

## 벼 生育期間中 農藥이 논의 Periphyton Community 에 미치는 影響

盧正久\* · 李恩鎭\*\* · 朴哲源\* · 李成奎\*

(1983년 10월 31일 접수)

## Effects of Some Pesticides on Periphyton Community in Paddy field

Jung Ku Roh\*, Uen Ho Lee\*\*, Chul Won Park\* and Sung Kyu Lee\*

### Abstract

There has been two kind of research fields in evaluating the ecotoxicity of chemicals. The one is a bioassay and the other is an ecosystem analysis. The toxicants are transported into different biota, which have quite different environmental behaviour patterns and toxic properties.

The effects of pesticides (butachlor, carbofuran, and tricyclazole) on periphyton community was studied by analyzing content of chlorophyll-a and autotrophic index (AI) that is a means of determining the trophic nature of the periphyton community. Results indicated that the content of chlorophyll-a was not influenced by the pesticides. The growth of algae was inhibited by sunshine period. And AI value is 43-2027: the large value indicates heterotrophic periphyton community, and was not affected by pesticides.

### 序 論

食糧增産을 위하여 좁은 國土에 多量 사용되고 있는 農藥의 環境汚染 위협은 심각한 況에 있어 相對的으로 環境을 健全하게 保全시키기 위한 關心 및 研究遂行의 必要性이 매우 중요시 되고 있다.

이와같은 況에서 環境毒性學(ecotoxicology)<sup>(1)</sup>에 관한 研究分野는 크게 bioassay<sup>(2)</sup>인 實驗室的 研究와 生態系分析(ecosystem analysis)인 野外調査<sup>(3)</sup> 研究로 大別된다. 農藥 成分에 의하여 生態系가 害를 被害를 ecotoxicology 觀點에서 追跡 評價하기는 어려운 과제이다. Bioassay 에 의한 毒性評價는 대표적인 實驗對象

生物에 限定되어 可能하며 生態系에 存在하는 여러 대상 生物에 대하여 모두 實驗하기는 어려운 것이다. 그리고 여기서 얻어지는 結果는 年 單位の 長期的인 綜合判斷에 有用한 資料가 되지 못하는 況가 많다.

예로 農藥이 農耕地나 山林에 撒布되었을 況有 害한 target organism 에 대한 被害는 물론 nontarget organism 들도 被害를 害는 것은 너무도 잘 알고 있는 사실이다. 이런 況 직접 野外에서 被害生物에 대한 調査와 分析을 하지 않고, 特定生物의 bioassay 만으로는 결코 그 被害를 診斷할 수 없는 것이다. 또한 殘留 農藥成分이 生物體內에 蓄積되어 먹이연쇄 經路를 통하여 基礎生産者로부터 高等消費者로 傳達되면서 體內 蓄積濃度가 급격히 증가하여 결과적으로 高等消費者에

\*韓國科學技術院 安全性研究室 (Toxicology Laboratory, Korea Advanced Institute of Science & Technology, Seoul 131, Korea)

\*\*延世大學校 原州大學 生物學科 (Dept. of Biology, Wonju College, Yonsei University, Wonju 220, Korea)

게 막대한 生體 蓄積量과 이로 인한 人間의 被害가 可能하다. 그러므로 細密한 觀察과 生態系分析에 보다 많은 研究와 資料蓄積이 있는 豫測, 評價하는 문제에 많은 어려움을 內包하고 있는 것이다.

본 實驗은 논에서 벼 生育기간동안 形成되는 水中生態系의 기초생산자인 藻類(algae)의 生産力을 評價하여 農藥撒布와의 關係를 究明하므로써 ecotoxicology 分野의 生態系 分析연구와 資料蓄積에 미약하나마 基礎가 되고져 한다.

材料 및 方法

1. 圃場試驗

본 試驗圃場은 경기도 고양군 일산읍 所在, 農場으로 수년간 農藥을 사용하지 아니한 논을 選擇하여 實驗을 遂行하였다. 試驗圃場의 面積은 300 m<sup>2</sup> 이었고, 이 포장을 5등분하여 각 處理區의 面積을 60 m<sup>2</sup> 되게 區分하였다. 圃場의 配置는 Fig. 1과 같다. 使用된 農藥用水는 산에서 내려오는 自然水이고 澆水期에는 地下水를 이용하였다.

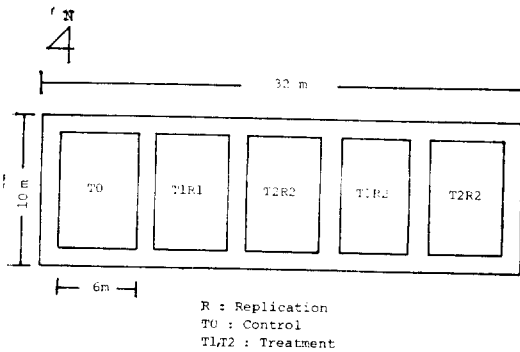


Fig. 1. Diagram of paddy field for experiment at Il-san, Korea

본 實驗을 위하여 栽培된 벼 品種은 “풍산벼”로 5월 6일에 播種하여 5월 31일에 本圃에 移秧하였으며 收穫은 10월 5일에 하였다.

2. 藥製處理

實驗對象 農藥인 除草劑는 Machete®(butachlor, 2-chloro-2', 6'-diethyl-N-(butoxymethyl)acetanilide, 6%)劑를 使用하였다. 移秧後 3日만에 無處理區를 제외한 각 實驗區에 農藥會社에서 제시한 使用법에 따라 0.2 kg a.i./10a 씩을 撒布하고, 過量 使用時를 假定하여, 1회 처리로부터 5日 經過한 後에 T2 處理區에만 同一한 量으로 2回 處理하였다. 또한 作物栽培中 病虫害 防止를 위하여 殺虫劑 Furadan®(carbofuran, 2,3-dih-

ydro-2, 2-dimethyl-7-benzofuranyl methylcarbamate, 3%) 3回(1회 처리량 4 kg/10a), 殺菌劑 Beam®(tricyclazole, 5-methyl-1, 2, 4-triazolo (3, 4-b)-benzothiazole, 75%) 3~4回(1회 처리량 50 g/10a)씩을 각각 處理하였다. 각 農藥의 處理日은 Table 1과 같다.

Table 1. Schedule of pesticides application to paddy field

Date 1982	Plot								
	June 2	June 7	June 12	June 22	July 2	July 22	July 27	Aug. 20	Sep. 10
T0	—	—	—	—	—	—	—	—	—
T1	B	—	C	T	C	C	T	T	—
T2	B	B	C	T	C	C	T	T	T

B : Butachlor    C : Carbofuran  
T : Tricyclazole

3. Autotrophic index와 algae 生産力 調査

본 實驗에서는 periphyton의 chlorophyll-a의 함량과 biomass(dry and ash-free weight)를 測定하기 위하여 Fig. 2와 같은 附着板(substrate)을 設置하여 이곳에 25 mm×75 mm의 slide glass를 이용하여 14日間 放置한 後 現場에서 附着性 藻類를 90% acetone으로 抽出한 後 暗冷所에서 實驗室로 옮겨 chlorophyll을 測定하였고 生體量은 dry and ash-free weight<sup>(4)</sup>로 定量하였다.

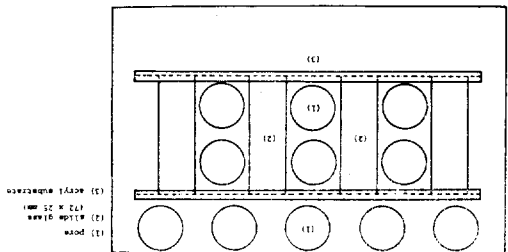


Fig. 2. Drawing of periphyton porous sampler for monitoring the productivity of algae

한편 autotrophic index(AI)<sup>(5)</sup>를 이용하여 periphytic community의 physiological condition을 autotrophic community(food producing) 또는 heterotrophic community(food consuming)로 다음과 같이 評價하였다.

$$AI = \frac{\text{biomass(ash-free weight of organic matter), g/m}^2}{\text{chlorophyll-a, g/m}^2}$$

Table 2. Chlorophyll-a contents in periphyton of rice field at Il-san, Korea (1982)

		(unit : g/m <sup>2</sup> )		
Period \ Plot	T0	T1	T2	
June 4~June 17	*0.0053~0.0055(0.0054)**	0.0024~0.0028(0.0026)	0.0043~0.0049(0.0046)	
June 11~June 25	0.0044~0.0044(0.0044)	0.0017~0.0033(0.0025)	0.0020~0.0027(0.0024)	
June 17~July 9	0.0055~0.0066(0.0061)	0.0078~0.0091(0.0085)	0.0063~0.0068(0.0065)	
June 25~July 16	0.0046~0.0058(0.0052)	0.0020~0.0038(0.0029)	0.0027~0.0028(0.0028)	
July 9~July 23	0.0022~0.0034(0.0028)	0.0026~0.0033(0.0030)	0.0017~0.0017(0.0017)	
July 16~July 30	0.0019~0.0027(0.0023)	0.0028~0.0039(0.0033)	0.0021 (0.0021)	
July 23~Aug. 5	0.0010 (0.0010)	0.0019~0.0024(0.0022)	0.0022~0.0026(0.0024)	
July 30~Aug.13	0.0003~0.0011(0.0007)	0.0011~0.0015(0.0013)	0.0011~0.0014(0.0013)	
Aug. 5~Aug.20	0.0012~0.0012(0.0012)	0.0016~0.0023(0.0019)	0.0023~0.0026(0.0025)	
Aug.13~Aug.27	0.0009~0.0011(0.0010)	0.0016~0.0022(0.0019)	0.0010~0.0011(0.0011)	
Aug.20~Sep. 3	0.0025~0.0062(0.0044)	0.0010~0.0024(0.0017)	0.0010~0.0010(0.0010)	
Aug.27~Sep.10	0.0019~0.0033(0.0026)	0.0011~0.0018(0.0015)	0.0006~0.0008(0.0007)	
Sep. 3~Sep.17	0.0038~0.0045(0.0041)	0.0016~0.0022(0.0019)	0.0007~0.0008(0.0008)	
Sep.10~Sep.24	0.0023~0.0024(0.0024)	0.0018~0.0023(0.0020)	0.0007~0.0008(0.0008)	
Sep.17~Sep.30	0.0027~0.0041(0.0034)	0.0011~0.0013(0.0012)	0.0005~0.0006(0.0006)	

\*: range value

\*\*: mean value

Table 3. Biomass(dry and ash-free weight) in periphyton of rice field at Il-san, Korea(1982)

		(unit : g/m <sup>2</sup> )		
Period \ Plot	T0	T1	T2	
June 4~June 17	*2.3135~2.7002(2.5067)**	1.6087~2.2869(1.9467)	2.2359~2.8239(2.5333)	
June 11~June 25	1.2247~2.0786(1.6533)	1.1198~2.0262(1.5733)	2.1310~1.7565(1.9467)	
June 17~July 9	2.7153~2.9850(2.8533)	1.6929~2.5580(2.1333)	1.9700~2.2921(2.1333)	
June 25~July 16	0.4301~2.4193(1.4133)	0.3763~0.6452(0.5067)	0.2151~0.3225(0.2667)	
July 9~July 23	1.1733~1.9200(1.5466)	0.8533 (0.8533)	0.5333~0.9067(0.7200)	
July 16~July 30	1.6000~2.0800(1.8399)	0.9600~1.1733(1.0667)	1.1733~1.3866(1.2800)	
July 23~Aug. 5	0.1600~0.2666(0.2133)	0.8533~0.9600(0.9067)	0.5867~0.8000(0.6933)	
July 30~Aug.13	0.0535~0.2666(0.1600)	0.1600~0.4800(0.3200)	0.2660~0.3733(0.3200)	
Aug. 5~Aug.20	0.3733~0.4800(0.4267)	0.3733~0.8000(0.5867)	0.0535~0.4800(0.5333)	
Aug.13~Aug.27	0.2666~0.3200(0.2933)	0.4266~0.9600(0.6933)	0.3200~0.5333(0.4267)	
Aug.20~Sep. 3	0.1066~0.3733(0.2400)	0.3200~0.6400(0.4800)	0.1600~0.4266(0.2933)	
Aug.27~Sep.10	0.2133~0.2666(0.2400)	0.2666~0.4800(0.3733)	0.4266 (0.4266)	
Sep. 3~Sep.17	0.2666~0.8000(0.5333)	0.1600~0.2666(0.2133)	0.1066~0.2666(0.1867)	
Sep.10~Sep.24	0.5866~0.6400(0.6133)	1.0133 (1.0133)	0.4266 (0.4266)	
Sep.17~Sep.30	2.5066~2.8266(2.6667)	0.4800~0.6400(0.5600)	0.6400~1.0133(0.8266)	

\*: range value

\*\*: mean value

## 結果 및 考察

### 1. Chlorophyll 과 Biomass

附着板에 붙는 藻類의 chlorophyll-a 含量은 Table 2

와 같고 biomass(dry and ash-free weight)의 量은 Table 3과 같다.

圃場의 農藥處理區와 無處理區에서의 벼 生育時期 동안 藻類의 chlorophyll-a 含量과 生體量은 별로 差異가 없었으나 9월 3日 이후부터는 chlorophyll-a 量은 無處理

區와 處理區間에 差異를 나타내었다(Fig. 4). 7月 9日에 chlorophyll-a 含量은 0.0078~0.0091 g/m<sup>2</sup>의 가장 높은 값을 나타내었는데 이때 平均氣溫은 26°C 이었고 日照時間은 조사기간중 비교적 높은 9 hr/day 이었다. 그리고 農藥處理區와 無處理區間의 chlorophyll 含量 差異는 거의 볼 수 없는 T1, T2, 그리고 T0의 順序이었다. 한편 生體量(dry and ash-free weight)도 같은 期間동안에 가장 많은 量인 2.1333~2.8533 g/m<sup>2</sup> 이었다. 그리고 조사기간중 處理區와 無處理區間의 生體量의 差異도 볼 수 없었다.

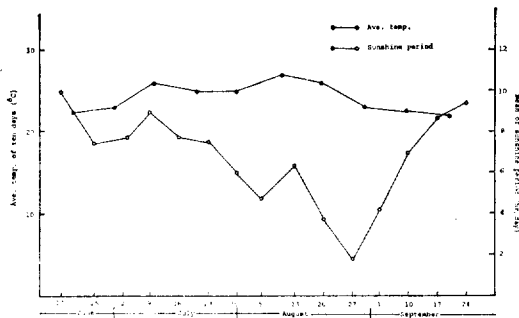


Fig. 3. Climate condition of Il-san area during experiment (June-Sep. 1982)

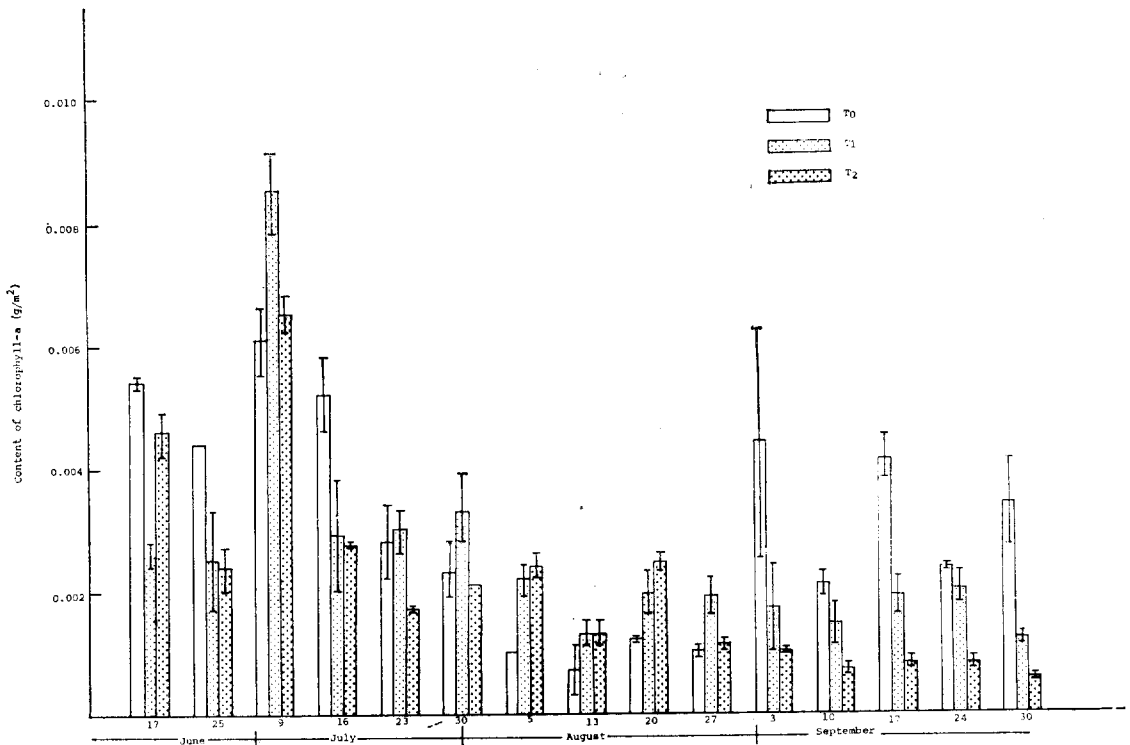


Fig. 4. Chlorophyll-a content (g/m<sup>2</sup>) of artificial periphyton sampler in paddy field

이상의 結果는 논에서 形成되는 水中生態系의 periphyton community 中 藻類의 個體群 變異는 chlorophyll-a의 경우 처리 농약에 의한 어떤 變化보다는 水溫과 日照時間의 變化에 따라 差異를 나타내었고, biomass(dry and ash-free weight)量은 水溫의 상승에 따라 變化되고 있는 것으로 思料된다(Fig. 3). 그런데 노<sup>(6)</sup>와 Tu<sup>(7)(8)</sup> 등은 農藥이 土壤微生物의 呼吸, 질소순환, 酵素의 活性에 대해 별로 큰 影響이 없으나, 일시적으로 影響을 미치지마는 빠른 시간내에 回復되었다고 報告하였다.

한편 Kratky와 Warren<sup>(9)(10)</sup>은 chlorella에서 chlorophyll 含量을 이용하여 除草劑의 毒性을 評價하는 bioassay 技法을 개발하여 이 分野에 많은 技術과 資料蓄積을 이루게 되었다. 그러나 殘留農藥에 의한 生態系가 입는 被害를 ecotoxicology 側面에서 追跡評價하기란 실제로 지극히 어려운 것이다. 그러므로 bioassay 技法에 의하여 特定한 生物種에 대해 影響을 평가한 資料만을 가지고 실제 生態系에 응용하여 評價하기란 더욱 많은 문제점이 있으므로 野外觀察과 生態系分析의 노력없이는 잔류농약에 의한 생태계 영향분석은 계속적인 難題로 남게 될 것이다<sup>(3)</sup>.

Table 4. Autotrophic Index values in periphyton of rice field at Il-san, Korea (1982)

Period	T0	T1	T2
June 4~June 17	*420~ 509(465)**	670~ 817(743)	520~ 576 (548)
June 11~June 25	278~ 472(375)	339~1191(765)	789~ 878 (834)
June 17~July 9	396~ 494(445)	186~ 328(257)	312~ 337 (325)
June 25~July 16	74~ 526(300)	99~ 323(211)	77~ 119 (98)
July 9~July 23	533~ 565(549)	328 (328)	314~ 533 (423)
July 16~July 30	770~ 842(806)	246~ 419(333)	432 (432)
July 23~Aug. 5	267 (267)	400~ 449(425)	226~ 364 (295)
July 30~Aug. 13	48~ 889(468)	145~ 320(233)	242~ 267 (254)
Aug. 5~Aug. 20	311~ 400(356)	162~ 500(331)	21~ 209 (115)
Aug. 13~Aug. 27	290~ 296(293)	267~ 436(352)	320~ 485 (403)
Aug. 20~Sep. 3	43~ 60 (51)	133~ 640(387)	160~ 427 (293)
Aug. 27~Sep. 10	81~ 112 (96)	242~ 267(254)	711 (711)
Sep. 3~Sep. 17	59~ 211(135)	100~ 121(111)	152~ 333 (243)
Sep. 10~Sep. 24	255~ 267(261)	563 (563)	533 (533)
Sep. 17~Sep. 30	611~1047(829)	436~ 492(464)	1067~2027(1547)

\*:range value

\*\* : mean value

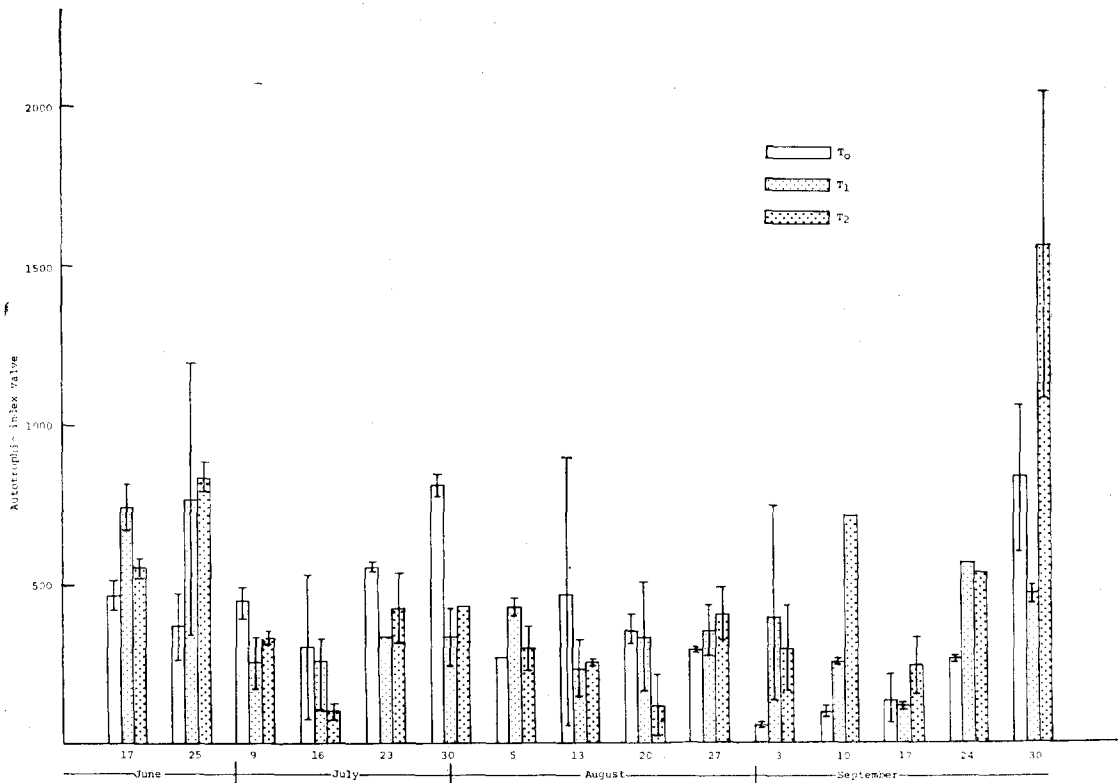


Fig. 5. Autotrophic index of artificial periphyton sampler in paddy field

## 2. Autotrophic Index(AI)

AI 값은 대부분 높은 傾向을 보였다(Table 4).

특히 水溫이 높은 7月末부터 8月中순까지는 200~800의 값을 나타내었는데 이것은 periphyton community의 trophic nature가 1차 生産者보다는 有機物質과 消費者가 많은 heterotrophic community를 形成하고 있는 것으로 評價되었다(Fig. 5).

Weber<sup>(6)</sup>에 의하면 생태계의 正常的인 條件에서의 AI 값은 50~200의 값을 나타낸다고 報告하였다. 그리고 農藥處理區와 無處理區 사이에서의 殘留農藥에 의한 autotrophic index 값의 影響은 없었고 9月 30日의 높은 값은 낮은 chlorophyll 含量과 높은 生體量에 의한 것이다.

## 要 約

環境毒性學(ecotoxicology) 觀點에서의 研究分野는 크게 bioassay의 評價技法과 ecosystem analysis를 위한 野外調査로 大別된다. 본 研究는 현재 多量 使用되고 있는 除草劑(butachlor), 殺虫劑(carbofuran), 殺菌劑(tricyclazole)를 撒布한 논에서의 periphyton에 대한 農藥의 影響을 評價하였다.

1) Periphyton中 基礎生産者인 algae의 chlorophyll-a 含量은 벼 生育期間동안 0.0007~0.0091 g/m<sup>2</sup>를 나타내었으며 전반적으로 農藥에 의한 chlorophyll-a 含量의 影響은 없었으며 水溫과 日照量에 따른 變化를 나타내었다.

2) 生體量(dry and ash-free weight)은 0.0535~2.9850 g/m<sup>2</sup>로 biomass 역시 水溫變化에 따른 影響으로 思料된다.

3) Autotrophic index는 43~2027의 값을 나타내었다. 논에서 形成되는 periphytic community는 대부분 heterotrophic 條件을 갖는 것으로 評價된다. 이것은 biomass 構成體가 基礎生産者보다는 有機物質과 消費者가 많은 trophic nature를 의미하는 것이다.

이상의 結果로 미루어 볼 때 논에서 使用하고 있는 除草劑를 비롯한 殺虫劑, 殺菌劑등의 農藥은 논토양의 부착성 藻類의 生育 및 biomass에 큰 影響을 미치지 않는 것으로 思料된다. 그러나 本 實驗은 限定된 지역에서 1年間이라는 단기간의 조사 기간동안 실시된 것이고, 또한 實驗室의으로 bioassay 기법에 의한 algae

의 影響을 評價하지 않았기 때문에 위의 結果만으로는 어떤 사실을 단정하기 곤란하므로 이 研究를 바탕으로 하여 生態系內 1차 生産자인 藻類에 대한 農藥의 影響을 광범위하며, 깊이 있는 研究와 資料蓄積으로 環境毒性學 分野를 發展시켜야 할 것이다.

## 참 고 문 헌

1. Truhaut, R. (1977): *Ecotoxicology: objectives, principles and perspectives*, In the evaluation of toxicological data for the protection of public health (eds. W.J. Hunter, and J.G.P.M. Smeets) Pergamon Press, Oxford, pp.339~413.
2. Marciorowski, A. F. (1981): Bioassay-procedures and results, *J. WPCF*, **53**, 974.
3. Odum, E. P. (1971): *Fundamentals of ecology* (3rd, ed.), W.B. Saunders, New York, p.84.
4. Newcombe, C. L. (1950): A quantitative study of attachment materials in Sodon Lake, Michigan, *Ecology*, **31**, 204.
5. Weber, C. I. (1973): Recent developments in the measurement of the response of plankton and periphyton to changes in their environment. In G. Glass, ed. *Bioassay techniques and environmental chemistry*, Ann Arbor Sci. Public Inc., Ann Arbor, Michigan.
6. 노경구 (1981): 농약의 잔류와 분해현상에 관한 연구, 한국과학기술원 보고서, BS E. 494(5)~1592
7. Tu, C. M. (1978): Effect of pesticides on an acetylene reduction and microorganisms in a sandy loam, *Soil Biol. Biochem.*, **10**, 451.
8. Tu, C. M. and Miles, J. R. W. (1976): Interaction between insecticides and soil microbes, *Residue Reviews*, (eds. F.A. Gunther and J.D. Gunther) Spring-Verlag, New York, **40**, 17.
9. Kratky, B. A. and Warren, G. F. (1971): The use of three simple rapid bioassay on forty-two herbicides, *Weed Res.*, **11**, 257.
10. Kratky, B. A. and Warren, G. F. (1971): A rapid bioassay for photosynthetic and respiratory inhibitors, *Weed Res.*, **19**, 658.