

多穗多稈性 옥수수의 同位酵素 特性

李喜鳳*·崔鳳鎭*

Isozymic Characteristics of Multiple-Ear and Tiller Maize Lines

Hee Bong Lee* and Bong Ho Choe*

ABSTRACT

This experiment was conducted to determine the isozymic differences between normal maize and maize inbreds of multiple ears and tillers (MET). Two maize inbreds Euisung, Iri and their hybrid having tillers and multiple ears were compared with normal maize. With usual electrophoresis using 6% polyacrylamide gel, peroxidase and esterase enzymes were studied.

Matured leaf, culm, leaf sheath, root and young ear tissues showed different isozymic patterns between METs and normal maize in peroxidase. The Euisung inbred grown for 7 days under dark condition showed typical peroxidase bands compared with checks in the tissues of coleoptile and stele. Better observation of isozymic bands was made during early part of maize growth. Parental inbreds showed more active and apparent band differences than their hybrids in esterase. Bands for esterase were also apparently different in the stele, coleoptile and young ear tissues of the METs and the checks. The maize lines infected with black streaked dwarf virus showed obvious differences in peroxidase and esterase isozymes.

緒 言

모든 生物의 特性이나 遺傳의 表現型은 複雜한 酵素의 作用에 의하여 左右되는데, 이들 酵素는 蛋白質으로써 遺傳因자의 作用에 의해 만들어지게 된다.

따라서 生物의 進化나 種의 分類 나아가 同一種內에서의 分類도 遺傳因자의 造成에 따른 各樣各색의 酵素에 의하여 左右된다고 볼 수 있다.

生物의 發達過程에 必要한 酵素는 그 數가 많고 各其 生物의 生長過程^{2,11,16,20,23}이나 組織 및 器管^{18,24,28,33}, 溫度^{13,21}, 日長³¹, 生長調節物質인 호르몬³⁰과 지베렐린¹² 등 處理에 따라 變化되며, 窒素⁹, 酸素²⁹, phytochemistry (DDT)⁹, 그밖에 病虫害^{10,15,22,25}에 의한 外的인 環境變化에 따라 나타나는 反應亦是 多樣하다.

最近에는 電氣泳動을 利用한 同位酵素 패턴을 動物이나 微生物의 分類^{1,3,14,19} 및 遺傳研究에 많이 利用하고 있다.^{2,6,8,14,20,23,33} 特히 農作物의 경우에는 品種에 따라 表現型間의 差異가 뚜렷하지 않으므로 外型 만으로 區分이 困難하다. 뿐만 아니라 形態의 特性을 나타내는 劣性 對立遺傳子는 同型接合體일 경우에 不利한 遺傳子로 表現되어 上位效果나 多面發現 效果로 하나의 原種에 모아질 수 있는 標識數에 制限을 받게 된다. 그러나 大部分의 同位酵素 因座에 存在하는 對立因子는 共優性으로 作用함으로 劣性效果나 多面發現에 依해서 植物體의 表現型에 不利한 變化를 招來하지 않는다. 이와 같은 特性을 利用한 同位酵素 變異는 遺傳的으로 決定되므로 各組織이나 器管에 따라 特有한 遺傳造成을 反映하게 된다. 그러므로 育種의 素材가 되는 變異를 探究하는데 있어 種子나 幼苗狀態를 供試하여 迅速하고 正

* 忠南大學校 農科大學(College of Agriculture, Chungnam National University, Daejeon 300-31, Korea) (1986. 12. 5 接受)

確한 情報을 얻으므로써 時間과 努力을 輕減할 수 있다. 현재 作物育種家의 品種特許를 획득하기 위해서는 同位酵素를 이용한 電氣泳動法이 필수조건으로 되어 있다.

本 研究는 多穗 多蘗性 옥수수(Multiple Ears and Tillers: MET)에 對한 同位酵素 特性을 室內에서 發芽된 幼苗組織과 圃場에서 採取한 成熟된 組織을 對照品種인 無蘗性(Uniculm) 옥수수와 對比하여 Peroxidase 와 Esterase 의 두 酵素에 對한 同位酵素 特性을 比較하였다.

材料 및 方法

本 實驗에 供試된 系統은 忠南大學校 農科大學 農學科 遺傳育種學 實驗室에서 1977년부터 2次에 걸쳐 全國을 對象으로 蒐集한 1,000餘種의 在來種 系統을 대상으로 種子 維持와 함께 新品種으로 改良 育成中에 있는 系統 中에서 多穗 多蘗性 特徵을 지닌 自殖系統 義城과 裡里를 選拔하여 供試材料로 使用하였다. 이들 옥수수는 4~6世代를 經過한 自殖系統으로 草長이 240cm 이고 分蘗數가 2~3個이며 이삭數는 蘗子當 2~3個를 갖는 거의 均一한 系統이다. 그 밖에 義城×裡里인 F_1 을 包含하였으며, 對照品種으로는 無蘗性(Uniculm)인 在來種系統(假稱: A type)과 國內 獎勵品種인 水原 19號와 美國의 交雜種 IFSI 를 供試하였다.

幼苗狀態인 옥수수의 各 組織을 比較하기 위하여 27°C의 發芽床에 暗條件으로 7日間 育苗시킨 옥수수를 中心柱, 鞘葉 胚軸 및 幼根으로 나누어 供試材料로 使用하였다. 成熟된 옥수수의 各 組織은 1986年 5月 5日에 播種한 實驗圃場에서 葉, 稈, 葉鞘, 苞葉, 이삭 및 silk 組織을 任意로 擇하여 供試하였다.

酵素抽出用 緩衝液은 tris-citrate (pH 8.2) 5ml 을 試料 10g에 넣고 마쇄한 後 Watman No 2 濾紙를 2×4mm 에 吸水시켜 使用하였다.

本 實驗에 利用된 電氣泳動 方法은 slab 式 poly-acrylamide 6%로, gel 製調는 borate-lithium (pH 8.1) 10ml 와 tris-citrate (pH 8.2) 90ml 를 混合한 (pH 8.1)에 Cyanogogum-41의 6g을 完全히 溶解시킨 後에 TEMED 0.2ml, 10% AP 溶液 1ml와 bisacrylamide 100g 을 使用前에 넣고 完成된 gel 을 5mm 의 크기로 칼로 자른 後에 垂直으로 試料을 插入하였다. 使用된 電流는 640 V, 70 mA 에서

11.3°C 溫度를 維持시켰고(L. K. B. Co) 電氣低温恒溫器(L.M.S)의 境遇에는 360 V, 70 mA, 6°C 溫度를 維持하였다. 泳動槽의 緩衝液은 gel 調製用 緩衝液과 同一한 triscitrate (pH 8.2)를 使用하여 2~3時間 泳動하였다.

Peroxidase (PX)의 染色은 95%의 에탄올 70ml 에 o-dianisidine 100 mg 을 加한 後에 0.2 M acetate buffer 28 ml (sodium acetate 11.5g 을 증류수 1,000ml 에 넣고 acetic acid 3.6ml 을 加함)를 完全 混合하여 濾過시킨 後에 3% H_2O_2 2ml 를 使用前에 加하고 1時間 程度 染色하였다.^{5,6)}

Esterase (EST)의 染色은 0.1 M phosphate buffer (pH 6.2) 溶液 100ml 에 fast blue RR salt 1mg/ml 를 混合한 後에 濾過하여 70% 에탄올에 1% - α -naphthyl acetate 2ml 를 使用前에 加하고 37°C 暗條件에서 2時間 동안 染色하였다.^{5,7)}

結果 및 考察

1. Peroxidase 의 系統間 差異

生物體에 있어 同位酵素 패턴(Zymogram)은 遺傳的으로 支配되고 組織에 따라서나^{18, 24, 27, 32)} 發育 段階 및 過程에 따라서 恒常 一定한 形態를 나타내게 된다.^{2, 11, 16, 20, 23)}

그림 1의 境遇는 國內에서 蒐集, 栽培하여 育成中에 있는 多穗多蘗性 옥수수 自殖系統 義城과 裡里에 對한 同位酵素 패턴을 對照品種인 無蘗性 在來種系統인 A type 과 比較한 結果이다. 1-5番까지 義城 系統이나 7-9番의 裡里 系統은 6番 對照區인

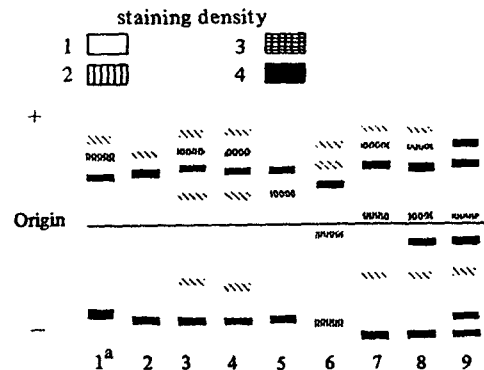


Fig. 1. Peroxidase isozyme bands on 55days old seedling maize leaf in 6% acrylamide gel. a Numbers indicate; 1 to 4; Euisung inbred lines (S6), 5-Euisung (S3), 6-A type (non-tillering), 7 to 9; Iri inbred lines (S4).

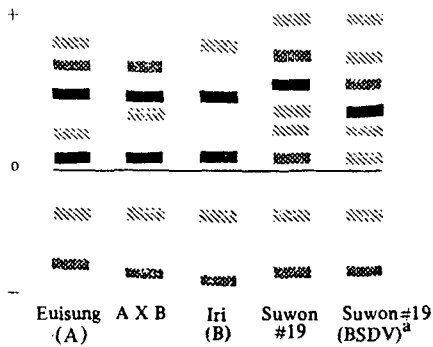


Fig. 2. Peroxidase isozymes in matured leaf tissues.

a: Suwon #19(BSDV): BSDV infected plants.

A type 의 옥수수와는 主要 밴드의 位置나 活性에서 差異가 뚜렷하였는데, 이러한 事實로 보아 分蘖性을 갖는 系統에 나타나는 酵素가 存在함을 確認할 수 있었다.

그림 2는 成熟한 옥수수 的 잎 組織을 義城, 裡里 系統과 對照品種인 水原 19號에 對한 同位酵素의 差異點을 알아 본 結果이다.

全體的으로 分蘖性인 MET에 作用하는 同位酵素의 밴드 位置와 活性은 染色程度에서 類似하였으나 水原 19號와는 뚜렷한 差異가 나타났다. 한편 水原 19號의 경우 同一한 組織이라도 黑條萎縮病(Black Streaked Dwarf Virus: DSDV)에 罹病된 組織은 健全한 個體의 組織과도 그 差異가 뚜렷하다(그림 10 참조). 이러한 結果로 미루어 보아 그림 1에서와 같이 無蘖性個體의 잎 組織을 對照區로 供試할 境遇에 品種間 同位酵素의 判別이 可能하다고 생각된다.

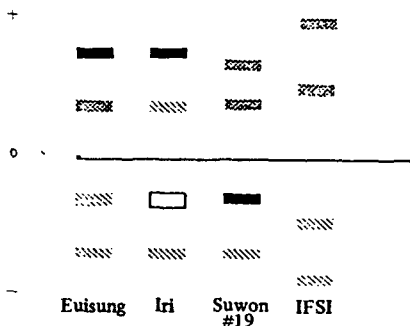


Fig. 3. Peroxidase isozymes in steles of 7 days old seedlings of MET inbreds and other F1 hybrids under dark.

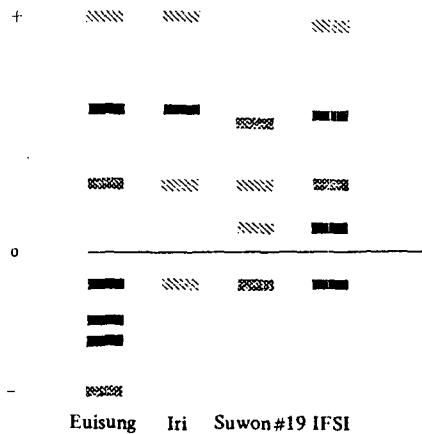


Fig. 4. Peroxidase isozymes in coleptile of 7 days old seedling of MET inbreds and other F₁ hybrids.

그림 3은 暗條件에서 發芽後 7日의 幼苗組織인 中心柱에 對한 結果로써 義城과 裡里系統인 多穗多蘖性과 對照品種인 水原 19號 및 IFSI의 밴드間의 差異가 顯著하였는데, Brewbaker⁴⁾나 Choe⁶⁾도 環境에 對한 影響을 最少化할 뿐만 아니라, 同位酵素의 패턴이 簡單하기 때문에 遺傳的인 多形現象을 研究하는데 있어 理想的인 材料라고 報告한 것과 一致하였다. 그러나 이 組織은 第一葉과 다른 分裂組織을 包含하기 때문에 PX 8 同位酵素 以外도 PX 3과 같은 다른 同位酵素의 出現을 排除할 수 없음을 指摘하였다. 그러나 그림 4는 同一한 條件에서 取한 精葉을 供試하였을 境遇로써 뚜렷한 差가 없었다.

다음은 營養生長期의 個體들에 對한 各 組織을 供試하여 同位酵素의 패턴을 알아 보고자 한다.

그림 5는 줄기 組織에 對한 結果로써 義城이나 裡里 및 이들의 一代 交雜種의 모든 境遇에서 + 쪽에

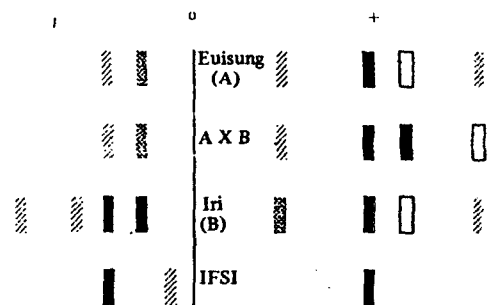


Fig. 5. Peroxidase isozymes in culms of 7 days old seedlings of MET inbreds and F₁ hybrids under dark.

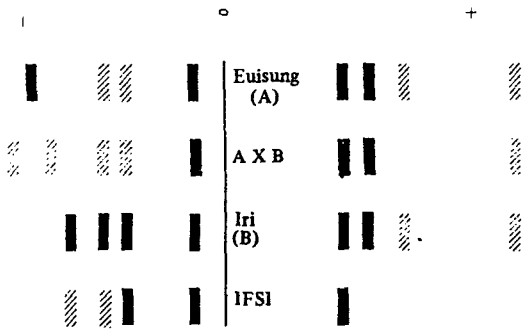


Fig. 6. Peroxidase isozymes in leaf sheath 7 days old seedlings of MET inbreds and F₁ hybrids under dark.

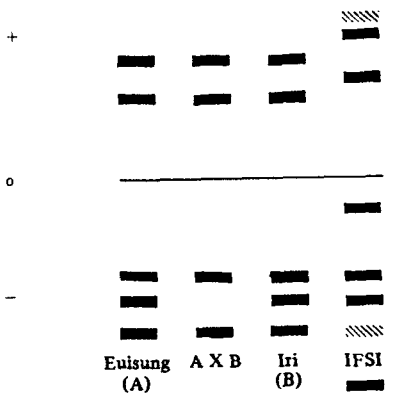


Fig. 7. Peroxidase isozymes in roots of 7 days old seedlings of MET inbreds and hybrids.

나타나는 밴드數나 위치는 同一한 傾向으로 나타났고 IFSI의 單一 밴드와는 對照的인 差를 보였다. 그림 6의 葉鞘組織에서도 같은 傾向을 보였다.

그림 7의 뿌리組織은 分蘖性인 MET系統이 IFSI와 差異가 뚜렷하였는데, 줄기나 葉鞘組織과는 달리 義城系統이 對照區인 IFSI보다 밴드數가 적었다.

이러한 事實은 暗條件에서 發芽된 幼苗組織들보다 生育이 旺盛한 組織의 酵素作用이 더 活發하다고 할 수 있으며 生育過程을 통하여 組織이나 器管의 分化 및 發育에 關與하는 酵素가 多樣하게 存在함과 동시에 酵素를 生成하는 遺傳因자의 效果가 抑制되거나 때로는 새롭게 出現하는 現象으로 볼 수 있다.

Pierce & Brewbaker¹⁹⁾, Thom & Maretzki²⁰⁾는 이같은 現象을 蛋白質의 構造의 特性이라고 하였고, Siegel & Galston²⁶⁾은 暗條件과 光條件을 處理했을 때 組織이나 器管에 照射된 光이 生理 및 生

長에 미치는 影響이라 報告하였다. Warner & Upadhy²²⁾亦是 日長條件을 달리한 境遇 植物體에 作用하는 酵素의 變化라고 報告한 바 있다.

그림 8은 silk에 對한 內容으로 分蘖性的 義城이나 裡里系統은 對照區인 A type, IFSI 그리고 水原 19號와 뚜렷한 差異를 보였다.

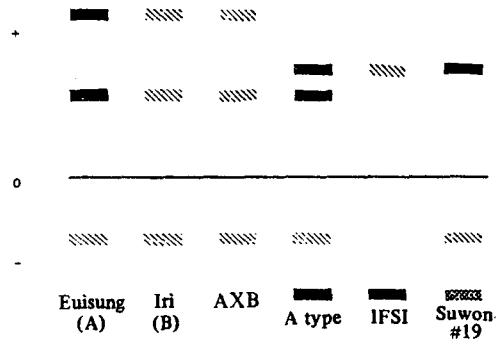


Fig. 8. Peroxidase isozymes in silks of MET inbreds and F₁ hybrids.

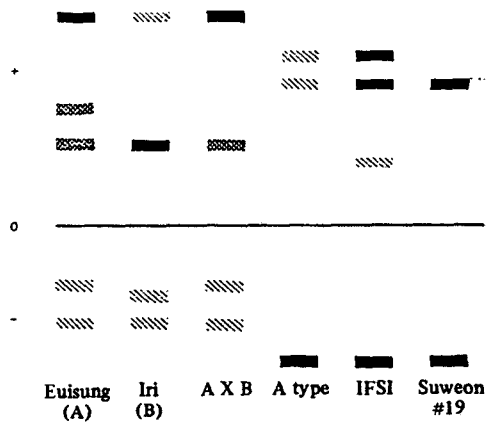


Fig. 9. Peroxidase isozymes in young ears (pollinated) of MET inbreds and hybrids.

뿐만 아니라 未熟 이삭에 對한 實驗 結果에서도 義城과 對照區間에 뚜렷한 差異를 보였다(그림 9).

以上과 같이 各 組織間에는 크게 葉組織, 뿌리組織, 幼雌穗組織, silk組織 등으로 區分하여 이들 組織들 간에는 同位酵素 패턴이 一定한 傾向을 보이고 있었는데, Brewbaker나 Hasegawa는⁴⁾ peroxidase에 나타나는 組織의 特異性(Tissue specificity)이라고 하였다.

그림 10은 우리나라 南部地方에 蔓延되고 있는 黑條萎縮病에 罹病된 옥수수 的 肉組織에 對한 peroxi-

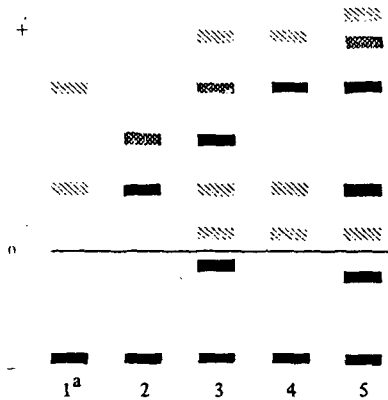


Fig. 10. Peroxidase isozymes bands for healthy (H) and diseased (BSDV) maize leaves.
a: Numbers indicate; 1-Euisung (H), 2-Suwon #19, (BSDV), 3-IFSI (BSDV), 4-Puyo (BSDV), 5-Tassel seed (BSDV).

dase 同位酵素 패턴을 살펴보고자 한 것이다. 現在 耐病性系統으로 育成中에 있는 義城 系統⁷⁾은 對照品種으로 使用된 水原 19號, IFSI, Tassel seed 및 合成品種인 扶餘品種의 罹病組織에 比하여 밴드數가 적고, 活性 亦是 낮은 것으로 나타났다. 이 病에 대한 事實은 아직 報告된 바 없으며 앞으로 계속 研究가 이루어져야 하겠다. 다만 대부분의 罹病된 植物體의 組織은 健全한 組織에 比해서 밴드數나 活性이 높은 것으로 報告되었다.

이러한 現象을 나타내는 主된 原因은 phenolase의 活性이 增加하는데 있으며, peroxidase의 量이 質的, 量的으로 增大된다는 事實이 밝혀진 바 있다.^{15,27)}

2. Esterase (EST)의 系統間 差異

Esterase 同位酵素의 多形現象은 옥수수 以外 벼, 보리, 園藝作物 等に 많은 研究가 이루어져 있다. 이러한 特徵을 나타내는 esterase 酵素는 別個의 遺傳的인 支配를 받기 때문에 이의 變種이나 變異體는 勿論 同位酵素를 遺傳 및 育種研究의 生化學的인 maker로 많이 利用하고 있다.

幼苗組織에 對한 esterase의 同位酵素 패턴을 알아 보고자 暗條件인 27°C 溫度의 發芽床에서 7日 間 자란 옥수수의 中心柱에 대한 同位酵素 패턴은 그림 11과 같다.

分藥性을 갖는 義城과 裡里系統 및 이들 F₁은 그 패턴이 거의 一定하였으며, 無藥性인 IFSI나 水原 19號인 對照品種들 또한 類似한 傾向을 보여 分藥性을

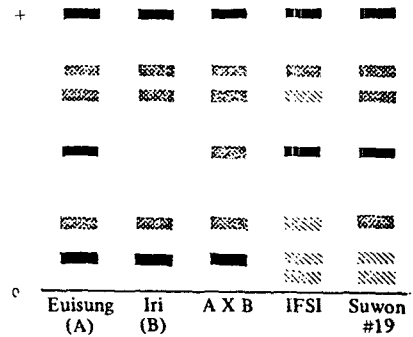


Fig. 11. Esterase isozymes in steles of 7 days old seedlings of MET inbreds and F₁ hybrids under dark.

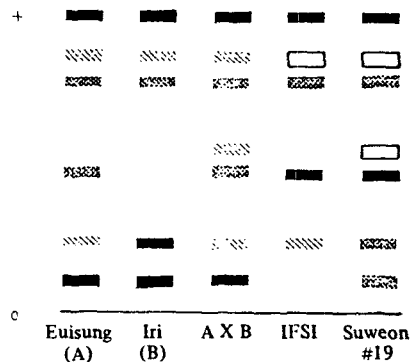


Fig. 12. Esterase isozymes in coleoptile of 7 days old seedlings of MET inbreds and F₁ hybrids under dark.

수수와 無藥性間에는 區別이 可能한 것으로 생각된다.

이와 같은 事實은 鞘葉의 境遇(그림 12)에서도 비슷한 結果를 얻었는데 暗條件의 幼苗組織을 觀察하는 데는 中心柱나 鞘葉이 理想的인 材料로 생각된다.

反面에 同一한 개체에서 採取한 줄기(그림 13)나 뿌리組織(그림 14)에서는 義城·裡里系統과 對照品種인 IFSI나 水原 19間에 뚜렷한 區別이 나타나지 않았다.

전반적으로 isoesterase 패턴은 +쪽에서만 밴드의 出現을 發見할 수 있는데, 本 實驗에 利用된 gel 溶液 및 緩衝液의 pH가 8.2를 使用한 데에 原因이 있으며, Macdonald¹⁸⁾나 Schwartz의 實驗에서도 같은 結果를 보였다. 그러나 pH 7.5를 使用할 境遇에는 一쪽에 2個(E₁과 E₃)의 同位酵素가 出現한다고 報告하였다.

또한 分藥性인 MET 系統中에서 自殖된 義城이나

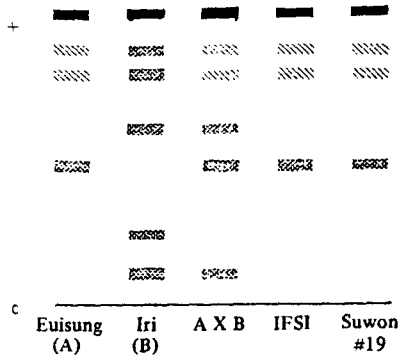


Fig. 13. Esterase isozymes in (a) of 7 days old seedlings of MET inbreds and other F₁ hybrids under dark.

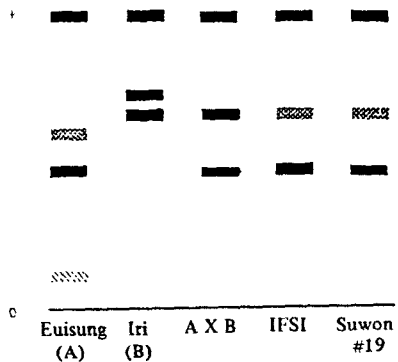


Fig. 14. Esterase isoenzymes in roots of 7 days old seedlings of MET inbreds and other F₁ hybrids under dark.

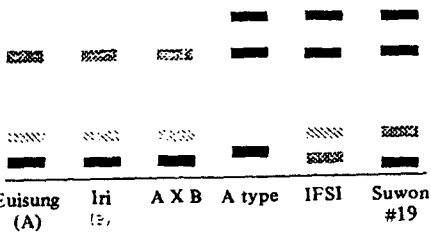


Fig. 15. Esterase isoenzymes in young ear of MET inbreds and hybrids.

裡里系統이 이들의 交雜種(F₁) 보다 活性이 높게 나타났는데, Kahler¹⁴⁾는 보리의 幼苗狀態인 어린 눈에서 같은 結果를 報告한 바 있다.

그림 15는 未熟된 種子에 대한 實驗으로써 分蘖性인 義城이나 裡里系統 및 이들의 F₁에서 같은 傾向의 同位酵素 패턴을 보였고, 對照區인 A-type, IFSI 그리고 水原 19號 間에도 비슷한 패턴을 보이므로써 이들 두 그룹 間에는 뚜렷한 差異가 있었다.

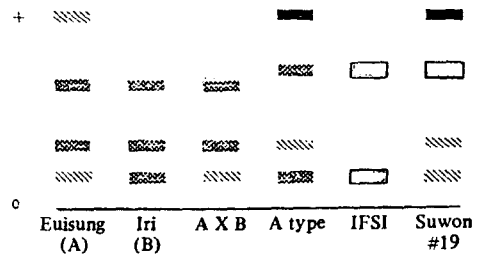


Fig. 16. Esterase isoenzymes in husk of Euisung inbred, A type and other hybrids.

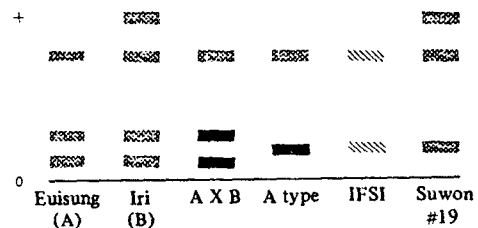


Fig. 17. Esterase isozymes in silk of Euisung inbred, A type and other hybrids.

그림 16과 17은 生育後期인 苞葉과 silk의 組織에 對한 同位酵素 패턴을 나타낸 그림이다.

위 두 組織에서 分蘖性의 義城이나 裡里系統은 對照品種인 A-type이나 水原 19號와는 달리 뚜렷한 差異를 보였으나, IFSI의 境遇는 同位酵素의 活性이 크게 떨어졌다. 이러한 理由 中의 하나는 供試된 材料들 間의 生育差異가 顯著한 데에 그 原因을 찾아 볼 수 있었는데, 一般적으로 交雜種으로 育成된 水原 19號나 IFSI는 在來種의 分蘖系統인 義城이나 裡里에 비해 早熟種으로 20~30餘日의 生育이 빨랐다. 따라서 위 實驗에 利用된 材料는 圃場狀態에서 상당한 程度의 登熟狀態가 이루어 졌으며 組織 自檢만 보더라도 莖 部位를 除外하고는 老化 및 硬化現象이 두드러졌다. 그러나 水原 19號의 境遇는 本 實驗室에서 黑條萎縮病의 感染程度에 對한 研究의 一環으로 播種期를 20日 晚播하였기 때문에 水原 19號의 莖組織은 義城이나 裡里系統과 比較했을 境遇 生育間의 差異가 적었다. 따라서 보다 正確한 同位酵素의 效果를 究明하기 위해서는 이와 같이 熟期가 相異한 品種을 供試材料로 使用할 境遇 所期의 目的을 期待할 수 없으므로 播種期 移動을 통한 栽培法을 于先으로 調節하거나 種子狀態의 研究乃至는 環境變異가 적은 暗條件인 幼苗組織을 供試材料로 利用하는 것이 바람직하리라 생각된다.

摘 要

多穗多蘖性 옥수수의 同位酵素 特性을 究明하고자 無蘖性 品種을 比較하여 生育段階에 따라 여러 組織을 6% polyacrylamide gel 을 使用 peroxidase 와 esterase 同位酵素 패턴을 觀察하였던 結果는 다음과 같다.

1. 成熟한 옥수수의 葉, 稈, 葉鞘, 根 및 未熟種子의 組織에서 獨特한 peroxidase 의 同位酵素의 存在가 確認되었다.
2. 暗條件에서 7日間 자란 多穗多蘖性 系統의 中心柱와 鞘葉組織은 peroxidase 同位酵素의 差異를 나타내는데 効果的이었다.
3. Esterase 의 同位酵素에 對한 活性은 兩親의 境遇가 그들의 交雜種보다, 밴드數나 活性이 높았다.
4. Esterase 에 對한 밴드는 暗條件인 7日 幼苗狀態의 中心柱, 鞘葉, 未熟種子에서 뚜렷한 差異가 있었다.
5. 効果的인 同位酵素 觀察을 위해서는 成苗보다는 幼苗組織이 有利하게 보였다.
6. 黑條萎縮病에 感染된 옥수수 잎은 PX나 EST 同位酵素에서 모두 뚜렷한 差異를 보였다.

引 用 文 獻

1. Allard, R. W. and A. L. Kahler. 1971. Allozyme polymorphisms in plant populations. *Stadler symposia* 3: 9-24.
2. Baum, J. A. and J. G. Scandalios. 1982. Expression of genetically different superoxide dismutases in the maize seedling during development. *Dev. Genet.* 3: 7-23
3. Brewbaker, J. L. and D. E. Hamill. 1969. Isoenzyme polymorphism in flowering plant. IV. The peroxidase isoenzymes of maize. *Physiologia Plantarum.* 22:945-958.
4. _____ and Y. Hasegawa. 1975. Polymorphisms of the major peroxidases of maize. *Isozymes. III. Developmental Biology.* Academic press, N.Y. 659p.
5. _____, M.D. Upadhyya, Mahesh, Yrjo Makinen and Timothy Macdonald. 1968. Isoenzyme polymorphism in flowering plants.

III. Gel electrophoretic methods and applications. *Physiol. Plant.* 21: 930-940.

6. Choe, B. H. 1983. Variation of peroxidase 8 in maize, *Zea mays* L., Korea. *J. Crop Sci.* 28(3): 374-378.
7. _____ and K. Y. Park. 1986. A maize line resistant to black streaked dwarf virus (BSDV), Euisung Inbread. *Korean J. Breed.*
8. Freydenberg, O., D. Nielsen and J. Sandfaer. 1969. The inheritance and distribution of α -amylase types and DDT response in barley. *Z. Pflzücht.* 61:201-215..
9. Gater, P. and D. Boulter. 1979. Nitrogen regime and isoenzyme changes in *Vicia faba*. *Phytochemistry* 18: 1788-1791.
10. Hislop, E. C. and M. A. Stahmann. 1971. Peroxidase and ethylene production by barley leaves infected with *Erysiphe graminis* F. sp. *hordei*. *Physiol. Plant Pathol.* 1: 297-312.
11. Ho, D. T. and J. G. Scandalios. 1975. Regulation of alcohol dehydrogenases in maize scutellum during germination. *Pl. Physiol.* 56: 56-59.
12. Jacobsen, J. V., J. G. Scandalios and J. E. Varner. 1970. Multiple forms of amylase induced by gibberellic acid in isolated barley aleurone layers. *Pl. Physiol.* 45: 367-371.
13. Jones, T. W. A. 1983. Effects of temperature at seed set upon isoenzymes and fluorescence in tetraploid hybrid ryegrasses. *Z. Pflzücht.* 90: 136-144.
14. Kahler, A. L. and R. W. Allard. 1970. Genetics of isozyme variants in barley. *Corp Sci.* 10: 444-448.
15. Kosuge, T. 1969. The role of phenolics in host response to infection. *Ann. Rev. Phytopath.* 7: 195-222.
16. Lai, Y. K. and J. G. Scandalios. 1977. Differential expression of alcohol dehydrogenase and its regulation by endogenous ADH specific inhibitor during maize development. *Differentiation* 9: 111-118.
17. Larry, J. Kuhns and Thomas A. Fretz. 1978. Distinguishing rose cultivars by polyacryla-

- mid gel electrophoresis. I. Extraction and storage of protein and active enzymes from rose leaves. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 103: 503-508.
18. Macdonald, T. and J. L. Brewbaker. 1975. Isoenzyme polymorphism in flowering plants. V. The isoesterase of maize: tissue and substrate specificities, and responses to chemical inhibitors. Hawaii Agri. Experiments Station, Univ. of Hawaii.
 19. Pierce, L. C. and J. L. Brewbaker. 1973. Applications of isozyme analysis in horticultural science. *HortScience* Vol. 8(1): 17-22.
 20. Quail, P. H. and J. G. Scandalios. 1971. Turn-over of genetically defined catalase isozymes in maize. *Proc. Natn. Acad. Sci. USA.* 68: 1402-1406.
 21. Roberts, D. W. A. 1969. A comparison of the peroxidase isoenzyme of wheat plants grown at 6°C and 20°C. *Can. J. Bot.* 47: 263-265.
 22. Sako, N. and M. A. Stahmann. 1972. Multiple molecular forms of enzymes in barley leaves infected with *Erysiphe graminis* F. sp. *hordei*. *Physiol. Plant Pathol.* 2: 217-226.
 23. Scandalios, J. G., D. Y. Chang, D. E. Mcmillin, A. S. Tsaftaris and R. H. Mall. 1980. Genetic regulation of the catalase development program in maize scutellum: Identification of a temporal regulatory gene. *Proc. Natn. Acad. Sci. USA.* 77: 5360-5364.
 24. Scandalios, J. G. 1964. Tissue-specific isoenzyme variations in maize. *J. Hered.* 55: 281-285.
 25. Seevers, P. M. and J. M. Daly. 1970. Studies on wheat stem rust resistance controlled at the Sr 6 locus. II. Peroxidase activities. *Phytopathol.* 60: 1642-1647.
 26. Siegel, B. Z. and A. W. Galston. 1967. The isoperoxidases of *Pisum sativum*. *Plant Physiol.* 42: 221-226.
 27. Shan, M. 1963. The Physiology and non-parasite relations of the rusts. *Amer. Rev. Phytopath.* 1: 259-294.
 28. Sukhorzhevskaya, T. B. 1979. Organ specific spectra of gultamate dehydrogenase in maize (*Zea mays* L.). *Sov. J. Dev. Biol.* 9: 331-336.
 29. Tanksley, S. D. and R. A. Jones. 1981. Effect of oxhgen stress on tomato alcohol dehydrogenase activity: Description of a second ADH coding gene. *Biochem. Genet.* 19: 397-408.
 30. Thom, M. and A. Maretzki. 1970. Peroxidase and esterase isozymes in Hawaii Plrs' Rec. 58: 81-94.
 31. Varner, J. E. and G. R. Chandra. 1964. Hormonal control of enzyme synthesis in barley endosperm. *Proc. Natn. Acad. Sci. USA.* 52: 100-106.
 32. Warner, R. M. and M. D. Upaddya. 1968. Effect of photoperiod on isoenzymic composition of *Citrus* and *Poncirus*. *Physiol. Plant* 21:941-948.
 33. Woodman, J. C. and M. Freeling. 1981. Identification of a genetic element that controls the organ-specific expression of Adh 1 in maize. *Genetics* 98: 357-378.