除草劑 Metolachlor에 대한 水稻의 生理的 反應

李 太 熙·金 吉 雄*

Physiological Response of Rice to Metolachlor Herbicide

Tai Heui Lee and Kil Ung Kim*

ABSTRACT

The effect of metolachlor [2-chloro-N-(2-ethyl 1-6-methylphenyl)-N-(2-methoxy-1-methylethyl)-acetamide] on starch, sugar and protein content in relation with α-amylase activity, and its interaction with GA in the germinating stage of rice were determined. The distinctive phytotoxic symptom was the failure of the primary leaf of rice to break the coleoptile. An inhibitory effect of metolachlor was nullified by the external application of GA 10^{-3}M. A significantly slower starch degradation accompanying the lower content of sugars was observed in the grain of the metolachlor treated seedlings. Further, the total α-amylase activity was significantly lower in the grain of rice seedlings treated with metolachlor than that of the untreated one, and the lower total α-amylase activity could be due to an inhibition of α-amylase formation.

* *Key words:* metolachlor, phytotoxic symptom, primary leaf, total amylase activity.

緖 言

最近 우리나라는 産業構造가 工業化로 바뀜에 따라서 農村 勞動力의 急激한 減少로 機械와 除草劑에 의한 省力化 栽培의 營農이 要求되고 있다. 이 中에서도 除草劑의 使用量이 顯著히 增加하고 있으나 一年生에 有効한 除草劑의 連用으로 인하여 多年生 雜草가 優占하는 傾向이어서 雜草防除에 새로운 問題點이 되고 있다.[1,24] 이러한 問題를 解決하기 위해 殺草力이 크며 防除範圍가 넓은 除草劑의 選擇은 勿論, 新除草制가 많이 推薦되어 農民들이 多樣하며 安全하게 使用토록 하기 위하여도 새로운 除草劑의 選拔이 時急히 要請되고 있다.

Metolachlor는 α-Chloroacetamide系의 選擇性 除草制로서 콩, 옥수수 및 땅콩 등의 雜草防除에 現在 美國에서 使用되고 있는데 1.5ℓb.a.i./A로서 콩밭[11]과 땅콩밭[6]의 향부자 (*Cyperus esculentus*)의 防除에, 땅콩밭의 바랭이 (*Digitaria sanguinalis*) 등에 殺草効果가 크게 認定된다고 報告하였다.

Metolachlor는 種子의 發芽에는 크게 影響이 없으나 發芽後 新鞘의 生長을 甚히 抑制한다고 報告되었다.[16,22] 벼와 향부자는 metolachlor 處理後 浸種부터 24~96時間에 가장 敏感한 反應을 보였고[16] ^{14}C-metolachlor를 옥수수의 뿌리로 吸收시켰을 때 處理後 3時間만에 잎으로 移動했고 96時間까지 繼續 蓄積되었으며 枯葉의 主脈에 集中했다.[2]

Pillai[22]는 보리와 옥수수에 있어서 다른 部位에 比해 新鞘를 通하여 metolachlor를 吸收시켰을 때 草長과 乾物重의 減少가 가장 심했는데 全體에 의한 吸收로 말미암은 沮害는 新鞘에 의한 沮害의 2倍에 達했다고 報告하였다.

α-chloroacetamide系 除草劑는 蛋白質 合成을 沮害하고[8,7,9] 無胚의 보리에서 GA_3로 誘因된 α-amylase의 生長에 沮害[9]를 일으킨다고 報告되어 있는데 처음으로 Pillai[23]가 Chlorella의 光合成과 呼吸이

* 大邱直轄市 慶北大學校 農科大學 農學科.
* Agronomy Dept., Coll. of Agri., Kyungbook National University, Daegu 635, Korea.

metolachlor 處理에 의해 沮害를 나타내는 것을 調査하였고, Diner[7]가 목화 根冠의 lipid 合成이 metolachlor에 의해 沮害되었고, Mann 등[19]은 ^{14}C-leucine이 蛋白質에의 incorporation을 CDAA 處理에 의해 沮害되었으며, Pillai[22]는 Metolachlor 處理에 의해 leucine의 오이 뿌리로의 吸收 沮害로 蛋白質의 合成 沮害된다고 報告한 바 있다.

Chang[6] 등은 生長調節物質과의 相互作用에 關한 硏究에서 GA 10^{-3} M이 귀리苗의 Alachlor에 의한 沮害를 克服할 수 있었다고 報告하였으나, Jaworski[12]는 GA_3 10^{-3} M의 高濃度를 處理하여도 CDAA의 沮害를 克服하지 못하였다고 報告했다.

Metochlor의 水稻에 대한 生理的 反應을 調査하여 水稻用 除草劑로 利用키 위한 基礎資料를 얻고저 本 試驗을 遂行하여 얻어진 結果를 報告코저 한다.

材料 및 方法

本 試驗에 使用된 除草劑는 Ciba-Geigy會社로부터 美國 Ohio 州立大學에 分讓된 Metolachlor 97.2%를 다시 分讓받아 다음의 實驗目的에 따라 여러 濃度로 稀釋하여 處理하였고 供試 品種은 嶺南作物試驗場에서 80年度에 栽培, 生産된 密陽42號를 分讓받아서 充實한 種子를 選別하여 calcium hypochlorite 5% 水溶液에 10分間 消毒한 다음 여러차례 水洗하여 30℃에서 24時間 浸種시켰다. 浸種後 Whatman No. 1의 濾過紙를 깐 직경 9cm, 높이 2cm의 petri-dish에 30粒씩 充實한 種子를 넣고 30℃로 維持되는 定溫器內에서 暗下에 置床하였고 모든 試驗은 3反覆으로 遂行되었다.

試驗 1. Metolachlor와 GA_3와의 相互作用

供試 品種은 密陽 42號를 使用하였으며 GA_3의 濃度를 10^{-3}, 10^{-4}, 10^{-5} 및 10^{-6}M로 稀釋하여 10ml씩 浸種後 1日과 2日에 各各 GA_3를 處理하여 浸種後 3日에 Metolachlor 10^{-6}M 10ml가 들어있는 다른 petri dish에 옮겨져 10日까지 繼續 Metolachlor를 處理하였고, Metolachlor를 먼저 處理한 區에서는 浸種後 3日에 Metolachlor 10ml 處理하여 1日과 2日이 經過한 後에 各各 濃度別로 10ml의 GA가 들어 있는 다른 petri dish에 옮겨서 浸種後 10日까지 繼續 處理하였다. 또 同時 處理區에서는 2×10^{-6}M, 2×10^{-5}M 및 2×10^{-4}M의 GA를 各各 5ml씩 同時에 處理하여 10日까지 두었다. 浸種後10日이 되어서 草長과 根長을 測定하였다.

試驗 2. Metolachlor가 水稻 種子內의 貯藏物質의 分解에 미치는 影響

密陽 42號를 浸種後 3日에 Metolachlor 10^{-5} M 10ml를 處理하여 24, 48, 72 및 96時間後에 處理區와 無處理區를 收穫하여서 新鞘와 뿌리를 除去한 다음 80℃의 乾燥器에서 24時間 乾燥시킨 後 種皮를 포함한 種子의 乾重을 測定하였으며, 種皮를 除去시킨 後 乳鉢에서 곱게 빻아 直徑 0.25mm체로 쳐서 다시 乾燥시킨 다음 蛋白質, 糖 및 澱粉을 分析하였다. 이 때 豫備試驗에서 Metolachlor 10^{-5}M 에서는 第一本葉이 鞘葉을 뚫고 나오지 못했으나 10^{-6}M에서는 鞘葉을 뚫고 나오게 되어 處理 濃度를 10^{-5}M로 정하였다.

蛋白質 含量은 Kjeldahl 方法에[25]에 의해서 總窒素量을 求하였고 總窒素量에다 5.95를 곱해서 總蛋白質量으로 나타냈다.[13]

糖 및 澱粉의 含量은 anthrone 法[25]에 의해 分析하였고 糖은 試料 1g 에 대한 mg으로 表示하였고 糖을 抽出한 나머지를 乾燥시켜 perchloric acid($HClO_4$)로 녹여서 分析하여 %로 表示하였다.

試驗 3. Metolachlor가 α-amylase의 total activity 및 specific activity에 미치는 影響

密陽 42號를 浸種後 3日에 Metolachlor 10^{-5}M을 處理하여 處理後 24, 48, 72 및 96時間後에 處理區와 無處理區를 收穫하여 뿌리와 新鞘를 除去한 다음 種子 生體重 1g 과 緩衝溶液(NaH_2PO_4, pH 6.9) 3ml를 混合하여 Ice bath內의 乳鉢에 곱게 빻아 10℃에서 10,000rpm으로 10分間 遠心分離하여 supernatent를 試料로 使用하였다.

α-amylase의 total activity는 3, 5-dinitrosalicylic acid法[3]에 의해 求하였고 μg/ml · min으로 表示하였다. 또 specific activity는 total activity의 값에다 Lowry法[18]에 의하여 求한 蛋白質의 mg量으로 나누어 U/mg of protein으로 表示하였는데 여기서 U는 1分 동안에 1μmole의 maltose를 生成할 수 있는 活性을 나타낸 것이다.

結果 및 考察

Metolachlor과 GA_3와의 相互作用 : 供試 버種子는 浸種後 2日 째에 鞘葉과 幼根은 種皮를 뚫고

나왔으며 그 後의 生長은 無處理에 비해 metolachlor 濃度가 높아짐에 따라 第一本葉이 鞘葉을 뚫고 나오지 못하고 褐色으로 變色되어서 말라서 죽었다. 이것이 本 除草劑의 生育抑制作用의 特徵인 것으로 나타났는데 이와 같은 抑制 現象은 halogen substitute benzoic acid[10]나 TCE-styren[17] 등의 效果와 類似한 것으로 思料된다.

發芽中의 水稻種子內에서는 gibberellic acid가 存在해 있으나 外部에서 1 $\mu g/\ell$ (0.1ppm)의 GA_3의 添加는 α-amylase의 活性을 20%나 增加시켰고[14], Kato[15]는 外部에서 供給한 GA_3가 어떤 生長阻害劑의 活性을 輕減시켰다고 報告하였다. 本 試驗에서는 48時間동안 GA_3 10^{-3}M(346 ppm) 濃度를 處理하고 浸種後 3日이 되는 時期에 Metolachor 10^{-6}M을 10日까지 繼續 處理한 區에서는 無處理에 대하여 117.5%, 24時間 處理한 區에서는 135.4%로, 浸種後 3日에 Metolachlor 10^{-6}M을 24時間 동안 處理한 區에서는 125.5%, 同時 處理區에서는 189.7%로 GA_3 10^{-3}M 處理區 중에서 가장 큰, 다시 말하면 無處理에 비해 第一本葉의 生育이 1.9倍 程度 促進되어 Metolachlor의 阻害를 克服하였지만 克服의 效果는 키다리病과 같은 細長한 모습으로 나타났다. 이와 같은 效果는 다른 處理區에 비해서 Metolachlor과 GA_3의 同時混合處理區는 GA_3가 長期間 處理되었는데 起因되지 않나 思料된다. 그러나 浸種後 48時間 동안 Metolachlor 10^{-6}M을 處理하고 그 後부터 GA_3 10^{-3}M을 處理한 區에서는 66%로 Metolachlor 10^{-5}M 單獨處理의 29.9%보다는 促進되었으나 GA_3의 效果가 他處理區에 比해 낮았다(Table 1).

이는 Metolachlor 處理 48時間 後에 GA_3 10^{-3}M의 高濃度를 供給하여도 Metalochlor의 抑制效果를 克服시키지 못하는, 即 Metolachlor가 이미 抑制 效果를 나타낸 後에는 GA_3 效果가 아주 적은 것으로 思料되며 더욱이 GA_3 濃度가 낮아질수록, 即 10^{-4} M, 10^{-5}M 및 10^{-6}M에서는 거의 效果가 없었다.

Chang 等[4]은 10^{-3}는 귀리苗의 Alachlor에 의한 阻害를 克服할 수 있었고, Jaworski[12]는 GA_3 10^{-3}M의 高濃度를 處理하여도 CDAA의 抑制를 克服하지 못하였다고 報告하였는데 本 試驗에서도 同時處理와 Metolachlor 處理前 GA_3 高濃度의 處理가 Metolachlor의 阻害를 克服시킬 수 있는 點은 Chang이 Alachlor에서 얻은 結果와 類似하였지만 Jaworski의 結果와는 相異하였다.

뿌리의 生育에 있어서는 뿌리의 길이가 無處理에 비해 Metolachlor와의 여러 時期別 處理는 Metolachlor 單獨處理보다는 모두 生育이 促進되었으나 GA_3의 濃度 및 處理時期에 따른 그 影響의 程度는 新鞘에서의 效果보다 훨씬 輕微하였다(Table 2).

Table 1. Effect of 10^{-6}M of metolachlor treated with GA_3 on the primary leaf growth under various treating times[a].

Time of treatment[b]	Concentration of GA(M)			
	10^{-3}	10^{-4}	10^{-5}	10^{-6}
Untreated control	59.3mm			
	% of untreated control			
−2(1)[c]	117.5	60.7	53.5	33.2
−1(2)	135.4	84.2	54.6	48.0
0(3)	189.7	106.0	39.9	38.3
1(4)	125.5	75.3	55.1	53.9
2(5)	66.0	48.3	40.8	28.8
MA 10^{-6} M alone (3)	29.9%			

[a] Each value is the average of three replications (10 plants per replication), and determinated at 10 days after soaking.

[b] 0 means metolarchlor and GA simultaneously treated at 3 days after soaking. −1 means GA treated at 1 day before metolachlor treatment, metolachlor treated at 3 days after soaking.
1 means GA treated at 1 day after metolachlor treatment, metolachlor treated at 3 days after soaking.

[c] ( ) indicates days after soaking.

Metolachlor가 水稻種子內의 貯藏物質의 分解에 미치는 影響 : Metolachlor 處理에 의한 第一本葉의 展開가 抑制되고 GA_3에 의해서 Metolachlor의 抑制效果가 克服되는 것으로 미루어 보아 Metolachor는 種子內의 貯藏物質의 分解 등과 關係가 있지 않나 思料되어 Metolachlor 處理區와 無處理의 鞘葉과 뿌리를 切斷시킨 種子重을 比較한 結果 無處理區에서는 浸種後 時日이 經過할 수록 種子重量이 크게 減少되고 있었으나 Metolachlor 處理區에서는 減少의 幅이 작았다(Table 3).

Juliano[14]는 發芽中에 있는 種子의 乾物重 減少는 貯藏物質의 分解와 一致한다고 報告하였는데 이러한 事實로 미루어 볼 때 Metolachlor는 아마도 貯藏物質의 分解를 抑制하지 않나 思料된다.

Palmiano[21]는 벼 種子의 乾物重의 98%가 澱粉 및 蛋白質로 構成되어 있다고 하였는데 Metolachlor

Table 2. Effect of 10^{-6}M of metolachlor treated with GA_3 on the root length under various treating times[a].

Time of treatment[b]	Concentration of GA(M) 10−3	10−4	10−5	10−6
Untreated control	——— 0.6mm ———			
	——— % of untreated control ———			
−2(1)[c]	116.5	110.2	94.6	88.5
−1(2)	108.3	102.5	89.4	87.4
0(3)	82.3	115.3	97.5	87.8
1(4)	94.6	107.1	92.6	92.6
2(5)	90.3	86.6	80.5	77.2
MA 10^{-6}M alone (3)	——— 65.0% ———			

[a] Each value is the average of three replications (10 plants per replication), and determinated at 10 days after soaking.

[b] 0 means metolchlor and GA simultaneously treated at 3 days after soaking. −1 means GA treated at 1 day before MA treatment, MA treated at 3 days after soaking. 1 means GA treated at 1 day after MA treatment, metolchlor treated at 3 days after soaking.

c ( ) indicates days after soaking.

Table 3. Effect of 10^{-5}M of metolachlor on the grain weight during the germinating stage of rice[a].

DAS[b]	(DAT)[c]	Untreated (A)	Treated (B)	Difference (B−A)
		——— mg/10 grains ———		
0	−	233.8	−	−
3	(0)	218.7	−	−
4	(1)	198.5	212.2	13.7
5	(2)	184.4	199.0	14.6
6	(3)	171.5	198.3	26.8
7	(4)	167.6	197.1	29.5
LSD(0.05)				20.73

[a] Each value is the average of three replications.

b DAS : days after soaking.

c DAT : days after metolachlor treatment applied at 3 days after soaking.

處理區와 無處理區間의 蛋白質 含量의 變化를 보면 Table 4와 같으며 Metolachlor 10^{-5}M 處理 1日과 2日 後에는 處理와 無處理區間에 별로 差가 없었으나 3日과 4日 後에는 5% 水準에서 有意性이 認定되는 差異가 있었다.

Table 4. Effect of 10^{-5}M of metolachlor on the crude protein content of seed during the germinating stage of rice[a].

DAS[b]	(DAT)[c]	Untreated (A)	Treated (B)	Difference (B−A)
			——— % ———	
0		10.45	−	−
3	(0)	9.72	−	−
4	(1)	9.54	10.08	0.44
5	(2)	9.42	9.5	0.08
6	(3)	8.53	10.15	1.62
7	(4)	8.40	10.13	1.73
LSD(0.05)				1.492

[a] Each value is the average of three replications (% protein : total Nx5.95)

b DAS : days after soaking.

c DAT : days after metolachlor treatment applied at 3 days after soaking.

$$\% \text{ Nitrogen in sample} = \frac{(\text{sample titer-blank titer}) \times \text{normality of HCl} \times 14}{\text{sample weight(g)} \times 1{,}000} \times 100$$

澱粉의 含量에 미치는 Metolachlor의 影響에 대해서는 Fig. 1과 같으며 澱粉의 含量은 置床後 時日이 經過함에 따라 점차 分解되었으며 Metolachlor 處理區는 無處理區보다 含量의 減少가 작았다. 浸種後 4日째 無處理區와 處理區間의 澱分含量의 差가 큰 것은 浸種後 3日째에 Metolachlor를 處理하여 24時間 經過시킨 後 調査된 것으로서 一般的으로 浸種시

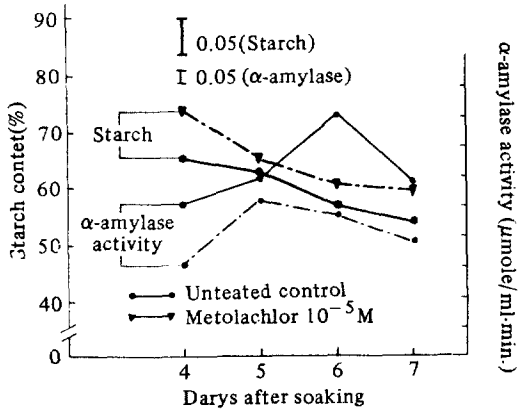

Fig. 1. Effect of 10^{-5}M of metolachlor on the starch content and total activity of α-amylase during the early growth stage of rice.

킨 後 30℃의 高溫에서 72時間 經過시키면 種子內의 貯藏物質의 分解가 크게 促進될 때에 Metolachlor의 處理에 의해서 相對的으로 크게 抑制된 것이 아닌가 思料된다. 더우기 澱粉이 分解되어 生成되는 糖의 含量을 同時에 測定해 본 結果는 Fig. 2와 같으며 處理區와 無處理區間에 顯著한 差가 認定되었다.

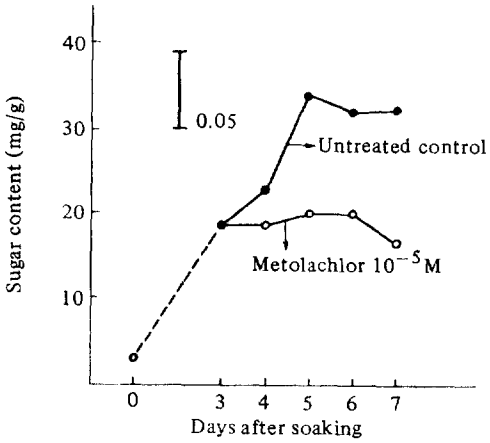

Fig. 2. Effect of 10^{-5}M of metolachlor on the sugar content in the seed during the early growth stage of rice.

Metolachlor가 α-amylase의 total activity 및 specific activity에 미치는 影響 : 벼 種子內의 澱粉의 分解에 주로 關與하는 酵素는 α-amylase인데 α-amylase의 total activity를 Fig. 1에서 보면 澱粉含量의 分解와 密接한 關係를 나타내고 있는데 無處理에서 浸種後 4日째는 다소 낮은 分當 5μmole/ml을 보이다가 6日째까지 增加하여 다시 減少되는 傾向을 보이며 Metolachlor處理區에서도 비슷한 樣相을 보이나 活性이 훨씬 낮았다. 處理區에서 澱粉含量이 높고 相對的으로 α-amylase의 活性의 抑制와 關係가 있지 않나 思料된다.

Murada[20]는 벼 種子가 水分吸收 後 4日부터 澱粉의 分解가 急激히 일어나며, 糖은 4日부터 增加하기 始作하여 12日째가 가장 높다고 하여 위의 結果와 類似하였다.

Dunn[9]은 澱粉 分解酵素가 α-amylase와 β-amylase가 주된 役割을 한다고 報告하였는데 本 試驗에서 處理區와 無處理區間에 α-amylase의 total activity에는 상당한 差가 있었으나 specific activity는 Metolachlor 處理區나 無處理區間에 有意한 差가 認定되지 않았다(Table 5). Metolachlor 處理는 α

Table 5. Specific activity change of α-amylase in 10^{-5}M of metolachlor during the germinating stage of rice[a].

DAS[b]	DAT[c]	Untreated (A)	Treated (B)	Difference (A−B)
		U/mg of protein[d]		
0		0.61	–	–
3	(0)	2.18	–	–
4	(1)	2.21	1.77	0.44
5	(2)	2.78	2.61	0.17
6	(3)	2.94	2.78	0.16
7	(4)	3.55	3.60	−0.05
LSD(0.05)				0.330

[a] Each value is the average of three replications.
[b] DAS : days after soaking.
[c] DAT : days after metolachlor treatment applied at 3 days after soaking.
[d] U : One unit is destined as 1 μM of maltose production per one minute.

amylase의 活性 自體보다는 生成에 어떤 抑制作用을 하지 않나 思料되며 이것은 Devlin이 보리의 無胚種子에서 GA_3로 誘因된 α-amylase의 生成이 α-chloroacetamide系에 屬하는 Propanil과 Alachlor에 의해 沮害된다는 報告가 뒷받침해 주고 있다.

以上의 α-amylase의 活性, 澱粉 및 蛋白質의 分解, GA_3에 의한 Metolachlor의 抑制效果의 克服 등을 綜合해 볼 때 Metolachlor 處理에 의한 發芽中의 벼 種子의 第一本葉의 展開 抑制는 種子內의 貯藏物質의 分解가 抑制되며 특히 이들의 分解에 主作用을 하는 加水分解酵素의 作用에 어떤 影響을 미쳤기 때문이 아닌가 思料되며 특히 벼 種子의 90%를 차지하고 있는 澱粉의 分解酵素인 α-amylase의 生成에 어떤 影響을 미친 것이 아닌가 思料된다. 그러나 發芽後 第一本葉의 伸長은 보다 複合的인 要因에 基因하여 沮害作用을 나타낼 것으로 思料되며 今後에 繼續 生化學的인 側面을 硏究 檢討코저 한다.

摘 要

α-chloroactamide系의 除草劑 Metolachlor의 水稻의 生育 및 生理的 作用에 대하여 어떠한 影響을 미치는 가를 調査하여 水稻用 除草劑로 利用키 위한 基礎資料를 얻고져 本 試驗을 遂行하였던 바 얻어진 結果는 다음과 같다.

1. Metolachlor 10^{-6}M과 GA_3 10^{-3}M의 同時處理

區가 無處理區에 비하여 189.7%, Metolachlor處理 24時間 前의 GA_3 10^{-3}M 處理區에서 135.4%, 48時間前 處理는 117.5%로 Metolachlor 10^{-6}M 單獨處理區에서의 29%에 비하여 GA_3 處理區는 共히 第1本葉이 伸長되어 Metolachlor의 抑制作用을 克服하는 效果를 나타내었으며 뿌리에서 보다 新葉에서의 反應度가 컸다.

2. 벼 種子內의 주된 貯藏物質인 澱粉과 蛋白質은 Metolachlor 處理에 의해서 分解가 크게 抑制되었으며 同時에 澱粉의 分解에서 生成된 糖의 含量도 處理區에서 적었다.

3. α-amylase의 total activity는 Metolachlor 處理區와 無處理區間에 5%의 有意한 差가 認定되었으며 處理後 時日이 經過할 수록 差는 컸다. α-amylase의 specific activity 는 時日에 關係없이 處理區와 無處理區間에 有意한 差가 認定되지 않아 Metolachlor은 α-amylase의 生成에 抑制影響을 미치는 것 같다.

引 用 文 獻

1. Ahn, S., S. Y. Kim, and K. U. Kim(1975) Effect of repeated annual application of preemergence herbicides on paddy field weed population. Proc. 5th Asian Pacific Weed Sci. Soc. 278-292.
2. Ahren, W. H. and D. E. Davis(1978) Seed protectant effects on metolachlor absorption and translocation. Proc. Southern Weed Sci. Soc. 31st Annual Meeting. 249. New Orleans, Louisiana U.S.A.
3. Alpha Amylase, the Worthington Mannual. pp. 92-93. New York.
4. Chang, T. C., H. V. Marsh, and P. T. Jennings (1972) An investigation of mode of action of herbicide alachlor. Plant Physiol. Suppl. 49:44.
5. Devlin, R. M. and R. P. Cunningham(1970) The inhibition of GA induction of α-amylase activity in barley endosperm by certain herbicides. Weed Res. 10: 316-320.
6. Dill, T. R. and S. W. Dumford(1978) Metolachlor as a peanut herbicides. Proc. Southern Weed Sci. Soc. 31st Annual Meeting. 120. New Orleans, Louisiana U.S.A.
7. Diner, A. M., B. Truelove, and D. E. Davis(1978) Metolachlor effects on lipid metabolism in cotten root tips. Proc. Southern Weed Sci. Soc 31st Annual Meeting. 250. New Orleans, Louisiana U.S.A.
8. Duke, W. B., F. W. Slife, J. B. Hanson, and H. S Bulter(1975) An in vestigation of the mechanism of action of propachlor. Weed Sci. 23:142-147.
9. Dunn, G.(1974) A model for starch breakdown in higher plants. Phytochemistry 13:1341-1346.
10. Gorter, C. J. and W. van der Zweep(1964) The physiology and biochemistry of herbicides. Academic Press. London and New York. pp. 235.
11. Hayes, R. M. and C. H. Slack(1978) Yellow nutsedge control in soybeans. Proc. Southern Weed Sci. Soc. 31st Annual Meeting. pp. 93. New Orleans, Louisiana U.S.A.
12. Jaworski, E. G.(1969) Analysis of the mode of action of α-chloroacetamide herbicide. J. Agro. Food Chem. 17:165-170.
13. Juliano, B. O.(1972) Evaluation of protein and starch of rice. IRRI Saturday Seminar, Los Banos, Philippines.
14. Juliano, B. O.(1971) Evaluation of enzyme activity in germinating rice seed. IRRI Saturday Seminar, Los Banos, Philippines.
15. Kato, J.(1958) Studies on the physiological effect of GA. II. On the interaction of Gas with auxins and growth inhibitors. Physiol. Plant 11: 10-15.
16. Kim, K. U.(1980) Herbicidal activity of metolachlor as a new promising herbicide. Research Review of Kyungpook National Univ. 29:477-482.
17. Kim, K. U. and B. L. Mercado(1975) Physiological responses of rice to TEC-styrene. The Phillippine J. of Sci. 103: 81-87.
18. Lowry, O. J., N. J. Rosebrough, A. L. Farr, and R. J. Randall(1951) Protein measurement with the folinphenol reagent. J. Biol. Chem. 193: 265-275.
19. Mann, J. D., L. D. Jordan, and B. E. Day(1965) A survey of herbicides for their effect on protein synthesis. Plant Physiol. 40: 840-843.
20. Murada, T., T. Akazawa, and S. Fukuchi(1968)

Enzymic mechansim of starch breakdown in germinating rice seeds. I. An analytical study. Plant Physiol. 43:1899-1905.

21. Palmiano, E. P. and B. O. Juliano(1972) Biochemical changes in the rice grain during the germination. Plant Physiol. 49:751-756.
22. Pillai, G. P.. D. E. Davis and B. Truelove(1979) Effects of metolachlor on germination, growth, leucine uptake, and protein synthesis. Weed Sci. 27: 634-637.
23. Pillai, G. P. and D. E. Davis(1975) Mode of action CGA-18762, CGA-17020, and CGA-24075. Proc. Southern Weed Sci. Soc. 28: 308-313.
24. Yang, J. S., J. K. Park, and K. Y. Chung(1980) Effect of repeated annual application of herbicides on the paddy weed flora and growth of rice. Research Reports of O. R. D. 22(Crop): 63-69.
25. Yoshida, S., D. A. Forno, J. H. Cock, and K. A. Gomez(1972) Laboratory manual for physiological studies of rice. IRRI, Los Banos Philippines.