

초파리 자연집단의 P 전이인자에 대한 계통형 분포와 기능에 관한 연구

김지식¹ · 권도형 · 추종길

중앙대학교 이과대학 생물학과, ¹군산대학교 자연과학대학 생물학과

두 지역에서 채집한 초파리 자연집단에 대하여 난소발생이상 실험에 의한 P 인자 활성과 세포질형을 분석하여 P 전이인자의 계통형을 조사하였다. 전체 238 isofemale line을 조사한 결과 strong P와 true M은 존재하지 않았고, Q(weak P)와 M'(pseudo M) strain이 전체의 98.74%를 차지하여 가장 우세하게 분포하고 있었다. P π 25.1 probe를 이용한 *in situ* hybridization을 행하여 P 전이인자의 copy수를 조사한 결과 평균 42.12개로 나타났으며, Q와 M'의 계통형간에 유의적인 차이는 없었다. 그러나 염색체 arm당 copy수는 X염색체가 상염색체의 좌·우 각 arm보다 다소 높게 분포하고 있었고, 염색체상 P 전이인자의 삽입부위에 대한 특이적 좌위는 존재하지 않았다. P 전이인자의 분자구조에 대한 변이형을 조사하기 위하여 southern blot hybridization을 행한 결과 2.9kb의 완전한 크기의 분자를 포함하여 여러종류의 단편들이 확인되었다. 조사한 모든 isofemale line에서 KP(1.15kb)인자를 포함하고 있었으며, 이들 KP인자가 P-M system의 난소발생이상을 표현하는데 있어 억제적 작용을 하는 것으로 판단되었다.

KEY WORDS: P Transposable Element, Strain Type, Copy Numbers, KP Element, *Drosophila melanogaster*

초파리(*Drosophila melanogaster*)의 특정 계통간 교배에서 나타나는 잡종발생이상(hybrid dysgenesis)은 1976년 Kidwell과 Kidwell에 의하여 최초로 발견된 것으로, 초파리의 모든 계통은 P인자의 활성화에 관여하는 두가지 특성, 즉 부계(paternal)의 요인인 P factor activity와 모계(maternal)의 요인인 cytotype의 범위에 의하여 계통형(strain type)을 확인할 수 있다. 이러한 P-M system의 교배실험을 통하여 전세계의 초파리 자연집단에 대한 계통형이 밝혀져 왔다. 그 결과 전 세계 대부분의 자연집단의 초파리가 P 전이인자를 보유하고 있으며, P-M system에 의한 계통형의 분포에 있어서 지역간의 차이가 있음을 알 수 있었다. 미국과 중앙 아프리카 그리고 동부 오스트레일리아의 초파리 자연집단의 계통형은 P와 Q계통이 우세하게 분포되어 있으며, 중앙 아시아 및 일본지역은 Q와

M'계통이 우세하게 분포되어 있음이 보고되어 있다(Kidwell *et al.*, 1983; Iwano *et al.*, 1984; Yamamoto *et al.*, 1984; Anxolabéhère *et al.*, 1985; Boussy *et al.*, 1988). 한국 초파리 자연집단의 P-M system에 의한 계통형분석은 최근에 많은 연구가 보고되어 왔으나 아직까지 strong P와 true M은 보고된 바 없으며, 극 소수의 moderate P 계통을 제외하면 대부분이 Q(weak P)와 M'(pseudo M)계통이 우세하게 분포하고 있었다(Paik, 1989; Choo *et al.*, 1990; Han *et al.*, 1992; Sung and Kim, 1993).

O'Hare와 Rubin(1983)은 초파리의 잡종발생이상을 일으키는 P element는 전체 2907bp의 길이를 가지면서 양 말단에 31bp의 역반복 염기서열이 존재하고 있으며, O'Hare 등(1992)은 이러한 완전한 크기의 P 인자는

87KD의 transposase를 만들어 M cytotype에 영향을 미치는 것으로 보고하였다. 또한 Jackson 등(1988)에 의하여 P 인자의 부분적 결실에 의한 defective form인 1154bp의 KP element가 확인되어 최근 이들이 잡종발생이상에 미치는 유전적 효과에 대하여 많은 관심이 기울어지고 있다.

P-M system의 교배실험에서 잡종의 난소발생이상은 완전한 크기의 P 인자의 존재에 의하여 일어나는 현상이므로 이들 P 인자에 대한 genome DNA상의 존재여부와 copy수, 그리고 염색체상의 삽입부위 등에 대한 연구가 이루어져 왔다. 초파리의 genome에 일반적으로 널리 분포되어 있는 전이성인자로서 copia group에 속하는 약 20여 종류가 알려져 있고, 이외에 P 인자를 포함하여 *hobo*, *pogo*, FB, HB element 등이 존재하며(Potter, 1982), 이들 전이성인자들이 초파리의 전체 genome DNA량의 약 10%를 상회하는 것으로 알려져 있다. 최근 *in situ* hybridization 기법을 이용하여 이들 전이성인자들의 copy 수를 조사한 결과 P element의 경우 약 30-50 copy(ToDo *et al.*, 1984, Ronssey and Anxolabéhère, 1986, Han *et al.*, 1992)가 전체 염색체상에 random하게 존재하고 있다. Bingham 등(1982)은 Q 계통에 있어서 strong P 계통보다는 적은 수의 P 인자를 포함하면서, 많은 수의 KP 인자를 가지고 있음을 보고한 바 있다. 최근에 이들 KP 인자는 전 세계의 초파리 자연집단에서 발견되어지는 분자구조로서, 이들이 완전한 P 인자와 공존하면서 P 인자의 기능을 저해하는 효과가 있음을 시사하고 있다(Gordon *et al.*, 1986; Boussy *et al.*, 1988).

본 연구는 국내의 두 지역에서 채집한 초파리를 대상으로 P-M system에 의한 계통형 분포를 조사하고, 국내 자연집단에서 가장 우세하게 존재하는 Q와 M' 계통형에 대하여 염색체 DNA에 존재하는 P element의 copy수를 P π 25.1 probe를 이용하여 분석하고, 또한 KP 인자의 분포와 기능을 조사하였다.

재료 및 방법

P-M system의 난소불임 test에 의한 계통형 분포

본 실험에 사용한 초파리 자연집단은 1993년 가을 전라북도 군산과 경기도 안양지역의 과수원에서 다량의 초파리(*Drosophila melanogaster*)를 채집하여, 각각 101 line과 137 line의 isofemale line을 만들어 사육실의 조건(25 \pm 1 $^{\circ}$ C, 약 70%의 습도, 12L/12D)에서 유지하면서 실험에 사용하였다. 각 isofemale line의 암컷 세포질형(cytype)을 조사하기 위한 표준 strong P 계통은 Harwich를 사용하였고, 수컷의 P 인자 활성(P factor activity)을 조사하기 위한 표준 true M 계통은 Canton-S를 사용하였다. 이들 표준계통들은 1993년 6월에 DIS stock center의 R. C. Woodruff교수로부터 분양받아 계통을 유지하고 있다.

자연집단에서 채집한 각 isofemale line의 P 인자활성도(P factor activity)는 검정대상 초파리의 수컷과 Canton-S 암컷을 교배하여(cross A), 29 $^{\circ}$ C에 처리한 후 이들의 F₁ 암컷을 해부하여 난소의 발생이상 여부를 조사하였다. 약 100여마리의 암컷을 조사하여 F₁의 불임율이 10%를 기준으로 하여 그 미만일 경우 검정대상 초파리 수컷의 P 인자의 활성도가 낮은 것으로, 그리고 10% 이상일 경우 활성도가 높은 것으로 판정하였다. 한편, P 전이인자를 수용하는 암컷의 세포질형(cytype)은 검정대상 초파리의 암컷과 Harwich 수컷을 교배하여(cross A*) F₁ 불임이 높을수록 M cytotype에 가깝고, 낮을수록 P cytotype에 가까운 line으로 판정하였다.

Cross A와 cross A*의 불임율을 가지고 Kidwell(1983)이 제시한 기준에 따라 각 isofemale line의 계통형(strain type)을 결정하였다. Cross A의 불임율이 81% 이상이고 cross A*의 불임율이 10% 미만일때 strong P로 판정하였고, cross A가 0이고 cross A*가 100%일때 true M, 그리고 이들의 중간 계통형으로 cross A가 0 이상이며 cross A*가 100%

이하일 경우 M' (pseudo M), cross A가 10% 미만과 10-80% 범위 이면서 cross A*이 10% 미만일 경우 각각 Q(weak P)와 P(moderate)로 판정하였다

P 전이인자의 염색체상의 분포

군산과 안양 초파리 자연집단에 대하여 P-M system에 의한 계통형분석 결과 가장 우세하게 분포되어 있는 Q와 M' 계통을 각각 10개 line씩 택하여 *in situ* hybridization 방법으로 염색체 DNA에 삽입되어 있는 P 전이인자의 copy수와 이들이 분포되어 있는 위치를 각 염색체 arm별로 조사하였다. 실험에 사용된 probe는 P π 25.1(Rubin and Spradling, 1982)을 사용하였고, alkaline lysis method에 의하여 plasmid를 분리하였다(Maniatis *et al.*, 1982). 또한 비방사선 DNA probe를 이용한 DNA detection system인 Chemiprobe Kit (Takara, Japan)를 이용하여 초파리의 타선염색체에 hybridization시켜 homology를 나타내는 site를 확인하였다.

P 전이인자의 분자구조

P-M system의 잡종발생이상 실험에서 Q와 M' 계통에 대하여 genome DNA에 분포되어 있는 P 전이인자의 분자구조를 확인하고, 이들이 P 인자 활성도와 세포질형과의 기능적상관을 알기 위하여 southern blot hybridization 실험을 행하였다. 실험에 사용한 probe는 P π 25.1을 사용하였고, plasmid의 분리는 alkaline lysis

법에 의하였다. 전 과정의 실험은 Woodruff (1987)의 방법에 따랐다. Genomic DNA의 digestion은 AvaII를 사용 하였으며, transfer 한 membrane은 prehybridization solution에서 42°C조건에서 4시간 처리하였고, hybridization solution에서 20시간 이상 처리하였다. Membrane을 streptavidine-alkaline phosphatase에 30분간 incubation 한 후 dye solution에 처리하여 band가 확인되면 수세하여 보관하였다.

결과

초파리 자연집단의 P 전이인자의 계통형분포

군산과 안양 자연집단에서 채집한 각각 101 line과 137 line의 isofemale에 대하여 수컷의 P 인자 활성도를 분석하기 위한 P-M system의 cross A의 결과는 Table 1과 같다. 군산과 안양의 양 지역에서 cross A의 불임율이 10% 미만의 경우가 각각 97.3%와 96.53%로 나타나 절대 다수의 개체가 낮은 불임율을 보여주어 P 인자의 활성이 매우 낮게 나타났다. 11% 이상에서 60%미만의 불임율을 나타내는 개체는 양 집단 전체 238 line중에서 불과 8 line에 지나지 않았다. 실험결과로 보아 이들 양 집단에는 strong P에 해당되는 line은 존재하지 않고 있음을 알 수 있다.

한편, 두 집단의 전체 238 isofemale line에 대한 암컷의 세포질형을 조사하기 위한 P-M

Table 1. Frequency distribution of percent gonadal sterility for the P-factor activity (cross A).

Sterility (%)	Gunsan		Anyang		Total	
	No. of lines	%	No. of lines	%	No. of lines	%
0-10	98	97.03	132	96.53	230	96.64
11-20	1	0.99	3	2.19	4	1.68
21-30	2	1.98	1	0.73	3	1.26
41-50	-		-		-	
51-60	-		1	0.73	1	0.42
61-100	-		-		-	
Total	101		137		238	

system의 cross A*의 결과는 Table 2와 같다. 군산집단의 경우 10% 미만과 11-20%의 불임율을 나타낸 line이 각각 35.64%와 16.84%를 나타내어 전체의 절반을 차지하였고, 21%이상 100%의 각 단위의 불임율도 2-12%의 범위로 고르게 분포하고 있었다. 안양집단의 경우는 10%미만의 불임율이 전체의 37.96%로 가장 높게 나타났으며, 11% 이상 100%의 각 단위에서 4-9%의 범위로 고른 분포의 불임율을 보여주었다. 실험결과 P cytotype이 비교적 높게 분포하고 있으며 Q와 M' 및 M cytotype이 넓게 존재하고 있어 세포질형의 polymorphism이 높음을 알 수 있다.

P-M system의 cross A와 cross A*의 불임율(gonadal dysgenic sterility)을 가지고 Kidwell(1983)의 계통형 분류기준에 따른 두

집단의 계통형의 분포는 Table 3과 같다. 두 집단 모두 strong P와 true M 계통형은 전혀 존재하지 않았다. moderate P 계통형은 두 집단 전체 238 line중 1.26%(3 lines)로 매우 낮은 분포를 보여주었다. Q(weak P) 계통형은 군산과 안양집단이 각각 62.38%와 50.36%로 평균 55.46%를 나타내어 가장 우세한 분포를 나타내었다. 또한 M' (pseudo M) 계통형도 군산이 36.63%, 안양이 48.18%, 평균 43.28%로 나타나 높은 빈도로 분포하고 있었다.

P 전이인자의 염색체상 분포

P-M system에 의한 잡종발생이상 실험을 통하여 P 전이인자의 계통형이 가장 우세하게 분포되어 있는 Q와 M' 계통형을 각각 10개 line씩 선정하여 P π 25.1 probe를 사용하여 *in situ*

Table 2. Frequency distribution of percent gonadal sterility for the cytotype (cross A*).

Sterility (%)	Gunsan		Anyang		Total	
	No. of lines	%	No. of lines	%	No. of lines	%
0-10	36	35.64	52	37.96	88	36.97
11-20	17	16.84	13	9.49	30	12.61
21-30	6	5.94	11	8.03	17	7.14
31-40	8	7.92	7	5.84	15	6.30
41-50	7	6.93	13	9.49	20	8.40
51-60	2	1.98	6	4.38	8	3.36
61-70	-	-	8	5.84	8	3.36
71-80	12	11.88	7	5.11	19	7.98
81-90	6	5.94	11	8.03	17	7.14
91-100	7	6.93	9	6.57	16	6.72
Total	101		137		238	

Table 3. Frequency of strain types of P-M system from the result of P-factor activity and cytotype.

Strain type	Gunsan		Anyang		Total	
	No. of lines	%	No. of lines	%	No. of lines	%
P (strong)	-	-	-	-	-	-
P (moderate)	1	0.99	2	1.46	3	1.26
Q (weak P)	63	62.38	69	50.36	132	55.46
M' (pseudo M)	37	36.63	66	48.18	103	43.28
M (true)	-	-	-	-	-	-
Total	101		137		238	



Fig. 1. An example of cytoplasmic localizations of the cloned P elements in Q strain of P-M system by *in situ* hybridization with DNA chemiprobe on to *Drosophila* polytene chromosome.

hybridization을 행하였다. Fig. 1은 안양 자연집단의 Q 계통의 타선염색체에 분포된 P element의 copy수와 이들이 삽입된 위치를 나타내고 있다. 전체 42개의 P 전이인자가 전체 염색체의 각 arm에 고르게 분포되어 있는 것을 볼 수 있다. 두 집단의 Q와 M' 계통형의 각각 10개 line에 대한 타선염색체의 각 arm별로 나타낸 P element의 평균 copy수는 Table 4와 같다. 전체 genom상의 copy수는 평균 42.12개를 나타내었고 집단간 및 계통간의 유의적인 차이는 없었다. 또한 제2염색체와 제3염색체의 전체 copy수는 각각 15.63과 16.24로 나타났으며,

좌완(L)과 우완(R)의 copy수에 있어서도 7.84에서 8.45의 범위로 고르게 분포되어 있었다. 그러나 성(X)염색체의 평균 copy수는 10.25를 나타내어 다른 arm에 비하여 높게 분포하고 있었다.

Q와 M' 계통형의 P element 분자구조

국내의 초파리 자연집단의 P-M system에 의한 계통형 분포가 대부분 Q와 M' type으로 나타나 매우 낮은 P factor의 활성도를 나타내었다. 이들 Q와 M' 계통형의 P element 분자구조를 확인하기 위하여 southern blot hybridization 실험결과는 Fig. 2와 같다. Complete P element인 P π 25.1(total sequence: 2.907 kb)은 *E. coli* pBR322 plasmid vector에 삽입되어 있으며 BamHI으로 digestion하면 4.7 kb 단편으로 분리할 수 있다. 이 4.7 kb fragment를 AvaII로 digestion하면 Fig. 2의 lane 1에서와 같이 ORF 0를 포함하는 0.478 kb와 ORF 1을 포함하는 0.544 kb, 그리고 ORF 2와 3을 포함하는 1.838 kb 등 세개의 fragment로 분리되었다.

군산과 안양 초파리 자연집단의 Q(Fig. 2의 lane 2)와 M' 계통형(Fig. 2의 lane 3)의 경우, 양계통 모두 complete P 에서와 마찬가지로 0.48 kb, 0.54 kb 및 1.84 kb의 각 fragment를 포함하고 있었다. 그러나 이들 fragment외에 complete P의 ORF 0를 포함하는 0.478 kb와 ORF 1의 일부와 ORF 3의

Table 4. Mean number of copies of P element (P π 25.1 probe) on the salivary gland chromosome resulted from *in situ* hybridization.

Population	Strain type	No. of lines tested	Chromosome							X	While genome
			2nd			3rd					
			L	R	Total	L	R	Total			
Gunsan	Q	10	7.65	9.11	15.86	8.34	6.95	15.29	11.36	42.51	
	M'	10	8.47	6.75	15.22	7.87	8.33	16.21	10.35	41.79	
Anyang	Q	10	6.77	8.45	15.22	9.14	7.41	16.55	9.14	40.19	
	M'	10	8.45	7.75	16.20	8.45	8.47	16.92	10.15	43.27	
Average			7.84	8.02	15.63	8.45	7.79	16.24	10.25	42.12	

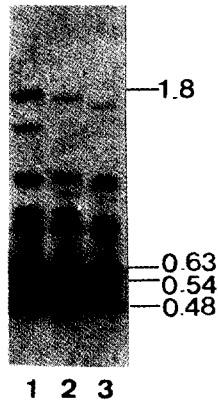


Fig. 2. Genomic southern analysis of three strains of P-M system with the P π 25.1 probes. The lanes of 1, 2 and 3 are strong P(Harwich), Q and M' strains, respectively.

일부만 가지고 있는 0.628 kb의 두개의 단편으로 구성된 전체 1.154 kb의 KP element를 확인할 수 있었다. 이들 KP element는 ORF 1, 2, 3에 걸쳐 1.753 kb의 내부 결실을 갖는 인자임이 Black 등(1987)에 의하여 밝혀진 바 있다. 이들 fragment외에도 0.8 kb, 1.1 kb 및 1.3 kb의 단편이 Q와 M' 계통형에서 다수 확인되었다.

고찰

그동안 초파리 자연집단에서 빈번하게 발견되어 오던 SD(segregation distorter), 웅성재조합, 높은빈도의 돌연변이, 불임등의 제 현상들이 대부분 Kidwell(1985)에 의하여 보고된 전이인자의 작용에 의한 "hybrid dysgenesis: 잡종발생이상"에 기인된 것임이 밝혀졌다. 잡종발생상은 부계인 P계통과 모계인 M계통의 잡종에서 일어나는 현상으로, 이러한 P-M system은 부계의 P factor activity와 모계의 cytotypic의 감수성에 따라 P, Q, M' 및 M type으로 구분된다(Kidwell and Kidwell, 1976). 따라서 이들 두 가지 기능에 대한 전 세계 초파리 자연집단의 분포와 분자구조 그리고 그 발현기작이 연

구되어왔다. 본 연구는 군산과 안양에서 채집한 초파리 자연집단에 대하여 P-M system에 의한 수컷의 P factor 활성도(cross A)를 조사한 결과 96%이상의 line에서 10%미만의 낮은 율의 GD sterility를 나타내었고, cytotypic(cross A*)의 분포는 0에서 100%의 GD sterility를 나타내어 암컷의 세포질 감수성은 매우 polymorphic하게 나타났다. 이들 cross A와 A*의 결과에 의한 양 집단의 P element 계통형분포는 Q와 M' 계통형이 각각 55.46%와 43.28%를 나타내어 거의 모든 초파리가 이 두 type의 계통형으로 구성되어 있음을 알았다. 이러한 결과는 그동안 국내 여러지역을 대상으로 분석한 선행 연구결과와 일치되었으며(Paik 1989; Choo *et al.*, 1990; Han *et al.*, 1992; Sung and Kim 1993), 일본지역의 연구결과(Iwano *et al.*, 1984; Yamamoto *et al.* 1984)와도 비슷한 결과였다.

P element를 비롯한 수 많은 종류의 전이인자들이 genome DNA내의 여러장소에 삽입되어 있음이 확인되었다(Spradling and Rubin 1981). Yamaguchi 등(1987)은 일본의 초파리 자연집단에 대하여 cDm2055 probe를 이용한 copia element의 copy수를 조사한 결과 지역간에 큰 차이 없이 약 20-25개로 확인한 바 있다. 이들은 제2와 제3염색체를 동형접합시켜 P π 25.1 probe를 사용한 P 전이인자의 copy수가 평균 24개였음을 밝혔다. 본 연구에서는 P-M system의 %GD test의 결과 가장 우세하게 존재하는 Q와 M' 계통형 각각 10개 line에 대하여 P element의 copy수를 조사한 결과 계통형의 type간에 차이가 없이 평균 42.12개로 나타났다. 이러한 결과는 Han 등(1992)의 연구결과와 거의 비슷한 결과로서 국내의 경우 집단간의 차이없이 균일하게 확산된 것으로 보인다. 한편, 염색체 각 arm당 P element의 copy수의 분포는 이들 전이인자의 유입경위를 추정하는 하나의 수단이 될 것이다. 대부분의 국내외 연구자들의 분석 결과 P element의 copy수가 상염색체의 각 arm보다 성염색체에서 높게 나타나고 있음을 보고하고 있다(Kidwell 1983; Biemont

1986; Han *et al.*, 1992; Choo *et al.*, 1991). 본 연구에서도 X 염색체에서 평균 10.25개의 copy수를 보인 반면 상염색체의 각 arm에서는 7.8-8.4개의 범위로 나타나, P element가 유입되는 과정에서 상염색체를 보다 선호했을 것이라는 Ronsseray와 Anxolabéhère (1986)의 견해와 일치되는 결과를 얻었다.

최근 P element의 분자구조와 그 발현기작에 관한 연구가 활발하게 진행되고 있다. 그 동안 밝혀진 바에 의하면 %GD test에서 true M strain을 제외하고 모든 계통형에서 많은 수의 P element sequence가 발견되었다. 또한 P-M system의 P strain은 약 50 copy의 P sequence가 존재하며 이들 중 약 70%가 2.9kb이하의 defective form으로 확인되었다. 뿐만 아니라 Q와 M' strain도 P strain보다는 적지만 2.9 kb의 complete P sequence를 다량 포함하고 있으며 이 외에 2.9 kb의 내부결실로 인한 다양한 크기의 sequence가 관찰되었다 (Bingham *et al.*, 1982; Rubin *et al.*, 1982; Boussy and Kidwell 1987). P-M system의 Q나 M' 계통형에 있어서 complete P sequence가 분명히 다수가 존재함에도 불구하고 P element 활성을 억제하는 요인에 대하여 이들 strain이 defective P sequence인 KP element가 다수 존재하면서 이들 인자의 저해효과에 의한것으로 판단되고 있다(Black *et al.*, 1987; Jackson *et al.*, 1988). 본 연구의 Q와 M' 계통형에 대한 Southern blot hybridization의 결과에서도 완전한 크기의 P sequence가 존재함에도 불구하고 P factor activity가 저해된 결과는 이들 KP 인자의 억제효과에 기인된 것으로 결론을 얻을 수 있었다.

감사

본 연구는 교육부 학술연구비 지원(1993)에 의하여 이루어진 것임.

인용문헌

- Anxolabéhère, D., D. Nouaud, G. Periquet, and P. Tchem, 1985. P element distribution in Eurasian populations of *Drosophila melanogaster*: a genetic and molecular analysis. *Proc. Natl. Acad. Sci., USA* **82**: 5418-5422.
- Biemont, C., 1986. Mdg-1 and I mobile element polymorphism in *Drosophila melanogaster*. *Chromosoma* **93**: 393-397.
- Bingham, P.M., M.G. Kidwell, and G.M. Rubin, 1982. The molecular basis of P-M hybrid dysgenesis: the role of the P element, a P strain specific transposon family. *Cell* **29**: 995-1004.
- Black, D.M., M.S. Jackson, M.G. Kidwell, and G.A. Dover, 1987. KP elements repress P-induced hybrid dysgenesis in *Drosophila melanogaster*. *EMBO J.* **6**: 4125-4135.
- Boussy, I.A., and M.G. Kidwell, 1987. The P-M hybrid dysgenesis cline in eastern Australian *Drosophila melanogaster*: Discrete P, Q and M regions are nearly contiguous. *Genetics* **115**: 737-745.
- Boussy, I.A., M.J. Healy, J.G. Oakeshott, and M.G. Kidwell, 1988. Molecular analysis of the P-M system gonadal dysgenesis cline in eastern Australian *Drosophila melanogaster*. *Genetics* **119**: 889-902.
- Choo, J.K., D.H. Kwon, and Y.J. Han, 1990. Studies on hybrid dysgenesis in *Drosophila melanogaster*. V. Artificial selection for type conversion of P element strain. *Genet. Engin. Res.* **3**: 29-47.
- Choo, J.K., Y.M. Nam, and Y.J. Han, 1991. Chromosomal distribution and function of transposable elements, copia and P, in *Drosophila melanogaster*. *Genet. Engin. Res.* **4**: 41-54.
- Gordon, J.K., A.D. Eric, and M.J. Simmons, 1986. Sterility and hypermutability in the P-M system of hybrid dysgenesis in *Drosophila melanogaster*. *Genetics* **114**: 1147-1163.
- Han, Y.J., Y.M. Nam, and J.K. Choo, 1992. Chromosomal distribution of P transposable element in *Drosophila melanogaster*. *Korean J. Genet.* **14**: 25-32.
- Iwano, M.K., K. Hattori, K. Saigo, Y. Matsuo, T. Mukai, and T. Yamazaki, 1984. Cloning of P elements from P and Q strains in natural populations of *Drosophila melanogaster* in Japan. *Japan. J. Genet.* **59**: 403-409.
- Jackson, M.S., D.M. Black, and G.A. Dover, 1988. Amplification of KP elements associates with the repression of hybrid dysgenesis in *Drosophila melanogaster*. *Genetics* **120**: 1003-1013.
- Kidwell, M.G., 1983. Evolution of hybrid dysgenesis

- determinants in *Drosophila melanogaster*. *Proc. Natl. Acad. Sci.* **80**: 1655-1659.
- Kidwell, M.G., 1985. Hybrid dysgenesis in *Drosophila melanogaster*: nature and inheritance of P element regulation. *Genetics* **111**: 337-350.
- Kidwell, M.G., and J.F. Kidwell, 1976. Selection for male recombination in *Drosophila melanogaster*. *Genetics* **84**: 333-351.
- Kidwell, M.G., T. Frydryx, and J.B. Novy, 1983. The hybrid dysgenesis potential of *Drosophila melanogaster* strains of diverse temporal and geographical natural origins. *Droso. Inform. Serv.* **51**: 97-100.
- Maniatis, T., E.F. Fritsch, and J. Sambrook, 1982. Molecular cloning: a laboratory manual. *Cold Spr. Harbor Lab. NY*.
- O'Hare, K., and G.M. Rubin, 1983. Structure of P transposable elements and their sites of insertion and excision in the *Drosophila melanogaster* genome. *Cell* **34**: 25-35.
- O'Hare, K., A. Driver, S. McGrath, and D. M. Johnson-Schlitz, 1992. Distribution and structure of cloned P elements from the *Drosophila melanogaster* P strain 2. *Genet. Res.* **60**: 33-41.
- Paik, Y.K., 1989. Hybrid dysgenesis in wild populations of *Drosophila melanogaster* in Korea: Distribution of P factor activity and cytotype. *Korean J. Genet.* **11**: 47-55.
- Potter, S.S., 1982. DNA sequence analysis of a *Drosophila* foldback transposable element rearrangement. *Mol. Gen. Genet.* **188**: 107-110.
- Ronsseray, R. and D. Anxolabehere, 1986. Chromosomal distribution of P and I transposable elements in a natural population of *Drosophila melanogaster*. *Chromosoma* **94**: 433-440.
- Rubin, G.M., and A.C. Spradling. 1982. Genetic transformation of *Drosophila* with transposable element vector. *Science* **218**: 348-353.
- Spradling, A.C., and G.M. Rubin, 1981. *Drosophila* genome organization: conserved and dynamyc aspect. *Annu. Rev. Genet.* **15**: 219-264.
- Sung, K.C., and W.T. Kim, 1993. Molecular and genetic analysis of cytotype determinants and transposability of P elements in Q strains of Korean *Drosophila melanogaster*. *Korean J. Genet.* **15**: 61-82.
- Todo, T., Y. Sakoyama, S.I. Chigusa, A. Fukunaga, T. Honjo, and S. Kondo. 1984. Polymorphism in distribution and structure of P element in natural populations of *Drosophila melnogaster* in and around Japan. *Japan. J. Genet.* **59**: 441-451.
- Woodruff, R.C., J.N. Thompson Jr., J.A. Szedely, and J. S. Gunn, 1987. Characterization of *Drosophila* lines for transposable elements by Southern blot analysis with biotinylated-DNA probes. *Droso. Inform. Sev.* **66**: 171-177.
- Yamaguchi, O., T. Yamazaki, K. Saigo, T. Mukai, and A. Robertson, 1987. Distributions of three transposable elements, P, 297 and copia in natural populations of *Drosophila melanogaster*. *Japan. J. Genet.* **62**: 205-216.
- Yamamoto, A., F. Hihara, and T.K. Watanabe, 1984. Hybrid dysgenesis in *Drosophila melanogaster*: predominance of Q factor in Japanese populations and its change in the laboratory. *Genetics* **63**: 71-77.

(Accepted February 10, 1995)

Distribution of Strain Types and Function of P Transposable Element in Natural Populations of *Drosophila melanogaster*

Kim, Chi Shik¹, Do Hyung Kwon and Jong Kil Choo (Department of Biology, College of Sciences, Chung Ang University, Seoul 156-756; ¹Department of Biology, College of Natural Sciences, Kunsan National University, Kunsan 573-360, Korea)

Strain types of P transposable element were investigated from the gonadal dysgenic sterility of P factor activity and their cytotypes in two natural populations of *Drosophila melanogaster*. Strain types of strong P and true M have not been detected from a total 238 isofemale lines, but Q (weak P) and M' (pseudo M) types were predominant as 98.74% in these populations. The average number of copies per cell of P element was estimated to be 42.12 from the results of *in situ* hybridization using the probe P π 25.1. No significant difference in the copy numbers of P element between strain types, Q and M' was found. However, the P copy numbers of X chromosome appeared slightly high, compared their left and right arms of autosomes. The specific region at the insertion sites of P element on the chromosome was not recognized, and P elements were distributed randomly in the whole genome DNA. The quantity and variants of molecular P element in the genome using the method of southern blot hybridization revealed various kinds of molecule as well as complete 2.9 kb P element. All isofemale lines contained defective P element of KP (1.15 kb), and it was concluded that this KP element must be reacted as a repression ability for P factor activity of P-M hybrid dysgenesis.