

## Thiocarbamate系 除草劑의 殺草力과 細胞分裂 및 伸長에 미치는 影響

全載哲 · 李哲圭 · 馬祥壩\*

## Herbicidal Activity of Thiocarbamate Herbicides and Its Effect on Cell Division and Elongation

Chun, J.C., C.K. Lee, and S.Y. Ma\*

### ABSTRACT

The herbicidal activity of thiocarbamate herbicides and its effect on cell division and elongation were determined. The herbicides studied were molinate(S-ethyl-N,N-hexamethylenethiocarbamate), dimepiperate [S-( $\alpha,\alpha$ -di methylbenzyl)piperidine-1-carbothioate], esprocarb [S-benzyl-N-ethyl-N-(1,2-dimethylpropyl) thiocarbamate], and thiobencarb [S-(4-chlorobenzyl)-N, N-diethylthiocarbamate]. The herbicides applied at the rates ranged from  $10^{-6}$  to  $10^{-5}$ M did not affect germination and post-germination root growth of rice(*Oryza sativa* L.) and barnyardgrass [*Echinochloa crus-galli*(L.) P. Beauv.], but inhibited the post-germination shoot growth. There was no inhibition of gibberellin-induced  $\alpha$ -amylase biosynthesis in de-embryonated rice seeds by the herbicides at  $10^{-5}$ M, but about 50-60% inhibition occurred at  $10^{-4}$ M. When the herbicides were applied 7 days after seeding, the rates required to 50% growth inhibition of barnyardgrass were 146g, 91g, 96g, and 102g ai/10a for molinate, dimepiperate, esprocarb, and thiobencarb, respectively. No effect of the herbicides on cell division was found at  $10^{-4}$ M, but about 31 to 47% inhibition as compared with the untreated check was obtained by treatment of the herbicides at  $10^{-3}$ M. However, about 33 to 38% inhibition of cell elongation occurred at  $10^{-5}$ M of the herbicides. They also inhibited IAA-induced cell elongation.

Key words : Thiocarbamate, cell division, cell elongation, herbicidal activity.

### 緒 言

除草劑가 雜草의 發芽를 억제하거나 生育을 阻害하는 作用機構는 植物의 生理生化學的 反應을 통하여 몇몇의 植物生理作用에 影響을

미침으로서 除草劑 특유의 殺草 特性을 나타 내게 된다. 즉 施用한 除草劑가 植物體의 莖葉 이나 根部의 表皮組織을 통하여 吸收되고, 吸收된 除草劑가 植物의 生理作用을 阻害하는 部位로 移行되어 生理生化學的 作用을 阻害하

\* 全北大學校 農化學科(Department of Agricultural Chemistry, Jeonbug National University, Jeonju 560-756, Korea)

<1995. 1. 11 접수>

여 殺草 特性을 나타낸다. 특히 種子의 發芽段階에 있어서는 各種 酵素가 活性化되는데, 어느 除草劑들은 이러한 發芽段階의 各種 酵素에 여러 가지로 영향을 미치고 있음이 많이 보고<sup>19)</sup>되어 있다.

Thiocarbamate계 除草劑는 土壤 處理 吸收型으로 벼屬에 대한 作用性이 弱하고, 벼와 피간에 高度의 選擇性이 있어서 벼 栽培 地域에서 널리 사용되고 있다. Eastin<sup>7)</sup>에 의하면 thiobencarb는 벼의 根部에서 쉽게 吸收된 후 植物體의 地上 部位로 移動된다고 보고하였는데, 대부분은 벼의 體內에서 급격하게 代謝됨으로써, 벼는 thiobencarb에 대하여 높은 選擇性을 나타내게 된다<sup>14)</sup>. 一前<sup>11)</sup>은 植物의 除草劑 吸收 浸透 速度 差異를 究明하기 위하여 벼와 피 種子를 thiobencarb 水溶液에 沈漬시킨 다음 꺼내어 生育시킨 후 그 生長을 조사한 결과, 沈漬時間이 길어짐에 따라 伸長抑制率은 증대하였고, 그 정도는 벼에 비하여 피에서 더욱 컸었다고 보고하였다. Han과 Chun<sup>10)</sup>은 thiobencarb를 水稻의 催芽期에 處理하면  $10^{-4}$ M의 濃度에서 벼의 生育이 약 30% 정도 抑制되고, 조사한 여러 가지 無機成分 중에서는 窒素의 함량이 가장 적었다고 하였다. Parker<sup>16)</sup>는 EPTC가 幼芽部를 經유하여 흡수된다고 지적하였고, Eshel과 Prendeville<sup>8)</sup>도 EPTC는 幼芽部 處理에 의하여 더욱 효과가 크게 나타났다고 하였다.

Dimepiperate는 벼와 피 사이에 高度의 選擇性이 있고 피의 生育이 2葉期 정도 진전되었을 때도 매우 높은 殺草 效果를 나타낸다<sup>17)</sup>. Frisen 등<sup>9)</sup>은 野生 귀리에 대하여, Dawson<sup>6)</sup>은 피에 대하여 carbamate계 除草劑를 處理하였을 때 이들 두 雜草의 幼芽部에서 吸收되어 一次的인 效果가 나타나고 있음을 보고하였다. 片岡과 正坦<sup>13)</sup>은 molinate를 400g ai/10a 수준으로 發芽 段階에 있는 湛水直播 벼에 사용할 때 벼에 輕微한 藥害를 나타낸다고 하였다. Oliver 등<sup>15)</sup>은 EPTC가 보리에 處理될 때 주요 吸收部位는 뿌리이었으나, 사탕수수와 강아지풀은 뿌리보다는 幼芽部에 노출시켰을 때 毒性이 크게 나타난다고 하였다.

한편 thiocarbamate계 除草劑가 나타내는 作用機作에 대하여서는 주로 發芽 過程 중의 影響에 대하여 검토되어 왔는데, Kimura 등<sup>12)</sup>은 thiobencarb가 벼의 胚芽 除去 半片種子의 gibberellin 誘起  $\alpha$ -amylase의 生合成을 阻害한다고 하였다. 그러나 Ashton과 Crafts<sup>2)</sup>, Audus<sup>3)</sup> 및 竹松<sup>18)</sup>은 thiocarbamate계 除草劑의 作用特性이 生長點의 細胞分裂 및 伸長을 妨害한다고 밝힌 바 있다. 이 除草劑들은 또한 炭素數가 매우 긴 脂肪酸의 合成을 阻害함도 보고<sup>5)</sup>된 바 있다.

이상의 結果들을 土臺로 본 연구에서는 thiocarbamate계 除草劑 중 비교적 최근에 개발되어 이용되고 있는 dimepiperate 및 esprocarb와, 이들 두 藥劑 각각의 化學構造와 유사한 molinate와 thiobencarb 등 4종의 除草劑에 대하여 除草活性 차이와 몇가지 殺草 作用特性을 비교 검토하였다.

## 材料 및 方法

### 1. 殺草效果

本 實驗에 사용된 벼 品種은 東津벼이었고, 피 種子是 全北大 農大 畚 圃場에서 採集하여 休眠覺醒시킨 것을 사용하였다. 4종의 除草劑는 有效成分 80% 이상의 Technical로 부터  $10^{-3}$ M 標準 溶液을 만들고 이로 부터 稀釋하여 사용하였다. 벼와 피 種子를 각각 20粒씩 濾過紙를 깐 100ml 삼각 후라스크에 넣고 所定 濃度의 除草劑 10ml씩 가한 후 입구를 알루미늄 호일로 막고 32℃의 定溫器에 옮겨 暗條件 하에서 발아시켰다. 調査는 藥劑 處理 後 7일에 發芽率과 發芽後 生育에 대한 영향으로 草長을 측정하였다.

피 生育 時期別 50% 生育抑制 濃度(GI<sub>50</sub>)는 피 파종 후 3, 5, 7 및 10日 각각에 대하여 調査하였다. 먼저 직경 9cm, 높이 14cm 원통 프라스틱 포트에 논 토양을 채우고 피 종자 30입을 파종한 후에 無漏水 상태로 水深 2cm을 유지시켰다. 除草劑의 처리는 제품량으로 추천량 3kg/10a을 중심으로 最高藥量 및 最低藥量 사이를 6단계로 나누어 처리하였다. 이들 포트

는 평균 온도 28℃의 실내온실에서 藥劑 處理 後 7일 동안 생육시킨 다음 草長 및 根長을 측정하였다.

## 2. GA-誘起 $\alpha$ -amylase 生合成

種皮를 제거한 벼 종자를 無菌狀態에서 증 앙부를 가로로 절단하여 얻은 無胚芽 半片種子を 1% NaOCl 水溶液에 20분간 담근 후 꺼내어 無菌水로 충분히 水洗 후, 이 종자 20입과 0.02M  $\text{CaCl}_2$ , 1ppm의  $\text{GA}_3$  및 濃度別 實驗 除草劑를 포함한 2M의 醋酸緩衝液(pH4.8) 5ml를 殺菌한 petri dish에 넣고 알루미늄 호일로 감싼 후 30℃ 暗條件 하에서 48시간 培養한 다음 꺼내어 2M 醋酸緩衝液(pH4.8) 10ml와 함께 유발로 마쇄하고 5℃에서 3000rpm으로 10분간 遠心分離하여 상등액을 얻고 이를 粗酵素液으로 하였다. 이 粗酵素液 3ml와 0.1% 可溶性澱粉 2ml를 시험관에 취하여 30℃의 定溫器에서 30분간 반응시킨 후 여기에 0.1% 요오드액 0.5ml를 가하였다. 이 반응액을 620nm에서 光電比色計로 吸光度를 측정하여  $\alpha$ -amylase의 活性을 구하였다.

## 3. 細胞分裂

濾過紙를 깔고 濕潤시킨 petri dish에 귀리 종자를 넣고 暗條件의 22℃ 定溫器에서 발아육성시킨 苗를 試料로 하였다. 이들 試料를 實驗 除草劑  $10^{-5}$ - $10^{-3}$ M 10ml씩이 담긴 petri dish에 옮긴 후 12시간 동안 생육시켰다. 생육된 試料 중 10個體를 취하여 根端을 포함한 根部 1cm 정도를 切斷하여 固定液(無水알콜과 醋酸을 3:1로 混合한 液)에 넣어 냉장고에 보관하였다. 보관된 試料는 증류수로 3-4회 씻은 후 1N HCl로 60℃에서 13분간 加水分解시키고 다시 증류수로 씻고 Shift 試藥으로 25분간 暗 조건에서 染色시켰다. 이를 증류수로 씻은 다음 5ml의 5% pectinase(pH4.0)를 처리하여 8-12시간 후 증류수로 씻어 根端 2mm를 切斷하여 顯微鏡用 slide glass 위에 올려 놓고 cover glass로 으개었다. 이 때 1N HCl 한두방울을 첨가하여 分散되도록 하였다. 으개어져 분산된

試料를 현미경을 사용하여 1000개의 觀察한 細胞 中에서 分裂하고 있는 細胞의 數에 대한 百分率을 구하여 이를 細胞分裂 指數(Mitotic index)로 하였다.

## 4. 細胞伸長

귀리를 25℃의 암조건하에서 발아시켜 葉초가 3-4cm 정도 伸長한 幼苗를 綠色光 下에서 葉초 先端 3mm를 切斷 除去한 후 5mm 길이로 잘라 각 除草劑의 所定 濃度를 포함한 pH 5.3인 磷酸 緩衝溶液에 葉초 30개씩을 petri dish에 넣은 후 알루미늄 호일로 싸서 光을 차단하였다. 이 petri dish를 25℃ 定溫器에서 24시간 培養 後 꺼내어 dial caliper로 0.01mm까지 길이를 측정하였다. 실험은 3반복으로 실시하였다.

IAA 添加 效果는 상기 방법에 따라 준비된 葉초 절편에 所定 濃度의 除草劑 溶液 10ml에 대하여 IAA  $10^{-6}$ M 10ml를 除草劑 處理 1日前, 同時 處理 및 除草劑 處理 1日後에 첨가하였다. 除草劑 處理 및 IAA 添加 後에 petri dish는 알루미늄 호일로 싸서 光을 遮斷하고 25℃의 정온기에 24시간 培養 後 dial caliper로 길이를 측정하였다. 모든 약제 처리는 綠色光 下에서 행하고, 실험은 3반복으로 실시하였다.

## 結果 및 考察

### 1. 殺草效果

Thiocarbamate계 除草劑는  $10^{-6}$ - $10^{-4}$ M 處理 濃度에서는 벼 및 피의 發芽에 影響을 미치지 않았지만(資料提示 省略), 發芽 後 生育에는 濃度의 增加와 함께 阻害 정도도 증대되었다(그림 1). 특히 발아 후 생육에 있어서는 實驗에 사용한 4種 除草劑 全體에서 幼根의 伸長 阻害는 없었고(資料提示 省略), 幼芽部 伸長에만 影響을 미쳤다. 즉 藥劑 處理 後 7일에 조사한 발아된 벼의 草長에 있어서는  $10^{-6}$ M 處理區에서 각 藥劑 모두 無處理區 對比 약 80%의 생육을 보였고, 處理濃度의 증가와 함께 생육 억제가 증대되어  $10^{-4}$ M에서는 약 30-35% 정도를

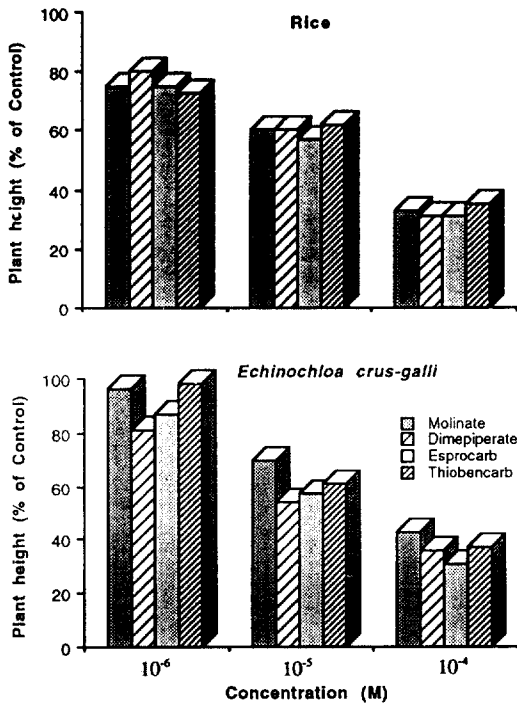


Fig. 1. Effect of thiocarbamates on post-germination growth of rice and *Echinochloa crus-galli*.

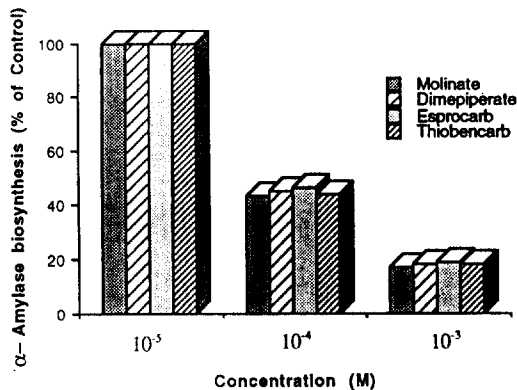


Fig. 2. Effect of thiocarbamates on GA-induced  $\alpha$ -amylase biosynthesis in de-embryonated rice seeds.

나타내었다. 그러나 藥劑 간에는 뚜렷한 차이를 나타내지 않았다. 한편 피에 대한 thiocarbamate제의 발아 후 생육에 미치는 영향 또한 벼에 있어서와 유사하여,  $10^{-6}$ M에서는 無處理對比 약 80-100%의 草長 신장을, 또한  $10^{-4}$ M에

서는 약 30-40%의 草長 伸長을 나타내었으며, 藥劑 간에는 dimepiperate와 esprocarb의 처리가 molinate나 thiobencarb의 처리에 비하여 沮害가 약간 컸다. Ashton과 Crafts<sup>2)</sup>는 thiocarbamate계 除草劑는 일반적으로 발아 과정 중의 幼苗의 뿌리에 대하여 보다는 줄기에 더 큰 생육 억제제를 보이는 경향이 있다고 보고하여, 본 실험 결과도 이와 일치하였다. 그러나 이들 두 器官間의 感受性 差異가 本質적으로 존재하는지 또는 흡수 차이에 따른 것인지는 분명치 않다고 하였다. 벼와 피 간의 選擇性 차이에 대하여 Nakamura 등<sup>14)</sup>은 벼의 경우 根部에서 흡수된 thiobencarb가 이동된 후 급속히 代謝되기 때문이라고 하였지만, 본 실험에 있어서는 이러한 선택성 차이가 뚜렷하지 않았다.

한편 종자 발아 과정 중의 GA-誘起  $\alpha$ -amylase 生合成에 미치는 thiocarbamate계 除草劑의 영향을 벼의 胚芽 除去 半片種子에서 보면, 실험에 사용한 4종 제초제 모두  $10^{-5}$ M 처리 수준에서는 영향을 미치지 않았고,  $10^{-4}$ M에서 약 50-60%,  $10^{-3}$ M에서 약 80%의 저해를 보였지만, 실험 제초제 간에는 차이를 나타내지 않았다(그림 2). 종자 발아의 초기 단계에서의  $\alpha$ -amylase 生合成이 억제되면 이는 결과적으로 貯藏養分の 이동을 저해하는 결과<sup>3)</sup>를 가져 오기 때문에 정상적인 발아 과정이 일어나지 못한다. 비록 실험 제초제들이  $10^{-4}$ M에서 GA-誘起  $\alpha$ -amylase 生合成을 억제하였지만, 이 처리 농도 수준에서는 벼와 피의 發芽率에는 영향을 미치지 않았던 것으로 보아 GA-誘起  $\alpha$ -amylase 生合成에 미치는 영향은 제2차 作用性으로 믿어지며, 이 때문에 발아 후 생장에 영향을 미치는 것으로 생각된다.

Thiocarbamate계 除草劑들의 피에 대한 殺草效果는 處理 藥量이 높을수록 또 處理 時期가 빠를수록 높은 경향이었다(그림 3). 피 草長의 50% 生育抑制(GI<sub>50</sub>)에 요구되는 molinate의 處理 藥量은 피 파종 후 5일 및 7일 처리에서 각각 60 및 146g ai/10a 수준이었지만, 處理 時期가 피 파종 후 10일이 되면 450g ai/10a 이상 이 요구되어 molinate에 대한 피의 抵抗性이

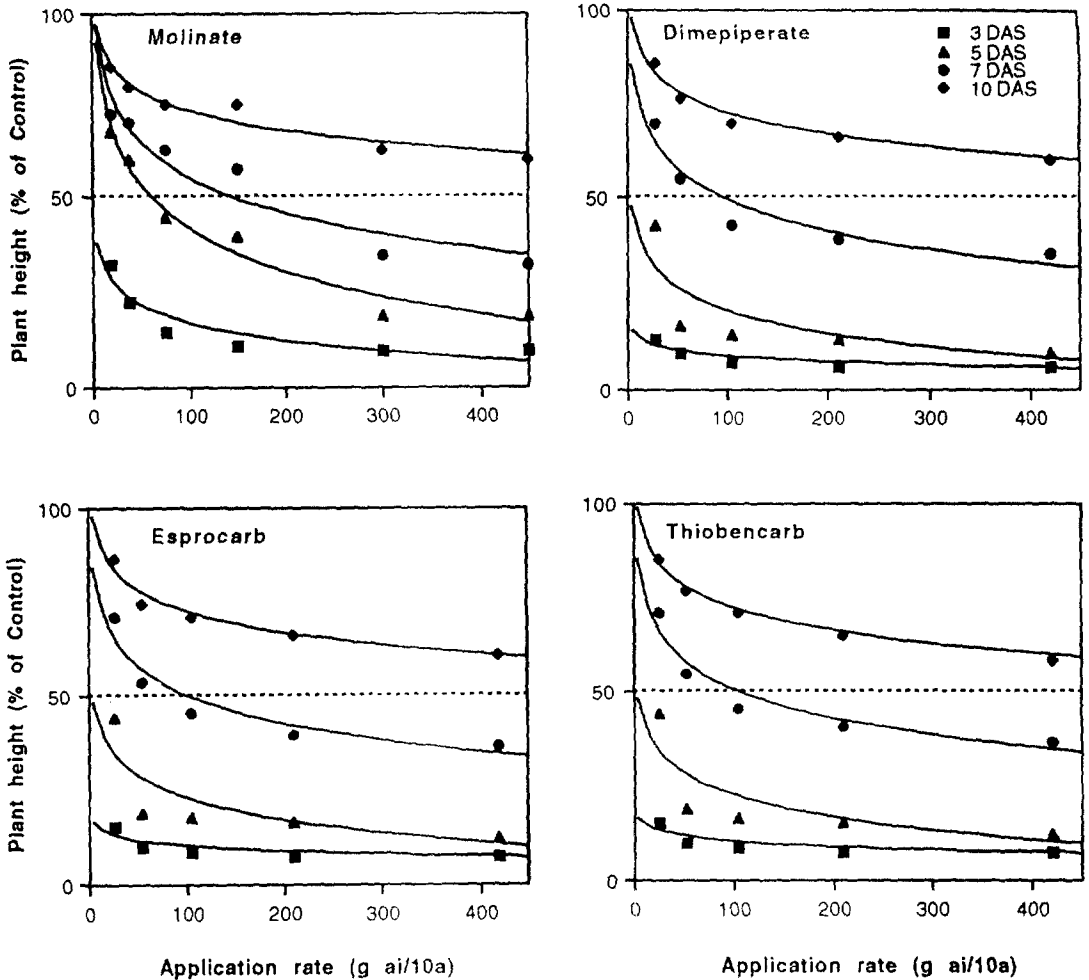


Fig. 3. Effect of thiocarbamates applied at different times on plant height of *Echinochloa crus-galli*.

급격히 증가되었다. 그러나 피 파종 후 3일 처리에서는 最低 處理 藥量 수준인 18.75g ai/10a 처리로도 50% 以上の 생육을 억제하였다. Molinate 이외의 3種의 實驗 除草劑에 있어서는 피에 대한 殺草 效果가 비슷하여 피 파종 후 7일 처리에서  $GI_{50}$ 는 dimepiperate 91g, esprocarb 96g, thiobencarb 102g ai/10a이었다. 그러나 처리시기가 피 파종 후 10일이 되면 건 처리 농도 수준에서  $GI_{50}$ 를 얻을 수 없었다. 이러한 결과는 thiocarbamate계 제초제의 피에 대한 殺草力은 處理 藥量 水準 보다는 處理 時期가 더 중요한 인자임을 시사한 결과로 생각한다.

## 2. 細胞分裂

Thiocarbamate계 除草劑는  $10^{-4}M$  이하의 處理 濃度에서는 細胞 分裂에 대하여 영향을 미치지 않았지만,  $10^{-3}M$ 의 高濃度 處理에서는 無 處理 對比 약 31-47%의 細胞 分裂이 억제되었다(표 1). 이러한 경향은 實驗 除草劑 4種 모두에서 나타났으며, 同一 濃度 水準에서의 實驗 除草劑 間의 細胞 分裂 抑制에 대한 有意差는 없었다. 細胞 分裂 指數의 變化가 低濃度 處理에서 나타나지 않고, 高濃度 處理에서 나타났음은 실험에 사용한 thiocarbamate계 제초제들의 세포 분열에 미치는 영향이 제2차 作用機 作임을 示唆하는 것으로 생각된다. Banting<sup>4)</sup>은

野生귀리와 봄밀에 diallate와 triallate를 처리하여 細胞分裂 異常을 관찰하였지만, 이와같은

**Table 1.** Effect of thiocarbamates on cell division of oat root tip.

Herbicide	Mitotic index <sup>a</sup>		
	Concentration(M)		
	10 <sup>-5</sup>	10 <sup>-4</sup>	10 <sup>-3</sup>
Molinate	12.0a	12.2a	7.2b
Dimepiperate	12.5a	12.1a	6.5b
Esprocarb	12.3a	12.2a	8.5b
Thiobencarb	12.4a	12.1a	6.7b

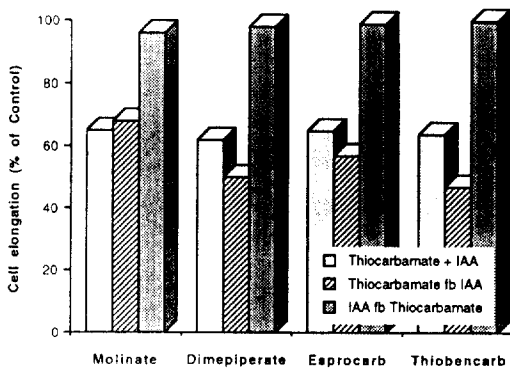
<sup>a</sup> Mitotic index was obtained as percent of number of dividing cells out of one thousand cells observed.

Means followed by a common letter are not significantly different at the 5% level by Duncan's Multiple Range Test.

**Table 2.** Effect of thiocarbamates on cell elongation of oat coleoptile.

Herbicide	Incremental coleoptile elongation(mm/day) <sup>a</sup>		
	Concentration(M)		
	10 <sup>-6</sup>	10 <sup>-5</sup>	10 <sup>-4</sup>
Molinate	28.9a	23.4b	19.0c
Dimepiperate	28.8a	23.6b	18.3c
Esprocarb	29.1a	23.4b	19.7c
Thiobencarb	29.0a	23.3b	19.0c

<sup>a</sup> Means followed by a common letter are not significantly different at the 5% level by Duncan's Multiple Range Test.



**Fig. 4.** Effect of thiocarbamates treated with IAA on cell elongation of oat coleoptile.

細胞 分裂 阻害는 세포 신장 및 증대에 대하여 나타내는 제 1 차 作用機作에 뒤따르는 제 2 차 作用機作이라고 하였다. 더욱이 細胞 分裂에 영향을 미치지 않는 濃度 水準에서 實驗 植物의 地上部 생육 억제가 나타났음은 이러한 사실을 잘 설명하고 있다. 細胞 分裂에 미치는 thiocarbamate계 除草劑의 影響은 細胞 週期の 각 단계에 대한 分裂期의 細胞數에 있어서도 비슷한 경향을 나타내었다. 즉 藥劑 處理에도 불구하고 分裂期 各 段階의 細胞數는 無處理區의 것과 큰 차이를 나타내지 않고, 또한 어느 특정 단계만을 억제하지도 않았다(資料提示 省略). 따라서 실험에 사용한 thiobencarb계 除草劑들은 오히려 休止期의 어느 段階에 影響을 미칠 가능성이 클 것으로 생각된다.

### 3. 細胞伸長

實驗에 사용한 thiocarbamate계 除草劑 모두 10<sup>-6</sup>M 處理 濃度에서 귀리 엽초 伸長에 影響을 미치지 않았으나, 處理 濃度の 증가와 함께 伸長の 억제 정도도 증대되어 10<sup>-5</sup>M에서는 약 18-20%, 10<sup>-4</sup>M에서는 약 33-38%의 엽초 신장이 저해 받았다(표 2). 이러한 억제 정도는 4약제 모두 공통의 경향이었지만 同一 濃度 水準에서의 藥劑 間에는 有意差가 없었다. Thiocarbamate계 除草劑에 의한 엽초 신장 억제는 엽초가 바로 주요 흡수 부위임을 나타낸 것으로, Appleby 등<sup>1)</sup>은 EPTC 1.0ppm을 귀리 엽초를 통해서 吸收시켰을 때에는 큰 藥害 症狀을 나타내었지만, 뿌리나 種子에 의한 흡수로는 藥害가 거의 없었다고 보고한 바 있고, Dawson<sup>6)</sup>도 피에서 이와 유사한 결과를 얻어 엽초가 thio- carbamate계 제초제의 주요 흡수 부위임을 보여 준 바 있다.

Thiocarbamate계 除草劑들은 IAA에 의한 엽초 伸長の 作用性を 억제하였다(그림 4). Thiocarbamate 除草劑의 處理에 앞선 IAA의 처리로서 엽초의 伸長이 阻害를 받지 않았던 반면에, thio- carbamate 除草劑와 IAA를 同時に 처리하거나 또는 제초제 처리 후 IAA를 처리한 경우에는 약 30-50% 정도의 엽초 伸長 阻害를 나

타내어, thiocarbamate계 除草劑가 IAA 誘起 細胞 伸長을 阻害하고 있음을 보여 주었다. Kimura 등<sup>12)</sup>도 水稻葉 葉身 切片이 IAA 처리로 신장되었으나, thiobencarb에 의하여 신장이 억제됨을 보고한 바 있어 本 實驗 結果와 一致하였다.

Thiocarbamate계 除草劑의 제 1 차 作用機構는 脂肪酸(very long-chain fatty acid) 生合成을 저해하는 것으로 알려져 있다<sup>5)</sup>. 脂肪酸은 生體 內 細胞膜의 주요 구성 성분으로써, 이들 脂肪酸의 生合成이 阻害되면 특히 분열 조직에서 necrosis가 일어나고 이에 따라 생장이 정지되고 枯死에 이르게 된다. 실험에 사용된 thiocarbamate계 除草劑들이 세포신장 억제를 보인 것은 바로 이와 같은 脂肪酸 生合成 抑制에 이은 제 2 차 作用 效果로 인정된다. 더욱이 前處理된 IAA에 의한 細胞伸長이 thiocarbamate계 除草劑의 處理에 의하여 영향을 받지 않은 것도 이미 伸長이 完了된 상태에서는 thiocarbamate계 除草劑가 더 이상의 영향을 미치지 않았기 때문으로 생각된다.

## 摘 要

Thiocarbamate系 除草劑 4種(molinate, dimepiperate, esprocarb 및 thiobencarb)의 殺草力과 細胞分裂 및 伸長에 미치는 영향을 비교 검토하였다. 實驗 除草劑 4種 모두  $10^{-6}$ - $10^{-4}$ M 處理水準에서 벼와 피의 發芽 및 發芽後 뿌리 生長에는 영향을 미치지 않고, 發芽後 地上部 生育에만 영향을 미쳤다. 또한 gibberellin-誘起  $\alpha$ -amylase 生合成에 대해서는 實驗 除草劑 모두  $10^{-5}$ M 處理水準에서는 영향이 없었지만,  $10^{-4}$ M 에서는 無處理 對比 약 50-60%의 저해를 나타내었다. 피 파종 후 7일에 처리된 thiocarbamate系 除草劑의 草長 생육 50% 억제에 요구되는 藥量은 molinate 146g, dimepiperate 91g, esprocarb 96g 및 thiobencarb 102g ai/10a이었다. 4種의 thiocarbamate系 除草劑는  $10^{-4}$ M 處理濃度에서 細胞分裂에 영향을 미치지 않았고,  $10^{-3}$ M 濃度에서 약 31-47%의 阻害를 보였다.

細胞伸長에는  $10^{-5}$ M 處理水準에서 약 33-38%의 억제를 보였다. 實驗 thiocarbamate系 除草劑 모두 IAA -誘起 莖초 신장을 저해하였다.

## 引用 文 獻

1. Appleby, A.P., W.R. Furtick, and C.C. Fang. 1965. Soil placement studies with EPTC and other carbamate herbicides on *Avena sativa*. Weed Res. 5 : 115-122.
2. Ashton, F.M. and A.S. Crafts. 1981. Mode of action of herbicides. 2nd ed. John Wiley & Sons, Inc., New York. 520p.
3. Audus, L.J. 1976. Herbicides(Physiology, Biochemistry, Ecology) Vol. I. Academic Press. pp.311-323.
4. Banting, J.D. 1970. Effect of diallate and triallate on wild oat and wheat cells. Weed Sci. 18 : 80-84.
5. Bolton, P. and J.L. Harwood. 1976. Effect of thiocarbamate herbicides on fatty acid synthesis on potato. Phytochemistry 15 : 1507-1509.
6. Dawson, J.H. 1963. Development of barnyardgrass seedlings and their response to EPTC. Weeds 11 : 60-66.
7. Eastin, E.F. 1975. Absorption and movement of benthocarb in rice. Proc. 28th Ann. Meet. South. Weed Sci. Soc. p. 306
8. Eshel, Y. and G.N. Prendeville. 1967. A technique for studing root vs. shoot uptake of soil-applied herbicides. Weed Res. 7 : 242-245.
9. Frisen, H.A., J.D. Banting, and D.R. Walker. 1962. The effect of placement and concentration of 2,4-D on the selective control of wild oats in wheat. Can. J. Plant Sci. 42 : 91-104.
10. Han, K.W. and J.C. Chun. 1989. Effect of herbicides on growth and mineral status of rice seedlings. Proc. III. 13th Asian-Pac.

Weed Sci. Soc. : 675-681.

11. 一前宣定. 1976. イネとタイヌビエの benthiocarbに對する感受性差異ならびに生育反應に關する研究. 日本宇大農學部學術報告特輯 36 : 20-21.
12. Kimura, I., N. Ichizen and S. Matsunaka. 1971. Mode of action of a herbicide, benthiocarb. Weed REs. Japan 12 : 54-59.
13. 片岡孝義, 正坦優. 1975. 水稻湛水直播栽培におけるモリネートのノビエ防除效果と藥害. 雜草研究 19 : 64-68.
14. Nakamura, Y., K. Ishikawa and S. Kuwatsuka. 1977. Metabolic fate of benthiocarb(thiobencarb) herbicide in plants. Agri. Biol. Chem. 41 : 1613-1620.
15. Oliver, L.R., G.N. Prendeville, and M.M. Schreiber. 1968. Species differences in site of root uptake and tolerance to EPTC. Weed Sci. 16 : 534-537.
16. Parker, C. 1966. The importance of shoot entry in the action of herbicides applied to the soil. Weeds 14 : 117-121.
17. Takeshi, Y., P.B. Sweetser, C. Ackerson, and T. Takeda. 1986. Safening of DPX-F5384 on rice by combination with thiocarbamate herbicides. Weed Res. Japan 31 : 164-170.
18. 竹松哲夫. 1982. 除草劑研究總覽. 博友社. 710p.
19. Woodford, E.K., K. Holly and C.C. McCready. 1958. Herbicides. Annu. Rev. Plant Physiol. 9 : 311-358.