

Oxyfluorfen 및 Bensulfuron-Methyl 耐性水稻品種의 光合成 및 呼吸沮害 反應

具滋玉* · 李榮萬* · 金永珍* · 李度鎮*

Differential Response in Photosynthesis and Respiration of Rice Cultivars as Affected by Oxyfluorfen and Bensulfuron-methyl

Ja Ock Guh*, Young Man Lee*, Young Jin Kim* and Do Jin Lee*

ABSTRACT

The study was objected to compare the differential responses in photosynthesis and respiration by selected cultivars as tolerant or susceptible to oxyfluorfen and bensulfuron-methyl. Clark-typed oxygen electrode system (Rank Brothers Co., Bottisham, UK.) was used to detect the releasing oxygen from the leaf disks. By increasing oxyfluorfen concentrations, both cultivars were disposed to decrease in photosynthetic O₂ generation and increase in respiratory O₂ generation. Comparing of both rice cultivars, cv. Mushakdanti (selected at 10⁻³M as the susceptible) falled down in photosynthetic O₂ generation as lower as 43% of the control but cv. Aichiasahi to 55%, respectively. However, no significant difference in respiratory O₂ generation were detected between both cultivars. As for bensulfuron-methyl, almost same tendency was conferable with general responses on O₂ generation between both selected cultivars, namely cv. IR 1846 falled down in photosynthetic O₂ generation as lower as 55% of the control but cv. Chinsurah Boro II to 77%, respectively.

緒 言

Oxyfluorfen 과 bensulfuron-methyl 의 殺草機作에 대해서는 아직도 不明한 점이 많지만, 지금까지의 研究結果로는, oxyfluorfen 의 경우, 色素體인 carotenoid 의 파괴 유발^{11,28)}에 의한 carotene 生合成의 抑制²⁾, 光合成에서의 電子傳達抑制^{5,6,11,13)}, ATP 生成抑制²⁸⁾ 등의 生理障害가 誘發된다고 한다. Bensulfuron-methyl 의 경우도, 根源的으로는 amino 酸 合成沮害^{1,16,18,25,26)}로 인한 細胞分裂抑制作用^{16,25,27)}을 하지만, 間接的으로는 生長停止에 따른 光合成의 減少와 吸收의 增大가 招來된다³⁾고 한

다. 따라서 이미 이들 두 藥劑 각각에 대하여 耐性 및 感受性으로 選拔된 品種의 藥處理에 따른 基礎代謝力 變動差異를 밝힐 필요성이 있는 것으로 생각된다.

한편, 光合成이나 呼吸에 대한 除草劑의 영향에 대하여는 比較的 일찍부터 研究되기 시작하였으나 그 간에는 Warburg 裝置를 利用하거나 同化箱에서 CO₂ 量을 赤外線 gas 測定機로 分析하는 方法에 依存하여 왔다.³⁰⁾ 그러나 最近에는 生物의 酸素測定用 電極이 數多하게 開發됨으로써 chloroplast 單位에서 뿐만 아니라 葉切片을 材料로 하여 光合成과 呼吸^{14,19,20,21,22)}, 電子傳達이나 光磷酸化^{14,15)}를 간단히 測定할 수 있게 되었다.

* 全南大學校 農科大學(Coll. of Agric., Chonnam Nat'l Univ., Kwangju 500-757, Korea) <88. 10. 4. 接受>

이런 觀點에서 本 研究는 最近에 開發된 Clark type 의 酸素電極裝置를 利用하여, 既히 選拔되었던 oxyfluorfen 및 bensulfuron-methyl 에의 耐性 및 感受性 品種에 대한 光合成阻害 및 呼吸增大反應 差異를 比較할 目的으로 遂行되었다.

材料 및 方法

供試植物의 完全展開葉을 採取하여 중앙의 葉脈을 제외한 葉身部位에 直徑 5mm 펀치(punch)를 使用하여 圓型葉片(disc)을 얻은 다음 0.5mM CaSO₄ 를 포함하는 磷酸緩衝液(NaHPO₄ - Na₂ HPO₄, pH 7.2) 에 넣고 진공펌프(1,725 rpm, GEC Machines Ltd, UK.)로 葉切片內의 gas 를 除去시켜 완전히 가라 앉혀 使用하였다.

處理는 磷酸緩衝液 속에 無處理를 對照로 하여 각각 10⁻⁶, 10⁻⁵, 10⁻⁴ 및 10⁻³ M oxyfluorfen 및 bensulfuron-methyl 이 濃度別로 調整된 10 ml 의 용액 속에 材料植物의 葉切片을 각각 10 매씩 넣어 형광등 照明(6 KLux, 28 °C) 아래에서 1 時間 동안 前處理하였다. 供試植物은 既히 oxyfluorfen 과 bensulfuron-methyl 에 대하여 각각 耐性和 感受性으로 選拔된 水稻 Aichiasahi 와 Mushakdanti 및 Chinsurah Boro II 와 IR 1846-284-1-1의 4 品種이었다.

光合成으로 인해 放出되어 나오는 O₂ 의 測定은 前處理된 葉切片 10 매(總 葉面積 169.8 mm²)를 oxyfluorfen 이나 bensulfuron-methyl 이 濃度別로 첨가된 磷酸緩衝液 3 ml 가 들어 있는 Clark type 의 酸素電極裝置(O₂-electrode, Rank Brothers Co, Bottisham, UK.)의 反應槽(反應溫度는 25~30 °C)에 넣고 환등기(光源은 24 V, 150 W)로 數分間 前照射(60 KLux) 한 後 0.625 M의 NaHCO₃ 를 0.1 ml 첨가(最終濃度 20 mM)하여 10 분간 O₂의 發生量을 測定하였다. 光合成量의 測定은 放出되어 나오는 O₂의 量을 Ishii 等의 方法¹⁰⁾에 따라 μ mole O₂/dm²/hr 單位로 換算하여 나타내었다.

結果 및 考察

1. Oxyfluorfen

Oxyfluorfen 에 耐性으로 選拔되었던 水稻品種 Aichiasahi 의 葉切片을 使用하여 oxyfluorfen 濃度에 따른 10 分間의 光合成 및 呼吸率 變化를 biooxygen

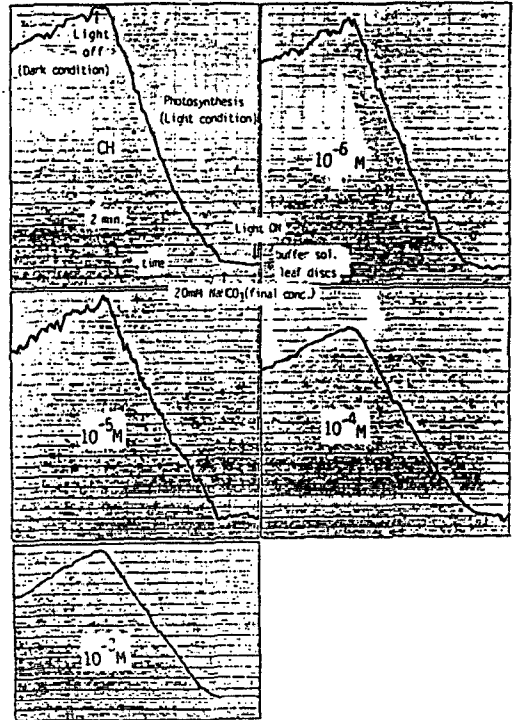


Fig. 1. Photosynthesis and respiration rate under various concentrations of oxyfluorfen using leaf discs of rice(Aichiasahi).

monitoring 裝置인 Clark-type 의 酸素電極으로 測定한 것이 그림 1 이다.

無處理로부터 oxyfluorfen 濃度を 10⁻⁶~10⁻³ M 까지 높임에 따라 供試材料의 O₂ 發生率이 떨어지는 現象을 確認할 수 있었다. 그러나 藥劑濃도가 달라지는데도 暗條件에서의 O₂ 消耗率, 즉 呼吸率은 有意한 差異를 나타내지 않았다. 이는 oxyfluorfen 이 細胞膜의 파괴過程을 거쳐서 光合成阻害에 이르므로^{23, 29)} 불과 1 時間 內外의 藥劑接觸으로 呼吸을 抑制시키기에는 미흡했을 것으로 보인다. Kunert 등¹¹⁾은 oxyfluorfen 의 除草效果發現에 2 時間 程度의 豫備處理接觸이 要求된다고 報告한 바도 있다.

選拔된 두 品種의 光合成反應을 藥劑濃도에 따라 整理한 것이 表 1 이다. Oxyfluorfen 에 感受性으로 選拔되었던 Mushakanti 는 10⁻³ M의 藥劑濃度에서 光合成率이 無處理의 43%에 이르도록 떨어졌으나 耐性이었던 Aichiasahi 는 56%로서 相對적으로 덜 떨어지는 傾向이었다.

Saka 等²¹⁾ 도 同一한 電極裝置를 利用하여 벼의 葉切片에 10⁻³ M의 diphenyl-ether 系 藥劑(nitr-

Table 1. Photosynthetic rates and their inhibition with various concentrations of oxyfluorfen using on leaf discs of selected rice varieties.

Rice variety		Concentrations(M)				
		0	10 ⁻⁶	10 ⁻⁵	10 ⁻⁴	10 ⁻³
Mushakdanti	PS*	1013.7	841.4	747.3	642.7	434.9
	(%)	100	83	74	64	43
Aichiasahi	PS	865.1	856.4	754.8	627.2	490.2
	(%)	100	99	87	73	56

* PS : Photosynthetic rate (μ mole O₂/dm²/hr.)
(%) : % of control

ofen)를 處理하여 反應 10分後에 10% 内外의 光合成抑制效果를 認定할 수 있었다고 하였으나 이는 前處理(藥劑接觸) 時間을 주지 않은 채 處理直後에 測定하였기 때문으로 생각된다. 따라서 本 試驗의 oxyfluorfen 도 毒性發現順序에 따라 二次的인 反應으로서의 光合成이 抑制되었으나 三次的인 反應으로서의 呼吸率에까지는 時間的으로 미치지 못한 것으로 解析되었다.

Gorske 等⁷⁾은 쇠비름을 材料로 하여 oxyfluorfen 을 處理한 結果, 細胞膜으로의 藥液浸透가 많아 지면서 氣孔이 닫히는 同時에 光合成이 떨어지는 現象을 관찰할 수 있었다고 하였으며, Grabowski 等⁸⁾이나 South 等²⁴⁾은 植物體 表皮에서 wax 가 많고 적음에 따라 oxyfluorfen 에의 耐性差異가 認定된다고 하였다. 또한 Vanstone 等²⁵⁾은 oxyfluorfen 作用이 chlorophyll 과 無關함을, Devlin 等⁴⁾은 norflurazon 으로 carotenoid 合成이 抑制된 植物體에서는 oxyfluorfen 의 活性이 없었음을 報告한 바 있다. 이들로 미루어 볼 때, 本 試驗에서 耐性品種이었던 Aichiasahi 가 相對的으로 나타내었던 光合成에서의 耐性機構는 藥劑에 의한 生體膜의 파괴와 이

로 인한 蛋白質異常과 關與酵素의 活性變化差異에 기인되었을 것으로 가정할 수 있다. 따라서 이들 機構를 밝힐 品種間的 組織學的 研究, 또는 epicuticular 層의 蠟質層 發達程度 및 carotenoid 와 關聯된 色素의 生化學的 研究가 더욱 精密하게 이루어져야 할 것으로 생각된다.

2. Bensulfuron-methyl

Bensulfuron-methyl 의 除草機作은 필수아미노酸인 valine 과 isoleucine 의 合成을 促進하는 ALS (acetolactate synthase) 合成을 阻害하므로써²⁶⁾ 2 時間 以內에 細胞分裂을 抑制하고¹⁷⁾, 2 次的으로는 光合成을 低下시키기^{3,17,25)}에 이르는 것으로 알려져 있다.

既히 bensulfuron-methyl 에 대하여 選拔된 水稻 品種으로 耐性인 Chinsurah Boro II 와 感受性인 IR 1846-284-1-1 에 대하여 葉切片의 光合成 및 呼吸反應을 나타낸 것이 表 2이다.

感受性인 IR 1846-284-1-1 은 bensulfuron-methyl 處理濃도가 10⁻⁶ M부터 10⁻⁴ M까지 높아짐에 따라 光合成率은 無處理의 55% 까지 減少

Table 2. Photosynthetic and respiratory rates with their inhibition by various concentrations of bensulfuron-methyl using on leaf discs of selected rice varieties.

Rice variety		Concentrations(M)			
		0	10 ⁻⁶	10 ⁻⁵	10 ⁻⁴
IR 1846-284-1-1	PS*	524.1	383.8	671.9	287.1
	(%)	(100)	(73)	(71)	(55)
	RP**	176.2	171.8	195.7	256.6
	(%)	(100)	(98)	(111)	(146)
Chinsurah Boro II	PS	743.7	554.5	469.7	570.9
	(%)	(100)	(75)	(63)	(77)
	RP	131.1	97.9	145.7	195.7
	(%)	(100)	(75)	(111)	(149)

* PS : Photosynthetic rate (μ mole O₂/dm²/hr.)

** Respiratory rate (μ mole O₂/dm²/hr.)

(%) : % of control

한 反面에 呼吸率은 146%까지 上昇하는 傾向이었다. 그러나 耐性인 Chinsurah Boro II 는 同一濃度에의 反應으로 光合成率은 77%까지 低下한 反面에 呼吸率은 149%까지 上昇하는 傾向이었다.

藥害의 일환으로 나타내는 反應 가운데 光合成이 低下하고 呼吸이 增加하는 樣相은 흔히 볼 수 있는 바^{20,31)}, 本 試驗의 경우에도, 비록 二次的인 反應이긴 하겠으나^{17,25)} 이와 類似的한 結果를 나타내었다. 그러나 耐性品種이었던 Chinsurah Boro II 가 光合成率의 減少幅에서 다소 적기는 하였으나 呼吸率에서는 전혀 品種間 差異를 認定할 수 없었다. 武富等⁹⁾에 의하면 bensulfuron-methyl 에 대한 벼의 反應이 $10^{-8} \sim 10^{-6}$ M에서 가장 민감하였다고 하며, Chun 等³⁾은 올미에 대한 bensulfuron-methyl 의 反應으로 光合成이 우선적으로 減少하고 呼吸은 크지 않은 幅으로 다소 增加하였다고 하였다. 이로 볼 때 藥處理濃도가 너무 높은 狀態에서 試驗處理가 되었거나 또는 葉片에 대한 制限된 容器內에서의 反應이었기 때문에 品種間 差異를 充分하게 發現시킬 수 없었던 것으로 보인다.

다만 두 供試品種의 反應에서 耐性이었던 品種의 光合成率이 높은 水準에서 低下幅이 작은 狀態로 維持될 수 있었던 點을 確認할 수 있었으며, acetolactate synthase 의 活性阻害가 相對적으로 적었으리라는 點과 연관시켜 볼 수 있을 것이다.

摘 要

Clark type 의 酸素電極裝置를 利用하여 既 選拔된 oxyfluorfen 및 bensulfuron-methyl 에의 耐性 및 感受性 水稻品種에 대한 光合成 및 呼吸反應差異를 比較할 目的으로 本 試驗이 遂行되었다. 結果를 要約하면 다음과 같다.

Oxyfluorfen 濃度增加로 O_2 發生率은 低下하는 反面에 呼吸率은 上昇하였다. 벼 品種間에는 10^{-3} M에서 感受性이었던 Mushakdanti 의 光合成率이 無處理의 43%까지 떨어졌으나 耐性이었던 Aichiasahi 는 56%까지로서 상대적으로 덜 떨어졌으며 呼吸에서의 品種差異는 거의 없었다.

Bensulfuron-methyl 濃度增加에 따라서 O_2 發生率은 低下(感受性인 IR 1846 은 光合成에서 無處理의 55%까지, 耐性인 Chinsurah Boro II 는 77%까지만 低下) 하였고 呼吸率은 上昇(品種間에 140~149% 내외의 差異)하는 樣相으로서 역시 耐性品

種이 光合成에서 덜 떨어지는 反面 呼吸에선 品種間 差異가 認定되지 않는 傾向이었다.

引 用 文 獻

1. Ackerson, R.C. and L.A. Davis. 1987. Metsulfuron methyl: A New Herbicide for Use in Rice and Plantation Crops. Proc. 11th APWSS pp. 137-143.
2. Bohme, H., K.J. Kunert, and P. Boger. 1981. Sites of Herbicidal Action on Photosynthesis: A Fluorescence Assay Study. Weed Sci. 29: 371-375.
3. Chun, J.C., H.J. Kim and H.S. Lee. 1987. Effect of Bensulfuron on Growth Inhibition and Regrowth of *Sagittaria pygmaea*. Proc. 11th APWSS pp. 153-161.
4. Devlin, R.M., S.J. Karczmarczyk, and I.I. Zbiec. 1983. Influence of Norflurazon on the Activation of Substituted Diphenylether Herbicides by Light. Weed Sci. 31: 109-112.
5. Fadayomi, O. and G.F. Warren. 1977. Adsorption, Desorption, and Leaching of Nitrofen and Oxyfluorfen. Weed Sci. 25: 97-100.
6. _____, _____. 1977. Uptake and Translocation of Nitrofen and Oxyfluorfen. Weed Sci. 25: 111-114.
7. Gorske, S.F. and H.J. Hopfen. 1978. Effects of Two Diphenylether Herbicides on Common Purslane (*Portulaca oleracea*). Weed Sci. 26: 585-588.
8. Grabowski, J.M. and H.J. Hopfen. 1982. Effects of Oxyfluorfen Formulations on Cabbage When Applied Post-emergence. In Proc. N. Cent. Weed Control Conf., USA. 82: 97-98.
9. 武富嚴·高畑好之·寺川輝彦·山村宏志. 1988. 水稻用除草劑 DPX-84M에 關する 研究. 第2報 ジメピペレートによる DPX-84의 水稻藥害輕減 效果.(H) 雜草研究 33-別: 117-118.
10. Itoh, K. and M. Miyahara. 1984. Inheritance of Paraquat Resistance in *Erigeron philadelphicus* L. Weed Res. (Japan) 29-4: 301-307.

11. Kunert, K.J. and P. Boger. 1981. The Bleaching Effect of the Diphenyl Ether Oxyfluorfen. *Weed Sci.* 29 : 169-173.
12. Lee, M.S. 1983. Fusion of Protoplasts from Two Different Varieties in Rice. *Kor. J. Breed.* 15(1) : 7-11.
13. Lee, T.T. 1980. Characteristics of Glyphosate Inhibition of Growth in Soybean and Tobacco Callus Culture. *Weed Res.* 20 : 365-369.
14. Matsumoto, H. and K. Ishizuka. 1982. Effects of Simetryne on the Photochemical Reactions of Isolated Chloroplasts of Rice and Barnyardgrass Plants. *Weed Res. (Jap.)* 27-2 : 91-97.
15. Pritchard, M.K., G.F. Warren, and R.A. Dilley. 1980. Site of Action of Oxyfluorfen. *Weed Sci.* 28 : 640-645.
16. Pyon, J.Y., A. Ohno, K. Ishizuka, and H. Matsumoto. 1987. Selective Mode of Action of Root-applied Bensulfuron Methyl among Rice Cultivars. *Proc. 11th APWSS* : 99-107.
17. Ray, T.B. 1982. *The Mode of Action of Chlorsulfuron : A New Herbicide for Cereals.* *Pestic Bioch and Physiol.* 17 : 10-17.
18. _____. 1984. Site of Action of Chlorsulfuron. Inhibition of Valine and Isoleucine Biosynthesis in Plants. *Plant Physiol.* 75 : 827-831.
19. Saka, H. 1985. Variations in the Activities of Several Photosynthetic Enzymes During the Growth Stages in Several Genotypes and Species of Genus *Oryza*. *Bull. National Inst. Agric. Sci.* D-36 : 247-281.
20. Saka, H. and H. Chisaka. 1981. A Simple Method for the Detection of Photosynthesis Inhibitors by Oxygen Electrode. *Weed Res. (Jap.)* 26-2 : 145-150.
21. _____, _____. 1982. Determination and Comparison of Photosynthesis Inhibition by Herbicides with Oxygen Electrode. *Weed Res. Japan.* 27 : 217-224.
22. _____, _____. 1985. Photosynthesis measurement by oxygen electrode as a simple bioassay method. *JARQ* 18(4) : 251-259.
23. Sandmann, G. and P. Boger. 1983. Comparison of the Bleaching Activity of Norflurazon and Oxyfluorfen. *Weed Sci.* 31 : 338-341.
24. South, D.B. 1982. Relationship between Amount of Epicuticular Wax and Activity of Oxyfluorfen on Sweetgum Leaves. In *Proc. 35th Ann. Meet. S. Weed Sci. Soc.* 82 : 245.
25. Takeda, S., D.L. Erbes, P.B. Sweetser, J. V. Hay and T. Yuyama. 1986. Mode of Herbicidal and Selective Action of DPX-F5384 between Rice and Weeds. *Weed Res. (Japan)*. 31-2 : 157-163.
26. _____, P.B. Sweetser, D.L. Erbes, and T. Yuyama. 1985. Mode of Selectivity of Londax Herbicide (DPX F5384) in Paddy Rice. *Proc. 10th APWSS* pp. 156-161.
27. _____, T. Yuyama, R.C. Ackerson and R.C. Weigel. 1985. Selection of Rice Herbicide from Several Sulfonylurea Compounds. *Weed Res. (Japan)* 30-4 : 278-283.
28. Vanstone, D.E. 1978. Physiological Aspects of the Mode of Action of Nitrofluorfen and Oxyfluorfen. *Dissertation Abstracts International*. B, 38(7) : 2974.
29. Vanstone, D.E. and E.H. Stobbe. 1979. Light Requirement of the Diphenylether Herbicide Oxyfluorfen. *Weed Sci.* 27 : 88-91.
30. Yamasue, Y., T. Yoshioka, M. Kitaoka, and K. Ueki. 1979. Gas Chromatographic Method in Photosynthesis and Transpiration of Weeds. *Weed Res. Japan.* 24 : 288-290.
31. Yogo, Y. and K. Ishizuka. 1986. Tolerance of Finger Millet to Propanil. 2. Recovery from Propanil Inhibition of Photosynthesis. *Weed Res. (Japan)* 31-2 : 143-151.