



## **ANCAMAN *Spodoptera frugiperda* (J.E SMITH) PADA TANAMAN JAGUNG DI LAHAN KERING NUSA TENGGARA TIMUR**

*Noldy R.E Kotta*<sup>1\*</sup>, *James Ngginak*<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Pusat Riset Tanaman Pangan, Organisasi Riset Pertanian dan Pangan, Badan Riset dan Inovasi Nasional, Jl.Raya Jakarta-Bogor, KM 46 Cibinong-Bogor, Indonesia

<sup>2</sup>Program Studi Pendidikan Biologi, Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan Biologi, Universitas Kristen Artha Wacana, Kupang, Nusa Tenggara Timur, Indonesia

---

### **Article Info**

#### **Article history:**

Received November 2022

Accepted Desember 2022

---

#### **Keywords:**

*Spodoptera frugiperda*; hama; jagung; suhu; NTT.

---

### **ABSTRACT**

Hama *Spodoptera frugiperda* merupakan hama pada tanaman jagung yang menjadi ancaman bagi petani di lahan kering, Nusa Tenggara Timur. Hama ini telah menyebar hampir di seluruh wilayah sentra jagung di Nusa Tenggara Timur. Tulisan ini bertujuan untuk mengulas tentang ancaman *S. frugiperda* dari aspek biologi yang mendukung perkembangan hama secara cepat. Metode yang digunakan adalah metode survei untuk mengumpulkan telur dan larva *S. frugiperda* untuk direaring dan suhu dari data Badan Pusat Statistik. Pengamatan dilakukan terhadap siklus hidup *S. frugiperda*. Hasil penelitian menunjukkan bahwa, suhu di lahan kering NTT mendukung perkembangan siklus hidup *S. frugiperda* lebih cepat. Suhu di NTT yang berkisar antara 27-32 °C yakni termasuk suhu optimal untuk perkembangan hama sehingga menjadi ancaman bagi petani jagung di NTT. Hal ini terbukti dari periode hidup *S. frugiperda* mulai dari telur (2-3 hari), larva (7-8 hari), pupa (2-3 hari) dan imago (5-7 hari) yang singkat yakni berkisar antara 16-21 hari. Maka potensi ledakan hama bisa terjadi sewaktu-waktu. Oleh karena itu, teknologi pengendalian yang tepat sehingga dapat menekan populasi *S. Frugiperda*.

---

#### **Corresponding Author:**

**Noldy R.E Kotta**

Pusat Riset Tanaman Pangan, Organisasi Riset Pertanian dan Pangan, Badan Riset dan Inovasi Nasional, Jl.Raya Jakarta-Bogor, KM 46 Cibinong-Bogor, Indonesia.

Email: [kotta.noldy90@gmail.com](mailto:kotta.noldy90@gmail.com)

## 1. LATAR BELAKANG

Ulat Grayak, fall armyworm (FAW) (*Spodoptera frugiperda* J.E. Smith) (Lepidoptera: Noctuidae) merupakan hama yang berasal dari daerah tropis dan sub tropis Amerika. Hama ini termasuk dalam serangga polifag yang menyerang lebih dari 350 spesies tanaman termasuk jagung (*Zea mays* L.) sehingga saat ini *S. frugiperda* termasuk hama karantina A1 (Kasoma, Shimelis, and Laing 2021).

Produksi jagung pada negara penghasil jagung terancam oleh serangan *S. frugiperda*. Laporan pertama mengenai kerugian akibat serangan hama *S. frugiperda* telah dilaporkan di Brazil (Deole and Paul 2018), Nepal (Bajracharya et al. 2019), Korea (Lee et al. 2020), India (Ramesh 2019; Kalleshwaraswamy et al. 2018). Hama *S. frugiperda* juga dilaporkan mengganggu keamanan pangan di Afrika (Tendeng et al. 2019; Day et al. 2017; Sisay et al. 2018). Sedangkan di Indonesia *S. frugiperda* pertama kali dilaporkan menyerang tanaman jagung di Provinsi Sumatera Barat pada tahun 2019 kemudian menyebar ke provinsi Aceh, Sumatera Utara, Riau, Jambi, Sumatera Selatan, Lampung, Jawa Barat, Banten, Jawa Tengah, Kalimantan Timur, Kalimantan Utara, dan Sulawesi Selatan (Purnawan 2019; Sartiami et al. 2020).

Luas tanam jagung di NTT pada tahun 2013-2017 mencapai 1.377.081 ha, produksi 3.538.093 ton/ha (BPS 2018). Laporan mengenai serangan *S. frugiperda* di Propinsi Nusa Tenggara Timur (NTT) tahun 2020 yakni di Kabupaten Kupang, Timor Tengah Utara, Timor Tengah Selatan, Belu, Sabu Raijua, Ende, Ngada, Nagekeo, Sikka, Flores Timur, Lembata, Manggarai Barat, Manggarai Timur, Sumba Barat Daya, Sumba Tengah dan Sumba Timur (Kompas 2020).

Sebagai propinsi ke 7 di Indonesia sebagai penghasil jagung, penyebaran *S. frugiperda* di NTT dikaitkan dengan perubahan iklim, hal ini juga dikemukakan oleh Zacarias (2020) iklim berpotensi besar dalam migrasi hama. Beberapa penelitian tentang fenologi biologi menjelaskan tentang dampak suhu, terhadap perubahan siklus hama (Yan et al. 2022). Secara umum suhu tinggi meningkatkan laju metabolisme, menghasilkan laju pertumbuhan yang lebih tinggi, siklus hidup lebih singkat, dan bentuk tubuh yang tidak normal pada serangga termasuk *S. frugiperda* (Vickery 1929). Sebaliknya pada suhu rendah siklus hidup *S. frugiperda* lebih singkat dan lebih sedikit makan sehingga kerusakan yang ditimbulkan lebih rendah (Isenhour, Wiseman, and Widstrom 1985). Oleh karena itu makalah ini bertujuan untuk meninjau biologi *S. frugiperda* dengan didukung oleh data iklim dari Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika, NTT.

## 2. METODE

Melakukan survei dilahan petani, sekaligus pengamatan gejala serangan dan mengumpulkan telur *S. frugiperda*. Telur *S. frugiperda* dikumpulkan dari lahan jagung petani pada bulan September-November 2022 kemudian dimasukkan ke dalam toples untuk dipelihara. Metode observasi dilakukan dengan pengamatan langsung setiap perubahan stadia *S. frugiperda*. Data suhu didapat dari Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika, NTT.

### *Penyediaan pakan dan Rearing*

Penyediaan pakan *S. frugiperda* ada dua, yaitu tanaman jagung yang digunakan adalah daunnya dan madu murni. Tanaman jagung yang digunakan adalah bagian daunnya. Daun dicuci terlebih dahulu kemudian dipotong-potong berukuran kecil ketika akan memberi pakan ke larva *S. frugiperda*. Madu murni diberi sedikit air agar tidak terlalu kental ketika akan memberi pakan pada imago *S. frugiperda*.

Larva kemudian dipelihara dalam stoples plastik yang berukuran diameter atas 8 cm, bawah 7 cm, dan tinggi 13,9 cm. Larva diberi pakan daun jagung setiap hari. Kemudian pada stadia pupa tidak diberi pakan dan dipindahkan ke stoples terpisah untuk diamati periodenya. Imago *S. frugiperda* kemudian dikawinkan di wadah dengan diameter 19 cm dan tinggi 21 cm. Bagian dalam dilapisi dengan tisu dan penutup atas menggunakan kain kasa sebagai tempat peletakan telur untuk mendapatkan larva berumur sama, hama (serangga) dilakukan pencatatan waktu pada saat pemisahan telur. Pengamatan dilakukan setiap hari sampai menetas. Larva yang menetas kemudian diamati dan diukur panjangnya setiap hari sampai menjadi imago untuk mencatat siklus hidup *S. frugiperda*.

## 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

### Biologi *S. frugiperda*

**Telur.** Telur ditemukan menempel pada permukaan atas dan bawah daun membentuk gerombolan yang diselubungi oleh hifa putih. Telur berwarna putih transparan dan mengkilap. Telur menetas dalam 2 -3 hari dengan jumlah telur per kumpul 200-300 butir dengan suhu ruangan 28°C. (Gambar 1).



Gambar 1. Telur *S. frugiperda*  
Sumber: Dokumentasi Peneliti

Dalam studi yang dilakukan oleh Kalyan et al (2020), periode telur menetas sekitar 3-4 hari pada suhu 25°, **Larva** Larva yang baru menetas berwarna hijau dengan kepala berwarna hitam. Larva yang baru menetas berukuran 0.5- 1 mm. Larva terdiri atas 6 instar. Dari instar I hingga instar VI memakan waktu 11 hari. Dari hasil pengamatan pada hari ke 12 larva telah berubah menjadi pupa. Hasil studi terdahulu menyatakan bahwa periode larva sekitar 14,48 hari pada suhu 27° (Ashok et al. 2020). Larva instar akhir memiliki 8 prolog dan sepasang prolog pada segmen perut terakhir dan berwarna hitam garis dorsal dan spirakular. Larva besar dikarakterisasi dengan bentuk Y terbalik dengan warna kuning di kepala dan empat gelap bintik-bintik di sisi dorsal segmen perut ke-8 (Capinera 2002) (Gambar 2).



Larva instar I



Larva instar II



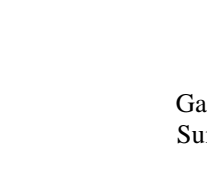
Larva instar III



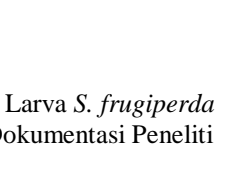
Larva instar IV



Larva instar V



Larva instar VI



Gambar 2. Larva *S. frugiperda*  
Sumber: Dokumentasi Peneliti

**Pupa.** Pupa yang muncul pada hari ke 12 memiliki ukuran 13 mm. Pupa - Pupa yang baru terbentuk berwarna coklat. Pergerakan hadir dalam pupa dalam kondisi ini. Setelah 12-14 jam pupa berubah warna menjadi coklat kemerah-merahan. Periode pupa dicatat selama 2-3 hari kemudian berkembang menjadi imago (Gambar 3).



Gambar 3. Pupa *S. frugiperda*  
Sumber: Dokumentasi Peneliti

**Imago.** Imago memiliki sayap depan berwarna coklat muda, abu-abu mengkilap pada jantan dan coklat tua, abu-abu mengkilap pada betina. Imago hidup selama 5 sampai 7 hari (Gbr.4).



Gambar 4. Imago *S. frugiperda*  
Sumber: Dokumentasi Peneliti

#### ***Kerusakan pada Tanaman Jagung.***

Pada saat pengamatan, populasi *S. frugiperda* berada pada gulungan daun jagung yang masih muda. Serangan *S. frugiperda* terjadi pada fase vegetatif yaitu saat tanaman berumur 2 minggu setelah tanam sampai umur tanaman 35-45 hari setelah tanam. Larva hanya menyukai daun muda dan tidak menyukai daun yang tua (Kalleshwaraswamy, Maruthi, and Pavithra 2018). Studi yang telah dilakukan tahun 2020, menunjukkan bahwa serangan telah terdeteksi pada 13-28 hari setelah tanam dengan intensitas kerusakan 5-49 % (Kotta, Ngongo, and Sitorus 2021), sehingga jika tidak dikendalikan sejak awal larva *S. frugiperda* dapat menyerang pada fase generatif (Gambar 5). Selain itu serangan pada fase generatif terjadi karena penanaman yang tidak serempak sehingga serangan hama pada tanaman jagung fase vegetatif berpindah ke jagung yang telah masuk pada fase generatif.



Gambar 5. Serangan *S. frugiperda* pada fase generatif  
Sumber: Dokumentasi Peneliti

Oleh karena itu jika serangan berat pembentukan bunga gagal. Dari hasil pengamatan intensitas serangan yang dilakukan pada tanaman jagung dilahan petani dengan ukuran 3 x 5 meter, jarak tanam 15 x 20 cm tanaman jagung yang terserang *S. frugiperda* pada umur 2 minggu setelah tanam 32.2 %. Larva instar 4-6 masuk ke dalam gulungan daun sehingga bekas yang ditinggal setelah daun terbuka membentuk lubang seperti bekas serangan belalang (Gambar 6).



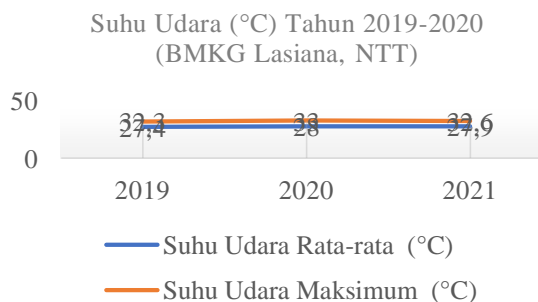
Gambar 6. Serangan *S. frugiperda* pada fase vegetatif  
Sumber: Dokumentasi Peneliti

Meskipun dilaporkan (Capinera 2002) *S. frugiperda* menyerang pada setiap fase pertumbuhan tetapi serangan tinggi dapat dilihat pada serangan pada fase vegetatif. (Sparks 1979). Namun serangan *S. frugiperda* saat fase generatif terjadi jika larva menyerang titik tumbuh dan larva instar 6 menyerang pada ketiak daun sehingga masuk kedalam batang (Kenis et al. 2022).

#### Dampak Suhu Terhadap Perkembangan Hama *S. frugiperda*

Kapasitas migrasi mencapai sekitar 100 km per malam (Tendeng et al. 2019) memungkinkan hama ini menyebar dengan cepat ke daerah lain. Selain migrasi, penyebaran hama didukung oleh tingkat reproduksi yang tinggi, kisaran inang yang luas dan kemampuan beradaptasi terhadap lingkungan yang berbeda dengan cepat (Otim et al. 2021).

Ketinggian tempat lokasi pengamatan yaitu 56 meter dari permukaan laut dan suhu berkisar 27–33°C (Grafik 1) dan kelembaban berkisar 60-85% (BMKG 2022). Dimana suhu lokasi pengamatan termasuk dalam suhu optimal bagi perkembangan *S. frugiperda*. Studi Isenhour et al (1985) menyatakan bahwa, pada suhu 18-30°C laju perkembangan *S. frugiperda* linear.



Grafik 1. Suhu Udara tahun 2019-2020

Sumber: BMKG Lasiana, NTT

Populasi menjadi tidak terkendali saat kondisi iklim mendukung. Hal ini karena hama ini tidak mengalami diapause sehingga suhu memainkan peran penting dalam biologi invasinya (Du Plessis, Schlemmer, and Van den Berg 2020). Suhu optimum untuk perkembangan telur, larva, pupa dan imago adalah pada 30 °C

Laju perkembangan hidup *S. frugiperda* paling tinggi antara 26 dan 30 °C. Periode perkembangan telur optimum terjadi pada suhu 18-32 °C dan berkembang lambat pada suhu konstan 18 °C (Schlemmer 2018). Periode perkembangan telur 3 hari pada suhu 32°C dan 2 hari pada suhu 33°C (Ashok et al. 2020, 2021). Periode perkembangan stadia larva 34 hari pada suhu 18°C, 11 hari pada suhu 32°C dan 9 hari pada suhu 33°C (Du Plessis, Schlemmer, and Van den Berg 2020; Sparks 1979; Ashok et al. 2021). Periode

perkembangan pupa 11 hari pada suhu 26°C dan 7 hari pada suhu 32 °C (Wood, Poe, and Leppla 1979; Ali, Luttrell, and Schneider 1990). Periode perkembangan stadia imago yakni 18 hari pada suhu 25°C dan 11 hari pada suhu 32°C (Ashok et al. 2020).

Pada suhu rendah (10-18 °C), tingkat mortalitas tinggi sehingga menurunkan populasi hama, sebaliknya pada suhu tinggi (18-32°C) tingkat mortalitas rendah, periode stadia menjadi pendek sehingga populasi meningkat.

#### 4. KESIMPULAN

*S. frugiperda* merupakan serangga yang tidak diapause dan memiliki 350 spesies tanaman inang. Populasi hama ini dipengaruhi oleh suhu. Laju perkembangan *S. frugiperda* dapat terjadi pada kisaran suhu 18-33 °C sedangkan suhu optimum untuk perkembangan *S. frugiperda* yakni pada suhu 30 °C dimana periode stadia lebih pendek, populasi meningkat dan mortalitas sedikit. Jika ditinjau dari suhu di NTT yang berkisar antara 27-32 °C yakni termasuk suhu optimal untuk perkembangan hama maka hama ini akan menjadi ancaman bagi petani jagung di NTT. Hal ini terbukti dari periode hidup *S. frugiperda* mulai dari telur (2-3 hari), larva (7-8 hari), pupa (2-3 hari) dan imago (5-7 hari) yang singkat yakni berkisar antara 16-21 hari. Maka potensi ledakan hama bisa terjadi sewaktu-waktu.

Atas dasar kondisi suhu, maka saran peneliti perlu diteliti mengenai teknologi pengendalian yang tepat sehingga dapat menekan populasi *S. Frugiperda*.

#### DAFTAR PUSTAKA

- Ali, Abbas, R G Luttrell, and J C Schneider. 1990. "Effects of Temperature and Larval Diet on Development of the Fall Armyworm (Lepidoptera: Noctuidae)." *Annals of the Entomological Society of America* 83 (4): 725–33.
- Ashok, K, V Balasubramani, J S Kennedy, V Geethalakshmi, P Jeyakumar, and N Sathiah. 2021. "Effect of Elevated Temperature on the Population Dynamics of Fall Armyworm, Spodoptera Frugiperda." *Journal of Environmental Biology* 42: 1098–1105.
- Ashok, K, J S Kennedy, V Geethalakshmi, P Jeyakumar, N Sathiah, and V Balasubramani. 2020. "Lifetable Study of Fall Army Worm Spodoptera Frugiperda (JE Smith) on Maize." *Indian Journal of Entomology* 82 (3): 574–79.
- Bajracharya, Ajaya Shree Ratna, Binu BhAt, Premnidhi ShArmA, Pathour R Shashank, Naresh M Meshram, and Tahseen Raza Hashmi. 2019. "First Record of Fall Army Worm Spodoptera Frugiperda (JE Smith) from Nepal." *Indian Journal of Entomology* 81 (4): 635–39.
- BMKG. 2022. *Data Iklim Nusa Tenggara Timur*.
- BPS. 2018. *Nusa Tenggara Timur Dalam Angka 2018*. Nusa Tenggara Timur: BPS NTT.
- Capinera, John L. 2002. "Fall Armyworm, Spodoptera Frugiperda (JE Smith)(Insecta: Lepidoptera: Noctuidae): EENY098/IN255, Rev. 7/2000." *EDIS* 2002 (7).
- Day, Roger, Phil Abrahams, Melanie Bateman, Tim Beale, Victor Clottey, Matthew Cock, Yelitza Colmenarez, Natalia Corniani, Regan Early, and Julien Godwin. 2017. "Fall Armyworm: Impacts and Implications for Africa." *Outlooks on Pest Management* 28 (5): 196–201.

- Deole, Sonali, and Nandita Paul. 2018. "First Report of Fall Army Worm, *Spodoptera Frugiperda* (JE Smith), Their Nature of Damage and Biology on Maize Crop at Raipur, Chhattisgarh." *Journal of Entomology and Zoology Studies* 6 (6): 219–21.
- Isenhour, D J, B R Wiseman, and N W Widstrom. 1985. "Fall Armyworm (Lepidoptera: Noctuidae) Feeding Responses on Corn Foliage and Foliage/Artificial Diet Medium Mixtures at Different Temperatures." *Journal of Economic Entomology* 78 (2): 328–32.
- Kalleshwaraswamy, C M, R Asokan, H M Mahadeva Swamy, M S Maruthi, H B Pavithra, K Hegbe, Shivaray Navi, S T Prabhu, and Georg E Goergen. 2018. "First Report of the Fall Armyworm, *Spodoptera Frugiperda* (JE Smith)(Lepidoptera: Noctuidae), an Alien Invasive Pest on Maize in India."
- Kalleshwaraswamy, C M, M S Maruthi, and H B Pavithra. 2018. "Biology of Invasive Fall Army Worm *Spodoptera Frugiperda* (JE Smith)(Lepidoptera: Noctuidae) on Maize." *Indian Journal of Entomology* 80 (3): 540–43.
- Kalyan, Deepika, M K Mahla, S Ramesh Babu, R K Kalyan, and P Swathi. 2020. "Biological Parameters of *Spodoptera Frugiperda* (JE Smith) under Laboratory Conditions." *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences* 9 (5): 2972–79.
- Kasoma, Chapwa, Hussein Shimelis, and Mark D Laing. 2021. "Fall Armyworm Invasion in Africa: Implications for Maize Production and Breeding." *Journal of Crop Improvement* 35 (1): 111–46. <https://doi.org/10.1080/15427528.2020.1802800>.
- Kenis, Marc, Giovanni Benelli, Antonio Biondi, Paul-André Calatayud, Roger Day, Nicolas Desneux, Rhett D Harrison, Darren Kriticos, Ivan Rwomushana, and Johnnie van den Berg. 2022. "Invasiveness, Biology, Ecology, and Management of the Fall Armyworm, *Spodoptera Frugiperda*." *Entomologia Generalis*.
- Kompas. 2020. "Puluhan Ribu Hektar Lahan Jagung Di NTT Diserang Hama," 2020. <https://regional.kompas.com/read/2020/02/13/11094871/puluhan-ribu-hektar-lahan-jagung-di-ntt-diserang-hama-kerugian-diprediksi-rp?page=all>.
- Kotta, Noldy R E, Yohanis Ngongo, and Alfonso Sitorus. 2021. "Tantangan Dan Prospek Pengembangan Jagung Hibrida Menghadapi Perubahan Iklim Di Nusa Tenggara Timur." In *Seminar Nasional Dan Kongres PEI Cabang Bandung*. Bandung: UNPAD PRESS.
- Lee, Gwan-Seok, Bo Yoon Seo, Jongho Lee, Hyunju Kim, Jeong Heub Song, and Wonhoon Lee. 2020. "First Report of the Fall Armyworm, *Spodoptera Frugiperda* (Smith, 1797)(Lepidoptera, Noctuidae), a New Migratory Pest in Korea." *Korean Journal of Applied Entomology* 59 (1): 73–78.
- Otim, Michael Hilary, Komi Kouma Mokpokpo Fiaboe, Juliet Akello, Barnabas Mudde, Allan Tekkara Obonyom, Anani Yaovi Bruce, Winnifred Aool Opio, Peter Chinwada, Girma Hailu, and Pamela Paparu. 2021. "Managing a Transboundary Pest: The Fall Armyworm on Maize in Africa." In *Moths and Caterpillars*. IntechOpen.
- Plessis, Hannalene Du, Marie-Louise Schlemmer, and Johnnie Van den Berg. 2020. "The Effect of Temperature on the Development of *Spodoptera Frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae)." *Insects* 11 (4): 228.
- Purnawan, Edy. 2019. "Serangan Ulat Grayak *Frugiperda* (*Spodoptera Frugiperda*) Di Indonesia Dan Upaya Penanggulangannya."

- Ramesh, R. 2019. "Occurrence, Damage Pattern and Biology of Fall Armyworm, Spodoptera Frugiperda (JE Smith)(Lepidoptera: Noctuidae) on Fodder Crops and Green Amaranth in Goa, India."
- Sartiami, D, I S Harahap, Y M Kusumah, and R Anwar. 2020. "First Record of Fall Armyworm (Spodoptera Frugiperda) in Indonesia and Its Occurrence in Three Provinces." In *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 468:12021. IOP Publishing.
- Schlemmer, M. 2018. "Effect of Temperature on Development and Reproduction of Spodoptera Frugiperda (Lepidoptera: Noctuidae)." North-West University.
- Sisay, Birhanu, Josephine Simiyu, Peter Malusi, Paddy Likhayo, Esayas Mendesil, Nsami Elibariki, Mulatu Wakgari, Gashawbeza Ayalew, and Tadele Tefera. 2018. "First Report of the Fall Armyworm, Spodoptera Frugiperda (Lepidoptera: Noctuidae), Natural Enemies from Africa." *Journal of Applied Entomology* 142 (8): 800–804.
- Sparks, Alton N. 1979. "A Review of the Biology of the Fall Armyworm." *The Florida Entomologist*. <https://doi.org/10.2307/3494083>.
- Tendeng, Etienne, Babacar Labou, Mamadou Diatte, Saliou Djiba, and Karamoko Diarra. 2019. "The Fall Armyworm Spodoptera Frugiperda (JE Smith), a New Pest of Maize in Africa: Biology and First Native Natural Enemies Detected." *International Journal of Biological and Chemical Sciences* 13 (2): 1011–26.
- Vickery, Roy Albion. 1929. "Studies on the Fall Army Worm in the Gulf Coast District of Texas."
- Wood, J R, S L Poe, and N C Leppla. 1979. "Winter Survival of Fall Armyworm Pupae in Florida." *Environmental Entomology* 8 (2): 249–52.
- Yan, Xiao-Rui, Zhen-Ying Wang, Shi-Qian Feng, Zi-Hua Zhao, and Zhi-Hong Li. 2022. "Impact of Temperature Change on the Fall Armyworm, Spodoptera Frugiperda under Global Climate Change." *Insects* 13 (11): 981.
- Zacarias, Daniel Augusta. 2020. "Global Bioclimatic Suitability for the Fall Armyworm, Spodoptera Frugiperda (Lepidoptera: Noctuidae), and Potential Co-Occurrence with Major Host Crops under Climate Change Scenarios." *Climatic Change* 161 (4): 555–66. <https://doi.org/10.1007/s10584-020-02722-5>.