韓作誌(Korean J. Crop Sci.) 36(6) : 485~495(1991)

6倍體 트리티케일과 2倍體 호밀과의 雜種初期世代에서 交雜 親和性 및 염색체 변이

黃鍾珍* · 李弘祏** · 河龍雄*

Crossability and Chromosome Variation in the Early Generation of the Crosses between the Hexaploid Triticale and Diploid Rye

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

ABSTRACT : This experiment was carried out to obtain the information on the crossability, variation of chromosome number in pollen mother cell(PMC) and somatic cell of the progeny from the cross between hexaploid triticale cv. Sinkihomil and two diploid rye varieties. Seed set was 39.3 to 41.6%(averaged 40.5%) in the cross between triticale(P_1) and rye(P_2), which resulted in 0.33% in F_2(selfed F_1), 2.69% in F_1/P_1, 5.47% in F_1/P_2, respectively. However, seed set was extremely low in both reciprocal crosses when triticale was used as male. Germination rate of the crossed seed was 94.0% in F_1, 40.8% in F_2(selfed F_1), 59.5% in F_1/P_1, and 65.9% in F_1/P_2 from the cross between triticale and rye, respectively. Pollen fertility of F_1 plant was averaged 18.7% in the cross between triticale and rye. Number of Uni-, Bi-, and Trivalent in PMC was 12.6, 6.94, and 0.53, respectively, in the F_1 between the triticale and rye. There were 28 chromosomes in F_1, 21 to 34 in F_2, 34 to 38 in F_1/P_1, and 19 to 23 in F_1/P_2 from the cross between the triticale and rye, respectively.

最近 들어 트리티케일 育種方法으로서 6 倍體 트리티케일과 2 倍體 호밀을 交雜하여 호밀의 染色體나 遺傳子가 置換 또는 再組合된 6 倍體 또는 4倍體 트리티케일을 選拔育成하는 方法[15,22,34]이 硏究되고 있으나, 아직 優秀한 品種이 育成普及되지는 못한 狀態이며, 分離世代에서 發生하는 여러가지 作物學的 特性이나 細胞遺傳學的 양상도 밝혀지지 않은 단계에 있다. 따라서 本試驗은 6 倍體 트리케일과 2 倍體 호밀을 交雜했을때 나타나는 交雜親和性, 交雜種子의 發芽率, 花粉의 稔性, 染色體數의 變異 等을 調査 檢討하여, 호밀로부터 트리티케일에 有用因子를 導入시키기 위한 基礎資料를 提供코저 實施하였으며 이에 그 結果를 報告하고저 한다.

6倍體 트리티케일과 2倍體 호밀을 交雜하여 4倍體, 6倍體 또는 8倍體 트리티케일을 育成하는 方法[16,21,33]은 細胞學的으로 不安定하고 雜種 植物體의 活力과 稔性이 약하여 아직 實用化 되지 못하고 있지만[29], 많은 硏究가 진행되고 있다. 우선 이들의 게놈구성에 있어서 Cunado 等[12], Baum과 Lelly[4], Shcherbakova 等[35,36] 等에 의하면 ABRR 인 F_1 雜種을 얻어 自殖시킬 境遇 A와 B게놈의 混合體에 2개의 R게놈이 結合된 4倍體, AARR 또는 BBRR이 나타나, 染色體數는 安定이 되나 稔性과 收量이 낮은데, 이 4倍體를 交配 母木으로 活用하면 優秀한 6倍體 트리티케일을 育成할 수 있다고 한다. 한편 4倍體 트리티케일은 6倍體, 8倍體 트리티케일과 2倍體 또는 4倍體호밀의 交雜 또는 戾交雜後代에서 얻을 수 있으며[27] 이들 F_1은 兩親의 게놈을 半씩 가져 染色體數는 安定이 되나 稔性과 收量性이 낮다[35].

6倍體 트리티케일과 2倍體 또는 4倍體 호밀을

* 農村振興廳 麥類硏究所 (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 441-744, Korea) 〈'91. 8. 10 接受〉

交雜한 後代 또는 이들의 戾交雜後代의 임성과 생육특성에 대한 연구를 보면 다음과 같다. 이들은 대체로, 稔性이 있고 細胞學的으로 安定된 植物體를 얻을 수 있었는데[6,36] 대체로 교배방향과 양친의 선택이 크게 영향하는것으로 나타났다. 2倍體 호밀보다는 4倍體 호밀을 花粉親으로 이용할 경우 6倍體 트리티케일과의 交雜率이 높아 有利하지만[21,28,33], 6倍體 트리티케일과의 2倍體 호밀의 交雜, 8倍體 트리티케일과 4倍體 호밀의 交雜이 4倍體 트리티케일 育成에 가장 有利하다는 報告[1,9,39]도 있다. Egorkina[13]에 의하면 6倍體 트리티케일과 2倍體 호밀의 交雜率은 6倍體트리티케일의 品種에 따라 다르다고 하였으며 交雜率은 대체로 平均 8.7%[9], 最高 24.5%[13] 等의 報告가 있다. 이들 後代의 稔實率은 Abdulaeva[1] 및 Surikov 等[39] 等에 의하면 6倍體 트리티케일과 2倍體 호밀의 F_1에서는 낮았고, F_2에서 약간 높아 이삭당 2.1個였으며[1,37], 6倍體와 4倍體의 交雜 F_1은 이삭當 4個로 높았으나 F_2는 1.5個로 낮았다. F_2~F_4는 稔性이 낮은 傾向이며 키가 큰 것이 種實도 많은 傾向이다. Sabeva[32]는 稔性의 系統間 變異는 밀게놈(A, B)의 染色體 構成이 다르기 때문이라 하였다.

交雜된 雜種 種子의 發芽率을 보면 2倍體 호밀을 花粉親으로 했을때 優秀하며[1], Bormotov 等[9]은 平均 23.8%라고 했다. 또 母親의 倍數性이 낮을수록 얻어진 雜種의 發芽율은 높았으나 4倍體 호밀을 花粉親으로 使用했을 때는 그反對였다고 한다[21]. Kurkiev 等[21]은 호밀의 倍數性 水準과 트리티케일의 遺傳子型은 雜種 種子를 얻는데 모두 重要한 要素들이며 環境에 크게 影響을 받지 않지만 얻어진 雜種 種子의 發芽率은 受粉期間의 氣候 條件에 크게 影響을 받는것 같다고 하였다.

다음은 이들의 감수분열 현상에 대한 연구내용을 보면 6倍體 트리티케일과 2倍體 호밀의 F_1(2n=28)에서 2價의 染色體數는 2~12個로 平均 7.13%, 3價 및 4價의 染色體數는 0.01~0.03個로 키아즈마 頻度는 10.5%였으며 2倍體 호밀 보다 4倍體 호밀을 花粉親으로 使用할때 2價 染色體의 頻度가 높으며, 또한 4倍體 트리티케일은 rod 2價 染色體가 增加하고 1價 染色體도 보인다고 한다[17]. Benavente 等[6]에 의하면 F_1에 비해 F_2나 F_3에서는 2價 染色體가 增加하고, 4倍體 트리티케일에 2倍體 호밀을 戾交雜한 結果 30%가 7個 以下의 1價 染色體이고, 39.7%가 7個 以上의 2價 染色體였다고 한다. Baum과 Lelley[4]는 F_1이나 그 後代에서 28個의 染色體를 갖는 境遇가 많았으며 이는 配偶子 形成 比率이 높음을 意味하며 3世代 안에 새로운 4倍體 트리티케일을 얻을 수 있다고 했다. Badaeva 等[2]은 供試한 8系統中 단지 2系統만이 다소 安定된 減數分裂을 보였다고 하였다.

다음으로 4倍體 트리티케일(트리티케일/호밀의 F_1)의 減數分裂 不規則性이나 稔性 등의 系統間 差異에 대한 연구내용을 보면 이는 밀 게놈(A, B)의 染色體 構成이 다르기 때문인데[32] 4倍體 트리티케일의 경우 밀의 細胞質과 7쌍의 호밀 染色體, 그리고 A와 B게놈이 混合된 7쌍의 染色體들로 構成되며[4] 이들 A와 B게놈 染色體들의 組合은 Badaeva 등[2]이 관찰한 바에 의하면 모두 39가지로 BBBBBAA와 BABBBAA가 많았다고 하며, Gustafson과 Krolow[18]는 ABAABAB, ABBBBAB 및 ABBAAAB 등 3가지라고 하였다. 이들 14개의 밀 게놈 染色體들은 混在 또는 轉座된 것으로 보이며[5], 밀染色體의 增加는 호밀 染色體의 同組間 및 相同間 對合에 抑制 效果를 나타내며, 호밀 染色體의 增加는 밀 染色體의 同組間, 相同間 對合을 增進시킨다고 한다[17]. 6倍體 트리티케일과 2倍體 호밀, 6倍體 트리티케일과 4倍體 호밀의 交配에서 置換, 轉座 等을 통한 A, B, R게놈 染色體의 同組間 對合을 誘導시키는데 4倍體 호밀이 유리하여 몇몇 F_1, F_2에서 受精後 不和合性이나 不稔이 克服되었다[38]. 또한 F_2~F_4에서 게놈간, 染色體間 再組合이 일어나고 置換 또는 添加 等이 이루어진 植物體도 얻어진다고 한다[38].

6倍體 트리티케일과 2倍體 호밀의 交雜시 그 후대들의 체세포 염색체수 변이를 보면 다음과 같다. 이들 F_1은 極少數에서 低異數體(2n=27)를 나타내기도 하지만[1] 대부분은 理論的 期得値(2n=4x=28)의 染色體를 가지며[1,17,36], F_2에서는 뚜렷한 染色體數의 分離를 보여 6倍體 트리티케일과 2倍體 호밀의 交雜에서 14~42의 變異를 보이나 28個가 大部分이었고, 대체로 F_1과 같은 染色體數의 頻度가 높다[1]. 14個의 染色體를 갖는 植物體는 밀 또는 트리티케일 즉 외부의 細胞質을 갖는 호밀이었는데 이 細胞質이 減數分裂 安

定에 도움을 주지는 않았다[8,10]. Shcherbakova 等[36]은 트리티케일과 호밀의 雜種에서 42個 染色體를 갖는 稔性인 個體를 얻었으며, Bomotov 等[8]에 의하면 高異數體는 F_1에서 7.3%로부터, F_2에서 57%까지 分布했고, 低異數體는 3.5~5.7%였다고 한다.

材料 및 方法

1. 供試品種 및 雜種世代의 經過

本 實驗은 麥類硏究所 試驗圃場 및 溫室에서 1987年부터 1990年까지 遂行 하였으며 供試材料는 밀에서 由來한 細胞質을 갖고있는 6베체 트리티케일(2n=6x=42, AABBRR)인 신기호밀(TC) 1品種[40], 2倍體호밀(2n=2x=14, RR)에서 八堂호밀(R_1)[20], 春秋호밀(R_2)[19] 等 2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/R_1, TC/R_2 等 2個 組合의 正逆交配를 하였고, F_2는 正交配한 F_1을 自殖시켜 育成하였다. 戾交配는 TC/R_1//TC, TC/R_2//TC 및 TC/R_1//R_1, TC/R_2//R_2 等 4個 組合을 交配하였다. 이들 正逆交配된 F_1, F_2 및 戾交雜 世代種子들은 交雜率(交配率)과 發芽率 等을 調査한 後 體細胞 染色體를 調査하였다. 한편 溫室에서는 F_1 植物體를 利用하여 花粉의 稔性을 調査하고 花粉母細胞의 染色體數를 觀察하였다.

2. 調査形質 및 方法

形質들의 調査方法과 基準은 다음과 같다.

1) 交雜親和性 : 除雄한 穎花數에 對한 稔實粒의 比率(%)로 나타내었다.
2) 體細胞染色體數 : 20℃ 定溫에 置床하여 뿌리가 2~3cm 伸長했을때 根端을 採取하여 0.7% acetocarmine으로 染色한 後 squash 方法으로 植物體當 2뿌리 以上 그리고 1뿌리當 3細胞 以上을 200~400倍 光學顯微鏡으로 觀察하였다[11,14,23,37].
3) 花粉의 稔性 : 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의 수술을 100~200배 光學顯微鏡으로 觀察하였다[30].
4) 減數分裂觀察 : 花粉母細胞의 減數分裂期에 該當하는 幼穗를 採取하여 第 1中期(Metaphase I)상에서 1價, 2價 및 3價 染色體를 光學顯微鏡下에서 200~400倍로 觀察하였다[14].
5) 發芽率과 기타사항은 農村振興廳 農事試驗硏究 調査基準[31]을 參考하였다.

3. 染色體 分離理論

6倍體 트리티케일과 2倍體 호밀을 交雜할 境遇에는 그림 1과 같이 F_1이 ABRR(2n=4x=28)가 되며 7~21個의 染色體를 갖는 配偶子들이 나오게 되며 F_2에서는 14~42個 染色體를 갖는 個體들이 分離하게 된다. 또한 F_1에 호밀을 戾交雜할 境遇에는 14~28個 染色體를, 6倍體 트리티케일을 戾交雜할 境遇에는 28~42個 染色體를 갖는 接合子들이 生成된다.

이와같이 서로 다른 染色體數를 갖는 配偶子들이 나올 수 있는 確率은 理論的으로 計算이 可能하다[3,4,7,24,25,26]. 즉 6倍體 트리티케일과 6倍體 호밀의 F_1인 ABRR에서 RR는 正常對合으로 14個의 染色體가 形成되고, AB 게놈은 14個의 1價 染色體가 形成되는데 例를 들어 AB게놈의 n個 1價 染色體 中에서 各各의 1價 染色體가 配偶子에 包含될 確率을 p, 包含되지 않을 確率을 q로 하고 p+q=1일때

1價 染色體를 하나도 包含하지 않는 配偶子가 생길 確率은 $_nC_0\ p^nq^0$

1個의 1價 染色體를 包含하는 配偶子가 생길 確率은 $_nC_1\ p^{n-1}q^1$

2個의 1價 染色體를 包含하는 配偶子가 생길 確率은 $_nC_2\ p^{n-2}q^2$

. . .

. . .

. . .

n個의 1價 染色體를 包含하는 配偶子가 생길 確率은 $_nC_n\ p^{n-n}q^n$

이 되며 이들의 各各은 一般式 $\sum_{x=0}^{n} {}_nC_x\ p^{n-x}q^x$ (1)

에 依해 計算이 되고 $\sum_{x=0}^{n} {}_nC_x\ p^{n-x}q^x$는 1이 된다.

또한 x個 染色體 中에는 k個의 A게놈 染色體와 x-k個의 B게놈 染色體가 있게 되며 例를들어 1個의 A게놈 染色體와 0個의 B게놈 染色體를

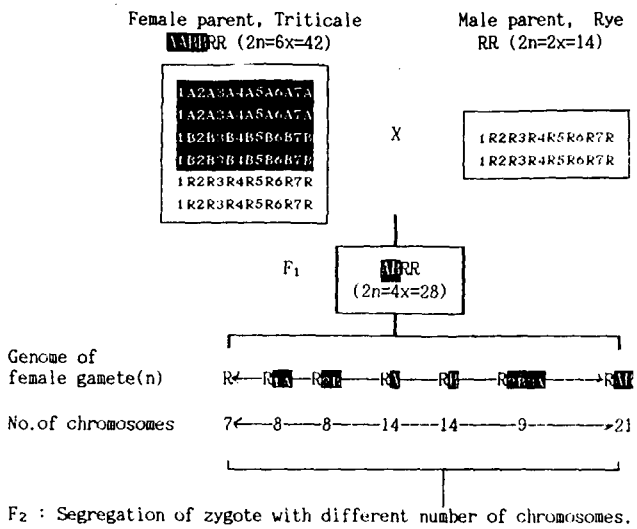
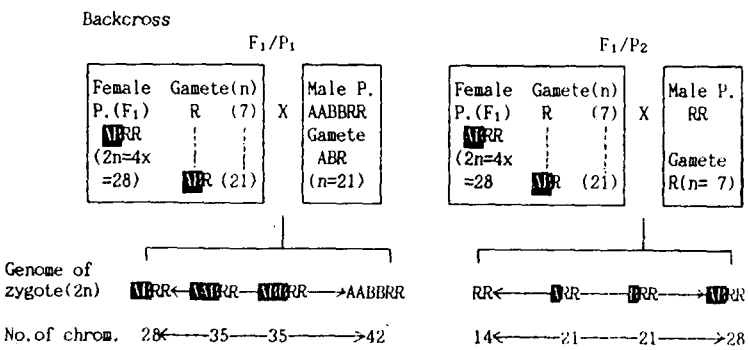


Fig. 1. Gamete and zygote produced in the F_1 and backcross of hexaploid triticale and diploid rye. Blackened portion means no homologous relationship in crossing or in meiosis of the cell, leading to the univalents in the next generation, presumedly.



가질 確率은

$$ {}_nC_1\ p^{n-1}q^1 \cdot \frac{{}_{n/2}C_1 \cdot {}_{n/2}C_0}{{}_nC_5} $$

2個의 A게놈 染色體와 3個의 B게놈 染色體를 가질 確率은

$$ {}_nC_5\ p^{n-5}q^5 \cdot \frac{{}_{n-2}C_2 \cdot {}_{n/2}C_3}{{}_nC_5} $$

이 된다. 똑같이 k個의 A게놈 染色體와 x-k個의 B게놈 染色體를 가질 確率은

$$ {}_nC_x\ p^{n-x}q^x \cdot \frac{{}_{n/2}C_k \cdot {}_{n/2}C_{x-k}}{{}_nC_x} \quad \text{———(2)} $$

가 된다. 따라서 一般式 $\sum_{x=0}^{n} \sum_{k=0}^{x} {}_nC_x\ p^{n-x}q^x \cdot$

$$ \frac{{}_{n/2}C_k \cdot {}_{n/2}C_{x-k}}{{}_nC_x} \qquad (3) $$

에 依해 모든 配偶子의 形成 確率을 求할수 있으며 本 實驗의 境遇 p=1/2, q=1/2. n=14로 假定되기 때문에

$$ \text{公式} \quad \sum_{x=0}^{14} \sum_{k=0}^{x} \left[{}_{14}C_x (1/2)^{14} \cdot \frac{{}_7C_k \cdot {}_7C_{x-k}}{{}_{14}C_x} \right] \quad (4) $$

$x=k+(x-k)$

${}_k$: A게놈 染色體數

${}_{x-k}$: B게놈 染色體數

에 依해 모든 配偶子의 形成 確率을 計算할 수 있다.

結果 및 考察

1. 交雜 親和性

1) 單交配에서의 交雜親和性과 交雜種子의 發芽率

6倍體 트리티케일과 2倍體 호밀을 人工交配했을때 交雜率(표 1)을 보면 신기호밀과 八堂호밀의 交配에서 39.3%, 신기호밀과 春秋호밀의 交配에서 41.6%로 2組合 平均 40.5%로 나타났고,

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

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/R_1	39.3±2.4	88	0.0(32)	−(0)
TC/R_2	41.6±3.1	100	0.0(35)	−(0)
Mean	40.5±2.8	94	0.0(34)	−(0)

TC : Hexaploid triticale variety, Sinkihomil.
R_1~R_2 : Diploid rye varieties, Paldanghomil and Chunchuhomil, respectively.
( ) : Rate of aborted seed set(%). * : Mean±Standard error.

發芽率은 2組合 平均 94%로 나타났다. 그러나 逆交配에서는 八堂호밀과 신기호밀, 春秋호밀과 신기호밀 2組合 共히 전혀 稔實이 되지 않았고 退化된 種子(胚乳 및 胚形成 안됨)만이 34%로 形成되었으나 이들의 發芽率도 0%로 나타났다. 이와같은 結果는 6倍體 트리티케일과 2倍體 호밀의 交配에서 107組合平均 8.7% 最高 24.5%라고 한 Bormotov 等[9] 및 Egorkina[13]의 報告와 類似하다.

2) F_2와 戾交雜에서의 交雜親和性과 交雜種子의 發芽率

신기호밀을 母木으로한 F_1을 自殖시킨 結果(F_2) 표 2에서와 같이 稔實率은 TC/R_1에서 0.46%, TC/R_2에서 0.27%로 2組合平均 0.37%로 매우 낮았고 發芽率은 平均 40.8%를 보였다. 또한 F_1에 신기호밀을 戾交雜했을때는(F_1/P_1) 平均 2.69%, F_1에 호밀을 戾交雜했을때는(F_1/P_2) 平均 5.47%의 交雜率을 보여 F_1/P_1과 F_1/P_2間에 交雜率의 差異를 나타냈고 이때의 發芽率은 平均으로 各各 40.8%, 59.5%, 65.9%를 보여 Abdulaeva[1], Bormotov 등[9], Egorkina[13] 등의 報告와 類似하였으며 單交配에서나 戾交配에서 트리티케일인 신기호밀을 花粉親으로 使用할 境遇、交雜率이 떨어지는 것은 매우 特徵的인 現象으로 볼 수 있다. 이는 트리티케일과 6倍體 밀의 交雜에서도 나타나는 現象인데 아직 그 原因은 밝혀지지 않았으며 子房親의 細胞質과 花粉親의 配偶子間에 나타나는 不和合性으로 推測되고 있다. 즉 胚乳의 게놈 造成이 ABRRR이 될 境遇 胚乳形成에 支障을 招來하여 退化 될수 있는 可能性을 엿볼 수 있다.

Table 2. Crossability and seed germination rate of F_2, F_1/P_1, and F_1/P_2 generations from the cross between hexaploid triticale and diploid rye.

Parents		F_2		F_1/P_1		F_1/P_2	
P_1	P_2	A(%)	B(%)	A(%)	B(%)	A(%)	B(%)
TC	R_1	0.46	57.5	2.95	60.0	5.68	66.7
TC	R_2	0.27	24.0	2.42	59.0	5.25	65.0
Mean		0.37[a]	40.8	2.69[b]	59.5	5.47[c]	65.9

A : Crossability(seed set in F_2).
B : Germination ratio.
TC : Hexaploid triticale variety, Sinkihomil.
R_1~R_2 : Diploid rye varieties, Paldanghomil and Chunchuhomil, respectively.
[a-e] : Number not followed by same letter are significantly different at P=0.05 based on LSD.

2. F_1 植物體의 花粉 稔性

신기호밀이나 2倍體호밀의 花粉은 표 3에서 보는 바와 같이 各各 신기호밀 89.0% 八堂호밀 87.0% 春秋호밀 91.0%가 진하게 染色되어 稔性으로 나타났고 部分的으로 染色되었거나 非正常的인 花粉의 比率은 신기호밀 11.0(7.0+4.0)% 八堂호밀 13.0(5.0+8.0)% 春秋호밀 9.0(1.0+8.0)%로 나타났다. 反面 이들의 F_1花粉을 觀察한 結果 稔性이라고 判定된것이 TC/R_1 18.2% TC/R_2 19.2%에 不過하였고 不稔花粉은 2組合平均 81.3(11.5+69.8)%로 나타났다(사진 1 참조). 이는 稔性이 낮은 原因中의 하나는 活力이 없는 花粉의 生産이 많을 境遇라고한 Bajpai와 Mishra[3]의 報告와 類似하였다.

3. 染色體數의 變異와 交雜 親和性

1) F_1植物體의 花粉母細胞 染色體數變異

6倍體 트리티케일/신기호밀은 표 4(사진 2)에서와 같이 21個의 2價 染色體가 形成되며 이중 ring形態의 2가 染色體는 平均 17.4個로 나타났다. 2倍體 호밀(R_1, R_2)은 兩品種 모두 7個의 2價 染色體로서 ring形態의 2價 染色體는 八堂호밀 6.54 春秋호밀 5.63個로 나타났다. 이들 F_1의 2價 染色體는 TC/R_1에서 6.77 TC/R_2에서 7.10

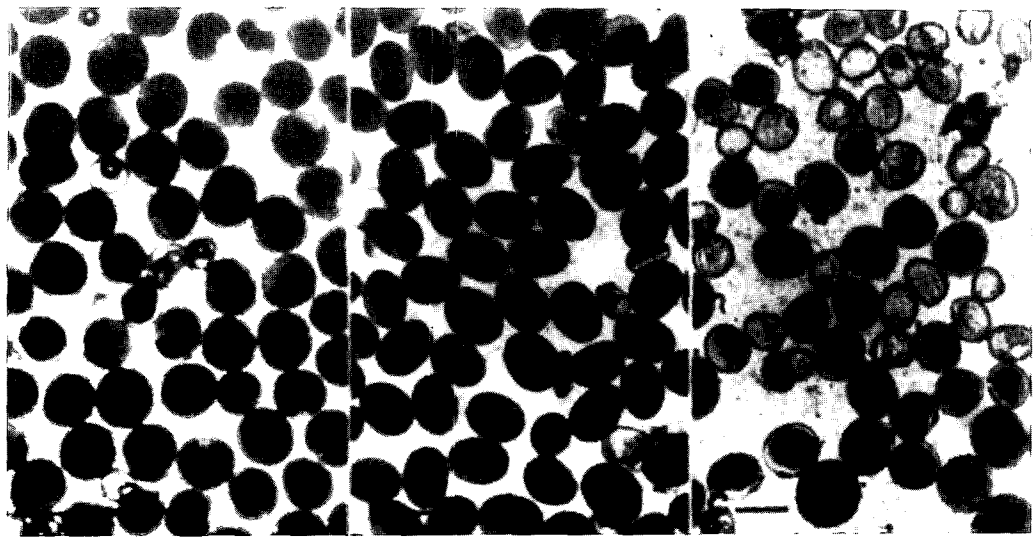


Photo 1. Acetocarmine-stained pollen grains of triticale, rye and their F_1 hybrids.
A : Hexaploid triticale cv. Sinkihomil, B : Diploid rye cv. Paldanghomil, C : F_1 of A and B. Bar represents 10μm.

Table 3. Frequency of normal pollen grains stained with acetocarmine in F_1 plant from the cross between hexaploid triticale and diploid rye.

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
R_1	257	-	-	87.0	5.0	8.0
R_2	343	-	-	91.0	1.0	8.0
Mean	300	-	-	89.0	3.0	8.0
TC/R_1	1893	10.5	7.7	18.2	11.2	70.6
TC/R_2	1613	9.0	10.2	19.2	11.8	69.0
Mean	1753	9.8	9.0	18.7[a]	11.5	69.8[b]

TC : Hexaploid triticale variety, Sinkihomil.
R_1~R_2 : Diploid rye varieties, Paldanghomil and Chunchuhomil, respectively.
[a-c] : Number not followed by same letter are significantly different at P=0.05 based on LSD.

Table 4. Number of Uni-, Bi-, and Trivalent in pollen mother cell of F_1 plant from the crosses between the hexaploid triticale and diploid rye.

Cross	Uni-valent	Bivalent						Tri-valent	Total
		Ring	Range	Open	Range	Sum	(%)		
TC	-	17.40	(15-21)	3.6	(1-6)	21.00	100	-	42.0
R_1	-	6.54	(5-7)	0.46	(0-2)	7.00	100	-	14.0
R_2	-	5.63	(4-7)	1.37	(0-3)	7.00	100	-	14.0
Mean		6.09		0.92		7.00	100	-	14.0
TC/R_1	13.1	3.44	(1-7)	3.33	(2-5)	6.77	48.4	0.45	28.0
TC/R_2	12.0	2.00	(0-4)	5.10	(3-7)	7.10	50.7	0.60	28.0
Mean	12.6	2.72		4.22		6.94	49.6	0.53	28.0

TC : Hexaploid triticale variety, Sinkihomil.
R_1~R_2 : Diploid rye varieties, Paldanghomil and Chunchuhomil, respectively.
( ) : Range

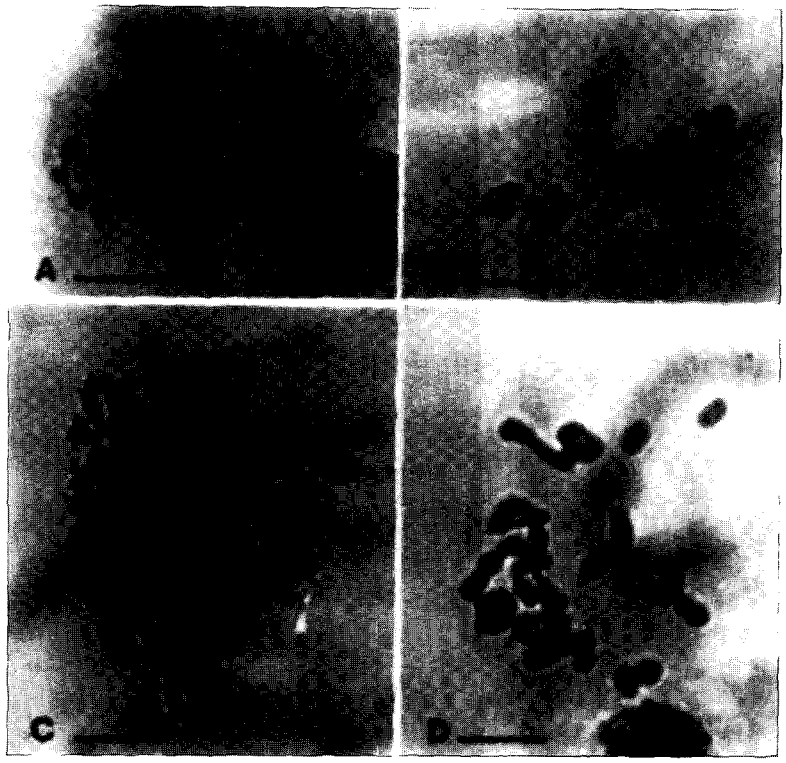


Photo 3. Metaphase I of meiosis of the triticale, rye, and their F_1 hybrids.
A : Hexaploid triticale cv. Sinkihomil showing 21^{II}.
B : Diploid rye cv. Paldanghomil showing 7^{II}(6 rings+1 rod)
C and D : F_1 of the triticale(A) and the diploid rye(B) showing $12^{I}+7^{II}$(5 rings+2 rods), $10^{I}+9^{II}$(4 rings+5 rods), respectively. Two univalents missing in C, presumedly, Bar represents 10μm.

個였으며 ring形態의 2價 染色體는 各各 3.44, 2.00個였다. 1價 染色體는 TC/R_1이 13.1 TC/R_2 12.0個, 3價染色體는 各各 0.45, 0.60個로 나타났다. 이와같은 結果는 트리티케일/호밀의 F_1에서 R게놈이 正常對合, 그리고 A, B게놈은 1價 染色體를 形成한다는 假定을 立證하며 Baum과 Lelley[4], Gupta와 Priyadarshan[17] 등의 報告와 類似하다. 그러나 1價, 2價 및 3價의 染色體數에서 多少의 差異가 있는 것은 A, B 또는 R게놈 染色體들 相互間에 同組性 關係가 成立되고[15,18,34] 있기 때문에 同組染色體間 對合을 抑制하는 優性 遺傳子 Ph_1의 dosage效果로서 組合間 差異를 解釋할 수 있다. 즉 게놈 構成이 變함으로서 同組間 對合이 組合別로 促進 또는 妨害될 수 있기 때문인 것으로 생각된다.

다음으로 2價 染色體 頻度와 키아스마타는 표 5와 같은데 TC/R_1과 TC/R_2에서 2價 染色體의 平均 키아스마타는 7.0으로 나타났으며 2價 染色體의 분포는 5~10個의 範圍를 보였다. 이와같은 結果는 Gupta와 Priyadarsan[17]의 結果와 類似하다.

4. 體細胞 染色體數의 變異

표 6(그림 2 및 사진 3 참조)에서와 같이 F_1의

Table 5. Chiasmata and bivalent frequency in pollen mother cell (PMC) of the F_1 plant from the crosses between hexaploid triticale and diploid rye.

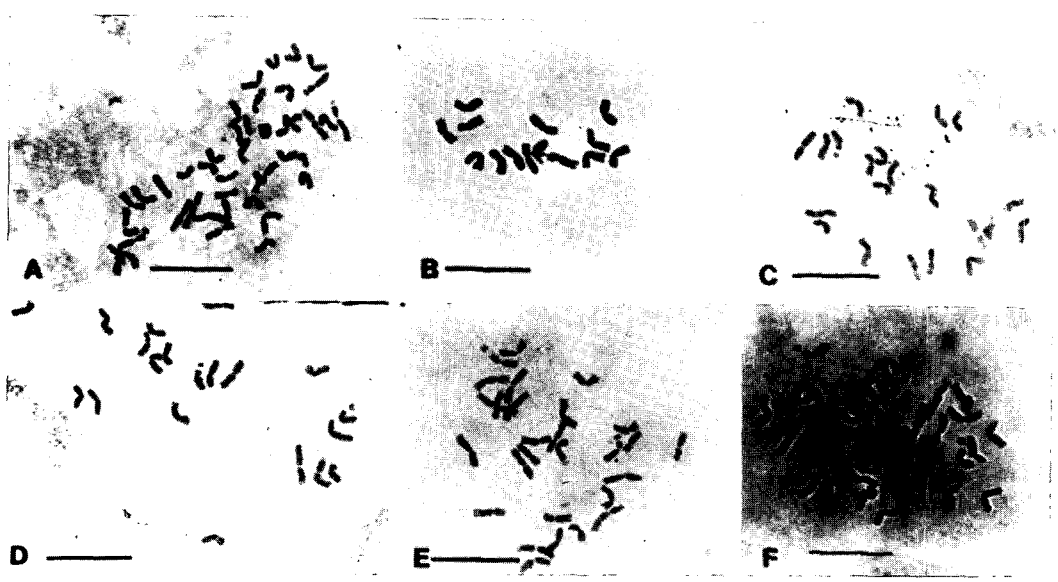
Cross	No. of PMC observed	Chiasmata	Number of bivalent								
			4	5	6	7	8	9	10	11	12
TC/R_1	18	6.8	-	2	6	6	2	2	-	-	-
TC/R_2	30	7.1		4	6	10	4	4	2		
Total	48	7.0		6	12	16	6	6	2		

TC : Hexaploid triticale variety, Sinkihomil.
R_1~R_2 : Diploid rye varieties, Paldanghomil and Chunchuhomil, respectively.

Table 6. Chromosome frequency of the progeny from the crosses between hexaploid triticale and diploid rye.

Parents or crosses	Chromosome number																										NT	CN
	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42		
TC																													15	15	42
R_1	15																													15	14
R_2	15																													15	14
$(TC/R_1)F_1$															15															15	28
$(TC/R_2)F_1$															15															15	28
$(TC/R_1)\ F_2$												1	2	2	5	2	4	-	1											17	28.7
$(TC/R_2)F_2$								1	-	1	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	1									4	24.2
Total								1	-	1	-	2	2	2	5	2	4	-	1	-	1									21	26.5
$TC/R_1//TC$																						1	-	-	3					4	38.0
$TC/R_2//TC$																			1	-	1	2	2	1	-	-	-	-	1	8	40.0
Total																			1	-	1	3	2	1	3	-	-	-	1	12	39.0
$TC/R_1//R_1$	1	-	-	-	-	5	22	13	4	1																				46	20.4
$TC/R_2//R_2$							5	5	5	1																				16	23.2
Total	1	-	-	-	-	5	27	18	9	2																				62	21.8

TC : Hexaploid triticale variety, Sinkihomil.
$R_1 \sim R_2$: Diploid rye varieties, Paldanghomil and Chunchuhomil, respectively.
NT : Number of plants tested. CN : Mean chromosome number.



Phot 3. Acetocarmine-stained mitotic chromosomes of triticale, rye and their progenies.
A : Hexaplod triticale cv. Sinkihomil showing 42 mitotic chromosomes.
B : Diplod rye cv. Paldanghomil showing 14 mitotic chromosomes.
C and D : The triticale/rye//rye(A/B//B) showing 21 and 20 mitotic chromosomes, respectively.
E : F_1 of triticale and rye showing 28 chromosomes.
F : F_2 of triticale and rye showing 30 chromosomes.
Bar represents 10μm.

體細胞 染色體數는 28個로 理論値[1,17,35]와 一致하였으며 F_2의 境遇는 26~30의 範圍가 大部分이고 28個와 30個를 갖는 個體가 많았다. 이 結果도 F_2는 28個가 가장 많으며 F_1과 같은 染色體數의 頻度가 높다고한 Abdulaeva[1]의 報告와 類似하다. F_1/P_1은 35個와 38個를 갖는 個體가 많았고,

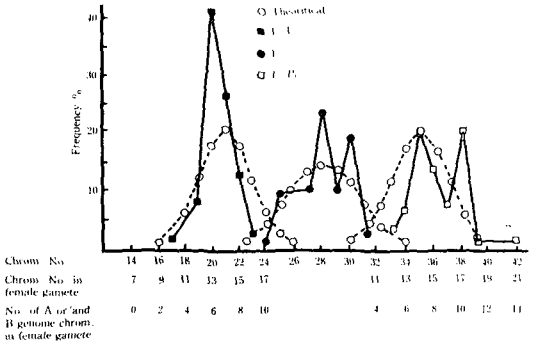


Fig. 2. Chromosome distributions of F_2 and back-cross generations from the cross between hexaploid triticale cv. Sinkihomil and two diploid rye varieties.

F_1/P_2는 大部分 20~21個로 나타났다. 이는 트리티케일/밀의 境遇와 마찬가지로 配偶子의 形成은 random일 수 있으나 接合體의 形成은 選擇的일 수 있는 可能性을 보여준다. 특히 F_1/P_2(F_2/호밀)에서 20~21個의 頻度가 높은 것은 13~14個의 染色體를 갖는 配偶子 形成 比率이 높음을 말해주는 바 이는 Baum과 Lelley[4], Bormotov등[9] 등의 報告와 一致한다. 各 組合을 世代別로 合하였을 境遇 그림 2와 같은데 F_2는 28과 30에서 頻度가 높은 2頂點 形態를, F_1/P_1은 35와 38에서 頂點을 이루는 2頂點 形態를 取하고 있으며, F_1/P_2에서는 20~21에서 높은 頻度를 나타내고 있다. 신기호밀/밀 組合과 마찬가지로 體細胞 染色體數가 random이 아님을 보여주고 있지만 本 實驗의 供試組合 및 個體數가 充分치 않았던 點을 감안할 때 追後 檢討가 要望되며, 配偶子 形成도 random이 아닌지는 역시 더욱 檢討가 要望된다.

摘 要

트리티케일 品種育成의 基礎資料를 提供하기위해, 6倍體 트리티케일인 신기호밀(TC)과 2倍體 호밀 2個 品種 등을 交雜한 雜種 初期世代의 交雜親和性 및 細胞遺傳學的 樣相을 檢討한 試驗結果를 要約하면 다음과 같다.

1. 신기호밀(TC)과 2倍體 호밀의 交雜에서 交雜率은 組合에 따라 39.3~41.6%로, 平均 40.5%로 나타났다. 그러나 이들의 逆交配에서는(2倍體 호밀×신기호밀) 交雜率이 極히 낮았다. 트리티케일/2倍體 호밀의 F_1에 호밀을 花粉親으로 戾交雜(F_1/P_2)했을 때는 平均 5.47%, TC를 花粉親으로(F_1/P_1) 했을때는 平均 2.69%의 交雜率을 보였고, F_2는 0.38%였다.
2. 모든 單交配 F_1 種子의 發芽率은 80% 以上이었으며 F_1/P_2 世代는 平均 65.9%, F_1/P_1은 59.5%, F_2는 40.8%로 世代別로 差異가 있었다.
3. 트리티케일과 호밀의 F_1 花粉 稔性은 平均 18.7%로 나타났다.
4. 트리티케일과 호밀의 F_1에서 1價 染色體 12.6, 2價 染色體 6.94, 3價 染色體 0.53個였다.
5. 트리티케일/호밀(TC/R)에서는 F_1의 染色體數는 28個였고 F_2는 21~34, F_1/P_1은 33~38個의 分布를 보였고 F_1/P_2은 20~21個 染色體를 갖는 個體의 頻度가 높았다.

引 用 文 獻

1. Abdulaeva, A.K. 1983. Stabilization of the karyotype in hybrids of triticale with rye. Nauchno-tekhnicheskil Byulleten'Vsesoyuznogo Ordena Lenina i Ordena Druzhby Narodov. Nauchno-issledovatel'skogo Instituta Rastenievodstva Imeni N.I. Vavilova 129 : 44~48.
2. Badaeva, E.D., N.S. Badeav, U.K. Kurkiev, A.K. Abdulaeva and A.V. Zelenin. 1989. Cytogenetic analysis of tetraploid trtiticales. Sel'skokhozyaistvennykh Nauk Imeni V.I. Leninal : 2~4.
3. *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.
4. Baum, M. and T. Lelley. 1988. A new method to produce 4x triticales and their application in studying the development of a new polyploid plant. Plant Breeding 100 : 260~267.
5. _____, S. Bernard and B. Saigne. 1985. Tetraploid triticales ; investigations on their genome and chromosome constitution. In Genetics and Breeding of triticale 277~287.
6. Benavente, E. and J. Orellana. 1986. Differential anaphase-I behaviour between wheat and rye univalents in Triticale-Wheat hybrid plants.

Genetica 69(3) : 161~166.
7. Bernard, M., G. Charmet and M. Selbi. 1985. Mechanisms leading to hyperploid deviations in F_2 and BC populations from triticale x wheat hybrids. In Genetics and Breeding of Triticale 247~257.
8. Bormotov, V.E., A.M. Shcherbakova and N. I. Dubovets. 1988. Alloplasmic rye in breeding tetraploid triticales. Sel'skokhozyaistvennaya Biologia 6 : 31~35.
9. _____, A.M. Shcherbakova and S.E. Semerikhina. 1985. Producing tetraploid forms of spring triticale. Botanika : Issled 26 : 61~63.
10. _____, _____, _____, N.IN.I. Dubavets and L.A. Solovei. 1986. Using alloplasmic rye in the production of tetraploid triticale froms. Referativnyl Zhurnal 6 : 28~31.
11. Cermeno, M.C., B.Friebe, F.J. Zeller and K. D. Krplow. 1987. Nucleolar competition in different (A/B) (A/B)RR and DDRR tetraploid triticales. Heredity 58 : 1~4.
12. Cunado, N., M.C. Cermeno and J. Orellana. 1986. Interactions between wheat, rye and *Argilops ventricosa* chromosomes on homologous and homoeologous pairing. Heredity 56(2) : 219~226.
13. Egorkina, G.I. 1985. The problem of crossability in breeding triticale. Refeerativnyi Zhurnal 8. 65. 166.
14. 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.
15. Gordei, I.A. and G.M. Gordei. 1987. Genetic compatibility and recombination following the hybridization of triticale with wheat and rye. Genetika 23(1) : 2020~2025.
16. Guedes-Pinto, H. and Mello-Sampayo. T. 1985. Allo-auto-polyploid triticales(AABBRRRR) : I-Origin, behaviour and prospects. In Genetics and Breeding of Triticale 205~213.
17. Gupta, P.K. and P.M. Priyadarshan. 1987. Analysis of meiosis in triticale(X *Triticosecale* Wittmack) x rye(*Secale cereale* L.) F_1 hybrids at three ploidy levels. Theoretical and Applied Genetics 73(6) : 893~898.
18. Gustafson, J.P. and K.D. Krolow. 1978. A tentative identification of chromosomes present in tetraploid triticale based on heterochromatic banding patterns. Can. J. Genet. Cytol. 20 : 199~204.
19. 河龍雄・黃鍾珍・朴武彦・宋賢淑・朴天緖・金泳相・成炳列. 1990. 靑刈飼料用 兩節型 호밀 親品種, 春秋호밀. 農試論文集(田.特作篇) 32(3) : 7~12.
20. 黃鍾珍・安完植・延圭復・成炳列・李鍾昊・李雄稙・曺章煥・金泳相・朴天緖・鄭奎鎔・金鳳淵. 1985. 호밀 靑刈 飼料用 早熟多收性 "八堂호밀". 農試論文集(作物) 27(2) : 156~160.
21. Kurkiev, 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.
22. Larter, E., T. Tsuchiya and L.Evans. 1970. Breeding and cytology of triticale. Third International Wheat Genetics Symposium 213~221.
23. Lee. W.J., J.W. Band and S.R. Chei. 1979. Giemsa C-banding pattern of rye, secale cereale. Korean Journal Botany 22(4) : 101~106.
24. Lukaszewski, A.J. 1982. Transmission of chromosomes through the eggs and pollen of triticale x wheat F_1 hybrids. Theor. Appl. Genet. 63 : 49~55.
25. 松村清二. 1950. コムギの 細胞遺傳と 育種. 養賢堂.
26. _____. 1952. 小麥五倍雜種の 研究. 養賢堂.
27. Melz, G. and R. Schlegel. 1985. Identification of seven telotrisomics of rye(*Secale cereale* L.). Euphytica 34 : 361~366.
28. _____ and _____. 1987. Production and cytogenetical nanlysis of a rye-cytoplasmic tetraploid triticale. Plant Breeding 97 : 200~204.
29. Muntzing, A. 1979. Triticale results and problems. Advances in Plant Breeding Supplement 10.
30. Pfahler, P.L. 1965. *In Vitro* germination fo rye (*Secale cereald* L.) pollen. Crop. Sci. (5) : 597~598.

31. 농촌진흥청. 1983. 농사시험 研究조사기준 제 1판
32. Sabeva, Z. 1983. Genetic and cytological investigations of tetraploid triticale forms. Genetics and Plant Breeding 16(6) : 411~418.
33. _____. 1985. Obtaining and investigation of tetraploid triticale forms. Cereal Research Communications 13(1) : 71~76.
34. Sanchz-Monge, E. and C. Soler. 1974. Wheat and triticale with rye cytoplasm. Fourth Internationsl Wheat Genetics Symposium 387~390.
35. Shchapova, A.I., T.A. Potapova, L.A. Kravtsova and O.M. Numerova. 1984. Karyotype stabilization in intergeneric hybrids of the subtribe Triticinae. I -The effect of genome structure. Theoretical and Applied Genetics 68(4) : 289~296.
36. Shcherbakova, A.M., S.E. Semerikhina and V.E. Bormotov. 1985. Selecting hexaploid recombinants from the aneuploid progeny of 28-chromosome hybrids of triticale and rye. Referativnyi Zhurnal 3. 65. 25.
37. Singh, R.J, and T.Tsuchiya. 1982. An improved Giemsa N-banding technique for the identification of barley chromosome. The Journal of Heredity 73 : 227~229.
38. Skiebe, K. and H. Schreiber. 1985. Genetic and breeding aspects of crossing triticale and rye. Tagungsberich Akademie der Landwirtsch-aftswissenschaften der Deutschen Demokratischen Republik. 237 : 41~46.
39. Surikov, I., U.K. Kurkiev and A.K. Abdulaeva. 1988. Hybrization of triticales and cytogenetic characteristics of F_1 and F_2 hybrids. Genetika 24(9) : 1641~1648.
40. 延圭復・黃鍾珍・成炳列・李鍾昊・許翰淳・金廷坤・金鳳淵・朴天緖・安完植・金泳相・曺章煥. 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.