

Mating behavior of the mahogany shootborer, *Hypsipyla grandella* (Zeller) (Lep.: Pyralidae)*1' — E H HOLSTEN, R I GARA**

COMPENDIO

Investigaciones de laboratorio con adultos de H. grandella señalan que cada hembra produce 320 huevos en 5.6 días de oviposición. La hembra apareada no absorbe la espermatófova del macho. Los machos del barienador aparecen una sola vez por noche pero pueden volver a aparecer en la noche siguiente. Las hembras, por el otro lado aparecen una sola vez, después del cual dejan la posición de llamada.

Introduction

THE mahogany shootborer, *Hypsipyla grandella* (Zeller), is a devastating insect pest of Spanish cedar (*Cedrela* spp.) and mahogany (*Swietenia* spp.) plantation in the American tropics. Most plantation efforts in the last 90 years have been abandoned due to repeated shootborer attack (3). Damage occurs as larvae bore into stems and terminal shoots of young plants and as a result, height growth is interrupted and tree form drastically altered. After continual attack, tree stems are so distorted that their prospect of growing into timber-size trees with merchantable logs is minimal.

Biological and behavioral studies of the shootborer were done by Ramírez (12) and Roovers (14), host selection studies by Grijpma and Gara (5) and Gara *et al.* (4); and observations on adult behavior and pheromone production by Sliwa and Becker (16) and Holsten and Gara (10).

Several lepidopteran species are multi-maters while females of other species seldom mate twice (2). The multi-mating capabilities of *H. grandella* are unknown.

External and internal morphological description of *H. grandella* genitalia and reproductive organs have been provided by Heinrich (7), Becker (1), and Lara (11). Lara (11) described spermatophore production and transfer, but the ultimate fate of the spermatophore is unknown. The spermatophore in many lepidopterans is ultimately digested by a proteolytic secretion from the bursal wall (17). In fact, the presence of proteinase within the bursa of *Galleria* spp. (Pyralidae) has been shown (13).

Female *H. grandella* are capable of depositing 109.8 fertile eggs under laboratory conditions (6). Samaniego and Sterringa (15) obtained an average of 210.7 fertile eggs per female with an improved rearing system. However, the temporal distribution of fertile and infertile egg is unknown.

We present observations and data on fecundity, spermatophore retention, and multi-mating capabilities of *H. grandella* under laboratory conditions.

Materials and Methods

Laboratory studies were conducted in facilities administered by the Forestry Department of the Tropical Agricultural Research and Training Center (CATIE) located in Turrialba, Costa Rica. Insects used in this study were obtained from an artificial rearing maintained by the Inter American Working Group on *Hypsipyla* at Turrialba (8).

Recently emerged *H. grandella* of both sexes were placed in 90 × 90 × 90 cm outdoor mating cages that stood 1/2 m above the ground. After two days the females were removed and placed in small plastic boxes lined with paper toweling; to feed the moths, this toweling was soaked with a 5 per cent sucrose solution. The towels were removed daily, set aside for 24 hours and then checked for infertile and fertile eggs. Fertile eggs were identified by their reddish color - infertile eggs remain whitish.

Upon death in about eight days, each female was dissected and the presence or absence of spermatophores determined. Spermatophore data was obtained from 40 females, 2 replications of 20 moths each.

Later, 30 mated females—3 replications of 10—and 40 unmated males were placed in a outdoor mating cage. After 48 hours the females were removed, their reproductive tracts extracted and checked for spermatophores. As a control, 37 virgin females (3 replications

* Received for publication December 6th, 1976.

1/ Study supported by a Dutch Government grant to study *H. grandella* and by NSF grant no. DEB75-15945.

** Co-coordinators of the Inter-American Working Group on *Hypsipyla*, College of Forest Resources, University of Washington, Seattle 98195.

of 15, 11, and 11, respectively) together with 40 unmated males were placed in another cage. Two days later these female were taken from the cage, dissected and checked for spermatophores.

Sliwa and Becker (16) determined that virgin females assume a calling position between 0100 to 0400 hours; we wished to ascertain if mated females also call. Accordingly, 13 mated females were placed in an outdoor mating cage and watched to see if they called. The moths were observed hourly from 0100 to 0400 until death.

Male multi-mating studies were carried out by rearing *H. grandella* pupae and adults in a Biotrenette Mark III (TM) environmental chamber held at 21°C and RH of 75%-80%. A reversed light-dark cycle was used (9) which resulted in a 0430- to 1620-hour scotophase. Adults were allowed to mate and the copulating pairs were removed. Twenty-three mated males, one male per two virgin females, were placed in 13.75 × 6.25 cm. cylindrical remate cages (Fig 1); each cage was supplied with cotton soaked in a 5 per cent sucrose solution. The remate cages then were placed in an environmental chamber also set to a 21°C--75%-80% RH regime. The moths were checked hourly from 1300 to 1500 hours for time of mating. After 36 hours the females were dissected to see if spermatophores were present. As a control, 15 unmated males were placed, 1 per 2 virgin females, in remate cages. They were allowed to mate for 3 days; the females were checked later for spermatophores.

To determine if males mate more than once per evening, 15 recently mated males were placed with virgin females in remate cages; the female; were removed at the end of the scotophase and checked for spermatophores.

Results and Discussion

In tests where recently emerged moths were allowed to mate and reproduce, 40 females oviposited 12,799 fertile and 1,222 infertile eggs. About 85 per cent and 80 per cent of the fertile and infertile eggs, respectively, were laid by the fourth day; an increase in infertile eggs was seen by the last day (Fig 2). The 320 fertile eggs/female is considerably higher than data presented by Samaniego and Sterringa (15). We feel this increased production is due to domestication of the artificially-reared *Hypsipyla* population. Over time the population has become better adapted to laboratory conditions. This change not only is reflected in superior egg production but also in the probable degeneration in quantity and/or quality of pheromone production and, perhaps, in ability of moths to disperse and respond to host selection cues.

Thirty-eight of forty females that were mated for the first time had a single spermatophore, one had two, and the other had remnants of a deformed spermatophore case. Apparently *H. grandella* do not absorb the spermatophore material. Of the 30 previously mated females that were allowed to remate, 26 had 1 sper-

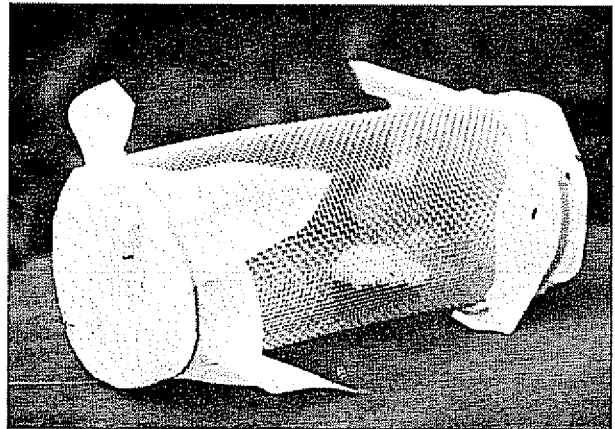


Fig. 1—Cylindrical remate cages used in laboratory multi-mating studies of *H. grandella*.

matophore each, 2 had none, and each of the other 2 moths had 2 spermatophore cases. These results indicate that shootborer females mate only once. Similarly, 36 females of the control group (37 virgin females and 40 males) only had one spermatophore each, but one of the females did have 2 spermatophores. The rare occurrence of females with two spermatophores; probably indicates that these moths received two spermatophores from one male; an occurrence observed by J. C. Sánchez (pers. comm. 1976).

In general, *H. grandella* only assume a calling position once as only one out of the thirteen mated moths resumed calling on the third evening after mating. Moreover, this female called an hour later than peak calling time.

Seven of the twenty-three mated males remated again and two for a third time; accordingly, about 10



Fig. 2—Number of fertile and infertile eggs oviposited by *H. grandella* from time of mating to subsequent death.

per cent of the males remated. Only 7 per cent of the "control group" males mated more than once, 20 per cent mated once, and the remaining males never mated. The low mating success of treated and control males is attributed to the confined area in the remate cages, poor air circulation, and a resultant high mortality; 60 per cent of the treated and control males died after three to four days in the remate cages. However, females, mated with previously-mated-males, did oviposit fertile eggs. These matings occurred between 1300 and 1430 hours.

We found that males mate only once per evening even though the 15 males thus tested theoretically could remate during the same scotophase. This potentiality is based on knowledge that *H. grandella* mating, in a reversed light-dark cycle, takes place about 1430 hours. The copulation process *per se* takes about two hours (16), thus males would be available for mating before the scotophase ended, 1630 hours. But, by this time, most females cease calling and the photophase is about to begin.

The multi-mating potential of males is beneficial to the generally low and scattered *H. grandella* population: (1) males can partition their energy into two or more cycles of dispersal, mate-finding, and spermatophore production; (2) females, on the other hand, mate only once and can devote their energy to dispersal, host selection, mating, and maintaining a high fecundity.

Acknowledgments

We thank Ing. Pablo Rosero and Dr. Gerardo Budowski of the CATIE Forestry Department for their cooperation and helpful advice. We also are grateful to Sr. Juan Carlos Sánchez for help with every phase of the study.

Literature Cited

- 1 BECKER, V. O. Estudios sobre el barredador *Hypsipyra grandella* (Zeller) (Lep., Pyralidae). XVI Observaciones sobre la biología de *H. ferrealis* (Hampson), una especie afín. Turrialba 23(2):154-161. 1973.
- 2 BIRCH, M. C. Pheromones. *Frontiers of Biology* Vol. 32, 396 p. 1974.
- 3 ENTWISTLE, P. F. The current situation on shoot, fruit, and collar borers of the Meliaceae. Oxford, Commonwealth Forestry Institute, 1968, 15 p. (Paper of the 9th Commonwealth Forestry Conference. New Delhi 1968).
- 4 GARA, R. I., ALLAN, G. G., WILKINS, R. M., and WHITMORE, J. L. Flight and host selection behavior of the mahogany shootborer *Hypsipyra grandella* Zeller (Lep., Phycitidae). *Zeitschrift für angewandte Entomologie* 72(3):259-266. 1975.
- 5 GRIJPMMA, P. and GARA, R. I. Studies on the shootborer *Hypsipyra grandella* Zeller. I. Host selection behavior. Turrialba 20(2):233-240. 1970.
- 6 ———— Studies on the shootborer *Hypsipyra grandella* Zeller. V. Observations on a rearing technique and on host selection behavior of adults in captivity. Turrialba 21(2):202-213. 1971.
- 7 HEINRICH, C. American moths of the subfamily Phycitinae. U.S. National Museum Bulletin No. 207, 1956. pp. 27-30.
- 8 HIDALGO-SALVATIERRA, O. and BERRIOS, F. Studies on the shootborer *Hypsipyra grandella* Zeller (Lep., Pyralidae). XI Growth of larvae reared on a synthetic diet. Turrialba 22(4):431-434. 1972.
- 9 HOLSTEN, E. H. and GARA, R. I. Studies on the shootborer *Hypsipyra grandella* (Zeller) (Lepidoptera, Pyralidae). XV Reversal of the light-dark cycle in relation to adult emergence under laboratory conditions. Turrialba 23(1):106-107. 1973.
- 10 ———— and GARA, R. I. Studies on attractants of the mahogany shootborer *Hypsipyra grandella* Zeller (Lepidoptera, Phycitidae) in Costa Rica. *Zeitschrift für angewandte Entomologie* 76(1):77-86. 1974.
- 11 LARA LONDOÑO, L. Algunos aspectos en la biología, desarrollo y reproducción del *Hypsipyra grandella* Zeller (Lepidoptera, Pyralidae) en condiciones de laboratorio. Tesis de M. Sc., Seattle, Universidad de Washington, 1974. 77 p.
- 12 RAMIREZ S., J. Investigación preliminar sobre biología, ecología y control de *Hypsipyra grandella* Zeller. *Boletín Instituto Forestal Latino Americano de Investigación y Capacitación* 16:54-77. 1964.
- 13 ROCKSTEIN, M. (ed.) *The Physiology of Insecta*. Vol. 1. New York, Academic Press, 1964. p. 48.
- 14 ROOVERS, M. Observaciones sobre el ciclo de vida de *Hypsipyra grandella* Zeller en Barinitas, Venezuela. *Boletín Instituto Forestal Latino Americano de Investigación y Capacitación* 38:1-16. 1971.
- 15 SAMANIEGO, V. A. and STERRINGA, J. T. Estudios sobre el barrenador *Hypsipyra grandella* (Zeller) (Lepidoptera, Pyralidae). XXI, Un nuevo método para obtener oviposición en cautividad. Turrialba 23(3):367-370. 1973.
- 16 SLIWA, D. D. and BECKER, V. O. Studies on the shootborer *Hypsipyra grandella* (Zeller) (Lep., Pyralidae). XX Observations on emergence and mating of adults in captivity. Turrialba 23(3):352-356. 1973.
- 17 WIGGLESWORTH, V. B. *The Principles of Insect Physiology*. New York, E. P. Dutton 1950. 544 p.

Notas y Comentarios

Frederick Hardy, 1889-1977

Fuentes de literatura sobre suelos tropicales

El investigador agrícola y el estudiante que inician la búsqueda de literatura sobre su tema tienen generalmente una idea por donde comenzar. La experiencia les enseña cuáles son las revistas primarias en las que se publican los trabajos de su especialidad. También, las grandes revisiones de literatura, hechas por especialistas de nota, pueden señalarle cuáles revistas publican los artículos más importantes sobre la materia.

Una de esas revisiones, amplias y profundas, ha sido realizada por el Dr. Pedro Sánchez, en su libro recientemente publicado "Properties and management of soil in the tropics", obra de gran importancia para el conocimiento de los suelos tropicales. El autor ha trabajado en América Latina, en Filipinas y en África y ha sido profesor en la Universidad de North Carolina. Las numerosas referencias del libro reflejan esta familiaridad con diversos continentes y evitan la falla de muchos libros sobre el trópico en que la literatura latinoamericana, por ejemplo, es en gran parte ignorada. Se reconoce que este libro del Dr. Sánchez tiene, además de sus otros méritos (Cf. *Turrialba* 27:186), la más completa colección de referencias sobre suelos tropicales entre las obras publicadas en las últimas décadas.

Pueden ser de interés, por consiguiente, examinar cuáles revistas se han citado más en este libro, pues ello daría una idea sobre los canales por los que se han transmitido las contribuciones importantes sobre suelos tropicales que el autor ha utilizado en su obra. A continuación copiamos la frecuencia con que aparecen las 15 revistas más citadas, y el número de capítulos en que se las mencionan.

	Referencias	Capítulos
1. Soil Science Society of América, Proceedings	95	12
2. Soil Science	55	12
3. Plant and Soil	43	11
4. Turrialba	42	12
5. Agronomy Journal	42	10
6. Journal of Agricultural of the University of Puerto Rico	39	6
7. Tropical Agriculture	38	10
8. Journal of Soil Science	35	9
9. Agronomie Tropicale	32	9
10. East African Agriculture and Forestry Journal	32	6
11. Empire Journal of Experimental Agriculture	24	8
12. Experimental Agriculture	21	9
13. Journal of the Indian Society of Soil Science	23	9
14. Australian Journal of Agricultural Research	19	3
15. Bragantia	17	8

Esta posición de *Turrialba* después de las tres revistas más importantes de suelos, dos de Estados Unidos y una de Holanda (*Plant and Soil*), pueden indicar el valor de la revista del IICA como fuente de literatura primaria sobre suelos del trópico. Refleja también la contribución a la ciencia que realizó el excelente equipo de investigadores sobre suelos que se formó en los novecientos sesenta en la Escuela para Graduados del IICA en Turrialba, Costa Rica. Sus miembros publicaron muchos de sus mejores trabajos en *Turrialba* y sus nombres son familiares a nuestros lectores. Nuestras páginas se han visto honradas con los nombres de M. Blasco, E. Bornemisza, H. W. Fassbender, W. Forsythe, S. A. Gavande, R. Guerrero, F. Hardy, K. Igwe, E. Knox, F. Maldonado, J. Martini, L. E. Müller, J. A. Palencia y otros más, miembros de aquel equipo y que son citados por el Profesor Sánchez en su libro.

Aunque la mayor parte de su vida la pasó dedicado a la investigación y la enseñanza en el Caribe británico, desde su base en St. Augustine, Trinidad, su influencia se extendió a todo el trópico americano, convirtiéndose en uno de los más notables especialistas del mundo en suelos tropicales. En reconocimiento a su labor, el gobierno inglés le confirió el grado de CBE (Commander of the British Empire) en 1952, y fue hecho Miembro honorario del Imperial College of Tropical Agriculture (ICTA). También fue designado miembro honorario vitalicio de la International Society of Soil Science, compartiendo este honor con sólo cinco otros especialistas en suelos en el momento de su elección.

Nacido en Bradford, Yorkshire, estudió en Cambridge, e inició su labor docente en Barbados, en el trópico americano que no dejaría en el resto de su vida. Después de servir en Inglaterra durante la primera guerra mundial, en una fábrica de productos químicos reingresó a la Universidad de Cambridge para continuar sus estudios en agricultura. Regresó al Caribe y entró en el cuerpo docente de ICTA desde donde hizo sus principales contribuciones científicas a la ciencia del suelo.

Su enfoque original consistió en considerar la planta, el suelo y la atmósfera como componentes de un solo sistema. La estructura del suelo, su contenido de agua y de aire, y el espacio radical resultante fueron para él de mayor importancia, no menor a la naturaleza genética de la planta o el contenido de nutrientes disponibles. Este concepto, particularmente importante en el caso de plantaciones arbóreas como el cacao, lo condujo a subrayar la importancia de mantener las capas superficiales orgánicas del suelo.

Este enfoque ecológico no impidió que dedicase mucho de su tiempo a la ciencia básica del suelo y a los reconocimientos de suelos caribeños. El resultado fueron unos trece informes sobre la mayoría de las Antillas, conocidos internacionalmente como los Libros Grises y que se consideran todavía básicos como obras de consulta. Recientemente, se recordó que el Profesor Hardy fue uno de los primeros científicos, posiblemente el primero, en criticar lo que se ha llamado la "exageración laterítica" (Cf. *Turrialba* 25:217), al señalar que las lateritas ocupaban sólo una limitada extensión en los trópicos.

A su retiro en 1956, fue contratado como consultor en cacao en el IICA, Turrialba, Costa Rica, dentro de un convenio con los organismos de ayuda técnica del gobierno de Estados Unidos. Tuvo entonces oportunidad de visitar la mayor parte de las regiones tropicales de América. Sus informes y publicaciones de esa época, en gran parte sin publicar, cubren aspectos muy diversos tales como el "Cerrado" de Brasil, la sombra del cacao y la interceptación de la lluvia, suelos de cacao. En ese período publicó el "Manual de Cacao", obra de consulta muy difundida, así como sus libros "Suelos Tropicales" y "Edafología Tropical", de los que el IICA planeaba una nueva edición en el momento del fallecimiento del Profesor Hardy el 9 de abril de 1977.

En el campo personal, el Profesor Hardy será recordado por la ayuda que siempre prestó a estudiantes y colegas con sus consejos, críticas y opiniones, que siempre tenían el respaldo de su vasta experiencia, sus amplios conocimientos y su buena voluntad.

Publicaciones

Revista de Investigaciones. El Instituto Nacional de la Pesca de Cuba, ha iniciado en 1975 la publicación de *Revista de Investigación*, órgano del Centro de Investigaciones Pesqueras. El primer número tiene estudios sobre afloramientos en el Banco de Campeche; sobre el ictioplancton del mismo lugar; y una evaluación de la pesca de bonito en el oeste de Cuba. La dirección es: Avenida Primera, c/24 y 26, Miramar, La Habana.