

잡초방제를 위한 사양토에서의 적외선 조사효과

Effects of infrared irradiation on sandy loam for weed control

강화석*	강위수*	이귀현**	오재현*
정희원	정희원	정희원	정희원
W. S. Kang	W. Kang	G. Lee	J. H. Oh

1. 서론

최근, 우리 나라는 생물 농약이나 지속적인 농업 등을 이용한 잡초 및 병해 충의 방제를 시도하고 있다. 이와 같은 관점에서 생육중인 잡초나 휴면중인 잡초 종자의 발아 억제 및 사멸시키는 방법으로 물리적인 방법을 이용한 잡초 방제 방법이 요구되는 것이 현 실정이다.

지금까지 알려진 물리적 제초 방법에는 농기계를 이용한 재래적인 방법을 비롯하여 불꽃, 마이크로파 및 적외선 등을 이용하는 방법이 알려져 있다.

Toison(1952)은 모래의 함수율 증가에 따른 적외선 침투 효과를 분석한 결과 완전 건조된 모래는 적외선을 39% 흡수하였으나, 함수율 4%~9%인 모래에서는 80~88%의 적외선 침투 효과를 관찰함으로써 함수율 증가에 따라 모래에서는 적외선 침투가 증가됨을 보고하였다. 일반적인 열처리로 토양 표면의 잡초를 방제 할 때에는 토양의 함수율 증가에 따라 열 손실도 증가하기 때문에, 분재용 토양이나 복토용 토양에서는 잡초 종자 사멸과 토양 전염성의 병원균, 곤충, 선충 등을 방제하기 위하여 60 ~ 70°C에서 20~30분간 열처리를 하고 있다(양환승, 1990). 또한 Davis(1974)는 마이크로파 발생 장치를 이용하여 잡초 및 병해충을 방제하기 위하여서는 최소한 16,000~78,000 kJ/m²의 에너지가 필요하므로 이 방제법은 경제성이 없다고 보고 하였으나(Hightower et. al., 1974 ; Olsen, 1975 ; Wayland et al., 1975), Parish(1989)는 적외선 발생 장치로 잡초 방제에 필요한 에너지가 마이크로파를 이용한 잡초 방제법의 약 1.5% 이하인 200~400 kJ/m²임을 관찰하였다.

따라서, 본 연구에서는 여러 가지 물리적인 잡초 방제법 중에서 가장 효율이 좋을 것으로 고려되는 적외선 방사 세라믹스에서 방출되는 적외선이 토양의 종류와 토양 함수율에 따라 토양의 온도 상승에 미치는 영향을 규명하여 효율적인 잡초 방제 기술의 개발을 위한 기초 자료로 제공하고자 하였다.

2. 재료 및 방법

가. 공시 토양 및 방열장치

토양 표면의 가열 처리시 토양의 온도 상승 효과에 관한 기초 실험을 하기 위한 토양은 발토양 중, 사양토와 양토를 토양 시료 채취법(KSF 2301)에 의하여 채취하였다. 토양의 특성인 입도 분포는 입도 분석 시험법(KSF 2302), 비중은 비중계에 의한 침강 분석법(KSF 2308)으로 행하였다. 실험에 이용된 토양의 입도 분포 및 비중을 Table 1에 내었다.

* 강원대학교 농업기계공학과

** 강원대학교 부설 농업과학연구소

Table 1. Particle distributions and densities of tested soils

	particle distribution (weight %)			density (g/cm ³)
	sand	silt	clay	
sandy loam	83.0	13.2	3.8	2.55

공시 토양의 함수율은 Table 2에서 나타난 바와 같이 토양별로 4개 수준씩, 적외선 방열 시간은 각 함수율 수준별로 30, 60 및 90 초이었다.

Table 2. Moisture content and irradiation time levels of tested soils.

	sandy loam			
moisture content(% , wb)	0.5,	5.1,	9.1,	15.0
irradiation time (sec)	30,	60,	90	

나. 토양 온도의 측정

잡초의 종자가 토양 중에서 발아하는 깊이는 잡초의 종류에 따라 다르나, 대부분 토양 표면으로부터 25mm 이내에서 발아하므로(양환승, 1990), 토양의 온도 측정은 표면에서 3mm부터 27mm 까지 3mm 간격으로 측정하였다.

적외선 방사 판에 LPG 및 공기를 혼합하여 점화한 다음, 방사판의 온도가 약 1000℃ 내외가 된 후에 토양을 각각 30초, 60초 및 90초 동안 가열할 때부터, LPG와 공기의 공급을 차단하고 방사판을 제거하여 토양의 온도가 80℃이하로 될 때까지 매 2초마다의 토양 깊이별 온도를 기록하였으며, 이때 주위의 온도는 26℃~33℃ 범위였다.

3. 결과 및 고찰

적외선의 가열로 인한 토양의 온도 상승은 토양의 종류, 함수율, 입도 분포 및 적외선 조사 시간 등에 영향을 받게 된다.

일반적으로 종자가 80℃ 이상인 고온에서는 원형질 단백질의 응고, 원형질막의 액화, 전분의 점괴화 등의 영향으로 인하여 발아가 억제되고(조재형, 1992), 종자의 병충해 방제는 대부분 80℃ 이하에서 처리하고 있다(최봉호, 1991).

따라서, 본 실험에서는 토양 표면 부근의 잡초 종자를 발아억제 및 사멸시킬 수 있는 온도를 80℃ 이상으로 정하고, 적외선을 여러 가지 처리의 조합으로 방열시켰을 때 토양의 각 깊이에서 최고 온도, 가열 속도, 가열중의 온도 구배 및 80℃ 이상으로 유지되는 지속 시간 등을 분석하였다.

Fig. 1 및 표3은 사양토의 함수율 별, 적외선 조사 시간 별 토양 깊이에 따른 온도 변화를 측정된 결과이다. 가열된 토양의 온도에서 저온인 토양깊이 방향으로 열이 흐르기 때문에, 본 실험에서는 온도 경계영역을 토양깊이 3mm 간격을 경계구간으로하여 토양깊이별 온도변화를 측정하여 각 경계구간의 열전달을 분석하여 조사시간에 따른 토양깊이의 온도를 분석하였다.

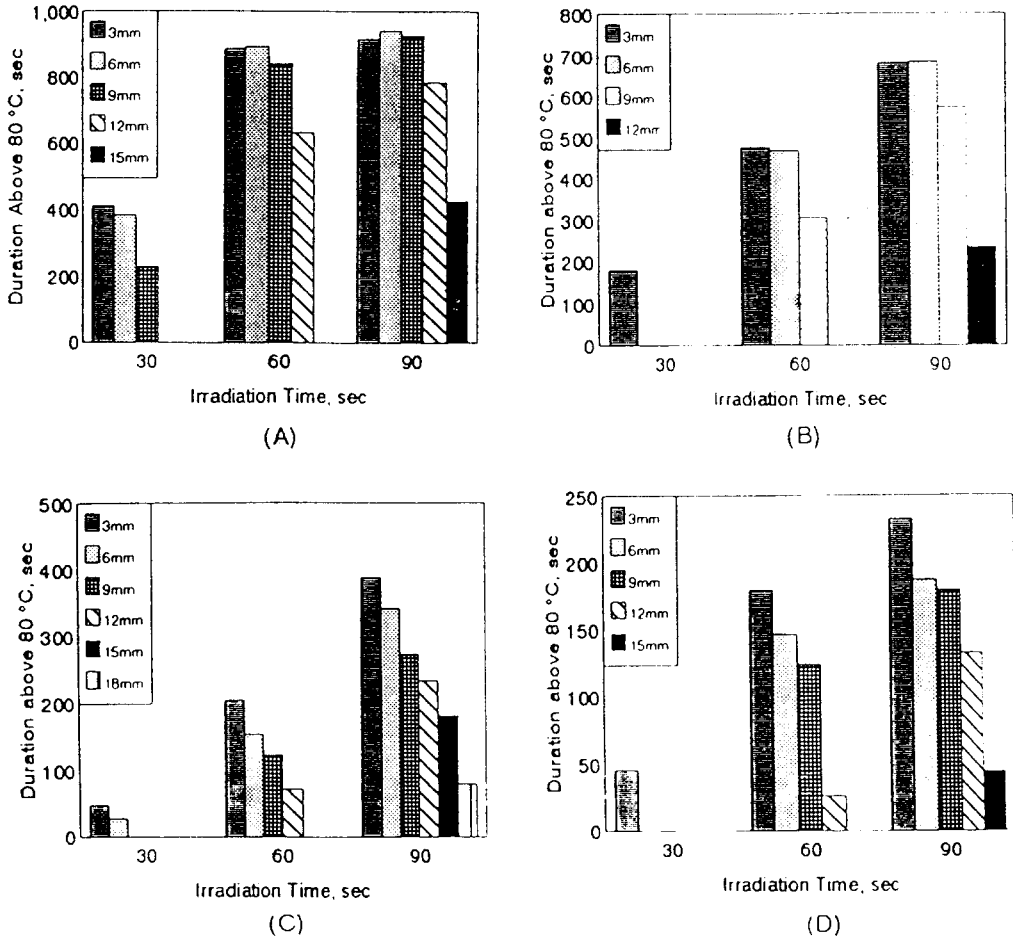


Fig. 1. Duration time above 80°C at various depth when sandy loam was irradiation for 30, 60, and 90 seconds at different moisture A:0.5%wb, B:5.1%wb, C:9.1%wb, D:15.0%wb

함수율 0.5%

조사시간이 30초에서 60초로 증가시켰을 때 가열속도, 토양깊이 매 3mm 마다의 온도구배 및 냉각속도는 거의 같은 경향이었으나, 토양온도 80°C 이상 유지되는 시간은 30초간 조사시켰을 때 깊이가 9mm에서 228초였으나, 60초 간 조사시켰을때 12mm에서 630초로 증가되었다. 90초로 조사시간을 증가시켰을 때 조사시키는 동안 3mm에서 15mm사이에서의 가열속도는 60초간 조사시켰을때 보다 3~5배가 증가되었고, 흡수에너지에 의한 가열 속도도 토양깊이 3mm에서 27mm까지 2배 정도가 상승되었고, 토양깊이 매 3mm 경계구간의 온도구배는 토양깊이 3mm에서 12mm까지 2배 정도가 증가되었으며, 80°C 유지시간과 토양깊이도 3mm 증가된 15mm에서 424초로 증가되었다(Fig.1-A).

함수율 5.1%

30초간 조사시켰을 때 토양의 온도변화는 깊이 3mm에서만 3단계 가열속도로 증가되면서 온도 80°C 이상은 3mm에서 179초간 지속되었고, 조사시간을 60초로 증가시켰을 때는 6mm까지

3단계 가열속도로 증가되면서 80℃ 이상 유지시간은 9mm에서 304초간 지속되었다.

90초로 조사시간을 증가시켰을 때 6mm에서 3단계 가열속도로 온도가 증가되었고, 9mm에서는 잠열에 의하여 92.5℃를 장시간 지속되었으며 80℃ 이상 유지시간은 12mm에서 234초였다 (Fig1.-B).

Table 3. Changes of peak temperature and duration above 80℃ with different soil type, moisture content and irradiation time in tested soils.

		*below 80℃											
	soil depth (mm)	0.5%, wb			5.1%, wb			9.1%, wb			15%, wb		
		Irradiation time (sec)			Irradiation time (sec)			Irradiation time (sec)			Irradiation time (sec)		
		30	60	90	30	60	90	30	60	90	30	60	90
Peak Temperature, ℃	3	179.5	218.3	405.6	107.3	302.4	281.1	99.0	310.6	302.7	97.1	111.7	244.4
	6	118.5	155.3	249.0	79.1	140.5	152.2	86.2	100.5	109.3	79.6	97.3	102.4
	9	88.3	119.2	156.6	68.5	88.6	92.7	68.5	99.3	99.8	55.6	96.4	100.7
	12	70.0	94.0	109.0	58.8	77.4	85.4	57.1	92.7	98.8	50.6	85.0	96.4
	15	57.1	77.8	85.2	52.3	69.9	79.2	47.9	71.6	97.6	44.8	69.2	81.3
	18	48.6	66.5	71.6	46.5	62.2	72.8	43.1	61.9	87.9	40.7	60.5	69.9
	21	43.6	58.3	62.9	41.9	54.9	66.0	37.8	52.0	68.0	37.1	52.3	58.5
	24	39.7	52.5	55.4	37.8	48.9	58.5	34.9	45.5	57.3	34.4	45.8	51.1
	27	37.6	47.6	50.1	35.9	44.8	53.5	33.5	40.7	49.4	34.7	42.6	46.7
Duration above 80℃, sec	3	409.0	881.0	917.0	179.0	474.0	679.0	47.0	205.0	387.0	45.0	179.0	232.0
	6	382.0	892.0	943.0	*	467.0	682.0	27.0	153.0	341.0	*	146.0	187.0
	9	228.0	839.0	926.0	*	304.0	572.0	*	123.0	273.0	*	124.0	179.0
	12	*	630.0	786.0	*	*	234.0	*	71.0	234.0	*	26.0	132.0
	15	*	*	424.0	*	*	*	*	*	181.0	*	*	44.0
	18	*	*	*	*	*	*	*	*	79.0	*	*	*

함수율 9.1%

30초간 조사시켰을 때 토양의 온도는 수분증발점 이하였고, 80℃ 이상의 온도 유지시간은 6mm에서 27초간 이었다. 60초간 조사시켰을 때는 9mm까지 토양의 온도가 수분증발점까지 도달하여 80℃를 12mm에서 71초간 지속시켰다. 조사시간을 90초로 증가시켰을 때에는 수분 증발점이 15mm로 증가되어 80℃를 18mm까지 79초간 지속시켰다(Fig.1-C).

함수율 15.0%

30초간 조사시켰을 때 토양의 온도는 수분증발점 이하였고, 토양온도 80℃ 이상 유지 시간은 3mm에서 45초였다. 60초간 조사시켰을 때는 9mm까지의 토양의 온도가 수분증발점까지 도달하여 80℃를 12mm에서 26초간 지속시켰다. 조사시간을 90초로 증가시켰을 때에는 12mm까지 수분증발점까지 가열되어, 80℃ 이상을 15mm에서 45초간 유지시켰다(Fig.1-D).

4. 요약 및 결론

본 연구는 일반적인 불꽃보다 열효율이 좋은 적외선을 이용하여 토양표면부근의 잡초 종자를 경제적으로 사멸시키고, 급증하는 유기농업에서의 고품질 무공해 농산물을 생산할 수 있는 잡초 방제방법을 개발하기 위한 필요한 기초 자료를 얻고자 하였다.

본 실험에서는 토양 함수율 변화(0.5%wb, 5.1%wb, 9.1%wb, 15.0%wb)에 따라 적외선 조사시간(30, 60, 90초)을 증가하였을때, 80℃에서 3분이상 지속하여 잡초종자 발아능력을 억제할 수 있는 조건에 만족하는 토양 열 침투 깊이에 대하여 분석하였으며, 그 결과는 다음과 같다:

- 1) 적외선 조사시간이 30초인 경우, 0.5% 함수율인 토양시료에서는 9mm, 5.1%에서는 3mm 까지 잡초종자의 발아억제 열 침투 효과를 기대 할 수 있으나, 9.1%이상에서는 잡초종자의 발아억제 열 침투 효과를 기대 할 수 없었다.
- 2) 적외선 조사시간이 60초인 경우, 0.5%에서 5.1%, 9.1%로 함수율을 증가시킨 시료에서는 12mm, 8~9mm, 9~15mm로 잡초 종자의 발아 억제 열 침투 깊이는 최소 9mm까지 기대 할 수 있으나, 15.0%에서는 3~4mm로 발아 억제할 수 있는 토양의 깊이가 급속히 감소되었다.
- 3) 적외선 조사시간이 90초인 경우, 함수율을 0.5%, 5.1%, 9.1%, 15.0% 증가시킨 시료에서는 잡초 종자의 발아 억제 열 침투깊이가 15mm, 10.5~12mm, 9~15mm, 9~16mm로 분석됨으로, 적외선 조사시간 90초이상인 경우 에서는 함수율 15% 토양까지 토양표면에서 부터 9~16mm 토양깊이 까지의 잡초 종자 발아억제 할 수 있는 토양 열침투 깊이가 분석되었다.

5. 참고 문헌

1. 조재형, 윤상현, 이은상. 1992. 신고 재배학원론. 향문사
2. 양환승, 구자옥, 변종영, 권용음. 1990. 최신 잡초방제학. 향문사
3. Davis, F. S. 1974. New techniques in weed control via microwaves. July 17th. Paper presented to Southern Nurserymen's Association, Nacogdoches, Texas, U. S. A.
4. Hightower, N. C., E. C. Burdette and C. P. Burns. 1974. Investigation of the use of microwave energy for weed seed and wood products insect control. Final Technical Report. Project E-230-901. June. Georgia Institute of Technology, Atlanta, Georgia 30332, U.S.A.
5. La Toison, M. 1952. Chauffage et sechage par lampes a rayonnement infrarouge. Editions Eyrolles, Paris, p 15, 90.
6. Olsen, R. G. 1975. A theoretical investigation of microwave irradiation of seeds in soil. Journal of Microwave Power 10(3). p.281-296.
7. Parish, S. 1989. Agricultural engineer soil. Summer 1989. 44(2). p.53-55
8. Wayland, J. R., M. G. Merkle, F. S. Davis, R. M. Menges and R. Robinson. 1975. Control of weeds with U. H. F. electromagnetic fields. Weed Res. p.15:1-5.