

Anagrus incarnatus Haliday의 기주선택 및 교미행동과 이의 생식방법에 관한 연구

Host Finding, Mating Behavior and Their Reproduction Mode of *Anagrus incarnatus* Haliday

張 英 德¹·呂 允 壽¹·金 容 憲²

Y. D. Chang¹, Y. S. Yeo¹, and Y. H. Kim²

ABSTRACT The host finding, oviposition of *Anagrus incarnatus* Haliday and the sex ratio of its offsprings was determined. Both male and female mate immediately after emergence and the female parasitoid search for host eggs by drumming with antenna immediately after release on the rice seedlings. Time required for the host searching, drumming with antenna, tapping and inserting with ovipositor, and ovipositing of *A. incarnatus* takes 188.5, 17.5, 72.4 and 206.7 seconds, respectively. The time required for mating takes 16-21 seconds. The sex ratio of offsprings between female and male was about 3:1 in mated females and all the offsprings emerged from the eggs of unmated females were males. So, *A. incarnatus* can reproduce zygotenetically and parthenogenetically and the mode of parthenogenetic reproduction was an arrhenotokous parasitoid.

KEY WORDS *Anagrus incarnatus*, host finding, mating behavior

초 록 벌구류의 난기생봉인 *Anagrus incarnatus* Haliday의 기주탐색, 교미행동, 산란습성 그리고 생식형태를 조사한 결과는 다음과 같다. 卵塊가 있는 엽초까지 도달하는데 소요되는 시간은 평균 188.5초였고 기주에 도달후 안테나의 drumming시간은 17.5초, tapping 72.4초, 삽입하여 산란하는데 206.7초 걸렸으며 교미 시간은 16~21초 정도였다. 본 종은 양성생식과 단위생식을 겸하며 교미시의 암수 비율은 약 3:1이었고 雌性單位 生殖型이었다.

검 색 어 *Anagrus incarnatus*, 기주선택, 교미행동

기생봉들이 기주를 찾아서 산란할 때까지의 과정에 대하여 Salt(1934, 1935, 1937)는 3단계, Edward(1954), Doutt(1959)등은 4단계, Vinson & Iwantsch(1980)는 5단계를 거치게 된다고 보고하고 있는데 이러한 과정을 명확히 구분하기는 어려우며 연속적으로 행동이 이루

어진다. 일단 기주선택과 정확한 산란장소가 결정되면 산란이 시작되는데 벌목을 비롯한 몇 가지 눈에 속하는 곤충을 제외한 대부분의 곤충들은 암수가 수정을 통하여 감수분열을 거쳐 생식하게 되는데 *Anagrus incarnatus*의 교미행동에 관하여는 아직 알려진 바 없으나 같은 속인 *A. optabilis*의 경우 우화직후 암컷 한 마리에 숫컷 3~4마리가 달려들어 교미가 이루어지는데 15~20초가 소요된다고 하였다(Sahad 1984). 벌목에 속하는 기생봉들은 단위생식 또

1 충남대학교 농과대학 농생물학과(Dept. of Agricultural Biology, Chungnam National University)

2 농업기술연구소 곤충과(Agricultural Sciences Institute, RDA, Suwon, Korea)

는 多胚生殖을 하게 되는데, 특히 단위생식의 경우는 암컷만 생산하는 경우, 수컷만 생산하는 경우, 그리고 암수 어느것으로도 될 수 있는 소위 半數倍數性 생식을 하게 된다. 반수체 미수정난은 숫놈이 되고 배수체 수정난은 암컷이 되게 된다. 이와 같이 기생봉들은 복잡한 생식방법을 가지고 있기 때문에 교미한 암컷이 산란할 때 미리 그 수정여부를 알 수 있다면 우리는 성비를 마음대로 조절할 수 있을 뿐만 아니라 산란수의 조절은 물론 이들 기생봉 다량 번식시키는데 매우 큰 역할을 할 수 있을 것으로 생각되고 있다(Doutt 1959).

그러나 왜 이렇게 기생봉들이 자의대로 암수를 조절하여 산란하는지에 대하여는 온도 및 기주를 비롯한 환경의 영향일 것이라는 것일뿐 아직 정확히 밝혀진 바는 없다. 다만 이와 같은 사실은 기생봉을 도입할때에 기생율을 높이기 위한 하나의 증식전략방법으로서 기주의 분포와 밀도 조절 가능성이 매우 크기 때문이다. 따라서 雌性單位生殖을 하는 기생봉들은 성비의 변화가 크므로 이들을 이용한 방제는 제한점을 갖게 된다.

따라서 본 실험은 실내에서의 조사를 통하여 실질적으로 야외에서의 활용 가능성이 있을런지를 알아보기 위하여 기주탐색 과정과 생식방법의 형태를 조사하게 되었다.

재료 및 방법

벼멸구 난속에 기생하는 *A. incarnatus*가 우화하기 전에 암수를 각각 해부현미경하에서 분리하여 개체별로 우화시킨 후 처녀 암컷과 수컷을 동시에 같은 플라스틱 샤아레($\phi 9 \times 3$ cm)에 넣고 교미행동 및 소요시간을 조사하였다. 또한 기주탐색시간과 산란행동시간을 조사하기 위해서 플라스틱 샤아레 양측에 직사각형(2×1 cm)으로 4개의 구멍을 뚫고 벼멸구가 산란된 3 cm 정도의 벼줄기 부위에 30% sucrose를 바른 다음 플라스틱 샤아레에 넣었다. 기생봉은 벼줄기로부터 7 cm 정도 떨어진

거리에서 접촉하였다. 그리고 관찰이 용이하도록 플라스틱 덮개 대신에 투명한 유리를 덮고 해부현미경으로 관찰하였으며 각 행동단계의 시간을 stop watch로 측정하였다. 한편, 성비조사를 위해서 *A. incarnatus*를 교미한 암컷과 교미하지 않은 암컷을 각각 5마리의 벼멸구 난이 산란된 벼줄기에 접촉하고 그 후 20일 동안 우화하는 기생봉의 암수를 조사하였다. 벼멸구의 산란수 조사는 시험관에 20일묘를 넣고 1일간 산란시킨후 기생봉을 접촉하고 30% sucrose를 먹이로 주고 매일 유묘를 갈아주면서 일별 산란수 및 총산란수를 조사하였다.

결과 및 고찰

*A. incarnatus*의 교미행동을 관찰한 결과 기주로부터 우화되어 나오자마자 교미가 이루어졌으며 수컷은 암컷에 유인되어 암컷을 쫓아가 다리로 암컷을 움켜쥐고 삼입기를 생식공에 밀어 넣음으로써 교미가 이루어 졌는데 교미시간은 16~21초가 소요되었고 교미는 1회만 이루어 졌으나 교미를 한 암컷과 수컷은 다시 한번 더 하기도 하나 다른 수컷과는 교미를 하지 않았다. 처녀 암컷 한 마리는 대개 수컷 3~4마리가 달려 들었다. 이와같은 속에 속하는 *A. optabilis*와 거의 유사한 교미행동을 하는 것을 알 수 있었다(Sahad 1984). 그리고 *Anagrus incarnatus*가 기주를 발견하여 산란할 때까지의 소요시간을 조사한 결과 표 1에서 보는 바와 같이 난피가 위치한 엽초까지 도달하는 시간은 평균 188 ± 37.6 초 였으며 가장 늦은 개체는 460초, 가장 빠른 개체는 83초가 소요되었다. 일단 기주에 도달하면 안테나의 drumming이 시작되는데 평균 17.5 ± 1.96 초 동안 계속되었으며 짧게는 10초, 길게는 26초 동안 계속하면서 한 난피가 있으면 한 쪽 끝으로부터 다른 한쪽까지 자신이 산란할 것인지의 여부를 확인하고 다시 되돌아와 산란에 적합한 위치를 찾는다. 그런 다음 안테나를 위로 쳐들면서 3쌍의 다리는 넓게 벌려서 자세를 낮추고

gaster를 밑으로 약간 내리고 산란관을 내어 tapping(찌르기)이 시작된다. Tapping은 적합한 곳을 찾아 몇번씩 찢러 본후 가장 적합한 곳이라고 결정되면 삽입이 시작되었으며 이는 평균 72.4 ± 6.6 초 걸렸으며 빠른 것은 51초, 늦은 것은 121초가 소요되었다. 산란관의 4/5 정도까지 들어갈 정도로 깊이 박는데, 직접 알 표면을 찢는 것이 아니라 반드시 엽초위를 뚫게 되는데 난표면이 끈끈한 물질의 왁스층으로 되어 있기 때문이라고 생각된다. 그러나 일단 부적합하다고 판단되면 산란관을 완전히 빼지 않고 3/5정도만 뺀후 몸을 옆으로 비스듬히 들고 삽입방향을 바꾸어서 다시 찢르게 된다. 일단 산란이 시작되면 안테나와 gaster는 빠르게 진동했으며 산란시간은 평균 206.7 ± 68 초 소요되었으며 짧게는 181초, 길게는 220초가 소요되었다. 기주를 찾기 시작해서부터 산란이 끝날때 까지 총소요 시간은 평균 461 ± 29.8 초가 걸렸는데 최단은 404초, 최장 596가 소요되었다. 단 하나의 기주(난)에 산란이 시작되면 연속적으로 계속해서 이루어진다는 사실을 관찰할 수 있었다.

이상의 실험을 통해서 볼 때 본 실험에서는 기생충을 직접 기주사육장소에 넣었으므로 기주탐색과정단계로 볼 때 제 2단계인 기주 발견 단계부터 시작되었다고 볼 수 있다. 즉 산란된 부분인 엽초에 도달할 때까지 188초 걸려서 제 3단계인 기주수용단계를 거쳐 기주적합성이 인정된 후에야 산란이 시작되는데 본 기생충은 drumming(175초)에서 tapping(72.4초)을 거쳐 산란관을 삽입(206.7초)하여 산란할 때까지 총 461초가 소요되었다. Arthur(1981)는 기주탐색과정에 관한 제인자들로써 기주의 크기, 형태, 표면의 촉감정도, 산란할 때 움직임이며 행동하는데 편안감 등의 물리적 요인과 기주로부터의揮發性, 또는 非揮發性 화학물질 성분에 의하여 영향을 받는다고 하였는데 앞으로 이와 관련해서 상세한 연구가 이루어져야 할 것으로 본다. 그러나 산란할 때까지의 소요 시간으로 보아 본 기생충은 461초가 소요되는데 대해 같은 속에 속하는 *A. flaveolus*는 34분, 산란시간은 3분이 걸렸으며(Chandra 1980), *A. optabilis*는 1회 산란에 8~10분이 걸리고 기주조건이 충분할 경우 8~10시간 동안이나 계속적으로

Table 1. Time required for host searching and ovipositional behaviour of *A. incarnatus* in the plastic petri-dish*

Replicates	Host searching (sec)	Drumming with antenna (sec)	Tapping and inserting with ovipositor(sec)	Ovipositing with ovipositor (sec)	Total (sec)
1	291	10	83	212	596
2	121	15	66	202	404
3	85	26	121	215	447
4	85	25	77	220	489
5	217	21	70	181	407
6	132	23	59	210	424
7	178	20	86	—	—
8	460	13	55	—	—
9	233	12	56	—	—
10	83	10	51	—	—
Mean \pm S.E	188.5 ± 37.65	17.5 ± 1.96	72.4 ± 6.62	206.7 ± 5.68	461.2 ± 29.85

* Plastic pertri-dish was perforated in 4 sites with 2×1 cm.

Table 2. Sex ratio of *A. incarnatus* in relation to its mating^a

Replicates	No. of parasitoids without mating		No. of parasitoids with mating (%)	
	Female	Male	Female	Male
1	0	10	10(83)	2(17)
2	0	13	12(75)	4(35)
3	0	15	7(64)	4(36)
4	0	10	21(78)	6(22)
5	0	17	20(77)	6(23)
Mean	0	13	14.6(75.4)	4.4(24.6)

^a *A. incarnatus* were introduced in the egg masses of BPH at constant temperature with $25 \pm 1^\circ\text{C}$.

산란을 한다고 보고하고 있어(Sahad 1984), *A. incarnatus*와 상당한 시간적 차이가 있었던 것은 아마도 본 실험이 소형 plastic용기내에서 수행됨에 따라 좁은 공간내에서 각종 물리적 요인과, 4개의 구멍에 의해 통풍이 원활이 되어 화학물질의 전달이 용이했기 때문에 빨리 산란이 이루어졌다고 생각된다.

한편, 표 2에서 보는 바와 같이 교미하지 않은 암컷에서 낳은 알은 전부 숫컷만 생산되고 교미한 암컷에서 낳은 알은 암수 모두다 나왔으며 이의 암수 비율은 약 3:1이었다. 따라서 *A. incarnatus*는 양성 생식과 단위 생식을 함께 하는데 본 기생충은 단위 생식 중 자성단위생식을 합을 알 수 있었다. 즉 자성단위생식을 하는 기생충의 수정낭이 정자만을 갖고 있을 때 성이 변화하게 되며 그 난의 성은 산란 도중에 결정되는데 Flander(1939)는 정자를 수관관으로 방출시키는 수정낭의 자극은 일반적으로 외부환경에 의하여 유발되며 단위생식에 있어서 성비는 수정낭의 작용이 불안정한 환경요인에 의하여 결정되기 때문에 성비의 변화가 크다고 하였고, 교미한 암컷위 수정낭에 저장되어 있는 정자는 정지상태에 있으며 정자가 수정되기 위하여 수정관으로 이동하기 전에 자극요인이 발생되어야 하는데, 이 자극요인은 수정낭선에서 발생된다고 보고하였다. 한편, White(1954)는 성비가 변한다는 것은 자성단

위생식형의 고유특성이라고 하였다.

그런데, Chantarasa-ard 등(1984)과 Otake(1969)등도 *A. incarnatus*의 성비와 생산력은 개체간에 변이가 크다고 보고한 바 있다. 또한, Sahad(1982)에 의하면 *A. optabilis*도 *A. incarnatus*와 마찬가지로 교미하지 않은 것에서의 자손은 전부 숫컷이 나오고 교미한 개체에서는 암수 모두 나온다고 보고하였다. 그러나 교미한 것에서 암컷과 숫컷의 비율이 *A. optabilis*에서는 평균 4.6:1이었고 최고 9.2:1, 최저 18:1로서 개체간의 편차가 매우 컸던 반면에 본 기생충의 암수 비율은 3:1로서 개체간에 차이가 적었던 점에서 다른 두 종과 차이가 있음을 알 수 있다.

인 용 문 헌

- Author, A. P. 1981. Host acceptance by parasitoids. *In Semiochemicals : their role in pest control*. Edited by D. A Nordlune, R. L. Jones and W. J. Lewis. John Wiley & Sons, New York. pp. 306.
- Chandra, G. 1980. Taxonomy and bionomics of the insect parasites of the insect parasites of rice leafhopper and planthoppers in the Philippines and their importance in natural biological control. *Philipp. Ent.* 4(3) : 119~139
- Chantarasa-ard, S. 1984. Preliminary study on the overwintering of *Anagrus incarnatus* Haliday (Hymenoptera: Mymaridae), an egg parasitoid of the rice planthoppers. *Esakia*. 22 : 159~162.
- Chantarasa-ard, S. & Y. Hirashima. 1984a. Ecological studies on *Anagrus incarnatus* Haliday (Hymenoptera: Mymaridae), an egg parasitoid of the rice planthoppers. I. Functional response to host density and mutual interference. *J. Fac. Agr. Kyushu Univ.* 29(1) : 59~66.
- Chantarasa-ard, S. & Y. Hirashima. 1984b. Ditto. II. Spatial distribution of parasitism and host eggs in the paddy field. *J. Fac. Agr. Kyushu Univ.* 29(1) : 67~76.
- Chantarasa-ard, S., Y. Hirashima & T. Miura. 1984. Effect of temperature and food the development and reproduction of *Anagrus incarnatus* Haliday (Hymenoptera: Mymaridae), an egg parasitoid of the rice planthoppers. *Esakia*. 22 : 145~158.
- Clausen, C. P. 1940. *Entomophagus insects*. New

- York and London. McGraw-Hill. pp. 688.
- Doutt, R.L. 1959. The biology of parasitic Hymenoptera. *Ann. Rev. Ent.* 4 : 161~182
- Edwards, R. L. 1954. The host-finding and oviposition behavior of *Mormoniella vitripennis*(Walker), a parasite of muscoid flies. *Behavior.* 7 : 88~112.
- Flanders, S. E. 1939. Environmental control of sex hymenopterous insects. *Ann. Entomol. Soc. Am.* 32 : 11~26.
- Graham, H. M. 1959. Effects of temperature and humidity on the biology of *Therioaphis maculata* (Buckton). *Univ. California Publ. Entomol.* 16 : 47~80.
- Okate, A. 1967. Studies on the egg parasites of the smaller brown planthopper, *Laodephax striatellus* (Fallen) (Hemiptera: Delphacidae). I. A device for assessing the parasitic activity and the results obtained in 1966. *Bull. Shikoku Agric. Exp. Sta.* 17 : 19~103.
- Okate, A. 1968. Ditto. II. Development of *Anagrus nr. flaveolus* Waterhouse(Hymenoptera: Mymaridae) within its host. *Bull. Shikoku Agric. Exp. Sta.* 17 : 91~103.
- Okate, A. 1969. Ditto. III. Longevity and fecundity of *Anagrus nr. flaveolus* Waterhouse(Hymenoptera: Mymaridae). *Jap. J. Ecol.* 19(5) : 192~196.
- Okate, A. 1970. Estimation of parasitism by *Anagrus nr. flaveolus* Waterhouse(Hymenoptera: Mymaridae). *Entomophaga.* 15(1) : 83~92.
- Okate, A. 1977. Natural enemies of the brown planthopper. *In* The rice brown planthopper. ASPAC, Taiwan. pp. 257.
- Sahad, K. A. 1984. Biology of *Anagrus optabilis*(Perkins)(Hymenoptera: Mymaridae). *Bull. Inst. Trop. Agr. Kyushu.* 7 : 1~78.
- Sahad, K. A. & Y. Hirashima. 1984. Taxonomic studies on the genera *Gonatocerus* Nees and *Anagrus* Haliday of Japan and adjacent regions, with notes on their biology(Hymenoptera: Mymaridae). *Bull. Inst. Trop. Agr. Kyushu Univ.* 7 : 1~78.
- Salt, G. 1934. Experimental studies in insect parasitism. II. Superparasitism. *Proc. Roy. Soc. Lond., Ser. B114* : 455~476.
- Salt, G. 1935. Ditto. III. Host selection. *Proc. Roy. Soc. Lond., Ser. B117* : 413~435.
- Salt, G. 1937. Ditto. V. The sense used by *Trichogramma* to distinguish between parasitized and unparasitized hosts. *Proc. Roy. Soc. Lond., Ser. B122* : 57~75.
- Vinson, S. B. & Iwantsch, G. F. 1980. Host suitability for insect parasitoids. *Ann. Rev. Ent.* 25 : 397~419.

(1989년 12월 24일 접수)