

Phonotaxis of the African Mole Cricket, *Gryllotalpa africana* Palisot de Beauvois

땅강아지의 走音性에 관한 연구

金 基 滉

Ki Whang Kim

ABSTRACT Phonotaxis of the African mole cricket, *Gryllotalpa africana* Palisot de Beauvois, was investigated in 1990 and 1992 at the Agronomy Experiment Station of Korea Ginseng & Tobacco Research Institute in Hwaseong-gun, Kyonggi-do. Male adults produced calling sounds (calling songs) through the openings of subsurface burrows. Intensities of the sound were 77-80 dB at 15 cm above the openings. When tape recordings of male calling songs were broadcasted outdoors at 105-110 dB by two horn speakers installed at the center of a 1.4 m diameter-funnel, flying adults were attracted for 1.5 hours from about 30 minutes after sunset. Among attracted adults, 14.3-16.9% landed in the funnel, and 65.7-74.7% landed on the ground within 2m from the sound source. Females were 66.7-74.3%, which seemed to be due to the sex ratio of the population in the field. Adults landing in the funnel and at the distance of within 2 m from the center of the funnel were tend to be a little more than those attracted to a blacklight trap.

KEY WORDS *Gryllotalpa africana*, calling song, landing position

초 록 경기도 화성군 소재 한국인삼연구소 경작시험장 내에서 1990년과 1992년에 땅강아지 (*Gryllotalpa africana*)의 走音性을 조사하였다. 雄成蟲은 地表 밑 굴의 입구로부터 誘引음을 냈는데 強度는 입구 15 cm 위에서 77~80 dB이었다. 녹음된 웅충 誘引음이 직경 1.4 m의 funnel 중앙에 설치된 2개의 horn speaker에 의해 105~110 dB로 증폭하여 야외에서 放射되었을 때 飛翔 성충이 日沒 후 약 30분부터 1.5시간 동안 유인되었다. 유인 성충들 중, 14.3~16.7%는 funnel안에, 65.7~74.7%는 發音源으로부터 2 m 이내에 地面에 着地하였다. 雌蟲率은 66.7~74.3%였는데, 이는 야외 개체군의 性比에 기인하는 것으로 보였다. funnel 안과 그 중심에서 2m 이내의 거리에 着地하는 성충수는 blacklight trap에 유인된 성충수보다 다소 많은 경향을 보였다.

검 색 어 땅강아지, 誘引音, 着地 位置

땅강아지류는 벼뚜기목(Orthoptera), 땅강아지과(Gryllotalpidae)에 속하는 곤충으로 인삼이나 잔디, 草地, 기타 농작물의 주요 해충이다. 이들은 앞날개로 誘引음을 내는데 地表下에서 적절한 굴을 만들어 소리의 효율을 높인

다(Bennet-Clark 1970, Michelsen 과 Nocke 1974, Ulagaraj 1976, Nickerson 등 1979). 이 誘引음은 種에 따라 특유하여 분류에 있어서 중요성이 강조되고 있으며(Walker 1957, Alexander 1967, Nevo 와 Blondheim 1972, Ulagaraj

와 Walker 1973, Forrest 1983) 同種의 개체들만 유인하므로 이상적인 방제 수단이 될 수 있을 것으로 기대되어 최근 유인 효과에 관한 연구들이 이루어지고 있다(Ulagaraj 와 Walker 1975, Walker 1982, Dong 과 Beck 1982, Matheny 등 1983). 한국에서는 「땅강아지」(*Gryllotalpa africana*) 1種만이 알려졌는데, 이種의 유인음에 관하여는 周波數와 振動數가 기록되어 있으나(Nickle 과 Castner 1984), 그 외에는 거의 보고된 것이 없다. 앞으로 이러한 유인음의 특성, 전달 과정, 기능 등에 관한 많은 자료가 축적될 경우 야외 개체군의 동태나 방제에 이용 가능성을 파악하는데 도움이 될 수 있을 것으로 보인다.

본 연구에서는 야외에서 이種이 유인음을 내는 것을 관찰하고 그 유인력을 조사하여 유인음에 관한 연구의 실마리를 제공하고자 하였다.

재료 및 방법

땅강아지의 走音성에 관한 조사

1990년과 1992년에 경기도 화성군 반월면 당수리 소재 한국인삼연초연구소 경작시험장 내에서 수행하였다. 야외에서 땅강아지 誘引음이 발생하는 地面의 굴 입구 15cm 위에서 휴대용 radio cassette recorder(Toshiba, KT-RS30, autoreverse, stereo)에 연결된 소형 microphone으로 녹음하였다. 녹음된 유인음을 자동차 용 cassette recorder(Daewoo CA-606N, 12V, autoreverse)에 연결된 2개의 horn speaker(직경 15 cm)를 통해 야외에 放射하였다. 유인된 개체를 포획하기 위해 일반적으로 사용되는 直徑 1.5 m의 funnel(Ulagaraj 와 Walker 1973)보다 10 cm 좁은 직경 1.4 m의 funnel(높이 75 cm)을 윗부분이 115 cm의 높이로 철제 받침대에 올려놓고 직경 5 cm의 원통형으로 만들어진 밑부분은 목이 넓은 1000 ml 유리병(suction jar)에 끼워 유인된 개체가 수집되도록 하였다(그림 1). Funnel 중심으로부터

半徑 2, 4, 6, 8 m의 圓을 그려 유인 개체의 着地 위치를 조사하였다. 유인 장치는 6V 乾電池 4개를 직렬과 병렬로 연결하여 작동시켰으며, 350~400 m 떨어져 있는 3개의 大形 보안등 불빛을 이용하여 유인 개체를 認知하고 시간과 雌雄 및 着地 위치를 확인하였다. 유인음의 크기는 speaker의 15 cm 위에서 105~110dB(sound meter SM-7, Onsoku corp.)로 조절하였다.

땅강아지 성충의 性比 조사

1990년 秋期 유인음의 放射와 같은 시기에 실시하였는데 同 시험장 내의 2개소에 설치된 20W lamp(FL 20SBLB, SANKYO DENKI) 4개를 단 blacklight trap에 9월 16일~10월 15일에 유인된 성충과 同 지역의 야외 토양 내에서 9월 20일~10월 10일에 5일 간격으로 晝間에 채집된 성충, 그리고 9월 15일 야외의 토양 내에서 채집된 若蟲 52마리를 실내에서 사육하여 10월 10일까지 羽化한 성충을 대상으로 性비를 조사하였다.

결과 및 고찰

땅강아지는 야외에서 地表 밑에 굴을 파고 입구를 통해 誘引음을 내었다. 길고 높은 誘引음이 발생하는 곳을 찾아 흙을 뚫을 때 항상 雄蟲이 채집되었으며, 짧고 낮으며 斷續적인 “끄르륵 끄르륵”하는 소리도 이따금 들을 수 있었으나 소리를 내는 개체는 잡을 수 없었다. 富澤(1962)은 雄蟲은 길게 울며, 雌蟲은 낮고 짧은 連續音を 낸다고 하였는데 야외에서의 낮은 소리는 雌蟲의 우는 소리로 추측된다. 翁충의 유인음에 사람이 접근시 유인음이 때로 일시 중단되었으나 조용히 정지하면 다시 소리를 내어 유인음의 強度를 측정하고 녹음할 수 있었는데, 비가 온 다음날 8마리의 強度를 굴 입구 15 cm 위에서 조사한 결과 77~80 dB이었다. 秋期에 녹음된 음은 2000 Hz 정도의 그림 2와 같은 波形을 보였다.

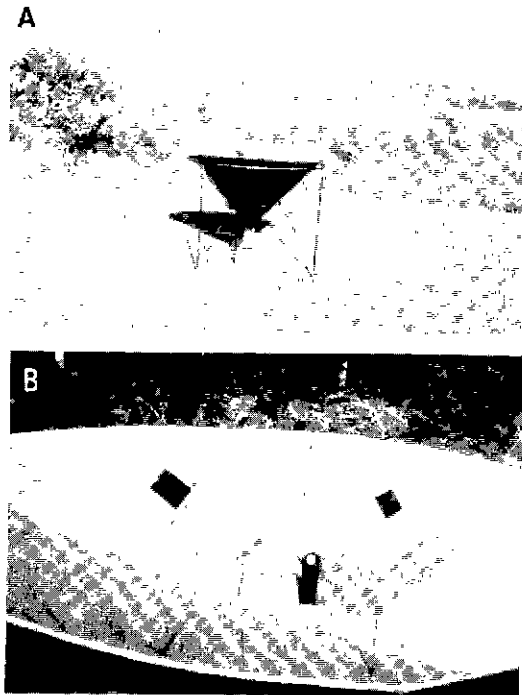


Fig. 1. Sound trap(A) used to attract mole crickets. It consisted of a sheet metal funnel(1.4 m diameter) with two horn speakers(B), a cassette recorder box, and a jar.

이 雄蟲의 녹음된 誘引音を 야외에서 직경 1.4 m funnel의 중앙에 장치된 두 개의 speaker를 통해 105~110 dB로 증폭하여 放射한 후 성충이 유인되는 시간과 着地 위치 및 性비를 조사하였다. Kim 등(1989)은 야외의 땅강아지 성충 밀도는 春期보다 秋期에 월등히 높는데 춘기는 産卵期, 秋期는 羽化期라고 하였으며, 富澤(1962)은 이 種이 春期에는 産卵 장소로의 이동을 위해, 秋期에는 越冬 장소로의 이동을 위해 飛翔한다고 하여 春期, 秋期の 飛翔 활동의 목적이 다름을 언급하였다. 따라서 誘引音 및 처리 시기를 春期和 秋期로 구분하여 조사를 실시하였다.

그 결과 한마리 이상 유인된 5일간의 總誘引數를 보면 1990년에 비해 1992년에는 크게 줄었는데, 이는 9월 21~30일의 blacklight trap 유인 성충수가 1990년에 106마리, 1992년에는

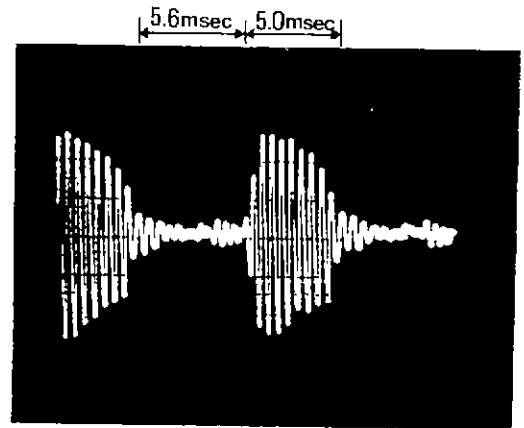


Fig. 2. Oscillogram of a tape recording of a *G. africana* male calling song. Time span is 5msec. the temperature during recording was not measured.

53마리였던 것으로 미루어 야외 밀도가 낮았기 때문으로 보인다. 위의 유인 장치 즉 sound trap에 성충이 유인되는 시간은 대체로 雌雄 사이에 뚜렷한 차이 없이 日沒 후 30분 정도 지나 어둠이 덜한 직후부터 약 1.5시간 동안으로 春期에는 8:00~8:30時에, 秋期에는 7:00~7:30時에 전체의 60% 이상이 유인되었다(표 1). 이러한 유인 시간은 성충의 飛翔 시간(Kim 등 1989) 내에 거의 포함되고 있어 雄蟲의 유인음에 주로 飛翔 개체들이 반응하는 것으로 보인다.

땅강아지의 유인된 성충은 대부분 날라서 접근하여 發音源 주위에 着地하였는데, 春期, 秋期 유인음에 있어 모두 14.3~16.7%가 funnel 안에 떨어졌고, 65.7~74.7%가 發音源에서 2m 이내의 地面에 着地하였으며, 雌雄에 따른 着地 위치에 차이가 없었다. 그러나 Matheny 등(1983)은 *Scapteriscus acletus*와 *S. vicinus*에 있어 직경 1.5 m의 funnel 안에 각각 36%와 7.5%가 着地한다고 하여 着地 위치는 種에 따라 차이가 있는 것으로 보였고 또한 發音源으로부터의 거리가 증가할수록 유인 개체의 雌蟲率은 줄고 雄蟲率은 높아진다고 하여 본 조사에서와 다른 결과를 보고하였다. 유인된 개체의 性비에 있어서도 春期, 秋期 유인음 사이에 뚜렷한

Table 1. Time of adults attracted to male calling songs in *Grylotalpa africana*

Time(p.m.)	Total no. adults attracted for five nights								
	to fall song(1990)			to spring song(1992)					
	in fall			in spring			in fall		
	♀	♂	Total(%)	♀	♂	Total(%)	♀	♂	Total(%)
06:30-07:00	2	0	2(2.1)	0	0	0(0)	3	1	4(11.4)
07:00-07:30	37	22	59(62.1)	0	0	0(0)	18	5	23(65.7)
07:30-08:00	21	8	29(30.5)	1	1	2(11.1)	4	3	7(20.0)
08:00-08:30	4	1	5(5.3)	9	4	13(72.2)	1	0	1(2.9)
08:30-09:00	0	0	0(0)	2	1	3(16.7)	0	0	0(0)
09:00-09:30	0	0	0(0)	0	0	0(0)	0	0	0(0)
Time of sunset	6:10-6:30			7:35-7:50			6:15-6:35		

*Tape recordings of male calling songs were broadcasted outdoors by two horn speakers(15 cm diameter) installed at the center of a funnel (1.4 m diameter). Intensities were 105~110dB at 15 cm above the speakers.

Table 2. Distance from sound source of male calling songs to landing position of flying *G. africana* adults attracted to the sound

Distance(m)	Total no. adults attracted for five nights.								
	to fall song(1990)			to spring song(1992)					
	in fall			in spring			in fall		
	♀	♂	Total(%)	♀	♂	Total(%)	♀	♂	Total(%)
In funnel	9	6	15(15.8)	2	1	3(16.7)	4	1	5(14.3)
0-2	49	22	71(74.7)	9	3	12(66.6)	16	7	23(65.7)
2-4	5	3	8(8.4)	1	2	3(16.7)	5	1	6(17.1)
4-6	1	0	1(1.1)	0	0	0(0)	0	0	0(0)
6-8	0	0	0(0)	0	0	0(0)	1	0	1(2.9)
Total	64	31	95	12	6	18	26	9	35
(%)	(67.4)	(32.6)		(66.7)	(33.3)		(74.3)	(25.7)	

*Data were obtained from the treatments in Table 1.

차이가 없이 雌雄이 모두 유인되었으며 그 중에도 雌蟲이 66.7~74.3%로 뚜렷이 많았다(표 2). Sound trap 유인 개체의 性比를 야외 개체군과 비교하기 위해 1990년의 秋期에 blacklight trap에 유인된 개체와 晝間에 야외의 토양 내에서 채집한 개체, 그리고 실내에서 사육하여 우화시킨 개체의 雌蟲率을 조사한 결과(표 3) 각각 77.6%, 69.3%, 72.0%로 모든 개체에서 雄蟲에 비해 雌蟲이 많았다. 이로 미루어 보아 1990년 秋期에 유인된 개체의 雌蟲率이 높았던 것은 야외 개체군의 性比 때문으로 차등 유인음에 더 잘 유인되는 것은 아니라고 판단된다. Ulagaraj와 Walker(1973)도 *S. acletus*와

*S. vicinus*에 있어 雌蟲, 雄蟲에 관계 없이 그리고 雌蟲의 교미 여부에 관계 없이 같은 정도로 雄蟲의 유인음에 유인되는 것 같다고 하였다. 그러나 Matheny등(1983)은 *S. acletus*와 *S. vicinus*의 유인 개체에 있어 각각 76.7%와 88.2%의 雌蟲率을 보고하고 있는데 이러한 높은 雌蟲率이 과연 야외 개체군이 性比에 기인하는지는 의문이며 유인 개체의 性比와 관련하여 계속 조사가 이루어져야 할 것으로 보인다. Ulagaraj와 Walker(1973)는 着地 후의 행동을 관찰하고 처녀 雌蟲은 着地 후 雄蟲의 굴로 달려가지만 교미 雌蟲이나 雄蟲은 다른 곳으로 가서 굴을 파는 것으로 추측된다고 기술하고

있는데, 본 조사에서 着地 후 着地 지점 주위에서 또는 發音源 쪽으로 이동하여 땅속으로 파고 들거나 때로 發音源 반대 방향으로 달아

나는 개체들이 목격되었으나 어둠 속에서 명확히 관찰할 수 있는 기구가 없어 정확한 조사는 수행치 못하였다.

Table 3. Sex ratios of *G. africana* adults(1990)

Individuals	Total no. individuals	Female(%)
Captured by two blacklight trap between Sept. 16—Oct. 15 ^a	156	77.6
Collected from soil in field between Sept. 20—Oct. 10 ^b	75	69.3
Emerged in laboratory between Sept. 15—Oct. 10 ^c	25	72.0

^a The blacklight trap was equipped with four 20 W lamps(FL20SBLB, SANKYO DENKI).

^b Collections were conducted during daytime at the interval of 5 days.

^c Fifty-two nymphs were collected on September 15 in the field and were reared under laboratory conditions.

Ulagaraj와 Walker(1973)는 雄蟲 유인음의 기능이 교미를 위한 신호와 적절한 서식처를 알리는 신호로 함께 이용된다고 제안하였다. 본 種에 있어서 春期和 秋期 雄蟲의 유인음은 서로 차이가 없는 것으로 보이며, 雌雄 모두 유인되는 것으로 미루어 앞에서와 같이 교미를 위한 신호와 서식처를 알리는 신호의 두 가지 기능을 갖는 것이 아닌가 생각된다. 그러나 이러한 유인음의 기능에 관하여는 앞으로 着地 후의 행동 습성 규명을 포함한 많은 연구가 수행되어야 명확히 밝혀질 것으로 보인다.

땅장아지의 약의 밀도가 높은 秋期에 sound trap의 funnel 안 및 그 중심에서 2 m 거리에 着地한 성충수와 sound trap에서 250 m 정도 떨어진 blacklight(BLB) trap에 같은 날 유인된 성충수를 비교해 본 결과(표 4) 대체로 sound trap에서 다소 많은 경향을 보였다. 물론 sound trap에서는 funnel 밖에 着地하는 개체들도 포함되어 똑같이 비교할 수는 없으나 이들 유인 개체를 포획할 수 있을 경우 BLB trap 못지 않은 誘殺 효과를 거둘 수 있을 것으로 생각된다. Walker(1982)는 1 개소의 1.5 m 직경 sound trap에 하루 밤에 *S. acletus*가 3, 297마리, *S. vicinus*가 1,216마리 유인된 적이 있으며, 1년에 각각 27,069마리와 2,959마리가 유인되었다고 하였다. 그는 Matheny등(1983)

이 보고한 funnel안에 잡히는 percent를 근거로 sound trap 주위에 着地하는 개체를 포함하는 두 種의 전체 유인 성충수를 계산하여 하루 밤에 9,158마리와 16,213마리, 1년에 75,192마리와 39,453마리라는 수치를 얻고는 놀라움을 나타냈다. Ulagaraj와 Walker(1973, 1975)는 雄蟲의 유인음에 同 種의 개체만 유인되게 하는 요인은 周波數와 振動數로, 이 요인을 같게 하고 強度를 自然音 이상으로 높힌 合成 유인음에 가장 많은 성충이 유인되었으며, 이러한 많은 數의 비상 개체의 유인은 이들을 驅除하거나 또는 liming을 조절하는 수단으로서 방제에 유용함이 입증될지도 모른다고 기술하였다. 그러나 Dong과 Beck(1982)은 조사 결과 일반적으로 사용되는 직경 1.5 m sound trap에 잡힌 모든 개체를 죽인다 해도 뒤 이은 유인수에는 영향을 미치지 못하므로 sound trapping이 실질적으로 개체군을 감소시키지 못한다고 하였다. 또한 그는 Hartstack등(1971)이 light trap의 경우에서 제시한 것처럼 trap 수를 늘려 방제할 수 있을지 모르나 많은 trap은 購入과 稼働에 비싼 경비가 들며 더우기 유인된 개체들의 다수가 포획되지 않음으로써 극부적인 개체군을 증가시킨다고 기술하고, 위 trap은 방제에 거의 효과가 없는 것으로 결론을 내렸다. 이러한 부정적인 견해도 불구하고 표 4

Table 4. Numbers of *G. africana* adults attracted to a sound trap and a blacklight trap

Date	Sound trap ^a	Blacklight trap ^b
1990		
Sept. 20	19	4
Sept. 25	2	0
Sept. 27	27	41
Sept. 28	35	16
Oct. 5	3	0
Total	86	61
1992		
Sept. 18	8	11
Sept. 21	3	2
Sept. 23	1	3
Sept. 30	5	0
Oct. 1	11	0
Total	28	16

^a Number of adults landing in the funnel and at the distance of within 2 m from the center of the funnel.

^b The trap consisted of four 20 W lamps (FL 20SBLB, SANKYO DENKI) mounted vertically at the center of four radiating baffle plates over the mouth of a funnel (50 cm in diameter) and was placed at the distance of about 250 m from the sound trap.

의 결과와 Walker(1982)가 제시한 유인 개체 수 그리고 유인음의 強度에 따라 유인수가 많아진다는 보고 등은 앞으로 보다 많은 유인음에 관한 지식을 토대로 적절한 sound trap의 수나 크기, 유인음의 強度 등을 결정하여 trapping의 효율을 높일 경우 유인음이 同種의 개체들만 방제할 수 있는 보다 이상적인 방제수단이 될 것이라 기대된다.

사 사

본 조사에 사용된 sound trap과 blacklight trap의 제작 및 작동에 많은 도움을 준 한국인 삼연초연연구소 경작시험장의 이오복 기사와 한동희 기사께 깊은 감사를 드린다.

인 용 문 헌

Alexander, R.D. 1967. Acoustical communication in arthropods. *Ann. Rev. Entomol.* 12: 495~526.

Bennet-Clark, H.C. 1970. The mechanism and efficiency of sound production in mole crickets. *J. Exp. Biol.* 52: 619~652.

Dong, N. & H.W. Beck. 1982. Mark-release of sound-attracted mole crickets: flight behavior and implications for control. *Fla. Entomol.* 65: 531~538.

Forrest, T.G. 1983. Phonotaxis and calling in Puerto Rican mole crickets(Orthoptera: Gryllotalpidae) *Ann. Entomol. Soc. Am.* 76: 797~799.

富澤純士. 1962. 케라의生態と防除. *植物防疫* 16: 196~198.

Hartstack, A.W. Jr., J.P. Hollingsworth, R.L. Ridgway and H.H. Hunt. 1971. Determination of trap spacings required to control an insect population. *J. Econ. Entomol.* 64: 1090~1100.

Kim, K.W., S.S. Kim & J.S. Son. 1989. The oviposition period, emergence period, and flight activity of the African mole cricket(*Gryllotalpa africana* Palisot de Beauvois) adult damaging ginseng plants. *Korean J. Ginseng Sci.* 13: 119~122 (In Korean with English summary).

Matheny, E.L. Jr., R.L. Kepner & K.M. Portier. 1983. Landing distribution and density of two-attracted mole crickets(Orthoptera: Gryllotalpidae: *Scapteriscus*). *Ann. Entomol. Soc. Am.* 76: 278~281.

Michelsen, A. & H. Nocke. 1974. Biophysical aspects of sound communication in insects. *Adv. Insect Physiol.* 10: 247~296.

Nevo, E. & S.A. Blondheim. 1972. Acoustic isolation in the speciation of mole crickets. *Ann. Entomol. Soc. Am.* 65: 980~981.

Nickerson, J.C., D.E. Snyder & C.C. Oliver. 1979. Acoustical burrows constructed by mole crickets. *Ann Entomol. Soc. Am.* 72: 438~440.

Nickle, D.A. & J.L. Castner. 1984. Introduced species of mole crickets in the United States, Puerto Rico, and the Virgin Islands (Orthoptera: Gryllotalpidae). *Ann. Entomol. Soc. Am.* 77: 450~465.

Ulagaraj, S.M. 1976. Sound production in mole crickets (Orthoptera: Gryllotalpidae: *Scapteriscus*). *Ann. Entomol. Soc. Am.* 69: 299~306.

Ulagaraj, S.M. & T.J. Walker. 1973. Phonotaxis of crickets in flight: attraction of male and female crickets to male calling songs. *Science.* 182: 1278~1279.

- Ulagaraj, S.M. & T.J. Walker. 1975. Response of flying mole crickets to three parameters of synthetic songs broadcast outdoors. *Nature*. 253: 530~531.
- Walker, T.J., JR. 1957. Specificity in the response of female tree crickets (Orthoptera, Gryllidae, Oecanthinae) to calling songs of the males. *Ann. Entomol. Soc. Am.* 50: 626~636.
- Walker, T.J. 1982. Sound traps for sampling mole cricket flights (Orthoptera: Gryllotalpidae: *Scapteriscus*) *Fla. Entomol.* 65: 105~110.
(1992년 10월 12일 접수)