

물리적인 방법을 이용한 잡초방제에 관한 문헌 연구

A Review of Weed Control by Physical Treatments

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

1. 서론

물리적인 잡초방제 방법은 수취, 경운, 예취와 같이 기계적인 방법과 불꽃, 적외선, 뜨거운 공기를 이용한 열처리 방법 그리고 microwave, γ -ray, laser, 전기 충격 등을 이용한 전기적 처리방법을 포함한 넓은 의미의 잡초방제 방법이다.

최근 이런 물리적인 잡초방제의 요구가 증대된 것은 화학적인 제초제 사용으로 인한 환경오염, 생태계의 파괴뿐만 아니라 농산물에도 잔류하여 인·축에도 영향을 미치게 되어 국민들의 농약 오염에 대한 경각심과 거부감이 높아졌기 때문이다.

우리 나라에서의 제초제 소비량이 1980년에 3,375 M/T 에서 1992년에는 5,369 M/T으로 사용량이 급증하여 잡초방제의 주종을 이루고 있으나, 이러한 제초제들은 주요 작물인 수도나 대규모로 재배되는 전작물의 잡초방제에서만 사용되고 있다.

소규모로 재배되는 특용작물, 약용작물 및 산채류에서는 잡초방제를 위한 적당한 제초제뿐만 아니라 잡초방제 기술이 미비한 실정이다. 더욱이 잎, 줄기 또는 뿌리 부분과 같이 주로 영양 기관을 녹즙이나 생식용으로 주로 많이 이용하는 산채나 약용 작물은 잔류 농약의 문제 등을 감안할 때 무농약 또는 저농약에 의한 잡초방제의 기술개발이 시급한 실정이다.

따라서 본 연구는 효율적인 잡초방제방법의 선택에 목적을 두고 물리적인 잡초방제 방법의 종류와 장·단점, 이용사례, 효과 등을 문헌연구를 통하여 고찰함으로써 공해나 잔류독성이 적은 물리적인 방법을 이용한 잡초방제기 개발에 필요한 기초자료를 제공하고자 하였다.

2. 재료 및 방법

본 연구는 물리적인 잡초방제 방법에 관한 문헌 연구를 통하여 선진국의 잡초방제방법, 적용 사례와 효과 등을 분석하였다. 먼저 물리적인 방법을 이용한 잡초방제의 필요성에 대하여 고찰하였으며, 물리적인 잡초방제 방법의 종류를 크게 기계적인 방법, 열처리방법, 전기적방법등으로 구분하여 각각의 특징과 장·단점 등을 고찰하였다.

기계적인 방법에서는 로우 브러쉬(row brush)를 중심으로 고찰하였으며, 열처리 방법에서는 불꽃에 의한 방법과 적외선을 조사시키는 방법 두가지로 구분하여 각각의 특징과 장·단점을 비교 고찰 하였다. 또한 전기적인 처리방법에서는 microwave를 이용한 방법과 전기적 충격을 주는 방법 두가지를 비교 고찰하였다.

3. 결과 및 고찰

* 강원대학교 농업기계공학과

** 강원대학교 농업과학연구소

1. 물리적 잡초방제의 필요성

제초제의 사용을 대신할 잡초방제 기술은 여러 가지 이유에서 연구되고 있다. 그 이유는 제초제에 대해 저항성이 있는 잡초와 제초제 살포에 소요되는 비용에 대한 문제와 유기농업에 대한 관심이 증가하고 있기 때문이다(Parish, 1989). 화학제초제를 사용하지 않는 제초방법으로는 수취(手取)에 의한 것과, 기계적인 혹은 불꽃에 의한 잡초방제 방법 등이 있다. 그런데 비록 이러한 기술이 화학적인 처리보다 비용이 많이 들고(Balsari et al., 1994) 육체적으로 더 많은 노동력이 소요되더라도(Nemming, 1993) 물리적인 방법으로 잡초방제를 하는 이유는 화학제초제의 사용시 제초제의 양을 조절하기가 어렵고 작업자의 건강이 위협받을 뿐만 아니라 잔류독성이 강해 소비자들의 건강에도 위협하기 때문이다. 또한 짧은 성장 기간을 가진 작물을 화학적 처리한 경우에는 토양의 잔류독성이 다음 작물에 해를 끼치며 작물의 성장시 필요한 관개, 시비 등이 제초제의 효과를 감소시키고 잡초의 경쟁력을 향상시키기 때문이다(Balsari et al, 1994).

최근에 와서 우리나라는 생물농약이나 지속적인 농업 등을 통한 잡초 및 병해충의 방제효과를 얻으려고 노력하고 있으나 아직은 그 연구가 초기 단계이고 뚜렷한 효과를 기대하기 어렵다. 이와 같은 점에서 볼 때 생육중인 잡초나 휴면중인 잡초종자의 발아억제 및 사멸을 유도하는 방법으로는 물리적인 방법을 이용한 잡초방제 방법이 요구되고 있는 것이 현 실정이다.

2. 물리적인 방법을 이용한 잡초방제 방법

1) 기계적인 처리방법

물리적인 잡초방제방법의 하나인 기계적인 잡초방제법으로 Naka(1981)는 브러쉬가 달린 로타리 브러쉬 제초기가 밭고랑에서 손으로 작업한 것만큼의 잡초방제 효과가 가능했다고 했으며, Fogelberg와 Johansson(1993)은 스웨덴식 3조 로우 브러쉬(three row brush) 잡초방제기계(fig.1)로 당근, 양파와 사탕무의 재배지에서 각기 다른 강도(브러쉬의 외주속도/주행속도)에서 인트라-로우 브러쉬(intra-row brush)잡초제거에 의해 작물이 피해를 입는가를 실험한 결과, 작물이 15-25cm 크기에서 처리하였을 때 수확량의 현저한 감소 및 피해가 없었으며, 0-4엽 단계의 잡초에서 실험을 한 결과는 잡초방제기는 처리 일주일 후 정상적인 강도 2.6에서 73%, 7.9의 매우 높은 강도에서 89%의 잡초감소를 나타내었고, 높은 강도에서 처리한 2주일 후에도 잡초감소율이 여전히 80%를 넘었다. 또한 유럽의 유기농업에서는 야채밭(Ascard and Mattson, 1994) 및 사탕무우(Fogelberg and Johansson, 1993), 곡물(Böhrnsen, 1993)의 두둑에 잡초 방제를 위하여 개량형 브러시쟁기(fig.2)를 사용하였는데 이 작업기는 토양의 특성, 토양의 함수율, 토양표면의 구조, 작업기계의 작업방법, 작업속도, 잡초 종류 등에 의하여 잡초 방제 효과가 결정되므로(Weber, 1993), 소각 경운 잡초방제방법에 비해 비경제적임을 보고하였다.

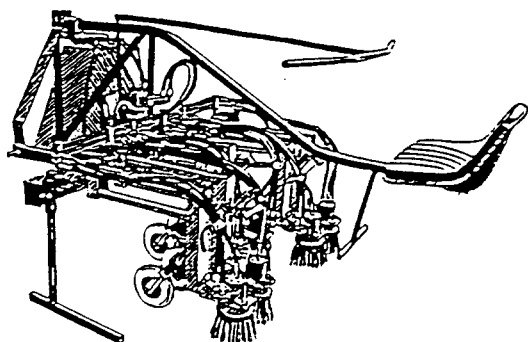


Fig.1. The Swedish three row brush weeder.

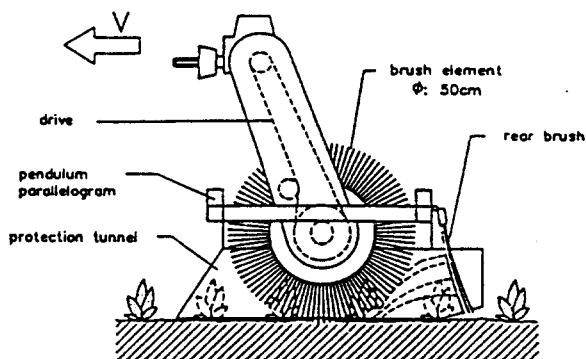


Fig.2. The row brush hoe(schematic)

2) 열처리 방법

열처리 잡초방제 방법은 적외선 방사(Parish, 1989), 뜨거운 물(Berling, 1993), 냉동(Fergedal, 1993), 그리고 다른 전열 처리(Wayland et al., 1975; Sandwald, 1977; Diprose & Benson, 1994; Mattsson, 1993; Mätzler, 1993)를 포함하는 넓은 의미의 잡초방제 방법이다(Ascard, 1995).

그러나 Sandwald(1977)에 의하면 불꽃, 스팀, 뜨거운 공기 혹은 적외선 방사와 같은 형태의 열 방사만이 실제적으로 중요하다고 하였다.

(1) 불꽃에 의한 열처리 방법

Ascard(1995)에 의하면 열처리 방법은 새로운 잡초방제 기술은 아니며 1852년 미국에서 처음으로 열처리 잡초방제 기계가 특허를 얻은 이래 잡초방제 기술의 하나로 알려졌으며 농업에서 대규모 불꽃에 의한 열처리 잡초방제의 적용은 1940년대 초반에 미국에서 목화밭의 이랑 사이를 잡초방제하는 것부터 시작되었다고 하였다. 1940년대부터 1960년대 중반까지 불꽃에 의한 열처리 잡초방제는 목화, 옥수수, 콩, 알파파, 감자, 양파, 포도, 블루베리, 딸기 등과 같은 작물에 대해 미국에서 널리 사용되었다(Edwards, 1964; Kepner et al., 1978).

1950년대 동안 증가된 불꽃에 의한 열처리 잡초방제에 대한 관심은 1960년대 중반과 후반에 화학적 제초제의 효과가 증가된 후 대부분의 지역에서 그 관심이 줄어들기 시작했다(Kepner et al., 1978). 미국과는 반대로 유럽에서는 불꽃에 의한 잡초방제는 그다지 널리 사용되지는 않았다. 단지 식물 묘포장(Nyholm, 1950)과 포도밭(Preuschen, 1968; Engel, 1969)의 잡초방제에서 불꽃에 의한 열처리가 사용된 보고가 있다. 또한 네덜란드에서는 감자의 수확전 처리로써 불꽃에 의한 열처리 방법을 실제적으로 사용하였고(Philipsen, 1970; de Leeuw, 1972), Holmføy & Hoftun(1980)은 양파의 수확전 처리로 불꽃에 의한 열처리 방법과 스팀에 의한 열처리 방법을 비교 평가하였다. Hoffman(1980)의 보고에 의하면 독일과 스위스에서는 1970년대 초반부터 유기농업자들이 불꽃에 의한 열처리 잡초방제를 사용하기 시작했다고 한다.

Ascard(1990)에 의하면 불꽃에 의한 열처리 잡초방제는 많은 노동력을 줄일 수 있고 병해충 없이 작물을 재배하는데 많은 도움을 준다고 하였다. 또한 수취에 의한 잡초방제시 소요되는 노동비가 증가된 이래, 생육중인 양파 종자에 불꽃에 의한 열처리 잡초방제는 제초제의 사용보다 더 비싸게 될 것이라고 하였다. 그러나 양파 재배지에 있어서는 불꽃에 의한 열처리 잡초방제는 제초제의 살포보다 더 경쟁력이 있다고 하였다.

Balsari et al(1994)는 불꽃에 의한 열처리 방법으로 이식전의 양상치 재배지에서 자라는 잡초를 후처리(싹이 나온 후)하여, 실험 첫해인 1990년에는 작업 속도, 가스 압력, 처리 시간 등의 몇몇 변수들을 고려하여 잡초방제 효과를 결정하였고, 1991년의 실험에서는 1990년도 실험에서 가장 효과적이었던 작업의 변수와 양상치에서 화학적, 기계적인 잡초방제 방법을 비교하였다. 가장 좋은 결과는 최초 성장 단계에서의 잡초와 함께 첫 번째 관개로부터 4-8일 후, 가스 압력 0.20MPa, 작업 속도 0.27 -0.4 m/s 의 속도일 때였고, 불꽃에 의한 열처리 잡초방제가 제초제 사용 때와 비교했을 때 수확량의 차이가 없는 작업 속도는 0.27m/s였다.

또한, 불꽃에 의한 열처리 잡초방제는 많은 초본류작물, 목본류작물에서의 사용이 성공적이었던 것이 보고되었다(Hoffmann, 1971, 1977, 1981; Balsari et al., 1991; Ferrero et al, 1993). 예를 들어 옥수수에 불꽃에 의한 잡초방제를 한 결과 화학적 잡초방제와 같은 수확량을 얻었으며(Balsari et al., 1991), 원예작물에 있어서는 하얀 양배추(Holmføy and Nelnd, 1993), 파슬리(Tampier et al., 1993), 양파(Ascard, 1989) 등에서 좋은 결과를 얻었다.

(2) 적외선 처리 방법

Parish(1989)에 의하면 적외선 발생장치로 잡초방제에 필요한 에너지가 microwave 잡초 방제법

의 약 1.5% 이하인 200~400 kJ/m² 가 요구되며 가격이 비교적 싼 LPG를 연료로 하는 적외선 발생 장치를 이용하여 잡초방제에 응용한다면 더욱 경제적인 잡초방제가 된다고 보고하였다.

일반 버너와 비교해서 적외선 버너의 사용이 가스 절약면에서 더 좋고, 많은 가스의 소모 없이도 잡초방제기의 작업속도를 증가시킬 수 있다(Castille and Ghesquire, 1985; Geier, 1985; Klooster, 1983).

Parish(1989)는 여러 종류의 LPG적외선 잡초방제기가 유럽 시장에서 유용함에도 불구하고 그 기계를 사용함에 있어 실험적 자료가 부족하여, 식물 생존에 영향을 주는 4 종류의 다른 파장을 가진 적외선 방사 효과를 측정하였다. 그 결과 식물의 사멸 효과를 위해서는 식물 조직에서 적외선이 반사 또는 투과되는 것보다 흡수가 더 많이 될 수 있는 파장대의 에너지를 내는 방사체가 요구되어지는 것을 알았다. 이러한 사실에 대해 Hooper(1977)는 적외선의 흡수가 1.44 - 1.93 μm 의 파장대에서 적외선이 물에 의해 흡수되어 최고에 이르는 것과 같이 낮은 건조 상태의 조직에서 효과적이라고 하였다. 실험 결과 Mustard는 방사체 형태가 MWQ일 때, 20초 동안 가열했을 때와 생육전 단계일 때 가장 효과적인 경향을 보였다. Ryegrass인 경우에도 효과적이지만 성장 단계와는 별 관계가 없었다.

3) 전기적 처리 방법

물리적인 방법을 이용하여 잡초 및 병해충을 제거하거나 억제하는 방법으로는 고압의 전기를 이용한 실험 결과 및 microwave를 이용한 방법이 있다. Microwave를 이용한 Berit Mattsson(1993)의 잡초방제 실험은 잡초종자와 생육 중인 잡초 그리고 몇몇 경우에 야의 현장 실습을 통해 수행되었다. Microwave를 이용한 잡초방제 방법의 주요한 장점은 토양 속의 잡초종자의 방제도 가능하며 이 방법은 다른 비화학적 잡초방제 과정에 의해 달성할 수 없는 것임을 강조하였다.

Wayland et al.(1973a)은 함수율 6.8%의 고운 Lufkin 사양토 2.5cm의 깊이에 밀(*Triticum aestivum*)과 무(*Raphanus sativus*)종자를 복토전 10시간 동안 흡수시킨 후 파종하였다. Microwave는 10.2cm²의 크기와 5cm 두께를 가진 stainless-steel radiator에 의해 2450MHz에서 1500W(최고)로 표본에 적용하였고 전 처리 토양의 온도는 25°C로 종자에 있어서 50% 치사율을 내게 하는데 필요한 에너지는 100 J/cm²(*Triticum aestivum*)와 180 J/cm²(*Raphanus sativus*)임을 알았다. 그리고 210 J/cm²에서는 발아율이 밀과 무에서 각각 15%와 40%감소되었음을 보고하였다.

Slesarev(1973), Bayev and Savchuk(1974), Svitalka(1976), Klimov et al.(1970) Vigoureux, (1982) 등은 4000 Volt 내지 8000 Volt의 고압을 이용하여 32% 내지 47%의 잡초제거 효과를 거두고 있으나 고압전기 발생을 위한 장비는 아주 비싸고 취급하기에 위험하기 때문에 실용성이 없는 것으로 판단하고 있다.

Davis(1974)는 microwave 발생 장치를 이용하여 잡초 및 병해충을 제거하여 그 효과를 12개월이나 지속되었다. 잡초를 제거하기 위한 microwave의 최소에너지량은 연구자에 따라서 1600 내지 77800 J/cm² 라고 보고했으나(Hightower et al., 1974; Olsen, 1975; Wayland et al., 1975), 이러한 필요 에너지량의 차이는 토양의 종류, 처리 깊이 및 제거 대상 잡초의 종류 등에 따라 소요 에너지가 다르기 때문인 것으로 사료된다.

그러나 이러한 양의 에너지 발생을 위하여 필요한 발전기는 최소 30kw정도로서, 1 ha의 경지를 처리하는데 소요되는 시간은 에너지 발생량에 따라 다소의 차이는 있지만, 최소 93시간에서 1000여 시간이 걸리는 것으로 보고되었다 (Hightower, 1974; Wayland et al., 1975; Lal and Reed, 1980). 그러나 현재로서 microwave를 이용하는 방법은, 제조 효과면에서 다른 제조 방법보다 유리하지만, 작업 시간이 너무 길고 비싸기 때문에 현실성이 없는 것으로 판단된다.

4. 요약 및 결론

이상에서 고찰한 여러 가지 물리적인 잡초방제방법들은 여러 가지 특징들과 장·단점을 가지고 있다. 작업이 손쉽고 간편한 것은 기계적인 잡초방제법이지만 날씨, 토양의 상태등 여러 가지 변수에 많은 영향을 받기 때문에 적합하지 않은 것으로 사료되며, 효과면에서는 가장 뛰어나지만 비싼 장비가격과 고압을 사용하는 장비취급의 위험성을 고려한다면 현실성이 없다고 판단된다.

그러나 열처리를 이용한 잡초방제 방법은 잡초방제 및 토양소독의 이익을 가진 합리적인 방법이며, 열처리시 생성되는 토양의 재는 식물이 흡수하기 용이한 양분의 형태로 변화하기 때문에 작물에도 이익을 주는 상당히 효과적인 방법이라고 사료된다.

5. 참고문헌

1. Ascard, J. 1990. Thermal weed control with flaming in onions. Veröff Bundesanstalt für agarbiologie Linz/Donau(germany) 20, p.175-188.
2. Ascard, J. and Mattsson, B. 1994. Inter-row cultivation in weed-free carrots : the effect on yield of hoeing and brush weeding. Biological Agriculture and Horticulture.10. p.161-173.
3. Ascard, J. 1995, Thermal weed control by flaming : Biological and Technical Aspects, Dessertation, Swedish University of Agricultural Sciences. SLU/Repro, Alnarp, Sweden.
4. 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.
5. Bayev, V. I. and V. N. Savchuk. 1974. The effective factors of electric spark discharge in treatment of plants. Electrochemistry in industrial Processing and Biology 1. p73-75.
6. Berling, J. 1993. Getting weeds in hot water. Farm Industry News, January, 44.
7. Böhrnsen, A. 1993. several years results about mechanical weeding in cereals. Proceeding of 4th international conference I.F.O.A.M. on "Non-chemical weed control", p.93-99
8. 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.
9. Diprose, MF. & Benson, FA. 1984. Electrical methods of killing plants. Journal of Agricultural Engineering Research, 30, 197 - 209.
10. Edward FE, 1964, History and progress of flame cultivation. Proceedings First Annual Lp-Gas Association and Natural Gas Processors Association, St.Louis, Missouri. p. 78-84.
11. Engel, R., 1969. Trials with control by flaming in wine-growing. Der Deutsche Weinbau, 3. Sonderausgabe, 523-527.
12. Fergedal, S. 1993. Weed control by freezing with liquid nitrogen and carbon dioxide snow -A comparison between flaming and freezing. Swedish University of Agricultural Sciences, Department of Agricultural Engineering, Report 165. Alnarp, Sweden. 38 pp.
13. Fogelberg, F and Johansson. 1993. Mechanical weed control: intra-row brush weeding in vergetable and sugeabeets. Proceeding of 4th international conference I.F.O.A.M. on

- "Non-chemical weed control", p.103-106
14. 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.
 15. Holmøy, R. and Storeheier. 1993. Selective flaming in the plant row and basic investigation and developments of flammers. Proceeding of 4th international conference I. F.O.A.M. on "Non-chemical weed control", p.157 -162
 16. Kepner R. A., Bainer R & barger E. L., 1978, Principlaes of Farm Machinery. AVI Publishing Company, Inc., Wesport, CT, USA.
 17. Klimov, A. A., V. N. Savchuck and V. I. Bayev. 1970. Electrophysical parameters and properties of plant tissue exposed to the action of a spark discharge. Applied Electrical Phenomena 1. p.64-68
 18. Lal, R. and W. B. Reed. 1980. The effect of microwave energy on germination and dormancy of wild oat seeds. Canadian Agricultural Engineering 22(1). p.85-88.
 19. Mattson, B. 1993. Weed control by microwaves - a review. Swedish University of Agricultural Sciences, Department of Agricultural Engineering, Report 171. Alnarp, Sweden. 48 pp.
 20. Naka, S. 1981. Studies on Methods of Mechanical Weed control for Upland Farming. Journal of the Central agricultural Experiment Station, 33, 57-117.
 21. Nemming, A. 1994. Costs of flame cultivation. Acta horiculturalae 372 Engineering for reducing pesticide consumption & operator hazards. p.205-212
 22. Nemming, A. 1993. Flame cultivation in row crops. Proceeding of 4th international conference I.F.O.A.M. on "Non-chemical weed control". p.131-123
 23. Nyholm, 1950. Use of flamer and highly refined petroleum oils for weed control in plant nurseries. Gartner-tidende, 66(32), 328-331.
 24. Olsen, R. G. 1975. A theoretical investigation of microwave irradiation of seeds in soil. Journal of Microwave Power 10(3). p.281-296.
 25. Parish, S. 1989. Weed control-Testing Effects of infrared radiation, Agricultural engineer soil. Summer 1989. 44(2). p.53-55
 26. Philipsen PJJ., 1970 Heat treatment of grawing crops. A new approach to harvesting. Power Farming, April. 2p.
 27. Preuschen, J., 1968. Weed control by Flaming. Mitteilungen der DLG, 22, 841-844.
 28. Sandwald, E.. 1977. Physikalische Unkrautbekämpfung. Zeitschrift für Pflanzenkrankheit und Pflanzenschutz. Sonderheft 8. p.173-180
 29. Slesarev, V. 1973. The use of electric spark discharges in agriculture. Translated from Zemledelie 9:56, 1972, by W. R. Gill, Sept. 26, 1973. Soil Scientist U.S.D.A. National Tillage Machinery Laboratory, P.O. Box 792, Auburn, Alabama 36830, U.S.A.
 30. Svitalka, P. I. 1976. The effective factors of spark discharge and their role in damaging vegetable tissues. Electrochemistry in Industrial Processing and

Biology 2. p.65-68.

31. Vester, J. 1986. Flame cultivation for weed control 2 years' results. Regulation of weed population in modern production of vegetable crops. Stuttgart, F.R. Germany. 28/31 Oct. p.61-75.
32. 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.
33. Weber, H., Meyer, J. 1993. Mechanical weed control with a row brush hoe. Engineering for reducing pesticide consumption & operator hazards. p.89-92.