

한국산 *Hirtodrosophila* 아속 초파리 9종의 형태 및 수리학적 분석

이택준* · 송은숙** · 박제원***
중앙대학교 생물학과

Morphological and taximetical analysis on nine species of the subgenus *Hirtodrosophila* (Genus : *Drosophila*) from Korea

Lee, Taek Jun, Song, Eun Suk and Park, Je Won
Dept. of Biology, Chung-Ang Univ., Seoul

ABSTRACT

Phylogenetic relationships among nine species of the subgenus *Hirtodrosophila*, *D. sexvittata*, *D. trilineata*, *D. alboralis*, *D. histrioides*, *D. nokogiri*, *D. pseudonokogiri*, *D. nigripennis* (endemic species), *D. macromaculata* and *D. kangi* were investigated by morphological and taximetical analysis. The taximetical analysis according to the 26 morphological character was performed.

The Gower's similarity coefficient between *D. sexvittata* and *D. trilineata* was 0.891, the highest of all, between *D. alboralis* and *D. histrioides* was 0.626, between *D. pseudonokogiri* and *D. nokogiri* was 0.773 and between *D. kangi* and *D. nigripennis* was 0.801.

The result of morphological and taximetical analysis suggested that the nine species of the subgenus *Hirtodrosophila* from Korea consisted of two species group : 1st species group of *D. sexvittata*, *D. trilineata*, *D. alboralis* and *D. histrioides* were clustered on similarity coefficient 0.596.

2nd species group of *D. nokogiri*, *D. pseudonokogiri*, *D. nigripennis*, *D. macromaculata* and *D. kangi* were clustered on similarity coefficient 0.633.

서 론

Hirtodrosophila 아속은 Duda(1923)에 의해 기재된

아속으로 *Drosophila*속에 속하며 전세계적으로 125종이 알려져 있으며(Wheeler, 1986) 국내에는 *D. sexvittata*, *D. trilineata*, *D. alboralis*, *D. histrioides*, *D. nokogiri*, *D.*

* 이과대학 생물학과 교수
** 대학원 생물학과 박사과정
*** 대학원 생물학과 석사

pseudonokogiri, *D. trivittata*, *D. quadrivittata*, *D. nigripennis* (한국 고유종), *D. macromaculata*, *D. kangi* 등 11종이 분포한다고 보고되었다(Lee and Kim, 1987).

종전의 형태학적 연구는 단순히 외부, 내부의 형태적 특징을 기재하고 분류하는 단계였으나 최근에는 형태분석의 결과를 수리적으로 분석하여 계통 유연관계를 밝히려는 연구가 이루어지고 있다.

수리분류학은 결과에 대한 반복성과 객관성이 주요 장점으로 형태적 특징에 의한 중간 유연관계를 연구하는 학자들에 의해 많이 이용되어 오고있다.

Koh(1986, 1989a, b)는 한국산 설치류를 대상으로 cluster analysis와 ordination analysis를 수행한 바 있으며 Lee(1985)는 흑무늬 툽툽이과에 대하여 cladistic analysis를 수행하여 보고하였으며, 또한 Kim & Kim (1989)은 한국산 애꽃벌속에 대하여 수리현상적 분석을 보고하였다.

초파리를 대상으로 한 수리 분석학적 연구로는 Okada (1982, 1984, 1986)가 *Stegana*, *Lordiphosa*, *Mycodrosophila*속 등을 분석 보고한 바 있다. 한국산 *Hirtodrosophila* 아속에 대한 연구로는 Kang & Lee(1964)가 이 아속의 8종에 대해 외부 형태에 근거한 분류 key를 보고한 바 있으며 Lee & Park(1990)은 효소와 수용성 단백질 분석에 의하여 *Hirtodrosophila* 아속 5종간의 유전적 유연관계를 밝힌 바 있다.

그러나 이들 아속에 대해 외부 생식기를 포함한 형태적 특징에 의한 중간 유연관계를 밝힌 연구는 보고된 바 없다.

본 연구는 국내에 기록된 *Drosophila*속, *Hirtodrosophila* 아속의 11종중 저자들이 채집한 *D. sexvittata*, *D. trilineata*, *D. alboralis*, *D. histrioides*, *D. nokogiri*, *D. pseudonokogiri*, *D. nigripennis*, *D. macromaculata*, *D. kangi* 등 9종에 대해서 외부 생식기의 비교 분석과 형태적 형질에 의한 수리분류학적 분석을 통해 이들 종간의 유연관계를 밝히고자 수행하였다.

재료 및 방법

1. 실험재료

본 실험에 사용된 *Hirtodrosophila* 아속에 속하는 9종

(*D. sexvittata* Okada, 1956 ; *D. trilineata* Chung, 1960 ; *D. alboralis* Momma & Takada, 1954 ; *D. histrioides* Okada & Kurokawa, 1957 ; *D. nokogiri* Okada, 1956 ; *D. pseudonokogiri* Kang, Lee & Bahng, 1965 ; *D. nigripennis* Kang, Lee & Bahng, 1965 ; *D. macromaculata* Kang & Lee, 1961 ; *D. kangi* Okada & Lee, 1961) 은 1989년 4월부터 10월에 걸쳐 경기도 소리산에서 trap법과 sweeping법에 의해 채집하였다.

2. 실험방법

형태적 조사는 분류학상 중요한 기준이 되는 생식기를 중심으로 수컷의 phallic organ과 periphallic organ 및 암컷의 egg guide의 영구표본을 제작하여 조사하였다. 영구표본은 0.7% 생리 식염수에서 초파리의 미부를 자르고 10% KOH 용액에서 끓여 지방과 단백질을 제거시킨후 포화 Phenol 용액에서 해부하여 Xycol에 약 3분간 침전시킨 것을 Canada Balsam으로 봉하여 제작하였다.

Hirtodrosophila 아속에 속하는 9종에 대한 형태적 계통 유연관계를 수리적으로 분석하기 위해 26개의 형태적 형질을 quantitative character로 선정하여 Gower's (1971) similarity coefficient를 산출하였다.

〈Gower's similarity coefficient 공식〉

$$S_{ij} = \frac{\sum_{k=1}^p S_{ijk}}{\sum_{k=1}^p W_{ijk}}$$

S_{ij} : 비교되는 종 사이의 유사도

S_{ijk} : 비교되는 종(i)과 종(j) 사이의 형질(k)에 대한 score

W_{ijk} : 비교되는 종(i)과 종(j) 사이의 형질(k)에 대한 weight

결과 및 논의

한국산 *Hirtodrosophila* 아속 9종의 phallic organ을 관찰한 결과는 Fig. 1과 같다.

D. sexvittata, *D. trilineata*, *D. alboralis*, *D. histrioides*는 aedeagus가 rod 형태로 끝이 갈라져 있고 *D. nokogiri*, *D. pseudonokogiri*, *D. kangi*, *D. nigripennis*, *D. macromaculata*는 aedeagus 끝이 융합되어 있으며 *D. nokogiri*, *D. nigripennis*는 aedeagus 측면에 톱니모양을 하고 있다.

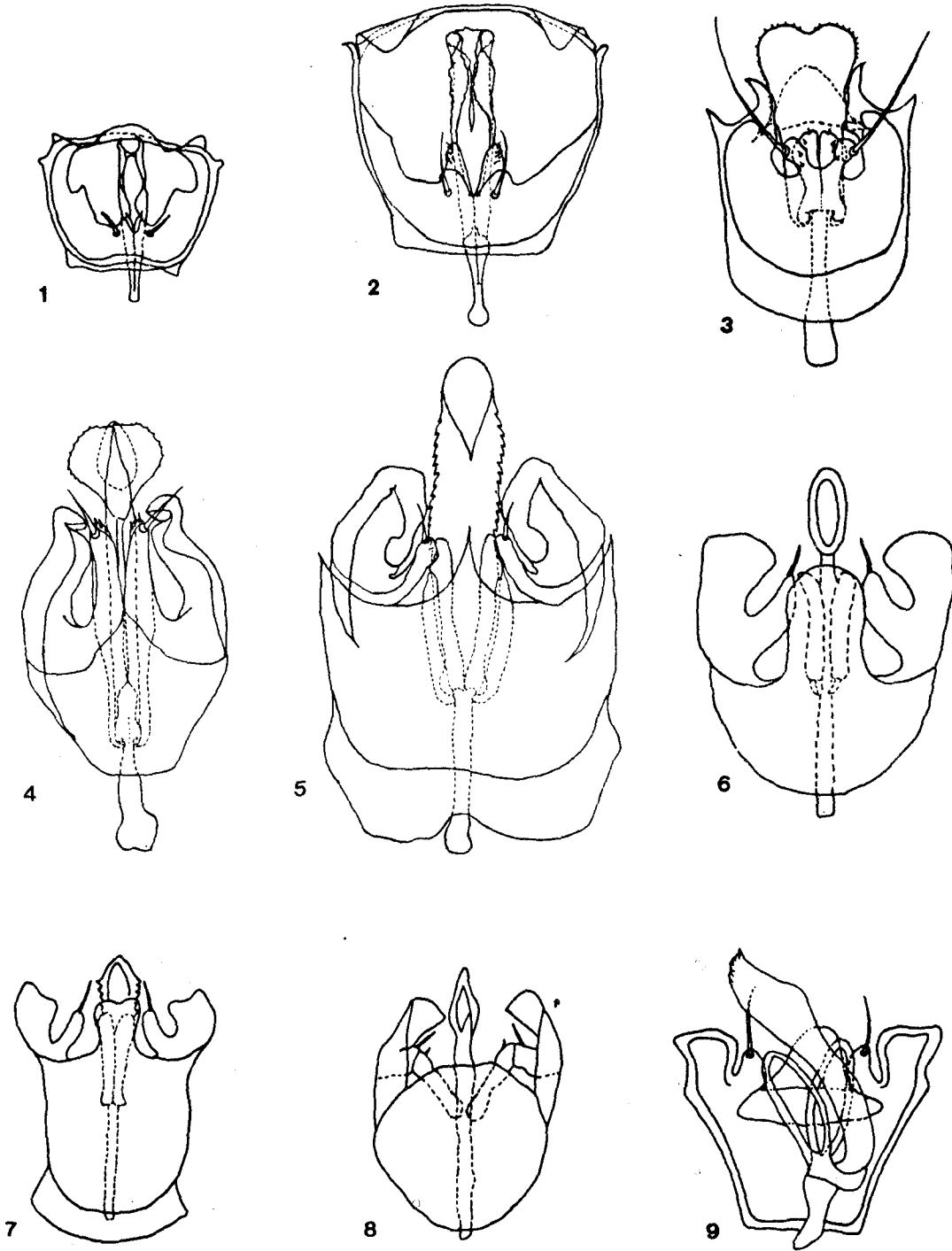


Fig. 1. Phallic organs of nine species of subgenus *Hirtodrosophila*.

1: *D. sexvittata*, 2: *D. trilineata*, 3: *D. alboralis*, 4: *D. histrioides*, 5: *D. nokogiri*,
6: *D. pseudonokogiri*, 7: *D. nigripennis*, 8: *D. macromaculata*, 9: *D. kangji*

또한 *D. alboralis*는 aedeagus 중간에 밑을 향한 짧고 날카로운 claw가 있다.

Novasternal spine은 *D. alboralis*만이 길고 나머지 8종은 모두 짧다.

Hirtodrosophila 아속은 수컷의 생식기의 novasternal spine이 작은 것이 특징이다.

D. sexvittata, *D. trilineata*, *D. alboralis*, *D. histrioides*는 posterior paramere가 존재하며 *D. macromaculata*, *D. nokogiri*, *D. pseudonokogiri*, *D. kangi*, *D. nigripennis*는 posterior paramere가 존재하지 않는다.

Hirtodrosophila 아속 9종의 peripheral organ을 관찰한 결과는 Fig. 2와 같다.

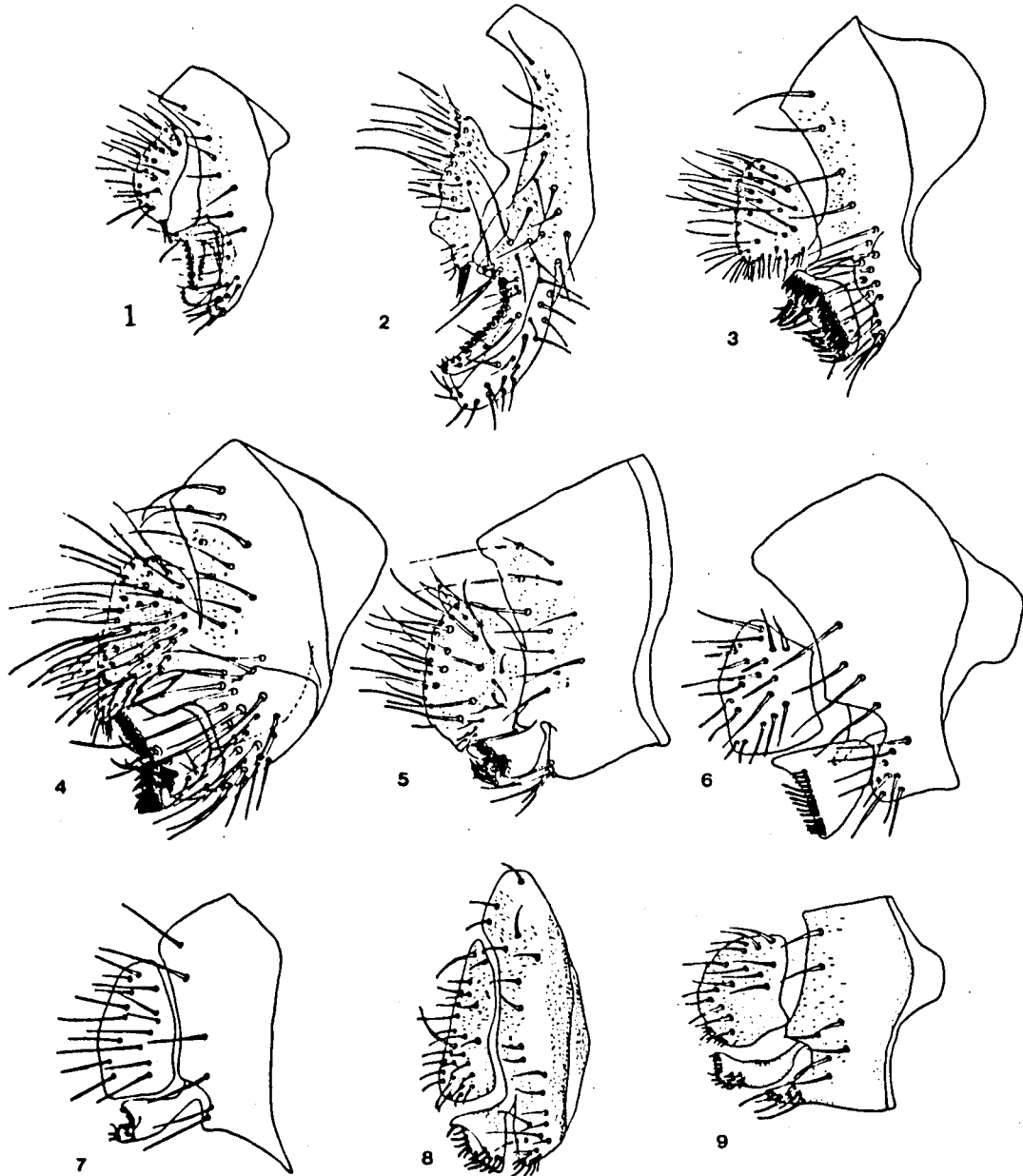


Fig. 2. Peripheral organs of nine species of subgenus *Hirtodrosophila*.

1: *D. sexvittata*, 2: *D. trilineata*. 3: *D. alboralis*, 4: *D. histrioides*, 5: *D. nokogiri*, 6: *D. pseudonokogiri*, 7: *D. nigripennis*, 8: *D. macromaculata*, 9: *D. kangi*

D. sexvittata, *D. trilineata*, *D. histrioides*의 genital arch는 heel이 없고 toe가 뾰족하며 *D. alboralis*, *D. pseudonokogiri*, *D. nigripennis*는 heel이 형성되어 있고 toe가 뾰족하다. *D. macromaculata*, *D. kangi*는 genital arch 밑부분에 small hair가 밀생하여 있으며 *D. nokogiri*는 genital arch가 4각형태이며 heel과 toe가 잘 발달되어 있다. *D. sexvittata*, *D. trilineata*는 clasper에 secondary teeth

가 없고 *D. alboralis*, *D. histrioides*, *D. pseudonokogiri*를 제외한 5종은 clasper가 genital arch와 융합되어 있다.

D. sexvittata, *D. trilineata*는 anal plate 하단에 2~3개의 tip teeth가 있고 *D. alboralis*, *D. histrioides*, *D. kangi*, *D. macromaculata*는 하단에 강모가 다발로 형성되어 있다.

Hirtodrosophila 아속 9종의 egg guide를 관찰한 결과는 Fig. 3과 같다.

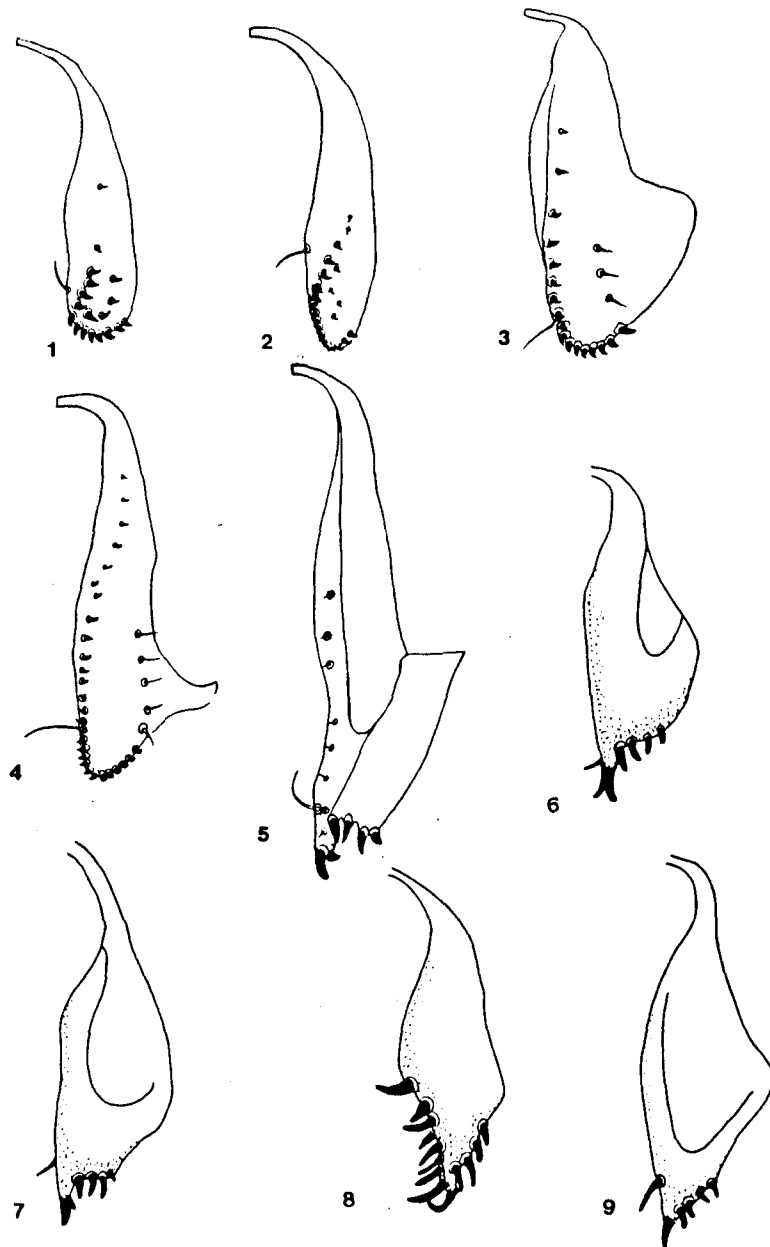


Fig. 3. Egg guide of nine species of subgenus *Hirtodrosophila*.

1: *D. sexvittata*, 2: *D. trilineata*, 3: *D. alboralis*, 4: *D. histrioides*, 5: *D. nokogiri*, 6: *D. pseudonokogiri*, 7: *D. nigripennis*, 8: *D. macromaculata*, 9: *D. kangi*

*D. sexvittata*와 *D. trilineata*의 egg guide는 장타원형이고 3~4개의 discal teeth를 갖고 있으며 *D. alboralis*는 lobe의 중간부분이 넓게 부풀 형태이고 2~3개의 discal teeth가 있다. *D. histrioides*, *D. nokogiri*와 *D. kangii*는 lobe의 중간에 날카로운 돌기가 형성되어 있고 *D. macromaculata*의 egg guide는 teeth가 끝부분에 많이 있다. *D. nokogiri*, *D. pseudonokogiri*, *D. nigripennis*는 lobe의 하단에 검고 뚜렷한 teeth가 6개 있으며 discal teeth는 존재하지 않는다.

한국산 *Hirtodrosophila* 아속 9종에 대한 형태적 계통유연관계를 알아보려고 총 26종류의 형태적 형질을 분석한 결과는 Table 1과 같다.

26개 형질을 quantitative 형질로 분석하기 위해 조사한 결과의 data matrix는 Table 2와 같다.

Hirtodrosophila 아속의 특징은 눈의 장축이 몸의축과 거의 직각을 이루고 있으며 종아리 마디 아말단 센털이 뒷다리에만 존재한다. 본 실험에 사용된 9종중 *D. sexvittata*와 *D. trilineata*는 흉부에 검은 strip이 각각 6줄, 3줄이며 *D. alboralis*와 *D. macromaculata*는 4줄이 존재하여 외관상 뚜렷이 구분된다. *D. histrioides*는 유럽산 *D. confusa* (Staeger, 1844)와 외부 형태 및 생식기상에서 아주 유사한 종으로 Okada와 Kurokawa(1957)가 수컷의 생식기에서 미세한 차이를 발견하여 신종으로 보고된 종이었으나 Okada(1967)는 *D. histrioides*는 *D. confusa*의 synonym이라고 보고하였다. 그러나 최근에 Takada(1988)는 두종에서 수컷의 생식기의 차이를 발견하여 *D. histrioides*와 *D. confusa*는 synonym이 아닌 명확히 다른 종이라고 결론지었다.

이들 종들은 버섯 섭식습성을 갖고 있다. *Hirtodrosophila* 아속에 대한 형태적 연구는 Okada(1956, 1967)에 의해 일본산 종에 대해 보고된 바 있으며 이 아속의 old world species의 형태적 특징에 근거한 분류 key가 보고되었다.

Table 2의 data matrix를 근거로 Gower(1971)의 similarity coefficient를 구한 결과는 Table 3과 같다.

*D. sexvittata*와 *D. trilineata*는 0.891의 유사도로 가장 가까운 유연관계를 보였으며 *D. kangii*와 *D. nigripennis* (0.801), *D. nokogiri*와 *D. pseudonokogiri* (0.773), *D. alboralis*와 *D. histrioides* (0.626)의 유연관계를 나타냈다.

Table 1. 26 diagnostic characters on nine species of the subgenus *Hirtodrosophila*.

No.	Characters
1	No. of Arista
2	Palpus with only one (A) or several (a) bristle
3	Cheek / Eye
4	Mesoscutal dark stripes present (+) or absent (-)
5	No. of Acrostichal hair
6	Sterno-index (S.I.)
7	Color of Leg yellow (B) or brown (b)
8	Wing hyaline (C) or fuscous (c)
9	C-index
10	4V-index
11	4C-index
12	5X-index
13	3Cf-index
14	Crossvein clouded (D) or clear (d)
15	Genital arch : No. of bristle
16	Heel present (+) or absent (-)
17	Anal plate : Tip teeth presnet (+) or absent (-)
18	Clasper : No. of primary teeth
19	Black bristle present (+) or absent (-)
20	Aedeagus furcated (E) or not (e)
21	Aedeagus latterally serated (F) or not (f)
22	Aedeagus with (+) or without (-) claws
23	Novasternal spine short(G) or long(g)
24	Posterior paramere present (+) or absent (-)
25	Egg guide : Apical shape of lobe round (+) or pointed (-)
26	No. of marginal teeth

Table 3의 similarity coefficient를 UPGMA법 (Sneath & Sokal, 1973)으로 작성한 Dendrogram은 Fig. 4와 같다.

*D. sexvittata*와 *D. trilineata*가 cluster된 것과 *D. alboralis*와 *D. histrioides*가 cluster된 것이 species group을 형성하였고 *D. nokogiri*와 *D. pseudonokogiri*가 cluster된 것과 *D. kangii*와 *D. nigripennis*이 cluster되어 *D. macromaculata*와 순차적으로 cluster되어 다른 species group을 형성하였다.

Hirtodrosophila 아속은 Okada(1956)의 외부형태에 의한 분류 체계상 *quadrivittata* species group과 *hirticornis* species group으로 나뉜다. Sneath and Sokal(1973)은 가능한 많은 양의 형질을 사용하여 개개의 형질에 동일한 비중을 두고 각각의 형태적 유사성에 근거한

Table 2. Data matrix on nine species of the subgenus *Hirtodrosophila* compared over 26 diagnostic characters, each which is coded in quantitative characters.

char.	sex.	tri.	alb.	mac.	his.	nok.	kan.	pse.	nig.
1	10	7	8	8	9	6	6	7	6
2	A	A	a	A	a	a	A	a	a
3	0.200	0.250	0.333	0.125	0.250	0.667	0.250	0.200	0.400
4	+	+	+	+	-	-	+	+	-
5	6	6	6	8	10	10	6	8	6
6	1.800	1.000	0.500	0.400	0.600	0.600	0.600	0.500	0.500
7	B	B	B	b	B	b	b	b	b
8	C	C	C	c	c	c	C	c	C
9	2.500	2.800	2.500	1.300	3.000	2.400	1.600	2.600	1.600
10	2.000	2.000	1.600	1.400	1.500	1.600	2.000	1.700	2.100
11	1.000	0.900	0.900	1.400	0.700	0.900	1.500	0.800	1.300
12	1.800	1.700	1.400	1.000	1.300	1.600	2.300	1.400	1.800
13	0.400	0.400	0.500	0.700	0.500	0.600	0.700	0.500	0.700
14	d	d	D	D	d	d	d	d	d
15	29	41	19	25	43	11	13	17	6
16	-	-	+	+	-	+	+	+	+
17	+	+	-	-	-	-	-	-	-
18	9	14	18	10	16	5	7	8	7
19	-	-	+	+	+	+	+	+	+
20	E	E	E	e	E	e	e	e	e
21	f	f	f	f	f	F	f	f	F
22	-	-	+	-	-	-	-	-	-
23	G	G	g	G	G	G	G	G	G
24	+	+	+	-	+	-	-	-	-
25	+	+	+	-	+	-	-	-	-
26	19	19	18	14	23	5	5	6	6

Table 3. Similarity coefficient(Gower's) based on 26 quantitative characters.

Species	sex.	tri.	alb.	mac.	his.	nok.	kan.	pse.
<i>D. trilineata</i>	0.891							
<i>D. alboralis</i>	0.576	0.614						
<i>D. macromaculata</i>	0.389	0.387	0.714					
<i>D. histrioides</i>	0.565	0.628	0.626	0.442				
<i>D. nokogiri</i>	0.282	0.355	0.413	0.556	0.498			
<i>D. kangi</i>	0.522	0.499	0.429	0.701	0.324	0.607		
<i>D. pseudonokogiri</i>	0.453	0.479	0.567	0.714	0.576	0.773	0.709	
<i>D. nigripennis</i>	0.366	0.384	0.432	0.560	0.348	0.758	0.801	0.670

체계적 유사성은 서로 함수 관계에 있다는 근본원리를 제시하였다.

곤충의 생식기는 몸의 부위중 가장 변이가 없으며 분류 및 계통학 연구의 주요 부위가 된다.

한국산 *Hirtodrosophila* 아속 9종에 대하여 외부 생식기를 포함한 형태적 형질을 UPGMA cluster analysis에 의해 분석한 결과, *D. sexvittata*, *D. trilineata*, *D. alboralis*, *D. histrioides*가 하나의 species group을 형성하며 *D.*

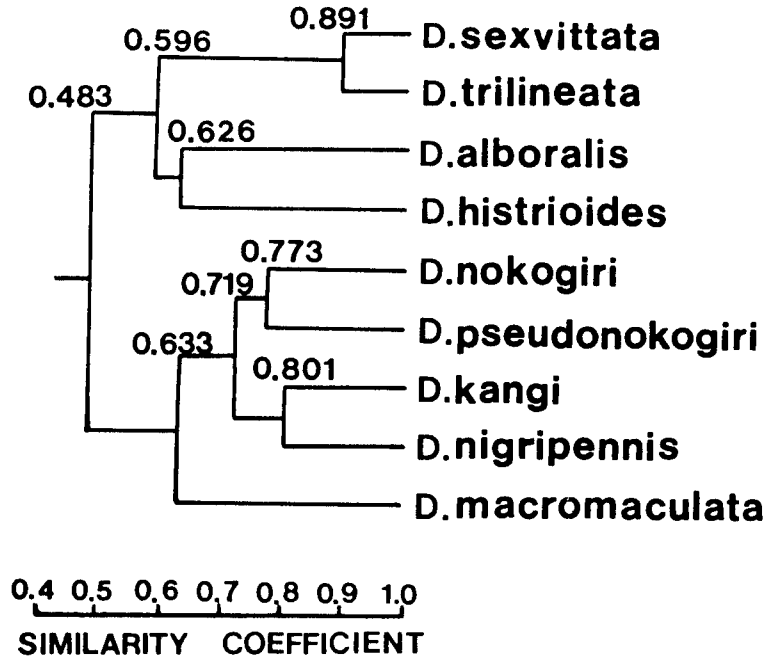


Fig. 4. A dendrogram showing the phylogenetic relationships among nine species of the subgenus *Hirtodrosophila*, based on Gower's similarity coefficient.

nokogiri, *D. pseudonokogiri*, *D. kangi*, *D. nigripennis*, *D. macromaculata*가 또다른 species group을 형성하였다. 이는 Okada(1956)의 외부 형태에 의한 분류 체계와 거의 일치되었다.

적 요

한국산 *Hirtodrosophila* 아속에 속하는 9종 *D. sexvittata*, *D. trilineata*, *D. alboralis*, *D. histrioides*, *D. nokogiri*, *D. pseudonokogiri*, *D. nigripennis*, *D. macromaculata*, *D. kangi*에 대하여 형태학적 분석과 수리 분류학적 분석을 통하여 이들 종간의 계통유연관계를 similarity coefficient 값으로 알아보고자 하였다.

26개 형태적 형질을 근거로 Gower's similarity coefficient 를 구한 결과 *D. sexvittata*와 *D. trilineata*가 0.891로 가장 가까운 유연관계를 보였으며 *D. kangi*와 *D. nigripennis* (0.801), *D. nokogiri*와 *D. pseudonokogiri* (0.773), *D. alboralis*와 *D. histrioides* (0.626)의 유연관계를 나타냈다.

한국산 *D. hirtodrosophila* 아속은 수리 분류학적 분석결과 두개의 species group으로 나뉜다. 즉, *D. sexvittata*, *D. trilineata*, *D. alboralis*, *D. histrioides*는 similarity coefficient 가 0.596으로 cluster되어 하나의 species group, *D. nokogiri*, *D. pseudonokogiri*, *D. kangi*, *D. nigripennis*, *D. macromaculata*는 similarity coefficient가 0.633으로 cluster 되어 또다른 species group을 형성하여 두 line으로 갈라졌음을 알 수 있다.

References

- Chung, Y.J., 1960. On a new species *Drosophila trilineata* sp. nov. Kor. J. Zool. 3 : 41-44.
 Gower, J.C., 1971. A general coefficient of similarity and some of its properties. Biometrics, 27 : 85-7-871.
 Kang, Y.S. and H.Y. Lee, 1961. On a new species, "*Drosophila macromaculata*" sp. nov. Kor. J. Zool. Vol.

- IV, No.1 : 29-31.
- Kang, Y.S. and H.Y. Lee, 1964. Notes on the subgenus *Hirtodrosophila* (Diptera : Drosophilidae). Proc. R. Ent. Soc. Lond (B), 33 : 37-38.
- Kang, Y.S., T.J. Lee and K.W. Bhang, 1965. Three new species and two unrecorded species of Drosophilidae from Korea. Kor. J. Zool. Vol.Ⅷ, No.2 : 51-54.
- Kim, M.L. and C.W. Kim, 1989. Numerical phenetic analysis of the genus *Andrena* from Korea (Hymenoptera : Andrenidae). Ent. Res. Bulletin, 15 : 25-33.
- Koh, H.S., 1986. Systematic studies of Korean rodents : II. A chromosome analysis in Korean field mice, *Apodemus peninsulae* Thomas (Muridae, Rodentia), Mungyong, with the comparison of morphometric characters of three Korean field mice to sympatric striped field mice, *A. agrarius coreae* Thomas, Kor. J. Syst. Zool. 2 : 1-10.
- Koh, H.S., 1989a. Systematic studies of Korean rodents : V. Morphometric and chromosomal analysis (*Apodemus agrarius coreae*) in southwestern coastes of the Korean peninsula. Kor. J. Syst. Zool. 5 : 1-12.
- Koh, H.S., 1989b. Morphometric analysis on 24 species (13 families of six orders) of Korean mammals. Kor. J. Zool. 32 : 14-21.
- Lee, T.J. and N.W. Kim, 1987. Systematic study of the Drosophilidae in Korea. Rev. Nat. Sci., Chung-Ang Univ. 1 : 113-129.
- Lee, T.J. and J.W. Park, 1990. Genetic relationships among the five species of the subgenus *Hirtodrosophila* (Genus : *Drosophila*) Korean J. Genetics 12(1) : 75-85.
- Momma, E. and H. Takada, 1954. *Drosophila alboralis* sp. nov. (subgenus *Hirtodrosophila*). Annot. Zool. Jap. Vol.27 : 97-101.
- Okada, T., 1956. Systematic study of Drosophilidae and allied families of Japan. Tihodo Co., Tokyo : 76-89.
- Okada, T., 1967. A revision of the subgenus *Hirtodrosophila* of the old world, with descriptions of some new species and subspecies (Diptera, Drosophilidae, *Drosophila*). Mushi. Vol.41 : 1-35.
- Okada, T., 1982. A revision of the subgenus *Pseudostegana* of the genus *Stegana* (Diptera : Drosophilidae) with description of eight new species, Pacific Insects 24 : 39-49.
- Okada, T., 1984. New or little known species of *Drosophila* (*Lordiphosa*) with taxometrical analysis (Diptera, Drosophilidae). Kontyu 52 : 565-575.
- Okada, T., 1986. The genus *Mycodrosophila* Oldenberg (Diptera, Drosophilidae) of Southeast Asia and New Guinea II. Atypical species. Kontyu 54 : 291-302.
- Okada, T. and H. Kurokawa, 1957. New or little known species of Drosophilidae of Japan (Diptera) Kontyu. Vol.25 : 2-12.
- Okada, T. and H.Y. Lee, 1961. A new species of *Hirtodrosophila* from South Korea. AKITU, Vol. X. 20-22.
- Sneath, P.H.A. and R.R. Sokal, 1973. Numerical taxonomy. W.H. Freeman and Company, San Francisco pp.573.
- Takada, H., 1988. The systematic status of *Drosophila histrioides* (Diptera, Drosophilidae) Kontyu 56(1) : 193-194.
- Wheeler, M.R., 1986. Additions to the catalog of the World's Drosophilidae. The Genetics and Biology of *Drosophila*. Vol.3e : 395-409.