

# Bleaching Herbicides의 제초활성에 영향을 미치는 온도 및 광의 영향

김진석 · 나지영 · 조광연\*

## Influences of Temperature and Light on the Herbicidal Activity of Bleaching Herbicides

Kim, J.S., J.Y. Na and K.Y. Cho\*

### ABSTRACT

This research was carried out to investigate the influences of temperature and light on the herbicidal activity of oxyfluorfen, oxadiazon and paraquat.

Increased temperature from 10 to 35°C resulted in increase of herbicidal activity in whole plants or leaf discs treated with herbicides. It seemed that temperature affected herbicide penetration into and reaction to the action site rather than appearance process of herbicidal activity (maybe membrane peroxidation) after being absorbed.

The activity of compounds tested increased with increased light intensity. Paraquat showed similar activities regardless of light qualities but oxyfluorfen and oxadiazon showed the highest activities in blue light spectrum, indicating that they seemed to be closely related to chlorophyll biosynthesis rather than carotenoid biosynthesis or electron transport systems of photosynthesis and respiration.

*Key words* : Oxyfluorfen, oxadiazon, paraquat, bleaching effect, temperature, light

### 緒 言

온도, 광, 수분, 토성 등의 환경요인들은 제초제의 이화학적 성질에 따라 제초활성에 많은 영향을 미치게 된다. 예를 들면 barban<sup>1)</sup>, diclofop-methyl<sup>2)</sup> 등은 10-27°C 온도범위중 저온에서, glyphosate<sup>3)</sup>, alachlor<sup>4)</sup> 등은 10-30°C 온도범위중 고온에서, paraquat, acifluorfen, oxadiazon 등은 광조건 하에서 활성이 높은 경향이며, sethoxydim은 높은 습도에서 체내 흡수가 많고<sup>5)</sup> imazaquin은 토양내 유기물 함량 변화에 따라 현저한 약효 차이를 보인다.<sup>6)</sup> 이와같이 효력이 변화되는 것은 여러 환경조건 하에서 화합물의 흡착, 유실, 분해 등에 원인이 있기도 하며 보다 직접적으로는

식물체로의 흡수, 이행 또는 식물체내에서의 대사과정에 영향을 미치기 때문으로 볼 수 있다. 따라서 화합물의 환경요인에 따른 작용특성을 면밀히 파악하는 것은 실용적 측면에서 대단히 중요하며 아울러 생리적 작용점을 연구하는데 있어서도 중요한 실마리가 될 수 있을 것이다.

본 연구의 대상이 된 oxadiazon, oxyfluorfen, paraquat 등은 약제처리 후 수시간 이내에 잎의 탈색, 건조, 고사를 초래하는(bleaching effect) 제초제들로서 벼, 콩, 옥수수 재배지 또는 비경작지 등에서 많이 사용되고 있다. 이들의 작용 발현에는 광이 요구되며 이에 의해 activated oxygen의 생성이 촉진되어 세포막이 급속히 파괴됨으로써 제초력이 발휘된다는 점에서 photoreceptor가 무엇이며 이들이 실제 작용상에 미치는 영향들이 어떠한

\* 한국화학연구소 Korea Research Institute of Chemical Technology, P.O. Box 9 Daedeog-danji, Daejeon 305-606, Korea.

것인지에 대한 연구가 진행되어 현재 많은 의견들이 제시되고 있다. 567, 10

한편 이들의 온도효과에 대한 연구도 일부 연구자들에 의해서 시도되어 Ritter and Coble(1981)<sup>10</sup>은 도꼬마리 및 패지풀의全體植物을 가지고 growth chamber 내 실험을 하였을 경우, 32°C(주간) - 22°C(야간) 처리구와 26°C(주간) - 16°C(야간) 처리구 간에 acifluorfen 활성에 있어 큰 차이가 없었다고 하였다. Haworth and Hess(1988)<sup>5)</sup>은 intact thylakoids를 가지고 oxyfluorfen 및 paraquat의 RNO(N,N-dimethyl-p-nitrosoaniline) bleaching effect를 조사한 결과 두 약제 모두 3°C보다는 30°C에서 활성이 큰 경향을 보였다고 하였다. 그러나 Kenyon(1988) 등<sup>7)</sup>은 plasmalemma 파괴에 미치는 영향을 *in vitro* test한 결과 paraquat는 저온에서 활성이 감소하였지만 acifluorfen은 3°C나 30°C 모두 비슷한 결과를 보여 이의 활성은 온도의존적이지 않음을 시사하였다. Miller(1984) 등<sup>12)</sup>은 difenzoquat의 메커니즘에 대한 활성은 10°C 항온보다는 20°C, 30°C 항온에서 더욱 크다고 하였다.

이와 같이 연구자에 따라 다른 결과들이 보고되었는데, bleaching herbicide들이 직접 radical로서 작용한다면 실제 제초력을 발휘하는 peroxidation 과정에는 온도의 영향이 적을지 모르나, 그렇지 않을 경우 즉 어떤 생합성과정에 관여된다면 필수적으로 온도에 의존적인 반응을 보이게 될 것으로 보인다. 따라서 본 연구에서는全體植物 또는 잎절편을 이용하여 공시 제초제들이 온도와 광에 대해 어떠한 반응을 보이는지를 조사함으로써 각 제초제들의 작용점에 관한 정보를 얻고자 하였다.

## 材料 및 方法

○ 화합물 : 공시화합물은 oxyfluorfen(a.i. 70.3%), oxadiazon(a.i. 91%), paraquat(a.i. 100%)이며 대조약제로서 DCMU(a.i. 99.5%), norflurazon(a.i. 80.3%) 등이 사용되었다.

○ 경엽처리 후 온도별 제초효과 : 실제 온실조건에서의 온도효과를 확인하기 위하여 사각 pot(350 cm<sup>2</sup>)에 바랭이, 비름, 여뀌, 메꽃, 참소리쟁이, 자귀풀, orchard grass를 파종하여 9일동안 온실내에서 생육시킨 다음(주간 30-35°C, 야간 25°C 내외) oxadiazon 및 oxyfluorfen을 250 g/ha

(62.5 ppm) 수준으로 경엽처리 하였다. 처리후 즉시 10°C, 22.5°C, 35°C로 조절된 생육상내에 옮긴 후 1-3일째 제초효과 정도를 달관 조사 하였다.

○ 제초제 활성에 미치는 온도의 영향 : 상기 온실 조건에서 7-8일동안 생육시킨 콩의 초생엽으로부터 절취된 직경 6mm disc 15개를 제초제 용액(18 ml)에 띄운 후 즉시 10°C, 22.5°C, 35°C의 온도 조건하에서 26시간 동안 광조사(180 μEm<sup>-2</sup> sec<sup>-1</sup> PAR) 하였고 누출된 각 전해질량을 전기 전도도계(DKK Co. LTD, DOC-10 model)로 측정하였다.

처리 화합물의 흡수에 미치는 온도의 영향을 보기 위하여 10ml 증류수에 콩 leaf discs 20개를 띄워 10°C, 25°C, 35°C에 적응시킨 다음 oxyfluorfen 및 oxadiazon을 최종농도가 각각 200 μM, 100 μM 되도록 하여 암조건에 14hr 동안 치상한 후 각 온도조건에 처리된 것을 25°C 또는 10°C 명조건(72 μEm<sup>-2</sup> sec<sup>-1</sup> PAR)으로 옮겨 20시간 지난 다음 전해질 누출량을 조사하였다.

한편 처리화합물의 대사에 미치는 온도의 영향을 알기 위하여 10°C, 25°C, 35°C 암조건하에서 14시간 동안 약제를 흡수시킨 후 leaf disc를 증류수 용액으로 옮기고 25°C에서 24시간 광조사(102 μEm<sup>-2</sup> sec<sup>-1</sup> PAR) 하거나, 이와 반대로 25°C 암조건에서 약제를 흡수시킨 다음 10°C, 25°C, 35°C 온도에서 24시간동안 광조사(84 μEm<sup>-2</sup> sec<sup>-1</sup> PAR)한 후 각각 누출된 전해질량을 조사하였다.

○ 제초제 활성에 미치는 광의 영향 : oxyfluorfen 및 oxadiazon의 활성에 미치는 광도의 효과를 알아보기 위하여 0-1.0 mM 제초제 용액에 (17 ml) 콩 leaf disc 15개를 띄운 후 25°C의 암조건 및 명조건(2.4, 24, 156 μEm<sup>-2</sup> sec<sup>-1</sup> PAR)에 1일동안 처리한 다음 누출된 전해질량을 측정하였다. paraquat의 경우는 10.0 μM에서의 광도별(0~12.0 μEm<sup>-2</sup> sec<sup>-1</sup> PAR) 효과를 위와 같은 방법으로 조사하였다.

광질의 효과를 조사하기 위해서는 콩 leaf disc를 oxyfluorfen 및 oxadiazon 100 μM, paraquat 50 μM 용액 위에 띄운 다음 동일한 광도(6.4 μEm<sup>-2</sup> sec<sup>-1</sup> PAR)의 여러 광질조건(white, red, blue, far-red, dark) 하에 2일 동안(25°C) 처리한 후 누출된 전해질량을 조사하였다. 광질은 시중에서 구입한 셀로판지를 이용하여 만들었으며 필요에 따라 여러겹으로 하여 동일한 광도를 유지시켰다. 이

때의 광원은 형광등이었다.

○ 호흡활성조사 : 25°C 암조건에서 6 - 7 일 생육시킨 콩 하배측으로부터 differential centrifugation 방법<sup>3)</sup>으로 추출된 mitochondrial 분산용액 (protein 2mg/ml) 3ml 를 clark type 의 oxygen electrode 반응조에 넣고 0.2M NADH 20 $\mu$ l 를 가하여 반응을 개시한 후 시험 제조제 용액 또는 전자전달체 저해제 등을 가하여 산소 소모정도를 조사하였다.

○ 녹화엽과 백화엽간의 반응비교 : 엽록소의 유무가 oxyfluorfen, oxadiazon 및 paraquat 의 활성에 미치는 영향을 조사하기 위하여 상기 온실조건에서 10 일동안 키운 옥수수와 파종후 익일 norflurazon 을 토양 살포하여 (500 g/ha) 백화시킨 옥수수의 제 2 분엽 엽신으로부터 leaf disc ( $\phi$  6 mm) 15 개를 취하여 제조제용액 18 ml 에 치상하였다. 그후 25°C, 72  $\mu$ Em<sup>-2</sup> sec<sup>-1</sup> 광도하에 40 시간 처리한 다음 누출된 전해질량을 조사하였다.

○ Hill 반응조사 : 성숙한 시금치 잎으로부터 추출된 chloroplast<sup>1)</sup>에 oxyfluorfen 및 DCMU 를 처리하여 60 및 360  $\mu$ Em<sup>-2</sup> sec<sup>-1</sup> PAR 의 광하에서 각각 5 분, 10 분 반응시킨 후 potassium ferricyanide 의 환원정도를 420 nm 에서의 흡광도를 측정하여 조사하였다.

○ Greening 실험 : 25°C 항온, 암조건에서 5 일 동안 생육시킨 황화된 오이자엽을 (한농 하우스 백다다기 오이) 단독 또는 혼합처리된 검정용액에 치상한 다음 동일조건에 10 - 14 시간을 두어 약제가 침투되도록 하였다. 그후 여러 광도의 명조건에서 greening 을 유기시키고 chlorophyll 및 carotenoids 를 추출, spectrophotometer (Beckman, DU-65) 를 이용하여 흡광도를 조사한 후 Lichtenthaler 식<sup>7)</sup>으로 그 함량을 계산하였다.

## 結果 및 考察

### 1. Bleaching herbicides 활성에 미치는 온도의 효과

Oxyfluorfen, oxadiazon 및 paraquat 를 콩의 절편에 처리하였을 때 10°C 의 경우 각각 10.9, 9.8, 30.9  $\mu$ S/cm, 22.5°C 의 경우 각각 27.4, 26.9, 40.6  $\mu$ S/cm, 35°C 의 경우 각각 43.5, 37.6, 63.9  $\mu$ S/cm 의 전해질변화량을 보여 온도가 증가될수록 활성이 높게 나타나는 경향이였다 (Fig. 1).

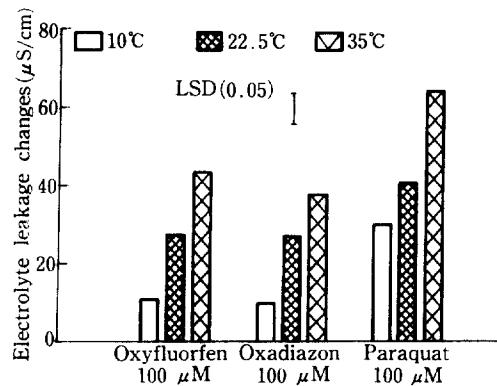


Fig. 1. Effect of temperature on the electrolyte leakage of soybean leaf discs floated on herbicide solutions. 15 discs ( $\phi$ 6mm) punched from the first leaf of soybean were placed on the test solution (18ml) and immediately incubated for 26 hrs under light condition (180 $\mu$ E m<sup>-2</sup> sec<sup>-1</sup> PAR) at 25°C

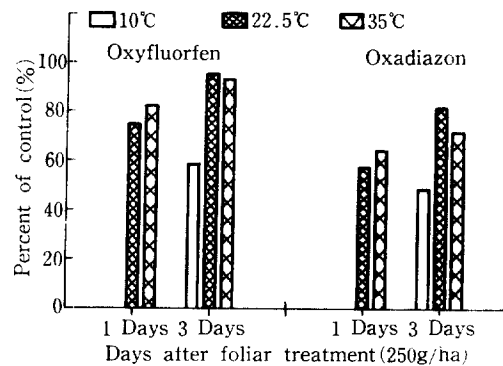


Fig. 2. Effect of temperature on the herbicidal activity of oxyfluorfen or oxadiazon. Seven weed species grown for 9 days in a greenhouse was foliar applied and then placed in growth chambers controlled for each temperature.

이들 제조제를 생육중의 식물체에 처리하였을 때에도 온도에 의해 효과가 다르게 나타나는지를 알아 보기 위하여 바랭이 외 5 가지 잡초를 대상으로 경엽처리한 후 각 온도에 두면서 제조활성을 조사하였다 (Fig. 2). oxyfluorfen 을 처리한 후 1 일째에, 10°C 에 두었을 때는 전혀 활성이 나타나지 않았으나 22.5°C 및 35°C 에서는 각각 75%, 85% 방제가를 보여 온도가 증가될수록 높은 활성을 나타내었다. 처리후 3 일째에는 10°C, 22.5°C 및 35°C 구에서 각각 60%, 97%, 95%의 방제가를 보여 10°C 구에서도 활성이 나타나기 시작하였으며 35

℃보다 22.5℃에서 활성이 더욱 증가되었다. 이와 같은 경향은 oxadiazon 처리에서도 동일하였으며 처리후 3일째 22.5℃보다 35℃에서 보다 낮은 방제가를 보인 것은 처리 화합물이 접촉고사형이므로 이행이 낮은 반면 35℃에서의 식물생장속도가 높고, 또한 제초제가 22.5℃보다는 35℃에서 쉽게 불활성화 되기 때문으로 추측된다.

이와 같이 본 실험에서 식물체 전체 또는 연결편을 가지고 실험하였을 경우 온도의존적인 반응이 보이는데, 세포기관을 이용해서 수행하는 실험에서 온도의존적 반응이 없었다고 하는 Keyon(1988)의 결과<sup>7)</sup>에 근거를 둔다면 이러한 반응차이는 작용부 위까지의 흡수 이행차이에 의한 것으로 가정될 수 있을 것이다. 따라서 본 약제의 활성이 발현되지 않도록 여러 온도의 암조건에 두어 약제를 침투시킨 후 일정온도의 명조건으로 옮겼을 때의 활성차이를 비교한 결과는 Table 1과 같다. 제초제 용액에 disc를 띄운 상태에서 명·암 모두 10℃, 25℃의 동일 온도조건에 두었을 때 10℃, 25℃순으로 누출된 전해질량이 증가되었다. 한편 10℃ 및 25℃ 암조건에 둔 다음 모두 10℃ 명조건으로 옮겼을 경우 25℃구에서 더 높은 활성을 보이며, 10℃, 25℃ 및 35℃의 암조건에 둔다음 모두 25℃ 명조건으로 옮겼을 경우는 10℃ 및 25℃구보다는 35℃에서 높은 활성을 보였다. 그러나 25℃ 암조건에 둔 다음 10℃, 25℃ 명조건으로 옮겼을 때에는 비슷한 활성을 나타내었다.

따라서 암조건동안의 온도에 의해 다른 활성을 보인 위의 결과를 볼 때 실제 작용발현 즉 축적된

photosensitizer가 광에 의해 singlet oxygens이 발생되고<sup>6)</sup> 이들이 세포막을 신속히 파괴하는 단계보다는 약제흡수로부터 photosensitizer가 축적되는 단계가 온도의 영향을 크게 받는 것으로 생각된다. 이는 difenzoquat의 메퀴리에 대한 활성이 처리후 초기온도에 영향을 받는다는 Miller(1984) 등의 결과<sup>12)</sup>와 유사한 경향이다.

일반적으로 온도가 처리된 제초제의 대사에도 크게 영향을 미치므로 oxyfluorfen 및 oxadiazon에 대해서도 이에 대한 효과를 조사하여 보았다(Table 2). 10℃, 25℃, 35℃ 암조건에서 oxyfluorfen을 흡수시킨 다음 disc를 제초제가 없는 증류수로 옮겨 광을 조사(25℃)하였을 경우 10℃, 25℃간에는 각각 20.4, 20.8 μS/cm로서 비슷한 반응이 보였으나 35℃에서는 11.8 μS/cm로서 전해질 누출량이 오히려 감소되었으며 oxadiazon 처리에서도 같은 경향이였다. 그리고 25℃ 암조건에서 흡수시킨 다음 10℃, 25℃, 35℃ 명조건으로 옮겼을 때에도 각각 31.9, 25.9, 8.5 μS/cm로서 온도가 증가될수록 누출된 전해질량은 감소하였으며 oxadiazon 처리에서도 같은 경향을 보였다. Fig.2 결과에서도 35℃구에서 신속히 회복되었던 점을 고려하여 볼 때 흡수된 제초제의 대사(불활성화)가 고온에서 더욱 쉽게 진행되는 것으로 여겨진다.

한편 낮은 온도에서 활성이 높았던 것은 저온에서 지방산의 불포화도가 높아지고 oxygen radical 활성이 증가<sup>16)</sup>되었을 가능성도 배제할 수 없으므로 보다 정확한 기작은 동위원소를 이용한 대사실험이 진행되어야 할 수 있을 것으로 생각된다.

**Table 1.** Effect of temperature under dark condition on the electrolyte leakage of soybean leaf discs on herbicide solutions<sup>a)</sup>

Temp. regimes(°C)	Electrolyte leakage changes (μS/cm)	
	oxyfluorfen (200μM)	oxadiazon (100μM)
Dark / Light		
10 / 10	2.1	4.1
25 / 10	12.2	9.5
35 / 10	-	-
10 / 25	8.5	15.2
25 / 25	6.2	10.1
35 / 25	42.3	20.5

<sup>a)</sup> 20 leaf discs floated on the herbicide solution in darkness for 14hrs were exposed to light (72 μE m<sup>-2</sup> sec<sup>-1</sup> PAR) for 20 hrs.

**Table 2.** Effect of temperature on the electrolyte leakage of soybean leaf discs for oxyfluorfen and oxadiazon<sup>a)</sup>

Temp. regimes(°C)	Electrolyte leakage changes (μS/cm)		
	Dark / Light <sup>b)</sup>	oxyfluorfen (200μM)	oxadiazon (100μM)
A	10 / 25	20.4	28.1
	25 / 25	20.8	28.6
	35 / 25	12.8	12.9
B	25 / 10	31.9	25.9
	25 / 25	25.9	24.3
	25 / 35	8.5	7.5

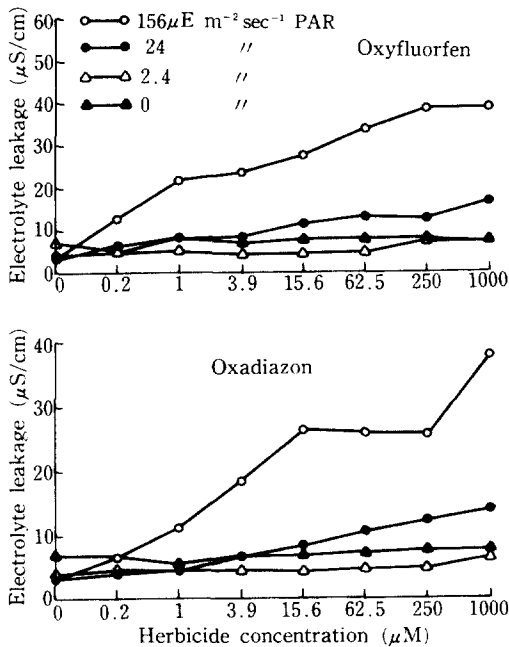
<sup>a)</sup> 20 leaf discs on the herbicide solutions were dark incubated and placed in distilled water in light for 20hrs

<sup>b)</sup> The light intensity was 102 and 84 μE m<sup>-2</sup> sec<sup>-1</sup> PAR for A and B, respectively

이상의 실험결과를 종합하여 볼 때 oxyfluorfen 및 oxadiazon의 제조활성은 온도가 증가될수록 높은 경향이었으며 온도에 의한 효과는 제조활성 발현단계보다는 그 이전 단계에서 더욱 큰 것으로 생각되었다.

## 2. Bleaching herbicides의 활성에 영향을 미치는 광의 작용

광도간의 반응차이를 비교하여 본 결과는 Fig. 3과 같다. oxyfluorfen 및 oxadiazon 처리구 모두 24 및 156  $\mu\text{Em}^{-2}\text{sec}^{-1}$  PAR에서 처리화합물 농도가 높아질수록 누출된 전해질량이 증가되었고 그 정도는 156  $\mu\text{Em}^{-2}\text{sec}^{-1}$  PAR에서 현저하였다. 2.4  $\mu\text{Em}^{-2}\text{sec}^{-1}$  PAR의 낮은 광도하에서는 완전 암조건에서보다 누출된 전해질의 절대량이 낮게 나타나는 경향인데 이는 낮은 광이 노화를 어느정도 억제하였기 때문으로 생각된다. paraquat의 경우 3.0  $\mu\text{Em}^{-2}\text{sec}^{-1}$  PAR 이상에서부터 12.0  $\mu\text{Em}^{-2}\text{sec}^{-1}$  PAR까지 광도가 높아질수록 그 활성도 높았으며 0.7 - 1.5  $\mu\text{Em}^{-2}\text{sec}^{-1}$  PAR에서는 완전 암조건과



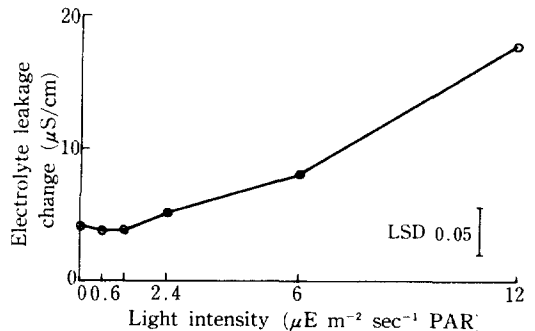
**Fig. 3.** Effect of light intensity on electrolyte leakage of soybean leaf discs floated on different concentration of herbicide solutions. 15 discs ( $\phi 6\text{mm}$ ) punched from the first leaf were floated on the test solution (17ml) and illuminated with white fluorescent lamp for 1 day at 25°C

유의성 있는 차이는 없었으나 오히려 낮은 활성을 보여 위의 실험과 동일한 경향이었다(Fig. 4).

광질간의 반응차이를 조사한 결과는 Table 3과 같다. paraquat의 경우 암조건에서의 활성이 명조건에 비하여 46% 낮아진 것 이외에 각 광질간 차이는 없었으나 oxadiazon 및 oxyfluorfen은 청색광에서 높은 활성을 보여 paraquat와는 다른 작용점을 가지는 것으로 생각되었다. oxyfluorfen의 경우, 동일 제통인 acifluorfen 활성이 350nm 부근에서 가장 좋았다고 하는 Gaba 등(1980)의 보고와<sup>5)</sup> 일치하며 oxadiazon도 이와 같은 특성을 보이기 때문에 동일한 작용점을 가질 것으로 생각된다.

위의 결과로 볼 때 oxadiazon 및 oxyfluorfen의 작용발현에는 광이 요구되며, 특히 청색광에서 높은 활성이 나타나는 것은 이 화합물의 작용점이 청색광 영역에서 활성화 되는 물질과 관련이 깊다는 것을 시사해 준다. 청색광에서의 흡광도가 높으면서<sup>17)</sup> oxygen radical 발생으로 bleaching effect와 관련이 깊은 식물체내 물질중에는 전자전달계 내의 flavins, activated oxygen 소거 기능을 가진 carotenoids와 siglet oxygen( $^1\text{O}_2$ )을 용이하게 발생시킬 수 있는 chlorophyll 및 이의 생합성 전구 물질 등이 있다.<sup>1)</sup> 따라서 이들과의 관련여부를 검토함으로써 화합물들의 작용점을 예상할 수 있을 것으로 생각되어 아래 실험을 수행하였다.

Flavoprotein(prosthetic group으로 flavin계 색소인 FMN 또는 FAD를 가짐)은 NADH dehydrogenase의 terminal electron transport에 관여하며<sup>17)</sup> 청색광 조사시 호흡전자전달계로부터 superoxide( $\text{O}_2^-$ ) 발생이 많아진다.<sup>8)</sup> 따라서 oxy-



**Fig. 4.** Effect of light intensity on the electrolyte leakage of soybean leaf discs floated on the paraquat 10 $\mu\text{M}$ . The methods were the same as for Fig. 3.

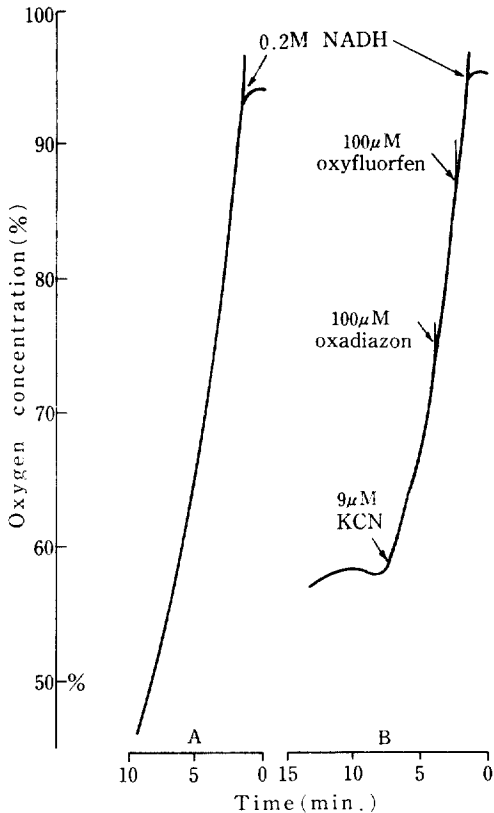
**Table 3.** Effects of light quality on photoactivation of bleaching herbicides.

Herbicides light quality	Check	Oxyfluorfen (100 $\mu$ M)	Oxadiazon (100 $\mu$ M)	Paraquat (50 $\mu$ M)
electrolyte conductivity ( $\mu$ S/cm)				
White	4.27 <sup>a</sup>	4.85 <sup>b</sup>	6.56 <sup>b</sup>	74.10 <sup>a</sup>
Red	3.47 <sup>b</sup>	4.01 <sup>c</sup>	5.21 <sup>b</sup>	73.10 <sup>a</sup>
Blue	3.88 <sup>a</sup>	7.10 <sup>a</sup>	10.61 <sup>a</sup>	74.80 <sup>a</sup>
Farred	3.09 <sup>b</sup>	3.62 <sup>c</sup>	4.51 <sup>b</sup>	72.53 <sup>a</sup>
Dark	3.95 <sup>a</sup>	4.26 <sup>bc</sup>	5.80 <sup>b</sup>	40.13 <sup>b</sup>

- 15 discs ( $\phi$ 6mm) punched from the first leaves of soybeans were placed on the test solution (18ml) and illuminated with cellophane film-filtered light ( $6.4 \mu\text{E m}^{-2} \text{sec}^{-1}$  PAR) for 2 days at 25°C
- Means within each column followed by the same letter are not significantly different at the 5% level by Duncan's multiple range test

fluorfen 및 oxadiazon이 호흡활성에 어떠한 영향을 미치는지 알아보기 위하여 mitochondria를 이용하여 조사한 결과는 Fig. 5와 같았다. 기질을 첨가하여 반응을 개시한 후 100 $\mu$ M 제초제 용액을 처리하였을 때 산소소모의 증감이 없었으나 9 $\mu$ M KCN 처리시에는 즉시 반응이 중지되어 본 화합물은

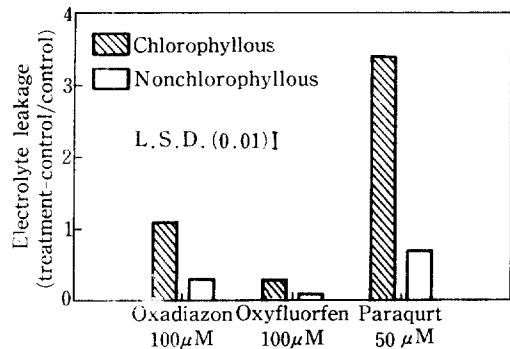
호흡전달계와 관계가 없었다는 것을 알 수 있었고, norflurazon 처리에 의해 엽록소가 소실된 백화엽은 정상적인 녹색잎에 비하여 활성이 크게 경감되었던 결과에서도 (Fig. 6) 광의 작용이 미토콘드리아보다는 엽록체와 관계가 깊다는 것을 알 수 있었다.



**Fig. 5.** Effect of oxyfluorfen and oxadiazon on the respiration oxygen consumption. (A: without chemicals, B: with chemicals)

Chloroplast를 이용한 광합성 전자전달 저해 여부를 측정하여 본 결과 DCMU는 광도에 크게 의존함이 없이  $10^{-8}$  M 이상부터 그 활성이 급격하게 저해되기 시작하였다. 그러나 oxyfluorfen의 경우  $360 \mu\text{E m}^{-2} \text{sec}^{-1}$  PAR의 높은 광도하에서는  $10^{-7}$  M 이상에서부터 저해 활성이 완만하게 증가되는 경향을 보였지만  $60 \mu\text{E m}^{-2} \text{sec}^{-1}$  PAR의 광도하에서는  $10^{-4}$  M에서도 전혀 영향이 없었다 (Fig. 7). 본 연구의 타실험에서는 이 수준에서도 반응이 나타났던 것으로 보아 (Fig. 3, Fig. 8) 광합성 전자전달에 미치는 영향이 일차 작용점은 아닌 것으로 판단된다.

Thylacoid membrane에 유입되어 있는 carote-



**Fig. 6.** Effect of bleaching herbicides on electrolyte leakage of a chlorophyllous or a norflurazon-induced nonchlorophyllous corn leaf discs.

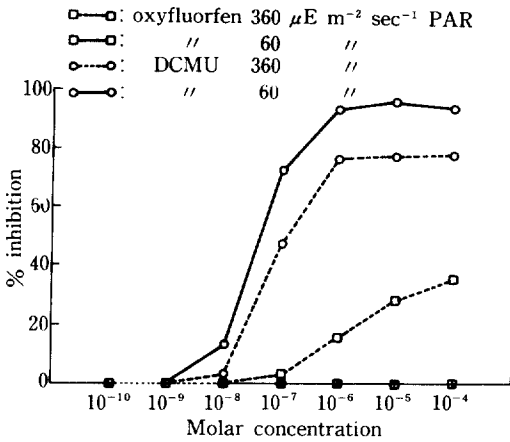


Fig. 7. Inhibition of noncyclic basal electron transport by oxyfluorfen and DCMU in isolated spinach chloroplasts.

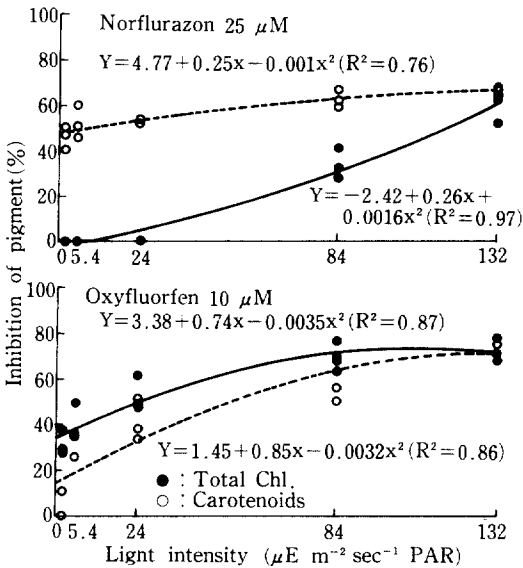


Fig. 8. Effect of light intensity on pigment content of etiolated cucumber cotyledons treated with norflurazon and oxyfluorfen. Etiolated cotyledons were placed on herbicide solution for 9 hrs at 25°C in darkness before exposure to white light for 10 hrs at 25°C. Pigment were extracted with absolute methanol.

noid 는 여기된 chlorophyll ( $^3\text{Chl}^*$ ) 및 singlet oxygen 을 소거시켜 membrane 파괴를 방지해 주는데 이의 형성이 억제되었을 때에는 명조건에서 엽록소가 쉽게 파괴되므로<sup>1)</sup> 엽록소생합성 저해제 처리시와 같이 백화현상이 초래된다. 그 정도는 광도가 높을수록 현저하기 때문에 chlorophyll 과 chro-

tenoids 생합성 과정중 어느 과정이 저해받았는지를 구별하기 위해서는 photooxidation 이 일어나지 않을 정도의 낮은 광도하에서 greening 실험을 수행하여야 할 것이다.

이와 같은 점을 고려하여 oxyfluorfen, carotenoid 생합성 저해제인 norflurazon 의 반응을 비교한 결과는 Fig. 8 에서와 같다. norflurazon 은 낮은 광도하에서도 chlorophyll 보다는 carotenoid 생성을 더욱 크게 억제하였고 oxyfluorfen 은 이와 반대의 결과를 보여주어 광의 작용이 carotenoids 보다는 chlorophyll 생합성 과정과 밀접히 관련이 있는 것으로 생각되었다. Chlorophyll 생합성과정중 어느 단계에서 작용하는지에 대해서는 더욱 검토하고자 한다.

## 摘 要

Bleaching herbicides (oxyfluorfen, oxadiazon, paraquat) 의 작용발현에 영향을 미치는 온도 및 광의 효과를 조사한 결과 oxyfluorfen 과 oxadiazon 의 제조활성은 10 - 35°C 에서 온도가 증가될수록 높았으며 온도의 효과는 제조작용 발현단계 (photooxidation) 보다는 그 이전 단계에서 더욱 큰 경향이 있었다. 처리약제 모두 광도가 높을수록 활성이 강하였으며 paraquat 는 광질간의 활성차이가 없었으나 oxyfluorfen 및 oxadiazon 은 청색광에서 높은 활성을 보였고 이들 두 약제에 대한 광의 효과는 광합성 및 호흡의 전자전달계나 carotenoid 생합성 보다는 chlorophyll 생합성 과정과 밀접한 관련이 있었다.

## 引用 文 獻

1. 淺田浩二, 1985, 植物의 光酸素障害 - 其의抑制と増幅- 日本農藥學會誌. 10 : 729-743.
2. Avron, M. 1960. Photophosphorylation by Swiss-chard chloroplasts. Biochim. Biophys. Acta 40 : 257-272.
3. Basham G., T.L. Lavy, L.R. Oliver and H. D. Scott. 1987. Imazaquin persistence and mobility in three Arkansas soils. Weed Sci. 35 : 576-582.
4. Bonner, W.D. 1967. A general method for the preparation of plant mitochondria.

- Methods in Enzymol. 10 : 126-133.
5. Gaba V., N. Cohen, Y. Shaaltiel, A. Ben-Amotz and J. Gressel. 1988. Light requiring acifluorfen action in the absence of bulk photosynthetic pigments. *Pesticide Biochem. and Physiol.* 31 : 1-12.
  6. Haworth P. and F.P. Hess. 1988. The generation of singlet oxygen ( $^1O_2$ ) by the nitrodiphenyl ether herbicide oxyfluorfen is independent of photosynthesis. *Plant Physiol.* 86 : 672-676.
  7. Kenyon W.H., S.O. Duke and R.N. Paul. 1988. Effects of temperature on the activity of the *p*-nitrosubstituted diphenyl ether herbicide acifluorfen in cucumber (*Cucumis sativus* L.). *Pesticide Biochem. and Physiol.* 30 : 57-66.
  8. 김경현 · 김종평 · 정진. 1987. 식물세포 미토콘드리아막에서 일어나는 청색광 photosensitization. *한국환경농학회지* 6(2) : 94-100.
  9. Lichtenthaler H.K. 1987. Chlorophylls and carotenoids : pigments of photosynthetic biomembranes. *Methods in Enzymol.* 148 : 350-382.
  10. Masiunas J.B. and S.C. Weller. 1988. Glyphosate activity in potato (*Solanum tuberosum*) under different temperature regimes and light levels. *Weed Sci.* 36 : 137-140.
  11. Matringe M. and R. Scalla. 1988. Studies on the mode of action of acifluorfen-methyl in nonchlorophyllous soybean cells. accumulation of tetrapyrroles. *Plant Physiol.* 86 : 619-622.
  12. Miller S.D., J.D. Nalewaja and A. Dobranski. 1984. Temperature effect on difenzoquat phytotoxicity. *Weed. Sci.* 32 : 150-153.
  13. Mulder C.E.G. and J.D. Nalewaja. 1978. Temperature effect of phytotoxicity of soil-applied herbicides. *Weed Sci.* 26 : 566-570.
  14. Neidermyer R.W. and J.D. Nalewaja. 1974. Barban selectivity for wild oat in wheat. *Weed Sci.* 22 : 476-480.
  15. Orr G.L. and F.D. Hess. 1982. Mechanism of action of the diphenyl ether herbicide acifluorfen-methyl in excised cucumber (*Cucumis sativus* L.) cotyledons. light activation and the subsequent formation of lipophilic free radicals. *Plant Physiol.* 69 : 502-507.
  16. Ritter R.L. and H.D. Coble. 1981. Influence of temperature and relative humidity on the activity of acifluorfen. *Weed Sci.* 29 : 480-485.
  17. Salisbury F.B. and C.W. Ross 1985. *Plant physiology* (3rd ed.) pp.237. Wardworth Publishing Company Inc.
  18. Wills G.D., 1984. Toxicity and translocation of sethoxydim in bermudagrass (*Cynodon dactylon*) as affected by environment. *Weed Sci.* 32 : 20-24.
  19. Wise R.R. and A.W. Naylor. 1987. Chilling-enhanced photooxidation. evidence for the role of singlet oxygen and superoxide in the breakdown of pigments and endogenous antioxidants. *Plant Physiol.* 83 : 278-282.