

Alachlor의 除草機構에 關한 研究

III. Alachlor가 귀리의 細胞分裂, Cell kinetics, 細胞伸長 및 分化에 미치는 影響

權晨煥 · 金裁喆*

A Study of Mode of Action of Alachlor

III. Effect of Alachlor on Cell Division, Cell Kinetics, Cell Elongation, and Cell Differentiation in Oat (*Avena sativa* L.)

Kwon, S.W. and J.C. Kim*

ABSTRACT

There was significant reduction in the mitotic indices of oat roots treated with alachlor. Uniform decrease in prophase, metaphase, anaphase, and telophase as treatment time increasing was observed. Alachlor did not disrupt mitosis, but rather inhibited the onset of mitosis.

Labeled dividing cells were significantly inhibited, but the number of labeled interphase cells of all treatment were increased, as compared with control in 8 hr and 12hr period. Labeled dividing cells which entered mitosis thru G₂ were inhibited approximately 68% at 8hr after treatment with 1×10⁻⁵ M of alachlor. Alachlor apparently inhibited from the G₂ stage into mitosis of dividing cells.

After 24 hr treatment, 12.1% and 46.6% inhibition of coleoptile growth occurred at 1×10⁻⁵ M and 1×10⁻⁴ M, respectively. Cell elongation was inhibited by alachlor but was less sensitive than cell division.

The longitudinal section cells of oat roots treated with 1×10⁻⁴ M alachlor for 12 hr were observed to be enlarged central cylinder and also showed degradation of apical meristem zone, as compared with the untreated roots.

緒 言

植物의 生長과 發達은 細胞의 分裂, 伸長 그리고 分化에 의해서 이루어지는데, 대부분의 除草劑는 이러한 代謝過程中 몇개의 作用을 抑制함으로써 生長이 抑制되는 것으로 알려져 있다^{1,18)}. 특히 細胞分裂을 抑制시키는 除草劑는 全體 除草劑의 20%로 推定되고 있다^{1,4,5)}. Alachlor의 여러가지 適用擴大 實驗은 많이 報告되어 있지만 生理, 生化學的 究明은 아주 未洽한 實情에 있

다. 따라서 本 實驗에서는 alachlor 處理時 植物 生長抑制 原因을 究明하기 위하여 귀리를 대상으로 細胞의 分裂과 伸長, 그리고 分化를 調査하였다.

材料 및 方法

1. 細胞 分裂

細胞分裂을 測定하는데는 根端 分裂組織이 가장 適合한 것으로 알려졌다¹⁶⁾. 22±2°C의 生長床에서 2日間 暗發芽된 귀리의 苗中, 均一한 것을

* 全北大學校 農科大學 College of Agriculture, Chonbuk National University, Chonju 560-756, Korea.

各各 8個씩 選拔하여 製초제를 處理한 後, Van't Hof 方法에 의해서 實施하였다^{15,16}. 一定期間 동안 除草劑가 處理된 뿌리 끝을 5mm 정도 採取하여, ethanol : acetic acid (3 : 1 v/v)에 固定하였다. 固定은 chromosome 形態가 부서지는 것을 防止하기 위하여 室內에서 1時間동안 固定한 後, 冷藏保管하였다. 保管된 뿌리는 蒸溜水로 3回 水洗한 後, 60°C 1N HCl에서 15分동안 加水 分解하였다.

分解된 根端組織을 Schiff's reagent에 20分間 染色한 後, pectinase, pH 4.0에 12時間 浸漬하였다. 그 後 짙게 붉은색으로 染色된 根端分裂組織을 떼어서, 接着劑 (gelatin 1g/100ml, chrome potassium sulfate 50mg/100ml)가 處理된 슬라이드 그라스 위에 놓고 45% 빙초산(v/v)으로 水洗한 다음, cover glass를 덮고 으깨었다. 슬라이드를 ethanol : TBA (1 : 9 v/v) 溶液으로 8時間 脫水한 後, canada balsam으로 mounting하여, 400倍의 光學 顯微鏡下에서 調査하였다. 이때 1,000個의 細胞中 分裂하고 있는 細胞數를 前期, 中期, 後期, 그리고 終기로 區分하여 세었으며, 各 分裂數를 平均하여 表示하였다.

2. Cell Kinetics

3-5mm 정도 자란 귀리 뿌리를 選別하여, 減菌된 9cm Petri-dish에 鐵網과 2겹의 거즈를 깔고,alachlor 處理濃度劑 CaSO₄濃度を 2×10^{-4} M로 하여, ³H-thymidine (3 μ Ci/m 1, sp. Act. 5 mCi/mM Buckinghamshire, England. Amersham)을 處理하였다. 그 後 진탕기 위에서 60 cycle/min로 調節하여 培養하였으며, 4, 12, 16, 24時間동안 各各 6個의 뿌리를 無作爲로 採取하여 試料로 使用하였다. 採取된 모든 試料는 Canoy 固定液 (glacial acetic acid : ethanol = 1 : 3)으로 1時間 固定하여, 모든 試料가 採取될 때 까지 冷藏庫에 保管한 後, Feulgen 方法으로 染色하였다. 뿌리에 묻은 固定液을 蒸溜水에 洗滌한 後, 60°C의 鹽酸 1N에 15分間 加水分解시킨 다음, Schiff's reagent에 옮겼다. 各 뿌리는 최소한 暗狀態에서 15分동안 染色液에 담근 後, 6% pectinase (pH 4.0) 溶液에 옮겨, 25°C의 暗狀態에서 12時間 浸漬한 後, 接着劑가 塗布된 슬라이드 그라스 위에 根端을 올려놓고, 45% 빙초산을 少量 떨어뜨려 으갠 다음, 染色程度 및 染

色體 狀態를 顯微鏡으로 檢鏡하였다. 檢鏡된 slide는 約 1分間 dry ice에서 急速冷凍 시킨 뒤, 면도날을 使用하여 cover glass를 떼어 내었다. 完全하게 얼은 슬라이드 그라스가 녹기 前에 즉시 95% ethanol에 5分間 담갔다. 水化시키기 위하여 점차적인 ethanol series (95-70-50-30%-중류수)를 거친다.

Autoradiography는 Kodak NTB-2 liquid emulsion을 使用하여 遂行하였으며, emulsion vessel을 43°C의 水浴槽에서 暗狀態로 하여, 30分間 담가 녹였다. 暗室에 들어가기 前, 슬라이드 그라스를 back to back pair 狀態로 정리하여 蒸溜水가 들어있는 coplin jar에 넣고, 暗室에 들어가 꺼내어 물기를 除去한 後, emulsion에 4-5秒間 담갔다가 천천히 꺼내어 슬라이드 그라스에 emulsion溶液이 均一하게 묻었는지를 安全燈에 비쳐보았다. Emulsion이 끝난 back to back 狀態의 2장의 슬라이드 그라스를 分離하여 시험관 곁이에 똑바로 세워, 光이 遮斷된 상자에서 하루정도 乾燥시켰다. 乾燥된 슬라이드 그라스는 검정 프라스틱 슬라이드 상자에 넣어, 알루미늄 호일로 포장한 다음, 4°C의 冷藏庫에 10日間 保存시켜 露出시켰다. 露出된 슬라이드 그라스를 現像하기 위하여, 20°C의 Dektol 현상액(D-72)에서 2分間 담근 다음, 蒸溜水에 씻어, 30% sodium thiosulfate 溶液에 8分間 담근 後, 20分間 수돗물로 水洗하고, 마지막으로 蒸溜水에 다시 水洗하였다. 水洗된 슬라이드 그라스는 ethanol과 xylen series를 거친 後, canada balsam로 mounting하여 檢鏡하였다^{7,8}.

3. 細胞 伸長

귀리種子를 消毒한 後, vermiculite에 播種하여 25°C, 暗狀態에서 4日間 生長시켰다. 4-5cm 자란 초엽을 細胞伸長만을 하는 部位로 알려진¹⁰ 頂端, 約 3mm 以下の 部位에서부터 첫번째 節까지를 5mm씩 잘라서 濃度別 除草劑가 混合된 10mm photassium phosphate-citrate, pH 5.0의 緩衝液 10ml에 30個씩 넣었다. 處理區當 3反復으로 實施하였으며, 모든 作業은 phytochrome의 合成을 防止하기 위하여, 綠色 安全燈下에서 遂行하였고, 材料 및 器具는 完全 消毒하여 實施하였다. Petri-dish는 直徑 6cm을 使用하였으며, 빛을 遮斷하기 위하여 알루미늄 호일로

싸서, 25°C의 水稻槽에 24時間 동안 진탕처리후 伸長된 초엽의 길이를 0.5mm까지 測定할 수 있는 colony 계수기하에서 調査하였다.

結果 및 考察

1. 細胞分裂

植物의 生長과 發達は 細胞의 分裂, 伸長 및 分化가 進行되면서 이루어지는데, 이러한 條件中 어느 하나라도 抑制시키면 生長이 停止된다^{11,16,18}. Alachlor 처리농도 및 시간이 세포분열에 미친 영향은 표 1과 같다. Alachlor 1×10^{-6} M를 6時間 處理時 細胞分裂는 無處理區에 比하여 108%로 거의 抑制시키지 못하였으나, 1×10^{-5} M에서 12%, 1×10^{-4} M에서는 40%로, 濃度가 增加함에 따라 더 많은 細胞分裂 抑制現象을 보였다. 除草劑中 植物의 細胞分裂를 抑制하는 것은 約 20%를 차지하고 있는데, Deal과 Hess¹¹는 alachlor 處理가 완두와 귀리의 細胞分裂를 抑制시켰으며, 이 除草劑가 生長을 抑制시키는 要因은 細胞分裂와 細胞伸長 抑制에서 오는 結果라고 하였다. Alachlor를 12時間동안 處理할 때 全處理區에서 處理間 有意差가 認定되었으며, 24時間 處理는 1×10^{-5} M 以上の 濃度에서 90% 以上の 抑制現象이 일어났다. 18時間 處理時 1×10^{-3} M은 87%로 顯著하게 抑制된 것은

4. 根端 組織의 變化

36時間 잘 發芽된 귀리를 alachlor 1×10^{-4} M 處理區와 無處理區로 하여, 14時間 $22 \pm 2^\circ\text{C}$ 에서 培養한 後, 根端 約 2mm 部位만을 採取하였다. 採取된 組織을 2.5% paraformaldehyde-glutaraldehyde(Sorensen's phosphate buffer, 4°C pH 7.4)로 2時間동안 前固定하였다. 前固定이 끝난 組織들은 Sorensen's phosphate으로, 10分 間隔으로 3回 洗滌한 後, 2% OsO_4 (Sorensen's phosphate buffer, 4°C pH 7.4)로 2時間동안 固定한 다음, 同一한 緩衝液으로 3回 洗滌하였다. 洗滌된 試料는 에탄올 上昇濃度順으로 脫水하여 propylene oxide로 置換한 後, Epon-Araldite混合液에 包埋하였다. 包埋된 組織들은 초박 절편기(LKB)로 절편을 만들어 1% toluidine blue로 hot plate(60°C)에서 染色한 後, 光學顯微鏡으로 組織의 變化를 調査하였다^{9,12}.

Table 1. Effects of exposure times and concentrations of alachlor on mitotic index and distribution of mitotic stage in oat root tips

Exposure time (hr)	Alachlor conc. (M)	Dividing cells (No./1,000 cells)		Distribution of mitotic stages (No./1,000 cells)			
		Mitotic index	% of control	Prophase	Metaphase	Anaphase	Telophase
6	0	108a ²	100	54a	36a	10ab	8a
	1×10^{-6}	117a	108	56a	38a	14a	9a
	1×10^{-5}	95ab	88	50a	29b	10ab	6a
	1×10^{-4}	65b	60	34b	25b	4b	2b
	1×10^{-3}	30c	28	16c	9c	3c	2b
12	0	105a	100	51a	32a	12a	10a
	1×10^{-6}	103a	98	55a	29a	13a	6b
	1×10^{-5}	44b	42	27b	11b	3b	3c
	1×10^{-4}	20c	19	12c	5c	2b	1c
	1×10^{-3}	16d	15	10c	2d	2b	2c
18	0	96a	100	52a	28a	10a	6a
	1×10^{-6}	81b	84	40b	29a	8a	4b
	1×10^{-5}	19c	20	11c	6b	1b	1c
	1×10^{-4}	16c	17	9cd	3c	2b	2c
	1×10^{-3}	12d	13	8d	2c	1b	1c
24	0	104a	100	56a	30a	13a	8a
	1×10^{-6}	54b	52	35b	10b	4b	5b
	1×10^{-5}	6c	6	2c	2c	1c	1c
	1×10^{-4}	2c	3	1c	1c	0c	0c
	1×10^{-3}	3c	3	1c	2c	0c	0c

² Values within a column of each exposure time, followed by the same letters are not significantly different at the 5% level by Duncan's multiple range test.

低濃度の alachlor 作用機構와는 달리, 다른 毒性으로 因하여, 分裂이 停止되고 있음을 推論할 수 있다.

Alachlor가 細胞分裂에 미치는 影響을 보면 6 時間 處理時 1×10^{-4} M과 1×10^{-5} M 사이, 12時間과 18時間 處理時는 1×10^{-6} M과 1×10^{-5} M 사이의 濃度에서 顯著하게 細胞分裂이 抑制되었으며, 24時間 處理時는 無處理區와 1×10^{-6} M 사이에서, 그리고 1×10^{-6} M과 1×10^{-5} M 사이의 濃度에서는 거의 같은 比率로 分裂 細胞數가 減少되었다. 細胞週期는 間期(G_1 , S, G_2)와 分裂期(M)로 나누는데, 除草劑는 植物의 細胞週期中, 有絲分裂期에 刺戟을 주면 染色體의 異狀現象으로 metaphase arrest現象이 일어나며, 間期中에 刺戟을 주면 分裂하는 細胞數가 점차 減少되는 것으로 報告되었다.^{8,15)} Calson 등²⁾에 의하면 amide系統인 pronamide를 귀리에 處理時 30 分以內에 正常的인 細胞分裂이 이루어지지 않았으며, 染色體가 c-pairs, 多核性 細胞와 polyloidy 및 misshapen nucleic의 現象으로, 中期에서 分裂이 停止되어, 다음 段階로 進行되지 못하게 함으로써, 殺草 效果를 나타낸다고 하였다.

本 實驗에서 alachlor은 pronamide 處理時 나타나는 中期 arrest 現象(c-pair, 多核性 細胞 등)과 같은 染色體 異狀現象은 전혀 發見되지 않았으며, 前期, 中期, 後期 및 終期가 均一하게 減少된 것으로 보아, 間期中에서 刺戟을 받아 有絲分裂期(M期)로 進行하면서 分裂初期가 서서히 減少하는 것으로 推定된다. 따라서 除草劑의 arrest stage를 찾기 위하여 cell kinetics를 實施하였다.

2. Cell Kinetics

植物生長은 부의 增加와 細胞數의 增加에 의해서 이루어 지는데¹⁸⁾, 除草劑는 이들 中 하나 또는 전부를 抑制시킴으로써 生長이 停止된다.^{4,5)} 細胞分裂 抑制 側面에서 모든 除草劑는 細胞分裂 週期中, 어느 特定한 時點에서 影響을 주게 된다.^{15,16)}

細胞週期는 間期(G_1 , S, G_2)와 分裂期(M)로 나누는데, 各 stage마다 生化學的 反應이 다르게 일어나며, 다음 stage로 進行하기 위해서는 特定 RNA와 蛋白質이 必須적으로 필요하다. 除草劑

는 細胞分裂 週期中에 일어나는 어느 한 代謝作用을 妨害하여 正常的인 細胞分裂을 阻止시키는 데, 有絲分裂期에 刺戟을 받으면 染色體 異狀現象이 일어나며 間期에 刺戟을 받으면 細胞分裂이 減少된다.^{8,15)} Alachlor가 染色體 異狀현상없이 점차 分裂細胞들이 減少되는 것으로 보아 이미 間期에 刺戟을 받은 것으로 推定된다. DNA合成은 S期에 일어나며 DNA合成 없이는 細胞分裂이 일어나지 않는다¹¹⁾. 따라서 DNA 前驅物質인 ³H-thymidine를 利用하여, 除草劑의 作用 時期를 決定하는데 指標物體로 使用하였다. 同位元素로 標識되지 않은 分裂細胞들은 S期에 들어가지 않고, G_2 期에서 M期로 進行된 細胞이다. 同位元素가 標識된 分裂細胞는 S期에서 同位元素를 吸收하여, G_2 期를 거쳐 分裂期로 들어간 細胞들이다. 만일 除草劑가 G_2 로 부터 M期를 抑制한다면 同位元素를 吸收한 分裂細胞는 分裂期에서 나타나지 않는다. 또한 除草劑가 G_2 부터 S期 또는 S부터 G_2 期를 妨害한다면 標識된 分裂細胞는 有絲分裂期中에 觀察되지 않는다. 同位元素가 標識된 間期 細胞들은 S期에서 ³H-TdR를 吸收한 G_2 期에 있는 細胞들이다.

표 2에서 G_2 細胞가 分裂期로 들어가는 率은 8 時間에서 12時間 사이의 모든 處理濃度에서 빠르게 減少되고 있다. 이러한 現象은 無處理區와는 顯著하게 다르다. 16時間 處理時 G_2 期에서 分裂期로 進行된 標識된 分裂細胞는 1×10^{-5} M과

Table 2. Composition of cells kind among 1,000 cells in oat root tips treated with various concentrations of alachlor for specific duration of times.

Cell	Alachlor conc. (M)	Exposure time(hr)				
		4	8	12	16	24
Labeled dividing Cell	0	42a	57a	45a	50a	52a
	1×10^{-5}	43a	18b	9b	2b	1b
	1×10^{-4}	17b	16b	5b	2b	0b
Unlabeled dividing cell	0	44a	50a	40a	44a	40a
	1×10^{-5}	47a	39b	31b	9b	3b
	1×10^{-4}	29b	20c	12c	1c	1b
Labeled interphase cell	0	63b	93b	156b	140b	120ab
	1×10^{-5}	60b	124a	222a	247a	143a
	1×10^{-4}	71a	100b	93c	89c	82b

Values within same column followed by the same letters are not significantly different at the 5% level by Duncan's multiple range test.

1×10^{-4} M에서 각각 96% 억제시켰으며, 標識되지 않은 分裂細胞는 각각 80%, 98% 進行을 抑制시키고 있다. 그러나 $^3\text{H-TdR}$ 이 標識된 間期の 細胞들은 1×10^{-5} M 處理區에서, 16時間까지도 增加되는 現象을 보였다. 즉 處理區에서 時間이 갈수록 分裂細胞들은 減少되었으나, 標識된 間期の 細胞들이 增加되는 것은 除草劑가 G_2 期에서 어떤 代謝過程을 妨害한 結果로 생각된다. 4時間 處理時 1×10^{-5} M은 細胞分裂를 抑制하지 않았으나, 高濃度인 1×10^{-4} M 處理時는 標識된 分裂細胞가 60%, 標識되지 않은 分裂細胞가 34%의 抑制現象을 보임으로써, 標識된 分裂細胞들이 標識되지 않은 分裂細胞에 比하여, 더 많이 抑制되는 現象을 보였다.

Alachlor의 作用點이 G_2 期라고 決定할 수 있는 理由로는 標識되지 않은 많은 分裂細胞들이 ($G_2 \rightarrow M$ 期) alachlor에 의해서 抑制되고 있고, 標識된 分裂細胞들도 處理後 繼續 減少되었으나, S期를 거친 標識된 間期細胞들은 1×10^{-5} M 處理에서 16時間까지는 오히려 增加되었다. 이것은 G_1 期에 있던 細胞들이 mitotic cycle을 進行하면서 S期로 들어 가는데 이때 S期에서 DNA의 前驅物質을 吸收하면서 G_2 期까지는 進行되었다. 그러나 G_2 에서 分裂期로의 進行을 妨害함으로써, G_2 細胞들이 增加되는 것으로 推定된다. Van't Hof⁽¹⁶⁾는 stress下에서 分裂細胞가 減少되는 것은 대부분 G_1 과 G_2 期에 影響을 받는다고 하였다. 왜냐하면 새로운 細胞가 유기되기 위해서는 DNA 合成(S期)과 有絲分裂期(M期) 過程을 거치는데, DNA合成 및 分裂의 減少는 主로 前段階에서 刺戟을 받기 때문이다. 特히, G_2 arrest point를 G_2 의 代謝作用中 有絲分裂를 準備하기 위하여 蛋白質과 RNA合成이 進行되는데, 이때 G_2 arrest point는 蛋白質과 RNA 合成 以前에 있는 것으로 報告되었다^(5,8,16). 金과 Bendixen⁽⁸⁾은 CGA-82725, DOWCO-453, haloxyfop 등은 間期中에 있다고 하였다. Alachlor處理時 16時間以內에 同位元素로 標識된 分裂細胞나 標識되지 않은 分裂細胞는 顯著하게 抑制되었으며, 分裂初期도 점점 減少되면서 中期, 後期 및 終期도 減少되었다. 그러나 標識된 間期細胞는 점차 增加되는 것으로 보아, $G_2 \rightarrow M$ 期로 進行이 停止되면서 細胞分裂이 抑制되는 것으로 생각됨으로 alachlor의 作用點은 G_2 期로 思料된다.

3. 細胞 伸長

어떤 組織이 生長하는데는 細胞의 伸長이 必然의 所以로 要求되는데, 細胞伸長을 測定하기 위해서는 straight growth test가 가장 適切한 方法으로 알려져 있다^(4,10). Nitsch와 Nitsch⁽¹⁰⁾의 方法에 의하여, 거리의 초엽끝 3mm 以下를 5mm씩 잘라서 초엽 伸長을 調査한 結果는 표 3과 같다. 24時間동안 1×10^{-6} M과 1×10^{-5} M alachlor 處理時 無處理區에 比하여, 各各 6%와 12%로 초엽의 伸長이 減少되었다. 이것은 根端組織의 細胞 分裂에서 보여준 1×10^{-6} M에서 45%, 1×10^{-5} M은 94%로, 그 抑制程度가 초엽에 比하여, 뿌리에 處理時 더 많은 生長抑制 現象이 나타났다 (그림 1).

除草劑를 處理하는데 가장 適切한 部位는 줄기 또는 뿌리중, 더욱 더 效果의 所以로 억제되는 곳에 따라서 決定되는데, α -chloroacetamide 系統의

Table 3. Effect of alachlor on cell elongation from coleoptile of oats 24 hours after treatment

Alachlor conc. (M)	Coleoptile length (mm) (Mean + standard error)
0	1.16 + 0.04
1×10^{-7}	1.04 + 0.03
1×10^{-6}	1.09 + 0.10
1×10^{-5}	1.02 + 0.11
1×10^{-4}	0.62 + 0.07
1×10^{-3}	0.09 + 0.01

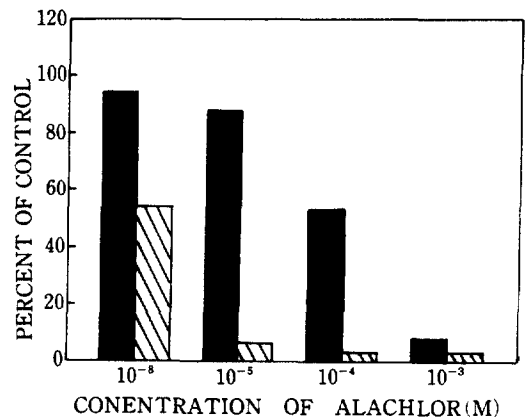


Fig. 1. Effects of alachlor on cell division and cell elongation of oats 24 hours after treatment.

□ Cell division
■ Cell elongation

除草劑는 줄기와 뿌리의 生長을 모두 抑制하는 것으로 보고되었다¹⁴⁾. Carlson 等²⁾은 amide系統인 propachlor를 귀리와 오이에 處理하여, 뿌리와 줄기의 生長이 抑制됨을 보였다. 特히 propachlor는 귀리 줄기에 比하여, 뿌리의 生長에 더욱 敏感한 反應을 보였다.

Deal과 Hess⁴⁾도 귀리에alachlor 1×10^{-4} M로, 24時間 處理時 細胞伸長은 67%, 뿌리에 處理할 때는 88%의 抑制를 보여 줌으로써, 同一 處理區에서alachlor은 초엽의 伸長보다는 뿌리의 生長을 더 많이 抑制함을 보였다.

細胞伸長이 抑制되는 要因은 滲透壓의 增加와 細胞壁의 木質化로 大別 할 수 있다^{6,18,19)}. 따라서alachlor이 細胞伸長을 抑制한 原因을 찾기 위하여 分裂이 旺盛한 根端細胞를 形態的 側面에서 調查하였다.

4. 根端組織의 變化

除草劑 處理時 形態的인 變化를 觀察하기 위하여 귀리의 根端組織을 縱斷 切片한 결과는 그림 2에서 보여 주는 바와 같다.

根冠은 細胞 形態的 側面에서 處理區와 無處理區에 거의 差異가 없으나, 除草劑 處理時 검은 點으로 보이는 澱粉粒이 無處理區보다 적게 나타났다. 根冠에 있는 澱粉粒은 屈地性を 일으키는데 關聯된 物質로서, 缺乏될 때는 細胞의 方向性を 잃게될 可能性이 있다¹⁸⁾. Parka와 Soper¹³⁾는 dinitroanilin 處理時 伸長帶의 細胞가 不規則하게 커진 것은 細胞의 극성을 잃고 液胞化되기 때문이라고 하였다. 無處理區에서는 生長停止部 部分에 있는 始原細胞가 根端到 대하여 가로 方向의 직사각형 모양으로 稠密되어 있으나,alachlor 1×10^{-4} M로 14時間 處理할 때는 始原細胞部位의 頂端 始原 細胞群이 줄어드는 傾向을 보였다. Alachlor 處理區는 목부와 사부조직을 포함한 中心柱가 無處理에 比하여 가로 方向으로 擴張되어 나타났다.

Calson 等²⁾은 propachlor를 귀리에 處理하면 4時間 以內에 뿌리의 伸長帶 部位가 橫의 方向으로 擴大되면서 뿌리의 生長이 抑制된다고 하였다. Wareing과 Phillips¹⁸⁾는 ethylene處理時 根端組織이 橫의 方向으로 부피 生長이 된다고 報告하였다. Alachlor處理時에도 內皮 內의 木部組織들은 無處理區에서는 작고 密集되어 있는 反

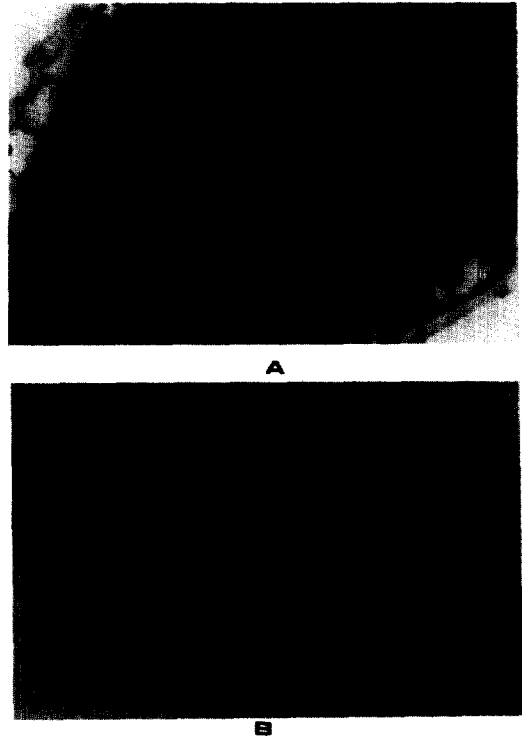


Fig. 2. Medium-longitudinal section of oat root ($\times 200$)

A : Untreated root cells, B : Treated root cells (1×10^{-4} M alachlor). AP : Apical Meristem, CC : Central Cylinder, X : Primary Xylem, RC : Root Cap, S : Starch Grain.

面, 處理區는 가로방향으로 하여 細胞가 크게 나타났다. 이렇게 木部組織이 커진 것은 細胞가 液胞化되어, 이미 成熟分化된 形態로 推定된다. Vaughn와 Merkle¹⁷⁾에 의하면 haloxyfop處理時 細胞는 植物이 老化될 때와 같이 작은 液胞들이 합쳐져서 큰 液胞가 形成되는데, 이는 細胞內의 營養物質의 不足으로, 그 內部的 物質을 吸收하게 되어, 液胞의 數와 부피를 增加시키기 때문이라고 하였다. Pronamide를 quackgrass에 處理할 때도 細胞伸長 및 組織이 破壞되었고, 維管束組織內의 목부와 사부조직이 木質化되었으며, 根端組織의 分裂 細胞群은 成熟된 것처럼 나타난다고 하였다²⁾. 그러나 이러한 作用은 除草劑의 作用에 敏感한 植物에 한하며, 抵抗力이 있는 植物의 細胞에서는 液胞의 크기가 增加하지 않는 것으로 報告하였다.

結論的으로 植物의 生長은 먼저 細胞의 數가

增加되고, 增加된 많은 細胞들이 擴張된 後, 分化가 일어난다. Alachlor 處理時 줄기의 細胞伸長에 비하여 뿌리의 細胞分裂이 더욱 더 抑制된 것은 alachlor가 細胞伸長을 抑制하기 이전에 細胞分裂을 抑制하고 있기 때문이다. 따라서 alachlor의 作用機構는 細胞分裂期中 G₂期로부터 M期 사이의 進行을 妨害하는 어떤 特定 蛋白質에 의해서 生長이 抑制되는 것으로 思料된다.

摘 要

귀리에 alachlor 處理하고 生長의 要素인 細胞의 分裂, 伸長 및 分化를 調査한 結果는 다음과 같다.

1. Alachlor 處理時 分裂 初期가 먼저 減少되면서 中期, 後期, 末期의 細胞들도 거의 一定하게 減少되는 現象을 보였으며, 處理濃도가 增加함에 따라서 分裂抑制 效果도 增加되었다.
2. Alachlor 處理에 의하여 細胞分裂 過程中, G₂期에서 分裂期(M)로 進行하는 細胞는 8時間과 12時間 사이에 急激히 減少되었으나, 標識된 間期(G₂) 細胞들은 오히려 增加되는 現象을 보임으로써 alachlor는 G₂期에서 M期로 進行 過程을 抑制시켰다.
3. 귀리 초엽의 細胞伸長은 alachlor 1×10⁻⁵ M에서 12.1%, 1×10⁻⁴ M에서 46.6% 抑制되었으며, 根端組織의 細胞分裂에 비하여 alachlor의 作用에 덜 敏感하였다.
4. 根端 組織은 除草劑 處理時 中心柱가 橫으로 擴大되어 나타났으며, 頂端 始原 細胞群도 無 處理區에 비하여 줄어들었다.

引用 文 獻

1. Ashton, F.M., O.T. de Villier, R.K. Glenn, and E.B. Duke. 1977. Localization of metabolic sites of action of herbicides. Pestic. Biochem. Physiol. 7 : 122-141.
2. Carlson, W.C., E.M. Lignowski, and H.J. Hopen. 1975. The mode of action of pronamide. Weed Sci. 23 : 155-161.
3. Cleland, B.E. 1977. The control of cell enlargement. Sym. Soc. Exp. Biol. 31 : 101-115.
4. Deal, L.M. and F.D. Hess. 1980. An analysis of the growth inhibitory characteristics of alach-

- lor and metolachlor. Weed Sci. 28 : 168-175.
5. Hess, F.D. 1987. Herbicide effects on the cell cycle of meristematic plant cell. Rev. Weed Sci. 3 : 183-203.
6. Key, J.L. 1964. Ribonucleic acid and protein synthesis as essential processes for cell elongation. Plant Physiol. 39 : 365-370.
7. Kim, J.C. 1968. A study of mode of action of fluazifop-butyl. II. Fluazifop-butyl effect cell division, cell enlargement and protein synthesis in oat (*Avena sativa* L.) roots. K.J. Weed Sci. 6(2) : 168-173.
8. Kim, J.C. and L.E. Bendixen. 1987. Effects of haloxyfop and CGA-82725 on cell cycle and cell division of oat (*Avena sativa*) root tips. Weed Sci. 35 : 769-774.
9. 김정상·김우갑. 1990. 솔나방 (*Dendrolimus spectabilis* Butler)의 난황 형성에 따른 신세포(nephrocytes)의 미세구조 변화. 한국곤충학회지. 20(3) : 123-130.
10. Nitsch, J. and P.C. Nitsch. 1956. Studies on the growth of the coleoptile and first internode sections. A new sensitive, straight-growth test for auxins. Plant Physiol. 31 : 94-111.
11. Nooden, L.D. and V.T. Kenneth. 1966. Action of inhibitors of RNA and protein synthesis on cell enlargement. Plant Physiol. 41 : 157-164.
12. Olson, B.M., R.B. Mckercher, and E.H. Halstead. 1984. Effect of trifluralin on root morphology and mineral status of wheat (*Triticum aestivum*) seedling. Weed Sci. 32 : 382-387.
13. Parka, S.J. and D.F. Soper. 1977. The physiology and mode of action of the dinitroanilin herbicides. Weed Sci. 25 : 79-87.
14. Parker, C. 1966. The importance of shoot entry in the action of herbicides applied to the soil. Weed Sci. 14 : 117-121.
15. Van't Hof, J. 1966. Experimental control of DNA synthesizing and dividing cells in excised root tips of pisum. Amer. J. Bot. 53(10) : 970-976.
16. Van't Hof, J. and C.J. Kovacs. 1972. Mitotic cycle regulation in the meristem of cultured roots: The principle control point hypothesis. Ad. Exp. Medi. Biol. 18 : 15-32.

17. Vaughn, S.F. and M.G. Merkle. 1989. Histological and cytological effect of haloxyfop on sorghum (*Sorghum bicolor*) and unicorn-plant (*Proboscidea Louisianaica*) root meristems. Weed Sci. 37 : 503-511.
18. Wareing, P.F. and I.D.J. Phillips. 1981. Growth and differentiation in plant. Pergamon Press, New York.
19. Wright, J.P. and R.H. Shimabukuro. 1987. Effect of diclofop and diclofop-methyl on the membrane potentials of wheat and oat coleoptiles, Plant Physiol. 85 : 188-183.