8	15.2±0.8	13.0±1.0	11.2±1.6
	6	42.4±1.8	16.6±1.7	13.4±1.5	11.0±1.0
40%	1	42.4±1.8	21.6±1.1	18.6±2.0	15.4±2.1
	2	42.4±1.8	19.8±0.8	15.0±1.2	13.0±1.2
	3	42.4±1.8	20.4±1.1	16.4±1.1	12.6±1.5
	4	42.4±1.8	17.0±1.0	14.0±1.0	10.4±1.1
	5	42.4±1.8	15.0±1.2	12.2±1.9	8.4±1.5
	6	42.4±1.8	10.4±1.1	7.2±1.6	4.8±1.3

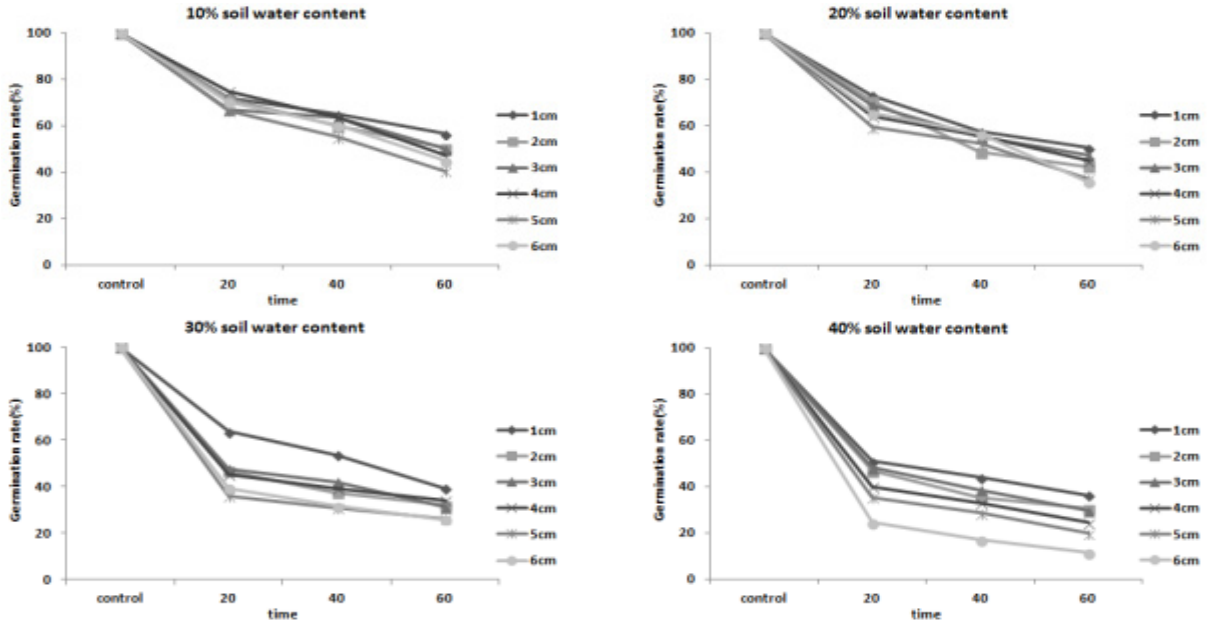

Fig. 1. Effect of microwave irradiation time on the germination rate of *Chenopodium album* var. *centrorubrum* according to soil depth at different soil water contentsv.

소하였다.

토양 함수량 20% 토양의 1 ㎝에서는 73.1%, 57. 6%, 50.5%로 감소하였고, 2 ㎝에서는 70.8%, 48.6%, 42.5 %, 3 ㎝는 68.9%, 55.2%, 47.2%, 4 ㎝는 64.2%, 55.7%, 44.8%, 5 ㎝는 59.4%, 52.4%, 37.3%, 6 ㎝는 65.6%, 56.6%, 35.9%로 감소하였다.

토양 함수량 30% 토양의 1 ㎝에서는 63.7%, 53.8%, 39.2%로 감소하였고, 2 ㎝에서는 46.7%, 37.3%, 32.1%, 3 ㎝는 47.6%, 42.0%, 31.1%, 4 ㎝는 45.3%, 39.2%, 34.0%, 5 ㎝는 35.9%, 30.7%, 26.4%, 6 ㎝는 39.2%, 31.6%, 25.9%로 감소하였다.

토양 함수량 40% 토양의 1 ㎝에서는 50.9%, 43.9%, 36.3%로 감소하였고, 2 ㎝에서는 46.7%, 35.4%, 30.7%, 3 ㎝는 48.1%, 38.7%, 29.7%, 4 ㎝는 40.1%, 33.0%, 24.5%, 5 ㎝는 35.4%, 28.8%, 19.8%, 6 ㎝는 24.5%, 17.0%, 11.3%로 감소하였다.

명아주의 토양 함수량 및 깊이, 조사 시간별 발아율을 측정한 결과 마이크로웨이브 조사시간에 따른 종자의 최고 발아율은 마이크로웨이브 20초, 함수량 10%, 토양 깊이 1 ㎝ 경우 발아율이 30.6±1.1에서부터 최저 발아율은 마이크로웨이브 60초, 토양 깊이 6 ㎝, 토양 함수량 40%에서 발아율이 4.8±1.3로 발아율이 현저하게 감소함을 알 수 있었다. 따라서 토양 함수량이 높고 토양 깊이가 깊을수록 발아 억제 효과가 더 높게 나타났다. 잡초의 발아율은 토양 함수량이 80% 이상일 때는 발아율 감소를 보이지만 토양함수량 15%이상 60%이하에서 토양 함수량이 증가할수록 발아율이 높아지는 경향이 있다(Cha *et al.*, 2002). 본 실험에서 마이크로웨이브 처리는 토양함수량 40%에서 가장 높은 발아율 억제를 나타내어 잡초의 발아를 억제하는 효과가 확인되었고, 명아주의 발아율은 해수 40% 이상의 농도처리에서 발아가 억제되지만(Lee *et al.*, 2012), 이러한 고염의 처리는 토양염류화 및 작물 생장저해에 영향을 줄 수 있으므로 마이크로웨이브를 처리함으로써 발아율을 조절하여 친환경적인 잡초억제 효과를 볼 수 있을 거라 사료된다.

쇠비름(*Portulaca oleracea*) 발아율

마이크로웨이브 처리한 후 쇠비름의 발아 개체수(Table 2)와 발아율을 조사하였다(Fig. 2). 토양 함수량 10% 토양의 1 ㎝에서는 78.8%, 64.6%, 51.8%로 감소하였고, 2 ㎝에서는 60.2%, 56.6%, 39.4%, 3 ㎝는 61.5%, 51.3%, 31.4%, 4 ㎝는 59.3%, 52.2%, 43.4%, 5 ㎝는 54.4%, 39.8%, 35.4%, 6 ㎝는 58.0%, 44.7%, 28.8%로 감소하였다. 토양 함수량 20% 토양의 1 ㎝에서는 73.0%, 56.2%, 31.0%로 감소하였고, 2 ㎝에서는 58.4%, 53.5%, 34.5%, 3 ㎝는 54.4%, 50.4%, 29.7%, 4 ㎝는 53.1%, 43.4%, 35.8%, 5 ㎝는 59.3%, 46.9%, 33.6%, 6 ㎝는 53.5%, 49.1%, 26.6%로 감소하였다. 토양 함수량 30% 토양의 1 ㎝에서는 50.0%, 44.3%, 29.7%로 감소하였고, 2 ㎝ 에서는 39.4%, 34.1%, 28.3%, 3 ㎝는 33.2%, 30.5%, 27.4%, 4 ㎝는 42.9%,

Table 2. Germinated seed number of *Portulaca oleracea* according to microwave irradiation time under the condition of different soil water content and soil depth

soil water content (%)	soil depth ㎝	control	20s	40s	60s
		number			
10%	1	45.2±1.5	32.0±2.0	29.2±1.3	23.4±1.5
	2	45.2±1.5	27.2±1.6	25.6±2.3	17.8±2.2
	3	45.2±1.5	27.8±1.3	23.2±1.6	14.2±1.3
	4	45.2±1.5	26.8±2.2	23.6±2.3	19.6±1.1
	5	45.2±1.5	24.6±2.2	18.0±1.2	16.0±1.0
	6	45.2±1.5	26.2±2.2	20.2±1.5	13.0±1.6
20%	1	45.2±1.5	33.0±1.6	25.4±1.5	14.0±1.9
	2	45.2±1.5	26.4±1.1	24.2±0.8	15.6±3.9
	3	45.2±1.5	24.6±1.1	22.8±0.8	13.4±3.9
	4	45.2±1.5	24.0±1.2	19.6±1.1	16.2±1.3
	5	45.2±1.5	26.8±1.3	21.2±1.6	15.2±0.8
	6	45.2±1.5	24.2±1.6	22.2±1.9	12.0±2.0
30%	1	45.2±1.5	22.6±2.4	20.0±2.6	13.4±1.7
	2	45.2±1.5	17.8±1.8	15.4±2.1	12.8±1.6
	3	45.2±1.5	15.0±2.6	13.8±1.9	12.4±1.1
	4	45.2±1.5	19.4±1.5	16.2±1.9	12.8±1.8
	5	45.2±1.5	15.2±1.9	12.8±1.5	10.6±1.1
	6	45.2±1.5	17.0±2.0	13.0±1.6	10.2±0.8
40%	1	45.2±1.5	27.0±2.1	22.4±3.5	16.4±3.4
	2	45.2±1.5	21.0±1.6	18.0±1.6	14.2±1.6
	3	45.2±1.5	20.8±2.4	13.6±2.4	11.2±1.3
	4	45.2±1.5	20.4±1.1	14.4±1.3	10.8±1.0
	5	45.2±1.5	14.8±2.4	12.0±1.9	8.2±1.9
	6	45.2±1.5	10.8±1.3	8.6±2.0	5.4±1.1

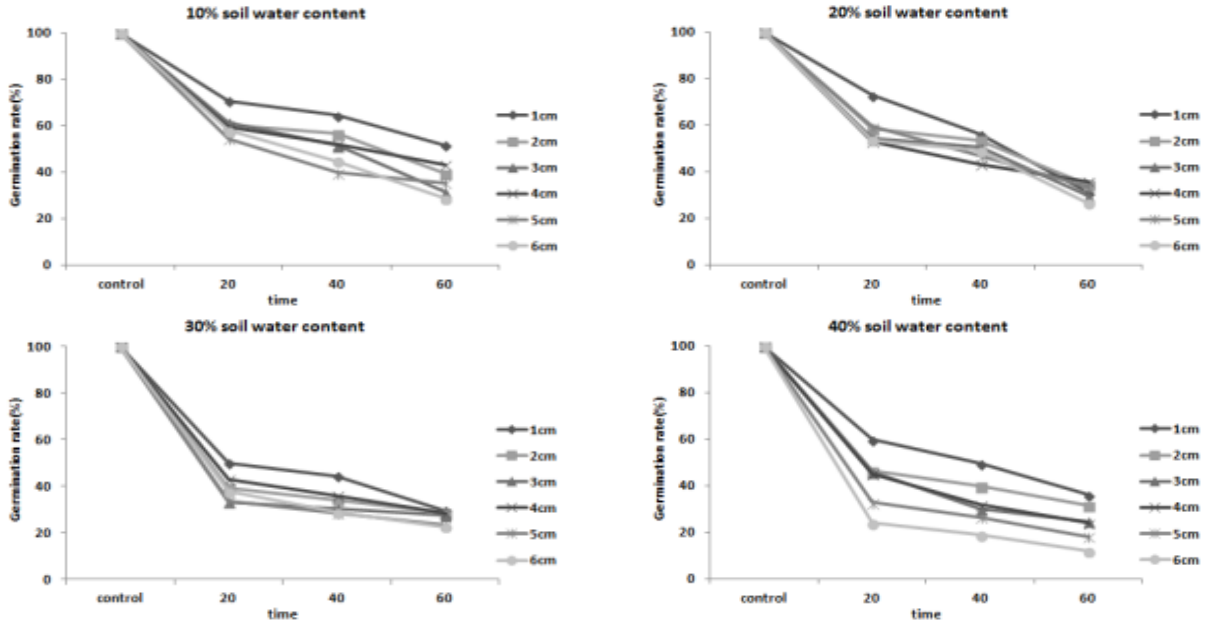

Fig. 2. Effect of microwave irradiation time on the germination rate of *Portulaca oleracea* according to soil depth at different soil water contents.

35.8%, 28.3%, 5 ㎝는 33.6%, 28.3%, 23.5%, 6 ㎝는 37.6%, 28.8%, 22.6%로 감소하였다. 토양 함수량 40% 토양의 1 ㎝에서는 59.7%, 49.6%, 36.3%로 감소하였고, 2 ㎝에서는 46.5%, 39.8%, 31.4%, 3 ㎝는 46.0%, 30.1%, 24.8%, 4 ㎝는 45.1%, 31.9%, 23.9%, 5 ㎝는 32.7%, 26.6%, 18.1%, 6 ㎝는 23.9%, 19.0%, 12.0%로 감소하였다.

쇠비름은 온도와 처리시간에 따른 발아율이 화본과 잡초식물에 비해 높은 발아율을 나타내며, 습윤 종자가 건조 종자에 비해 발아력 상실에 요하는 온도 및 처리시간이 낮거나 단축되는 경향을 보이며 쇠비름이 화본과 잡초에 비해 고온에 대한 종자 활력을 보였다(Kang *et al*, 1997). 마이크로웨이브 처리가 쇠비름에 대한 토양 함수량 및 깊이, 조사 시간별 발아율을 측정한 결과 마이크로웨이브 조사시간에 따른 종자의 최고 발아율이 마이크로웨이브 20초, 함수량 10%, 토양 깊이 1 ㎝ 경우 발아율이 32.0±2.0에서부터 최저 발아율은 마이크로웨이브 60초, 토양 깊이 6 ㎝, 토양 함수량 40%에서 발아율이 5.4±1.1로 발아율이 현저하게 감소함을 알 수 있었다. 수분함량 30% 이상 처리구에서 급격한 발아율 감소를 나타내었고 깊이가 깊어질수록 발아율이 감소하는 경향을 나타내어 마이크로웨이브 처리가 쇠비름의 발아억제 효과를 보였다.

한련초(*Eclipta prostrata*) 발아율

마이크로웨이브 처리한 후 한련초의 발아 개체수(Table 3)와 발아율을 조사하였다(Fig. 3). 토양 함수량 10% 토양의 1 ㎝에서는 65.3%, 57.8%, 47.0%로 감소하였고, 2 ㎝에서는 60.5%, 51.5%, 43.3%, 3 ㎝는 56.7%, 51.5%, 42.5%, 4 ㎝는 56.3%, 51.1%, 38.1%, 5 ㎝는 54.9%, 47.0%, 35.5%, 6 ㎝는 56.0%, 47.4%, 35.8%로 감소하였다. 토양 함수량 20% 토양의 1 ㎝에서는 60.8%, 50.4%, 42.9%로 감소하였고, 2 ㎝에서는 56.0%, 44.8%, 40.3%, 3 ㎝는 56.3%, 45.9%, 39.9%, 4 ㎝는 53.7%, 45.2%, 36.9%, 5 ㎝는 50.8%, 44.4%, 32.8%, 6 ㎝는 52.6%, 45.5%, 31.7%로 감소하였다. 토양 함수량 30% 토양의 1 ㎝에서는

Table 3. Germinated seed number of *Eclipta prostrata* according to microwave irradiation time under the condition of different soil water content and soil depth

soil water content (%)	soil depth ㎝	control	20s	40s	60s
			number		
10%	1	53.6±2.3	35.0±1.6	31.0±1.6	25.2±1.9
	2	53.6±2.3	32.4±1.7	27.6±2.1	23.2±1.6
	3	53.6±2.3	30.4±2.9	27.6±2.1	22.8±2.2
	4	53.6±2.3	30.2±1.9	27.4±1.7	20.4±1.7
	5	53.6±2.3	29.4±0.9	25.2±2.2	19.0±1.0
	6	53.6±2.3	30.0±2.0	25.4±2.0	19.2±1.9
20%	1	53.6±2.3	32.6±2.1	27.0±1.0	23.0±1.6
	2	53.6±2.3	30.0±2.9	24.0±1.0	21.6±1.5
	3	53.6±2.3	30.2±2.2	24.6±2.3	21.4±1.8
	4	53.6±2.3	28.8±1.5	24.2±1.6	19.8±1.5
	5	53.6±2.3	27.2±1.8	23.8±1.6	17.6±1.7
	6	53.6±2.3	28.2±3.1	24.4±2.4	17.0±3.3
30%	1	53.6±2.3	27.6±2.1	24.0±1.9	17.6±1.5
	2	53.6±2.3	22.8±1.6	18.4±1.5	16.4±2.3
	3	53.6±2.3	22.8±1.5	18.8±2.2	15.2±2.3
	4	53.6±2.3	21.8±1.9	17.6±1.1	15.0±1.4
	5	53.6±2.3	17.8±2.2	14.6±1.3	12.6±1.1
	6	53.6±2.3	18.0±1.6	14.8±2.8	12.4±0.6
40%	1	53.6±2.3	22.6±1.8	19.8±2.5	15.0±1.6
	2	53.6±2.3	21.0±1.4	16.4±1.1	13.4±0.6
	3	53.6±2.3	20.4±1.1	16.2±1.3	14.4±1.5
	4	53.6±2.3	18.0±1.2	15.6±1.7	10.8±1.1
	5	53.6±2.3	15.4±1.8	11.4±2.3	9.0±1.6
	6	53.6±2.3	11.6±0.6	8.4±1.5	6.6±0.9

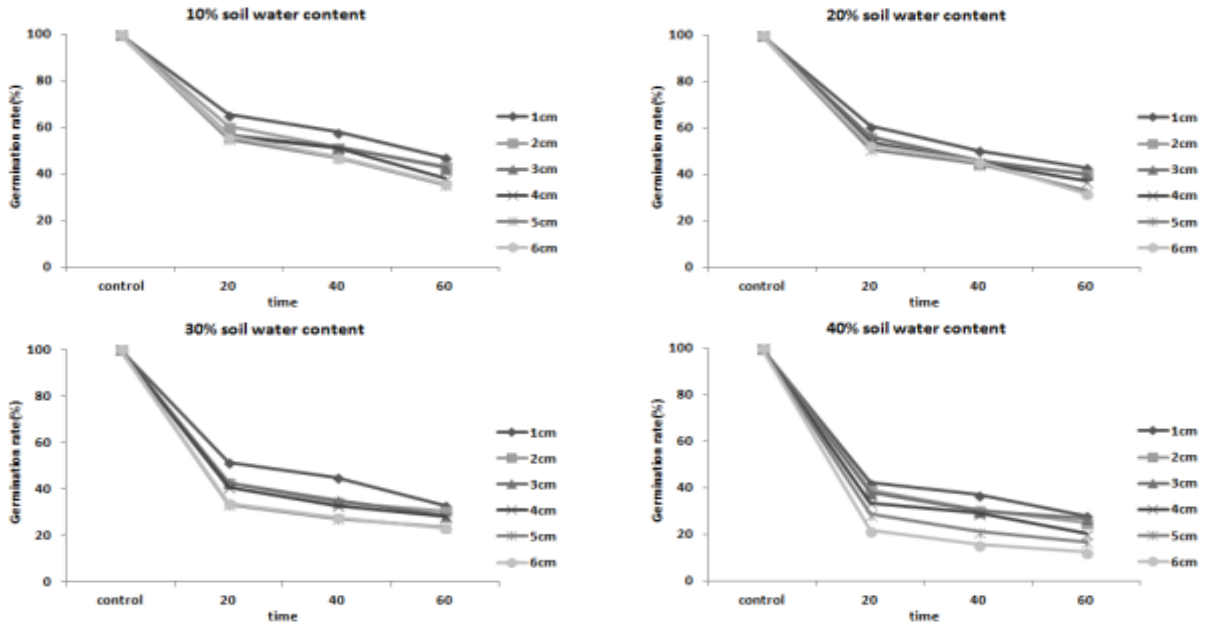

Fig. 3. Effect of microwave irradiation time on the germination rate of *Eclipta prostrata* according to soil depth at different soil water contents.

51.5%, 44.8%, 32.8%로 감소하였고, 2 ㎝에서는 42.5%, 34.3%, 30.6%, 3 ㎝는 42.5%, 35.1%, 28.4%, 4 ㎝는 40.7%, 32.8%, 28.0%, 5 ㎝는 33.2%, 27.2%, 23.5%, 6 ㎝는 33.6%, 27.6%, 23.1%로 감소하였다. 토양 함수량 40% 토양의 1 ㎝에서는 42.2%, 36.9%, 28.0%로 감소하였고, 2 ㎝에서는 39.2%, 30.6%, 25.0%, 3 ㎝는 38.1%, 30.2%, 26.9%, 4 ㎝는 33.6%, 29.1%, 20.2%, 5 ㎝는 28.7%, 21.3%, 16.8%, 6 ㎝는 21.6%, 15.7%, 12.3%로 감소하였다.

재배지역에 발생하는 잡초의 우점초종은 뚝새풀, 망초, 냉이, 벼룩나물, 콩밭은 쇠비름, 깨풀, 바랭이, 방동사니, 감자밭은 바랭이, 망초, 명아주, 쇠비름, 옥수수밭은 바랭이, 쇠비름, 돌피, 한련초가 우점하며, 발생기의 폭이 넓고 방제가 어렵다(Hwang *et al.*, 2014). 적외선을 이용하여 토양내의 잡초종자를 무력화시키고 저공해 농산물을 생산하는데 필요한 잡초방제 방법 잡초종자의 발아력을 억제할 수 있는 조건 토양함수율이 증가할수록 토양의 가열효과는 미비하며, 종자의 억제 효과가 비효율적일 것으로 판단하였다(Kang *et al.*, 1996). 하지만 한련초에 대한 토양 함수량 및 깊이, 조사 시간별 발아율을 측정한 결과 마이크로웨이브 조사시간에 따른 종자의 최고 발아율은 마이크로웨이브 20초. 함수량 10%, 토양 깊이 1 ㎝ 경우 발아율이 35.0±.6에서부터 최저 발아율은 마이크로웨이브 60초, 토양깊이 6 ㎝, 토양 함수량 40%에서 발아율이 6.6±0.9로 마이크로웨이브 조사시간에 따른 종자의 발아율이 현저하게 감소하여 한련초에 대한 발아 억제를 보였다.

이상의 결과에서 볼 때 각 식물 종들 사이에는 발아율의 차이는 있으나 토양 함수량 및 마이크로웨이브 조사시간에 따라서는 실험에 사용된 3종의 종간의 구분이 분명하게 나타났으며, 특히 마이크로웨이브 40초 이상의 조사시간에서의 식물체의 발아율이 급격히 떨어짐으로, 식물체 종자의 발아를 조절할 수 있었다. 그러나 마이크로웨이브의 토양 깊이에 따른 발아율의 조절에 있어서는 유의성이 나타나지 않아 마이크로웨이브를 이용한 잡초 종자에 대한 선택적 발아 조절의 방법으로 토양 함수량의 조절과 마이크로웨이브의 조사시간 조절에 따른 잡초 종자의 발아를 조절 및 제어 할 수 새로운 대안으로 제시 할 수 있다.

적 요

마이크로웨이브 균일분산 시스템을 이용하여 자연생태계에 영향을 주지 않고 잡초종자발아를 제어함으로써 토양 및 수질 오염에 영향을 주지 않는 새로운 개념의 제초제 대안을 제시하고자 한다. 명아주(*Chenopodium album* var. *centrorubrum*), 쇠비름(*Portulaca oleracea*)과 한련초(*Eclipta prostrata*)의 식물에 대한 마이크로웨이브의 토양 함수량별, 깊이별 조사한 결과 균일 분사된 마이크로웨이브를 이용한 잡초 종자의 발아율

측정에서 마이크로웨이브는 토양 함수량에 따른 종자의 발아 조절에는 토양 함수량 20%, 30%에서 최고의 효율이 나타났으며, 토양의 깊이에는 별 영향을 받지 않는 것으로 나타났다. 마이크로웨이브 조사시간은 30초 이상 조사시 잡초 종자의 발아를 억제 할 수 있는 것으로 나타나 적절한 토양 함수량(20~30%) 및 이에 따르는 30초 이상 조사한 마이크로웨이브의 균일분산 시스템을 통해 제초제를 대신하여 잡초종자발아를 조절할 수 있을 것으로 생각된다.

References

Cha, S.H., W.H. Kim and J.H. Kim. 2002. Effects some environmental factors on the germination of seeds in *Ambrosia artemisiifolia* var. *elatior*. Korean J. Ecol. 25(3): 163-170.

Choi, H., S.Y. Lee, Y.H. Rhie, J.H. Lee, S.Y. Kim and K.C. Lee. 2018. Seed dormancy type and germination characteristics in *Tiarella polyphylla* D. Don Native to Korea. Korean J. Plant Res. 31(4):363-371.

Egley, G.H. and S.O. Duke. 1985. Physiology of seed dormancy and germination: *In* Duke, S.O. (ed.), Weed Physiology Vol. I, CRC Press, Inc., Florida (USA). 29:51-52.

Eglitis, M. and F. Johnson. 1970. Control of seedling damping-off in greenhouse soils by radio-frequence energy. Plant Dis. Rep. 54:268-271.

Ennis, W.B.Jr. 1967. Crop losses due to weeds. Proc. FAD Symposium. pp. 127-145.

Holm, L.G., D.L. Plucknett, J.V. Pancho and J.P. Herbdrger. 1977. The World's Worst Weeds. The Univ. Press of Hawaii, Honolulul, USA. p. 609.

Holm, L.G. 1978. Some characteristics of weed problems in two worlds. Proc. West. Soc. Weed Sci. pp. 3-12.

Hwang, K.S., M.Y. Eom, S.H. Park, S.J. Suh, I.Y. Lee and K.W. Park. 2014. Occurrence and distribution of weed species on upland field in chungnam province. Weed Turf. Sci. 3(4):262-268.

Kang, H,W., U.G. Kang and Y.T. Jung. 1993. Influence of electric conductivity on changes of microorganisms and chemical properties of rhizosphere soils in controlled horticulture. RDA J. Agric. Sci. 35:308-314.

Kang, W.S., C.Y. Yu, H.D. Shin, W.S. Kang, J.H. Oh. 1996. Weed and pest control by means of physical treatments - Effect of infrared irradiation on loam for weed control - Korean J. Environ. Agric. 15(1):91-104.

Kang, W.S., J.H. Oh, W.S. Kang, C.Y. Yu, H.K. Kim and J.K. Kim. 1997. Weed control in herb field by means of physical treatment. Korean J. Plant. Res. 10(2):169-174.

Kim, C.S., J.W. Kim, Y.J. Oh, S.H. Hong, S.J. Heo, C.Y. Lee, K.W. Park, S.H. Cho, O.D. Kwon, I.B. Im, S.K. Kim, D.G. Seong, Y.J. Chung, JR. Lee and I.Y. Lee. 2018. Exotic weeds flora in republic of Korea. Weed Turf Science 7(1):1-14.

Kusanagi, T. 1981. Ecological aspects of weeds on paddy field. in : Weeds and weed Control in Asia. ASPAC-FFTC 20: 68-88.

Lee, S.B., Nam, H.S., Kang, C.K., Lee, Y.K. and Jee, H.J. 2012. Effects on weed control in the orchard by seawater(salt) treatment. Korean J. Weed Sci. 32 (Sup. 1):81-82.

Marschner, H. 1995. Mineral Nutrition of Higher Plants. Academic Press. London, UK. p. 889.

Robbins, W.W., A.S. Crafts and R.N. Raynor. 1972. Weed Control. McGraw-Hill, New York (USA).

Thompson, K and J.P. Grime. 1979. Seasonal variation in the seed banks of herbaceous species in ten contrasting habitats. J. Ecol. 67:893.

Zimdahl, R.L. 1993. Fundamentals of Weed Science. Academic Press, Inc. San Diego, California (USA). pp. 16-17.

(Received 11 July 2019 ; Revised 25 September 2019 ; Accepted 8 October 2019)