

Oxyfluorfen 處理에 따른 耐性選拔 水稻品種의 吸收 및 移行 差異

具滋玉* · 石塚皓造** · 卞鍾英***

Differential Absorption and Translocation of Oxyfluorfen Between Selected Rice Cultivars

GUH J.O., * K. ISHIZUKA** and J.Y. PYON***

ABSTRACT

A serial study on differential response in absorption and translocation of ¹⁴C-oxyfluorfen was conducted by use of a group of selected rice cultivars as the tolerant or the susceptible to oxyfluorfen.

Trial 1. Differential response in absorption and translocation of selected cultivar group.

The susceptible cultivar group has reached as higher rate as 209%, 193%, 344%, 204% and 152% of the tolerant cultivar group in root absorption rate per unit dry weight, lower-shoot absorption rate, higher shoot absorption rate, whole amount of absorption, and the rate of translocation from bottom to shoot, respectively.

Trial 2. Differential Response in Absorption and translocation of selected cultivar as affected by exposed portion and time.

- Regardless of cultivar, the rate of root absorption has effectively realized but the translocation was significantly limited.
- Lower portion of shoot has also achieved a higher amount of absorption but the translocation was very limited.
- By relaying the exposure time, the amount of root absorption was tended increasing, and persistent absorption was rather effective in the susceptible (cv. Mushakdanti) cultivar than the tolerant (cv. Chokoto).
- Translocation of oxyfluorfen from shoot to root was tended to easily attaining in both cultivars.

緒 言

除草劑의 作用性을 밝히기 위한 研究手段으로 同位元素가 利用되기 시작한 지 이미 오래이다. 대부분 ¹⁴C를 비롯한 β-系의 放射線을 이용함에도 安定性과 長期有效性 및 微量分析可能性이 있기 때문이다. 벼에 대한 研究實例로는 simetryne, pro-

panil 에 대한 Ishizuka 等^{5,6,7,8)}, Matsumoto 等^{13,14,15)}, Yogo 等^{23,24)}의 研究가 있고 最近에 와서 sulfonyl urea 系에 대한 Yuyama 等^{25,26,27)}, Takeda 等¹⁹⁾, Pyon 等¹⁷⁾, Yuyama 等²⁷⁾의 研究가 發見된다. 標識된 diphenyl-ether 系 化合物을 벼에 適用한 例는 별로 發見되지 않으나 벼 이외의 作物에 研究한 例는 Fadayomi 等¹⁾, Kunert 等¹⁰⁾, Vanstone 等²⁰⁾을 들 수 있다. 이들은 주로 雜草와 作物

*全南大學校 Chonnam Univ.,

**日本 筑波大學 Tsukuba Univ., Japan

***忠南大學校 Chungnam Univ.

間, 혹은品種間的藥劑選擇性이나耐性差異를 밝힐 목적으로遂行되었으며, 경우에 따라서는藥劑의作用機作을 밝히거나植物種의特異性を深索할 목적으로 이루어지고 있는實情이다.

本研究는 앞서報告한 바 있듯이, oxyfluorfen에 대하여 각각耐性 및感受性を 보이면서도 in vitro試驗에서나 또는光合性,呼吸試驗에서明確한反應差異를 밝히기 어려웠기 때문에, 이들의反應差異根據를吸收나移行 또는代謝差異에서 재구명할 목적으로遂行한 것이다.

材料 및 方法

試驗 1: 選拔品種群間的吸收 및 移行 差異

耐性品種群으로 Ahgabyeo, IR 3941-6-1, Tabali, Rizzotol 및 Nakashinmochi 의 5品種,感受性品種群으로 Mushakdanti, Weld Pally, HP 857-B-1-2-B-1-1, HP 1022-1-1-1-1-1-1-B-1 및 HP 907-B-2-2-1-1-1-1-B-1의 5品種이供試되었다.

植物材料(幼苗)의生育은沈種부터 3週間に 걸쳐遂行되었으며 pH 5.8~6.0으로 다소補完시킨 Kasugai 溶液에서進行되었고,生長箱은주간 13時間으로서 25°C,夜間 11時間으로 20°C가 되도록維持된條件이었으며,주간의光度는 22 KLux,相對濕度는 60%이었다.

^{14}C -oxyfluorfen의處理는沈種 3週後인 25~3.0 葉期の幼苗를對象으로 하여處理當 3個體, 2反復으로遂行되었다. ^{14}C -oxyfluorfen 은 Rohm & Haas에서提供한 nitrophenyl 에 uniform 하게標識된化合物로 specific activity 는 mg 當 $10.32 \mu\text{Ci}$ 였으며,處理는 24時間에 걸쳐幼苗의 뿌리와下位莖部 1.5cm 까지 10^{-6} M 濃度の藥液에沈漬시키는方法으로하였다.

同位元素가處理되는동안의幼苗들은 26°C 恒溫으로 70% 相對濕度와 15 KLux 의光度가維持되는生長箱에서生育되었다.

24時間經過後에幼苗를 증류수를 3回 세척하고 paper towel 로水分을除去한 다음地上部와地下部를分離하였다. 이들試料는 90°C 乾燥機에서 24時間에 걸쳐乾燥處理가되었고, 이들은 다시秤量된後自動試料燃燒裝置(ALOKA ASC-113)로燃燒시켜 $^{14}\text{CO}_2$ 를捕集하였으며, Beckman LS-8100의 Liquid scintillation counter 에 의하여 이들試

料의放射能을測定하였다.放射能은分當으로測定하고 이를 DPM(disintegration per minute)으로換算하였으며,移行量은全體植物體의放射能에대한地上部の放射能比率로算出하였다.

Radioautograph 는 ^{14}C -oxyfluorfen 이處理된 두品種(耐性인 Weld pally 와感受性인 Ahgabyeo)에局限하여藥劑의移行性與否를 가릴 목적으로 취해졌다.

試驗 2: 選拔品種間的藥劑沈漬部位 및 時間에 따른吸收 및 移行 差異

代表的耐性品種("Chokoto")과感受性品種("Mushakdanti")을供試하여 ^{14}C -oxyfluorfen 10^{-6} M 溶液에幼苗의뿌리부터下位莖部 1cm 까지여러가지로沈漬시켰다. 또한沈漬時間을달리하면서植物體部位別의吸收量과移行量を測定하였다.

이試驗에서使用된 ^{14}C -oxyfluorfen 이나放射能測定方法 및 Radio-autograph 製作要領은 앞의試驗 1에서와同一하였다.

結果 및 考察

試驗 1. 選拔品種群間的吸收 및 移行 差異

Matsunaka¹⁶⁾는 여러種類的 diphenylether系除草劑에 대한作用性を研究하여光要求性を 밝힌 바 있으며, 이를 통하여, 이들계통의植物種間選擇活性差異가藥劑의吸收,移行 및代謝差異보다는 pigment 關係에 의한光活性能力에 따른다고하였다. 그러나本試驗에서는 버라고 하는植物種內에서反應差異를 보였던品種群間的比較實驗이기 때문에 우선적으로吸收,移行에 대한再檢討가된 것이다.

10^{-6} M 의 ^{14}C -oxyfluorfen 溶液에供試植物의뿌리와下位莖部 1.5cm 까지를 24時間 동안沈漬處理한後에個體當의뿌리부분,下位莖部 1.5cm 부분, 1.5cm 以上位의莖部로 나누어放射能(DPM)을測定한結果表 1에 나타낸 바와 같았다. 여기에서 나타낸全體吸收量은 앞의 3部分測定值를合한數值이고,移行率(%)은全體吸收量에대한 1.5cm 以上位의莖部吸收量比率로換算한 것이며,下端의乾物重(mg)當 DPM은個體當의數值를個體當乾物重으로 나누어 얻은數值이다.

幼苗 3個體當吸收量이나移行率에서는耐性品種群보다感受性品種群이各部位의吸收나移行面에

Table 1. Variations in radioactivity of ¹⁴C-oxyfluorfen absorbed and translocated at each plant part of the selected rice cultivars.

Cultivar used	Root absorption	Shoot absorption (bottom 1.5m)	Shoot absorption (above 1.5m)	Total absorption	Translocation (%)
<i>Susceptible cvs.</i> DPM per three seedlings					
Mushakdanti	48910.7	3977.4	1124.2	54003.3	2.1
Weld Pally	80386.1	4697.3	1335.4	86418.8	1.5
HP 857	153837.0	6936.6	2497.0	163270.6	1.5
HP 1022	126836.4	4313.5	2905.5	134055.4	2.2
HP 907	122343.0	7736.8	1717.5	131797.3	1.3
Mean	106460.84	5532.32	1915.92	113909.08	1.72
<i>Tolerant cvs.</i>					
Agabyeo	85625.4	4626.9	1545.4	91797.7	1.7
IR 3941	115857.0	5707.3	1316.6	122880.9	1.1
Tabali	85396.5	-	1299.0	-	-
Rizzotol R.B.	62155.9	2850.2	1044.6	66050.7	1.6
Nakashinmochi	39957.0	2507.3	832.6	43296.9	1.9
Mean	77798.36	3922.93	1207.64	81006.55	1.58
<i>Susceptible cvs.</i> DPM per mg dry weight					
Mushakdanti	4186.5	697.8	47.4	4931.7	0.96
Weld Pally	6300.1	494.4	49.9	6844.4	0.73
HP 857	7328.9	976.8	81.9	8387.6	0.98
HP 1022	5265.5	472.1	85.4	5823.0	1.47
HP 907	6619.3	1105.3	71.3	7795.9	0.92
Mean	5940.06	749.28	67.18	6756.52	1.012
<i>Tolerant cvs.</i>					
Agabyeo	3093.9	429.2	23.1	3546.2	0.65
IR 3941	4942.4	586.6	24.8	5553.8	0.45
Tabali	2629.8	-	17.9	-	-
Rizzotol R.B.	2107.4	276.7	16.9	2401.0	0.70
Nakashinmochi	1463.6	258.5	15.0	1737.1	0.86
Mean	5847.42	387.75	19.54	3309.53	0.665

*"-": Missing data, HP 857 : HP 857-B-1-2-B-1-1, HP 1022 : HP 1022-1-1-1-1-1-B-1, HP 907 : HP 907-B-2-2-1-1-1-1-B-1 and IR 3941 : IR 3941-6-1, respectively.

서 다소 높은 數値를 全般的으로 나타내는 傾向이었다. 그러나 幼苗 自體가 品種間에, 또는 同一品種內의 個體間에 生長量의 差異를 보이고 있었기 때문에 藥劑耐性을 說明하는 單位로는 適合하지 않은 것으로 생각된다. 따라서 幼苗乾物重(mg) 當으로 이들 吸收 및 移行程度를 換算하여 나타낸 結果, 두 品種群間에 보다 明確한 差異가 있음을 알 수 있었다.

즉 單位乾物重當의 能力으로 判斷할 때, 感受性品種群은 耐性品種群에 比하여 根部吸收量에서는 208.61%, 下位莖部吸收는 193.24%, 上位莖部 吸收는 343.81%, 全體吸收量은 204.15%, 地上部로의 移行率에서는 152.18% 높은 傾向을 나타내었다. 그러나 耐性品種群은 全體吸收分에 대한 根部와 下位

莖部 및 上位莖部の 分割比率이 각각 86.04%, 11.7% 및 2.24%였는데 比하여 感受性品種群은 각각 87.92%, 11.09% 및 0.99%를 나타내므로써 큰 差異가 없었던 것으로 判斷되었다. 따라서 oxyfluorfen에 대한 耐性水稻品種群과 感受性水稻品種群間의 根源的인 差異는 吸收된 成分의 體內分散能力에 있기 보다 오히려 基準乾物重當의 吸收量과 移行量에 있는 것으로 생각되었다. 또한 Fadayomi 等²⁶⁾은 二重 pot 試驗을 통하여 ¹⁴C-nitrofen과 ¹⁴C-oxyfluorfen의 吸收移行을 研究한 結果, 吸收는 잘 되지만 移行이 거의 이루어지지 않았다고 하였으며 Vanstone 等²⁰⁾은 거의 類似한 結論에 덧붙여 體內代謝까지도 吸收·移行分의 10% 内外로 極히 制限

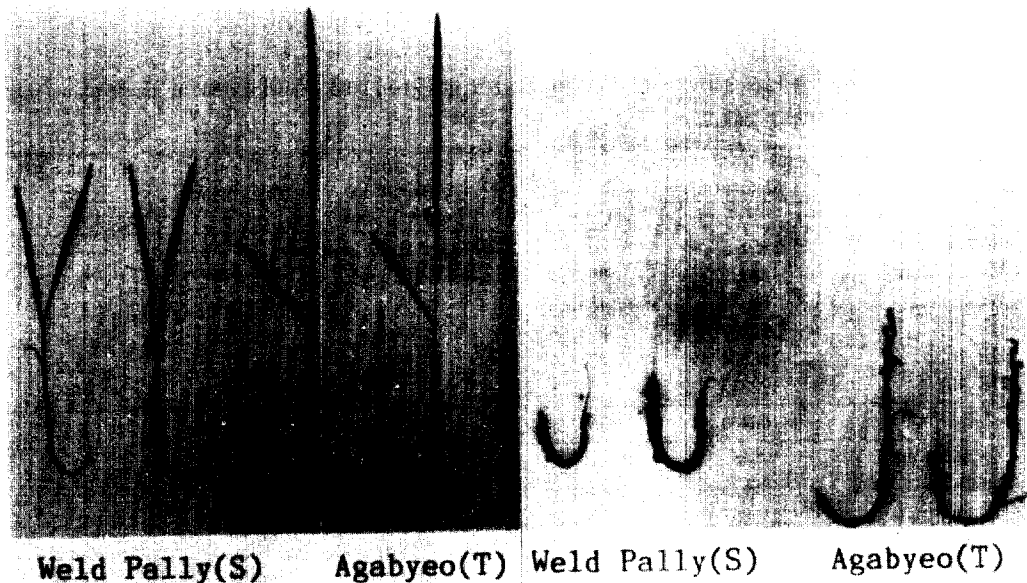


Photo. 1. Comparison of absorbed and translocated radioactivity from ^{14}C -oxyfluorfen at susceptible (cv. Weld Pally) and tolerant rice cultivar (cv. Agabyeo) which the root and bottom 1 cm of shoot were exposed at 10^{-6}M oxyfluorfen solution for 24 hours.

된다고 하였던 바가 있다. 본 실험에서도 oxyfluorfen의 흡수가 주로根部에서 이루어지며, 흡수분의 1~2.25% 内外가移行됨을 確認할 수 있어서, 이들과 큰 差異가 없었던 것으로 結論지을 수 있었다 (寫眞 1 參照). Matsumoto 等^{14,15}과 Ishizuka 等^{6,7}은 simetryn에 대한 벼品種間의 差異가 分解速度에 의한 移行 및 吸收差異에 起因됨을, Yogo 等^{23,24}은 propanil에 대한 耐性差異가 吸收·移行 및 蓄積의 差異에 起因됨을 發表한 바 있으며, Kobayashi 等⁹은 ^{14}C -simetryne의 耐性差異가 移行과는 달리 吸收自體의 量的差異에 의한다고 하였다. 따라서 oxyfluorfen에 대한 耐性研究는 吸收量에 差異를 招來하는 植物表皮層의 機能과 關聯하여 研究할 必要가 있는 것으로 생각된다.

試驗 2. Oxyfluorfen 選拔品種間의 藥劑沈澱部位 및 時間에 따른 吸收 및 移行差異

本 실험은 oxyfluorfen의 植物體內 移行制限性^{1,20}에 根據하여, 品種群間에 나타내었던 感受性 差異가 이와 關聯되었을 可能性을 再確認하기 위하여 遂行된 것이다.

^{14}C -oxyfluorfen 10^{-6}M 의 溶液에 두 選拔品種, 즉 耐性인 Chokoto와 感受性인 Mushakdanti의 根部를 각각 6時間과 24時間 沈澱한 後에 autoradiograph를 作成하고 吸收와 移行與否를 確認하였다 (寫眞 2, 3). 結果적으로 沈澱 時間이나 品種差異에

關係없이 뿌리 部分에 吸收는 하였으나 莖葉으로의 移行은 거의 이루어지지 않은 것으로 나타났다. WSSA²²에 의하면 oxyfluorfen이 根部吸收를 별로 잘 하지 못하는 것으로 알려져 있으나, 본 실험結果로 보아, 이는 oxyfluorfen의 水溶性이 0.1ppm 程度로 극히 낮기 때문에 土壤表層에 處理層을 形成되며¹¹, 따라서 根部接觸의 기회가 制限된데 따른 것으로 解析되고, 根部吸收는 根源의 으로 잘 되는 것으로 보인다.

또한 뿌리와 줄기 아래쪽 1cm 까지를 마찬가지로 10^{-6}M 溶液에 각각 6時間과 24時間 沈澱處理한



Mushakdanti Chokoto Mushakdanti Chokoto

Photo. 2. Absorption and translocation of radioactivity of ^{14}C -oxyfluorfen compared in susceptible (cv. Mushakdanti) and tolerant rice cultivar (cv. Chokoto) which the root was exposed at 10^{-6}M oxyfluorfen for 6 hours.

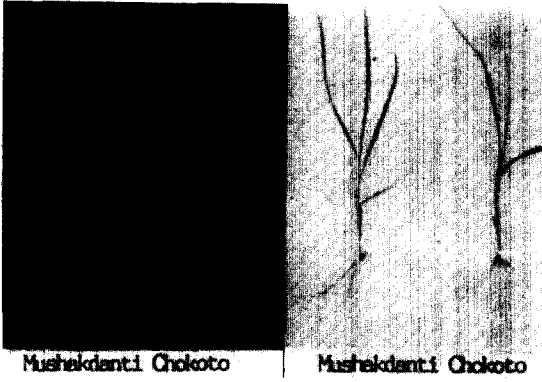


Photo. 3. Absorption and translocation of radioactivity of ^{14}C -oxyfluorfen compared in susceptible (cv. Mushakdanti) and tolerant rice cultivar (cv. Chokoto) which the root was exposed at 10^{-6}M oxyfluorfen for 24 hours.

結果도 沈漬된 部位에 吸收된 되었을 뿐 다른 部位로의 移行은 認定되지 않았(寫眞 4, 5).

그러나 沈漬時間을 3, 6, 8 및 24 時間으로 달리 하면서 幼苗의 根部에 吸收된 量을 radioactivity로 測定해 본 結果 時間經過에 따라 $7 \sim 9 \times 10^3 \text{DPM}$ 까지 持續적으로 放射能은 增大되었으며, 8 時間 沈漬까지는 品種間의 差異가 없었으나 그 以後로는 耐性品種인 Chokoto 보다 感受性인 Mushakdanti에서 有意적으로 增加되는 傾向을 確認할 수 있었다 (그림 1). 反面에 同一한 方式으로 處理 및 採取된 幼苗의 莖葉에 吸收된 藥量을 放射能으로 測定한 結果는, 沈漬 3 時間까지에서 $1 \times 10^2 \text{DPM}$ 内外로 나타났으며 以後로는 별로 增大되는 傾向을 認定할 수

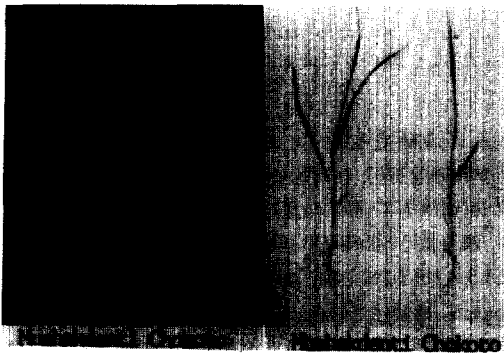


Photo. 4. Absorption and translocation of radioactivity of ^{14}C -oxyfluorfen compared in susceptible (cv. Mushakdanti) and tolerant rice cultivar (cv. Chokoto) which the root and bottom 1 cm of shoot were exposed at 10^{-6}M oxyfluorfen for 6 hours.

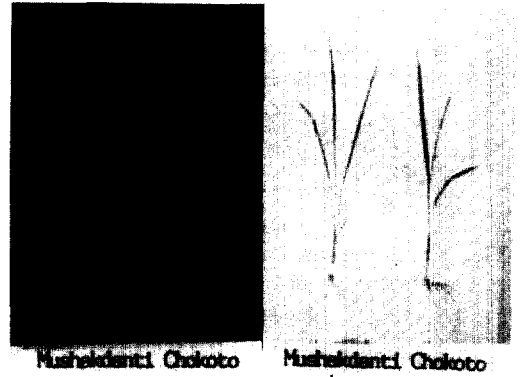


Photo. 5. Absorption and translocation of radioactivity of ^{14}C -oxyfluorfen compared in susceptible (cv. Mushakdanti) and tolerant rice cultivar (cv. Chokoto) which the root and bottom 1 cm of shoot were exposed at 10^{-6}M oxyfluorfen for 24 hours.

없었다(그림 2). 品種間에도 耐性인 Chokoto 보다 는 感受性인 Mushakdanti에서 다소 높은 傾向이 진 하였으나 有意的인 差異는 아니었다. 이로 볼 때,

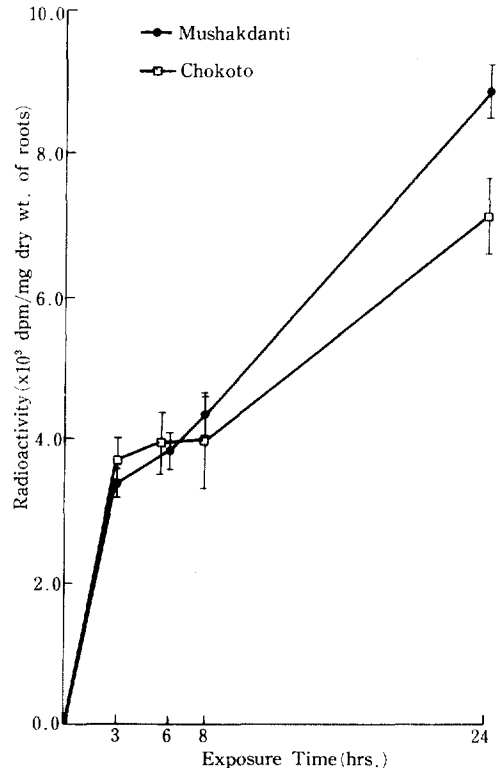


Fig. 1. Concentrations of ^{14}C in roots of rice cultivars in shoot- and root-treatment with ^{14}C -oxyfluorfen.

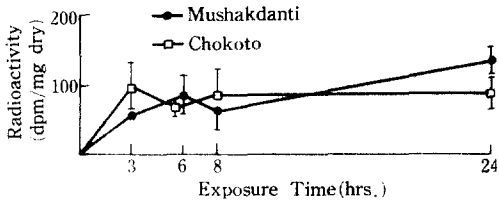


Fig. 2. Concentration of ¹⁴C in shoots of rice cultivars in shoot-and root-treatment with ¹⁴C-oxyfluorfen.

oxyfluorfen의 흡수는,接觸機會를充分히해줄 경우,莖葉보다는根部에서持續적으로 많이 이루어질 것이며,莖葉흡수는接觸即時 이루어지되 吸收量은 많지 않은 것으로 判斷된다.

또 지금까지의 研究結果로 보아²²⁾根部보다는莖葉處理의活性이 강한 것으로 알려져 있으나 이는光活性에起因된反應 때문이며^{1,16)},결코 吸收量差異에 따른 것으로 보이지는 않는다. 따라서 本 研究의 경우, 뿌리 部位에서의 吸收量에 品種間 差異가 認定되었으니, 이것이 곧 品種間 感受性 差異를 誘發시킨 要因인 것으로 確認되지는 않는다.

이런 觀點에서, 앞에서와 同一한 方法으로 두 品種 幼苗의 뿌리와 莖葉下端을 10^{-6} M의 ¹⁴C-oxyfluorfen 溶液에 24時間 沈漬하고, 이를 꺼내어 水洗한 후 다시 48時間 동안 藥處理가 되지 않은 水耕液에 放置하였다가 autoradiograph를 作成하였다(寫眞 6). 즉 沈漬後 時間經過에 따라 뿌리와 下位 莖葉에 吸收되었던 藥液이 어느 程度까지는 上부분으로 移行하는 現象을 사진에서 確認할 수 있었으며, 定量되지는 않았으나 耐性品種인 Chokoto 보다 感受性品種인 Mushakdanti에서 移行量이 다소 많았던 것으로 보였다. Fadayomi 등¹⁾에 의하면, oxyfluorfen은 뿌리나 莖葉의 어느 部位로부터도 거의 移行되지 않는다고 하지만, 本 試驗의 경우로 보아, 뿌리 吸收量에서의 品種間 差異와 다소의 莖葉移行率 差異만으로도 品種間的 感受性 差異를 誘發할 수 있었던 것으로 解析된다.

다음으로, ¹⁴C-oxyfluorfen 10^{-6} M 溶液에 莖葉 部分만 全體의으로 9時間에 걸쳐 沈漬處理하고 autoradiograph를 作成한 것이 寫眞 7이다. 즉 莖葉에서 吸收된 oxyfluorfen은 즉시 根部로 移行함을 알 수 있었다. Fadayomi 등¹⁾이나 Vanstone 등²⁰⁾은 oxyfluorfen의 移行이 어느 部位에서도 잘 되지 않는다고 하였으나, 本 試驗結果로 보아 莖葉으로부터 根部로의 移行은 매우 신속하게 잘 이루어지는

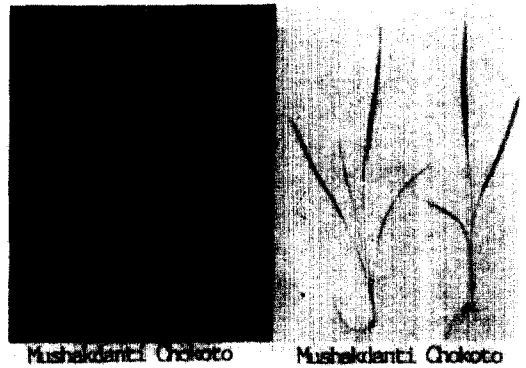


Photo. 6. Absorption and translocation of radioactivity of ¹⁴C-oxyfluorfen at 2 days after treatment compared in susceptible (cv. Mushakdanti) and tolerant rice cultivars (cv. Chokoto) which the root and bottom 1 cm of shoot were exposed at 10^{-6} M oxyfluorfen for 24 hours.

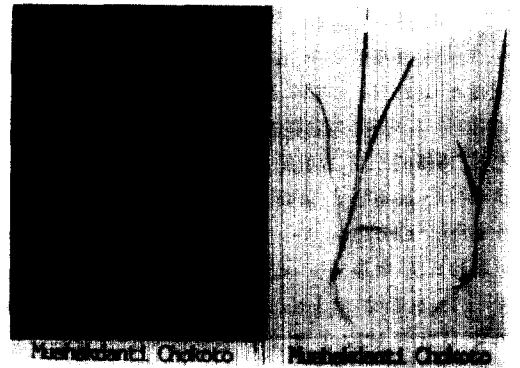


Photo. 7. Absorption and translocation of radioactivity of ¹⁴C-oxyfluorfen compared in susceptible (cv. Mushakdanti) and tolerant rice cultivar (cv. Chokoto) which the whole shoot was exposed at 20^{-6} M oxyfluorfen for 9 hours.

것으로 判斷된다.

莖葉吸收分の 經時的인 莖葉內 殘留 및 根部移行量을 品種別로 測定하였다. 우선 莖葉에서의 吸收 및 殘留量은 沈漬時間 經過에 따라 乾物 mg 當 $1.0 \sim 1.5 \times 10^3$ DPM 까지 增加하였으며, 耐性인 Chokoto 보다 感受性인 Mushakdanti에서 높은 傾向이었다(그림 3). 反面에 莖葉으로부터 根部로의 移行率은 品種 差異 없이 吸收分の 15% 程度까지 이르렀으며, 이는 沈漬時間과 거의 關係가 없이 一定한 傾向이었다(그림 4).

따라서 莖葉吸收分の 根部移行은 일정한 比率로 이루어지지만 그 量은 크지 않으며(15% 内外), 따

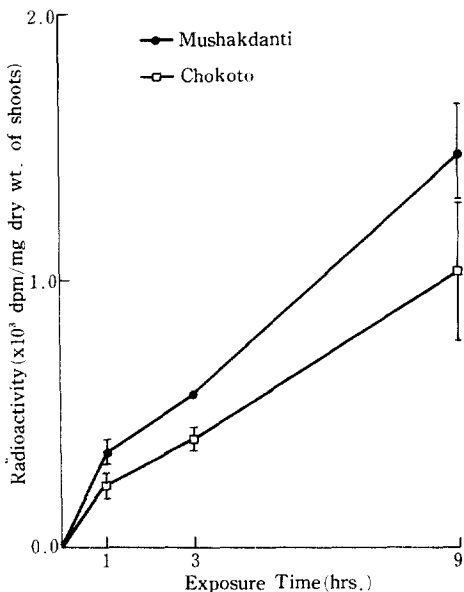


Fig. 3. Concentration of ¹⁴C in shoots of rice cultivars in soaking treatment of whole shoots with ¹⁴C-oxyfluorfen.

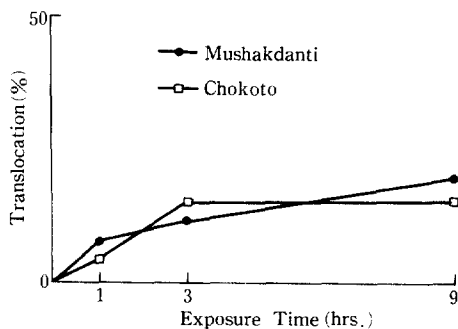


Fig. 4. Translocation rates of ¹⁴C from shoots to roots of rice cultivars in soaking treatment of whole shoots with ¹⁴C-oxyfluorfen.

라서 oxyfluorfen 에 대한 벼品種間的 耐性差異는 吸收量의 差異에 起因할 可能性이 크다. 類似한 報告를 다른 植物로 確認했던 많은 例들^{1, 3, 4, 10, 11, 12, 18, 21}로 보아 알 수 있다.

摘 要

기히 選拔된 oxyfluorfen 에의 耐性 및 感受性 品種(群)에 대한 生理的差異를 確認하기 위하여 ¹⁴C-除草劑를 利用한 일련의 吸收·移行 試驗을 遂行 하였으며, 結果를 要約하면 다음과 같다.

試驗 1. 選拔品種群間的 吸收 및 移行差異

-感受性品種群은 單位乾物重當의 根部 吸收量, 下位莖部吸收量, 上位莖部吸收量 및 全體吸收量에서 각각 耐性品種群의 209%, 193%, 344% 및 204%에 이르렀고, 地上部로의 移行率도 152%에 達하는 정도로 높았다.

試驗 2. 選拔品種間的 藥劑沈澱部位 및 時間에 따른 吸收 및 移行差異

-品種에 關係없이 뿌리吸收는 되었으나 移行은 극히 制限되었다.

-下端莖部에서도 吸收는 하였으나 上位莖部로의 移行은 品種에 關係없이 制限的이었다.

-沈澱時間이 길어지면 根部吸收量도 增加되었으며, 吸收의 持續性은 耐性品種보다 感受性品種에서 有意의으로 컸다.

-莖葉에서 吸收된 oxyfluorfen 이 根部로는 쉽게 移行되는 傾向이었다. 그러나 沈澱時間經過에 따라 莖葉吸收 및 殘留量은 耐性보다 感受性品種에서 持續的으로 增大되는 傾向이었다.

引 用 文 獻

1. Fadayomi O. and G.F. Warren. 1977. Uptake and Translocation of Nitrofen and Oxyfluorfen. Weed Sci. 25: 111-114.
2. Gorske S.F. and H.J. Hopfen. 1978. Selectivity of Nitrofen and Oxyfluorfen Between *Portulaca Oleracea* Ecotypes and Two Cabbage (*Brassica oleracea* var. *capitata*) Cultivars. Weed Sci. 26: 640-642.
3. Grabowski J. M. and H. J. Hopfen. 1985. Phytotoxic Effect of Oxyfluorfen Vaporization. Weed Sci. 33: 306-309.
4. Hull, H.M. 1970. Leaf Structure as Related to Absorption of Pesticides and Other Compounds. Residue Rev. 31: 1-155.
5. Ishizuka K. 1983. Biochemical and Physiological Approaches to Herbicide Selectivity. Weed Res. (Japan) 28-4: 229-242.
6. Ishizuka K., H. Matsumoto and T. Imahase. 1984. Selective Mode of Action of Simetryne among Rice Cultivars. Weed Res. (Japan) 29-4: 289-294.

7. Ishizuka K., H. Matsumoto and Y. Kakumoto. 1984. Effect of Temperature on Absorption and Translocation of Simetryn in Rice Cultivars. *Weed Res. (Japan)* 29-2 : 22-28.
8. Ishizuka K., T. Nakahara and I.N. Lee. 1977. Selective Action of Thiochlormethyl [3-(3-chloro-4-chlorodifluoromethyl-thiophenyl)-1, 1-dimethylurea] on Growth of Plants. *Weed Res. (Japan)* 22-2 : 57-62.
9. Kobayashi K., K. Fukuchi, H. Hyakutake and K. Ishizuka. 1982. Effects of Temperature on Action, Absorption and Translocation of Simetryne in Rice Plants. *Weed Res. (Japan)* 27-2 : 210-216.
10. Kunert K. J., C. Homrighausen, H. Bohme, and P. Boger. 1985. Oxyfluorfen and Lipid Peroxidation : Protein Damage as a Phytotoxic Consequence. *Weed Sci.* 33 : 766-770.
11. Kunert K.J. and P. Boger. 1981. The Bleaching Effect of the Diphenyl Ether Oxyfluorfen. *Weed Sci.* 29 : 169-173.
12. Leavitt J.R.C. and D. Penner. 1979. Prevention of EPTC-Induced Epicuticular Wax Aggregation on Corn (*Zea mays*) with R-25788. *Weed Sci.* 27 : 47-50.
13. Matsumoto H. and K. Ishizuka. 1980. Herbicidal Selectivity of Foliar-Applied Simetryne : Its Absorption, Translocation and Metabolism in Gramineous Plants. *Weed Res. (Japan)* 25-3 : 185-193.
14. Matsumoto H. and K. Ishizuka. 1981. Herbicidal Selectivity of Root-Applied Simetryne : Its Absorption, Translocation and Metabolism in Gramineous Plants. *Weed Res. (Japan)* 26-2 : 135-141.
15. Matsumoto H., S. Chinawong and K. Ishizuka. 1987. Differential Activity of Simetryn and Dimethametryn on Photosynthesis and Growth of Rice Cultivars and Barnyardgrass. *Weed Res. (Japan)* 32-2 : 123-128.
16. Matsunaka S. 1979. Herbicides. From Pesticide Design. -Strategy and Tactics. ed. by Yamamoto I. & J. Fukami. *Soft Sci.* 378-394.
17. 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.
18. Sandmann G. and P. Boger. 1983. Comparison of the Bleaching Activity of Norflurazon and Oxyfluorfen. *Weed Sci.* 31 : 338-341.
19. Takeda S., S. Yuyama, R. C. Ackerson, R. C. Weigel, R.F. Saners, W. Neal, D.G. Gibian and P.K. Tseng. 1985. Herbicidal Activities and Selectivity of a New Rice Herbicide DPX-F5384. *Weed Res. (Japan)* 30-4 : 284-289.
20. Vanstone D.E. and E.H. Stobbe. 1978. Root Uptake, Translocation, and Metabolism of Nitrofluorfen and Oxyfluorfen by Fababeans (*Vicia faba*) and Green Foxtail (*Setaria viridis*). *Weed Sci.* 26 : 389-392.
21. Wilkinson R.E. 1980. Ecotypic Variation of *Tamarix pentandra* Epicuticular Wax and Possible Relationship with Herbicide Sensitivity. *Weed Sci.* 28 : 110-113.
22. WSSA. 1983. *Herbicide Handbook of the Weed Science Society of America*. 5th Ed. WSSA.
23. 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.
24. Yogo Y. and K. Ishizuka. 1986. Tolerance of Large Crabgrass of Different Ages and Strains to Propanil. *Weed Res. (Japan)* 31-1 : 51-57.
25. Yuyama T., R.C. Ackerson, and S. Takeda. 1987. Uptake and Distribution of Bensulfuron Methyl (DPX-F5384) in Rice. *Weed Res. (Japan)* 3-3 : 173-179.
26. Yuyama T., S. Takeda, H. Watanabe, T. Asami, S. Peudpaichit, J.L. Malassa and P. Heiss. 1983. DPX-F5384-A New Broad Spectrum Rice Herbicide. *Proc. 9th APWSS* :
27. Yuyama T., S. Takeda, and R.C. Ackerson. 1987. Uptake and Distribution of Bensulfuron Methyl (DPX-F5384) in Paddy Rice. *Proc. 11th APWSS* : 145-151.