

Ethrel에 의한 麥類의 雄性不稔誘發

孫 膺 龍

高麗大學校 農科大學 教授

Induction of Male Sterility in Barley and Wheat with 2-Chloroethylphosphonic acid (Ethrel)

Eung Ryong Son

Professor, Dept. of Agronomy, Korea Univ.

Summary

Four treatment leveles(check 500, 1,000 2,000ppm) of Ethrel were applied to barley and wheat grown in greenhouse and fields at three stages (preboot, boot, afterboot) of growth in order to induce male sterility and to evaluate possibility of practical F_1 -hybrid-seed production as gametocide.

The results are summarized as follows.

1. The shortening plant height, especially the first internode length, spike length and decreasing 1,000 seeds weight and induction of male sterility, were observed with all Ethrel treatmets. The earlier the stage of spraying at the boot and the higher concentration of Ethrel, the greater effects were observed.
2. The most practical level of inducing male sterility occured ranging from 1,000-2,000ppm applied at all stages, while with increasing maturity, greater concentration of Ethrel were required to induce the same level of maie sterility.
3. Great differences for male sterility per spike in bagged and unbagged spikes were shown with all treatments indicated ovary receptiveness, and that out-crossing has taken place.
4. Ethrel treatment induced more practicable extent of male sterility in barley than wheat. This results indicated that F_1 -hybrid-seed production in barley with gametocide appears feasible if high combining ability lines were selected for increased out-crossing ratio.
5. There seemed to be no indication of additive surfactant influence on the Ehrel action in the present studies, and showed an interest on further studies on this matter.

緒 言

他家受精作物 및 一部 自家受精作物에는 heterosis를

나타 내는것이 많다. 특히 옥수수, 수수, 양파, 사탕무우 같은 作物에서는 遺傳因子組成과 交雜體系를 통하여 組織的으로 F_1 雜種 種子를 生産해 가지고 雜種強勢를 利用한 收量增大를 이르고 있다. 이것들이 刺

載이되어 自殖性이 강한 麥類에 對하여서도 heterosis 를 利用하여 收量을 增進시켜 보려는 努力을 많이 하게 되었으나^{6,8,12,22,34,27,28,30,32,34} 아직까지 F₁雜種種子를 生産해 내는 適切한 方法이 開發되지 못하고 있다. 麥類에 있어서도 옥수수에서와 같이 Cytoplasmic male sterile-restore method로서 F₁ 雜種種子를 生産해 낼려고 하는데 밀에서는 Cytoplasmic male sterile-restore system를 利用하면 restore gene 復活이 活發하여 70%의 花粉稔性回復이 可能하다 하였고³ 또 보리에서는 30~50%의 F₁雜種種子를 生産할 수 있다³³ 하나 지금까지 報告된 雄性不稔系統들은 雌性不稔도 일으키는 傾向이 있기 때문에 F₁雜種種子를 生産하는데 많은 費用이 들게 된다. 이와같이 麥類의 F₁雜種種子를 生産해 내는 方法中에서 第一 좋은 方法이라고 믿어지는 이 Cytoplasmic male sterile-restore method는 經營의으로 收支가 맞지 않는 方法일뿐 아니라 그 雜種에 遺傳的인 稔性を 恢復시켜주어야 한다는 어려운 問題까지 지니고 있기 때문에 實用化될 可能性이 없어 보인다. 따라서 雌性不稔系統을 利用하는 代身에 雄性配偶子の 技能을 效率的으로 喪失케하는 gametocide가 있다면 restore gene을 復活시키는 어려운 過程을 밟을 必要없이 쉽게 또 싼 값으로 F₁雜種種子를 生産하게 되지 않을까 본다.

最近 암수딴꽃植物인 오이科作物을 비롯하여 禾本科作物에 對하여서 까지도 gametocide에 依한 雌性不稔誘發에 關한 研究가 많이 이루어지고 있으므로^{1,4,10,13,15,16,17,18,29,37} 筆者는 gametocide를 利用한 麥類의 heterosis育種이 可能한지 그 與否를 檢討코져 2ch-chloroethylphosphonic acid (Ethrel)가 麥類에 미치는 雌性不稔誘發效果를 調査하고 그 結果를 여기에 報告하면서 鞭達을 받고져 하는바이다.

研究史

밀 및 보리에도 雜種強勢가 나타난다는 事實은 이미 Sureson³⁰ 및 Griffes³²에 依하여 各各 처음으로 報告된바 있으나 麥類의 heterosis育種에 關한 研究는 事實上 其後 約40年間 即 1960년까지는 踏步狀態에 있었다. ³¹ 化學藥品에 依하여 雄性配偶子の 技能을 消滅시킬 수 있다면 經濟的으로 쉽게 또 伸縮性이 있게 雌性不稔을 이르킬 것이라는 前提에서 Eaton³은 棉花에 sodium 2,3-dichloroisobutyrate(FW450)을, Moor¹⁹는 옥수수에 maleic hydrazide(MH)를, Nelson과 Rossman²¹은 옥수수에 Gibberellin을, Wittwer와 Hillyer³⁷ 및 Iwahori³³은 오이에 各各 Maleic hydrazide 및 Ethrel를, 그리고 Hoaglund, Elliott와 Rasmussen¹¹ 및

Kaul와 Singh¹⁴ 등은 봄 밀에 maleic hydrazide를 各各 使用하며 化學的으로 作物에 雌性不稔을 誘發시키는 研究를 하고 化學的 雌性不稔에 關한 可能性이 있다는 事實을 報告하였다. 그後 Poter 및 Wiese²³는 1958년부터 1960년까지 3年 동안 가을 밀에 FW450, MH, Potassium gibberellate, Dalapon, TIBA, Dimethylamine salt of trichlorobenzoic acid, Naphthalen acetic acid (NA) 및 Ethanol와 isopropanol系의 2.4 D를 各各 撒布하여 雌性不稔을 誘發하여 보았으나 그中에서 MH만이 높은 雌性不稔을 誘發하였는데 이와 同時에 雌性不稔도 誘發되었기 때문에 F₁雜種種자의 結實率이 不良하였다고 報告하였다. 또 Chopra Jain 및 Swaminathan² 및 Kaul와 Singh¹⁴도 MH는 밀의 雌性不稔을 誘發하나 植物體 및 花器에 形態的障害를 주었다고 報告하므로써 雌性不稔誘發과 同時에 組合能力이 강한 系統의 選抜이 重要하다는 것을 附言하였다.

Hayes^{7,9} 및 Wiebe³⁶은 보리에 對하여 聯關된 2개의 遺傳子(ms:male sterile gene, ddt:DDT에 대한 優性遺傳因子)를 前提하고 보리에 gene-phytoicide system를 用하면 17~55%의 F₁雜種種子를 生産할 수 있으나 品種과 環境에 따라서 크게 左右되기 때문에 自殖性이 강한 麥類의 heterosis 育種에서는 雌性不稔誘發보다도 組合能力이 좋은 系統을 選抜하거나 穎花가 完全히 開花되어 他家受粉이 잘 될수 있게 하는 gametocide가 開發되어야 한다고 報告했다.

Lower와 Miller¹⁷은 Ethrel은 努力을 적게 들이고 F₁雜種種子를 生産하는 좋은 道具가 될 것이며 이것을 利用하면 溫室育種을 할때의 育種年限이 앞당겨질 것이라고 報告하였다. Rowell와 Miller²⁹도 Ethrel은 오이에 對하여서 뿐만 아니라 麥類에 對하여서도 選擇的인 gametocide作用을 할것이라고 믿고 3水準의 Ethrel을 3 booting stage의 밀에 撒布하였는데 어떤 濃度處理에서나 完全한 雌性不稔이 誘發되었지만 booting stage가 發育할수록 處理濃度を 높힐 必要가 있었다고 報告했다. 또 그들은 높은 濃度の 處理區일수록 그리고 早期 booting stage에서 處理된 것일수록 이삭이 異常發育을 했으나 Ethrel은 現在까지 報告된 어떤 gametocide보다는 有用한 것이었다고 指摘하고 이것을 麥類에 使用할 때는 2개의 系統(P-line:Pollinator, C-line: Chemical male sterile line)이 必要할것이라고 報告했다. 그러나 Ethrel에 依하여 어떻게 雌性不稔이 이루어 지느냐하는 機構에 대하여는 報告하지 않았다.

Ethrel은 쌍떡잎식물에 撒布하면 부작용이 잘 되나 외떡잎식물에 撒布하면 부작용이 不良하여 물방울을 形成하면서 流落되기 때문에 多量의 溶液이 所要된다. 따

라서 經濟的으로 Ethrel를 利用하기 爲하여서는 粘着劑를 混合하여 利用하는 것이 좋을것 같으나 이런 問題에 關한 試驗結果報告는 아직 發表된 바 없다.

材料 및 方法

七寶(보리) 및 永光(밀)의 두品種을 供試品種으로 使用 하였다. 1971年 10月中旬 德沼에는 보리 및 밀을, 그리고 素砂에는 밀 만을 各各 이랑너비 60cm, 播幅 18cm, 로 條播하였고 10㎡당 糞土 7kg, 인산 4kg, 가리 4kg, 퇴비 800kg를 全量 基肥로 施用하였다. 1972年 3月下旬에 德沼의 供試材料 一部를 학교溫室에 가져다가 Pot당 4株씩 移植하며 보리 및 밀을 各各 30pot, 計 60pot를 準備한후 溫室에서 管理하였다. 수잉기에 溫室 및 圃場의 供試植物을 4水準(check, 500, 1,000, 2,000 ppm)의 Ethrel溶液으로 處理하되 Ethrel의 葉面附着을 助成코져 展着劑 "Reno"를 各 處理水準에 共通의으로 1,000ppm되게 Ethrel과 同時에 풀어서 잎에 충분히 撒布하였다. 處理濃度 및 處理時期(pre-boot, boot, after-boot)別 雄性不稔誘發程度와 他交雜 程度를 알기爲하여 色紙로된 꼬리표를 處理植物에 달아서 處理時期를 標示하고 pot栽植植物에 對하여는 處理時期當 25~30穗, 그리고 圃場植物體에 對하여는 70~80穗씩 봉투를 씩었다. 處理濃度 및 處理時期別로 各各 봉투씩은것 및 얇씩은것을 同數程度로 收穫하여 이삭이 上 및 下端에 있는 1~2개의 小穗를 各各 除去하고 不稔粒을 調査하였는데 밀에 對하여는 한小穗의 結實粒을 平均 3粒으로 잡어 가지고 이에 對한 不稔粒을 算出하였다.

結果 및 考察

pre-boot狀態에서 處理된 보리이삭의 大部分은 收穫期가 되어서도 完全히 出穗되지 못하고 이삭의 上半部만이 止葉葉鞘外部에 露出된 程度로 出穗되었고, boot狀態에서 處理된것은 이삭이 完全히 出穗되었으나 穗首가 止葉基部를 뻗어 나지 못할 程度였고, After-boot狀態에서 處理된것은 穗首先端이 2~4cm程度 止葉基部에서 露出될 程度로 出穗하였다. 그러나 밀은 어떤 狀態에서 處理된 것이나 다 完全히 出穗하였다. 보리 이삭 大部分이 탈려 있었거나 또는 種實이 옆으로 밀려 나와 있어서 이삭이 非正常的으로 보였다. 穎花와 藥도 無處理의 그것에 比하여 작게 보였다. 草長(특히 第1節間長), 穗長 및 1,000粒重이 減少되었으나 不稔率은 增加되었다(Fig. 1). 이 傾向은 處理濃도가 높을 수록 컸으며 밀도 같은 傾向을나타 냈다(Table 1)

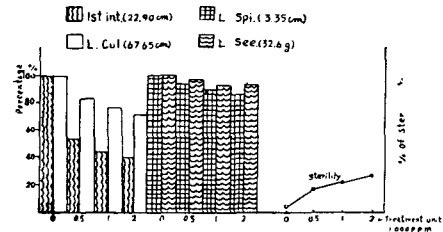


Fig. 1. Effect of Ethrel on the growth of barley.

不稔程度는 試驗誤差라고 믿어진 溫室에서 管理한 밀의 境遇를 除外하고는(Fig. 3) 處理濃도가 높을수록 또 봉투를 씩은것 얇은區(-B) 보다 얇은區(+B)에서 各 各 높아졌다.

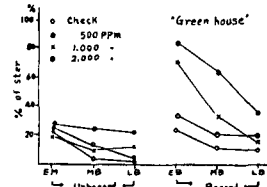


Fig. 2. Mean percentage of Sterile seeds per head of barley induced with Ethrel of different booting stages 7

그러나 어떤 處理區에서나 處理時期가 달라짐에 따라서 即 boot stage가 進展됨에 따라서 不稔率이 低下되었는데 이것은 處理時期가 늦어질수록 即 出穗에 가까울수록 높은 濃度の 處理가 必要하다는 것을 暗示하여 주었다. Rowell와 Miller²⁹⁾ 도 750~2000ppm의 Ethrel處理에서 雄性不稔이 誘發되었는데 early, mid. 및 late-boot stage에서 各各 完全한 不稔을 誘發하기 위하여서는 處理濃도를 높여야 한다고 指摘하였으며 한이삭당 不稔率도 봉투를 씩은것 얇은 標準區에서 보다 얇은 各處理區에 있어서 有意하게 높았다고 報告하였는데 이런 結果로서 Ethrel處理는 雄性不稔을 誘發한다는 點만을 考慮한다면 pre-boot stage에서 처리하여야 된다고 生覺되었다. 봉투를 씩은것으로서 Ethrel에 依하여 誘發된 雄性不稔率을 알 수 있었고, 그리고 봉투를 얇은것과 얇은것을 比較하므로써 他家受粉率을 各 各 알 수 있었다. 即 各處理濃度中 가장 顯著한 影響을 나타낸 2,000ppm區의 結果만을 추려보면 pot의 보리에서는 봉투를 얇은區(+B)의 pre-boot, boot 및 after-boot stage에서 各各 87, 67 및 37%의 平均不稔率을 보여 주었는데 봉투를 얇은區(-B)에서는 各各 24, 25 및 21%의 不稔率을 보였고(Fig. 2), 밀은 전자(+B)의 67, 64 및 61%에 대하여 후자는(-B) 34, 30 및 26%의 不稔率을 各 各 보여 주었다(Fig. 3).

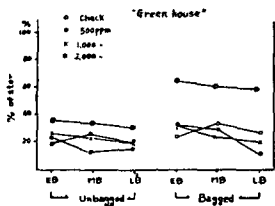


Fig. 3. Mean percentage of sterile seeds per head of wheat induced with Ethrel of different booting stages

德沼의 보리에서도 같은 傾向으로 前者(+B)의 85, 69 및 65%에 對하여 後者(-B)는 56, 16 및 17%를 나타냈고(Fig. 4), 素砂의 밀도 前者(+B)의 86, 45 및 31%에 對하여 後者(-B)는 71, 26 및 21%의 不稔率을 各各 나타냈다.

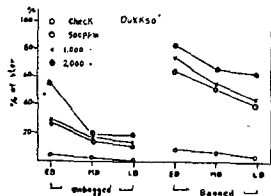


Fig. 4. Mean percentage of sterile seeds per head of barley induced with Ethrel at different booting stages

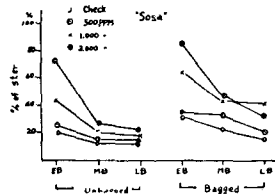


Fig. 5. Mean percentage of sterile seeds per head of wheat induced with Ethrel at different booting stages.

이와같은 (+B)區의 높은 不稔率 과 (+B)와 (-B) 區의 不稔率差로서 Ethrel處理에 依하여 雌性不稔이 誘發되었으나 雌性配遇子の 技能에는 아무런 變化가 없었기 때문에 (-B)區에서 他家受精이 되어 F₁雜種子를 生成하므로써 (-B)區의 不稔率이 低下된것이라고 믿어졌다. Ethrel는 pH가 4以下인 水溶液狀態에서는 安定하나 OH-이온이 增加되고 pH가 4以上이 되면 物理化學적으로 分解하여 ethylene gas를 發生하는 藥品으로서 植物에 對하여는 ethylene gas와 똑같은 作用을 한다. 35, 38) pH가 4以下의 Ethrel水溶液이라도 植物에 吸收되면 一般적으로 細胞質의 pH는 4以上이기 때문에 生化學적으로 分解되어서 組織內에 ethylene gas를 發生하며 auxin分解酵素의 活性을 높이는 同時에 auxin

을 酵素적으로 分解하므로써 細胞分裂抑制, 開花, 成熟, 着色, 熟期 등의 促進, 雌性誘發 및 離層形成 등 여러가지 生理作用을 일으킨다. 26, 25, 26, 35) 特히 Rowell와 Miller²⁹⁾는 Ethrel로 處理된 밀이 穎花에 있어서는 葯의 萎縮, 花糸의 短縮 및 花粉發育阻止 등 여러가지 形態의 變化가 생기나 子房, 花柱 및 柱頭에는 아무런 支障이 없었다고 보고 했는데 本試驗에 있어서도 雌器에 對한 觀察은 嚴密히 할 수 없었으나 無處理에 比하여 穎花가 작았을 뿐 아니라 開花가 빨랐고 수술도 充實치 못하였다. 따라서 Ethrel가 內部的 雌器에 보다 外部의 穎이나 葯에 먼저 吸收되므로 암술이 성숙하기 전에 開花되고 또 수술도 먼저 老花되거나 또는 auxin 不足으로 葯細胞의 發育이 不充分하여 適期에 葯開裂과 花粉飛散이 되지 않기 때문에 雄性不稔이 誘發되는 것이 아닌가 生覺되었다. 이에 對하여는 花粉培養試驗을 할 必要가 있다고 생각되었다.

他家交雜率은 大體로 處理濃度가 높을수록 높았으나 같은 處理濃度 및 品種임에도 不拘하고 環境에 따라서 달랐다. Table 2 및 3에서 보는 바와 같이 pot의 보리와 밀의 他家交雜率은 各各 9-40% 및 8-38%로서 거의 同等하였다. 德沼에 심은 보리의 그것은 33~43.3% (Table 4), 그리고 素砂에 심은 밀의 그것은 10~24% (Table 5)로서 역시 大差는 없으나 보리의 他家交雜率은 若干 높은것 같았다. Table 4 및 5에 依하면 포장에 심은 보리 및 밀의 (+B)區의 不稔率은 各各 52~73% 및 28~54%로서 相當히 높은 편 이였으나 (-B)區에서는 各各 19-29% 및 18~39%의 不稔率을 나타내므로써 他家交雜種子生産이 그만큼 減少된 셈인데 이런 結果는 麥類의 gametocide에 依한 heterosis 育種에서는 不稔을 어떻게 誘發하느냐 하는것도 問題가 되나 同時에 交雜性이 강한 系統을 어떻게 選拔하여 내느냐 하는것이 더 큰 問題가 된다는 것을 暗示하여 주었다. Eriggl, Daum와 Stevens¹⁾ 및 Wiebe³⁶⁾은 系統 및 品種에 따라서 F₁ heterosis 程度가 各各 다르며 麥類의 heterosis開發이 可能한지 不可能한지는 豫測하기 어려우나 組合能力

Table 1. Effects of Ethrel on the growth of wheat (Dukksa)

Items	Culm length	Spike length	1000 seeds weight	Mean% sterility	Ist inter-node
Check	cm	cm	g per head	3em	
	77.27	8.12	43.0	10.6	34.49
1,000dpm	100	100	100	16.6	89
	88	99	90		

Data indicate-the mean values of 100 plants

Table 2. Sterility of barley induced with Ethrel "Green house"

Treat-ments	-B			+B			
	Total grain	Sterile grain	% (A)	Total grain	Sterile grain	% (B)	B-A
Check	38.4	3.5	10.3	38.2	5.7	16.0	5.7
500ppm	43.2	6.9	15.7	48.1	12.5	25.6	9.9
1,000ppm	39.6	6.1	14.3	43.9	17.3	24.3	10.0
2,000ppm	34.7	8.0	23.3	39.4	23.4	63.9	40.5

Data indicates the mean value of 15-20 plants
-B= Unbagged. +B= Bagged.

Table 3. Sterile of wheat induced with Ethrel "Green house"

Treat-ments	-B			+B			
	Total grain	Sterile grain	% (A)	Total grain	Sterile grain	% (B)	B-A
Check	30.8	5.7	18.0	31.5	8.0	26.3	8.3
500ppm	40.0	6.3	16.0	42.3	9.9	24.3	8.3
1,000ppm	40.3	9.3	19.0	36.2	9.2	26.3	7.3
2,000ppm	40.2	12.3	30.0	36.0	23.3	68.0	38.0

Data indicates the mean values of 15-20 plants
-B= Undaggede B= Bagged

Table 4. Sterility of barley and wheat induced with Ethrel "Dukkso"

Treat-ments	-B			+B			
	Total grain	Sterile grain	% (A)	Total grain	Sterile grain	% (B)	B-A
Check	4.04	2.1	5.0	39.7	2.5	7.0	2.0
500ppm	34.7	5.8	19.0	42.9	22.1	2.65	33.6
1,000ppm	43.9	8.2	20.3	39.3	22.1	57.0	36.7
2,000ppm	48.0	13.3	29.7	43.6	32.0	73.0	43.3
Check ☆	37.8	5.6	10.6				
1,000 ☆	40.2	8.0	16.7				

* Wheat

Data indicates the mean values of 20-61 plants.

Table 5. Sterility of wheat induced with Ethrel "Sosa"

Treat-ments	-B			+B			
	Total grain	Sterile grain	% (A)	Total grain	Sterile grain	% (B)	B-A
Check	27.0	4.5	14.3	26.0	5.3	24.0	9.7
500ppm	40.2	6.8	18.0	36.4	10.6	28.0	10.7
1,000ppm	34.6	8.9	27.0	31.3	15.2	50.0	23.0
2,000ppm	34.6	13.3	39.0	34.3	17.6	54.0	24.0

Data indicates the mean values of 20-60 plants.

Table 6. Distribution of sterile spikes of barley and wheat induced with Ethrel "Dukkso"

Treatment	Column	% of sterile grains per head					Observed heads	Heads more than 50% sterile	% of head more than 50% sterile
		0-20	21-40	41-60	61-80	81-100			
Check		19	1	—	—	—	20	—	—
500ppm	-B	37	10	4			51	2	4
500ppm	+B		11	13	5	6	35	15	45
1,000ppm	-B	32	21	4	2		59	4	7
1,000ppm	+B		7	16	6	10	39	22	56
2,000ppm	-B	27	15	4	2	4	52	9	17
2,000ppm	+B		3	14	19	23	59	49	83
Check *		41	14	4			59	1	2
1,000ppm *		33	19	6	3		61	6	10

* =Wheat.

-B= Unbagged.

+B= Bagged.

Table 7. Distribution of sterile spikes of wheat induced with Ethrel 'Sosa'

Counm Treatments	% of sterile grains per head					Observed heads	Heads more than 50% sterile	% of head more than 50% sterile
	0-20	21-40	41-60	61-80	81-100			
Check	14	12	3			29	—	0
300ppm -B	44	9	3	1		57	2	4
500ppm +B	8	22	3	2	4	39	7	18
1,000ppm -B	24	21	8	1	3	57	9	16
1,000ppm +B	5	8	12	7	10	42	22	52
2,000ppm -B	19	22	5	5	8	59	16	27
2,000ppm +B	3	10	17	5	5	40	20	50

-B= Unbagged.

+B= Bagged.

과 雜種強勢성에 對한 研究가 先行되어야 한다고 強調했고 또 Poter와 Wiese²³⁾은 gametocide는 麥類의 開花를 制止하는 일이 없이 他家交雜이 잘되도록 花器가 充分히 피게 하여 주어야 한다고 報告했는데 本試驗에서도 그런 必要를 느꼈다.

Ethrel處理에 依하여 誘發된 不稔粒의 分布를 보면 이삭당 40~60% 不稔이 된것이 가장 많았고, 20~40% 및 60~80% 不稔된것이 그다음으로 많았다. 그리고 80~100% 不稔이 된것이 가장 적었다. 80% 以上 不稔이된 이삭은 pre-boot stage에서 處理된 (+B)區에서 많이 볼수 있었는데 이것은 藥害나 또는 봉투에 依한 窒息被害를 받았기 때문이 아니었는가 느껴 졌다 50%以上이 不稔이 된 이삭의 總處理이삭에 對한 比率는 보리의 境遇 500ppm에서 45%, 1,000ppm에서 56% 및 2,000ppm에서 88% 였고(Table 6), 밀의 境遇는 各各 18%, 52% 및 80%(Table 7)로 되어 있어서 Ethrel는 밀에 對하여서 보다 보리에 對하여 gametocide로서 利用될 수 있다고 생각되었다. Lower Miller¹⁷⁾와도 Ethrel는 많은 手苦를 들이지 않고 經濟的으로 F₁雜種種子를 生産할 수 있는, 그리고 溫室育種計劃事業도 앞당겨 完遂시켜 줄수있는 道具가 될것이라고 했는데 보리에 對하여서도 이런 展望이 있다고 보였다. 展着劑 Renc가 Ethel의 作用에 미치는 효과에 關하여는 더 研究할 必要가 있다고 느꼈다.

摘 要

化學藥品에 依한 麥類의 F₁雜種種子를 生産하는 方法을 開發코저 보리와 밀을 溫室 및 圃場에 栽培하고 出穗期(pre-boot, boot, after-boot stage)에 500, 1000

및 2,000ppm의 Ethrel를 撤布한다음 그 結果를 調査하였는데 아래와 같았다.

1) Ethrel에 依하여 麥類의 草長(特히 第1節間長), 穗長 및 1,000粒重등이 減少되었고 보리및 밀에서 各各 平均 63 및 41%의 雄性不稔이 誘發되었는데 그程度는 높은 濃度일수록 현저 하였다.

2) 1,000~2,000ppm處理區에서 有用한 雄性不稔이 誘發되었으나 後期生育期 일수록 높은 濃度의 處理가 必要하였다.

3) 봉투를 씌운區는 씌우지 않은區에 比하여 높은 不稔率을 보였는데 이事實로서 Ethrel處理에 依하여 雌器稔性이 支障을 받는 일이 없이 他家交雜을 하였음을 알수 있었다.

4) 밀보다 보리에 있어서 Ethrel에 依한 誘發不稔率이 높았고 또 他家交雜率도 높으므로서 Ethrel는 보리의 gameioctde로서 開發될 餘地가 있다고 믿어 졌다. 그러나 組合能力이 강한 系統이 選拔될 必要가 있다고 보여 졌다.

5) 展着劑가 Ethrel의 作用에 對한 影響에 對하여는 더 研究할 必要가 있다고 보여 짐으로 이에 關하여는 data를 提示하지 않았다.

引 用 文 獻

1. Eriggle, L. W., B. J. Daum, and H. Stevens. Expression of heterocis in two wheat crosses. Crop Sci. 4(2):220-223. 1964.
2. Chopra, V. L., S. K. Jain and M. S. Swaminathan. Studies on the chemical induction of pollen sterility in some crop plant. Indian J.

- Genet. and Pl Breed. 20:188-199. 1960.
3. Duvick, D.N. The use of cytoplasmic male sterility in hybrid seed production. *Econ. Bot.* 13: 185-186. 1959.
 4. Eary, E.B. and F.W. Slibe. Effect of Ethrel on growth and yield of corn. *Agron.* 61:821-823. 1969.
 5. Eaton, F.M. Selective gametocide open way to hybrid cotton. *Science* 126:1174-1175. 1957.
 6. Griffiee, F. Comparative vigor of F₁ wheat crosses and their parents. *J. Agr. Res.* 22:53-63. 1921.
 7. Griffiths, D.J., and Hays, J. D. Rapid tests for varietal purity. *Agricultural Merchant.* 39: (No. 9) 74-76. 1959.
 8. Hagberg, A. Heterosis in barley. *Hereditas* 39: 325-347. 1953.
 9. Hayes, J.D. Varietal resistance to spray damage in barley. *Nature London.* 183:551-552. 1959.
 10. Heu, M.H. and Y.A. Chae. Studies on the male sterility in rice. *Res. Rep. of ORD.* Vol. 13:9-15. 1970.
 11. Hoaglund., A.R., F.C. Elliott and L.W. Rasmussen. Some histological and morphological effects of maleic hydrazide on spring wheat. *Agron. J.* 45:468-472, 1953.
 12. Immer, F.R. Relation between yielding ability and homozygosis in barley crosses. *J. Am. Soc. Agron.* 33:200-206. 1941.
 13. Iwahori, S., J.M. Lyons, and D.E. Smith. Sex expression in cucumber plant as effected by 2-Chloro-ethylphosphonic acid, ethylene and growth regulators. *Plant Physiol.* 46:412-415. 1970.
 14. Kaul, C.L., and S.P. Singh. On induced male sterility in wheat, sunn-hemp and onion. *Indian J. Plant Physiol.* 10:112-118 1937.
 15. Kim, K. and K. Kim. Effects of Ethrel on sex expression and yield of spinach under the field conditions. *Korean J. Hort. Sci.* 9:49-54. 1971.
 16. Lee, H.S. et al. Studies on the heterosis in rice. *Res. Rep. of ROD.* Vol. 11. No. 1:7-13. 1968.
 17. Lower, R.L. and C.H. Miller. Ethrel (2-Chloroethylphosphonic acid) a tool for plant hybridizers. *Nature* 222:1072-1073. 1959.
 18. McMurry, A.L. and C.H. Miller. The effect of 2 Chloroethylphosphonic acid (Ethrel) on the sex expression and yield of *Cucumis sativus*. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 94:400-402. 1939.
 19. Moore, R.H. Several effects of maleic hydrazide on plant. *Science* 112:52-53. 1959.
 20. Morgan, P.W., R.E. Mayer and M.G. Markle. Chemical stimulation of ethylene evolution and bud growth. *Weed Sci.* 17:353-355. 1969.
 21. Nelson, P.M., and E.C. Rossman. Chemical induction of male sterility in inbred maize by use of gibberellins. *Science* 127:1500-1501. 1958.
 22. Pawlish, P.E. and A.M. Van Dijk. Forage and grain production of four F₁ barley hybrids and their parents. *Crop Sci.* 5:135-136. 1965.
 23. Potor, K.B., and A.F. Wiese. Evolution of certain chemicals on selective gametocides for wheat. *Crop Sci.* 1:331-332. 1961.
 24. Riddle, O.C., and Suneson, C.A. Crossing studies with male sterile barley. *Jour. Amer. Soc. Agron.* 36:62-65. 1944.
 25. Robert, C.W. Practical applications of 2-Chloroethylphosphonic acid in agricultural production. *Hort. Science* 6(4):364-370. 1971.
 26. Robinson, R.W., S. Shannon, and M.D. Dela- guaidia. Regulator of sex expression in the cucumber. *Bi. Sci.* 19:141-142. 1969.
 27. Rosenquist, C.E. Hybrid vigor in wheat (*Triticum vulgare*). *Jour. Amer. Soc. Agron.* 23:81-105. 1931.
 28. _____. An improved of producing F₁ hybrid seeds of wheat and barley. *Jour. Amer. Soc. Agron* 19:968-971. 1927.
 29. Rowell, P.L. and D.G. Miller. Induction of male sterility in wheat with 2-Chloroethylphosphonic acid (Ethrel). *Crop Sci.* 11:629-631. 1971.
 30. Suneson, C.A. A male sterile character in barley. *Journal Heredity.* 31:213-214. 1940.
 31. _____ and O.C. Riddle. Hybrid vigor in barley. *J. Am. Soc. Agron.* 36:57-61. 1944.
 32. _____ Male-sterile facilitated synthetic hybrid barley. *Agron. J.* 43:234-236. 1951.

33. _____. Hybrid barley promise high yield. *Crop Sci.* 2:410-412. 1962.
34. Swingle, W. T. and H. J. Webber. Hybrids and their utilization in plant breeding. U. S. D. A. yearbook. 1896:383-420. 1897.
35. Warner, H. L. and A. C. and A. C. Leopold. Ethylene evolution from 2-Chloroethylphosphonic acid. *Plant Physiol.* 44:156-158. 1968.
36. Wiebe, G. A. A Proposal for hybrid barley. *Agron. J.* 52:181-182. 1960.
37. Wittwer, S. H. and L. G. Hillyer. Chemical induction of male sterility in cucurbits. *Science*: 120:893-894. 1954.
38. Yang, S. F. Ethrel evolution from 2-Chloroethylphosphonic acid. *plant Physiol.* 44:1203-1204. 1969.