

## 듀럼밀 3염색체 식물의 형태적 특성

吳世寬\* · 釜野井 正男\*\*

### Morphological Traits of Trisomic Plant in Durum Wheat

Sea-Kwan Oh\* and Masawo Kamanoi\*\*

**ABSTRACT :** The morphological traits of different types of primary trisomics ( $2n=28+1$ ) in durum wheat, *Triticum durum* var. *hordeiforme* ( $2n=28$  AABB) were compared with disomics ( $2n=28$ ) through the examination of reciprocal gene action on the extra chromosomes. However it was not easy to distinguish morphologically the trisomics containing A genome from those containing B genome. These results suggested that the chromosomal location of the major genes for some morphological traits exists on homoeologous chromosome. It is important that these results revealed the homoeology and linkage groups of both A and B genomes in durum wheat. These primary trisomics will be valuable materials for the trisomic analysis and genetic mapping on the chromosome of both A and B genomes in durum wheat. Furthermore, it must be useful for the evolutionary study of *Triticum durum*(AABB) and *Triticum squarrosa*(DD) by way of the ancestor species of *Triticum aestivum*(AABBDD).

**Key words :** Durum wheat, *Triticum durum* var. *hordeiforme*, Morphological traits, Trisomics, Extra chromosome, Dosage effect, Homoeology, Linkage groups.

염색체의 數의 變化에 의해서 얻어진 trisomics 은 각각의 잉여염색체(extra chromosome)에 존재하고 있는 유전자의 상호작용에 의해서 외부형 태적으로 명백한 양적효과(dosage effect)가 인정되기 때문에 형태형질에 관여하는 유전자의 염 색체위치를 비교적 쉽게 동정할 수 있는 장점을 갖고 있는 變異體이다.

이와 같은 양적효과는 한쌍의 相同染色體(homologous chromosome)가 增減된 tetrasomics (四染色體植物) 및 nullisomics (零染色體植物) 인 경우가 더욱 확실하게 나타나지만, 이러한 식물체들은 생육이 불량하고 임성이 매우 낮아 계통 유지가 곤란하기 때문에 생육이 양호하고 稔性이

높은 trisomics이 세포유전학 및 육종학적 연구재 료로 널리 이용되고 있다.

이러한 유전현상을 이용한 유전학적 연구는 1910년대부터 이미 시작되었으며, 특히 세포유전 학적 연구의 시초가 된 것은 *Datura stramonium* 에서 발견된 *Glove*라는 돌연변이체이며<sup>3)</sup>, 이것은 유전자의 변이에 의해서 생긴 것이 아니라, 정상적인 염색체조합(genome)에 완전한 염색체 1 개가 여분으로 존재하는 개체로 밝혀졌을 뿐만 아니라 잉여염색체에 의한 양적효과도 명백하였다. 그 후 이 개체를 Blakeslee<sup>3,4)</sup>는 완전한 염색체 1 개가 잉여된 점을 고려하여 primary trisomics 이 라고 이름을 붙이게 되었는데 이를 계기로 Avery

\* 嶺南農業試驗場(National Yeongnam Agricultural Experiment Station, RDA, Milyang 627-130, Korea)

\*\* 東京農業大學(Tokyo University of Agriculture, Setagaya, Tokyo 156, Japan)

〈'97. 2. 22 接受〉

et al.<sup>2)</sup>은 trisomics에 관한 연구에 박차를 가하게 되었다.

이 후에도 담배<sup>6,11,12)</sup>, 토마토<sup>25)</sup>, 옥수수<sup>7)</sup>, 빵밀<sup>26)</sup>, 호밀<sup>9,13,14)</sup>, 보리<sup>23,28,29)</sup>, 완두<sup>17)</sup>, 벼<sup>16)</sup> 및 라이그라스<sup>1)</sup> 등 다수의 작물에서 trisomics이 육성되어 외부형태학적 연구를 비롯한 다양한 연구가 진행되고 있다.

그러나 trisomics을 유전분석에 까지 이용한 작물은 옥수수, 토마토, 벼 및 보리 등으로 전부가 2배체식물이었다. 왜냐하면 이러한 2배체식물은 한 종류의 genome으로 구성되어 있기 때문에 유사한 행동을 하는 동조염색체(homoeologous chromosome)가 존재하지 않아 한쌍의 상동염색체가 결핍되면 생존할 수 없게 된다. 따라서 한개의 염색체만이 增減되는 정도로도 외부형태에 표현되는 양적효과는 매우 현저할 뿐만 아니라 주요 형질에 관여되는 유전자와 염색체와의 대응관계를 쉽게 구명할 수 있다. 그러나 A, B 및 D 등 3종류의 genome으로 구성된 빵밀과 같은 이질배수성 식물은 동조염색체가 3중으로 존재하기 때문에 1개 또는 2개의 염색체가 증감되는 정도로서는 명료한 양적효과가 나타나지 않기 때문에 trisomics을 이용한 유전분석은 쉽지 않은 것으로 알려지고 있다<sup>26)</sup>. 그렇지만 저자<sup>22)</sup>가 이질4배체인 듀럼밀에서 육성한 trisomics은 외부형태학적으로 정상식물과 相異한 특성을 나타내었을 뿐만 아니라, trisomics 상호간에도 명확히 다른 양적효과가 인정되었다<sup>15,21)</sup>. 따라서 본 연구는 trisomics의 유전현상을 파악하여 듀럼밀의 연관분석에 이용하고자 특정염색체에 존재하고 있는 유전자의 양적효과에 의해 표현되는 외부형태적 특성을 구명할 목적으로 실시하였다.

## 材料 및 方法

공시 재료는 각각의 trisomics을 自殖시켜서 얻은 後代 중 제 1소화 및 제 2소화에 착립된 종자를 무작위로 20립씩 선발하여 사용하였다. Trisomics을 선발하기 위해 종자를 24℃에서 발아시켜 1~2 cm 정도 자란 뿌리를 절단하여 0℃의 얼음

물에서 약 24시간 동안 전처리한 후, 고정액(에탄올 3 : 빙초산 1)으로 고정시킨 根端을 사용하여 염색체수를 확인하였다. 염색체수의 확인은 Fuelgen염색 누름법에 따라 제작된 프레파라트를 광학현미경으로 검경하여 2n=29인 개체만 선발하였다.

외부형태적 특성을 조사하기 위하여 염색체수가 2n=29인 trisomics 개체를 각각의 화분에 한 개체씩 이식하여 재배하였으며, 특성비교를 위해 정상식물(2n=28) 20개체를 동시에 화분에 심어 환경조절이 가능한 온실내에서 재배하였다. 외부형질의 조사시기는 간장 및 잎은 출수 후 성장이 정지된 시기에 실시하였으며, 이삭 및 종자는 완전히 성숙한 후에 다음과 같은 기준에 따랐다.

- (1) 稈長 : 지표면으로부터 이삭목까지의 길이
- (2) 葉長 : 葉耳로부터 잎끝까지를 나타내며, 상부로부터 제 1엽(지엽), 제 2엽으로 함.
- (3) 葉幅 : 잎에서 가장 넓은 부위
- (4) 葉指數 : 엽장/엽폭의 계산치
- (5) 穗長 : 이삭목부터 上部穎花의 끝부분까지의 길이
- (6) 穗軸長 : 이삭의 기부로부터 상부영화의 부착부위까지의 길이
- (7) 小花數 : 1이삭당 小花의 총수
- (8) 穗密度 : (수축장/소화수) × 10의 계산치
- (9) 粒長 : 무작위로 선출한 30립의 기부로부터 先端까지의 길이
- (10) 粒幅 : 종자의 가장 굵은 부분의 넓이
- (11) 粒指數 : 입장/입폭의 계산치
- (12) 粒크기 : 입장×입폭의 계산치
- (13) 100粒重 : 무작위로 100립을 취하여 평량한 수치
- (14) 稔性 : (제 1, 2소화의 착립율/제 1, 2소화의 총수) × 100의 계산치

이상과 같은 형질 이외에 밀납의 농도, 잎의 색, 잎의 형상, 이삭의 형태, 종피색, 종피주름의 유무 및 생육의 우열 등 형질에 대해 3년간에 걸쳐 특성을 조사하였다.

그리고 간장, 제 1, 2엽의 길이와 폭, 수장, 소

Table 1. The morphological traits in primary trisomics of durum wheat, *Triticum durum* var. *hordeiforme*

Homoeologous group	Lines	Morphological traits				
		Leaf	Stem(culm)	Spike	Grain	Others
I	Tri-1A	Tender, pale green		Slightly, dense yellowish	Yellowish, large	
	Tri-1B	Tender, pale green		Slightly, dense yellowish	Yellowish, large	
II	Tri-2A	Slender, longer, drooping, dark green	Slender, longer	Thin & long awn	Smooth	Narrow & dark seedling, deep wax
	Tri-2B	Slender, longer, drooping, dark green	Slender, longer	Thin & long awn	Smooth	Narrow & dark seedling, deep wax
III	Tri-3A	Broad, short, stand erect flag leaf	Thick	Wide, dense	Small, circular	
	Tri-3B			Non-examined		
IV	Tri-4A	Long, wide, tough		Longer, lax	Emaciated, large	Pseudonormal
	Tri-4B	Long, wide, tough	Short	Normality, lax	Small, light brown	
V	Tri-5A	Pale green, white color glumes	Short	Compactoid, short awn	Emaciated, large	Erect habit at seedling stage
	Tri-5B	Pale green, white color glumes	Short	Normal size	Emaciated, large	Erect habit at seedling stage
VI	Tri-6A	Stiff, wide and dark green, upward flag leaf	Short, tough		Small, circled	
	Tri-6B	Stiff, wide, dark green, upward flag leaf	Short, tough		Small, circled	
VII	Tri-7A	Narrow, pale green	Short	Longer awn	Emaciated, large	Dwarf, weakly slow maturity low fertility
	Tri-7B	Narrow, pale green	Short	Longer awn	Emaciated, large	Dwarf, light wax, slow maturity

화수, 수축장, 수밀도, 제 1, 2엽의 지수 등 11개의 형질에 관해서는 형질간의 상관계수를 구하여

多變量解析法에 의해 trisomics의 주성분 분석 및 판별 분석을 실시하였다.

## 結果 및 考察

각 trisomics는 정상식물(disomics)에 비하여 비교적 구별하기 쉬운 정도로 明瞭한 量的 效果가 나타났기 때문에 잉여된 염색체의 고유번호를 인 용해서 Tri-1A, Tri-2A, ----- 및 Tri-7B 등으로 이름을 붙였고, 외부형태적 특성을 조사한 결과를 표 1에 나타내었으며, 각 trisomics별 양적효과를 표 2와 3에 나타내었다.

### 1. 각 trisomics의 외부형태적 특성

#### 1) Homoeologous group I(Tri-1A, Tri-1B)

Tri-1A계통은 간장이 정상식물보다 작고 폭이 좁은 부드러운 잎을 갖고 있으며, 표면에 밀납이 전혀 없는 담록색의 외관을 나타내었다. 출수 직후의 이삭은 청황색을 띄고 小花는 가장 조밀하게 着生하였으며, 성숙된 이삭도 매우 조밀하며 종자는 정상식물의 것보다 크고 등쪽부분에 황색을 나

타내고 있는 것이 특징이었다. 반면에 Tri-1B 계통의 외관은 대부분이 Tri-1A와 거의 같은 특성을 나타내고 있지만, 종자는 작아 중량이 정상식물보다 18% 정도 가벼워져 서로 구별되었다. 따라서 염색체 1A와 1B에는 식물체를 황색으로 발현시키는 유전자가 존재하고 있는 것으로 추측할 수 있었다.

#### 2) Homoeologous group II(Tri-2A, Tri-2B)

이 Tri-2A는 다른 계통이나 정상식물에 비해 유효기때부터 진한 녹색을 띄며 줄기 및 잎이 매우 가늘고 밀납이 연하기 때문에 간단하게 구별되었다. 성숙식물의 경우는 간장이 정상식물보다도 약 10% 정도 커졌을 뿐만 아니라, 잎은 옆에서 보면 V자형으로 오그라 들어 있으며 잎전체가 밑으로 처지고 제 2분얼이 많은 특징을 갖고 있다. 또한 망은 기나 이삭은 작고, 종자는 가늘고 길며 종피에 주름이 전혀 없었다. 그러나 Tri-2B계통은 Tri-2A와 거의 유사하지만 잎의 길이는 짧아 정상식물과 동등한 길이를 나타내어 Tri-2A가 20.1%나 伸長된 점에서 서로 구별되었다. 그리고 이

Table 2. Dosage effect in culm length and leaf traits of trisomics compared with disomics

Homoeologous groups	Lines	Culm length	1st leaf length	1st leaf width	1st leaf index	2nd leaf length	2nd leaf width	2nd leaf index
.....%								
I	Tri-1A	- 9.6	- 6.3	- 1.8	- 4.4	- 8.2	- 2.8	- 5.5
	Tri-1B	-10.8	- 7.2	- 6.0	- 1.0	- 8.4	- 7.8	0.5
II	Tri-2A	9.9	20.1	-22.4	56.4	12.4	-18.9	39.1
	Tri-2B	18.5	4.6	-20.6	31.7	3.0	- 1.8	26.4
III	Tri-3A	1.9	2.4	9.3	- 9.5	-11.3	10.3	-19.0
	Tri-3B	-	-	-	-	-	-	-
IV	Tri-4A	- 2.2	27.5	12.9	14.0	5.9	5.9	10.4
	Tri-4B	-10.8	- 1.1	16.0	-14.5	15.3	15.3	-15.0
V	Tri-5A	-17.7	- 5.0	-10.0	6.3	-11.7	-11.7	12.6
	Tri-5B	-17.6	- 8.2	-13.0	6.0	-10.5	-10.5	8.0
VI	Tri-6A	- 6.2	- 9.1	13.7	-18.7	10.8	10.8	- 4.0
	Tri-6B	- 4.9	- 6.1	1.1	- 4.8	- 1.9	- 1.9	- 5.2
VII	Tri-7A	-10.4	26.4	-18.4	52.8	-13.6	-13.6	35.4
	Tri-7B	- 7.7	19.4	- 6.9	28.7	- 9.4	- 9.4	20.0
Disomics		152.0 cm	27.0 cm	15.9 mm	16.7	33.4 cm	14.9 mm	22.3

Table 3. Dosage effect in spike and seed traits of trisomics compared with disomics

Homoeologous groups	Lines	Spike length	Rachis length	Spikelets no.	Spike density	Seed length	Seed width	Seed index	Seed size	100 grain weight	Fertility
.....%											
I	Tri-1A	- 9.3	-11.1	4.8	18.0	10.7	3.3	- 1.3	6.9	3.9	-19.2
	Tri-1B	-11.6	-14.8	-12.5	8.9	2.1	- 6.3	12.1	- 4.4	-17.7	-22.7
II	Tri-2A	- 3.5	- 6.7	- 7.5	- 0.9	3.0	-12.7	19.3	-10.2	-25.5	-40.7
	Tri-2B	- 2.6	- 2.0	- 8.3	- 5.7	0	- 3.0	4.2	- 3.0	7.1	-51.6
III	Tri-3A	- 8.0	12.3	2.9	17.3	12.3	- 0.2	-11.9	-11.8	-10.2	-29.3
	Tri-3B	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
IV	Tri-4A	20.1	22.2	13.7	- 7.3	0.7	15.0	-12.0	15.9	12.8	-25.3
	Tri-4B	- 0.8	- 2.7	7.0	10.1	- 7.2	- 4.2	- 5.4	- 8.9	-13.4	-26.6
V	Tri-5A	-24.8	-25.0	-13.5	16.1	- 0.4	- 1.2	- 1.1	- 2.0	- 6.6	-35.3
	Tri-5B	0.8	1.0	-10.7	-11.9	5.8	2.6	3.2	8.1	- 4.0	-44.5
VI	Tri-6A	- 8.6	-14.3	- 6.8	11.4	-10.9	6.6	-16.0	- 5.6	- 4.9	-19.6
	Tri-6B	5.3	6.9	7.4	0.8	- 5.0	6.1	- 8.3	0.8	10.4	-17.6
VII	Tri-7A	-12.6	-13.1	-15.6	- 0.4	11.0	3.5	6.9	15.3	11.2	-52.2
	Tri-7B	- 5.5	-14.2	- 9.6	- 1.6	11.8	3.1	8.1	15.0	19.9	-45.2
Disomics		10.2cm	9.1cm	22.5	24.9	7.9mm	3.2mm	2.5	25.8	52.1mg	86.4%

외에 이삭 및 종자의 특성은 서로 흡사하였다.

이와 같은 특성을 다른 식물과 비교검토해 보았더니, 호밀<sup>9,13,14</sup>에서 육성된 trisomics 중 Feeble 및 보리<sup>23,28,29</sup>의 Slender와 특성이 매우 유사하여, 이들 식물에서도 외관이 다소 연약해 보이며 잎과 땅이 매우 가늘면서 길어지는 경향을 나타내었다. 뿐만 아니라 Tri-2A계통의 엽지수가 지엽의 경우는 56.4이었고, 제2엽의 경우에서도 39.1로 매우 가늘어지는 형태의 양적효과가 인정되었다. 또한 땅이 정상식물이나 다른 계통에 비해 상당히 길게 자라는 현상 등을 고려할 때 2A 및 2B염색체상에는 식물체를 가늘고 길게 발현시키는 유전자의 존재가 확실한 것으로 추측되었다.

### 3) Homoeologous group III(Tri-3A, Tri-3B)

Tri-3A의 외관은 정상식물과 대부분 유사하지만 줄기는 매우 굵고 견고하며, 잎은 넓고 직립하는 경향이 나타났다. 이삭은 짧으며 밀도가 17.3% 정도 높아 정상식물보다 조밀하였다. 종자는 둥근 편으로 정상식물보다 11.8% 정도 작아졌을 뿐만 아니라, 다른 trisomics와의 비교에서도 종자가 가장 작은 특성을 나타내었다. Tri-3B의 tri-

somics은 개체 미확보로 특성조사를 못하였으나 Tri-3B와 유사하게 발현될 것으로 추측되었다.

### 4) Homoeologous group IV(Tri-4A, Tri-4B)

먼저 Tri-4A의 식물체는 일반적으로 정상식물과 비슷하게 보이지만 잎은 연녹색이고 엽장은 매우 길고 폭이 넓으며 엽맥은 굵고 견고하다. 이삭은 모든 trisomics 중에서 가장 긴 것이 특징적으로서 정상식물보다 20.1%나 길어졌다. 빵밀<sup>26</sup>에서도 4A염색체가 잉여된 계통에서 유사한 결과가 인정되어 본 염색체에는 이삭의 伸長을 촉진시키는 유전자가 존재하는 것으로 추측되며, 이는 우수한 농업형질에 관계되는 유전자로서 육종학적 연구재료로서의 이용가치가 높을 것으로 사료된다. 종실이 대립이고 종피에 주름이 인정되었으며, 100립중이 58.7mg으로 정상식물에 비하여 12.8% 정도 무거웠다. 반면에 Tri-4B계통의 외부형태적 특성은 Tri-4A와 동등하지만 식물체가 전체적으로 다소 소형이고 수장은 정상식물과 유사하며, 종자는 작고 갈색을 띠는 것이 다수 인정되어 상호간에 구별이 가능하였다.

#### 5) Homoeologous groups V(Tri-5A, Tri-5B)

Tri-5A는 유묘기때의 초형이 직립형이고 담록색을 띠고 있으며, 표 2에서 명백히 알 수 있듯이 성숙식물의 간장이 굵고 정상식물에 비하여 18% 정도나 짧아졌으며, 다른 trisomics과 비교하더라도 잎이 가장 짧아지는 경향을 나타내었다. 이것은 Ryegrass<sup>24)</sup>에서 육성된 Sat 1계통에서도 이와 유사한 특성이 나타나 短性遺傳자가 주로 작용하는 것으로 생각되었다. 그리고 출수 직후의 이삭은 청백색을 띠며 정상식물에 비해 25% 정도 짧아졌고, 망은 짧아 compact형의 특성을 표현하였다. 이와 같은 결과는 빵밀<sup>26)</sup>의 IX(5A)염색체의 양적효과와 같았을 뿐만 아니라, 더구나 Friebe<sup>8)</sup>에 의해 육성된 1립 계밀의 trisomics 중에서 5A염색체를 여분으로 포함하고 있는 계통도 똑같이 compact형의 형질발현이 인정되었다. Sears<sup>26)</sup>에 의해서 빵밀의 5A염색체에 compactoid유전자가 존재하는 것으로 밝혀져 이 유전자에 의해서 식물체가 단축되기 때문에 일명 단성유전자라고 말하고 있다<sup>18)</sup>. 따라서 본 듀럼밀에서도 5A염색체에는 compactoid유전자가 존재하는 것으로 추정할 수 있었다. 그러나 종자는 대립이고 종피에 주름이 많이 인정되었다. 또한 성숙기가 정상식물에 비해 5~7일 정도 빨라지는 조숙성인 특성을 지니고 있었다. Tri-5B의 외관은 동조염색체인 5A가 잉여된 Tri-5A와 구별하기 곤란할 정도로 거의 같았지만, 이삭만은 compact형이 아닌 정상식물과 같은 특성을 나타내어 서로 구별되었다.

#### 6) Homoeologous group VI(Tri-6A, Tri-6B)

Tri-6A는 간장은 정상식물에 비해 다소 작고 줄기는 굵으며, 식물체가 전체적으로 진한 녹색을 나타내었다. 잎은 밀납이 많고 매우 딱딱한 형질이 표현되었으며, 폭이 넓고 길이가 짧다. 지엽은 상방향으로 직립하는 성질이 있다. 이삭은 망이 짧고 매우 조밀한 특성을 갖고 있으며, 종자는 소립이고 둥글다. 반면에 Tri-6B의 trisomics은 Tri-6A보다 잎은 약간 가늘고 길며 이삭도 다소 길다. 특히 종자가 크고 100립중이 53.2mg을 가

르켜 Tri-6A보다 훨씬 무거운 특성을 나타내어 서로 구별되었다. 이러한 특성은 보리의 semi-erect<sup>28,29)</sup>와 유사한 것으로 보아 본 계통의 잉여염색체에는 식물체를 直立化하면서 딱딱한 형질에 관여하는 Ss유전자가 존재하는 것으로 생각할 수 있다.

#### 7) Homoeologous group VII(Tri-7A, Tri-7B)

Tri-7A의 trisomics은 유묘기때부터 생육상태가 불량하고 식물체가 왜소한 특성이 있으며, 성숙식물의 경우는 간장이 작고, 줄기 및 잎은 가늘고 담록색을 띠며 밀납이 적은 것이 특징적이다. 아울러 개화시기가 정상식물이나 다른 trisomics보다 지연되는 특성을 나타내며, 까락은 길고 임성은 매우 낮았다. 종자는 크고 종피가 주름져 있다. 성숙은 정상식물에 비해 숙기가 늦은 만숙형인 것이 특징적이다. Tri-7B에 인정되는 양적효과는 동조군인 Tri-7A계통과 똑같아서 전혀 구별이 되지 않지만 식물체가 전체적으로 밀납이 눈에 띄지 않을 정도로 거의 출현하지 않는 것이 특징이었다.

이와 같은 결과는 맥류의 일종인 보리<sup>23,28,29)</sup> 등과 같은 2배체 식물에서도 같은 결과가 얻어졌을 뿐만 아니라, 1개의 염색체가 첨가됨으로써 외부형태에 미치는 양적효과가 더욱 현저하여 쉽게 구별할 수 있었기에 외부형태적 특성을 살려 Bush, Slender, Pale, Pseudo-normal, Semi-erect 및 Purple과 같은 고유이름을 붙여서 분류할 수 있었다고 하였다.

밀속 중 1립계 밀(2배체)의 trisomics은 정상식물에 비해서 생육이 저조하며, 간장이 작고 분얼이 적으며 잎이 작아지는 등의 명확한 양적효과가 인정되어 각각의 외부형태적 특성에 의해 서로 용이하게 구별되지만<sup>8)</sup>, 빵밀과 같은 이질 6배체 식물에서 육성된 trisomics은 외부형태적으로 나타나는 양적 효과가 거의 없어 상호간에 구별하기가 매우 곤란하였다고 보고하였다<sup>26)</sup>. 이러한 유전 현상이 발생하는 원인으로서 빵밀은 A, B 및 D 등 3종류의 genome으로 구성되어있기 때문에 이질 관계의 배수성이 높아져 동일한 작용을 하는 유전자가 중복되어 있는데다 1개의 염색체가 추가됨

으로서 유전자의 양적효과는 복잡화되어 외부형태로 나타나는 유전적인 영향력이 상대적으로 저하되기 때문이라고 생각되었다.

또한 이질4배체인 듀럼밀에서도 Blanco<sup>5)</sup>와 Simeone 등<sup>27)</sup>은 빵밀의 nulli-tetrasomics를 듀럼밀과 교잡하여 육성된 trisomics 중에서 5A염색체가 잉여된 계통을 제외한 다른 계통은 외부형태적으로 정상식물과는 전혀 구별되지 않았다고 보고하였다. 왜냐하면 이러한 trisomics는 빵밀과의 중간잡종법으로 육성된 trisomics이기 때문에 교잡을 반복하는 도중에 빵밀의 유전자가 혼입되었거나, 염색체 또는 유전자 수준에서 유전적인 변화가 생겨 특정염색체 본래의 유전적 배경이 나타나지 않고 불명확한 양적효과가 인정된 것이 아닌가 라는 생각을 할 수 있었다. 이와 같은 추측은 C-banding법<sup>10)</sup>에 의해서 명백하게 밝혀져 염색체 2A, 3A, 1B, 2B, 5B, 7B, 2D 및 6D 등이 상호간에 부분적인 치환 또는 Univalent의 치환 등 복잡한 내부구조적 변화를 일으킨 것이 확인되었다<sup>27)</sup>. 따라서 그들이 육성한 trisomics는 유전분석 및 연관분석용 소재로서는 부적당한 것으로 생각되었으며, 이 외에도 많은 연구자에 의해 듀럼밀 trisomics에 관한 연구가 실시되어 왔지만<sup>30,31)</sup>, 외부형태적 연구는 미비한 결과에 그쳤다.

상기와 같이 同祖染色體上에 위치하고 있는 유전자의 양적효과가 일치하지 않는 경우가 있는데 이것은 서로 다른 기원종으로부터 진화되어 형성된 식물이기 때문에 나타나는 현상으로 여겨져 앞으로 듀럼밀의 種分化를 검색하는 데에 trisomics이 유용하다는 것을 시사하고 있다.

이러한 trisomics의 외부형태적 형질에 나타나는 양적효과를 이용해서 Tsuchiya<sup>28,29)</sup>는 보리의 7가지 종류의 trisomics를 교배모본으로 하여 9개의 표지유전자에 관해서 homo형인 4개의 테스트를 교배하여 얻어진 후대의 형질간의 분리비를 조사하여 유전자분석을 실시하였더니 Bush계통에는 *Nn*, *Brbr* 및 *Fctc*의 유전자가 존재하고 있는 것으로 밝혀졌으며, Slender에는 *Vv*유전자가, Pale에서는 *Uzuz*유전자가, Pseudo-normal에는 *Bb*유전자가, Semi-erect에는 *Ss*유전자가 존재하고 있는 것으로 명백하게 동정되었다. 이와 유사

한 결과는 호밀<sup>9,13,14)</sup>에서 육성된 trisomics에서도 보고되어 특징적인 형질에 의해 7가지의 형태로 쉽게 구별지을 수 있었다고 기술하였다. 이러한 결과는 본 듀럼밀의 trisomics분석에 의한 유전분석의 가능성이 시사된 것으로 생각되었다.

Tsunewaki<sup>30)</sup>와 Mochizuki<sup>19,20)</sup>는 듀럼밀에서 육성된 monosomics(一染色體植物)의 평균적인 種子稔性は 평균 16.06%로 매우 낮았지만 외부형태로 나타나는 양적효과는 명백하였다고 보고하였다. Monosomics는 정상염색체가 1개 결실되어 있는 變異體이기 때문에 같은 작용을 하는 1쌍의 유전자가 없어진 것으로부터 trisomics와는 정반대의 양적효과를 기대할 수 있다. 예를 들면 2A염색체를 결실하고 있는 Mono-2A계통은 간장이 정상식물에 비해 반 정도로 작았고, 이삭은 크고 잎은 넓으며, 줄기는 굵은 형질을 나타내었다고 보고하였다<sup>20)</sup>. 또 염색체 5A가 결실된 계통은 간장이 매우 크며 가늘고 긴 speltoid형의 이삭을 갖고 있으며, 줄기가 가늘고 성숙기가 다소 빠른 특성을 보유하고 있다고 기술하였다. 이와 같이 monosomics에 발현되는 형질은 trisomics에 발현되는 형질과는 반대의 양상으로 표현되는 점도 본 연구에서 처음 밝혀진 것으로 생각되었다.

따라서 앞으로 듀럼밀을 구성하고 있는 A 및 B genome의 각 염색체상에 존재하고 있는 유전자 중에서 외부형태적 형질에 관여하는 주동유전자는 trisomics를 이용하면 보다 쉽게 동정할 수 있는 것으로 시사되었다. 또한 몇몇개의 형질이 1개의 염색체에 의해서 순차적으로 발현되는 것으로 밝혀진 본 결과는 지금까지 분석되지 않았던 듀럼밀에 관한 연관군의 해명에 대한 가능성을 보여준 것으로서 중요시된다.

## 2. 다변량해석에 의한 trisomics의 판별

稈長, 第1葉長, 第1葉幅, 第2葉長, 第2葉幅, 穗長, 小穗數, 穗軸長, 穗密度, 第1葉指數 및 第2葉指數 등 11형질에 관해서 형질간의 상관분석을 실시한 결과를 표 4에 나타내었다. 표 4를 보면 알 수 있듯이 대부분의 형질사이에서 높은 상관이 인정되어 1 또는 5% 수준에서 유의한 것으로 판단

**Table 4.** The correlation coefficients among 11 traits of durum wheat trisomics

Traits	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1. Culm length	-									
2. 1st leaf length	0.13	-								
3. 1st leaf width	0.26	-0.12	-							
4. 2nd leaf length	0.24	0.84**	0.05	-						
5. 2nd leaf width	0.27	-0.31*	0.86**	-0.14	-					
6. Spike length	0.62**	0.44*	0.50**	0.53**	0.39*	-				
7. No. of spikelets	0.39*	-0.12	0.75**	0.09	0.68**	0.68**	-			
8. Rachis length	0.54**	0.39*	0.46**	0.49**	0.31*	0.92**	0.72**	-		
9. Spike density	-0.10	-0.61**	0.38*	-0.48**	0.43*	-0.32*	0.38*	-0.40*	-	
10. 1st leaf index	-0.41*	0.51**	-0.81**	0.23	-0.83**	-0.30	-0.67**	-0.24	-0.59**	-
11. 2nd leaf index	-0.22	0.61*	-0.68**	0.51**	-0.86**	-0.13	-0.58**	-0.09	-0.64**	0.90**

\* and \*\*, significant at the 5% and 1% levels, respectively.

**Table 5.** The eigenvectors of principal component analysis(PCA) in 11 morphological traits of durum wheat trisomics

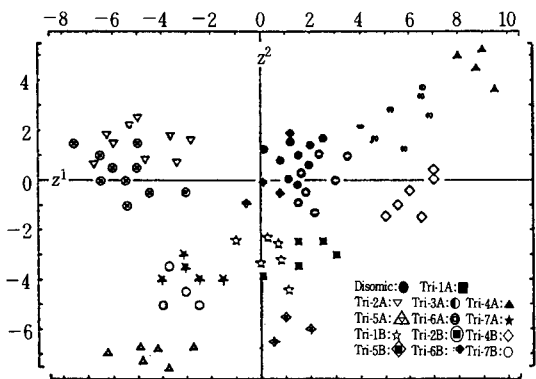
Traits	z1	z2	z3
Culm length	0.101	0.222	0.703
1st leaf length	0.481	0.163	-0.205
1st leaf width	-0.280	0.323	-0.209
2nd leaf length	0.445	0.219	-0.201
2nd leaf width	-0.337	0.253	-0.051
Spike length	0.103	0.588	-0.103
No. of spikelets	-0.201	0.400	-0.034
Rachis length	0.076	0.493	-0.091
Spike density	-0.347	-0.161	0.021
1st leaf index	0.523	-0.092	0.004
2nd leaf index	0.524	-0.042	-0.078
Eigenvalue	5.11	3.47	1.18
Proportion(%)	42.37	28.96	12.23
Cumulative(%)	42.37	71.33	83.56

되었다. 따라서 이러한 상관계수를 인용하여 주 성분분석을 실시하였다.

표 5를 보면 알 수 있듯이 엽지수(엽장/엽폭)가 제 1주성분으로 추출되어 42.37%를 차지하였고, 수장이 제 2주성분으로서 38.96%를 나타내었으며, 그리고 간장이 제 3주성분으로 12.23%로서 추출되어, 제 3주성분까지의 누적기여율이 83.56%를 나타내 신뢰성 있는 결과가 얻어졌다.

또한 제 1주성분과 제 2주성분을 요인으로 하여 실시한 판별분석 결과에 의해 얻어진 2차원적

산포도(그림 1)에서도 명백하게 알 수 있듯이, Homoeologous groups 중에서 Tri-1A와 Tri-1B의 계통간에서 5.9%의 오판별율을 가르쳤고, Tri-2A와 Tri-2B 사이에서 8.9%를, 그리고 Tri-7A와 Tri-7B 사이에서는 7.4% 정도의 수준에서 높은 誤判率을 나타내어 서로 구별하기 어려운 것으로 판단되었다. 즉 이것은 듀럼밀은 A와 B 2종류의 genome에 의해서 구성된 이질4배체이기 때문에 양쪽의 genome 중에는 유전적으로 같은 작용을 하는 동조유전자가 존재하고 있는 것으로 시사되는 것이며, 이러한 유전현상이 밝혀짐에 따라 현재까지 분석되지 못했던 듀럼밀에서의 A 및



**Fig. 1.** Scattered diagram of 1st( $z_1$ ) and 2nd( $z_2$ ) canonical variable obtained from discriminant analysis on 11 morphological traits of disomics and trisomics in durum wheat.



B genome간의 동조성이 처음 명백히 밝혀진 것으로 생각된다. 그 외의 계통간에는 1% 미만의 오판별율을 나타내어 서로 쉽게 구별되는 유의한 결과로 판별되었다.

결론적으로 본 연구 결과에 의해서 듀럼밀 trisomics의 외부형태적 특성은 A와 B의 양쪽 genome에 속하는 동조염색체군과 함께 유사하게 표현되었기 때문에 genome의 동조성이 명백하게 밝혀진 것으로 생각되었다. 그러나 잎, 이삭 및 종자 등의 섬세한 형질을 좀더 세밀하게 분석해 보면 동조염색체간에서도 서로 다른 차이점을 발견할 수 있었고 유전자 중 일부는 genome간에 相異한 형질을 표현하는 것으로 밝혀졌다. 아울러 듀럼밀의 trisomics는 빵밀과 달라서 잉여염색체에 존재하는 유전자의 상호작용에 의해서 외부형태적 형질에 명백한 양적효과가 인정되었을 뿐만 아니라, 각각의 계통을 서로 쉽게 구별할 수 있었던 점은 빵밀에 대한 先祖種을 탐색하는 비교유전분석 연구에 도움을 줄 것으로 사료된다. 아울러 이러한 양적효과는 외부형태적 형질발현을 지배하는 주동유전자를 표현형으로 하여 연관군을 해명할 수 있는 가능성을 보여준 것으로서 중요하다고 할 수 있다. 따라서 유용한 농업형질에 관여하는 유전자의 연관분석 및 염색체지도(유전자지도)의 작성을 위해서는 trisomics이 매우 유용하다는 것이 본 연구 결과에 의해서 밝혀진 것으로 보아 금후 이에 관한 세포유전학적 연구가 기대된다.

## 摘 要

듀럼밀(*Triticum durum* var. *hordeiforme*  $2n=28$  AABB)에서 trisomics( $2n=28+1$ )을 육성하여 외부형태적 형질에 발현되는 양적효과를 조사하였다. Trisomics는 각각의 잉여염색체에 존재하는 유전자의 상호작용에 의해서 외부형태적 형질에 정상식물과 명백히 相異한 양적효과를 나타내었다. 그러나 A 및 B의 양 genome에 속하는 동조염색체간에는 서로 유사한 특성을 나타내어 상호 구별짓기가 매우 어려웠다. 이와 같은 현상으로부터 몇몇의 외부형질에 관여하는 주동유

전자의 염색체위치는 동조염색체상에 존재하고 있음이 시사되었으며, 이들은 같은 역할을 하는 동조유전자인 것으로 밝혀졌다. 따라서 듀럼밀의 동조성 및 연관군이 동시에 해명된 것으로 보여지며, 본 trisomics는 밀속의 A 및 B genome의 각각의 염색체에 관한 유전분석 및 유전자지도 작성을 위한 연구재료로서 유익할 것이다. 또한 빵밀(*Triticum aestivum* AABBDD)의 선조종인 듀럼밀(*T. durum* AABB)과 타루호밀(*T. squarrosa* DD)의 진화과정 및 비교유전분석상 매우 중요한 소재로서 이용될 것이다.

## LITERATURE CITED

1. Ahloowalia B.S. 1972. Trisomics and aneuploids of ryegrass. *Theoretical and Applied Genetics* 42:363-367.
2. Avery A.G and Blakeslee A.F. 1948. Effect of extra chromosome on shape of stigma of *Datura stramonium*. *Genetics* 33:603(Abst.).
3. Blakeslee A.F. 1921. The glove mutant in the Jimson Weed(*Datura stramonium*). *Genetics* 6:241-264.
4. \_\_\_\_\_. 1927. The chromosomal constitution of nubbin, a compound ( $2n+1$ ) types in *Datura*. *Proc. Nat. Acad. Sci.* 13:79-85.
5. Blanco A, Simeone R, Tanzarella O.A and Giorgi B. 1978. Production of trisomics in *Triticum durum* Desf. by the conversion technique. *Caryologia* 31(4):487-491.
6. Clausen R.E and Goodspeed T.H. 1924. Inheritance in *Nicotiana tabacum*, IV. The trisomic character, enlarged. *Genetics* 9:181-197.
7. Einset J. 1942. A cytological and genetic study of primary trisomic types in *Zea mays*. *Abst. Thes. Cornell Univ.* pp. 61-362.

8. Friebe B, Kim N.-S, Kuspira J and Gill B. S. 1990. Genetic and cytogenetic analysis of the A genome of *Triticum monococum*. VI. Production and identification of primary trisomics using the C-banding technique. *Genome* 33:542-555.
9. Fujigaki J and Tsuchiya T. 1988. Establishment of complete set of seven primary trisomics in an inbred rye line, *Secale cereale* L. 7th International Wheat Genetics Symposium(Cambridge England):271-274.
10. Gill B.S, Friebe B and Endo T.R. 1991. Standard karyotype and nomenclature system for description of chromosome bands and structural aberrations in wheat(*Triticum durum*)'. *Genome* 34: 830-839.
11. Goodspeed T.H and Avery P. 1939a. Trisomic and other types in *Nicotiana sylvestris*. *J. Genetics* 38:381-458.
12. \_\_\_\_\_ and \_\_\_\_\_. 1939b. The twelfth primary trisomic types in *Nicotiana sylvestris*. *Proc. Nat. Acad. Sci. Wash.* 27:13-14.
13. Kamanoi M and Jenkins B.C. 1962. Trisomic in common Rye, *Secale cereale* L. *Seiken Ziho* 13:118-123.
14. \_\_\_\_\_ and \_\_\_\_\_. 1974. Studies on the trisomic common rye, *Secale cereale* L. (1) Their occurrence and morphological characteristics. *J. Agri. Sci. Tokyo Nogyo Daigaku* 19(3,4):198-208.
15. \_\_\_\_\_ and Oh S.K. 1991. Studies on the trisomics of durum wheat, *Triticum durum* var. *hordeiforme*, II. On the morphological characteristics in durum wheat trisomics. *Japan J. Breed.* 41(2):374-375.
16. Kush G.S, Singh R.J, Sur S.C and Librojo A.L. 1984. Primary trisomics of rice: Origin, morphology, cytology and use in linkage mapping. *Genetics* 107: 141-163.
17. Kumar H, Mercykutty V.C and Singh R. M. 1987. Interchange trisomics in Pea. *Cytologia* 52:207-211.
18. McIntosh R.A. 1983. A catalogue of genes symbols for wheat. *Proc. 6th Intern. Wheat Genetics Symposium(Kyoto):*1197-1254.
19. Mochizuki A. 1968a. Production of monosomic in durum wheat. *Wheat Inf. Serv.* 26:8-10.
20. \_\_\_\_\_. 1968b. The monosomics of durum wheat. 3th I.W.G.S. 310-315.
21. Oh S.K and Kamanoi M. 1989. On the trisomic plants in Emmer wheat, *Triticum durum* var. *hordeiforme*. *La Kromosomo. II* -53:1763(Abst.).
22. \_\_\_\_\_ and \_\_\_\_\_. 1992. Identification of extra chromosomes of the primary trisomics in durum wheat, *Triticum durum* var. *hordeiforme* by Wright C-banding technique. *Cytologia* 57:491-499.
23. Ramage R.T. 1955. The trisomics of barley. Ph. D Thesis Minesota Univ.
24. Rajhathy T. 1975. Trisomics of *Avena Strigosa*<sup>1</sup>. *Can. J. Genet. Cytol.* 17:151-166.
25. Rick C.K, Dempsey W.H and Khush G.S. 1964. Further studies in the primary trisomics of tomato. *Can. J. Genet. Cytol.* 6:93-108.
26. Sears E.R. 1954. The aneuploids of common wheat. *Missouri Agri. Exp. St. Res. Bull.* 572:1-58.
27. Simeone R, Blanco A and Giorgi B. 1983. The primary trisomics of durum wheat (*Triticum durum* Desf.). 6th I.W.G.S (Kyoto):1103-1107.
28. Tsuchiya T. 1956. Studies on the relat-

- ionships between chromosomes and genetic linkage groups in trisomic barley. Japan J. Genet. 31:313-314.
29. \_\_\_\_\_, 1959. Genetic studies in trisomic barley. I. Relationships between trisomics and genetic linkage groups of barley<sup>1,2)</sup>. Japan J. Bot. 17(1):14-28.
30. Tsunewaki K. 1964b. Transmission of monosomes and trisomes in an Emmer wheat, *Triticum dicoccum* var. *khapli*. Wheat Inf. Serv. 17-18:34-35.
31. Wagner M,N and Mello-sampayo T. 1966. Aneuploids in durum wheat<sup>1</sup>. Hereditas (suppl.) 2:382-392.