

6倍體 트리티케일과 밀의 雜種初期世代之 交雜 親和性, 交雜種子의 發芽率 및 花粉稔性

黃鍾珍* · 李弘祐** · 河龍雄*

Crossability, Germination Rate, and Pollen Fertility of Progeny Drived from Cross between Hexaploid Triticale (*X Triticosecale* Wittmack) and Wheat (*Triticum aestivum* L.)

Jong Jin Hwang*, Hong Suk Lee** and Yong Woong Ha*

ABSTRACT : This experiment was carried out to obtain the information on the crossability, germination rate, and pollen viability of the progeny from the cross between hexaploid triticale cv. Sinkihomil and five hexaploid wheat varieties. The results are summarized as follows. Seed set was 28.8 to 41.8% (averaged 34.1%) in the cross between triticale and wheat, which resulted in 3.61% in F_2 (selfed F_1), 3.99% in F_1/P_1 , 21.9% in F_1/P_2 , respectively. However, seed set was extremely low in reciprocal crosses when triticale was used as male. In the backcross, crossability was higher in F_1 /wheat and triticale/ F_1 than that in wheat/ F_1 and F_1 /triticale, respectively. Germination rate of the crossed seed was 95% in F_1 , 66.3% in F_2 (selfed F_1), 62.0% in F_1/P_1 , and 81.0% in F_1/P_2 from the cross between triticale and wheat, respectively. When triticale cv. Sinkihomil was used as male, seeds were degenerated because of the failure of endosperm development. This might be caused by AAABBBDDR genome constitution in the cytoplasm from a hexaploid wheat. Pollen fertility of F_1 plant was averaged 34.1% in the cross between triticale and wheat. Significant positive correlation between the pollen fertility and seed set rate in the cross between triticale and wheat were detected.

우리나라의 트리티케일이 처음 들어온 것은 1972년 CIMMYT 와의 國際連絡試驗^{5,40)}에 의한 것이었으며 그 후 品種 및 分離 系統을 계속 導入하였고 '70年代 後半과 '80年代 初半에는 1차 트리티케일을 育成키위해 밀과 호밀을 交配하기 始作하였고 트리티케일과 트리티케일, 트리티케일과 밀의 人工交配를 실시하였으나 品種을 育成하지는 못하였고 그 이후는 導入育種法과 F_2 集團의 導入에 의한 系統育種法이 트리티케일 育種의 主宗을 이루었다. 그리하여 1975년에 導入한 F_2 分離集團으로부터 系統育種法에 의하여 育成된 트리티케일 品種인 신기호밀이 1985年度에 獎勵品種으로 決定되었고⁴¹⁾, 1990年度에 접어들어 靑刈飼料用 品種育成을 위한 品種間 交雜育種이 試圖되고 있다. “신기호밀”은 靑刈飼料用으로 收

量性は 높으나 熟期가 늦고 耐寒性이 弱하여 이의 補完이 要求되고 있으며⁴¹⁾ 早熟性과 耐寒性을 補完하기 위해서는 兩親이 다른 여러가지 밀과 호밀을 交雜한 후 染色體를 倍加시켜 새로운 트리티케일을 育成하는 方法과, 既存의 外國 品種을 導入하는 導入育種, 그리고 既存 트리티케일 品種의 交雜에 의한 交雜育種등이 이용될 수 있으나¹⁹⁾, 이들 方法중 새로운 트리티케일을 만드는 것은 아직 國內에서 實用化 할 정도로 效率이 높지 못하며, 導入育種이나 트리티케일간의 交雜育種도 遺傳資源을 確保할 수 있는 地域이 限定되어 있는 등의 어려움이 있다. 따라서 위와 같은 方法 以外에 國內에서 育成된 밀이나 호밀로부터 早熟性, 耐寒性 등의 有用形質을 트리티케일에 導入할 수 있는 可能性을 檢討할 필요가

* 農村振興廳 麥類研究所 (Wheat and Barley Res. Inst., RDA, Suwon 441-440, Korea)

** 서울大 農大 農學科 (Dept. of Agronomy, Seoul Nat'l Univ., Suwon 441-774, Korea) <'91. 5. 31 接受>

있다고 하겠다.

最近들어 트리티케일 育種方法으로서 6倍體 트리티케일과 6倍體 빵밀을 交雜하여 染色體나 遺傳子가 置換 또는 再組合된 우수한 트리티케일을 選拔하는 方法^{24,36,38})이 普遍化되고 있는데 이와 같은 育種方法은 國內에서는 찾아볼 수 없으며 外國에서 많은 研究가 이루어지고 있지만 아직도 이의 細胞遺傳學的 樣相이 完全히 밝혀지지 않은 狀態에 있으며 이들 後代의 交雜能力 및 交雜後代의 稔性이나 作物學的 特性들의 分離狀態 등도 더 자세히 檢討되어야할 段階에 있다. 따라서 본 試驗은 6倍體 트리티케일과 6倍體 빵밀을 交雜했을 때 나타나는 交雜親和性, 交雜種子의 發芽率 및 花粉의 稔性등을 調查, 檢討하여 밀로부터 트리티케일에 有用因子를 導入시키기 위한 基礎 資料를 提供코자 實施하였으며 이에 그 結果를 報告하고자 한다.

研究史

트리티케일은 밀을 母本, 호밀을 父本으로 交雜하여 얻은 雜種을 染色體 倍加시킨 複異質倍數體로서 상당한 稔性を 가지며²⁹, 學名은 *X Triticosecale* Wittmack이며 英名은 밀의 學名 *Triticum*과 호밀의 學名 *Secale*을 合成하여 *Triticale*로 부르고 있다²⁹. 또한 호밀을 母本, 밀을 父本으로 하여 作成된 境遇에는 *Secalotriticum*으로 區分해서 使用하고 있으며^{21,23}, 이境遇 交配種子를 얻기가 極히 힘들다. 밀과 호밀을 交雜하고 이들을 다시 染色體 倍加시켜 稔성이 있는 植物體를 얻을 境遇, 빵밀과 호밀의 交雜에서 나온 8倍體와 듀럼밀과 호밀의 交雜에서 나온 6倍體 트리티케일의 2가지가 있는데 이들을 1차 트리티케일이라 부른다¹²). 이런 여러 系統들이 서로 같은 染色體 水準(6倍體 또는 8倍體)에서 相互 交配되면 遺傳的으로 再組合된 系統들이 얻어지는데 이를 再組合 트리티케일이라 한다. 또한 8倍體와 6倍體의 交雜에서 나온 境遇에 2차 트리티케일, 트리티케일과 밀의 交配에서 얻은 境遇에는 이를 置換 트리티케일³⁴)이라 부르며, 2차 트리티케일에 다시 빵밀을 交配하여 얻은 雜種은 이를 2차 置換系統이라 부른다. 이와 같이 트리티케일 育種은 8倍體間 交配, 6倍體間 交配, 8倍體 트리티케일과 6倍體 트리티케일

間 交配^{12,28}), 6倍體 트리티케일과 6倍體 밀과의 交配²⁴)로 크게 나눌 수 있다.

8倍體 트리티케일 研究는 Wilson(1875)²⁹)이 밀과 호밀 사이에 雜種을 만들게 됨으로써 始作되었는데 스웨덴, 독일 등 유럽에서 稔性, 染色體數의 變異, 異數體의 發生 程度, 染色體 倍加, 減數分裂 現象 등에 關한 많은 研究가 이루어졌다³⁴). 8倍體 트리티케일은 특히 減數分裂이 不規則한데²⁹) 이를 克服하기 위해 8倍體 트리티케일끼리의 交配가 試圖되어 왔으나 이들 交配의 F₁ 世代에서 8倍體 트리티케일의 兩親보다도 더 많은 減數分裂 不規則性이 나타나고 稔성이 낮아 많은 問題點이 있었다²). 따라서 이 8倍體 트리티케일은 결국 6倍體 빵밀과 交配가 이루어지게 되었고, 이 중에서 8倍體 트리티케일을 選拔하여 優秀한 結果를 얻어왔는데, 一般的으로 耐寒性, 瘠薄地 適應性, 早熟性, 粒重, 蛋白質 含量, 製粉特性 등에서 상당한 改善이 이루어져 왔으나 不稔 現象 및 異數體의 發生, 種實의 不良, ℓ 重의 減少, 穗發芽, 倒伏 등의 短點을 여전히 갖고 있어 普及할 程度에 이르지 못하였다²⁹).

6倍體 트리티케일의 研究는 O'mara(1948)²⁹)가 durum과 호밀을 交配하여 複倍數體를 만들게 됨으로써 本格的으로 始作되었는데, 그後 胚培養技術과 染色體 倍加技術의 發展으로 유럽, 소련, 캐나다, 일본, 멕시코 등에서 많은 研究가 이루어졌다^{28,29}). 減數分裂의 不規則性, 異數體 發生, 部分不稔 등은 6倍體 트리티케일에서도 發生하지만 8倍體 트리티케일에서 보다는 發生 比率이 적고 減數分裂도 安定的이며, 많은 研究結果 6倍體가 8倍體보다 育種의 側面에서 優秀함이 確認되었다^{22,27,33}). 즉 4倍體 밀의 A, B계놈 染色體와 6倍體 밀의 A, B계놈 染色體가 같지 않음이 밝혀져 8倍體 트리티케일과 6倍體 트리티케일 사이에 많은 交配가 이루어졌고 優秀한 特性을 갖는 再組合된 2차 6倍體 트리티케일이 育成되었다. 이 2차 6倍體 트리티케일은 원래의 6倍體보다 日長에 鈍感하고, 早熟性, 短稈, 稔性 등 主要 形質에서 明白히 優秀하였는데²⁰), 이는 6倍體 밀과 4倍體 밀의 A, B계놈 染色體間의 再組合과 細胞質의 影響 때문인 것으로 밝혀졌다. 결국 밀보다도 收量이 많고, 諸般 特性이 優秀한 獎勵 品種들이 유럽·멕시코 등지에서 育成되었으며^{6,7,8,9,29}), 그後 稔性, 品質, 種實의 禮滿度 등을

더욱 改良하기 위한 方法中의 하나로, 6倍體 트리티케일과 6倍體 빵밀과의 交雜에 의해 染色體를 置換하는 方法^{15,16)}을 導入하게 되므로서 많은 研究가 이루어지고 있다. 이 6倍體 트리티케일과 6倍體 빵밀의 交雜에서 보여주는 諸樣相들을 仔細히 檢討해보면 다음과 같다.

6倍體 트리티케일과 6倍體 밀의 交配時에 나타나는 稔性 또는 交雜能力에 대한 研究 結果는 트리티케일 品種 또는 交配組合에 따라 큰 變異를 보였는데^{11,25,39)}, 交雜率은 0~67.8%¹¹⁾, 0.6~17.1%¹¹⁾의 範圍에 있었고 平均 16.4%¹⁸⁾등의 研究結果가 報告되었다. 또한 交雜率은 正逆交配間에 큰差異가 있는데, 逆交配에서는 稔實率은 높지만 發芽는 되지않았으며^{1,30)}, 밀을 母本으로 할때는 胚培養이 必要하다¹⁰⁾. Neumann과 Skiebe³¹⁾도 트리티케일을 花粉親으로 交配하여 種子는 얻었지만 極少數였는데 種實을 얻기가 힘든 것은 胚乳와 細胞質의 變異性에 起因되는 不和合性으로 볼 수 있으며 이는 胚培養으로 克服할 수 있다고 하였다. Qui³⁴⁾도 트리티케일과 밀을 交配한 結果 胚乳는 正常 發育을 하고 種實도 發芽力이 있었지만 逆交配에서는 胚乳의 發育이 受粉後 10~15일 동안만 正常이었고 그 후 遲延되기 始作해 더이상 分化發達되지 않아 결국 胚도 退化되었는데 胚培養 結果 胚의 退化原因이 胚乳 形成 失敗에 있음을 밝혔다.

F₁ 植物體의 稔性도 역시 品種 및 交配 組合에 따라 다른데 대체로 稔實率이 매우 낮아³⁰⁾, 自殖時에 F₁의 穗當粒數가 5~6個¹⁰⁾, 稔實率은 4.1%¹⁸⁾, 8.16%³⁹⁾, 또는 組合에 따라 1.6~18.2%³⁹⁾등의 報告가 있다. 또한 San等³⁷⁾은 F₁을 自殖시켰을때 主稈이삭에서 稔性이 높았다고 하며, Bajpai와 Mishra¹⁾는 活力이 없는 花粉의 生産이 많은 것이 稔性이 낮은 原因中의 하나라고 하였다. Gaur等¹⁴⁾은 F₃를 對象으로 調査한 바 花粉의 稔性, 雌性的 稔性 및 減數分裂不安定 등은 서로 獨立의이었고 트리티케일 改良을 위해서는 雌性的 稔性이 높은 것을 選拔할 必要가 있다고 하였고, Lukaszewski²⁵⁾는 트리티케일과 밀의 F₁에 兩親을 戻交雜할때 F₁에 밀을 交配하는 것이 밀에 F₁을 교배하는 것보다, 트리티케일에 F₁을 交配하는 것이 F₁에 트리티케일을 交配하는 것보다 稔實率이 높다고 하였다.

빵밀이나 듀럼밀은 典型的인 自殖性 同型 接合

體이며 호밀은 他殖性인 異型 接合體인데^{13,26)}, 이들을 交雜하여 自殖性인 트리티케일이 生産될 수 있음은 놀라운 것이다. 이는 호밀이 갖고 있는 自家 不和合性을 調節하는 複雜한 遺傳子 機構 또는 機作이 밀 계통에 있는 遺傳子에 의해 自家受精이 될수 있는 程度로 不活性化 된다고 볼 수 있다^{28,29)}. 그러나 호밀 染色體의 不和合性 遺傳子는 여전히 存在하는 것이며 아마도 花粉管 伸長이나 受精을 阻害하는 原因이 되고 結局 部分 不稔을 가져오는 것으로 생각된다. 즉 트리티케일은 自家 受精이 보통이지만 호밀親에서 由來한 他花 受精하려는 傾向이 있다는 것이 注目할 만하며, 6倍體 트리티케일은 6倍體 밀보다 꽃이 더 열리고 花粉이 더 퍼진다는 事實이 이를 立證하고 있다²⁹⁾. 따라서 이를 克服할수 있는 研究가 이루어질때 여러가지 水準의 優秀한 트리티케일이 育成될수 있을 것으로 본다.

材料 및 方法

本 實驗은 麥類研究所 試驗圃場 및 溫室에서 1987년부터 1990년까지 遂行하였으며 供試材料는 6倍體 트리티케일(2n=6x=42, AABBRR)에서, 밀에서 由來한 細胞質을 갖고 있는 신기호밀(TC)⁴¹⁾ 1品種, 6倍體 밀(2n=6x=42, AABBDD)에서 銀波밀(W₁)⁴⁾, 그루밀(W₂)³⁾, 永光(W₃)⁴⁰⁾, Lancota(W₄), Lovrin24(W₅) 등 5個 品種을 供試하였다. 人工交配는 溫室을 利用하였으며 單交配의 境遇 TC/W₁, TC/W₂, TC/W₃, TC/W₄, TC/W₅ 등 5個 組合의 正逆交配를 하였으며, F₂는 正交配한 F₁을 自殖시켜 育成하였다. 戻交配는 TC/W₁//TC, TC/W₂//TC, TC/W₃//TC, TC/W₄//TC, TC/W₅//TC 및 TC/W₁//W₁, TC/W₂//W₂, TC/W₃//W₃, TC/W₄//W₄, TC/W₅//W₅ 등 10個 組合을 交配하였고, 戻交配에서의 逆交配는 TC//TC/W₁, TC//TC/W₂, TC//TC/W₃, TC//TC/W₄, TC//TC/W₅, W₁//TC//W₁, W₂//TC//W₂, W₃//TC//W₃, W₄//TC//W₄, W₅//TC//W₅ 등 10組合을 交配하였다. 이들 正逆交配된 F₁, F₂, 및 戻交雜 世代 種子들은 交雜率(交配率), 發芽率 등을 調査하였으며, 溫室에서 F₁ 植物體를 利用하여 花粉의 稔性을 調査하였다.

形質들의 調査方法중 交雜親和性은 除雄한 穎

花數에 對한 稔實粒의 比率(%)로 나타내었고, 花粉의 稔性은 開花直前의 수술을 採取하여 0.7% acetocarmine으로 染色한 後 染色 程度에 의해 花粉의 稔性을 判斷하였다. 染色이 完全한 것은 稔性, 染色이 안된 것은 不稔으로 看做하였다. 組合當 5個體, 個體當 1이삭, 이삭當 5個 以上の 수술을 100~200배 光學顯微鏡으로 觀察調查하였다³²⁾. 發芽率은 農村振興廳 農事試驗研究 調查基準³⁵⁾을 參考하였다.

結果 및 考察

1. 交雜親和性

1) 單交配에서의 交雜親和性和 交雜種子의 發芽率

신기호밀과 밀의 人工交配에서 交雜率은 표 1에서와 같이 신기호밀/그루밀(TC/W₂)이 25.6%로 가장 낮았으며 TC/W₃(신기호밀/영광)이 41.8%로 가장 높아 組合間 差異를 보였으며 5組合 平均은 34.1%로 나타났고, 이들 種子의 發芽率은 平均 95%로서 매우 良好하였다. TC/W₄의 發芽率이 79%로 낮았던 것은 組合의 特性일수도 있고, 本實驗에서의 實驗誤差일 可能性도 있어 此後 檢討가 要望된다. 本實驗의 結果는 6倍體 트리티케일과 6倍體 밀의 交配에서 平均 0.6~17.1%라고 한 Bajpai와 Mishra¹⁾의 結果보다 높게 나타났으나, 트리티케일 品種에 따라 크게 變異를 보이며 0~67.8%라고한 Egorkina¹¹⁾의 結果와는 잘 一致하고 있다.

한편 신기호밀을 父本으로 한 逆交配에서는 TC/W₁과 TC/W₃만이 交配가 되었으나 그 交配率이 극히 낮았고 發芽도 되지 않았으며, 나머지

3組合은 전혀 交雜이 이루어지지 않았다. TC/W₁과 TC/W₃의 逆交配에서 交配가 된것이 品種 또는 交配組合의 差異인지, 實驗誤差인지는 確實하지 않으며 此後 檢討가 要望된다.

反面 胚乳가 形成되지 않아 退化된 種子의 稔實率은 5組合 平均 64%로 높게 나타났으나 發芽는 되지 않았는데 이와같은 結果는 戻交配할 境遇 稔實率은 높았지만 發芽가 되지 않았다고 한 Naskidashvili 等³⁰⁾의 報告 또는 밀을 母親으로 할때는 胚培養이 필요하다고 한 Dushkevich¹⁰⁾의 報告들과 잘 一致하고 있다. 즉 이는 不和合性으로 볼 수 있으며 그 理由는 胚乳形成時 外部에서 導入된 게놈에 對한 細胞質의 變異性에 起因하여 胚乳形成이 失敗한 結果라 생각된다. 다시말해 트리티케일/밀의 交配組合에서 胚와 胚乳는 正常發育을 하며, 種子도 發芽力이 있지만 逆交配의 境遇 胚乳發育이 受粉後 10~15日 동안만 正常이고 그後 遲延되기 始作해 더이상 分化發達되지 않고 結局 胚도 退化된다고 한 Qui³⁴⁾의 報告가 이를 뒷받침해주고 있다.

2) F₂와 戻交雜에서의 交雜親和性和 交雜種子의 發芽率

신기호밀을 母本으로 한 F₁을 自殖시킨 結果(F₂) 표 2에서와 같이 稔實率은 0~4.5%로 5組合 平均 2.17%, 發芽率은 66%를 보여 F₁의 自殖時 稔實率이 매우 낮다고한 Vishwakarma와 Mani³⁹⁾ 및 Zhen 等⁴²⁾의 結果와 一致한다. F₁에 신기호밀을 戻交配했을 境遇(F₁/P₁) 2.06~4.72%로 平均 3.99%, F₁에 밀을 戻交配(F₁/P₂) 하였을 境遇는 16.5~27.0%로 平均 21.9%를 보였고 發芽率도 各各 62.0, 81.0%를 보여 F₁/P₁과 F₁/P₂間에 差異가 큼을 보였다. 이와같이 밀에 신

Table 1. Crossability and seed germination rate in the cross between hexaploid triticale and hexaploid wheat.

Crosses (P ₁ /P ₂)	F ₁ (P ₁ /P ₂)		Reciprocal(P ₂ /P ₁)	
	Seed set* (%)	Germination ratio(%)	Seed set (%)	Germination ratio(%)
TC/W ₁	28.8±5.6	100	2.9(73)	0(0)
TC/W ₂	25.6±2.0	100	0.0(59)	-(0)
TC/W ₃	41.8±4.9	100	5.1(75)	0(0)
TC/W ₄	36.7±5.1	79	0.0(60)	-(0)
TC/W ₅	37.6±3.5	94	0.0(51)	-(0)
Mean	34.1±4.2	95	1.6(64)	0(0)

TC : Hexaploid triticale variety, Sinkihomil.

W₁~W₅ : Hexaploid wheat varieties, Eunpamil, Geurmil, Youngkwang, Lancota, and Lovrin 24, respectively.

() : Rate of aborted seed set(%). * : Mean±Standard error.

Table 2. Crossability and seed germination rate of F₂, F₁/P₁, F₁/P₂, P₁/F₁ and P₂/F₁ generations from the cross between hexaploid triticale and hexaploid wheat.

Parents		F ₂		F ₁ /P ₁		F ₁ /P ₂		P ₁ /F ₁	P ₂ /F ₁
P ₁	P ₂	A(%)	B(%)	A(%)	B(%)	A(%)	B(%)	A(%)	A(%)
TC	W ₁	0.09 ^d	0.0	4.41 ^b	63.2	16.5 ^d	88.0	3.21 ^c	3.07 ^{bc}
TC	W ₂	0.00 ^e	-	4.72 ^b	52.0	19.9 ^c	92.0	3.86 ^{bc}	2.99 ^{bc}
TC	W ₃	4.50 ^a	71.0	5.62 ^a	41.0	27.3 ^a	60.0	7.21 ^a	6.00 ^a
TC	W ₄	3.78 ^b	60.0	2.06 ^d	80.0	24.3 ^b	85.0	6.21 ^{ab}	4.78 ^{ab}
TC	W ₅	2.55 ^c	68.0	3.15 ^c	74.0	21.6 ^{bc}	80.0	5.20 ^b	4.20 ^b
Mean		2.17	66.0	3.99	62.0	21.9	81.0	5.14	4.21

A : Crossability (seed set in F₂). B : Germination ratio.

TC : Hexaploid triticale variety, Sinkihomil.

W₁~W₅ : Hexaploid wheat varieties, Eunpamil, Geurumil, Youngkwang, Lancota and Lovrin 24, respectively.

^{a-e} : Number not followed by same letter are significantly different at P=0.05 based on LSD.

기호밀을 交雜하거나 신기호밀과 밀의 F₁에 신기호밀을 戻交雜할 境遇, 즉 신기호밀을 花粉親으로 使用할 境遇 單交配나 戻交配에서 交雜能力이 낮게 나타나 Lukaszewski²⁵⁾의 結果와 一致하고 있다.

F₁의 正逆交配間 또는 F₁/P₁, F₁/P₂ 間의 交雜率의 差異를 究明하기 위하여 戻交雜世代에서 逆交配(P₁/F₁, P₂/F₁)를 한 結果(표 2) P₁/F₁은 平均 5.14%로 F₁/P₁때보다 높았고, P₂/F₁은 4.21%로 F₁/P₂의 21.9%보다 훨씬 낮았는데 이와 같은 結果는 F₁/밀이 밀/F₁보다, 트리티케일/F₁이 F₁/트리티케일보다 稔實率이 높다고 한 Lukaszewski²⁵⁾의 報告와 一致하고 있지만 그 具體的인 原因은 아직 밝혀져 있지 않은 狀態이며, 子房親의 細胞質과 花粉親의 配偶子間에 不和合性으로 說明되고 있을 뿐이다^{31,34)}.

지금까지 살펴본 바와같이 트리티케일을 花粉親으로 쓸 境遇 F₁에서 交配가 極히 힘들고 退化種子가 形成되며, 戻交雜世代에서도 交雜率이 낮게 나타났다. 또한 F₁/밀이 밀/F₁보다, 트리티케일/F₁이 F₁/트리티케일보다 交雜率이 높게 나타났는데 이와같은 原因을 究明하기 위하여 이들 世代들의 細胞質, 胚 및 胚乳의 構成을 살펴보았다.

그림 1에서 보는 바와같이 모든 世代들의 細胞質은 6倍體 밀의 細胞質(W)을 갖고 있으며 胚는 RD' 또는 DR'이 되는데(AA'BB'는 省略) 이는 모두 受精이 되어 胚가 形成된다^{68,75)}. 그러나 胚乳의 境遇 RRD', DDR', DDD' 및 RRR'이 가능하며(AAA'BBB'는 省略) 이때 RRD', DDD', RRR'의 境遇는 胚乳가 形成되나 DDR'(P₂/P₁)의 境遇 本實驗에서 胚乳가 形成되지 않았다. 이

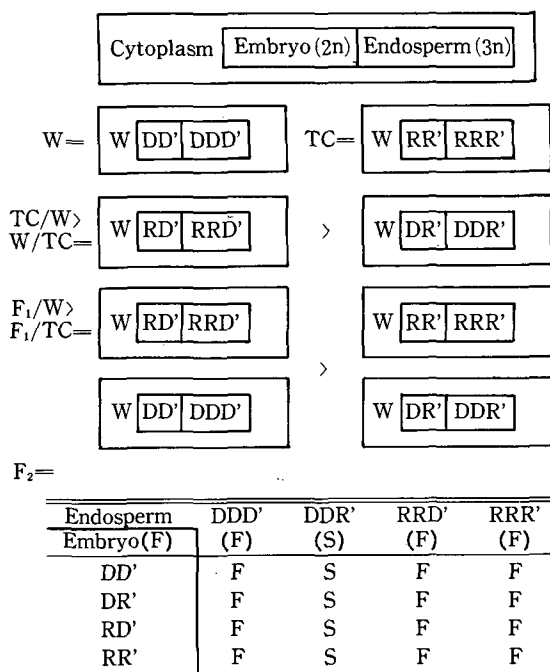


Fig. 1. Explanation for low crossability when hexaploid triticale was used as pollen.

TC : Hexaploid triticale cv. Sinkihomil.

W : hexaploid wheat. DD' in embryo means AA'BB'DD', DDD' in endosperm means AAA'BBB'DDD', and so on.

W in rectangular means cytoplasm from the hexaploid wheat. TC/W > W/TC means higher seed set of TC/W than that of W/TC. ' : Genome from the male parent. DDR' : Endosperm degenerated.

F : Fertile (normal fertilization in embryo or endosperm).

S : Sterile (Failure in fertilization in endosperm).

는 아직까지도 R계놈은 밀의 細胞質과 親和關係가 작기 때문에 胚乳形成이 失敗될 수도 있음을 暗示하며 따라서 이 假定에 의하면 다음 式으로 整理할수 있다.

$$\begin{aligned}
 P_1/P_2 &: RD' + RRD' = F \\
 P_2/P_1 &: DR' + DDR' = S \\
 F_1/P_1 &: 1/2(RR' + RRR') + 1/2(DR' + DDR') \\
 &= 1/2F + 1/2S \\
 P_1/F_1 &: 1/2(RR' + RRR') + 1/2(RD' + RRD') \\
 &= 1/2F + 1/2F = F \\
 F_1/P_2 &: 1/2(RD' + RRD') + 1/2(DD' + DDD') \\
 &= 1/2F + 1/2F = F \\
 P_2/F_1 &: 1/2(DR' + DDR') + 1/2(DD' + DDD') \\
 &= 1/2S + 1/2F \\
 F_2 &: (DD' + DR' + RD' + RR') (DDD' + DDD' + \\
 &\quad RRD' + RRR') = 3/4F + 1/4S \\
 DDR' &: Endosperm degenerated. \\
 F &: Fertile (normal seed set in \\
 &\quad embryo or endosperm). \\
 S &: Sterile (degenerated seed set in \\
 &\quad endosperm). \\
 ' &: Genome from the male parent.
 \end{aligned}$$

즉 P_2/P_1 에서 胚는 大部分 形成되지만 胚乳가 形成되지 않아 退化된 種實을 갖게되며 F_1/P_1 , P_2/F_1 은 50%, F_2 는 25%가 胚는 形成되고 胚乳 形成은 되지 않는 退化된 種子를 갖게 된다. 또 P_1/P_2 , P_1/F_1 , F_1/P_2 는 交配가 될 境遇 모든 稔實된 種子에서 胚 및 胚乳가 形成되어야 하는데, 本 試驗 結果 표 3에서 보는바와같이 P_1/P_2 는 退化된 種자가 없고 P_2/P_1 의 境遇 5組合 平均 98.0%로 거의 100%에 가깝고, F_2 는 5組合 平均

40.1%로 理論值 25%와는 差異가 있는데 이는 TC/W_2 組合에서 異常值 100%가있기 때문으로 보이며 이는 이 組合의 全體 稔實率이 0.07%로 極히 낮았고 이것이 모두 退化된 種子로 나타났기 때문인데 此後 이 組合에 對한 檢討가 要望되며, 이 組合을 除外할 境遇 25.1%로서 理論值에 適合함을 알수 있다. 또 F_1/P_1 에서도 5組合 平均 51.4%로 理論值 50%와 비슷하다. 그러나 P_2/F_1 은 36.8%로 理論值 50%와 差異가 있는데 이는 TC/W_2 의 異常值 14.3%가 크게 影響을 미쳤기 때문인데 이 組合에 對한 再檢討가 要望되며, 이 組合을 除外 할 境遇 平均 42.4%로 理論值과의 差異가 작았다.

따라서 大體의으로 實驗值와 理論值가 一致하는 傾向을 보여, 胚乳形成이 안되는 原因은 胚乳에서 계놈構成이 AAA'BBB'DDR'이고 그 細胞質이 밀일 境遇에 일어나는 不和合性 때문이라고 생각된다.

2. F_1 植物體의 花粉稔性和 交雜親和性

1) 花粉의 稔性

표 4에서 보는바와 같이 신기호밀이나 6倍體 밀의 花粉은 各各 89.0%, 91.6%가 잘 染色되어 稔性으로 나타났고 部分的으로 染色되었거나 非正常的인 花粉의 比率는 平均 8.5(2.4+6.1)%로 나타났다. 이들 F_1 의 花粉을 觀察한 結果, TC/W_1 과 TC/W_2 의 境遇 稔性이라고 判定된 것이 各各 16.6%, 16.9%에 不過하였고 TC/W_3 , TC/W_4 , TC/W_5 는 各各 44.8%, 38.7%, 34.3%로 나타나서 組合間 差異를 보였다(사진 1 참조). 이는 稔성이 낮은 原因中의 하나는 活力이

Table 3. Rate (%) of the aborted seed set of the F_1 , F_2 , F_1/P_1 , P_1/F_1 , F_1/P_2 and P_2/F_1 generations from the crosses between hexaploid triticale and hexaploid wheat.

Parents		F_1		F_2	Backcross		Backcross	
P_1	P_2	(P_1/P_2)	(P_2/P_1)	(F_1/F_1)	(F_1/P_1)	(P_1/F_1)	(F_1/P_2)	(P_2/F_1)
TC	W_1	0.0	96.2(73)	30.8(0.04)	47.4(3.98)	0.0	0.0	56.0(0.52)
TC	W_2	0.0	100 (59)	100 (0.07)	44.3(3.75)	0.0	0.0	14.3(0.50)
TC	W_3	0.0	93.6(75)	21.7(0.25)	41.6(4.01)	0.0	0.0	34.9(3.21)
TC	W_4	0.0	100 (60)	22.2(1.08)	67.6(4.29)	0.0	0.0	40.1(3.20)
TC	W_5	0.0	98.0(64)	40.1(0.66)	56.1(4.02)	0.0	0.0	38.5(2.63)
	Mean	0.0	98.0(64) ^a	40.1(0.66) ^c	51.4(4.01) ^b	0.0	0.0	36.8(2.01) ^d

TC : Hexaploid triticale variety, Sinkihomil.

$W_1 \sim W_5$: Hexaploid wheat varieties, Eunpamil, Geurmil, Youngkwang, Lancota and Lovrin 24, respectively.

Ratio : Aborted seeds/Total seed set $\times 100$.

() : Aborted seed set/Total florets crossed $\times 100$.

^{a-d} : Number not followed by same letter are significantly different at $P=0.05$ based on LSD.

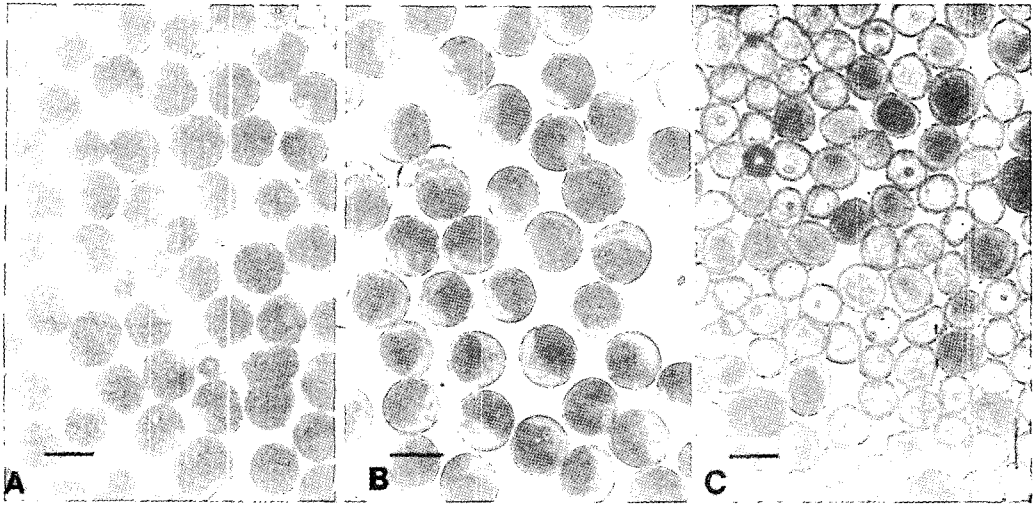


Photo 1. Acetocarmine-stained pollen grains of triticale, wheat and their F_1 hybrids.
 A : Hexaploid triticale cv. Sinkihomil, B : Hexaploid wheat cv. Eumpamil, C : F_1 of A and B. Bar represents 10 μ m.

Table 4. Frequency of normal pollen grains stained with acetocarmine in F_1 plant from the cross between hexaploid triticale and hexaploid wheat.

Parents or cross	No. of pollen observed	Well stained(normal) (%)			Partly stained (%)	Poorly stained (%)
		Large	Small	Sum		
TC	229	-	-	89.0	7.0	4.0
W_1	265	-	-	95.0 ^a	0.0	5.0
w_2	288	-	-	94.8 ^a	0.7	4.5
w_3	495	-	-	90.9 ^b	2.6	6.5
w_4	354	-	-	85.6 ^c	6.5	7.9
w_5	328	-	-	91.5 ^b	2.1	6.4
Mean	346	-	-	91.6	2.4	6.1
TC/ W_1	1376	10.2	6.3	16.5 ^c	15.9	67.6
TC/ W_2	1619	10.5	6.4	16.9 ^c	14.9	68.2
TC/ W_3	1291	27.7	17.1	44.8 ^a	15.5	39.7
TC/ W_4	1022	21.6	17.1	38.7 ^b	21.2	40.1
TC/ W_5	888	17.0	17.3	34.3 ^b	13.0	52.7
Mean	1239	17.4	12.8	30.2	16.1	53.7

TC : Hexaploid triticale variety, Sinkihomil.

$W_1 \sim W_5$: Hexaploid wheat varieties, Eumpamil, Geurumul, Youngkwang, Lancota and Lovrin 24, respectively.

^{a-c} : Number not followed by same letter are significantly different at $P=0.05$ based on LSD.

없는花粉의生産이 많을境遇라고한 Bajpai 와 Mishra¹⁾의報告와類似하였다.

2) 花粉稔性和交雜親和性과의相關

트리티케일/밀의 F_1 花粉稔性和交雜親和性(交雜率)과의相關은 표 5에서 보는 바와 같은데 F_1 , F_2 , F_1/P_2 의 交雜率과 F_1 의 花粉稔性과는 各各 $r=0.9693^*$, $r=0.9956^*$, $r=0.9328^*$ 의 正相關을 보여주고 있다. 이와같은結果는 Bajpai 와 Mishra¹⁾의報告와一致하고 있다.

3. 綜合考察

6倍體 트리티케일 ($2n=6x=42$, AABBRR) 과 6倍體 밀 ($2n=6x=42$, AABBDD) 을 交雜한 結果, 交雜率은 높았으나 逆交配(밀/트리티케일)에서는 極히 낮았다. 또한 戻交配에서도 트리티케일보다는 밀을 花粉親으로 使用할 境遇 交配率이 높아 그 原因을 究明코자 다시 兩親을 雌性親의

Table 5. Correlation coefficient between the crossability and normal pollen grain ratio in the cross of hexaploid triticale and hexaploid wheat.

	Crossability			
	F ₁	F ₂	F ₁ /P ₁	F ₁ /P ₂
Ratio of normal pollen grain of F ₁	0.9693*	0.9956*	0.1597*	0.9328*

***Significant at P=0.05 and 0.01 level, respectively.

로 하고 F₁을 화분친으로 하여 交配한 結果 트리티케일/F₁이 밀/F₁보다 交雜率이 높게 나타났으며 F₂의 稔實率은 2.17%로 F₁보다 훨씬 낮았다. 그리고 交雜率이 낮은 밀/트리티케일, F₁/트리티케일, P₂/F₁, F₂ 등의 조합에서는 胚는 形成되었으나 胚乳가 形成되지않아 退化된 種子가 있었는데, 이는 트리티케일의 花粉이나 밀의 子房에 自體 缺陷이 있다기 보다는 밀의 子房과 트리티케일 花粉間의 相互作用에 의한 不和合性으로 생각되며 이는 Dushkevich¹⁰⁾, Neumann과 Skiebe³¹⁾, Qui³⁴⁾ 등의 研究에서도 찾아볼 수 있었고 그 原因도 雄性配偶子와 雌性配偶子 細胞質間의 不和合性으로 胚乳形成이 안되기 때문으로 되어있으나, 그 具體的인 機作은 밝혀지지않은 狀態이다. 따라서 그 原因을 살펴본바, 밀과 트리티케일 交配時, 胚의 계놈構成은 AABBDR, 胚乳는 AAABBB DDR이 되며, 이때 胚乳의 DDR은 밀에서 온 細胞質과 一種의 不和合性 現象을가져와 胚乳 形成이 阻害되는데, 특히 R계놈이 밀細胞質과 親和性이 적기때문이라 생각된다²⁹⁾. 反面 트리티케일과 밀의 交配時는 細胞質은 밀의 細胞質, 胚의 계놈構成은 AABBRD, 胚乳의 계놈構成은 AAABBBRRD가 되며 이때는 RRD에서 不和合性이 일어나지 않는데, D계놈이 밀 細胞質과 親和性이 있기 때문인 것으로 생각된다. 結局 밀과 트리티케일, 또는 그 F₁과 밀의 交配時에는 밀을 花粉親으로 하는 것이, 그리고 F₁과 트리티케일의 交配에서는 F₁을 花粉親으로 使用하는 것이 交雜率이 높았다. 發芽率은 대체로 F₁/트리티케일, F₂ 등에서 낮았는데 이는 胚乳가 不完全하게 形成되었기 때문으로 생각된다.

花粉의 稔性に 있어서는 稔성이 높은 組合에서 F₁, F₂, F₁/P₂의 交雜率이 높아 既存의 報告^{1,37)}와 一致 하고 있다.

摘 要

트리티케일 品種育成的 基礎資料를 提供하기 위해, 6倍體 트리티케일인 신기호밀(TC)과 6倍體 보통밀 5개 品種을 交雜한 雜種 初期世代의 交雜 親和性, 發芽率, 및 花粉의 活力등을 檢討한 試驗結果를 要約하면 다음과 같다.

1. 신기호밀(TC)과 밀의 交配에서 交雜率은 組合에 따라 28.8~41.8%로, 平均 34.1%로 나타났다. 그러나 이들의 逆交配에서는(밀×신기호밀) 交雜率이 극히 낮았다. F₁에 신기호밀을 花粉親으로 戻交雜(F₁/P₁)했을 때는 平均 3.99%, 밀을 花粉親으로 戻交雜(F₁/P₂)했을 때는 平均 21.9%의 交雜率을 보였고, F₁을 自殖시킨 F₂에서는 平均 3.61%의 稔實率을 보였다.

2. 트리티케일과 밀의 F₁에 兩親을 戻交雜할때 F₁/밀이 밀/F₁보다, 트리티케일/F₁이 F₁/트리티케일보다 交雜率이 높았다.

3. 모든 單交配 F₁ 중자의 發芽率은 80% 이상이었으며 트리티케일/밀에서 F₁/P₂세대는 平均 81%, F₁/P₁은 62%, F₂는 66.3%로 世代別로 差異가 있었다.

4. 트리티케일 品種 신기호밀을 花粉親으로 使用하여 밀과 交配할 境遇 胚乳形成이 안되었으며, 이때의 胚乳계놈 組成은 AAABBBDDR 이었다.

5. 트리티케일과 밀을 교잡한 F₁의 花粉 稔性は 平均 30.2%로 나타났다.

6. 트리티케일과 밀의 F₁의 花粉 稔성과 交雜率(F₁, F₂, F₁/P₂)間에는 正의 相關關係가 있었다.

引 用 文 獻

1. Bajpai, G. C. and S.N.Mishra. 1987. Crossability, meiotic behaviour and pollen sterility

- relationships in triticale x wheat hybrids. *Crop Improvement* 14(1) : 52~59.
2. Bajurman, B. 1958. Note on the frequency of univalents in some strains of triticale and their hybrids. *Hereditas* 44 : 189~192.
 3. 曹章煥, 洪丙熹, 安完植, 陳文燮, 朴文雄, 盟敦在, 南重鉉, 成炳列, 金鳳淵, 裊聖浩. 1981. 小麥 早熟 短稈 多收性 新品種 “그루밀”. *農試論文集(作物)* 23 : 142~147.
 4. _____, _____, _____, 朴文雄, 南重鉉, 金鳳淵, 成炳列, 黃鍾珍, 金蓮夏. 1983. 小麥 極早熟 短稈多收性 新品種, 銀波밀. *農試論文集* 25(作物) : 166~170.
 5. 趙載英. 1976. 3訂 田作.
 6. CIMMYT. 1976. Wheat x rye = triticale. *CIMMYT today* No. 5 : 1~15.
 7. _____. 1980. CIMMYT report on wheat improvement.
 8. _____. 1982. CIMMYT report on wheat improvement.
 9. _____. 1983. CIMMYT research highlights.
 10. Dushkevich, S.V. 1984. Results of hybridizing triticale with wheat. In *geneticheskie osnovy selektsii sel'skokhozyaistvennykh rastenii izhivotnykh*.
 11. Egorkina, G.I. 1985. The problem of crossability in breeding triticale. *Referativnyi Zhurnal* 8. 65. 166.
 12. Forsberg, R.A. 1985. Triticale. *CSSA special publication number* 9.
 13. Fujigaki, J. and T. Tsuchiya. 1985. Karyotype analysis in a haploid plant of an inbred rye, *Secale cereale* L., by acetocarmine-giemsa staining technique. *Z. Pflanzenzuchtg* 94 : 234~243.
 14. Gaur, P.M., C.B. Singh and V.K. Gaur. 1983. Relationship between meiotic instability and fertility in F₃ generations of triticale x wheat crosses. *Cereal Research Communications* 11(3/4) : 209~212.
 15. Gill B.S. and G. Kimber. 1974. The giemsa C-banded karyotype of rye. *Proc. Nat. Sci.* 71(4) : 1247~1249.
 16. Gupta, P.K. and M.D. Bennett. 1976. Preferential selection for wheat-rye substitutions in 42-chromosome triticale. *Crop Sci.* 16 : 688~693.
 17. Heyne, E.G. 1987. *Wheat and wheat improvement*. Second edition Amer. Soc. Agron.
 18. Hohmann, U. 1988. Direct use of hexaploid wheat in the production of recombined hexaploid triticale. *Seventh International Wheat Genetic Symposium* 303~308.
 19. 洪基昶, 張權烈, 許文會. 1982. 三訂 育種學 汎論. 鄉文社.
 20. Kaltsikes, P.J., D.G. Roupalias and J.B. Thomas. 1975. Endosperm abnormality in triticum-secale combinations. I. Triticosecale and its parental species. *Canad. J. Bot.* 53 : 2050~2067.
 21. Karapetian, V.K. 1966. Genetical analysis of rye-wheat and wheat-rye hybrids. *Second International Wheat Genetic Symposium* 467~468.
 22. Kiss, A. 1975. Hexaploid triticale breeding in Hungary. In *Triticale studies and breeding Proc. Intern. Symp.* 1973. 38~46.
 23. Kurkive, U.K., A.K. Abdulaeva and I.M. Surikov. 1988. Hybridization of triticales and secalotricums with rye. I. Hybrid caryopsis set and germinability. *Genetika* 24(1) : 80~88.
 24. Larter, E., T. Tsuchiya and L. Evans. 1970. Breeding and cytology of triticale. *Third International Wheat Genetics Symposium* 213~221.
 25. Lukaszewski, A.J. 1982. Transmission of chromosomes through the eggs and pollen of triticale x wheat F₁ hybrids. *Theor. Appl. Genet.* 63 : 49~55.
 26. Lundqvist, A. 1958. Homozygosity for incompatibility factors in relation to viability and vegetative development. *Hereditas* 44 : 174~188.
 27. Merker, A. 1975. Chromosome composition of hexaploid triticale. *Hereditas* 80 : 41~52.
 28. Muntzing, A. 1966. Cytogenetic and breeding studies in triticale. *Second International Wheat Genetic Symposium* 291~300.
 29. _____. 1979. Triticale results and problems. *Advances in Plant Breeding Supplement* 10.
 30. Naskidashvili, P.P., Ts. Sh. Samadashvili and M.Z. Dzhashi. 1982. Use of spring hexaploid triticales for hybridization with winter wheat. *Selektseya, Semenovodstvo.* 2 : 14~15.

31. Neumann, M. and K.Skiebe. 1983. Ergebnisse von kreuzngen zwischen saatweizen und triticale. Arch. Zuchtungsforsch 13(6) : 387~392.
32. Pfahler, P.L. 1965. *In Vitro* germination of rye (*Secale cereale* L.) pollen. Crop Sci. (5) : 597~598.
33. Pissarev, V. 1966. Different appoaches in triticale breeding. Proc. 2nd Intern. Wheat Genet. Symp. Hereditas suppl. 2 : 279~290.
34. Qui, C.L. 1986. Studies on the incompatibility of hybridization between *Triticum aestivum* L. and hexaploid triticale. I. Development of hybrid embryo. Acta Agronomica Sinica 12(1) : 49~56.
35. 농촌진흥청. 1983. 농사시험 연구조사기준 제 1판
36. Samadashvili, Ts.Sh., P.P.Naskidashvili and M.Z.Dzhashi. 1985. Main Trends in breeding triticale in the Georgian SSR. Referativnyi Zhurnal 2.65.196.
37. San, Z.L., Y.S. Ma and Y.T.Xu. 1986. Studies on fertility and cytogenetics of the recombined strains from triticale×wheat(or wheat×triticale). Acta Agronomica Sinica 12(1) : 67~70.
38. Vishwakarma, S.R. and S.C.Mani. 1983. Expressing of necrosis in triticale×wheat hybrids. Crop Improv. 10(2) : 132~135.
39. _____ and _____. 1985. Crossability between triticale×wheat and reversion patterns in early segregating generations. Current Science 54(1) : 42~43.
40. 麥類研究所. 1987. 麥類 研究 成果와 새로운 方向. 麥類研究所. 19~20.
41. 延圭復, 黃鍾珍, 成炳列, 李鍾昊, 許翰淳, 金廷坤, 金鳳淵, 朴天緒, 安完植, 金泳相, 曹章煥. 1986. 青刈飼料用 耐到伏 良質 多收性 트리티케일 新品種 “신기호밀”. 農試論文集(作物) 28(1) : 143~147.
42. Zhen, Y.C., G.Z.Sun, Y.X.Zhang and Z.M. Shang. 1986. Breeding new disease resistant strains of wheat by using radiation and distant hybridization. Mutation Breeding Newsletter 27(9).