

불꽃 및 적외선의 잡초 방제 효과

Effects of Flame and Infrared on Weed Control

강화석*

이귀현*

강위수*

정희원

정희원

정희원

W. S. Kang

G. H. Lee

W. S. Kang

1. 서론

물리적 잡초 방제법 중에서 열을 이용한 잡초 방제 방법은 온도 100℃ 이상 되는 불꽃 혹은 적외선을 생육 중인 잡초에 0.1초 정도 가열하여 고사시키는 방법과 휴면 중인 잡초 종자의 발아 억제 및 사멸을 유도하는 방법이 있다(Betram, 1996). 강(1996) 등은 적외선 방제기를 이용하여 쇠비름과 바랭이 종자를 150℃에서 30초, 200℃에서 10초 ~ 20초간 조사 처리 시 잡초 종자 발아 억제 및 사멸함을 조사하였고, 토양 부근에 있는 잡초 종자의 발아를 억제하기 위해서는 적외선을 30초 이상 조사하여야 함을 보고하였다.

생육 중인 잡초를 50 ~ 70℃ 온도로 가열하면 단백질 변성과 세포의 용적 팽창으로 인하여 세포 내부가 파괴되어 탈수 상태가 되어 2 ~ 3일 후에 고사되는 이론(Hoffmann, 1989, Hege, 1990)을 이용한 불꽃 잡초 방제법은 네덜란드에서 감자의 수확 전 처리로써 사용되었고(Philpsen, 1970), Ascard(1990)는 양파 재배에서 불꽃 잡초 방제가 제초제 살포보다 더 경쟁력이 있다고 보고하였다. Balsari et al.(1994)는 불꽃 방제기의 잡초 방제 시기, 작업속도, 가스 압력, 처리 시간 등을 변화하여 잡초 방제 효과를 보고하였다.

Parish(1989)는 적외선 발생 장치로 잡초 방제에 필요한 에너지가 microwave 잡초 방제법의 약 1.5% 이하인 200 ~ 400 KJ/m² 가 요구되며 가격이 비교적 싼 LPG를 연료로 하는 적외선 발생 장치를 이용하여 잡초 방제에 응용한다면 더욱 경제적인 잡초 방제가 된다고 보고하였다.

우리 나라는 특용작물, 약용 작물 및 산채류 또는 야채의 잎, 줄기 또는 뿌리 부분 등과 같이 주로 영양 기관을 녹즙이나 건조 혹은 생식용의 식품으로 이용하기 때문에 열처리를 이용한 잡초 방제 방법은 무공해 식품을 생산할 수 있는 기술 개발에 도움이 될 것이다.

따라서 본 연구는 에너지 효율과 포장 능률이 높으며 가스 사용에 안전한 경제적인 잡초 방제기 개발을 목적으로 불꽃 및 적외선 잡초 방제기를 설계 및 제작하여 포장 실험을 통해서 에너지 투하 량과 투하 시간이 방제 효과에 미치는 효과를 분석하였다.

2. 재료 및 방법

가. 잡초 방제기의 설계 및 제작

1) 적외선 잡초방제기

* 강원대학교 농업생명과학대학 농업기계공학과

Fig. 1은 트랙터 부착용 적외선 잡초방제기로써 세라믹 방사판에 LPG를 연소시켜 방사판의 가열시 방사되는 적외선으로 잡초를 고사시키는 장치의 단면도이다. 여기서 적외선 방사부의 크기는 0.73m×0.73m였으며, 방사부는 크기 6.6cm×9.3cm×1.3cm인 honey-comb type 세라믹 방사체 30개로 구성되어 있다. 노즐에 의해 분사된 LPG 가스와 공기가 혼합되어 연소된 불꽃이 이러한 방사체를 가열함으로써 적외선이 방사되게 하였다. 방사부의 위 부분에는 팬을 설치하여 공기를 방사부로 송풍시키므로써 열이 상방으로 상승하는 것을 방지할 수 있었다. 열효율을 높이기 위해 방사부 주위에 반사판을 설치하였다.

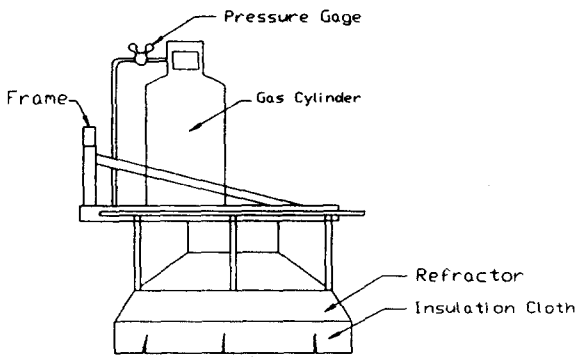


Fig. 1. Infrared weeder.

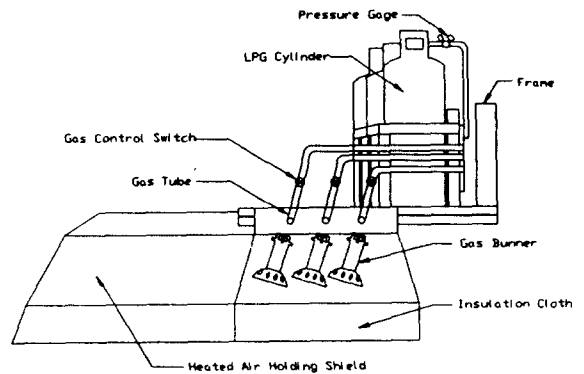


Fig. 2. Flame weeder.

2) 불꽃 잡초방제기

Fig. 2는 불꽃 잡초방제기로써 방사체의 가열 없이 직접 LPG를 연소시켜 발생된 불꽃에 의해 잡초를 고사시키는 잡초 방제기의 단면도이다. 불꽃 잡초방제기의 불꽃 발생부는 크기 0.94m×0.71m로 제작되었으며, 세줄의 LPG 공급관이 설치되어 있다. 세줄의 LPG 공급관에는 각각 5개, 4개, 5개의 가스 버너가 잇갈려 부착되어 있다. 각각의 버너에는 분사 노즐이 설치되어 있으며(분사구 직경: 2mm), 3개의 LPG 가스 통으로부터 가스가 관을 통하여 공급된다. 방제기의 열효율을 높이기 위해 불꽃 방사부 주위에 반사판을 설치하였다. 또한 불꽃 방제작업시 방사부에서 방사된 열을 토양 지면에 좀 더 오랜 시간 머물게 하기 위하여 방사부의 후면에 방사부 크기의 열풍 계류 장치를 설치하였다.

나. 실험 방법

1) 적외선 잡초 방제기

적외선 잡초 방제기를 실제로 포장에서 이용하여 6 - 7엽기의 잡초에 대한 잡초 방제

효과를 조사하기 위하여 트랙터의 속도를 1단에서 3단(0.576km/hr, 0.72km/hr, 0.936km/hr) 까지 변화시키면서 LPG의 공급 압력을 29,430Pa에서 39,240Pa, 49,050Pa, 58,860Pa, 68,670Pa까지 5단계 증가시켰는데 이 압력은 시간당 소모량이 각각 2.0kg/hr, 3.9kg/hr, 4.1kg/hr, 4.3kg/hr, 10.4kg/hr에 해당한다. LPG의 공급량 및 속도의 조합은 적외선 처리 면 적당 가스의 소모량으로 계산되었으며(Table 1), 압력 및 속도의 조합에 따른 실험은 각각 3번 반복되었다. 방제 처리 6일 후 무작위로 선택된 시험구당 3개의 표본 면적(50cm×25cm)으로부터 살아 남은 잡초의 수와 적외선 처리 전의 잡초 수에 대한 비율(생존율)을 조사하였으며, 잡초의 생존율을 적외선 처리 면적당 가스의 소모량(kg/ha)에 대한 함수식으로 표현하였다. 실험용 포장에서 생육된 잡초를 적외선 열처리할 수 있도록 폭 78cm의 두둑

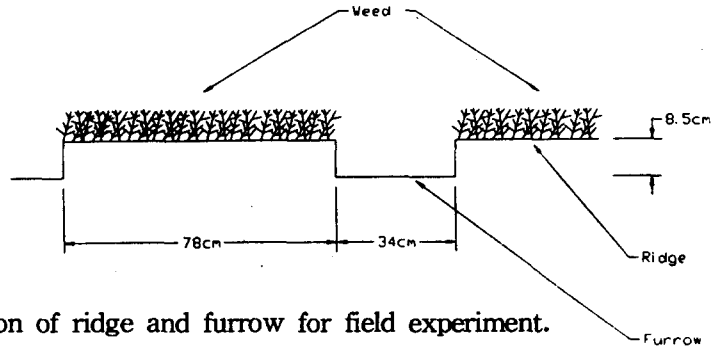


Fig. 3. Cross section of ridge and furrow for field experiment.

Table 1. Amount of LPG consumption according to amount of LPG supply and speed of infrared and flame weeder

Infrared weeder			flame weeder			
LPG supply (kg/hr)	speed (km/hr)	LPG consumption(kg/ha)	LPG supply (kg/hr)	speed (km/hr)	LPG consumption(kg/ha)	
2.0	0.576	41.49	18.29	0.567	333.64	
	0.720	32.01		0.720	264.63	
	0.936	24.14			194.11	
3.9	0.576	79.31			1.512	129.16
	0.720	62.91		2.088	92.93	
	0.936	46.14		2.628	73.27	
4.1	0.576	75.65		3.384	57.19	
	0.720	60.00			5.400	35.74
	0.936	44.01				
4.3	0.576	86.63				
	0.720	68.71				
	0.936	50.40				
10.4	0.576	212.31				
	0.720	168.40				
	0.936	123.53				

및 트랙터 바퀴가 통과할 수 있는 폭 34cm의 고랑을 만들었다(Fig. 3).

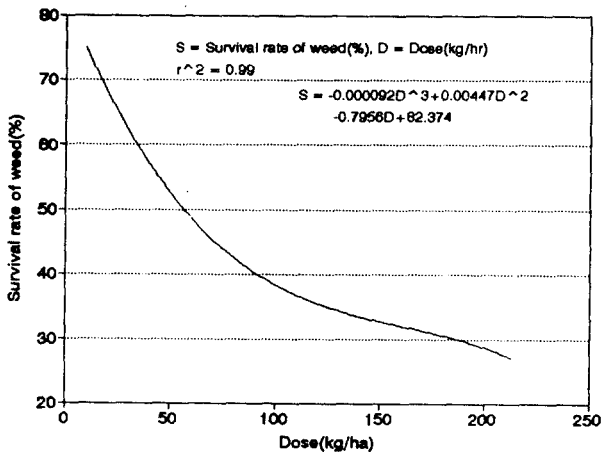
2) 불꽃 잡초방제기

4 - 5엽기의 잡초를 불꽃 잡초방제기로 포장 작업시 3개의 LPG 가스통의 가스 공급량은 평균 18.29kg/hr였으며, 이 때 잡초 방제 처리 속도를 트랙터의 변속기 1단에서 8단(0.576km/hr, 0.72km/hr, 0.936km/hr, 1.512km/hr, 2.088km/hr, 2.628km/hr, 3.384km/hr, 5.4km/hr)까지 증가시키면서 잡초 방제 처리 실험을 하였다(Table 1). 방제 처리 6일 후 무작위로 선택된 시험구당 3개의 표본 면적(50cm×25cm)으로부터 살아 남은 잡초의 수와 불꽃 방제 처리 전의 잡초 수에 대한 비율(생존율)을 조사하였으며, 잡초의 생존율을 가스의 소모량(kg/ha)에 대한 함수식으로 표현하였다. 여기서 LPG의 소모량(333.63kg/ha, 264.63kg/ha, 194.11kg/ha, 129.16kg/ha, 92.93kg/ha, 73.27kg/ha, 57.19kg/ha, 35.74kg/ha)은 평균 LPG의 공급량과 각각의 방제 처리 속도로부터 계산되었다. 또한 방제 처리 6일 후 무작위로 선택된 3개의 표본 면적(50cm×25cm)으로부터 잡초의 생체중 및 잡초의 감소율(방제 처리후 사멸된 잡초 수/방제 처리전 잡초 수)을 조사하여 잡초방제 효과를 분석하였다. 실험용 포장에서 성장된 잡초를 불꽃 처리할 수 있게 폭 78cm의 두둑 및 트랙터 바퀴가 통과할 수 있는 폭 34cm의 고랑을 만들어서 이용하였다(Fig. 3)

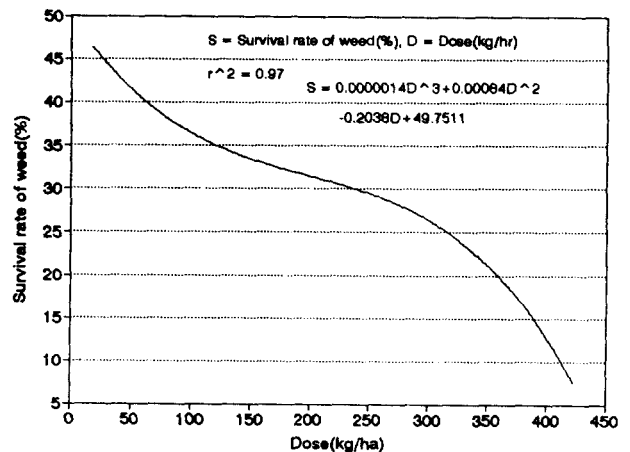
3. 결과 및 고찰

가. 적외선 잡초 방제기

Fig. 4-(A)는 트랙터 부착용 적외선 잡초방제기에 의해 열처리된 6 - 7엽기의 잡초(강피, 바랭이, 쇠비름, 닭의장풀 등)의 생존율을 단위 면적당 소모된 LPG의 중량(kg/ha)에 대



(A) Infrared weeder.



(B) Flame weeder.

Fig. 4. The relationship between survival rate of weed and amount of LPG consumption.

하여 표시한 것이다. 잡초의 생존율은 LPG 소모량이 0에서 50kg/hr까지 증가하는 동안 100%로부터 52%로 거의 직선적으로 급격히 감소하였다. 그러나 LPG의 소모량이 100kg/hr에서 200kg/hr까지 증가하는 동안 잡초의 생존율은 매우 완만한 감소율을 보였다. 또한 LPG 소모량이 230kg/hr 이상일 때는 잡초의 생존율이 매우 급격한 감소율을 보였다. 포장 면적, ha당 50kg의 LPG를 소모하였을 때 잡초의 생존율은 52%를 나타냈으며, 열처리 효과를 높이기 위하여 LPG를 100kg/ha에서 200kg/ha로 증가시켰을 때 잡초의 생존율은 38%에서 28%로 10% 감소되었다. 본 실험에서 LPG 소모량을 212.31kg/ha 이상으로 했을 때 기화열 때문에 가스통이 열어서 더 이상 공급량을 증가시킬 수 없었다. 그러므로 차후의 실험에는 기화기와 같은 장치를 사용하여 이러한 문제점을 해결하여야 할 것으로 사료된다.

나. 불꽃 잡초 방제기

1) 열처리된 잡초의 생존율과 단위 면적당 소모된 LPG량의 관계

Fig. 4-(B)는 트랙터 부착용 불꽃 잡초방제기에 의해 열처리된 4 - 5엽기의 잡초(강피, 바랭이, 쇠비름, 닭의장풀 등)의 생존율을 면적당 소모된 LPG의 중량(kg/ha)으로 표시한 것이다. 잡초의 생존율은 열처리 면적당 LPG의 소모량이 0에서 100kg/hr로 증가하는 동안 37% 까지 거의 직선적으로 급격히 감소하였다. 그러나 LPG의 소모량이 150kg/hr에서 250kg/hr까지 증가하는 동안에는 잡초의 생존율은 매우 완만한 감소율을 보였다. 또한, LPG의 소모량이 300kg/hr 이상일 때는 잡초의 생존율이 매우 급격한 감소율을 보였다. 불꽃 잡초 방제기에 의해 잡초의 생존율을 30% 이하로 감소시키기 위한 LPG의 소모량은 240kg/ha이었다. 불꽃 잡초방제기를 사용하였을 때 잡초의 생존율과 LPG의 소모량과의 관계를 나타내는 곡선의 형태는 적외선 잡초방제기를 사용하였을 때와 비슷하였다. 그러나 LPG의 소모량이 100kg/ha 이하에서는 불꽃 잡초 방제기가 더 좋은 방제 효과를 나타냈으며, LPG의 소모량이 100kg/ha이상에서는 적외선 잡초 방제기의 효과가 더 큰 것으로 나타났다.

2) 열처리 후 살아남은 잡초의 생체중에 대한 방제속도의 영향

Table 2는 18.29kg/hr의 LPG 공급량으로 8개의 속도 수준에서 열처리 6일 후 생존된 잡초의 개당 생체중 및 무처리구 잡초의 개당 생체중을 통계처리한 결과를 나타내고 있다. 실험 결과에 의하면 8개의 속도 수준중 어떤 속도에서 잡초방제 작업이 이루어져도 처리되지 않은 포장에 비해 상당한 방제 효과가 있었다. 그러나 속도, 0.576km/hr, 0.72km/hr, 0.936km/hr, 1.512km/hr에서 방제 작업이 이루어질 때 잡초의 생체중 감소에 미치는 방제효과와의 차이는 근소하였으며, 또한 방제속도, 2.628km/hr, 3.384km/hr, 5.4km/hr가 방제효과에 미치는 효과의 차이도 근소하였다. LPG의 소모량면에서 이러한 결과를 종합하면 불꽃 잡초방제기로 열처리한 후 잡초의 생체중 감소에 효과적인 경제적 잡초방제 속도는 1.512km/hr인 것으로 분석되었다.

Table 2. The effect of flame weeder speed on fresh weight of weed

weeder speed (km/hr)	fresh weight per weed(g)
V1(0.576)	0.119 bcd
V2(0.720)	0.056 d
V3(0.936)	0.111 bcd
V4(1.512)	0.083 cd
V5(2.088)	0.139 bc
V6(2.628)	0.177 b
V7(3.384)	0.156 b
V8(5.400)	0.168 b
Control(무처리)	0.291 a

Table 3. The effect of flame weeder speed on reduction rate of weed

weeder speed (km/hr)	reduction rate of weed(%)
V1(0.576)	73.57 ab
V2(0.720)	69.76 abc
V3(0.936)	65.23 bcd
V4(1.512)	82.85 ab
V5(2.088)	78.09 ab
V6(2.628)	53.57 d
V7(3.384)	58.81 cd
V8(5.400)	53.57 d

* Mean separation within columns by Duncan's multiple range test, 5% level. Data are means of three observations.

3) 열처리 후 잡초의 감소율에 대한 잡초 방제기 속도의 영향

Table 3은 18.29kg/hr의 LPG 공급량으로 8개의 속도 수준에서 열처리 6일 후 생존된 잡초의 감소율을 통계 처리한 결과를 나타내고 있다. 실험 결과에 의하면 방제 속도, 0.576km/hr, 0.720km/hr, 0.936km/hr, 1.512km/hr, 2.088km/hr에서 방제 작업이 이루어질 때 잡초의 감소율에 미치는 방제속도의 효과의 차이는 근소하였으며, 또한 방제속도, 2.628km/hr, 3.384km/hr, 5.400km/hr가 잡초의 감소율에 미치는 방제효과 차이도 근소하였다. LPG의 소모량면에서 이러한 결과를 종합하면 불꽃 잡초방제기에 의해 잡초를 수적으로 감소시키는데 적절한 경제적인 잡초방제 속도는 2.088km/hr(V5)인 것으로 나타났다.

4. 결론

본 연구에서 제작 시험한 적외선 잡초 방제기와 불꽃 잡초 방제기의 잡초 방제 효과 비교시 LPG의 소모량이 100kg/ha 이하에서는 불꽃 잡초방제기가 좋은 방제 효과를 나타냈으나, LPG의 소모량이 100kg/ha이상에서는 적외선 잡초방제기가 더 큰 방제 효과를 나타냈다. 불꽃 잡초방제기로 열처리한 후 잡초의 생체중을 조사하여 판단된 가장 경제적인 잡초 방제 속도는 1.512km/hr(V4)였으며, 잡초의 수적 감소로 판단된 가장 적절한 경제적인 잡초 방제 속도는 2.088km/hr(V5)인 것으로 나타났다. 그러나 이러한 방제속도는 실제 작업속도로는 아주 느린 속도이므로 더욱 빠른 속도에서 방제효과가 탁월한 방법을 개발하여야 한다.

5. 참고 문헌

1. 강화석, 유창연, 신현동, 강위수, 오재현. 1996. 물리적인 방법을 이용한 잡초 및 병충해 방제 방법의 개발 - 적외선 조사에 의한 잡초방제를 위한 토양의 가열효과 -. 한국환경농학회지. Vol. 15, No. 1. p. 91-104.
2. 강화석, 유창연, 신현동, 강위수, 오재현. 1996. 물리적인 방법을 이용한 잡초 및 병해충 방제 방법의 개발(I) - 적외선 조사에 의한 잡초 방제를 위한 사양토의 가열효과 -. 한국농업 기계 학회지 Vol. 21, No 1. p. 21-33.
3. 강화석, 유창연, 강위수, 이귀현, 오재현. 1996. 물리적인 방법을 이용한 잡초 및 병해충 방제 방법의 개발 -적외선 조사가 잡초종자의 발아율에 미치는 영향-. 한국환경농학회지 Vol.15, No. 1. p. 86-90.
4. 강화석, 유창연, 신현동, 강위수, 오재현. 1996. 물리적인 방법을 이용한 잡초 및 병해충 방제 방법의 개발 - 적외선 조사에 의한 잡초 방제를 위한 양토의 가열효과 -. 한국환경농학회지 Vol. 15, No.1, p.91-104.
5. 강화석, 이귀현, 강위수, 오재현. 1996. 적외선 조사된 토양에 대한 열전달 모델. 한국농업 기계 학회지 Vol. 21, No 4. p. 449-455.
6. Ascard J (1990) Weed control in ecological vegetable farming. In: Granstedt, A.(ed.). Proceeding of the Ecological Agriculture. NJF-seminar 166. Alternative agriculture no.5. Swedish University of Agricultural Sciences, Uppsala. p. 178-184.
7. Ascard, J. 1990. Thermal weed control with flaming in onions. Veröff. Bundesanstalt für agarbiologie Linz/Donau(germany) 20, p.175-188.
8. Balsari, P., Berrato, R., Ferrero, A. 1994. Flame weed control in lettuce crop. Acta horticultrae 372, Engineering for reducing pesticide consumption & operator hazards, P.231-222.
9. Bertram, A. 1996. Geräte- und verfahrenstechnische Optimierung der thermischen Unkrautbekämpfung. Institut für Landtechnik der Technischen Universität München. Dissertation.
10. Hege, H. 1990. Thermische Unkrautbekämpfung. Gemüse 7, 334-346.
11. Hoffmann, M. 1989. Abflammtchnik. KTBL-Schrift 331. Landwirtschaftsverlag, Münster-Hiltrup.
12. Parish, S. 1989. Weed control - testing the effects of infrared radiation. Arricultural engineer soil. Summer 1989. 44(2). p.53-55.
13. Philipsen, PJJ. 1970. Heat treatment of grawing crops. A new approach to harvesting. Power Farming. April. 2p.