

雜草管理를 위한 環境親和的 栽培技術

卞鍾英* · 具滋玉** · 具然忠***

Environment-Friendly Cultural and Mechanical Practices for Weed Management

Pyon, J.Y.* , J.O. Guh** and Y.C. Ku***

ABSTRACT

As control of plant diseases, insects and weeds were heavily relied on pesticides, residues of pesticides in environment and food supply were recently focused by environmentalists and consumer groups. The reduction of pesticide use was implemented in Sweden, Denmark, Netherland, England, and United States. Therefore, it is very important to discuss environmentally sound systems of weed management including cultural, mechanical, and integrated weed control.

Mechanical methods using tillage, cultivation, mulching, burning, mowing, solarization, and UHF are used as one of most effective environmentally sound weed management systems.

Cultural practices favoring the crops are excellent weed management measures. Correct seedbed preparation for the soil and cultural system, and use competitive cultivars contribute to weed management. Increasing crop density by higher seeding rate or by narrowing row width and careful attention to optimum fertility to produce vigorous crop plants increase competitiveness of crops against weeds. Crop rotation breaks life cycles of weeds by alternating the crop it must associate with.

Herbicides are efficient and profitable to control weeds, but must be part of a total weed management program with use of minimum rate.

The best weed management will be an integrated approach including two or more methods to manage weed problems.

病害蟲 및 雜草防除를 위하여 農藥에만 의존하는 현실에서 날로 환경과 식품에서의 農藥殘留에 대한 관심이 높아짐에 따라 농약사용량을 줄일 수 있는 방법이 스웨덴, 덴마크, 화란, 미국, 영국, 캐나다 등에서 모색되고 있

는 실정에서 環境親和的 雜草管理技術에 대한 연구와 실용화는 매우 중요하다. 따라서 환경에 조화되는 耕種的, 機械的 雜草管理 體系를 栽培技術을 중심으로 하여 記述하고자 한다.

* 忠南大學校 農科大學 Dept. of Agronomy, Chungnam National Univ., Taejon 305-764, Korea

** 全南大學校 農科大學 Dept. of Agronomy, Chonnam National Univ., Kwangju 500-757, Korea

*** 作物試驗場 Crop Experiment Station, Suweon 441-100, Korea

1. 機械的 方法

機械的 雜草管理은 中耕, 멀칭, 침수, 배수, 태우기, 베기 등이 포함된다. 이 방법은 가장 오래된 잡초관리 방법이며 가장 경제적이고 공해가 없으며 안전하다.

가. 中耕

中耕은 아직도 개발도상국에서 가장 보편적인 잡초방제법이지만 화학적 잡초방제법이 많이 이용되고 있다. 中耕은 잡초를 방제하고, 작물잔재를 땅속으로 넣고 배수를 쉽게 한다. 中耕은 잡초를 땅속으로 묻고 잡초의 지상부를 뿌리로부터 분리시키고 휴면종자 또는 영양번식기관의 발아를 촉진시키며, 지상부를 건조시키고 다년생잡초의 저장탄수화물을 고갈시키므로서 잡초를 방제한다.

다년생잡초 방제에서 中耕의 원리는 貯藏炭水化物的 枯渴이다. 다년생잡초의 영양번식기관은 탄수화물의 貯藏庫 역할을 한다. 다년생잡초가 성장하여 광합성을 하면 저장고는 채워진다. 만일 지상부가 中耕에 의하여 절단되면 식물은 새롭게 성장하기 위하여 저장양분을 필요로 한다. 中耕을 자주하게 되면 저장양분이 고갈되고 서리에 대한 感受性이 증가하기 때문에 식물은 죽게 된다. 그러나 中耕만으로는 다년생잡초를 현저하게 감소시킬 수 있지만 완전방제는 매우 어렵다.

中耕方法은 단독 혹은 제초제 처리와 혼합하여 잡초방제의 가장 경제적인 체계이다. 中耕除草와 함께 병행된 제초제처리는 잡초관리

에서 매우 효과적인 방법이다(表 1).

中耕은 全面處理나 帶狀處理에 의하여 방제되지 않은 잡초를 방제하는데 사용된다. 옥수수에서 shattercane을 방제하는데 가장 효과적이고 믿을만한 방법은 파종전 EPTC 土壤混化處理와 옥수수 출아후 2회 中耕을 실시하는 것이다(Burnside, 1970). Doll과 Mulder(1991)에 의하면 잡초방제, 옥수수 수량, 경제적 수익은 기계적 잡초방제보다 화학적, 기계적 잡초방제를 병행하여 실시할 때 높았다. 감자에서 가장 좋은 잡초관리 프로그램은 pendimethalin처리와 中耕 1회 실시라고 한다(Nelson과 Giles, 1989).

中耕과 병행하여 낮은 농도로 제초제를 처리하는 방법은 경제적, 환경적 고려때문에 점차 인기를 끌고 있다. 低藥量 제초제처리는 콩 재배에서 특히 성공적이었다(Devlin과 Madder, 1991).

나. 刈取

지상부 생장부위를 제거하기 위한 刈取는 종자생산을 막으며 刈取를 여러 차례 하게 되면 일부 직립형 다년생잡초는 지하번식기관의 저장양분이 고갈될 것이다. 이 방법은 잔디밭에서 직립형 다년생잡초를 방제하기 위하여 사용될 수 있다. 그러나 메꽃류와 같은 포복형 다년생잡초는 刈取作業으로 방제할 수 없다.

刈取의 장점을 최대한으로 활용하기 위하여 종자가 형성되기 전인 화아분화기 이전에 예취하여야 한다.

Table 1. Influence of cultivation and cultivation plus herbicides(herb) on weed biomass and crop yield for corn, sorghum, and soybean(Burnside et al., 1969).

Number of cultivations	Corn		Sorghum		Soybean	
	No herb	Herb	No herb	Herb	No herb	Herb
Weed biomass, kg/ha						
0	2070	690	3740	490	4100	2420
1	1150	240	620	22	2000	370
2	860	66	430	22	1200	134
Grain yields, kg/ha						
0	4160	5610	3710	4240	1050	1480
1	5790	5770	4600	4350	1620	1890
2	5460	5310	4600	4580	1610	1860

Table 2. Effect of barley straw mulching on dry weight of weeds(Lee et al., 1991)

Barley straw mulched(g/m ²)	Grass		Broad leaf weeds				Total
	Ec	Ds	Va	Pa	Pa	Ri	
0	16.4	9.6	0.16	0.31	0.24	0	26.71
200	4.1	2.1	0.08	0.13	0.05	0.41	6.87
300	0.1	0.7	0	0.03	0.20	0.04	1.07
400	0.5	0.4	0	0	0	0.06	0.96
500	0	0.1	0	0	0.04	0	0.14

Ec : *Echinochloa crus-galli*

Ds : *Digitaria sanguinalis*

Va : *Vandellia angustifolis*

Pa : *Portulaca aquatica*

Pa : *Polygonum aviculare*

Ri : *Rorippa islandica*

Table 3. Weed emergence in the field in 1980 from plots covered with transparent polyethylene in 1979 (Egley, 1983).

Weeds	Soil treatment	Weeds emerged (no./m ²)				
		Time after cover removed, weeks				
		1	4	8	10	14
Grasses	Noncovered	1395	215	197	66	65
	Covered	41	153	150	26	31
Pigweed	Noncovered	464	1	0	0	1
	Covered	1	0	4	7	3
Horse purslane	Noncovered	162	0	2	0	3
	Covered	2	5	11	1	3
Total	Noncovered					
	Covered					

다. 멀칭

멀칭은 광을 遮斷하여 잡초생장을 억제한다. 다년생잡초를 방제하려면 두껍고 넓게 멀칭을 하여야 한다. 멀칭은 토양온도를 높여 식물생장을 촉진한다. 짚, 건초, 퇴비, 종이, 검정비닐 등이 멀칭재료로 쓰이고 있다. 멀칭은 대부분 고가치작물에 사용된다.

보리짚을 멀칭함에 따라 피, 바랭이, 마디풀, 속속이풀 등 잡초의 발생이 억제되었으며 멀칭량이 증가될수록 잡초의 생육억제효과도 높았다(表 2).

그리고 밀 - 옥수수 - 휴경 경작체계에서 밀 짚 멀칭량이 증가함에 따라 잡초생장은 억제되었다(Crutchfield와 Wicks, 1983). 무경운 옥수수를 麥后作으로 밀 그루터기에 파종하므로써 무멀칭, 中耕에 비하여 나팔꽃 생체량을 79% 감소시켰으며 호밀멀칭도 일년생 광엽잡초의 생체량을 크게 감소시켰다(Liebl 등, 1984).

라. 솔라리제이손

토양온도를 높이는 멀칭은 솔라리제이손(so-

larization)이라는 과정으로 잡초를 방제한다. 잡초종자의 발아는 높은 토양온도에 의하여 억제되고 어린 식물은 고사된다. 투명비닐은 대부분 어린 잡초와 많은 종자에 대하여 致死溫度 이상으로 토양온도를 높인다. 솔라리제이손은 태양광선을 받아들여 토양을 고온으로 하기 위하여 플라스틱 비닐을 대부분 토양에 덮도록 사용한다. 잡초방제 효과는 잡초종자와 어린 잡초를 고사시키기에 충분한 토양온도로 높이려면 덥고 습한 기후와 강한 광도가 중요하다. 수분은 토양의 열전도를 높여주고 종자가 고온에 민감하도록 한다. 여러 종류의 플라스틱 비닐을 이스라엘에서 4주간 사용되었을 때 투명비닐하에서 토양온도는 45℃를 능가하였다(Horowitz, 1980). 검정비닐하에서 온도는 더 빨리 45℃를 초과하였으나 45℃ 이상으로 도달하지 못하였다. 자외선 흡수 투명비닐은 50℃ 이상으로 온도를 높였다.

솔라리제이손은 종자발아층에 있는 모든 잡초종자를 죽이지 못하지만 잡초의 발생은 극

단적으로 감소되었다. 비닐제거 1주일후에 총 잡초 발생본수는 97% 감소되었으며 전 생육 기간동안 77% 감소되었다(表 3).

솔라리제이션이 잡초발생에 미치는 효과는 비닐제거 후 단기간 동안에 뚜렷하다. 비닐제거 후 첫 2개월 동안 발생한 일년생 잡초의 본수는 무명칭의 15% 이하에 지나지 않았으며 투명비닐이 더 효과적이었다. 솔라리제이션에 대한 일년생잡초의 감수성은 表 4와 같다.

마. 극초단파

극초단파(UHF)는 식물과 종자에 선택적으로 毒性을 띠며 잡초방제를 위한 극초단파의 첫 이용은 1895년에 특허되었다. 극초단파는 온도 효과와 비온도효과를 발생시키는데 온도효과가 독성의 출처가 된다. 종자의 수분함량과 전자석 에너지에 대한 감수성과는 직선적인 正의 상관관계가 있다. 극초단파를 이용한 상업적 잡초방제기가 개발되고 특허되어 상품화되어 있다. 극초단파는 목화와 水生環境에서 선택적 植生防除를 위하여 사용되고 있다. 극초단파는 상당한 양의 電力이 소요되며 잡초발

생전 또는 발생된 잡초 방제를 위하여 사용될 수 있다. 발생된 잡초에 대한 처리는 식물에 電流를 흐르게 하여 식물의 용액을 사실상 끓여 세포벽을 파괴시킨다. 이 기술은 禾本科 草種보다 廣葉草種에 더 효과적이며 電流가 接地되기 때문에 뿌리를 고사시키지는 못한다.

2. 耕種的 雜草防除

品種, 耕耘, 整地, 輪作, 播種時期, 栽植密度, 栽培樣式, 施肥, 물관리 등 작물의 생산기술을 이용하여 작물의 생육을 왕성하게 하므로써 競合에 의하여 잡초를 억압시키는 경종적 방법은 농민이 이용할 수 있는 저렴하고도 이용하기 쉬운 잡초방제법중의 하나이다.

가. 作物競合

기본적으로 좋은 榮農方法은 경종적 잡초방제 수단이 된다. 이 방법은 작물의 능력과 잡초의 약점을 최대한으로 이용하는 作物競合의 모든 원리를 이용하는 것이다. 잡초에 대한 작물의 競合力이 최대로 되게 작물을 재배하는 방법을 뜻한다. 작물이 균일하게 출아되어 빠르고 왕성하게 성장하기 시작하고 그 活力을 유지하는 모든 방법은 잡초문제를 크게 줄여 준다.

最適播種期의 선택은 잡초방제의 한 수단이 된다. 캘리포니아에서 알팔파는 일반적으로 늦은 가을 혹은 이른 봄에 파종된다. 가을에 파종되면 어린 알팔파는 수개월 추운 기후에 놓이게 되어 생장이 거의 되지 않는 반면, 冬季 일년생잡초는 제초제로 방제되지 않는 한 왕성하게 성장한다. 그러나 봄에 파종된 알팔파는 더 빨리 성장하여 단기간내에 잡초에 대한

Table 4. The sensitivity of annual weeds to solarization(Horowitz, 1983)

Weed	Weeks of solarization to reduce seedling numbers to less than 10% of control
Blue pimpernel	2-4
Bull mallow	>8
Fumitory	6
Heliotrope	4
Horseweed	>8
Pigweeds	2

Table 5. Weed weight of transplanted rice affected by plant spacing and weeding regime(Kim et al., 1982).

Variety	Plant spacing(cm)	Weed weight(g/m ²)		Difference
		Hand weeding	No weeding	
Seogwangbyeon	30×15	22.0	170.7	148.7
	40×(10×10)	16.7	169.0	152.3
	10×10	14.3	55.7	41.4
Nakdongbyeon	30×15	28.3	240.3	176.0
	40×(10×10)	23.3	222.0	198.7
	10×10	16.7	89.3	72.6

競合力이 더 높아진다.

條播作物에서 畦幅을 좁혀주고 파종량을 증가시키면 잡초문제를 줄이는데 도움이 될 수 있다. 벼 재식거리를 10×10cm로 하여 밀식한 경우에는 잡초의 성장을 억제시켜 잡초건물중이 크게 감소되었다(表 5).

Rogers(1976)에 의하면 목화를 畦幅 42인치 간격으로 재배하면 수량감소를 없게 하기 위하여 줄 14週의 잡초방제가 요구된다. 그러나 畦幅을 31인치로 줄이면 잡초방제기간은 10週로 단축시킬 수 있고 畦幅이 21인치일 때는 방제기간은 6週로 단축될 수 있다.

나. 輪作

輪作은 특정작물에 많이 발생하는 잡초들의 밀도가 높아지는 것을 막는 주된 재배적 잡초 관리의 수단으로 이용되고 있다. 어느 작물이나 잡초가 작물과 비슷한 생장습성을 지니고 있다면 같은 재배조건에서 번무하는 잡초에 의하여 피해를 받는다. 한 작물이 같은 포장에서 매년 單作으로 재배될 경우 그 작물에 관련된 특정잡초는 급격히 증가하여 작물과 성공적으로 競合하여 작물의 수량과 품질, 그리고 경제적 소득을 저하시킨다. 예를 들면 밀 또는 보리가 계속하여 재배된 포장에서는 메귀리가 優占하게 되고, 토마토가 계속하여 재배된 캘리포니아 토마토밭에서는 까마중이 급증하였다(Walker와 Buchanan, 1982).

作物輪作 순서에서 작물종류의 선택은 생장과 재배특성이 전년도 작물과 우점된 문제잡초의 특성과 대조적인 작물에 우선순위를 주어야 한다. 가장 좋은 방법은 화본과 작물은 광엽작물과 輪作하는 것이다. 이 輪作의 목적은 화본과 잡초는 화본과 작물에, 광엽잡초는 광엽작물에 더 많이 발생하기 때문이다. 선택성 제초제가 화본과 작물과 광엽식물에서 잡

초방제를 위하여 사용될 때 더욱 명백하다. 좋은 輪作方法은 전작물에서 특히 문제가 된 잡초를 줄일 수 있는 작물이 포함되어야 한다. 서로 다른 작물에서 競合 또는 다른 잡초방제 기술을 사용하므로써 잡초제거가 가능하다. 사탕무를 심기전에 옥수수를 재배한 곳에서 잡초의 본수가 가장 많았으며 콩을 재배한 곳에서 가장 적었다(表 6).

雜草群落의 변화는 작물에서 잡초방제를 위하여 제초제를 계속하여 광범위하게 사용하기 때문이다. 輪作은 작물과 제초제를 輪番으로 사용하게 한다. 작물과 제초제를 돌려가며 사용함에 따라 잡초밀도를 성공적으로 줄일 수 있다.

作物輪作은 雜草管理 프로그램의 한 부분을 이루어야 한다. 輪作은 서로 다른 제초제의 종류 및 작용기작이 다른 제초제를 사용하도록 한다. 미국 남부에서 콩을 수수 혹은 옥수수로 輪作하면 결명차 잡초를 atrazine, 2,4-D, dicamba로 쉽게 방제할 수 있는 利點이 있다. 콩밭에서 imazaquin을 계속하여 사용함에 따라 imazaquin 抵抗性 도꼬마리가 발생되었다. Imazaquin과 ALS阻害型 除草劑에 대하여 抵抗性인 도꼬마리의 출현을 줄이거나 지연시키려면 bentazon 사용, 혹은 輪作方法에 의존하며 옥수수에서는 atrazine, 2,4-D 혹은 dicamba를 사용한다. 輪作에 의하여 흔히 용이해지는 제초제의 교호사용 개념은 잡초에서 제초제 抵抗性 출현을 지연시키거나 예방하기 위하여 매우 중요하다(Gressel과 Segel, 1990).

다. 被覆作物

混作物 또는 同伴作物로서 被覆作物(cover crop)은 중요한 잡초방제 수단이 될 수 있다. 被覆作物로서 호밀을 재배하여 glyphosate로 고사시킨 다음, 토마토를 재식하였을 때 잡초의

Table 6. Effect of the preceding crop on weed numbers(Dotzenko et al., 1969).

Preceding rotation	Number of				
	Kochia	Pigweed	Annual grass	Lambsquarters	Total
Barley-beets	32	15	18	18	109
Corn-beets	67	44	48	7	166
Beans-beets	16	7	11	9	44

생장을 크게 억제시켰다(表 7). 클로버는 옥수수와의 함께 성공적으로 재배되면서 잡초의 생장을 억제시킨다(Vrabel 등, 1980).

화이트 클로버로 멀칭된 단옥수수는 처음 몇해는 높은 수량을 나타냈지만 옥수수에 처리된 접촉형 제초제는 화이트클로버로 억제될 수 없는 다년생잡초의 침입으로 인하여 그 후 수량이 감소되었다(Mohler, 1991). 옥수수에서 동반작물로 땅콩과 wild wigned bean을 심었을 때 옥수수 수량이 증대되었다고 보고하였다(表 8). 無耕耘 옥수수 재배에서 Crownvetch를 심었을 때 토양침식 방지와 토양비옥도를 높여 주고 잡초방제 효과가 있다(Hartwig, 1987).

일부 작물은 매우 빨리 성장하여 競合面에서 많은 잡초보다 우세한 고유특성을 갖고 있으며 이 목적으로 사용되는 작물을 smother crop이라고 한다. 옥수수와 해바라기가 이에 포함된다. 포복성 잡초를 방제하기 위하여 알팔파와 밀과 같은 작물이 이 용도로 사용될 수 있다.

라. 品種

作物育種家は 생장습성이 매우 왕성한 작물의 품종을 육성하기 위하여 부단히 노력하고 있다. 생장이 왕성한 식물은 더 높은 수량을 생산한다. 그 이유는 작물의 생장이 왕성할수록 잡초와 더 효과적으로 競合할 수 있기 때

문이다. 생육초기에 활력이 높은 벼 품종은 더 높은 수량을 생산한다.

작물의 품종은 잡초와의 競合力에 상당한 차이가 있다(表 9). 콩품종의 競合力은 생육초기의 넓은 葉面積과 多分枝性和 밀접한 관련이 있고 성숙기 및 초장과는 관계가 적다고 한다(Forcella, 1987). 밀에서 競合力이 높은 품종은 더 높은 생체량과 수량을 나타냈으나 競合力이 낮은 품종보다 더 많은 광을 받아드리거나 키가 더 크지 않았다(Ramsel과 Wicks, 1988). 그리고 더 높은 건물량과 긴 잎을 생산하는 長稈 水稻 品種은 短稈 早熟 直立 잎을 갖은 品種보다 競合力이 크다(Smith, 1988).

앞으로는 競合力이 높은 品種 육성뿐만 아니라 잡초생장을 억제하는 相互對立抑制物質을 생산하는 품종의 육성을 育種家에게 요구하게 될 것이다. 그리고 除草劑 抵抗性 作物 육성도 이미 실용화되고 있다.

3. 化學的 防除

食品, 土壤 및 地下水에서 除草劑의 殘留에 대한 관심과 의문점이 증가되고 있는 실정에서 제초제 사용량을 줄이려는 시도와 연구가 활발히 이루어지고 있다. 따라서 제초제의 사용량을 줄일 수 있는 방법을 기술한다.

Table 7. Weed biomass(fresh weight) in response to bare ground or a rye cover crop(Smeda and Weller, 1996).

Location	Weed biomass(kg/ha)			
	1986		1987	
	Bare ground	Rye	Bare ground	Rye
Lafayette	2349.6	21.8	9962.6	0
Vincennes	5629.3	41.8	23260.4	1678.1

Table 8. Effect of weeding frequency and ground cover on weed competition and maize yield(IATA, 1980).

Ground cover	Unweeded check	
	Weed dry weight(T/ha)	Grain yield(T/ha)
Conventional tillage	1.5	1.1
No tillage	1.4	1.8
Maize stover	1.3	1.6
Maize and groundnut	0.3	1.3
Maize and wild winged bean	0.1	2.1

Table 9. Examples of crop cultivars showing differences in competitiveness against weeds

Crop	Weeds	Varietal ranking	Mechanism suggested	Reference
Rice	Barnyardgrass	Starbonnet>Nova 66>Bluebelle	Time required for maturity	Smith, 1974
	Barnyardgrass	Newbonnet>Lemont	Height of rice	Stauber et al., 1991
Soybean	Velvetleaf	Amsoy 71>Beeson	Shading	Burnside, 1979
	Large crabgrass			
	Tall Waterhemp	Harosoy63= Amsoy=Corsoy>Hawkeye63=		Burnside, 1972
	Green foxtail	Shelby=Lindarin 63		
Common cocklebur	Johnsongrass	Bragg>Davis=Semmes=Lee= Jackson=Hardee		McWhorter, and Hartwig, 1972
	Common cocklebur	Semmes>Bragg= Davis=Lee= Jackson=Hardee		"
	Common cocklebur	Bragg>Lee=Hill=Semmes=Forrest		McWhorter and Barrentine, 1975
	Pitted morningglory	Govan>Bragg>Ransom	Earlier shade development	Murdock et al., 1986
Wheat, winter	Barnyardgrass	Centurk 78>Bennett=Eagle	Allelopathy	Ramsel and Wicks, 1988
	Downy brome	Centrua>Centurk78	Height of cultivar	Challalah et al., 1986
	Wild oat	WH147=HD2285>HD2009=WH291=S308		Balyan et al., 1991
	Annual grasses	Lancota> Homestead	Not height, light interception	Wicks et al., 1986
Peanuts	Common cocklebur	F8143B>BL-8>BL-10>NC7	Longer duration of vegetative development, higher rate of partitioning of assimilates to pod development	Fiebig et al., 1991

가. 低藥量 高活性 除草劑

일부 Sulfonylurea系와 imidazolinone系 제초제는 5-40g ai/ha, aryloxyphenoxypropionate계와 cyclohexanedione系 제초제는 50~100g ai/ha 수준으로 살초효과가 우수하여 triazine이나 acetanilide系 제초제와 같은 제품보다 20~300배 더 낮은 농도로 처리되고 있다(그림 1).

따라서 환경에 미치는 영향을 최소로 하기 위하여 저약량 고효성을 나타내는 제초제의 사용이 더욱 요구된다.

나. 처리시기 및 방법에 따른 제초제의 사용량 감소

잡초발생전 토양처리 제초제로부터 경엽처

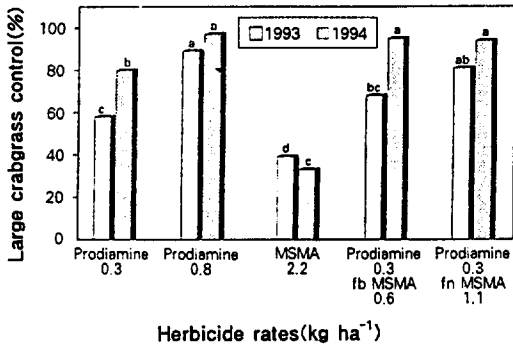


Fig. 1. Effect of prodiamine and MSMA applied sequentially at recommended and reduced rates on large crabgrass control in common bermudagrass (Johnson, 1996)

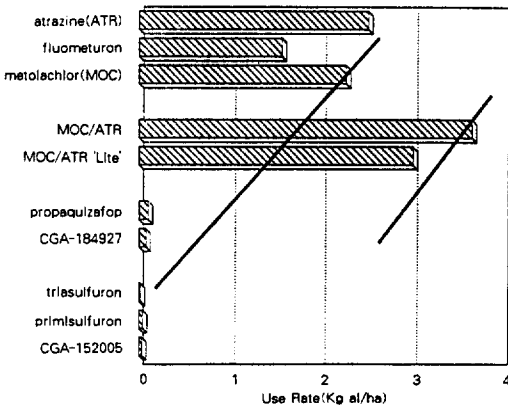


Fig. 2. Average use rates of herbicides (Zoschke, 1994)

리 제초제 사용으로 전환하면 토양과 지하수로의 제초제의 이동을 줄이는데 도움이 된다. 경엽처리를 하면 식생에 의하여 더 많은 양의 제초제가 흡수될 것이다. 최근에 경엽처리제로 활성을 나타내는 제초제의 개발이 활발히 이루어진 결과 sulfonylurea, imidazalinone, aryloxyphenoxypropionate, cyclohexanedione系 제초제들이 성공적으로 개발되었다.

토양처리 제초제와 경엽처리 제초제를 체계 처리함으로써 토양처리 제초제의 사용량을 줄일 수 있다. Prodiamine 0.3kg/ha(추천량의 1/3 수준) 토양처리후 MSMA 1.1kg/ha을 후에 경엽 처리함에 따라 prodiamine 0.8kg/ha수준의 잡초 방제 효과를 나타냈다(그림 2).

그러나 농민들은 토양처리 제초제가 처리시기의 폭이 넓고 처리시 일기의 영향을 적게 받고 작물발생 첫 4~8주후가 잡초로 인한 피해가 심하기 때문에 경엽처리 제초제보다 토양처리 제초제를 선호하고 있는 실정이다.

中耕은 여러 면에서 제초제 사용량을 줄일 수 있다. 일부 토양처리 제초제는 土壤混和處理함에 따라 휘산과 광분해 결과로 더 적은 양의 제초제를 잃기 때문에 더 낮은 농도로 사용될 수 있다. 제초제는 條播作物에서 全面處理에 비하여 帶狀處理함에 따라 처리 약량을 적게 할 수 있다. 中耕은 畦間에 발생한 잡초를 방제하는데 이용된다. 효과적인 播床과 초기 작물생장시 中耕은 농부로 하여금 잡초발생전 제초제로부터 경엽처리 제초제로 전환할 수 있게 한다. 수수에서 atrazine 1.1kg/ha + 中耕은 잡초관리와 작물수량에서 atrazine 2.2kg/ha 처리와 비슷하였다(Burnside 등, 1964). 옥수수 와 콩에서 사용되는 제초제의 양은 파종전 혹은 잡초발생전 제초제의 경우에서 kg/ha 수준에 비하여 많은 경엽처리 제초제의 약량을 g/ha 수준으로 크게 낮출 수 있다(Devlin과 Maddux, 1991, Doll 등, 1991).

다. 低藥量 處理概念

영국에서는 1982년부터 1990년 사이에 재배 면적과 총농약살포면적은 각각 9, 12% 감소되었지만 사용된 제초제 성분량은 40% 감소되었

고 처리면적으로는 34% 감소되었다(Lawson, 1994). 스웨덴 정부는 1985년부터 1990년까지 농약사용을 50%로 줄이도록 조치하여 농약사용을 47%까지 감소시켰으나 처리면적은 감소되지 않았으며 그중 제초제는 사용량을 54% 감소시켰다(Bellinder 등, 1994). 덴마크와 화란도 정부에 의하여 농약사용의 감소가 이루어지고 있다. 스웨덴에서 농약사용의 감소는 주로 고약량 처리제초제를 저약량 제초제로 대체하여 사용되고 제초제 처리약량을 낮추며 또한 농약의 정확한 살포기술에 의하여 처리약량을 줄일 수 있다.

화학적 잡초방제의 주된 목표는 완전방제 수준보다 다소 낮은 수준에서 잡초방제 성취이다. 低藥量 處理概念(Low-rate concept)은 완전잡초방제에 가깝게 추천된 수준보다 낮은 제초제 약량 처리로 작물수량에 부정적 영향을 미치지 않으면서 잡초군락을 충분히 억제할 수 있다고 추정한다. 제초제의 藥量 - 反應曲線(Fryer와 Evans, 1968)에 근거하여 추천약량 $\times 0.5 \sim 0.75$ 의 사용량으로 비교적 높은 잡초방제효과를 나타낸다고 한다. 상당한 잡초가

포장에 남아 있을지라도 농민에 들어가는 순수이익은 전량을 처리한 경우보다도 높을 수 있다고 한다.

4. 綜合雜草管理體系

최상의 잡초관리체계는 한가지 잡초방제법을 선택하지 않고 환경에 나쁜영향을 주지 않으면서 반복적으로 실행할 수 있는 모든 가능한 방법을 총동원하는 綜合雜草管理體系(Integrated weed management system)를 선택하는 것이 가장 바람직하다. 모든 수단을 검토하며 들 또는 그 이상의 방법이 포함되는 종합적 시도가 문제점을 관리하는데 가장 바람직하다(表 10).

綜合雜草管理體系는 효과적이고, 경제적이며 環境親和的인 方法이어야 한다. Noda(1977)가 제시한 벼에서 綜合雜草防除의 概念的 모델은 그림 3에서 보는 바와 같다.

綜合雜草管理體系를 계획하는데는 농가포장에서 잡초발생정도, 作付來歷, 잡초의 生理 및 生態와 雜草防除法에 대한 지식과 이들을 종합하여 작물의 수량을 높이고 잡초의 피해를

Table 10. Effects of crop, tillage, mulch and herbicide program on weed biomass(Mohler, 1991).

Crop ^a	Tillage ^b	Mulch ^c	Herbicide ^d	kg/ha			
				1986	1987	1988	1989
C	NT	N	B	37	250	29	180
C	T	N	B	14	30	0.2	23
C	NT	CI	S	120	180	460	660
C	ST	CI	S	78	120	590	720
C	NT	R	B	93	24	0.2	20
C	T	R	B	11	3.4	0.3	28
N	NT	N	B	200	2400	1400	5600
N	T	N	B	30	1500	170	2000
N	T	N	N	6700	5600	4800	8100
N	NT	N	S	1200	3000	4100	5100
N	NT	CI	S	1400	4800	2800	6300
N	NT	R	B	93	1700	15	1900

^aC-treatment planted with corn ; N-treatment not planted with corn.

^bNT-no-till ; T-till ; ST-strip till.

^cN-no mulch ; CI-clover living mulch ; R-rye dead mulch.

^dB-basic herbicide program with glyphosate, atrazine and metolachlor ; S-glyphosate applied in strips, but atrazine and metolachlor as in the basic program ; N-no herbicides used.

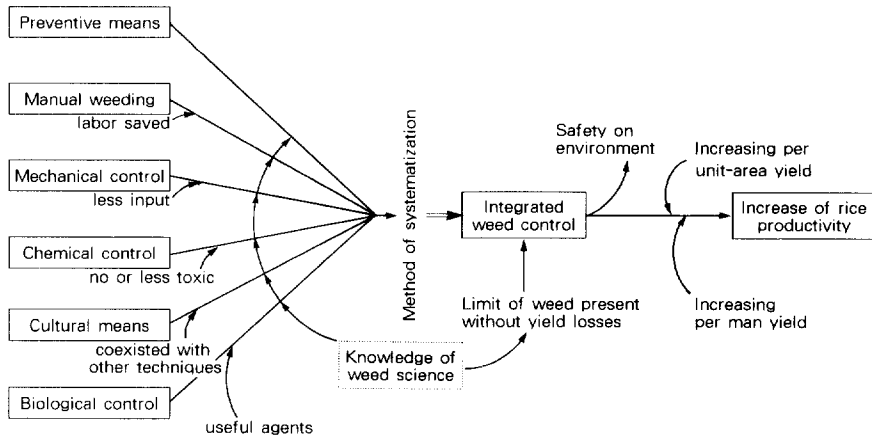


Fig. 3. A conceptual model of integrated weed management in rice(Noda, 1977)

최소로 할 수 있는 雜草管理體系로 발전시키려는 혁신이 요구된다.

參考文獻

1. Annual Report. 1980. International Inst. of Tropical Agric., Ibadan, Nigeria. 185pp.
2. Burnside, O.C., G.A. Wicks, and G.A. Roeth. 1969. Effect of on harvesting efficiency in corn, sorghum, and soybeans. Weed Science 17 : 438-446
3. Bellinder, R.R., G. Gummesson, and C. Karlsson. 1994. Percentage-driven government mandates for pesticide reduction : The Swedish model. Weed Technology 8 : 350-359
4. Dotzenko, A.D., M. Ozkan, and K.R. Storer. 1969. Influence of crop sequence, nitrogen fertilizer, and herbicides on weed seed populations in sugar beet fields. Agron. J. 61 : 34-37
5. Egley, G.H. 1983. Weed seed and seedling reduction by soil solarization with transparent polyethylene sheets. Weed Science 31 : 404~409
6. 金純哲·李壽寬·金東秀. 1982. 水稻品種의 生態型 差異가 雜草와의 競合力에 미치는 影響. 韓國雜草學會誌 2(1) : 1-6
7. Horowitz, M. 1980. Weed research in Israel. Weed Science 31 : 457-460
8. Horowitz, M., Y. Regev, and G. Herzlinger. 1983. Solarization for weed control. Weed Science 31 : 170-179
9. Johnson, B.J. 1996. Reduced rates of pre-emergence and postemergence herbicides for large crabgrass and goosegrass. Weed Science 44 : 585-590
10. Lawson, H.M. 1994. Changes in pesticide usage in the United Kingdom : Polices, results, and long-term implications. Weed Technology 8 : 360-365
11. 李春雨·金昌錫·張暎熙·延圭復. 1991. 雜草生長에 미치는 벧짚, 보리짚의 allelopathic effect. 韓國雜草學會誌 11(2) : 122-127
12. Mohler, C.L. 1991. Effects of tillage and mulch on weed biomass and sweet corn yield. Weed Technology 5 : 545-552
13. Noda, Kenji, 1977. Integrated weed control in rice. Integrated control of Weed. Fryer, J. D. and S. Matsunaka(eds.), Univ. of Tokyo Press, Tokyo, pp.17-46
14. 卞鍾英. 1978. 田作 耕種管理와 雜草防除. 韓國作物學會誌 23(3) : 66-72
15. Rogers, N.K., G.A. Buchanan, and W.C. Johnson. 1976. Influence of row spacing on

- weed competition with corn. *Weed Science* 24 : 410-413
16. Smeda, R.T. and S.C. Weller. 1996. Potential of rye for weed management in transplanted tomatoes. *Weed Science* 44 : 596-602
17. Zoschke. A. 1994. Toward reduced herbicide rates and adapted weed management. *Weed Technology* 8 : 376-386