

<https://doi.org/10.17576/serangga-2024-2903-16>

**KESAN BERAT PUPA TERHADAP PEMBIAKAN RAMA-RAMA DAN
KEMUNCULAN LARVA GENERASI SETERUSNYA DALAM
Spodoptera frugiperda (LEPIDOPTERA: NOCTUIDAE)**

*[EFFECTS OF PUPAL WEIGHT ON THE FECUNDITY OF ADULTS AND
THE LARVA EMERGENCE OF THE NEXT GENERATION IN
Spodoptera frugiperda (LEPIDOPTERA: NOCTUIDAE)]*

Siti Noor Aishikin Abdul Hamid^{1,2}, Razean Haireen Mohd Razali³ & Johari Jalinas^{1*}

¹Makmal Entomologi Gunaan,
Pusat Sistemik Serangga,
Jabatan Sains Biologi dan Bioteknologi,
Fakulti Sains dan Teknologi,
Universiti Kebangsaan Malaysia (UKM),
Bangi 43600, Malaysia

²Program Kawalan Biologi,
Pusat Penyelidikan Agrobiodiversiti dan Persekitaran,
Institut Penyelidikan dan Kemajuan Pertanian Malaysia (MARDI),
Serdang 43400, Malaysia

³Program Kawalan Perosak dan Penyakit,
Pusat Penyelidikan Tanaman Industri,
Institut Penyelidikan dan Kemajuan Pertanian Malaysia (MARDI),
Serdang 43400, Malaysia

*Pengarang Berutusan: johari_j@ukm.edu.my

Hantar: 30 April 2024; Terima: 7 Ogos 2024

ABSTRAK

Kejayaan Pengurusan Perosak Bersepadu (PPB) bagi pengawalan infestasi ulat ratus *Fall armyworm* (FAW) (*Spodoptera frugiperda*) di lapangan bermula dari pelbagai kajian di makmal khususnya bioassai bagi menentukan keberkesanan kawalan kuratif atau agen kawalan biologi. Sehubungan itu, pemeliharaan koloni ulat ratus FAW yang sihat dan subur penting bagi kejitian hasil kajian dan bekalan serangga yang berterusan. Salah satu penunjuk yang sering digunakan dalam menentukan kesihatan koloni serangga adalah berat pupa. Koloni ulat FAW telah dipelihara di makmal menggunakan butir jagung manis sebagai makanan peringkat larva (L1 sehingga L6) dan 10% madu untuk rama-rama dewasa. Walaupun larva dibekalkan dengan makanan yang sama, pupa yang terbentuk mempunyai berat yang pelbagai. Oleh itu, tujuan kajian ini adalah bagi mengenalpasti kesan berat pupa terhadap fekunditi rama-rama dan kemunculan larva generasi seterusnya dalam FAW. Butir jagung menjadi sumber makanan peringkat larva di persekitaran makmal. Pupa dibahagikan kepada tiga kumpulan mengikut berat iaitu K1 (≤ 0.14 g), K2 (0.15 – 0.17 g) dan K3 (≥ 0.18 g). Pupa dibiarkan berkembang mengikut kumpulan. Purata berat pupa, peratus kemunculan rama-rama dewasa, tempoh mula mengawan, bilangan telur selepas 48j mengawan dan larva instar 1 (L1) dan peratus penetasan

telur bagi setiap kumpulan telah dibandingkan. Hasil kajian mendapati pupa K3 dan K2 mempunyai peratus kemunculan rama-rama dewasa yang tinggi iaitu 100% dan $97.50 \pm 0.50\%$ masing-masing. Tempoh mengawan yang lebih awal 2.3 ± 0.47 hari direkodkan oleh rama-rama FAW dari kumpulan K3. Kumpulan K3 juga didapati menghasilkan bilangan telur selepas 48j selepas mengawan dan larva instar 1 (L1) paling banyak iaitu 274.6 ± 69.10 dan 265.80 ± 68.00 berbanding K2 dan K1. Walau bagaimanapun, peratus penetasan telur paling tinggi dihasilkan dari kumpulan K3 ($96.67 \pm 1.57\%$) dan K2 ($93.88 \pm 5.63\%$) berbanding K1 ($24.29 \pm 11.37\%$). Oleh itu, berat pupa merupakan penunjuk penting dalam memastikan koloni ulat ratus FAW yang sihat dan subur.

Kata kunci: Berat pupa, *Spodoptera frugiperda*, rama-rama dewasa, telur, larva instar 1 (L1)

ABSTRACT

The success of Integrated Pest Management (IPM) for the control of Fall Armyworm (FAW) *Spodoptera frugiperda* infestations in the field starts from various studies in the laboratory, especially bioassays to determine the effectiveness of curative control or biological control agents. Therefore, a healthy and fertile FAW colony is essential for accurate research results and a continuous supply of insects. Pupa weight is one of the indicators used to determine the health of an insect colony. FAW colonies were maintained in the laboratory using sweet corn kernels as food for larval stages (L1 to L6) and 10% honey for adults. Although the larvae are fed the same food, the pupae's weight are varied. Therefore, this study aims to identify the effect of pupal weight on the fecundity of adults and the larvae emergence of the next generation in FAW. Pupae were divided into three groups according to weight, i.e. K1 (≤ 0.14 g), K2 (0.15 – 0.17 g) and K3 (≥ 0.18 g). Pupae are allowed to develop in groups. The average pupae weight for each group, percentage of adult emergence, duration of mating started, no. of eggs produced after 48h of mating and 1st instar larvae (L1), and rate of egg hatching for each group were compared. The results showed pupae in K3 and K2 have a high adult emergence rate, i.e. 100% and $97.50 \pm 0.50\%$, respectively. Adults from the K3 group recorded an earlier mating period of 2.3 ± 0.47 days. The K3 group was also found to produce the highest number of eggs 48h after mating and 1st instar larvae (L1) emergence, which were 274.6 ± 69.10 and 265.80 ± 68.00 , respectively, compared to K2 and K1. However, the highest percentage of egg hatching was produced from K3 ($96.67 \pm 1.57\%$) and K2 ($93.88 \pm 5.63\%$) compared to K1 ($24.29 \pm 11.37\%$). Therefore, this study proved pupa weight is an important indicator ensuring a healthy and fertile FAW colony.

Keywords: Pupa weight, *Spodoptera frugiperda*, adults, eggs, 1st instar larva (L1)

PENGENALAN

Ulat ratus *Fall Armyworm* (FAW), *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith) (Lepidoptera: Noctuidae) merupakan spesies asing invasif yang berasal dari kawasan tropika dan subtropika benua Amerika (Sparks 1979). Sehingga hari ini, FAW tersebar dari Amerika ke lebih 80 negara di benua Afrika, Asia, Australia dan Eropah (FAO 2024). Ulat ratus FAW menjalani kitar hidup metamorfosis lengkap iaitu telur, larva, pupa dan rama-rama dewasa. Peringkat larva merupakan peringkat yang menyebabkan kerosakan tanaman. Larva FAW yang bersifat polifagus memakan daun, batang dan bahagian pembiakan lebih daripada 350 spesies tumbuhan (Midega et al. 2018; Montezano et al. 2018). Infestasi larva FAW menyebabkan kerugian ekonomi yang besar akibat kemerosotan hasil tanaman utama seperti jagung, padi, sorghum, tebu, gandum, sayuran dan kapas (Rwomushana 2019).

Di Malaysia, infestasi ulat ratus FAW telah dilaporkan pada tahun 2019 (IPPC 2019). Sejak itu, sebanyak 50-100% insiden kerosakan pada tanaman jagung akibat infestasi ulat ratus FAW telah direkodkan (DOA 2021). Serangan ulat ratus FAW pada tanaman jagung di Afrika telah menyebabkan kerugian antara 8.3 hingga 20.6 juta tan setiap tahun dengan nilai US\$ 2,481 juta dan US\$ 6,187 juta setahun, dan kini nilainya hampir mencecah US\$ 9.4 bilion (Day et al. 2017; Eschen et al. 2021; Shylesha et al. 2018). Manakala unjuran kerugian kewangan tahunan akibat serangan ulat ratus FAW pada tanaman jagung di China dilaporkan antara US\$ 5.4 hingga US\$ 47 bilion (Wan et al. 2021). Di Malaysia infestasi *S. frugiperda* didapati menyebabkan serangan teruk (100%) di ladang jagung di Changlun, Kedah dengan kerosakan serius di semua bahagian tanaman jagung (Jamil et al. 2021). Dilaporkan ladang jagung yang terjejas oleh serangan *S. frugiperda* adalah seluas 246.35 hektar dengan peratusan keterukan serangan antara 50-100% (IPPC 2019).

Apabila hampir memasuki peringkat pupa, larva instar ke-6 jatuh ke tanah dan menggali 2 hingga 8 cm ke dalam tanah (Sparks 1979). Pembentukan pupa FAW boleh berlaku sama ada dalam tanah atau bahagian pembiakan tumbuhan perumah, contohnya pada tongkol jagung muda dan jumbai jagung bagi mengelak pemangsa (FAO & CABI 2019; Rwomushana 2019). Pupa FAW berbentuk bujur, berwarna coklat berkilat dengan rangkaian benang sutera yang jarang berukuran 20-30 mm (FAO & CIMMYT 2018). Julat saiz pupa FAW antara 1.3 cm hingga 1.5 cm (FAW jantan) dan 1.6 cm hingga 1.7 cm (FAW betina) (Helen et al. 2021; Hong et al. 2022; Rwomushana 2019). Tempoh matang pupa antara 8 hingga 9 hari dan 20 hari hingga 30 hari bergantung kepada suhu persekitaran dan sumber makanan (Agravante et al. 2023; Chen et al. 2022; Dono et al. 2024; Maharani et al. 2021).

Pada amnya peringkat pupa tampak seperti fasa berehat, namun peringkat ini merupakan peringkat transformasi paling dramatik dalam kitar hidup serangga. Pada peringkat ini, pupa tidak memakan dan bergerak secara aktif (Grimaldi 2023). Pupa spesies tertentu misalnya FAW menghasilkan goyangan atau gerakan terhad sesekali apabila disentuh dengan lembut. Dalam peringkat pupa, struktur rama-rama dewasa seperti sayap, kaki dan organ pembiakan terbentuk; manakala struktur larva diuraikan. Di dalam kelongsong pupa, tisu-tisu larva terurai melalui proses histolisis. Kemudian, sekumpulan sel khas transformatif iaitu histoblas memulakan proses biokimia yang mengubah larva menjadi serangga dewasa (Heming 2003). Proses ini dikawal oleh hormon serangga terutamanya hormon juvenil, *prothoracicotropic* (PTTH) dan *ecdysone* (Sultana et al. 2021).

Walaupun peringkat pupa bukanlah peringkat yang menyebabkan kerosakan tanaman, namun peringkat ini mempunyai peranan signifikan kepada kemandirian dan kejayaan pembiakan FAW. Dalam merencana strategi Pengurusan Perosak Bersepadu (PPB) yang berkesan, pemahaman mendalam berkenaan biologi ulat ratus FAW amat signifikan. Contohnya, dalam menentukan keberkesanan racun kimia atau agen kawalan biologi, larva atau pupa FAW yang sihat dan subur digunakan dalam kajian-kajian tersebut (Lalramnghaki et al. 2021; Onkarappa et al. 2023; Sisay et al. 2018). Beberapa kajian menyatakan berat/saiz pupa mempengaruhi perkembangan dan kejayaan pembiakan sesuatu spesies serangga (Braet et al. 2015; Chen et al. 2020; Mayekar & Kodandaramaiah 2017). Misalnya Chen et al. (2020) menyatakan larva FAW yang dipelihara menggunakan jagung sebagai sumber makanan menunjukkan tempoh larva dan pupa yang lebih pendek, berat pupa dan kesuburan yang lebih tinggi. Oleh itu, objektif kajian ini adalah untuk mengenalpasti kesan berat pupa terhadap fekunditi rama-rama dan kemunculan larva generasi seterusnya menggunakan jagung sebagai sumber makanan larva di persekitaran makmal.

BAHAN DAN KAEDAH

Sumber Pupa FAW

Pupa (hari pertama, D1) diperoleh dari koloni FAW yang dipelihara di persekitaran makmal pada suhu $27\pm 3^{\circ}\text{C}$, fotokala 12j terang: 12j gelap dan $70\pm 12\%$ kelembapan relatif. Butir jagung manis (*Zea mays*) tempatan menjadi sumber makanan bagi peringkat larva dan larutan madu 10% (10 ml madu ditambah dengan 90 ml air suling steril) bagi FAW dewasa (Jamil 2022). Sebanyak 120 pupa ditimbang menggunakan penimbang analitikal (OHAUS) dan dibahagikan kepada tiga kumpulan berdasarkan berat seperti berikut:

K1 = berat pupa ≤ 0.14 g

K2 = berat pupa 0.15 – 0.17 g

K3 = berat pupa ≥ 0.18 g

Setiap kumpulan mempunyai 10 pupa dan sebanyak 4 replikasi telah dilakukan. Di dalam bekas plastik universal yang diubahsuai (Rajah 1), pupa dari setiap kumpulan diletakkan secara berasingan mengikut jantina. Pupa dari setiap kumpulan diperiksa setiap hari sehingga menjadi dewasa. Pemerhatian terhadap warna dan bentuk pupa serta tempoh kemunculan dewasa dari peringkat pupa direkodkan.



Rajah 1. Bekas plastik universal yang diubahsuai bahagian penutup bagi proses ventilasi

Rama-rama FAW Dan Perkembangannya (Mengawan, Telur Dan Larva Instar 1, L1)

FAW dewasa yang muncul dari setiap kumpulan diperhatikan morfologinya. Kemudian seekor FAW dewasa betina dipasangkan dengan seekor FAW dewasa jantan dalam kumpulan yang sama. FAW betina dari kumpulan yang tidak cukup bilangan pasangan, FAW jantan dari koloni asal diambil secara rawak. Pasangan FAW bagi setiap kumpulan diletakkan di dalam akuarium plastik (21 cm x 13 cm x 11.5 cm) dan dibekalkan kapas dengan larutan madu 10% sebagai sumber makanan. Selapis tisu diletakkan pada akuarium sebagai medium FAW betina bertelur (Rajah 2). Tempoh mengawan bagi pasangan FAW dari setiap kumpulan direkodkan. Bilangan

telur yang dihasilkan dalam tempoh 48j selepas mengawan dan bilangan larva instar 1 (L1) yang muncul telah dicatatkan.



Rajah 2. Akuarium plastik yang diubahsuai, diletakkan kapas dengan larutan madu 10% dan sekeping tisu

Analisis Data

Perbandingan berat pupa, peratus kemunculan rama-rama dewasa, tempoh mengawan, bilangan telur dan L1 bagi setiap kumpulan telah dianalisa melalui ANOVA satu hala dan analisis regresi menggunakan perisian MINITAB 18.

HASIL DAN PERBINCANGAN

Morfologi Pupa Dan Kemunculan Rama-rama Dewasa

Berdasarkan pemerhatian dalam tempoh 5 hari, warna pupa FAW bagi ketiga-tiga kumpulan mengalami lima fasa perubahan warna ketara iaitu hijau keputihan ke perang, perang kemerahan ke coklat gelap ke coklat kehitaman (Rajah 3). Melanisasi pupa iaitu perubahan warna pupa dari cerah ke gelap merupakan satu proses kompleks yang dipengaruhi oleh faktor genetik dan persekitaran (Ferreira et al. 2006). Pupa yang mempunyai pigmen gelap mempamerkan perkembangan yang lebih pantas dalam semua peringkat hidup, berat pupa yang lebih berat, lebih banyak masa mengawan, kesuburan yang tinggi dan secara langsung menyebabkan kadar pembiakan dan indeks trend populasi yang lebih tinggi (Liu et al. 2015).



Rajah 3. Perubahan warna pupa FAW dari mula muncul hingga hari ke-5

Berat pupa setiap kumpulan kajian mempunyai perbezaan bererti seperti Jadual 1. Berat pupa mempunyai peranan penting dalam perkembangan Lepidoptera. Berat badan yang mencukupi amat kritikal bagi memastikan pupa mempunyai cukup tenaga untuk melengkapkan transformasinya menjadi serangga dewasa (Armbruster & Hutchinson 2002). Selain itu, pupa yang memperoleh makanan yang berzat pada peringkat larva mampu untuk berasosiasi dengan perubahan cuaca dan juga pemangsa (Zhao et al. 2022). Berat pupa juga mempengaruhi kecergasan rama-rama dewasa yang baru muncul. Pupa yang lebih ringan menghadapi cabaran semasa kemunculan dewasa dan mengawan (Tanmaru et al. 1996). Pupa yang lebih berat dan besar cenderung menghasilkan serangga dewasa yang lebih besar dan sihat. Saiz penting bagi serangga dewasa dalam keupayaan penerbangan, kejayaan pembiakan dan kemandirian keseluruhannya (Coyle et al. 1999)

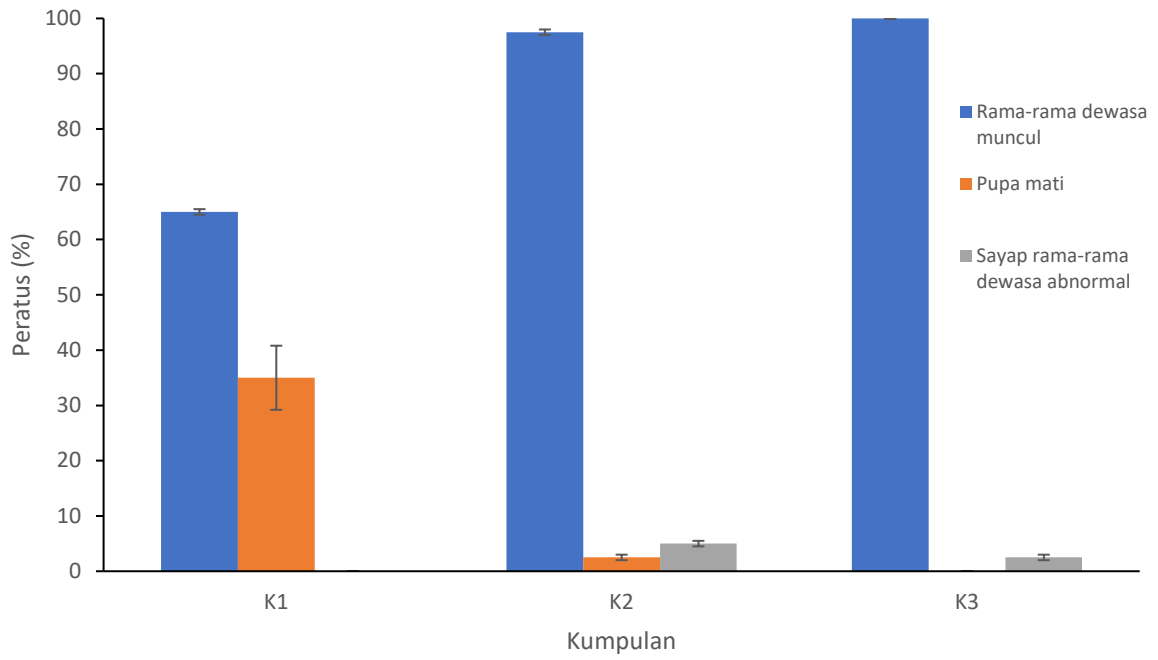
Jadual 1. Purata berat pupa bagi setiap kumpulan

Kumpulan	Berat pupa (g)	Nilai F	Nilai P
K1	0.127±0.02 ^c	308.70	0.000
K2	0.162±0.01 ^b		
K3	0.223±0.02 ^a		

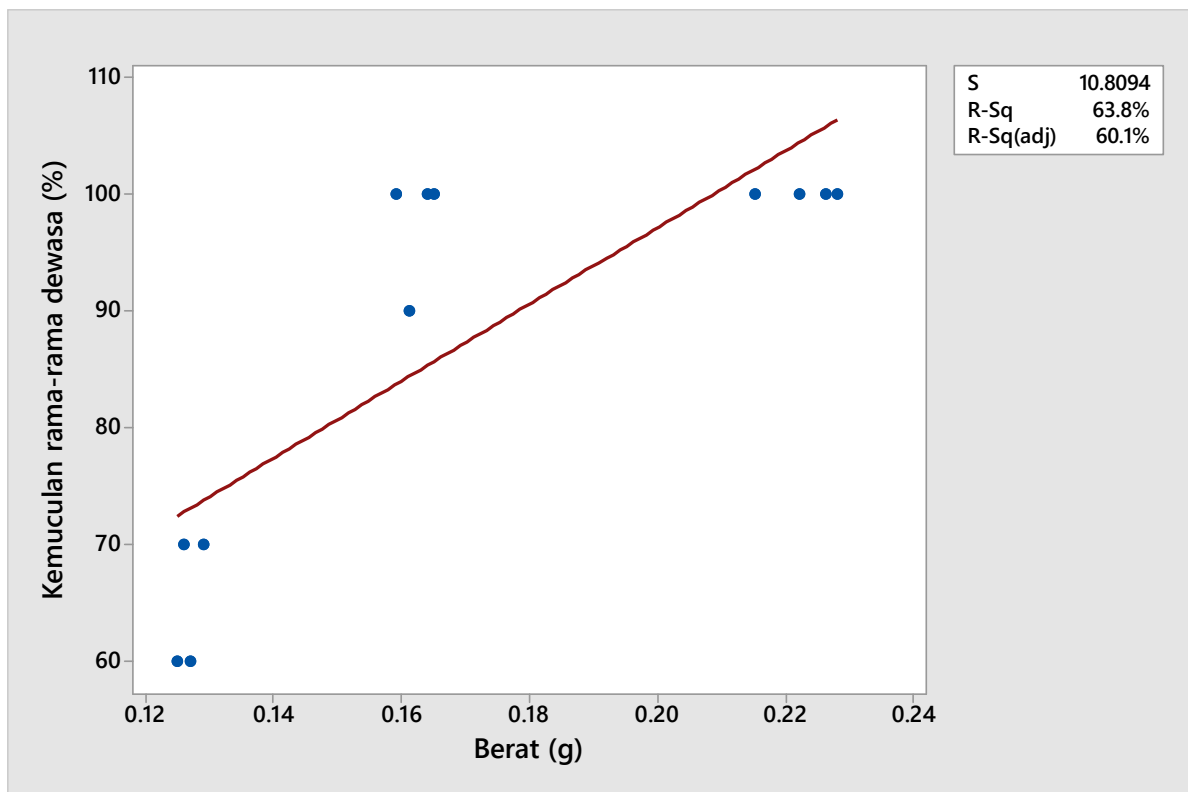
*Nilai min yang tidak berkongsi huruf yang sama adalah berbeza dengan signifikan, $P < 0.05$)

Umumnya, berat pupa boleh berbeza dengan ketara dan pupa yang lebih berat mengambil masa lebih lama untuk berkembang menjadi rama-rama dewasa. Manakala pupa yang lebih ringan muncul dewasa lebih cepat (Nicholas et al. 2018). Dalam kajian ini, tempoh peringkat pupa adalah berbeza mengikut kumpulan dengan tiada perbezaan bererti ($P>0.05$). Tempoh peringkat pupa bagi K1, K2 dan K3 adalah 6.5 ± 0.58 , 7.0 ± 0.69 & 7.2 ± 0.77 hari. Kajian oleh Coyle et al. (1999) mendapati berat pupa dan tempoh kemunculan serangga dewasa tidak mempunyai perbezaan signifikan. Berat pupa sahaja bukanlah indikator bagi tempoh masa peringkat pupa. Selain itu, faktor suhu dan sumber makanan peringkat larva mempengaruhi tempoh pupa. Lazimnya, peringkat pupa mengambil masa kira-kira tujuh hingga 37 hari sebelum muncul menjadi rama-rama dewasa dan bergantung pada suhu (20 hingga 30°C). Dalam cuaca panas, pupa mengambil lapan hingga sembilan hari untuk menjadi dewasa dan mengambil masa yang lebih lama dalam cuaca yang lebih sejuk (Sarkowi & Mokhtar 2021). Kajian oleh Hong et al. (2022) mendapati tempoh pupa adalah pada 7.57 ± 0.09 hari apabila peringkat larva dipelihara pada suhu $30\pm 2^{\circ}\text{C}$ dan diberi makan daun jagung manis. Manakala Helen et al. (2021) mendapati tempoh pupa yang dipelihara pada suhu $27\pm 3^{\circ}\text{C}$ adalah 9.2 ± 1.64 hari. Pada suhu $25\pm 1^{\circ}\text{C}$, tempoh pupa adalah berbeza mengikut sumber makanan peringkat larva iaitu 9.3 ± 0.1 hari (kacang soya), 12.0 ± 0.1 hari (biji sesawi) dan 10.3 ± 0.1 hari (bunga matahari) (He et al. 2021).

Peratus kemunculan rama-rama dewasa dari kumpulan K1, K2 dan K3 adalah $65.00\pm 0.58\%$, 97.50 ± 0.50 dan 100% masing-masing (Rajah 4). Tiada perbezaan bererti bagi peratus kemunculan rama-rama dewasa antara kumpulan K2 dan K3. Manakala K1 mencatatkan peratus kemunculan rama-rama dewasa paling rendah dan mempunyai perbezaan bererti dengan K2 dan K3 (Nilai $F=78.43$, Nilai $P=0.000$). Hasil kajian ini juga menunjukkan terdapat hubungan positif antara peratus kemunculan dan berat pupa (Peratus kemunculan = $31.35+229.2$ berat pupa) (Rajah 5). Hasil kajian ini mendapati peratus pupa yang tidak berjaya muncul menjadi rama-rama dewasa adalah sebanyak $35\pm 5.8\%$ dan $2.5\pm 0.5\%$ dari kumpulan K1 dan K2 masing-masing. Pupa yang tidak muncul menjadi dewasa menjadi keras atau lembik apabila disentuh dengan forsep lembut. Terdapat juga rama-rama FAW yang baharu muncul dari pupa dengan sayap abnormal (berkerepot) (Rajah 6). Dewasa dengan sayap berkerepot diperhatikan muncul dari kumpulan K2 ($5\pm 0.5\%$) dan K3 ($2.5\pm 0.5\%$) (Rajah 4). Rwomushana (2019) menyatakan pembentukan sayap abnormal rama-rama FAW terjadi apabila suhu persekitaran melebihi 30°C .



Rajah 4. Perbandingan peratus rama-rama dewasa muncul, pupa mati dan sayap dewasa abnormal antara K1, K2 dan K3



Rajah 5. Graf plot garis suaian (*Fitted line plot*) antara berat pupa dan peratus kemuculan rama-rama dewasa FAW



Rajah 6. Rama-rama FAW dengan sayap berkerepot

Pembiakan Rama-rama FAW Selepas Kemunculan Dari Pupa Dan Kemunculan Larva Generasi Seterusnya

Kelakuan memanggil dan memikat lebih kerap diperhatikan pada rama-rama jantan dan betina dari kumpulan K3 dan K2 berbanding K1. Selain itu, rama-rama FAW dari kumpulan K3 didapati memulakan proses mengawan lebih awal secara signifikan berbanding K1 dan K2 (Jadual 2). Hasil pemerhatian juga mendapati, aktiviti mengawan hanya berlaku sekali antara pasangan dan tiada oviposisi berlaku selepas mengawan. Wu et al. (2023) menyatakan kelakuan memanggil, memikat dan mengawan sering berlaku pada awal malam selepas kemunculan dari pupa. Rama-rama jantan dan betina tidak mengawan lebih dari sekali dan oviposisi tidak berlaku pada malam tersebut (Wu et al. 2023).

Jadual 2. Tempoh rama-rama FAW betina mula mengawan selepas muncul dewasa

Kumpulan	Tempoh FAW betina mula mengawan (hari) selepas muncul dewasa	Nilai F	Nilai P
K1	5 ^a	178.75	0.000
K2	4.21±0.42 ^b		
K3	2.3±0.47 ^c		

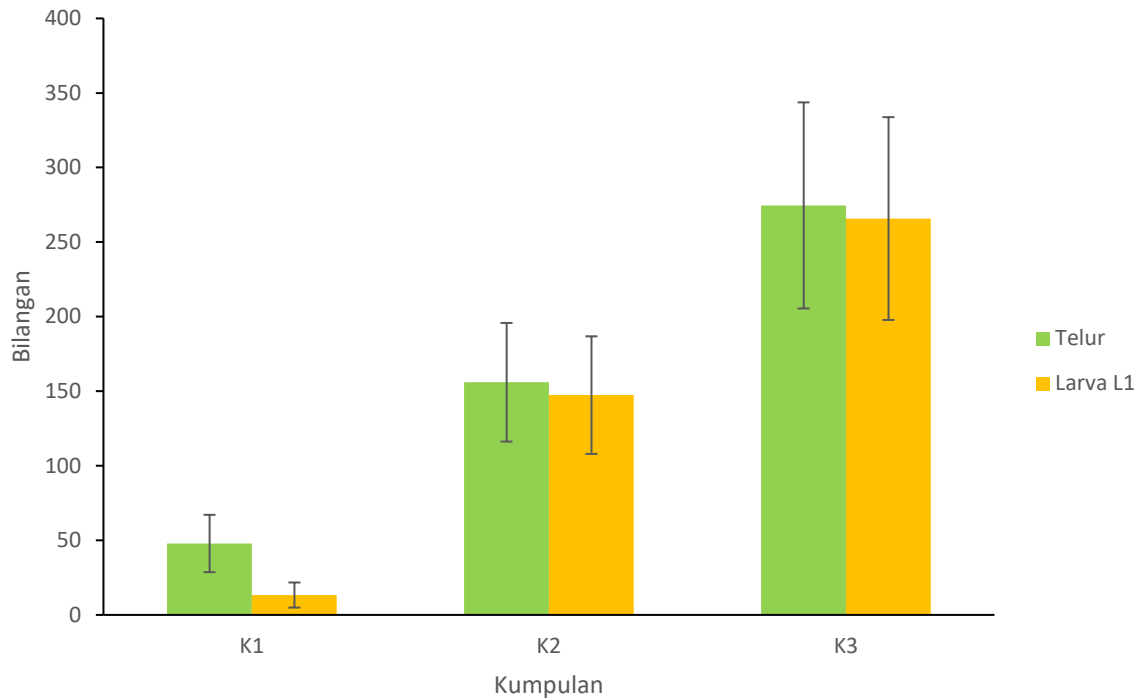
*Nilai min yang tidak berkongsi huruf yang sama adalah berbeza dengan signifikan, $P < 0.05$.

Berdasarkan pemerhatian, rama-rama betina yang telah mengawan meletakkan telur secara berkumpulan dan berlapis dengan lapisan pelindung (Rajah 7). Di persekitaran, telur FAW sering ditemui di permukaan bawah atau atas daun serta batang tumbuhan perumah (Prasanna et al. 2018; Rwomushana 2019). Lazimnya, sekumpulan telur *S. frugiperda* ditutupi dengan lapisan pelindung seperti lapisan sisik berwarna kelabu (*setae*) yang berasal dari abdomen betina dewasa (Capinera 2020; Sarkowi & Mokhtar 2021; Sparks 1979). Dalam tempoh 48j selepas mengawan, rama-rama betina kumpulan K3 mencatatkan bilangan telur tertinggi (274.6 ± 69.10) berbanding K2 (156.0 ± 39.78) dan K1 (47.89 ± 19.23) dengan perbezaan bererti (Nilai $F=63.74$, Nilai $P = 0.000$) (Rajah 8). Pastor et al. (2011) menyatakan bilangan telur rama-rama betina yang muncul dari pupa bersaiz besar lebih banyak berbanding daripada rama-rama betina muncul dari pupa bersaiz lebih kecil. Di samping itu, bilangan telur bagi setiap rama-rama betina FAW sepanjang hayatnya bergantung kepada sumber makanan pada peringkat larva (Agravante et al. 2023; Assefa & Ayalew 2019; Barros et al. 2010). Rama-rama FAW betina yang telah mengawan lebih banyak mengoviposisi telurnya dalam tempoh 4 hingga lima hari pertama kemunculan dari pupa dan boleh berlaku sehingga tiga minggu (Prasanna et al. 2018). Sarkowi & Mokhtar (2021) pula menyatakan oviposisi bermula sejurus selepas gelap dan berlangsung sehingga tengah malam tetapi kebanyakan rama-rama FAW betina bertelur dalam tempoh empat jam pertama selepas gelap.

Warna telur FAW bagi setiap kumpulan berubah dari warna kuning kehijauan pucat atau krim ke warna coklat muda dan kehitaman apabila hampir menetas (Rwomushana 2019). Selepas 3 hari, larva instar 1 muncul dari telur dari setiap kumpulan kajian. Telur yang tidak subur kelihatan kering dan penyek (Rajah 9). Larva instar 1 (L1) yang baharu muncul berbadan kuning kelabu pucat dengan kepala berwarna hitam (Rajah 10). Hasil kajian ini mendapati bilangan larva instar 1 (L1) yang muncul dari kumpulan K3 (265.80 ± 68.00) juga secara signifikan (Nilai $F= 80.07$, Nilai $P = 0.000$) lebih banyak berbanding K2 (147.37 ± 39.44) dan K1 (13.33 ± 8.41) (Rajah 7). Bilangan larva instar 1 (L1) yang muncul dari setiap kumpulan berhubungkait dengan bilangan telur yang dihasilkan.



Rajah 7. Gambar variasi warna telur FAW yang subur

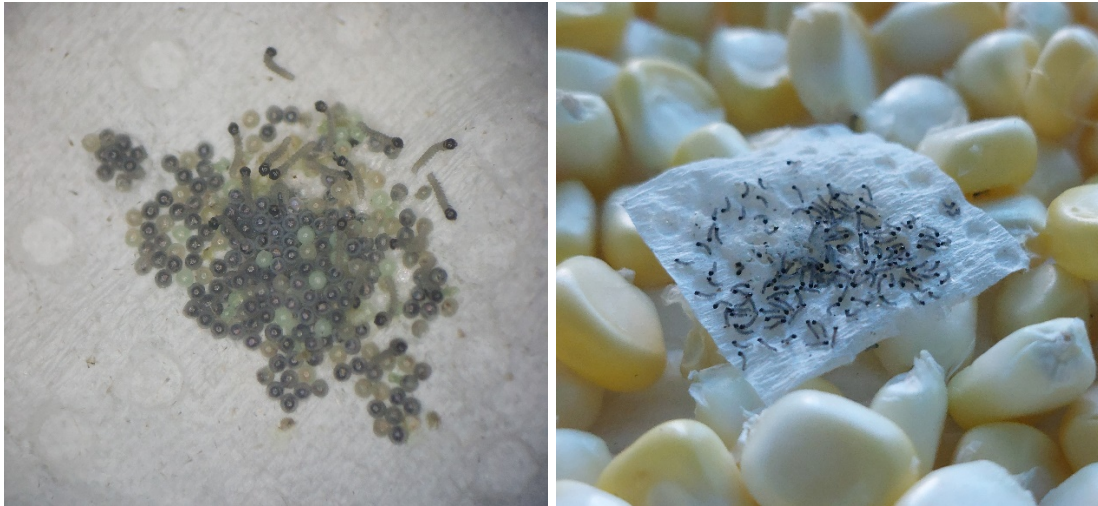


Rajah 8. Perbandingan bilangan telur (48j) dan larva FAW instar 1 (L1) yang muncul antara kumpulan K1, K2 dan K3

Walau bagaimanapun, peratus penetasan telur FAW menjadi larva instar 1 (L1) didapati tinggi dari kumpulan K3 ($96.67 \pm 1.57\%$) dan K2 ($93.88 \pm 5.63\%$) berbanding K1 ($24.29 \pm 11.37\%$) dengan perbezaan bererti (Nilai $F = 503.45$, Nilai $P = 0.000$). Kajian oleh Hong et al. (2022) mendapati peratus kadar survival telur FAW berbeza mengikut varieti jagung iaitu jagung bijian (85%), jagung manis (81%) dan jagung pulut (93%). Kajian di India pula mendapati peratus penetasan telur FAW adalah berbeza mengikut jenis tanaman iaitu sebanyak $94 \pm 1.05\%$ (jagung) dan $89 \pm 1.82\%$ (sorgum) (Bankar & Bhamare 2023). Selain itu, peratus fertiliti telur yang tinggi dicatatkan sebanyak 98% (putik jagung) dan 95.4% (daun jagung) berbanding 54.6% (daun padi) dan 86.4% (daun brokoli) (Dono et al. 2024).



Rajah 9. Gambar telur FAW yang tidak subur



Rajah 10. Gambar larva instar 1 yang baharu muncul

KESIMPULAN

Berat pupa merupakan salah satu penunjuk penting kesediaan pupa menjadi serangga dewasa. Berat pupa juga mempengaruhi peluangnya untuk terus hidup dan kejayaan reproduktif. Berdasarkan hasil kajian ini, berat pupa memberi kesan secara signifikan terhadap peratus kemunculan rama-rama dewasa dan reproduktifnya. Oleh itu, pemilihan berat pupa ulat ratus FAW (*Spodoptera frugiperda*) $\geq 0.15\text{g}$ disarankan bagi menghasilkan koloni yang subur dan sihat. Butir jagung boleh dijadikan sumber makanan peringkat larva yang baik untuk pertumbuhan koloni FAW yang sihat. Kajian selanjutnya seperti keterkaitan berat pupa terhadap kecergasan dan jangka hayat FAW boleh dilakukan pada masa akan datang.

PENGHARGAAN

Sekalung penghargaan diucapkan kepada ahli-ahli penyelidik Makmal Kawalan Biologi dan Makmal Entomologi Gunaan, Pusat Sistemik Serangga UKM dan dana penyelidikan GP-K016217.

PENGISYTIHARAN PENGARANG

Pernyataan Biaya Dana

Penyelidikan bagi aktiviti pemeliharaan serangga di makmal melalui dana penyelidikan GP-K016217.

Percanggahan Kepentingan

Penulis-penulis mengisytiharkan bahawa tidak mempunyai konflik kepentingan.

Penyataan Etika

Tiada isu etika diperlukan untuk penyelidikan ini.

Pernyataan Kehadiran Data Tambahan

Tiada

Sumbangan Pengarang

Siti Noor Aishikin Abdul Hamid (SNAAH) menjalankan pensampelan dan penelitian ke atas sampel dan menulis manuskrip. Johari Jalinah (JJ) dan Razean Haireen Mohd Razali (RHMR) membuat interpretasi, menilai dan membuat semakan ke atas manuskrip. Semua pengarang telah membaca dan bersetuju untuk manuskrip akhir.

RUJUKAN

- Agravante, A.S., Alviar, K.B., Ramirez, A.H.M. & Yap, S.A. 2023. Biology of *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith) (Lepidoptera: Noctuidae) on rice and different corn varieties. *Philipp Agric Scientist* 106(1): 1–6.
- Armbruster, P. & Hutchinson, R.A. 2002. Pupal mass and wing length as indicators of fecundity in *Aedes albopictus* and *Aedes geniculatus* (Diptera: Culicidae). *Journal of Medical Entomology* 39(4): 699–704.
- Assefa, F. & Ayalew, D. 2019. Status of fall armyworm (*Spodoptera frugiperda*), biology and control measures on maize crop in Ethiopia: A Review. *International Journal of Entomological Research* 5: 1641902.
- Bankar, D.R. & Bhamare, V.K. 2023. Morphometrics of *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith) as influenced by cereal hosts. *Indian Journal of Entomology*: e23317.
- Barros, E.M., Torres, J.B. & Bueno, A.F. 2010. Oviposição, Desenvolvimento E reprodução de *Spodoptera frugiperda* [Oviposition, development, and reproduction of *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith) (Lepidoptera: Noctuidae) fed on different hosts of economic importance]. *Neotropical Entomology* 39(6): 996–1001.
- Braet, Y., Bourguignon, L., Vanpoucke, S., Drome, V. & Hubrecht, F. 2015. Preliminary data on pupal development, lifespan and fertility of *Cynomya mortuorum* (L., 1761) in Belgium (Diptera: Calliphoridae). *Biodiversity Data Journal* 3: 5387.
- Chen, Y.C., Chen, D.F., Yang, M.F. & Liu, J.F. 2022. The effect of temperatures and hosts on the life cycle of *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae). *Insects* 13: 211.
- Chen, Y., Guo, J., Gao, Z., He, K., Bai, S., Zhang, T. & Wang, Z. 2020. Performance of *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) fed on six host plants: Potential Risks to mid-high Latitude crops in China. *Journal of Agricultural Science* 12(10): 16 - 27.
- Coyle, D.R., McMillin, J.D. & Hart, E.R. 1999. Pupal and adult parameters as potential indicators of cottonwood leaf beetle (Coleoptera: Chrysomelidae) fecundity and longevity. *The Great Lakes Entomologist* 32(2): 107–113.
- Day, R., Abrahams, P., Bateman, M., Beale, T., Clotey, V., Cock, M., Colmenarez, Y., Corniani, N., Early, R., Godwin, J., Gomez, J., Moreno, P.G., Murphy, S.T., Oppong-Mensah, B., Phiri, N., Pratt, C., Silvestri, S. & Witt, A. 2017. Fall armyworm: Impacts and implications for Africa. *Outlooks on Pest Management* 28(5): 196–201.
- DOA. 2021. *Pelan Tindakan Kawalan Ulat Ratus Fall Armyworm (FAW)*. 1st Edition. Putrajaya, Malaysia: Jabatan Pertanian Malaysia.
- Dono, D., Wulansari, R., Hidayat, Y. & Widayani, N.S. 2024. Biology of *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera : Noctuidae) on different types of plants feeds : Potency as a pest on various agricultural plants. *Open Agriculture* 9: 20220254.
- Eschen, R., Beale, T., Bonnin, J.M., Constantine, K.L., Duah, S., Finch, E.A., Makale, F.,

- Nunda, W., Ogunmodede, A., Pratt, C.F., Thompson, E., Williams, F., Witt, A. & Taylor, B. 2021. Towards estimating the economic cost of invasive alien species to African crop and livestock production. *CABI Agriculture and Bioscience* 2: 18.
- FAO & CIMMYT. 2018. *Integrated management of the Fall Armyworm on maize: A guide for Farmer Field Schools in Africa*. Rome, Italy: Food and Agriculture Organization of the United Nations.
- FAO & CABI. 2019. *Community-Based Fall Armyworm (Spodoptera frugiperda) Monitoring, Early warning and Management, Training of Trainers Manual*. 1st Edition. Licence: CC BY-NC-SA 3.0 IGO. USA: Food and Agriculture Organization of the United Nations & CAB International.
- FAO. 2024. *FAW Map Global Action For Fall Armyworm Control*. Food and Agriculture Organization of the United Nations.
<https://www.fao.org/fall-armyworm/monitoring-tools/faw-map/en/> [27 April 2024].
- Ferreira, A.A., Garcia, R.N. & De Araújo, A.M. 2006. Pupal melanization in *Heliconius eratophyllis* (Lepidoptera; Nymphalidae): Genetic and environmental effects. *Genetica* 126(1–2): 133–140.
- Grimaldi, D.A. 2023. Development, metamorphosis and growth. Dlm. Grimaldi, D.A (pynt.). *The Complete Insect: Anatomy, Physiology, Evolution, and Ecology*, pp. 171–228. New Jersey: Princeton University Press.
- He, L. M, Wu, Q. L., Gao, X. W. & Wu, K. M. 2021. Population life tables for the invasive fall armyworm, *Spodoptera frugiperda* fed on major oil crops planted in China. *Journal of Integrative Agriculture* 20(3): 745–754.
- Helen, P.A., Tamboli, N., Kulkarni, S., More, S. & Kumbhar, J. 2021. Biology of fall armyworm *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith) on maize under laboratory conditions. *Journal of Entomology and Zoology Studies* 9(3): 125–127.
- Heming, B. 2003. *Insect Development and Evolution*. Ithaca, NY: Cornell University Press.
- Hong, S., Titayavan, M., Intanon, S. & Thepkusol, P. 2022. Biology and life-table parameters of fall armyworm, *Spodoptera frugiperda* on three maize cultivars grown in Thailand. *Chiang Mai University Journal of Natural Sciences* 21(1): 1–11.
- IPPC. 2019. *Report On New Pest: Fall Armyworm In Malaysia*. International Plant Protection Convention: FAO-IPPC.
<https://www.ippc.int/en/countries/malaysia/pestreports/2019/11/fall-armyworm-spodoptera-frugiperda-control/>[9 Jun 2021]
- Jamil, S.Z., Rasul, M.A.M., Nor, M.F.M. & Saranam, M.M. 2022. Kaedah pembelaan secara massa ulat ratus 'fall armyworm' (FAW), (*Spodoptera frugiperda*). *Buletin Teknologi MARDI Khas Kawalan Biologi* 33: 175 – 183.
- Jamil, S.Z., Saranam, M.M., Hudin, L.J.S. & Ali, W.K.A.W. 2021. First incidence of the invasive fall armyworm, *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith, 1797) attacking maize in

- Malaysia. *BioInvasions Records* 10(1): 81–90.
- Capinera, J.L. 2020. Fall Armyworm, *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith) (Insecta: Lepidoptera: Noctuidae). *Department of Entomology and Nematology, UF/IFAS Extension* EENY098: 1–6.
- Lalramnghaki, H.C., Lalramliana, Lalremsanga, H.T., Vanlalhlimpaia, Lalramchuani, M. & Vanramliana. 2021. Susceptibility of the fall armyworm, *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith, 1797) (Lepidoptera: Noctuidae), to four species of entomopathogenic nematodes (Steinernematidae and Heterorhabditidae) from Mizoram, North-Eastern India. *Egyptian Journal of Biological Pest Control* 31: 100.
- Liu, S., Wang, M. & Li, X. 2015. Pupal melanization is associated with higher fitness in *Spodoptera exigua*. *Scientific Reports* 5: 10875.
- Maharani, Y., Puspitaningrum, D., Istifadah, N., Hidayat, S. & Ismail, A. 2021. Biology and life table of fall armyworm, *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith) (Lepidoptera: Noctuidae) on maize and rice. *Serangga* 26(4): 161–174.
- Mayekar, H.V. & Kodandaramaiah, U. 2017. Pupal colour plasticity in a tropical butterfly, *Mycalesis mineus* (Nymphalidae: Satyrinae). *PLoS ONE* 12(2): e0171482.
- Midega, C.A.O., Pittchar, J.O., Pickett, J.A., Hailu, G.W. & Khan, Z.R. 2018. A climate-adapted push-pull system effectively controls fall armyworm, *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith), in maize in East Africa. *Crop Protection* 105: 10–15.
- Montezano, D.G., Specht, A., Sosa-Gómez, D.R., Roque-Specht, V.F., Sousa-Silva, J.C., Paula-Moraes, S.V., Peterson, J.A. & Hunt, T.E. 2018. Host Plants of *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) in the Americas. *African Entomology* 26(2): 286–300.
- Nicholas, S., Thyselius, M., Holden, M. & Nordström, K. 2018. Rearing and long-term maintenance of *Eristalis tenax* hoverflies for research studies. *Journal of Visualized Experiments* 135: e57711.
- Onkarappa, D., Pandi, R.K., Gopal, A., Thiruvengadam, V., Muthugounder, M., Nayyar, N. & Gopalsamy, S. 2023. Sub-lethal effects of indigenous isolate of *Spodoptera frugiperda* nucleopolyhedrovirus on fall armyworm growth and reproduction in India. *Egyptian Journal of Biological Pest Control* 33 (10).
- Pastor, B., Cickova, H., Kozanek, M., Martinez-Sanchez, A., Takac, P. & Rojo, S. 2011. Effect of the size of the pupae, adult diet, oviposition substrate and adult population density on egg production in *Musca domestica* (Diptera : Muscidae). *European Journal of Entomology* 108: 587–596.
- Prasanna, B.M., Huesing, J.E., Eddy, R. & Peschke, V.M. 2018. *Fall Armyworm In Africa : A Guide For Intergrated Pest Management*. 1st Edition. Mexico: CDMX:CIMMYT.
- Rwomushana, I. 2019. *Invasive Species Compendium Datasheet Report for Spodoptera frugiperda* (Fall Armyworm). CABI: CABI Digital Library.

<https://doi.org/10.1079/cabicompendium.29810> [9 Jun 2021]

- Sarkowi, F.N. & Mokhtar, A.S. 2021. The fall armyworm (Faw) *Spodoptera frugiperda*: A review on biology, life history, invasion, dispersion and control. *Outlooks on Pest Management* 32(1): 27–32.
- Shylesha, A.N., Jalali, S.K., Gupta, A., Varshney, R., Venkatesan, T., Shetty, P., Ojha, R., Ganiger, P.C., Navik, O., Subaharan, K., Bakthavatsalam, N., & Ballal, C.R. 2018. Studies on new invasive pest *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith) (Lepidoptera: Noctuidae) and its natural enemies. *Journal of Biological Control* 32(3): 1-7.
- Sisay, B., Simiyu, J., Malusi, P., Likhayo, P., Mendesil, E., Elibariki, N., Wakgari, M., Ayalew, G. & Tefera, T. 2018. First report of the fall armyworm, *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae), natural enemies from Africa. *Journal of Applied Entomology* 142(8): 800–804. doi: 10.1111/jen.12534
- Sparks, A.N. 1979. A review of the biology of the fall armyworm. *The Florida Entomologist* 62(2): 82–87.
- Sultana, J., Rahman, M. & Haque, M. 2021. Hormonal regulations in insect metamorphosis: A review. *Journal of Entomology and Zoology Studies* 9(4): 371–379.
- Tammaru, T., Kaitaniemi, P., Ruohomäki, K. & Ruohomaki, K. 1996. Realized fecundity in *Epirrita autumnata* (Lepidoptera: Geometridae): Relation to body size and consequences to population dynamics. *Oikos* 77 (3): 407-416.
- Wan, J., Huang, C., Li, C.Y., Zhou, H.X., Ren, Y.L., Li, Z.Y., Xing, L.S., Zhang, B., Qiao, X., Liu, B., Liu, C.H., Xi, Y., Liu, W.X., Wang, W.K., Qian, W.Q., Mckirdy, S. & Wan, F.H. 2021. Biology, invasion and management of the agricultural invader: Fall armyworm, *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae). *Journal of Integrative Agriculture* 20(3): 646–663.
- Wu, T., Cao, D.-H., Liu, Y., Yu, H., Fu, D.-Y., Ye, H. & Xu, J. 2023. Mating-induced common and sex-specific behavioral, transcriptional changes in the moth fall armyworm (*Spodoptera frugiperda*, Noctuidae, Lepidoptera) in laboratory. *Insects* 14: 209.
- Zhao, L., Wang, X., Liu, Z. & Torson, A.S. 2022. Energy consumption and cold hardiness of diapausing fall webworm pupae. *Insects* 13(9): 853.