

호박꽃과실파리 성충의 수명과 생명표분석

전성욱* · 강택준 · 조명래 · 김광호¹ · 이상계¹ · 김지수² · 박해웅

국립원예특작과학원, ¹국립농업과학원, ²무주군농업기술센터

Adult Longevity and Life table analysis of Striped fruit fly, *Bactrocera scutellata* (Hendel) (Diptera:Tephritidae)

Sung-Wook Jeon*, Teak-Jun Kang, Myoung-Rae Cho, Kwang-ho Kim¹, Sang Guei Lee¹, Ji Soo Kim² and Hae Woong Park

Horticultural & Herbal Crop Environment Division, National Institute of Horticultural & Herbal Science, RDA, Suwon 441-440, Korea.

¹Crop Protection Division, Department of Agricultural Biology, National Academy of Agricultural Science, RDA, Suwon 441-707, Korea.

²Muju Agricultural Technology Center, Muju 568-812, Korea.

ABSTRACT: The life table of the Striped Fruit Fly, *Bactrocera scutellata*, was analyzed by using adult longevity and fecundity of *B. scutellata* at seven constant temperatures (15, 18, 21, 24, 27, 30, 33±1.0°C) with 65% RH and 16L:8D in the laboratory. The highest values of longevity were observed at 21°C with the values of 138.0 days for male and 131.2 days for female, respectively. Females of *B. scutellata* did not oviposit under 18°C and larvae of *B. scutellata* could not survive to adulthood over 33°C. The highest value of total fecundity was observed at 24°C (111.4 eggs) and daily fecundity per female was observed at approximately 1.0. The parameters of the life table were calculated by using the data from eggs to adults of *B. scutellata* at 4 different temperatures. Net reproduction rate (R_0) was highest at 21°C (52.27). The intrinsic rate of increase (r_m) and the finite rate of increase per day (λ) were highest at 27°C (0.07 and 1.07), respectively. The doubling time (D_t) was shortest at 27°C (with 10.02). The mean generation time (T) was shortest at 27°C (50.39).

Key words: *Bactrocera scutellata*, Striped fruit fly, Life table analysis, Fecundity, Net reproduction rate

조 록: 호박꽃과실파리(*Bactrocera scutellata* Hendel)의 성충 수명과 산란수를 7개 온도(15, 18, 21, 24, 27, 30, 33 ± 1.0°C, RH 65 ± 5%, 14L : 10D)에서 조사하여 생명표를 작성하였다. 온도별 성충수명은 21°C에서 수컷이 138.0일 암컷이 131.2일로 가장 오래 살았으며, 21°C를 기준으로 저온부와 고온부로 갈수록 수명이 급격히 감소하였다. 온도별 암컷은 18°C이하의 온도에서 산란을 하지 않았으며, 33°C에서는 짝짓기가 가능한 시기까지 살지 못하고 모두 사망하였다. 짝짓기한 암컷의 총 산란수는 111.4개, 일일 산란수는 1.0개로 24°C에서 가장 많은 산란수를 보였고 순증가율(R_0)은 21°C에서 52.27로 가장 높은 수치를 나타냈다. 내적자연증가율(r_m)은 27°C에서 0.07을 보였으며, 배수기간(λ)은 27°C에서 1.07로 가장 짧았다. 기간증가율(D_t)은 27°C에서 1.07로 가장 큰 값을 보였고, 평균세대기간(T)은 27°C에서 50.39였다.

검색어: 호박꽃과실파리, 생명표분석, 산란수, 순증가율

과실파리는 전 세계적으로 약 4,000여종이 알려져 있으며, 약 250여 종이 대표적 경제 작물인 박과류(호박, 수박, 멜론)와 오렌지, 사과, 체리 등 상업성 과실을 주로 가해하는 해충으로 알려져 있다(White and Elson-Harris, 1992; Han and Kwon, 2000). 우리나라 과실파리는 45속 85종이 있으며(Han and Kwon, 2000), 이중 박과작물을 가해하는 과실파리는 큰과실파

리아과인 호박과실파리 [*Bactrocera depressa* (Shiraki)]와 호박꽃과실파리 [*Bactrocera scutellata* (Hendel)] 두 종이 있다 (Jeon et al., 2011; Kim, 1999; Kim et al., 2010).

호박꽃과실파리는 한국, 일본, 대만, 중국, 부탄, 태국, 인도, 말레이시아 등에 분포하는 것으로 알려져 있으며, 우리나라에서는 야생기주인 하늘타리를 비롯한 박과류의 수꽃에 발생하는 것으로 알려져 있다(Han et al., 1994; Kim et al., 2010; Shiraki, 1968). 호박꽃과실파리는 산간지대에만 분포하는 같은 속의 호박과실파리와 달리 우리나라 전 지역에서 발생하며,

*Corresponding author: sw3109@gmail.com

Received September 19 2012; Revised November 11 2012

Accepted November 17 2012

교미한 암컷이 개화하지 않은 호박의 수꽃봉오리속에 산란 하여 알에서 부화한 유충이 박과류의 수꽃 봉오리를 섭식하는 것으로 알려져 있다(Shiraki 1968; Han and Kwon, 2000; Kim et al., 2010). 호박꽃과실파리에 관한 연구는 일본에서 *Melothria liukuensis*의 꽃과 줄기를 이용하여 유충을 사육한 기록과 (Sugimoto et al., 1988), Miyatake et al.(2000)의 트랩을 이용한 연중 발생소장에 관한 기록이 있었고 중국에서는 유충의 기주가 배(*Pyrus communis*)라는 모호한 기록이 있다(Yang, 1988). 우리나라에는 Jung(1994)의 국내 발생소장 조사와 보길도와 자개도의 채집기록(Kim and Chang, 1982), Kim et al.(2010)의 발생소장과 Jeon et al.(2011)의 온도발육에 관한 연구가 진행되었다.

우리나라에서 과실파리에 관한 피해가 매년 증가하고 있는 반면 아직까지 과실파리의 생태 및 방제에 관한 연구는 미미한 실정이다. 따라서 본 연구를 통해 박과류에 피해를 주고 있는 호박꽃과실파리의 성충의 수명과 생명표를 작성하여 실제 야외에서 호박꽃과실파리의 발생시기 예측 및 방제시기를 결정하기 위한 기초 자료로 이용하고자 본 실험을 수행하였다.

재료 및 방법

실험 곤충 사육

호박꽃과실파리는 2009년 전북 완주군 진안읍 일대 호박재배지에서 호박꽃과실파리에 의해 피해를 받은 호박 수꽃을 수거한 후, 노숙 3령충을 시작으로 항온항습기 ($24 \pm 2^{\circ}\text{C}$, RH 70 \pm 5%, 14L : 10D)에서 누대사육한 개체를 이용하였다. 누대사육을 위한 성충의 먹이는 Jeon(2008)과 Kim(1999)이 호박과실파리 사육에 이용한 Sugar, Yeast, Dried-milk의 3 : 1 : 1의 비율에 D.W.를 첨가하여 반 고체상으로 먹이를 제조하여 공급하였고, agar (2 ~ 3%)를 이용한 별도의 수분도 함께 공급하였다.

온도별 성충의 수명과 산란 수

호박꽃과실파리 성충 수명과 산란 수는 7개 온도(15, 18, 21, 24, 27, 30, $33 \pm 1.0^{\circ}\text{C}$ RH 65 \pm 5%, 14L : 10D)의 항온항습기에서 사각페트리디쉬(가로 7 cm \times 세로 7 cm \times 높이 9.5 cm)에 번데기로부터 우화된 성충 암수를 각 한 쌍씩 넣고 사육하였다. 성충의 짝짓기를 위한 광 조건으로 전체 광 기간 중 약 1시간가량을 200 Lux 이하로 설정하여 성충의 짝짓기를 유도하였다. 암컷의 짝짓기와 산란은 암컷을 기준으로 실험을 하였으며

수컷이 모자란 온도의 경우 같은 조건의 온도에서 우화된 수컷을 이용하여 암컷의 짝짓기를 유도하였다. 짝짓기 한 암컷의 산란 수는 12시간 간격으로 조사하였고, 조사기간 중 중복조사를 피하기 위해 산란한 알은 제거하였다.

생명표

호박꽃과실파리의 생명표는 알, 유충, 번데기, 성충의 수명, 산란수 등을 조사하여 구하였다. 알, 유충, 번데기의 수명은 Jeon et al.(2011)의 자료를 이용하였다.

매개변수의 추정에는 Meyer et al.(1986)이 제안한 Jackknife의 방법을 이용하였으며, 각각의 parameter 값은 순증가율(net reproductive rate(R_0)); 다음 세대에 미치는 암컷의 순기여도, 내적자연증가율(intrinsic rate of increase(r_m)), 평균세대기간(mean generation time(T)); 한 세대의 개체가 출생하여 다음 세대를 산란할 시기까지의 기간, 배수기간(doubling time(D_t)); 초기 개체군의 크기가 두 배가 되는 기간, 기간증가율(fintie rate of increase(λ)); 각각의 기간 동안에 원래의 개체군의 증가 요인등을 구하여 적용하였다.

온도간 평균 수명과 산란수 검정은 SAS(1999)를 이용하여 유의성 검정을 수행하였다.

결과

성충 수명 및 산란수

호박꽃과실파리의 온도별 성충수명은 7개의 조사온도 중 21°C 에서 수컷이 138.0일 암컷은 131.2일로 가장 길었고 저온인 15°C 에서는 수컷이 45.7일 암컷은 45.3일, 33°C 에서는 수컷이 25.3일 암컷은 25.6일을 보여 저온부와 고온부로 갈수록 성충의 수명은 온도에 따라 급격한 변화를 보였다(Table 1).

15 와 18°C 이하에서 성충 암컷은 산란을 하지 못하였고 고온부인 33°C 의 경우 번데기에서 우화된 성충이 짝짓기가 가능한 시기까지 견디지 못하고 모두 사망하여 성충의 산란이 관찰되지 못하였다. 호박꽃과실파리의 총 산란수는 24°C 에서 111.4개로 가장 많았고, 21°C 에서 106.8개, 27°C 와 30°C 에서 각각 68.3개와 68.0개를 보였다. 온도별 성충 수명과 산란수의 유의성 검정은 21°C 와 24°C 가 비슷한 결과를 보여 항온도건에서 성충의 증식에 적합한 온도는 $21 \sim 24^{\circ}\text{C}$ 로 판단되었다. 호박꽃과실파리의 일일산란수는 21°C 와 24°C 에서 1.0개를 보였으며, 27°C 와 30°C 에서는 0.7개를 보였다(Table 1).

Table 1. Adult longevity and fecundity (mean± SE) of *B. scutellata* at various temperatures

Temp. (°C)	n.		Longevity (days)		Fecundity	No. eggs /female/day
	Male	Female	Male	Female		
15	3	3	45.7±5.61 cd	47.0±8.41 cd	-	-
18	7	13	66.6±2.65 bcd	68.7±4.99 bcd	-	-
21	14	17	138.0±9.21 a	131.5±6.53 a	106.8±0.52 a	1.0±0.09 a
24	13	15	128.4±35.6 a	126.5±11.22 a	111.4±0.60 a	1.0±0.27 a
27	16	11	98.1±6.58 ab	93.4±6.62 ab	68.3±0.09 b	0.7±0.04 b
30	10	11	77.9±5.86 bc	86.4±3.23 abc	68.0±0.08 b	0.7±0.03 b
33	5	3	25.6±8.25 d	25.3±6.62 d	-	-

Means followed by the same letter within a column are not significantly different ($P < 0.05$), Tukey's studentized range test).

Table 2. Life table parameters of *B. scutellata*

Temp.(°C)	R_0	r_m	λ	T	D_t
21	52.27±7.903	0.06±0.006	1.06	69.72	12.21
24	41.52±18.500	0.06±0.016	1.06	60.75	11.22
27	32.57±9.057	0.07±0.005	1.07	50.39	10.02
30	26.13±2.395	0.06±0.026	1.06	55.60	11.80

R_0 : Net reproductive rate (female / female), r_m : Intrinsic rate of increase (female / female / day), D_t : Doubling time (day), λ : Finite rate of increase (female / female / day), T : Mean generation time (day).

생명표

Table 2는 호박꽃과실파리의 생명표로서 7개의 조사온도 중 산란을 받지 못한 15, 18°C와 33°C를 제외하고 4개의 온도 결과만을 이용하여 작성하였다. 순증가율(R_0)은 21°C에서 가장 높은 52.37을 보였고 온도가 증가할수록 감소하여 30°C에서는 26.13을 보였다. 내적자연증가율(r_m)은 27°C에서 최고치인 0.07을 나타냈고, 나머지 온도에서 0.06을 보였다. 배수기간(D_t)은 27°C에서 10.02로 가장 짧았고 21°C가 가장 긴 12.21의 값을 보였으며 27°C를 기준으로 온도의 증감에 따라 길어지는 경향을 보였다. 기간증가율(λ)은 27°C에서 가장 큰 1.07을 보였고 나머지 온도에서 1.06을 보였다. 평균세대기간(T)은 21°C에서 69.72였고, 27°C에서 50.39로 온도가 증가함에 짧아지는 경향을 보였으나 30°C에서 55.60으로 다시 길어졌다(Table 2).

고찰

Kim et al.(2010)은 호박꽃과실파리 성충 암컷은 산란시 산란관을 이용하여 호박꽃봉오리 내부에 산란을 한다고 보고하였으나, 본 실험에서는 호박꽃과실파리 성충 암컷은 산란기구를 넣어주지 않아도 사육케이지 바닥에 산란을 하였다. 온도별

산란은 4개온도(21~30°C)에서 산란이 관찰 되었으나 18°C 이하 온도의 경우 24°C에 비해 짧은 수명을 보였고 짝짓기 및 산란을 하지 않아 성충이 살아가는데 적합하지 못한 온도조건으로 판단된다. 이러한 결과는 Liu and Ye(2009)의 구와바과실파리(*B. correcta*)의 실험에서도 18°C 이하에서 산란을 하지 않았다는 보고와 일치하였다. Fletcher(1987)와 Liu and Ye(2009)는 이러한 결과를 대부분의 과실파리가 열대 및 아열대에 분포하는 종으로 저온 조건이 주어질 때 생존을 위한 최소한의 전략적 행동이라 하였고 본 실험에서도 같은 결과를 보였다.

생명표는 유충의 발육, 성충의 수명 및 산란수를 토대로 계산된 값으로 본 실험의 결과를 통해 호박꽃과실파리의 생존과 번식에 가장 적합한 온도로는 27°C가 결정되었다. 이러한 결과는 항온 조건에 의한 단순한 추정 값으로 온도 변화가 심한 실제 야외 포장에서 호박꽃과실파리의 발육은 본 실험과는 약간의 차이가 있을 것으로 사료된다. 평균세대기간(T)의 경우도 Jeon et al.(20011)과 Kim et al.(2010)의 호박꽃과실파리 야외 트랩 조사의 경우 년 2회 발생을 하며 최초 성충의 발생 최성기가 7월 중순(7월 10~17일)이며, 다음 발생 최성기가 9월말(9월 19~26일)로 약 60일 이후로 항온조건인 본 실험에서 추정 한 50~69일인 평균세대기간의 값과 비슷한 결과치를 보였다. Jeon et al.(20011)과 Kim et al.(2010)의 값은 변온이 심한 야외

트랩조사를 근거로 실제 야외에서의 발육은 항온조건보다 긴 발육값을 보일 것으로 판단되며 추후 야외 포장과 같은 조건을 주어 실험이 이루어진다면 보다 정확한 값의 추정이 가능할 것이다.

Literature Cited

- Fletcher, B.S., 1987. The biology of Dacine fruit flies. *Annu. Rev. Entomol.* 32, 115-144.
- Han, H.Y., Kwon, Y.J., 2000. Economic Insects of Korea 3. National institute of agricultural science and technology Suwon, Korea.
- Han, M.J., Lee, S.H., Ahn, S.B., Choi, J.Y., Choi, K.M., 1994. Distribution, damage and host plants of pumpkin fruit fly, *Paradacus depressus* (Shiraki). *RDA. J. Agri. Sci.* 36, 346-350.
- Jeon, S.W. 2008. Biological characteristics of *Bactrocera (Paradacus) depressa* (Shiraki). M. S. Thesis, Chonbuk National Univ. press, Korea.
- Jeon, S.W., Cho, M.R., Kim, Y.P., Lee, S.G., Lee, J.J., Kim, S.H., Yu, J., Hwang, C.Y., 2011. Temperature-dependent development model of the Striped fruit fly, *Bactrocera scutellata* (Hendel) (Diptera: Tephritidae) *Korean J. Appl. Entomol.* 50, 373-378.
- Jung, H.K., 1994. Check list of insects from Korea, 1st ed., Kon-kuk Univ. press, Korea.
- Kim, J.S., 1999. Distribution and life cycle of *Bactrocera (Paradacus) depressa* (Shiraki) in Chonbuk Province. M. S. Thesis, Chonbuk National Univ. press, Korea.
- Kim, J.I., Chang, K.S., 1982. On the summer seasonal insects from the group of Soan island, Wando - kun. Report on the survey of natural environment in Korea, 2, 161-184.
- Kim, Y.P., Jeon, S.W., Lee, S.G., Choi, N.J., Hwang, C.H., 2010. Seasonal occurrence and damage of *Bactrocera scutellata* (Diptera : Tephritidae) in Jeonbuk province. *Korean J. Appl. Entomol.* 49, 299-304.
- Liu, X, Ye, H., 2009. Effect of temperature on development and survival of *Bactrocera correcta* (Diptera : Tephritidae). *Sci. Res. Essay* 4, 467-472.
- Meyer, J.S., Igersoll, C.G., MacDonald, L.L., Boyce, M.S., 1986. Estimating uncertainty in population growth rates: Jackknife vs bootstrap techniques. *Ecology* 67, 1156-1166.
- Miyatake, T., Kuba, H., Yukawa, J., 2000. Seasonal occurrence of *Bactrocera scutellata* (Diptera : Tephritidae), a cecidophage of stem galls produced by *Lasioptera* sp.(Diptera : Cecidomyiidae) on wild gourds (Cucurbitaceae). *Ann. Entomol. Soc. Am.* 93, 1274-1279.
- SAS Institute, 1999. SAS version 9.1, SAS, Institute Cary, N.C.
- Shiraki, T., 1968. Fruit flies of the Ryukyu islands. Smithsonian institution museum bulletin 263, Washington D.C. pp.12-14.
- Sugimoto, S., Kanda, M., Tanaka, K., Tao, M., 1988. Some biological note on *Dacus scutellatus* (HENDL). *Res. Bull. Pl. Prot. AFFRIT* 24, 49-51.
- White, I.M., Elson-Harris, M.M., 1992. Fruit flies of economic significance: Their Identification and Bionomics. 1st ed., CABI, London.
- Yang, P., 1988. Status of fruit fly research in China. *Res. Ins. Entomol. Zhongshan (Sun Yatsen) Univ. press, Guangzhou.*