

Butachlor와珪酸質肥料의水稻에對한相互作用

吳秉烈*·梁桓承**·愼鏞華*

Butachlor and Silicate Fertilizer Interaction to Rice

Oh, B. Y*, H. S. Ryang** and Y. H. Shin*

ABSTRACT

Pot and laboratory tests were undertaken to investigate the influence of silicate fertilization on butachlor phytotoxicity to rice. Growth of rice seedlings at 150 ppm of SiO_2 was stimulated, while adverse effect was observed over 300 ppm of SiO_2 and growth reduction was enhanced with combination of butachlor and SiO_2 . Rice growth in pot trial at 150kg/10a of silicate fertilization was not influenced by recommended amounts of butachlor and nitrofen, however, the growth of Seokwang byeo at 300kg/10a of silicate was markedly retarded by butachlor in the initial stage of growth. Growth reduction of Seokwang byeo caused by combined application of silicate and butachlor was recovered 50 days after herbicide application. Growth reduction from butachlor was not influenced by pH level and also degradation behaviors of butachlor in submerged soil was not altered by silicate fertilization. Adsorbed amount of butachlor on rice root was increased with addition of SiO_2 and its amount in Seokwang byeo was higher than that of Jinju byeo. Butachlor absorption by Seokwang byeo was accelerated by 150 ppm of SiO_2 applied simultaneously, but those effect was not encountered in Jinju byeo. Butachlor absorption of rice seedlings was also increased by 150 ppm of K_2O , while CaO hindered the absorption and Na_2O had no effect on the absorption. Residual level of butachlor in Seokwang byeo treated with combined solution of butachlor and SiO_2 was continued higher than that with butachlor alone during 10 days after transplantation to culture solution.

Key words: butachlor, silicate, phytotoxicity, rice.

緒 言

우리나라水稻作에使用되고 있는除草劑의大部分은雜草發芽前土壤處理劑로서 이들除草劑는作物의種子나根系로부터隔離된土壤表面에處理되어作物과雜草와의 사이에物理的인選擇性を利用하고 있으므로栽培樣式的變化에따라서는藥害가發生하는境遇가 있다. 특히最近機械移秧面積이擴大됨에 따라稚苗가淺植되는傾向이고幼苗地上部가浸水되기容易하므로從來의成苗移秧에서

보다發芽前處理型除草劑에依한藥害의憂慮가增加하고 있는實情이다.

除草劑에依한水稻의藥害는藥劑自體의特性,撒布方法에依해서도發生하지만氣候條件,作物體의除草劑吸收部位 그리고除草劑와土壤成分間的相互作用에 의해서도 나타난다.³⁰⁾土壤成分과除草劑의相互作用에對한研究中 磷酸質肥料의施用과除草劑의藥效와藥害의變動에對하여多數의藥劑에서報告된 바 있으며^{3,27,28,32)}窒素¹³⁾,石灰^{22,23)}加理³³⁾等に對하여도特定藥劑와의反應이檢討된 바 있다.

* 農藥研究所. ** 全北大學校 農科大學.

* Agricultural Chemicals Research Institute, ORD, Suweon 170, Korea. ** College of Agriculture, Jeonbuk National University, Jeonju 520, Korea.

稻體의 耐倒伏性和 細胞膜의 堅固性을 增進시키는 效果가 있는 珪酸⁶⁾은 水稻作에 있어 農土 培養 및 多收穫栽培에 必須의인 元素로 登場하게 되었고^{20,21)} α -chloroacetamide系 除草劑는 細胞分裂抑制의 效果가 있으므로¹²⁾ 이들 2成分間에는 相互作用이 存在할 可能性을 內包하고 있다.

本 試驗에서는 發芽前處理型 除草劑인 butachlor와 珪酸質肥料의 相互作用을 眞珠벼와 曙光벼에 對하여 pot 및 實內試驗으로 實施하였기 그 結果를 報告하는 바이다.

材料 및 方法

1. 供試材料

本 試驗에서 使用한 除草劑는 butachlor(α -chloro-2',6'-diethyl-N-butoxymethyl acetanilide)의 標準品(99.8%, Monsanto Co.)과 粒狀의 zeolite에 吸着시킨 粒劑(6.3%) 및 nitrofen(2,4-dichlorophenyl-p-nitrophenylether)의 標準品(99.5%, Rhom & Hass Co.)과 濕式造粒型 粒劑(7.3%)를 供試하였다. 生物檢定에서는 Japonica型인 眞珠벼와 Japonica \times Indica型인 曙光벼를 使用하였고 水耕液은 Yoshida等³⁴⁾의 方法에 準하여 製造하였고 珪酸은 室內試驗에서는 珪酸소다(Na_2SiO_3)를, pot試驗에서는 珪酸質肥料(有效珪酸含量: 25%)를 使用하였다. 置換性 監基의 給源으로서는 KCl , NaCl 및 CaCl_2 를 使用하였다. 除草劑의 土壤中 吸着과 pot試驗에 使用한 土壤은 砂壤土로서 化學的인 特性은 $\text{pH}(1:5)$ 5.4, 有機物 0.93%, 陽이온置換容量 10.3me/100g, 有效珪酸 62ppm이었다.

2. 試驗方法

水稻幼苗에 對한 butachlor와 SiO_2 의 相互作用을 室內試驗으로 調查하고자 butachlor 1.25 μmole 과 5.0 μmole 에 SiO_2 150, 300, 600ppm을 各 混合하여 agar培養液에서 藥劑處理 20日 後의 生長量을 生體重으로 調查하였다. 土壤條件下에서의 butachlor와 珪酸質肥料의 水稻에 對한 相互作用은 珪酸質肥料를 150, 300kg/10a水準으로 砂壤土에 混和하여 1/20,000 plastic pot에 17kg씩 채우고 灌水處理 2日後에 3~4葉期의 水稻幼苗를 pot當 3株씩 移秧하였다. 移秧 5日後에 butachlor와 nitrofen粒劑를 3kg/10a水準으로 撒布하

고 藥劑處理 10, 25, 50日後의 水稻生育狀況을 調査하였다.

珪酸質肥料 施用水準別 butachlor의 土壤中 吸着量은 風乾土壤에 珪酸質肥料를 150, 300, 600kg/10a水準으로 混合하고 5g의 土壤을 各 25ml의 遠心分離管에 取하고 10ml의 Butachlor水溶液 10ml를 加한 後 30分間 震盪하였다. 土壤-除草劑 混合物을 4,000ppm에서 30分間 遠心分離한 後 上澄液中的 butachlor殘存量을 n-hexane으로 抽出하여 GLC-ECD로 分析하여 土壤中 butachlor의 吸着量을 算出하였다. 또한 各處理土壤의 $\text{pH}(1:5)$ 는 Beckman pH meter modal 3500으로 測定하였다.

珪酸質肥料의 施用에 依한 土壤中 butachlor의 分解는 風乾砂壤土에 珪酸質肥料를 300kg/10a水準으로 混合하고 이 試料 20g을 試驗管(3cm \times 20cm)에 取하여 3cm 湛水下 25 $^{\circ}\text{C}$ 에서 7日間 培養한 後 50 μg 에 相當하는 butachlor와 nitrofen水溶液을 添加하여 藥劑處理 7, 15, 30日後의 殘留量을 吳等¹⁸⁾의 方法에 準하여 分析하였다.

珪酸에 依한 除草劑의 水稻根部 附着量과 體內吸收量은 SiO_2 150ppm에 butachlor 20 μmole 과 nitrofen 3 μmole 濃度로 各 混合하여 5葉期의 水稻根部를 25 $^{\circ}\text{C}$ 에서 2日間 浸漬시킨 後 根部를 1% Triton x-100水溶液으로 洗滌하여 除草劑의 根部 附着量을 調査하였고 水稻體內 部位別 殘留量을 經時的으로 分析하였다.

置換性監基에 依한 butachlor의 水稻體內 吸收效果는 butachlor 20 μmole 의 水溶液에 K_2O , Na_2O , CaO 150ppm씩 各 混合한 溶液 200ml에 5葉期의 水稻根部를 25 $^{\circ}\text{C}$ 에서 2日間 浸漬시킨 後 水稻體 部位別 butachlor의 殘留量을 分析하였다. 監基의 給源으로서는 KCl , NaCl 및 CaCl_2 를 使用하였다.

3. 水稻體中 除草劑의 殘留量 分析

水稻體中 除草劑의 殘留分析은 回收率 試驗을 土臺로 다음과 같이 實施하였다. 稻體를 0.5cm 內外로 細切하여 試料量의 10倍에 相當하는 acetonitrile로 海砂와 함께 磨碎한 後 Buchner funnel上的 celite層을 通하여 吸引濾過하고 殘渣를 50ml의 acetonitrile로 洗滌하였다. 濾液은 500ml의 分液濾斗에 옮겨 20ml의 飽和 NaCl 溶液과 150ml의 蒸留水를 加하여 25ml의 n-hexane으로 2

回 抽出하였다. n-hexane 層은 無水 Na_2SO_4 로 脫水시킨 後 40℃에서 減壓濃縮하였다. 濃縮液을 精製하기 위하여 Florisil Column Chromatography 를 實施하였다.

105℃에서 24時間 活性化시킨 Florisil(Floridin社 製品, 60/80mesh)을 直徑 1cm, 길이 30cm의 glass column에 充填하고 上部에 1cm의 無水 Na_2SO_4 를 靜置시켜 n-hexane 으로 洗滌하였다. 試料濃縮液을 column에 옮기고 butachlor는 15% (v/v) ethylether/hexane 50ml로 溶出하여

除去하고 50ml의 30% (v/v) ethylether/benzene fraction을 5ml로 濃縮하였다. nitrofen은 50ml의 5% (v/v) ethylether/petroleum ether로 溶出하여 除去하고 50ml의 15% (v/v) ethylether/petroleum ether fraction을 5ml로 濃縮하였다. 各濃縮液은 表1의 GLC條件下에서 分析하였고 上記 分析法에 依한 水稻體中 除草劑의 回收率은 1ppm水準에서 butachlor 96%, nitrofen 94%이었다.

Table 1. Gas liquid chromatographic parameters for residue analysis of herbicides.

Specification	Butachlor	Nitrofen
Instrument	TRACOR Model 550 equipped with ECD (^{63}Ni)	
Column	Borosilicate (I.D. 4mm, Length 60cm)	
Packing material	5% OV-17 on Chromosorb W HP 80-100 mesh.	
Column temperature	210°C	230°C
Injector temperature		230°C
Detector temperature		290°C
Carrier gas (N_2)		70ml/min
Purge gas (N_2)		30ml/min
Chart speed		6ml/min
Retention time	2.8 min	3.4 min

結果 및 考察

1. Butachlor와 珪酸質肥料의 混用に 依한 水稻의 生長反應

珪酸이 水稻幼苗의 生長에 미치는 效果를 調査하기 위하여 SiO_2 濃度를 150, 300, 600 ppm으로 添加하여 水耕液으로 調製한 agar培養液에서 曙光벼와 眞珠벼의 崔芽種子를 對象으로 試驗한 結果는 그림 1과 같다.

SiO_2 150ppm에서는 無處理에 比하여 5~35%의 水稻幼苗의 生長促進效果가 있었으나 300ppm을 超過할 境遇에는 오히려 幼苗의 生長이 阻害되었다. 特히 150ppm에서 曙光벼의 生長은 眞珠벼 보다 顯著히 높았으나 600ppm의 高濃度에서는 SiO_2 에 의한 生長抑制效果가 眞珠벼에서 보다 曙光벼에서 크게 나타났다. 高橋²⁷⁾는 水耕液에 0~100ppm까지

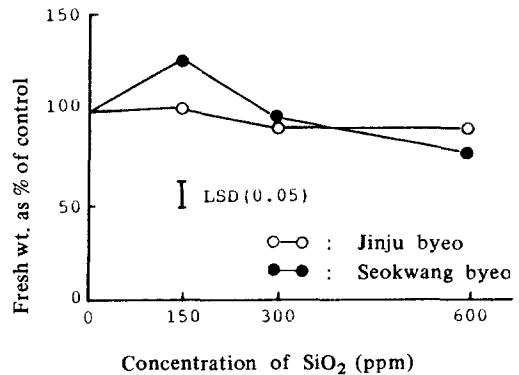


Fig. 1. Effect of SiO_2 concentration on the growth of rice seedlings.

添加하였을 때 Japonica型인 農林 22號의 地上部 乾物重은 SiO_2 濃度의 增加에 따라 比例함을 報告하고 水稻가 珪酸을 多量吸收하여도(莖葉乾物重의

20%) 過剩障害를 받지 않는다고 하였으나 本 試驗에서는 150ppm에서도 生長增大效果가 있었던 것으로 보아 水稻幼苗期の SiO_2 의 最適濃度는 150 ppm임을 알 수 있었다. SiO_2 150ppm에서 曙光벼가 眞珠벼 보다 生長促進效果가 높았던 것은 水稻幼苗期에 曙光벼가 眞珠벼 보다 珪酸의 吸收利用率이 높는데⁸⁾ 基因한 것으로 보이며 300 ppm 이상의 濃度에서 生長阻害를 나타낸 것은 水耕液의 alkali化(Na_2SiO_3 로서 300ppm의 SiO_2 濃度는 pH 10程度)와 이에 隨伴되는 無機械養分の 不可給態¹⁷⁾ 및 $\text{Mn}^{5)}$ 과 $\text{Fe}^{19)}$ 의 害를 받았던데 基因하는 것으로 생각된다.

SiO_2 의 存在下에서 butachlor의 水稻幼苗에 對한 藥害反應을 調査하기 위하여 水耕液에 butachlor 1.25 μmole 과 5.0 μmole , SiO_2 150, 300, 600 ppm을 濃度로 各各 混合하여 agar 培養液에서 水稻의 催芽種子에 對한 生長反應을 調査한 結果는 그림 2와 같다.

SiO_2 150ppm에서는 水稻生長이 butachlor 單用에 比하여 多少 促進되는 傾向이었으나 300 ppm에서는 1.25 μmole 의 butachlor에 依한 曙光벼의 生長이 除草劑 單用에 比하여 顯著히 阻害되었다. 이와 같은 傾向은 butachlor 5 μmole 에서도 類似한 反應으로 나타났다. 珪酸은 植物體의 細胞壁 強度를 增大시켜 耐倒伏性을 增加시키는 效果가 있고⁶⁾ α -cheoroacetamide系 除草劑의 作用機作이 細胞分裂

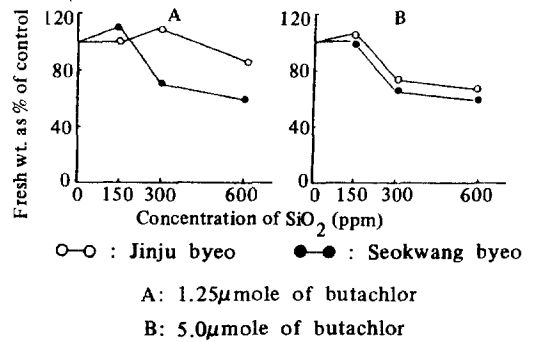


Fig. 2. Combined effect of butachlor and SiO_2 on the shoot growth of rice seedlings.

및 伸長의 抑制¹²⁾에 있는 點을 감안하면 珪酸과 butachlor는 水稻生育抑制에 相乘作用이 存在할 可能性을 充分히 內包하고 있는 것이며 이에 對한 生理, 生化學的인 體系의 研究가 必要할 것으로 믿는다.

水稻幼苗에 對한 butachlor의 藥害發現에 있어 相乘作用이 認定된 SiO_2 의 效果를 土壤條件에서 再 確認하기 위하여 砂壤土를 利用하여 1/20,000 pot에서 珪酸質肥料의 施用水準을 150,300kg/10a로 하고 nitrofen을 對照로 하여 曙光벼와 眞珠벼에 대한 水稻生育效果를 試驗하였던 바 그 結果는 表 2, 3과 같다.

Table 2. Combined effect of herbicide and silicate fertilization on the growth of Seokwangbyeo.

Herbicide	Silicate (kg/10a)	Growth as percent of control							
		Plant height			Tiller			Fresh wt. of shoot	
		10DAT ^{a)}	25DAT	50DAT	10DAT	25DAT	50DAT	12DAT	30DAT
Butachlor	0	106a ^{b)}	99a	102a	92a	91a	91a	106a	107a
	150	102a	105a	101a	92a	96a	97a	107a	103a
	300	84b	91a	107a	64c	68c	100a	72b	92a
Nitrofen	0	107a	102a	101a	94a	106a	98a	96a	116a
	150	100a	101a	102a	95a	91a	93a	93a	115a
	300	93a	97a	101a	81b	86b	98a	96a	96a

a) Days after herbicide application.

b) Means within column followed by same letter do not differ significantly at the 5% level using Duncan's multiple range test.

Table 3. Combined effect of herbicide and silicate fertilization on the growth of Jinjubyeo.

Herbicide	Silicate (kg/10a)	Growth as percent of control							
		Plant height			Tiller			Fresh wt. of shot	
		10DAT ^{a)}	25DAT	50DAT	10DAT	25DAT	50DAT	12DAT	30DAT
Butachlor	0	99	96	96	94	88	97	108	104
	150	104	101	98	96	90	104	103	108
	300	98	97	97	91	89	95	96	93
Nitrofen	0	98	98	98	94	97	97	90	108
	150	104	101	99	91	95	98	102	102
	300	97	102	100	100	91	99	90	101

a) Days after herbicide application

Nitrofen의境遇는珪酸質肥料의施用水準,水稻品種에關係없이生育初期부터草長과莖數에큰差異가없었으나地上部生體重은生育初期(除草劑處理12日後)에一時沮害를받았고生育時期가進展됨에따라無處理의水準으로回復되었다.그러나butachlor는室內試驗의境遇와같이珪酸質肥料300kg/10a水準에서,曙光벼는藥劑處理10日後의分蘖莖數가無處理의36%,草長은16%로生育이沮止되었고특히地上部の生體重은無處理區의28%로서심한生育沮害現象을나타냈다.그러나,이와같은生育沮止現象은藥劑處理後時日이經過됨에따라無處理의狀態로回復되어藥劑處理50日後의水稻生育狀態는處理間에큰差異를認定할수없었다.

이와같이珪酸質肥料의施用에依하여butachlor에對한藥害反應이相異하게나타난것은根活力이낮은曙光벼가珪酸施用量이增加함에따라根活力의增大效果가眞珠벼에서보다크게나타나butachlor의吸收를促進시킨데基因된것으로믿어진다.

2. 珪酸質肥料施用에依한土壤中Butachlor의行動.

珪酸質肥料의施用에依한butachlor의水稻에對한藥害增大原因이土壤粒子에의藥劑吸着量差異에基因하는지의與否를究明하기위하여珪酸質肥料의施用水準을150, 300, 600kg/10a로調節한砂壤土에butachlor를處理하여그吸着量を調

査한結果는그림3에表示한바와같다.

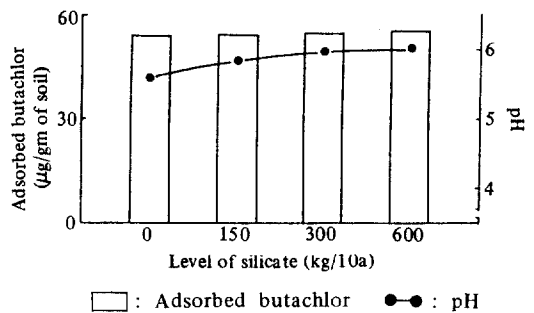


Fig. 3. Effect of silicate fertilization on the butachlor adsorption of sandy loam soil and soil pH.

珪酸質肥料600kg/10a의施用水準에서도供試土壤의butachlor의吸着量은55.3µg/g으로서無處理土壤의54.2µg/g와큰差異가없었으며土壤의pH(1:5)도無處理5.3에서600kg/10a의珪酸質肥料施用水準의5.9로크게變化되지않아珪酸質肥料施用에依한土壤溶液中のbutachlor溶存量の差異나pH의變化가藥害增大의原因으로作用하지않았음을알수있었다.

한편漑水土壤條件下에서除草劑의分解에미치는300kg/10a水準의珪酸質肥料의施用效果를室內試驗으로調査한結果(表4)無施用區에서의butachlor半減期는22.4日으로서300kg/10a施用水準에서의23.2日과差異가없었고nitrofen에서도珪酸質肥料施用에依한土壤中半減期の差異는

認定되지 않았다.

Table 4. Effect of silicate fertilization on the degradation of herbicides in submerged sandy loam soil

Herbicide	Silicate (kg/10a)	-r ^{a)}	K ^{a)} (x10 ² .day ⁻¹)	Half-life ^{a)} (day)
Butachlor	0	0.995	3.09b ^{b)}	22.4
	300	0.998	3.00b	23.2
Nitrofen	0	0.951	7.66a	9.0
	300	0.915	8.43a	9.2

a) Correlation coefficient(r), degradation constant(K), and half-life were obtained from linear regression of log concentration in soil(ppm) with time.

b) Means within a column followed by same letter do not differ significantly at the 5% level using Duncan's multiple range test.

以上の結果로 미루어 珪酸質肥料 施用에 依한 butachlor 의 水稻生長抑制效果는 土壤中에서의 butachlor 의 吸着이나 分解期間의 變化에 基因된 것이 아니고 水稻體의 生理化學的 特性의 變化에 由來한 것으로 推定되었다.

3. 珪酸과 置換性 藍基에 依한 除草劑의 水稻 體 吸收

珪酸添加에 依한 除草劑의 水稻體 根部 附着量 變化를 調査하기 위하여 SiO₂ 150 ppm에 butachlor 20 μmole 과 nitrofen 3 μmole 을 各各 混合한 溶液에 5葉期의 曙光벼 根部를 1日間 浸漬시킨 後 根部에 附着된 除草劑의 量을 測定하여 그림 4 와 같은 結果를 얻었다.

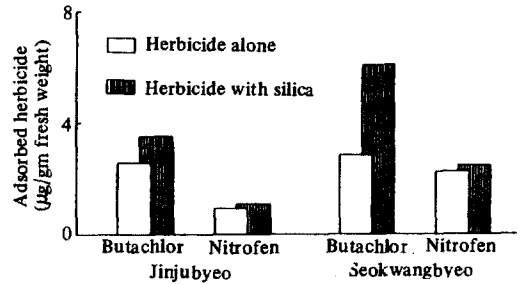


Fig. 4. Effect of combined solution of herbicide and silica on the adsorbed herbicides on rice roots. Ten rice seedlings of 5 leaf stage were immersed in 200ml of combined solution of herbicide and silica for 2 days. Concentration of herbicide and silica was 20 μmole of butachlor, 3 μmole of nitrofen, and 150 ppm of SiO₂.

Table 5. Effect of silica on the uptake of herbicides by rice seedlings^{a,b)}

Herbicide ^{c)}	SiO ₂ (ppm)	Herbicide uptake (μg/g fresh wt.) in					
		Jinjubyeo			Seokwangbyeo		
		Root	Shoot	Whole	Root	Shoot	Whole
Butachlor	0	4.100a ^{d)}	0.241a	1.206a	3.777b	0.286a	1.333b
	150	4.187a	0.155b	1.163a	5.550a	0.264a	1.850a
Nitrofen	0	4.306a	0.159b	1.196a	2.970cd	0.141cd	0.990c
	150	3.025b	0.053cd	0.970b	2.359c	1.124c	0.745cd

a) Ten rice seedlings of 5 leaf stage were immersed in 200ml of combined solution of herbicide and silica for 2 days at 25°C.

b) Each value is a mean of 3 replicates.

c) Concentration of herbicide was 20 μmole of butachlor and 3 μmole of nitrofen.

d) Means within a column followed by same letter do not differ significantly at the 5% level using Duncan's multiple range test.

眞珠벼의 境遇 butachlor의 水稻根 生體重(g)當 附着量은 除草劑 單用에서 2.4 μg 이었으나 150 ppm의 SiO_2 가 共存하였을 때에는 3.3 μg 으로서 約 38%의 附着增大效果가 있었다. nitrofen에서 는 除草劑 單一處理에서 0.9 μg 이 附着되었고 SiO_2 와 共存時에는 1.0 μg 으로서 큰 差異가 없었다. 曙光벼의 境遇에서 butachlor의 單用은 2.8 μg 의 附着量을 보인 反面 SiO_2 와의 混用은 6.2 μg 으로서 2倍 以上の 附着量 增大效果를 나타냈고 nitrofen은 眞珠벼에서와 같이 큰 差異를 認定할 수 없었다. 이와 같은 現象은 Japonica \times Indica 交配型 品種이 Japonica 品種보다 根의 活力은 낮으나 根의 生長量이 많고 叢生하며 섬세하기 때문에⁴⁾ 表面積이 擴大되어 除草劑의 接觸面積이 增大되는데 基因하는 것으로 생각되며 珪酸質肥料 施用에 依하여 曙光벼의 根活力이 增大되어 butachlor의 附着量이 增加된 것으로 解析된다. nitrofen에 있어서 SiO_2 의 添加에 依한 水稻根部에의 除草劑附着量이 無處理와 큰 差異가 없었던 것은 nitrofen의 水中 溶解도가 butachlor보다 顯著히 낮아 SiO_2 添加에 依한 根活力增大가 nitrofen의 根部附着에 크게 作用하지 않았던 것으로 보인다.

SiO_2 에 依한 butachlor의 水稻生育 抑制增進效果가 除草劑의 水稻體內 吸收量 變化에 基因하는가를 究明하고자 SiO_2 150ppm에 butachlor 20 μmole 과 nitrofen 3 μmole 濃도로 各各 混合하고 이들 溶液에 5葉期의 曙光벼 根部를 25 $^{\circ}\text{C}$ 에서 2日間 浸漬시킨 後 水稻體內 部位別 除草劑 含量을 調査한 結果는 表 5와 같다.

眞珠벼에서는 SiO_2 에 依하여 butachlor의 吸收量에 큰 差異가 없었으나 曙光벼에서는 水稻體 生體重當(gr) 1,850 μg 이 吸收되어 無處理의 1,333 μg 에 比하여 約 39%의 吸收增大效果가 있었으나 nitrofen의 境遇에는 오히려 SiO_2 에 依하여 吸收가 抑制되는 傾向을 나타냈다. 水稻根을 通하여 吸收된 除草劑의 水稻體 部位別 分布는 大部分이 根部에 殘存하여 地上部로의 移動이 매우 輕微하였고 이러한 傾向은 물에 對한 溶解도가 낮은 Nitrofen에서, 根活力이 높은 曙光벼에서 더욱 顯著한 結果로 나타났다. 이와 같은 水稻體 部位別 除草劑의 吸收量 分布는 Kuwatsuka⁹⁾와 Chen等²⁾이 圃場狀態에서 diphenylether系 除草劑와 butachlor에 對하여 試驗한 結果와 一致하였다.

土壤中에 存在하는 利用性 P_2O_5 ^{3,25)}, $\text{Mg}^{1)}$, $\text{Ca}^{23)}$,

$\text{Zn}^{26)}$, $\text{Cu}^{28)}$ 等은 除草劑의 根部의 透過性을 變化시켜 殺草活性에 影響을 미치므로 이를 要因과 除草劑間의 相互作用에 對한 研究가 重視되고 있으며 土壤의 無機成分에 依한 植物根 細胞模의 除草劑 浸透性은 細胞模 構成成分인 磷脂質의 脂肪酸組成에 크게 左右되고 特히 不飽和 脂肪酸의 比率에 따른 細胞模의 viscosity變化가 透過性 變化의 主된 要因으로 밝혀지고 있다.²⁴⁾ Japonica \times Indica型 水稻品種은 細胞模의 磷脂質含量과 不飽和脂肪酸의 含有比率이 Japonica 品種에 比하여 낮다¹⁰⁾는 點으로 미루어 볼때 珪酸施用으로 細胞模의 脂肪酸組成과 不飽和度의 變化로 因한 viscosity의 減少가 曙光벼의 butachlor의 吸收를 促進시킨 것으로 推定되며 nitrofen의 水稻體內 吸收가 珪酸施用으로 多少 沮害된 것은 물에 對한 溶解도가 낮고¹⁶⁾ 珪酸과의 chelate 形成, 珪酸과의 養分吸收競合等에 基因된 것으로 보이니 이에 對한 자세한 原因 究明을 爲하여는 細胞模의 脂肪酸組成 및 viscosity와 關聯된 研究가 隨半되어야 할 것이다.

Butachlor의 水稻體 吸收에 미치는 珪酸以外的 置換性 監基의 影響을 究明하기 爲하여 K_2O , Na_2O , CaO , 로서 150 ppm이 되도록 各各 butachlor 20 μmole 로 混合한 水耕液에 5葉期 曙光벼의 根部를 25 $^{\circ}\text{C}$ 에서 10日間 浸漬시킨 後 水稻體內 部位別 butachlor의 含量을 調査하였다.(表 6)

眞珠벼에 있어서 K_2O 處理는 稻體生體重 gr當 butachlor의 含量이 3,301 μg 으로서 無處理의 2,242 μg 에 比하여 47%의 吸收增進效果가 있었으나 Na_2O 는 除草劑의 水稻體內 吸收에 影響이 없었고 CaO 는 오히려 吸收를 抑制하는 效果를 보였다. 이와 같은 傾向은 曙光벼의 境遇에 더욱 顯著하여 K_2O 는 無處理에 比하여 稻體中 butachlor 含量을 90% 以上 增大시키는 效果가 있었다. 水稻體 部位別 butachlor의 含量分布를 보면 大部分이 根部에 殘存하여 稻體內에 吸收된 除草劑의 移行에 이를 置換性 監基의 作用은 認定되지 않았다.

K_2O 는 植物細胞의 原形質構造 維持, 滲透壓 調節等の 生理作用 以外에 酵素反應의 活性化劑로서 植物의 種類에 따라 要求度의 差異는 있으나 乾物重의 平均含量이 1.66 ~ 2.75%로서 多量으로 要求되는 成分이다.³⁰⁾ 따라서 K_2O 의 多量吸收는 細胞模의 viscosity를 減少시켜 butachlor의 吸收를 促進시킨 것으로 보이며 potassium에 依한 植物體의 除草劑 吸收促進 效果는 他藥劑에서도 報告된 바

Table 6. Effect of exchangeable bases on the uptake of butachlor by rice seedlings^{a,b)}

	Butachlor uptake ($\mu\text{g/g}$ fresh wt.) in in					
	Jinju byeo			Seokwang byeo		
	Root	Shoot	Whole	Root	Shoot	Whole
Control	8.802b ^{d)}	0.299a	2.242b	7.704bcd	0.376bc	2.568bc
K ₂ O	11.033a	0.566a	3.301a	14.825a	0.628a	4.884a
Na ₂ O	8.273b	0.341a	2.324b	7.755bcd	0.411b	2.614c
CaO	7.135c	0.264b	1.982b	6.381e	0.304c	2.127c

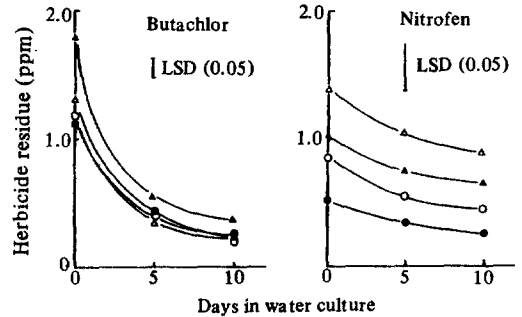
- a) Ten rice seedlings of 5 leaf stage were immersed in 200ml of combined solution of a base with 20 μmole of butachlor for 10 days at 25°C.
 b) Each value is a mean of 3 replicates.
 c) Sources of bases were KCl, NaCl and CaCl₂, and concentration of base was 150ppm.
 d) Means within a column followed by same letter do not differ significantly at the 5% level using Duncan's multiple range test.

있다. CaO는 세포膜的 두께를 增大시키고^{14,15)} 無機 ion의 세포膜 透過性에 影響을 미칠¹⁵⁾ 뿐아니라 Rivera와 Penner²³⁾는 砂耕試驗의 大豆에서 Ca含量이 增加함에 따라 根部 plasmalemma 中の 脂肪酸 不飽和度가 顯著히 增加되어 linuron의 吸收가 阻害되는 結果를 얻은 바 있다. Wolf³³⁾도 밀에서 CaCl₂는 simazine의 吸收를 抑制하는 效果를 報告하였다. 따라서 CaO는 水稻根의 細胞膜 viscosity를 增大시켜 butachlor의 吸收가 無處理에 比하여 多少 적었던 것으로 判斷된다. 한편 Na₂O는 celery와 사탕무에서는 施用效果 및 吸收利用率이 높으나 水稻에서는 要求度가 낮고 吸收量도 매우 낮으므로²⁰⁾ 根部 細胞膜의 變化에 影響을 미치지 않아 butachlor의 吸收량에도 差異가 없었던 것으로 보인다.

珪酸의 水稻體內 吸收는 다른 必須成分에 比하여 6~30 배에 達하며 水稻根에 依한 珪酸吸收는 積極的인 吸收와 關聯되므로²⁹⁾ 珪酸은 水稻根의 細胞膜 組成에 變化를 일으켜 除草劑의 吸收樣相이 다르게 나타난 것으로 歸結되나 이에 對한 明確한 機作의 解明은 珪酸과 水稻根의 生理 및 生化學的인 關係에 對한 研究가 集積될 때 可能하게 될 것이다.

SiO₂ 存在下에서 水稻體內에 吸收된 除草劑의 經時的 分解樣相을 調查하기 위하여 150ppm의 SiO₂ 와 butachlor 20 μmole 및 nitrofen 3 μmole 을 各各 混合한 溶液에 5葉期 幼苗의 根部를 5日間

浸漬시킨 後 除草劑를 含有하지 않는 水耕液에서 栽培하여 5日, 10日後의 水稻體中 殘留量變化를 調査한 結果는 그림 5 에서와 같다. Butachlor의 境



- : Jinju byeo, Herbicide alone
 △-△ : Seokwang byeo, Herbicide alone
 ●-● : Jinju byeo, Herbicide+SiO₂
 ▲-▲ : Seokwang byeo, Herbicide+SiO₂

Fig. 5. Degradation behaviors of herbicides in rice plants grown in water culture after dipping the roots in combined solution of herbicide and silica for one day at 25°C.

遇 眞珠벼에서는 SiO₂의 存在에 影響을 받지 않아 水稻體內 殘留濃도에 큰 差異가 없었고 水稻體內에서의 經時的 分解樣相도 큰 變化가 없었으나 butachlor의 生體內 分解速度는 迅速하여 水耕栽培 10

日後的 殘留濃度는 0.15 ~ 0.23 ppm으로 初期濃度 1.81 ~ 2.05 ppm에 比하여 顯著한 減少를 보였다. 曙光벼에서는 SiO₂ 無處理에서 水稻體內 butachlor 殘留濃도가 1.28ppm인데 反하여 SiO₂의 存在下에서는 그 濃도가 1.75ppm으로 SiO₂가 butachlor의 吸收를 促進하였고 이와 같은 初期殘留濃度の 差異는 水耕栽培日數가 經過되어도 同一한 傾向을 나타내었다.

한편 nitrofen은 SiO₂의 添加로 眞珠벼와 曙光벼에서 모두 稻體中 殘留濃도가 無處理에 比하여 낮게 維持되었으며 品種別로는 眞珠벼보다 曙光벼에서 吸收量과 栽培期間中 殘存量이 높게 維持되었다. 또한 生體內에서의 分解樣相을 보면 nitrofen이 butachlor보다 安全하여 殘留濃도가 後期에도 nitrofen이 높았는데 이는 還元狀態에서는 不安定하나 酸化狀態에서는 化學적으로 매우 安定한 nitrofen의 特性⁹⁾에 基因한 것으로 보인다.

이들 結果를 綜合하면 除草劑의 植物에 對한 活性의 大小를 植物體內에 吸收된 藥劑의 glutathione-s-transferase에 依한 分解程度에 따라 區分하고 境遇가 있으나¹¹⁾ 本 試驗의 結果 水稻體에 吸收된 butachlor의 分解樣相이 SiO₂의 存在 有無에 影響을 받지 않은 것으로 보아 SiO₂는 glutathione-s-transferase의 活性에는 作用하지 않았던 것으로 判斷된다.

以上的 일련의 試驗結果를 考察할때 珪酸質肥料의 施用에 依한 butachlor의 水稻生育初期의 阻害現象은 多量 施用되는 珪酸에 依한 水稻根의 細胞模構成成分에 變化를 일으켜 細胞模의 透透性이 增大되므로서 butachlor의 水稻體內 吸收量이 增加하였던데 그 原因이 있었다.

摘 要

水稻作에 있어 土壤肥沃度 增進 및 生産性 增大에 必須인 珪酸質肥料의 施用과 butachlor의 水稻에 對한 相互作用을 究明하기 위하여 眞珠벼(Japonica型)와 曙光벼(Japonica × Indica型)를 對象으로 室內 및 pot 試驗을 通하여 生物, 化學적으로 檢討한 바 그 結果는 다음과 같다.

1. SiO₂는 150ppm에서 水稻幼苗의 生長을 促進하였으나 300 ppm以上에서는 抑制效果가 있었으며 butachlor의 水稻生長阻害作用을 增大시켰다.

2. 珪酸質肥料 150kg/10a 施用水準의 pot 試驗

에서 butachlor와 nitrofen에 依한 水稻生育은 影響을 받지 않았으나 300kg/10a에서는 butachlor가 標準藥量에서 曙光벼의 初期生育을 顯著히 阻止하였다. 珪酸質肥料과 butachlor에 依한 水稻生育抑制는 藥劑處理 50日後에 完全히 回復되었다.

3. 珪酸質肥料施用에 依한 土壤의 butachlor 吸着量은 變化가 없었으나 土壤酸度는 多少 增加하는 傾向이었다.

4. 珪酸質肥料의 施用은 湛水土壤中 butachlor의 分解에 影響이 없었으나 SiO₂ 處理로 水稻根部位의 除草劑 附着量은 增加하였다.

5. 水稻體內 butachlor의 吸收量은 SiO₂의 添加로 曙光벼에서 增進되었으며 吸收量의 大部分은 根部에 存在하였다.

6. 置換性 鹽基에 依한 butachlor의 水稻體內 吸收는 K₂O가 促進效果를 나타낸 反面 Na₂O는 影響이 없었고 CaO는 減少시키는 傾向이었다.

7. SiO₂에 依하여 水稻體內에 吸收된 butachlor의 分解樣相은 無處理와 差異가 없었고 眞珠벼보다 曙光벼에서 높게 維持되었다.

引 用 文 獻

1. Brenchley, R.G. and A.P. Appleby. 1971. Effect of magnesium and photoperiod on triazine toxicity to tomatoes. *Weed Sci.* 19:514-525.
2. Chen, Y.L. and J.S. Chen. 1979. Degradation and dissipation of herbicide butachlor in paddy fields. *J. Pesticide Sci.* 4:431-438.
3. Doll, J.D., D. Penner, and W.F. Meggit. 1970. Herbicide and phosphorus influence on root absorption of amiben and atrazine. *Weed Sci.* 18:357-359.
4. Hong, Y.P. 1981. Rice root uptake and translocation ³²P and ⁸⁶Rb. M.S. Thesis, Univ. of Arkansas.
5. Horst, W.J. and H. Marsher. 1978. Effect of silicon on Mn tolerance of bean plant (*Phaseolus vulgaris*). *Plant and Soil* 50:287-303.
6. Idris, M.M., M. Hoasin, and F. A. Choudhurg. 1975. The effect of silicon on lodging of rice in presence of added nitrogen. *Plant and Soil* 43:691-695.
7. Kang, Y.K. 1981. Silicon influences on physio-

- logical activities in rice. Ph. D Thesis, Univ. of Arkansas.
8. 김영우, 1981. 수도신육성품종의 기본영양특성. 농업기술연구소. 농사시험연구보고서 (생물부편) : 11-23.
 9. 鎌塚昭三, 1973. 除草劑の土壤中における残留と消長. 植物防護 29:13-19.
 10. 權容雄, 鄭進, 1981. 水稻의 脂質磷酸 合成能力에 對한 生化學的인 研究. 産學協同, '81-14.
 11. Lay, M. M. and J.E. Casida. 1978. Chemical action of herbicide antidotes. 151 p Academic Press, New York.
 12. Luanne, M.D. and F.D. Hess. 1980. An analysis of growth inhibitory characteristics of alachlor and metolachlor. Weed Sci 28:168-175.
 13. Mackercher, R.B. and W.R. McGregor. 1980. Triallate phytotoxicity and nitrogen fertilization. Weed Sci. 23:182-184.
 14. McGobbic, E.A. 1971. Fluxes and compartments of cells. Ann. Rev. Plant Physiol. 22:75-96.
 15. Morre, D.J. and C.F. Bracker. 1976. Ultrastructural alteration of plant plasma membranes induced by auxin and calciumions. Plant Physiol. 58:544-547.
 16. 日本雜草學會 1981, 除草劑 解説(1), 雜草研究 25:48.
 17. 奥田東, 1966. 肥料學概說, 養賢堂, p.85-95.
 18. 吳秉烈, 梁桓承, 1984, 土壤中除草劑 分解에 미치는 水分, 有機物, 石灰의 影響. 未發表
 19. Okuda, A. and E. Takahashi. 1965. The role of silicon. p 123-146 Johns Hopkins Press, Baltimore, Maryland.
 20. 朴英大, 1976, 韓國의 秋落畚에對ある 珪酸質肥料としこ 珪酸石灰의 效果に 關ある研究. 北海道大學, 博士學位論文.
 21. 박천서, 1970, 한국수전토양의 유효규산함량과 규산질비료의 효과와의 관계, 유효규산함량분포 및 사용에 관한 연구. 농사연보 13:1-29.
 22. Richardson, W.G. and J.D. Banting. 1977. The phytotoxicity of various herbicides in two sandy loam soils and the effect of liming. Weed Res. 17:203-217.
 23. Rivera, C.M. and D. Penner. 1978. Effect of calcium and nitrogen on soybean root fatty acid composition and uptake of linuron. Weed Sci. 26:647-650.
 24. _____ and _____ 1979. Effect of herbicides on plant cell membrane lipids. Residue Review 68:45-76.
 25. Selman, F.L. and R.P. Upchurch. 1970. Regulation of membrane and diuron toxicity by phosphorus. Weed Sci. 18:6-9.
 26. Stanley, R.A. 1975. Interaction of calcium and 2, 4-D on Euracian watermilfoil. Weed Sci. 23:182-184.
 27. Stolf, C.F. and D. Penner. 1973. Enhanced phytotoxicity of atrazine phosphate combinations. Weed Sci. 21:37-40.
 28. Sutton, F.L., W.T. Haller. and K.K. Stewart. 1972. Effect of copper on uptake of diquat. Weed Sci. 20:581-583.
 29. 高橋英一, 1972. イネとケイ酸, 科學 45:613-615
 30. _____, 谷田澤道彦, 大平幸次, 原因登五郎, 山田芳雄, 田中明, 1975. 作物營養學, p.59-99. 朝倉書店.
 31. Wilson, H.P. and F.B. Stewart. 1973. Relationship between trifluralin and phosphorus on transplanted tomato. Weed Sci. 21:150-153.
 32. _____, F.B. Stewart, and T.E. Hines. 1976. Effect of temperature on response of tomatoes to several dinitroaniline herbicides and phosphorus. Weed Sci. 24:115-119.
 33. Wolf, E. and K. Hurlle. 1977. Ein Fluss von Mineralstoffen auf die Phytotoxizität von Herbiziden. Zeitschrift für Pflanzenkrankheiten und Pflanzenschutz 3:301-310.
 34. Yoshida, S., D.A. Forno, J.H. Cock, and K.A. Gomez. 1972. Laboratory manual for physiological studies of rice. IRRRI p 53.