

***Tetranychus urticae* Koch (Acarina: Tetranychidae) dan Faktor Ekstrinsik Penentu Pertumbuhan Populasi**

Tetranychus urticae Koch (Acarina: Tetranychidae) and Extrinsic Factors Determining Population Growth

Marida Santi Yudha Ika Bayu, Yusmani, Sri Wahyuni Indiaty

Pusat Riset Tanaman Pangan, Organisasi Riset Pertanian dan Pangan,
Badan Riset dan Inovasi Nasional

Cibinong Science Center, Jalan Raya Jakarta, Pakansari, Cibinong,
Bogor Regency, West Java 16915

*E-mail: anti4.nov@gmail.com

NASKAH DITERIMA 12 APRIL 2023 ; DISETUJUI UNTUK DITERBITKAN 15 JULI 2023

ABSTRAK

Tetranychus urticae merupakan salah satu hama yang memiliki kisaran inang yang luas, tersebar di seluruh dunia baik di iklim tropis maupun subtropis, serta menimbulkan kerusakan ekonomi yang signifikan. Hama ini memiliki kemampuan untuk beradaptasi dengan cepat terhadap acarisida karena siklus hidupnya yang pendek, sifat reproduksinya yang haplodiploid, serta akibat penggunaan acarisida secara intensif. Perubahan iklim akibat pemanasan global dapat memicu ledakan hama dan perubahan status suatu hama dari hama minor menjadi hama utama yang menimbulkan kerusakan hebat pada tanaman budidaya. *T. urticae* yang termasuk serangga ektoterm sangat sensitif terhadap variasi suhu. Selain suhu, faktor yang mempengaruhi perkembangan dan reproduksi *T. urticae* adalah inang (jenis pakan) dan lama penyinaran atau fotoperiod. Variasi faktor morfologi dan kimia antarjenis inang maupun antarvarietas tanaman sangat mempengaruhi perilaku konsumsi *T. urticae* yang berdampak pada perbedaan periode perkembangan dan reproduksi imago betina. Pada suhu tinggi (27°–35°C), perkembangan *T. urticae* lebih cepat dibandingkan pada suhu rendah (15°–25°C). Pada kisaran suhu rendah, suhu yang berfluktuasi lebih menguntungkan bagi *T. urticae* untuk berkembang dengan cepat dibandingkan dengan perkembangannya pada suhu konstan. Lama waktu penyinaran dapat mempercepat atau memperlambat waktu perkembangan dewasa pada kondisi suhu tertentu, yang akan turut mempengaruhi kemampuan reproduksi serangga tersebut. Oleh karena itu jenis pakan, suhu, dan fotoperiod perlu diperhatikan untuk memprediksi dengan tepat pertumbuhan populasi *T. urticae* di lapangan dan mengurangi terjadinya kesalahan dalam pengambilan tindakan pengendalian.

Kata kunci: fotoperiod, suhu, tanaman inang, *Tetranychus urticae*, waktu perkembangan

ABSTRACT

Tetranychus urticae is a pest with broad host range. The pest is widely distributed both in tropical and subtropical areas and potentially causes significant economic losses. *T. urticae* has the ability to develop a quick resistance to acaricides due to its short life cycle, haplodiploid type of reproduction, and the intensive

application of acaricides. Climate change as a result of global warming stimulates pest explosion as well as changes the status from minor to major pest that results in severe damage to cultivated plants. As ectothermic pest, *T. urticae* is very sensitive to temperature variation. Instead of temperature, the host range (type of feeds) and photoperiod influence the development and reproduction of *T. urticae*. The variation on morphological and chemical exist among host species and plant varieties greatly influence the consumption behaviour of *T. urticae* especially the female, which later has an impact on differences in its development and reproduction periods. The development of *T. urticae* is faster at high temperatures (27–35°C) compare to its development under low temperatures of 15–25°C. In this low temperature range, fluctuated temperatures are more favourable for *T. urticae* to develop rapidly than that under constant temperature. The length of photoperiod either accelerates or reduces the development period from juvenile to imago, and also affects the reproduction ability of *T. urticae* under certain temperature condition. Therefore, it is very crucial to detect the type of feed, temperature, and photoperiod to enabling an accurate prediction the population growth in the field and to reducing the implementation mistake of control method.

Keywords: developing time, host plant, photoperiod, temperature, *Tetranychus urticae*

PENDAHULUAN

Tetranychus urticae merupakan salah satu hama tanaman pangan di dunia yang menimbulkan kerusakan secara ekonomi (van Leeuwen 2015). *T. urticae* memiliki lebih dari 1.100 spesies tanaman inang dari 140 famili yang berbeda (Migeon dan Dorkeld 2016; Azadi-Qoort *et al.* 2019; Fahim *et al.* 2020). Pada kedelai, *T. urticae* menyebabkan kehilangan hasil antara 40% hingga 60% (Cullen dan Schramm 2009) tergantung pada tingkat klorosis yang ditimbulkan. Padilha *et al.* (2020) melaporkan bahwa satu ekor *T. urticae* per cm² luas daun kedelai dapat menyebabkan kehilangan hasil

biji 0,35 g/tanaman atau 42 kg/ha. Di Indonesia, hama *T. urticae* menjadi hama utama pada tanaman ubikayu dan populasinya sangat tinggi pada musim kemarau (Budianto dan Munadjat 2012). Indiaty (2012) melaporkan serangan *T. urticae* pada tanaman ubikayu umur 7 bulan berkisar antara 52–61% dan 39–60% masing-masing pada pertanaman yang tidak dan yang dikendalikan dengan acarisida. Santoso dan Astuti (2019) melaporkan tingkat serangan *T. kanzawai* sebesar 47,4% dan 95,2% masing-masing pada ubikayu kultivar Manggu dan Mentega umur 7 bulan.

T. urticae memiliki resistensi tinggi terhadap insektisida karena pengendalian difokuskan pada penggunaan acarisida secara intensif (Adesanya et al. 2019; Ynak et al. 2019; Wu et al. 2019). Selain itu, hama ini juga memiliki waktu perkembangan yang singkat dan kemampuan reproduksi yang tinggi sehingga memungkinkan terjadinya kelimpahan populasi yang menyebabkan kerusakan dan menurunkan kualitas hasil tanaman (Ilias et al. 2014; Funayama 2015; Van Leeuwen et al. 2015; Rincon et al. 2019). *T. urticae* memproduksi jaring sutra yang berfungsi untuk melindungi diri dari serangan predator, insektisida, dan kondisi yang ekstrim (Iwasa dan Osakabe 2015; Sato et al. 2016) sehingga hama ini sulit dikendalikan. *T. urticae* menggunakan kemampuannya memproduksi jaring sutra sebagai strategi untuk bermigrasi dan mengkoloni tanaman baru ketika ketersediaan tanaman inang terbatas. Populasi *T. urticae* meningkat pesat dengan sumber makanan alternatif atau tanaman inang lain (Guedes 2013; Dogan et al. 2017).

Jenis pakan sangat penting dalam mempengaruhi aspek biologi serangga (Bayu dan Krisnawati 2016; Guedes et al. 2016; Puspitarini et al. 2021). Azadi-Qoort et al. (2019) dan Anber et al. (2020) menyatakan bahwa perbedaan jenis pakan menyebabkan perbedaan periode perkembangan, periode peneluran, dan tingkat kematian *T. urticae* secara nyata. Selain itu, setiap tanaman inang memiliki kualitas dan kandungan nutrisi yang berbeda. Tanaman dengan kualitas yang baik lebih diminati hama dibandingkan dengan tanaman dengan nutrisi yang terbatas. Nutrisi tanaman inang sangat mempengaruhi perkembangan dan reproduksi hama (Motahari et al. 2014).

Perubahan iklim yang terjadi saat ini menyebabkan perubahan suhu rata-rata dan berdampak pada fluktuasi suhu harian (Zhou et al. 2009). Perubahan iklim memicu terjadinya ledakan berbagai jenis hama termasuk *T. urticae* (Urbaneja-Bernat et al. 2019). Selain itu, perubahan iklim juga berpengaruh terhadap populasi dinamik, distribusi, intensitas, dan

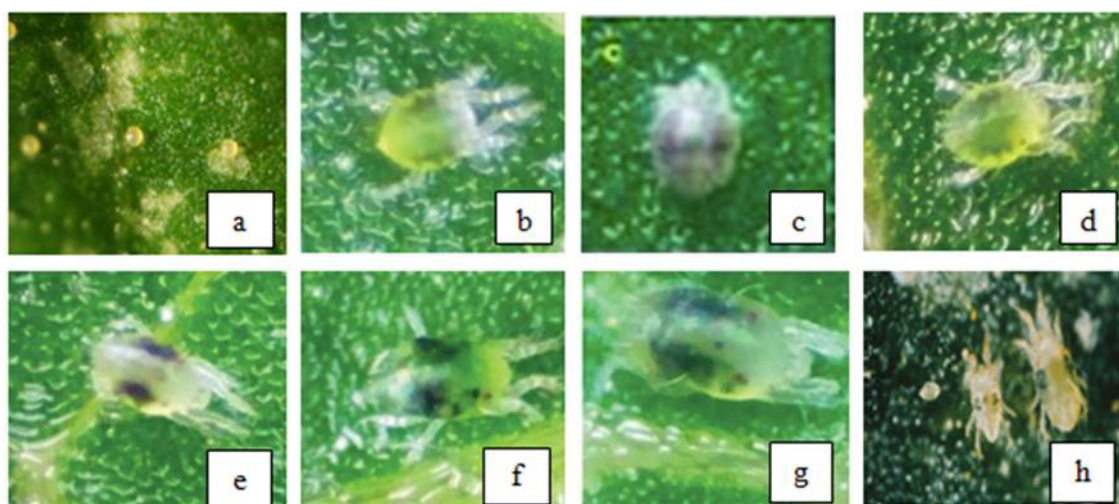
perilaku makan, serta fungsi fisiologis serangga (Khaliq et al. 2014). Hama yang semula berstatus minor berpotensi menjadi hama utama yang dapat menimbulkan kerusakan hebat pada tanaman budidaya.

Shibuya et al. (2016) dan Miguel et al. (2017) mengemukakan bahwa kondisi lingkungan seperti kelembaban udara yang rendah (<50%), suhu tinggi (>28°C), dan kondisi kering menyebabkan terjadinya peningkatan populasi *T. urticae* dan menurunkan biodiversitas tungau predator. Selain kelembaban udara dan suhu, fotoperiod mempengaruhi tingkat pertumbuhan, waktu perkembangan, kemampuan reproduksi, dan aspek fisiologis lainnya (Wang et al. 2013; Zerbino et al. 2014; Zou et al. 2016). Menurut Yang et al. (2020), periode perkembangan dan kemampuan bertelur *T. urticae* menjadi lebih pendek atau menurun seiring dengan meningkatnya lama penyinaran. Hubungan antara suhu dan fotoperiod dengan perkembangan hama sangat penting dipahami sebagai bekal untuk mengambil tindakan pengendalian hama. Makalah ini berisi tinjauan atau ulasan tentang biologi *T. urticae* pada berbagai jenis pakan, suhu dan fotoperiod yang merupakan komponen penting dalam pengambilan tindakan pengendalian.

PENGARUH JENIS PAKAN TERHADAP PERKEMBANGAN *T. URTICAE*

T. urticae masuk dalam ordo Acari, famili Tetranychidae, dan terdiri dari strain hijau dan merah (Silva et al. 2009). *T. urticae* merupakan serangga dengan metamorfosis sempurna dan memiliki stadia diam. Stadia *T. urticae* diawali dari telur, larva, *protocrysalis* (C1), *protonymph* (N1), *deutocrysalis* (C2), *deutonymph* (N2), *teleiocrysalis* (C3), dan terakhir adalah stadia dewasa (Riahi et al. 2013) (Gambar 1). Larva *T. urticae* berwarna kuning kehijauan. *T. urticae* dewasa berwarna hijau dengan dua spot hitam pada bagian pronotum dan merah cerah dengan ukuran 1 mm (Gambar 2).

Puspitarini et al. (2013) mengemukakan bahwa stadia telur *T. urticae* rata-rata 3 hari jika diberi pakan daun kacang hijau dan daun kacang merah. Daur hidup *T. urticae* dari telur hingga dewasa yang diberi pakan daun kacang hijau adalah 8,5–9,0 hari dan daun kacang merah adalah 8,0–9,4 hari. Periode peneluran rata-rata adalah 9,5 hari pada pakan daun kacang hijau dan 9,4 hari pada daun kacang merah. Lama hidup dewasa betina mencapai 14 hari pada daun kacang hijau dan kacang merah. *T. urticae* dewasa mampu menghasilkan telur sebanyak 57–87 butir selama hidup jika diberi pakan daun kacang



Gambar 1. (kiri-kanan) telur (a), larva (b), *protochrysalis* (c), *protonymph* (d), *deutochrysalis* (e), *deutonymph* (f), *teleiochrysalis* (g), imago (h).

hijau dan 56–66 butir jika diberi pakan daun kacang merah. Sedangkan Bayu *et al.* (2017) melaporkan bahwa periode perkembangan *T. urticae* dari telur hingga dewasa adalah 10,3 hari, dengan lama hidup imago betina 17,6 hari pada suhu konstan 25°C. Selain itu, kemampuan reproduksi seekor *T. urticae* betina selama hidup pada pakan kacang buncis mencapai 168 butir telur. Berikutnya Draz *et al.* (2021) menyebutkan bahwa *T. urticae* lebih menyukai daun dari famili Cucurbitaceae seperti daun semangka dan mentimun sebagai sumber pakan dibandingkan dengan daun-daun dari famili Solanaceae seperti daun terung. Periode perkembangan *T. urticae* dari telur hingga dewasa pada pakan daun semangka (9,50 hari) lebih pendek dibandingkan dengan periode perkembangannya pada pakan daun terung (11,3 hari). Lama hidup imago betina juga lebih panjang pada pakan daun semangka (23,4 hari) dibandingkan dengan pakan daun terung (19,3 hari). Selain itu, total produksi telur imago betina *T. urticae* pada pakan daun semangka mencapai 81,1 butir, lebih tinggi dibandingkan dengan produksi telur pada

pakan daun terung (21,1 butir) pada suhu konstan 25°C (Tabel 1).

Periode perkembangan *T. urticae* dipengaruhi oleh jenis pakan dan keragaman varietas dari jenis pakan. Selain itu, keragaman varietas dari satu jenis pakan juga mempengaruhi kemampuan reproduksi. Golizadeh *et al.* (2017) melaporkan bahwa perbedaan varietas mawar mempengaruhi periode perkembangan, tingkat reproduksi, dan tingkat kelangsungan hidup *T. urticae*. Periode perkembangan dari telur hingga imago tercepat terdapat pada varietas Orange Juice yaitu 9,35 hari dengan tingkat kelangsungan hidup 70,7%. Sedangkan periode perkembangan terpanjang terdapat pada varietas Bella Vita (12,3 hari) dengan tingkat kelangsungan hidup 66%. Total produksi telur yang dihasilkan oleh *T. urticae* betina adalah 59,9 butir selama 16,75 hari pada varietas Orange Juice.

Pengaruh keragaman varietas terhadap kemampuan reproduksi juga diungkapkan oleh Anber *et al.* (2020) yang melakukan pengujian menggunakan tiga varietas kedelai yaitu Giza 21, Giza 83, dan Giza 35 pada suhu 26°C. Hasil penelitiannya menyebutkan bahwa daur hidup *T. urticae* betina dari telur hingga dewasa adalah 10,5 hari pada Giza 21, 9,3 hari pada Giza 83, dan 8,6 hari pada Giza 35. Periode telur berlangsung 5,0 hari, 4,7 hari, dan 4,2 hari berturut-turut pada Giza 21, Giza 83 dan Giza 35. Periode bertelur 12,0 hari, 12,9 hari, dan 14,1 hari berturut-turut untuk Giza 21, Giza 83, dan Giza 35. Seekor betina selama hidup memproduksi telur 76,9 butir, 85,8 butir, dan 94,6 butir ketika diberi pakan masing-masing daun kedelai var. Giza 21, Giza 83, dan Giza 35. Lama hidup betina *T. urticae* pada var.



Gambar 2. Imago betina *T. urticae*

Tabel 1. Tingkat kelangsungan hidup, periode perkembangan, dan parameter biologi *T. urticae* pada berbagai jenis pakan

Jenis pakan daun	Periode telur-imago (hari)	Umur imago betina (hari)	Periode bertelur (hari)	Jumlah telur/betina (butir)	Daya tetas telur (%)
Kacang hijau (Puspitarini <i>et al.</i> 2013)	8,4	14,3	9,8	86,9	-
Kacang merah (Puspitarini <i>et al.</i> 2013)	9,0	14,3	9,6	65,8	-
Kacang buncis (Bayu <i>et al.</i> 2017)	10,3	17,6	14,7	168,0	97,9
Kedelai (Anber <i>et al.</i> 2020)	8,6	17,8	14,1	94,6	-
Semangka (Draz <i>et al.</i> 2021)	9,5	23,4	12,3	81,1	100,0
Terung (Draz <i>et al.</i> 2021)	11,3	19,3	5,9	21,1	86,6
Tomat (Nasr <i>et al.</i> 2019)	13,6	15,3	10,3	48,7	-
Mawar (Golizadeh <i>et al.</i> 2017)	9,3	21,5	16,7	59,9	73,0
Persik (Riahi <i>et al.</i> 2013)	13,2	12,9	11,3	40,0	-
Strawberry (Kaur dan Zalom 2017)	15,8	11,4	-	49,1	-
Mentimun (Nasr <i>et al.</i> 2019)	9,5	19,9	13,0	69,7	-
Ubijalar (Elsadany 2018)	13,7	16,4	13,0	23,0	95,0
Jarak pagar (Elsadany 2018)	11,7	8,5	6,0	25,0	88,0

Keterangan : - : data tidak tersedia

Giza 21 adalah 15,8 hari, pada Giza 83 adalah 16,7 hari, dan pada Giza 35 adalah 17,8 hari. Sebelumnya Karlec *et al.* (2016) mengemukakan bahwa dari 16 varietas strawberry yang diuji terhadap *T. urticae*, hanya empat varietas yang menunjukkan kesesuaiannya sebagai pakan *T. urticae* dengan periode perkembangan yang pendek dan tingkat kematian yang rendah pada setiap stadia.

Perbedaan periode perkembangan dan kemampuan reproduksi *T. urticae* tidak lepas dari adanya variasi faktor morfologi dan kimia antar-varietas maupun antarjenis inang. Golizadeh *et al.* (2016) menyatakan bahwa setiap tanaman inang memiliki morfologi dan kandungan senyawa kimia yang berbeda yang akan mempengaruhi kesesuaiannya sebagai inang. Hal ini sesuai dengan hasil penelitian Azadi-Qoort *et al.* (2019) dan Puspitarini *et al.* (2021) yang menunjukkan bahwa periode perkembangan dari setiap stadia *T. urticae* berbeda bergantung pada jenis pakan yang diberikan. Jenis pakan juga mempengaruhi perbedaan periode peneluran, kemampuan dan produksi telur, serta tingkat kematian *T. urticae*. Golizadeh *et al.* (2017) juga menyebutkan bahwa terdapat perbedaan yang signifikan pada parameter pertumbuhan populasi *T. urticae* akibat pemberian pakan berbagai varietas mawar. Hasil penelitian Elsadany (2018) menunjukkan bahwa tanaman jarak pagar dengan kandungan nitrogen yang tinggi menyebabkan periode perkembangan *T. urticae* lebih cepat, umur imago betina dan periode bertelur lebih pendek, serta menurunkan daya tetas telur bila dibandingkan dengan tanaman ubijalar dengan kandungan nitrogen yang rendah.

Tanaman inang yang memiliki kandungan nutrisi

tinggi akan disukai oleh serangga hama sebagai sumber pakan. Tanaman tersebut akan memicu terjadinya ledakan populasi karena waktu perkembangan hama menjadi lebih singkat (siklus hidup pendek) dengan tingkat kelangsungan hidup yang tinggi. Kuantitas dan kualitas nutrisi yang berbeda serta kandungan senyawa metabolit sekunder yang berbeda dari setiap jenis pakan sangat menentukan perkembangan populasi hama. Namun demikian, ada faktor lain yang turut mempengaruhi perbedaan biologi dan reproduksi hama, terutama *T. urticae*, seperti teknik pembiakan, kondisi lingkungan selama pengambilan data, trikoma dan struktur epidermis daun, serta asal dari *T. urticae* yang digunakan (Khanamani *et al.* 2012; Golizadeh *et al.* 2017).

Fellous *et al.* (2014) melaporkan bahwa *T. urticae* yang dikoleksi dari tanaman tomat hanya dapat berkembang ketika dibiakkan pada tanaman tomat. *T. urticae* tersebut tidak berkembang pada pakan tanaman jeruk maupun tanaman oleander. Tetapi *T. urticae* yang dikoleksi dari tanaman jeruk dapat berkembang dengan baik ketika dibiakkan pada tanaman jeruk dan tomat, dan tidak berkembang pada tanaman oleander. Sebaliknya, *T. urticae* yang dikoleksi dari tanaman oleander memiliki performa yang sama baiknya ketika dibiakkan pada tanaman oleander, jeruk, dan tomat. Hal ini mengindikasikan bahwa perkembangan populasi *T. urticae* tidak selalu sama pada tanaman-tanaman inang potensialnya.

Variasi periode perkembangan dan kemampuan reproduksi *T. urticae* yang disajikan pada Tabel 1 mengindikasikan bahwa jenis pakan memiliki peran penting pada pertumbuhan populasi *T. urticae* di lapang. Tanaman dari famili Leguminosae yang meliputi kacang hijau, kacang merah, kacang buncis,

dan kedelai merupakan inang yang sesuai bagi pertumbuhan dan perkembangan *T. urticae*, begitu juga tanaman dari famili Cucurbitaceae seperti semangka dan mentimun. Siklus hidup *T. urticae* dari telur hingga dewasa pada tanaman inang dari kedua famili tersebut lebih pendek dan tingkat reproduksinya lebih tinggi dibandingkan dengan tanaman inang lainnya seperti ubijalar, jarak pagar, dan tanaman dari famili Solanaceae seperti tomat dan terung. Hasil penelitian Nasr *et al.* (2019) menunjukkan bahwa tanaman tomat kurang sesuai untuk perkembangan dan reproduksi *T. urticae* dibandingkan dengan tanaman mentimun. Sebelumnya, Shoorooei *et al.* (2012) membuktikan bahwa *T. urticae* menyebabkan serangan yang berat pada mentimun dan dapat menyelesaikan siklus hidupnya dengan cepat.

Beberapa jenis tanaman tomat diketahui memiliki kandungan methyl ketones, acylsucrose, dan sesquiterpene tinggi yang menyebabkan kematian serta menurunkan kemampuan reproduksi *T. urticae* (Antonius dan Snyder 2015; Rakha *et al.* 2017; Oliveira *et al.* 2018). Selain itu, kandungan flavonoid dan phenolic yang tinggi pada daun tomat menyebabkan resistensi terhadap *T. urticae* (Agut *et al.* 2014). Selanjutnya, Karley *et al.* (2015) menyatakan bahwa tanaman yang memiliki kepadatan trikoma tinggi menunjukkan korelasi negatif dengan populasi tungau pada daun dan jumlah telur yang diletakkan. Gomez *et al.* (2019) juga mengemukakan bahwa tanaman dengan kutikula daun yang tebal dapat menghambat proses penetrasi stilet *T. urticae* ke dalam mesofil daun. Hasil penelitian Lucini *et al.* (2015) menyebutkan bahwa varietas tomat yang memiliki glandular trikoma tinggi akan diikuti dengan tingginya kandungan acylsucrose yang menyebabkan rendahnya populasi *T. urticae*, tingginya tingkat kematian *T. urticae*, dan rendahnya jumlah telur yang dihasilkan.

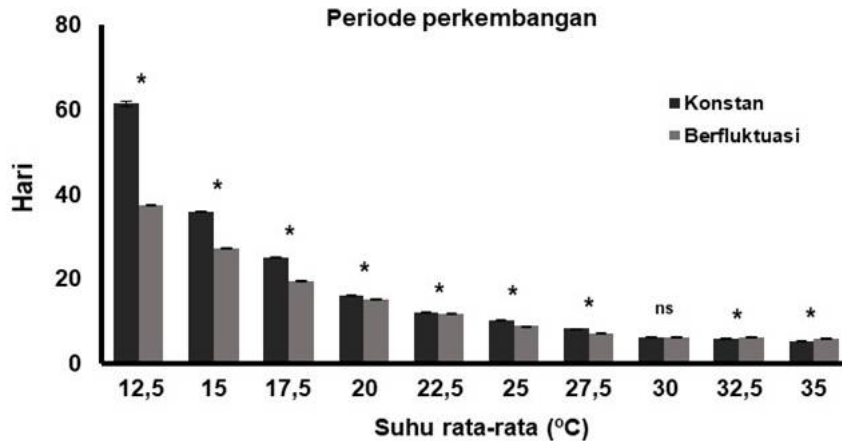
PENGARUH SUHU TERHADAP PERKEMBANGAN *T. URTICAE*

Dinamika populasi serangga sangat dipengaruhi oleh kualitas jenis pakan dan suhu. Suhu berperan dalam perubahan laju metabolisme serta kebutuhan energi serangga (Vangansbeke *et al.* 2013 dan 2015; Clissold dan Simpson 2015). Laju perkembangan serangga paling kuat dipengaruhi oleh suhu, sedangkan pertumbuhan, komposisi tubuh, serta kemampuan reproduksi dipengaruhi oleh nutrisi terutama protein dan karbohidrat (Clissold dan Simpson 2015). Perkembangan serangga hama cenderung lebih cepat ketika dibiakkan pada suhu tinggi (27,5–35°C) dibandingkan dengan serangga

yang dibiakkan pada suhu rendah (12,5–25°C) (Bayu *et al.* 2017; Farazimand *et al.* 2020). El-Wahed *et al.* (2012) melaporkan periode perkembangan *T. urticae* pada suhu rendah (15°C) mencapai 30,6 hari, lebih panjang bila dibandingkan dengan periode perkembangannya pada suhu 30°C (6,5 hari). Hasil penelitian lain menyebutkan periode perkembangan *T. urticae* pada suhu 26°C selama 10,8 hari dan pada suhu 30°C menjadi lebih pendek yaitu 8,3 hari. Hasil penelitian Kaur dan Zalom (2017) menunjukkan bahwa total waktu perkembangan *T. urticae* pada suhu 15°C adalah 35,4 hari, jauh lebih panjang dibandingkan dengan periode perkembangannya pada suhu 25°C yang hanya 15,8 hari. Hal yang sama juga tampak pada predator *T. urticae*, *Feltiella acarisuga*, dimana periode perkembangan dari telur hingga dewasa mencapai 53 hari ketika dibiakkan pada suhu 11°C dan periode perkembangan tersebut terus menurun seiring dengan meningkatnya suhu. *F. acarisuga* hanya membutuhkan waktu 10 hari untuk menyelesaikan siklus hidupnya pada suhu 31°C. Selain itu, kondisi suhu yang tinggi yaitu lebih dari 35°C menyebabkan periode perkembangan *F. acarisuga* menjadi lebih cepat, namun tingkat kematiannya juga semakin tinggi.

Selain mempengaruhi periode perkembangan, suhu juga mempengaruhi reproduksi *T. urticae*. Seekor *T. urticae* betina mampu menghasilkan telur dalam jumlah banyak yaitu 140 butir selama hidup pada kondisi suhu yang tinggi (30°C). Sementara itu, hasil penelitian Bayu *et al.* (2017) menyatakan bahwa tingkat reproduksi *T. urticae* tertinggi dicapai pada suhu 20–25°C, sedangkan pada suhu lebih rendah dari 20°C dan lebih tinggi dari 25°C kemampuan reproduksi *T. urticae* menurun. Hal yang sama juga terjadi pada seekor betina *Typhlodromus recki* yang mampu menghasilkan telur dalam jumlah tinggi yaitu 28,6 dan 23,5 butir masing-masing pada suhu 20°C dan 25°C bila dibandingkan dengan suhu yang tinggi (35°C) yang hanya 0,2 butir (Ersin *et al.* 2021). Saeidi *et al.* (2020) juga melaporkan bahwa suhu tinggi (35°C) membuat kerabat *T. urticae* yaitu *Schizotetranychus smirnovi* tidak mampu menghasilkan telur dan umur imago menurun seiring dengan meningkatnya suhu.

Suhu rendah dan suhu tinggi menyebabkan penurunan kinerja serangga secara keseluruhan termasuk pada kelangsungan hidupnya. Ramachandran *et al.* (2021) mengemukakan bahwa predator tungau, *Stratiolaelaps scimitus*, mengalami penurunan bobot dan pengurangan efisiensi makan karena meningkatnya proses metabolisme setelah terpapar suhu tinggi dalam waktu lama. Suhu tinggi juga menyebabkan penurunan kebugaran serangga



Gambar 3. Periode perkembangan *T. urticae* betina dari telur hingga dewasa di bawah suhu konstan dan berfluktuasi (Bayu *et al.* 2017). Keterangan: ns: tidak signifikan, * : signifikan, error bar menunjukkan variasi data

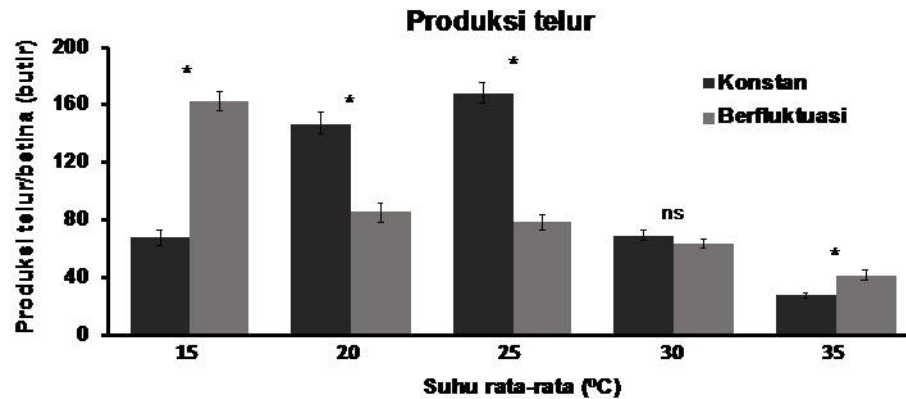
jantan, keterlambatan perkembangan spermatogenesis, penurunan stok sperma, dan rusaknya spermatofor dan oosit yang dapat menyebabkan penurunan fekunditas serangga secara signifikan (Zhang *et al.* 2016). Pada suhu rendah, metabolisme serangga ektoterm seperti *T. urticae* akan terganggu yang berdampak pada rendahnya suplai energi sehingga menghambat proses pertumbuhan dan perkembangan. Pada suhu ekstrim rendah maupun tinggi, kandungan lemak pada tubuh serangga akan menurun dan kandungan protein akan meningkat (Bjorge *et al.* 2018).

Selain faktor tinggi rendahnya suhu, kondisi suhu yang konstan dan berfluktuasi juga mempengaruhi waktu perkembangan serta reproduksi arthropoda (Vangansbeke *et al.* 2015; Bayu *et al.* 2017). Pada kisaran suhu yang rendah, waktu yang dibutuhkan oleh *T. urticae* untuk menyelesaikan siklus hidupnya dari telur hingga dewasa lebih cepat pada suhu yang berfluktuasi dibandingkan dengan suhu konstan. Pada kisaran suhu yang tinggi, kondisi suhu konstan lebih menguntungkan bagi *T. urticae* dimana waktu perkembangannya lebih cepat dibandingkan dengan suhu berfluktuasi pada rata-rata suhu yang sama (Vangansbeke *et al.* 2013; Gotoh *et al.* 2014; Vangansbeke *et al.* 2015; Bayu *et al.* 2017). Bayu *et al.* (2017) melaporkan waktu yang dibutuhkan oleh *T. urticae* betina untuk menyelesaikan siklus hidupnya dari telur hingga dewasa pada kondisi suhu konstan 35°C adalah 5,4 hari sedangkan di bawah suhu yang berfluktuasi dengan rata-rata suhu yang sama adalah 6 hari. Sementara itu, pada suhu rendah (15°C), waktu yang dibutuhkan oleh *T. urticae* betina untuk berkembang dari telur hingga dewasa adalah 35,8 hari pada suhu konstan dan 27,2 hari pada suhu berfluktuasi 20°C/10°C (Gambar 3). Gotoh *et al.* (2014) melaporkan bahwa

perkembangan *T. urticae* dari telur hingga dewasa pada suhu 22°C lebih cepat pada suhu berfluktuasi dibandingkan dengan perkembangannya pada suhu konstan.

Hasil penelitian Bayu *et al.* (2017) juga menunjukkan bahwa pada kisaran suhu antara 12,5–27,5°C, perkembangan *T. urticae* lebih cepat pada suhu yang berfluktuasi bila dibandingkan dengan perkembangannya pada suhu konstan. Sedangkan pada kisaran suhu >30–35°C, perkembangan *T. urticae* menjadi lebih lambat pada suhu yang berfluktuasi dibandingkan pada suhu konstan. Sementara itu, pada suhu konstan 10°C, tidak ada *T. urticae* yang mampu menyelesaikan siklus hidupnya, sedangkan pada suhu berfluktuasi dengan rata-rata suhu yang sama (15°C/5°C), sebesar 81% *T. urticae* mampu menyelesaikan siklus hidupnya. Menurut Bahar *et al.* (2012), percepatan perkembangan *T. urticae* pada suhu berfluktuasi di kisaran suhu rendah disebabkan oleh penurunan aktivitas beberapa protein yang berperan dalam proses metabolisme dan adanya stabilisasi fungsi enzim. Pada keadaan tersebut, *T. urticae* mengalami peningkatan kebugaran sehingga mempercepat proses perkembangannya.

T. urticae biasa berkembang di lingkungan dengan suhu yang berfluktuasi, oleh karena itu *T. urticae* dapat beradaptasi terhadap perubahan suhu harian. Pada siang hari, hampir semua organisme membutuhkan energi yang lebih tinggi untuk beraktivitas dibandingkan pada malam hari. Suhu optimal yang dibutuhkan untuk proses metabolisme pada malam hari lebih rendah dibandingkan pada siang hari. Sementara itu, aktivitas *T. urticae* seperti makan dan bertelur lebih tinggi terjadi pada siang hari dibandingkan dengan malam hari. Suhu berfluktuasi memberi keuntungan bagi *T. urticae*



Gambar 4. Produksi telur seekor *T. urticae* betina selama hidup di bawah suhu konstan dan berfluktuasi (Bayu *et al.* 2017), Keterangan: ns: tidak signifikan, * : signifikan, error bar menunjukkan variasi data

karena dengan terpenuhinya kebutuhan makanan pada periode siang, maka kebutuhan energi untuk respirasi pada malam hari menjadi lebih rendah bila dibandingkan dengan yang terjadi pada suhu konstan (Ratte 1918 dalam Vangansbeke *et al.* 2015). Faktor lain yang mempengaruhi perkembangan *T. urticae* pada suhu berfluktuasi adalah produksi *cryoprotectants* yaitu beberapa senyawa kimia yang dapat mencegah kerusakan sel atau jaringan ketika diekspos pada suhu rendah dan produksi *heat shock* protein ketika diekspos pada suhu tinggi (King dan MacRae 2015). Suhu yang berfluktuasi dilaporkan dapat mengubah tingkat hormon gibberellin pada tanaman, sehingga mempengaruhi kinerja *T. urticae* yang mengonsumsi tanaman tersebut. Selain itu, dapat juga terjadi perubahan komponen hormon lainnya akibat perubahan suhu harian sehingga mempengaruhi kinerja *T. urticae* (Eicmeier dan Guyer 1960).

Serangga yang pada siang hari telah terpapar suhu tinggi memerlukan suhu yang lebih rendah pada malam hari agar dapat mengembalikan laju metabolisme dan mengurangi kehilangan energi. Hal ini bermanfaat bagi serangga untuk menghadapi periode panas pada hari berikutnya. Suhu yang berfluktuasi memberi keuntungan bagi serangga karena dapat memulihkan struktur sel dan proteinnya sehingga mampu berkembang dengan lebih cepat (Xing dan Zhao 2022). Fenomena percepatan perkembangan pada suhu berfluktuasi tersebut menunjukkan adanya hubungan non-linear antara tingkat perkembangan arthropoda dengan suhu sehingga menyebabkan perbedaan perkembangan pada suhu konstan dan suhu berfluktuasi. Selain berpengaruh terhadap waktu perkembangan *T. urticae*, suhu berfluktuasi juga berdampak pada kapasitas reproduksi yang selanjutnya akan mempengaruhi pertumbuhan

populasi yang sangat berbeda dari keadaan pada suhu konstan.

Parameter reproduksi *T. urticae* yang dibiakkan pada suhu konstan juga berbeda signifikan dengan *T. urticae* yang dibiakkan pada suhu berfluktuasi. Bayu *et al.* (2017) melaporkan periode oviposisi, umur *T. urticae* betina, jumlah telur yang dihasilkan selama hidup dan jumlah telur yang dihasilkan seekor betina per hari pada suhu 15°C dan 35°C lebih tinggi pada suhu berfluktuasi dibandingkan dengan suhu konstan. Sedangkan pada suhu medium (20, 25, dan 30°C), periode oviposisi, umur *T. urticae* betina, jumlah telur yang dihasilkan selama hidup dan jumlah telur yang dihasilkan oleh betina per hari lebih tinggi pada suhu konstan dibandingkan pada suhu berfluktuasi. Pada suhu konstan 25°C, jumlah telur yang dihasilkan seekor betina selama hidup dan jumlah telur yang dihasilkan seekor betina per hari mencapai puncak tertinggi berturut-turut 168 dan 11 butir, sedangkan pada suhu berfluktuasi dengan rata-rata suhu yang sama (30°C/20°C) berturut-turut hanya 77 dan 8 butir (Gambar 4).

Fenomena di atas menunjukkan bahwa suhu berfluktuasi sangat penting untuk diperhatikan dalam memprediksi pertumbuhan populasi suatu hama di lapangan. Vangansbeke *et al.* (2015) menyebutkan bahwa populasi hama dapat diprediksi lebih awal pada suhu yang berfluktuasi dibandingkan pada suhu konstan. Selain itu, pada tanaman budidaya yang dipelihara di rumah kaca, implementasi suhu yang berfluktuasi dapat menghemat energi hingga 20% sehingga petani dapat menurunkan biaya produksi. Vangansbeke *et al.* (2013) melaporkan bahwa keberhasilan program pengendalian hayati *T. urticae* melalui pemanfaatan musuh alami *Neoseiulus californicus* dan *Phytoseiulus persimilis* semakin tinggi pada suhu yang berfluktuasi dibandingkan pada suhu konstan.

PENGARUH FOTOPERIOD TERHADAP PERKEMBANGAN *T. URTICAE*

Fotoperiod diketahui memiliki pengaruh terhadap parameter perkembangan dan reproduksi tungau Phytoseiid dan arthropoda lainnya (Zou *et al.* 2016; Pakyari dan McNeill 2020; Yang *et al.* 2020). Manipulasi fotoperiod dapat digunakan untuk menginduksi *diapause* pada tungau Phytoseiid sehingga tungau dapat bertahan hidup dan berkembang pada kondisi yang tidak menguntungkan. Lopatina *et al.* (2011) mengemukakan bahwa lama penyinaran dapat mempercepat waktu perkembangan arthropoda pada suhu tertentu dan dapat memperlambat waktu perkembangan pada suhu lainnya. Sebagai contoh, larva kumbang tanah (*Amara communis*) berkembang lebih cepat ketika diekspos selama 12 jam fotoperiod atau penyinaran dibandingkan dengan 22 jam penyinaran pada suhu 16–22°C.

Lama penyinaran dapat meningkatkan asupan nutrisi yang berdampak pada peningkatan aktivitas seksual serangga dewasa (Wang *et al.* 2013). Yang *et al.* (2020) melaporkan bahwa lama penyinaran dapat mempercepat periode perkembangan dan peneluran *T. urticae* betina. Hal ini diikuti dengan semakin pendeknya periode perkembangan dari generasi selanjutnya serta mengakibatkan penurunan populasi yang lebih cepat. Hasil penelitian Yang *et al.* (2020) menunjukkan seekor imago betina memiliki kemampuan bertelur 69,6 butir selama hidup pada suhu 25°C dengan lama penyinaran 12 jam. Pada periode penyinaran 14 jam, produksi telur seekor *T. urticae* betina sebanyak 77,4 butir. Sebelumnya, Bayu *et al.* (2017) melaporkan bahwa seekor imago betina *T. urticae* mampu menghasilkan telur sebanyak 168 butir selama hidupnya pada suhu 25°C dan lama penyinaran 24 jam. Perbedaan produksi telur yang dihasilkan oleh betina *T. urticae* pada kedua penelitian di atas salah satunya diduga karena perbedaan lama periode cahaya yang diberikan selama pengambilan data. Yang *et al.* (2020) juga melaporkan bahwa kurang dari 14 jam penyinaran, *T. urticae* mengalami tingkat reproduksi bersih (*net reproductive rate*) tertinggi ($R_0 = 83,0577$), tingkat kenaikan intrinsik (*intrinsic rate of natural increase*) ($r_m = 0,2740$), tingkat kenaikan terbatas (*finite rate of increase*) ($\lambda = 1,3153$), waktu generasi rata-rata terendah ($T = 16,1277$ hari) dan waktu penggandaan populasi ($Dt = 2,5294$ hari). Sedangkan Bayu *et al.* (2017) menyebutkan tingkat reproduksi bersih ($R_0 = 93,0$) dengan tingkat kenaikan intrinsik ($r_m = 0,314$), tingkat kenaikan terbatas ($\lambda = 1,369$), dan waktu generasi rata-rata terendah ($T = 14,42$ hari) di bawah 24 jam

penyinaran yang dialami oleh *T. urticae*. Hal ini menunjukkan bahwa perbedaan lama penyinaran mempengaruhi parameter perkembangan *T. urticae*.

Selain berpengaruh terhadap periode perkembangan dan produksi telur, fotoperiod juga berpengaruh terhadap waktu kelangsungan hidup serangga. Yang *et al.* (2020) menyebutkan bahwa umur *T. urticae* lebih pendek pada kondisi mendapatkan paparan cahaya selama 18 jam (38 hari) dibandingkan dengan hanya terpapar cahaya selama 12 jam per hari (40 hari). Hasil penelitian Bayu *et al.* (2017) menunjukkan bahwa lama hidup imago betina *T. urticae* adalah 28 hari setelah terpapar cahaya selama 24 jam per hari selama periode telur dan larva.

Hasil penelitian Pakyari dan McNeill (2020) terhadap predator *Scolothrips longicornis* menyebutkan bahwa periode perkembangan stadia muda *S. longicornis* lebih cepat di bawah penyinaran yang lama (18:6 dan 24:0 Light (L):Dark (D)). Umur imago jantan dan betina menjadi lebih pendek dengan meningkatnya lama penyinaran. Di bawah fotoperiode 12:12 (L:D), imago betina *S. longicornis* memiliki periode oviposisi terpanjang dan umur panjang, tingkat reproduksi tertinggi ($R_0 = 15,37$), tingkat kenaikan alami intrinsik ($r = 0,141$), dan tingkat kenaikan terbatas ($\lambda = 1,151$). Pengaruh waktu penyinaran juga terjadi pada predator tungau *N. bakeri* dimana *sex ratio* *N. bakeri* lebih tinggi pada periode penyinaran yang panjang dan menjadi lebih pendek bila diekspos pada periode penyinaran yang pendek (Xia *et al.* 2012).

KESIMPULAN

Pertumbuhan dan perkembangan *T. urticae* sangat dipengaruhi oleh jenis pakan, suhu dan fotoperiod. Kuantitas dan kualitas nutrisi yang berbeda serta kandungan senyawa metabolit sekunder seperti flavonoid, phenolic, dan acysucose dari setiap jenis pakan sangat menentukan perkembangan populasi *T. urticae*.

Periode perkembangan *T. urticae* lebih cepat pada kondisi suhu tinggi dibandingkan dengan suhu rendah. Pada kisaran suhu rendah (12,5–27,5°C), perkembangan *T. urticae* lebih cepat pada suhu yang berfluktuasi dibandingkan dengan perkembangan pada suhu konstan. Sedangkan pada kisaran suhu tinggi (>30–35°C), perkembangan *T. urticae* menjadi lebih lambat pada suhu yang berfluktuasi dibandingkan pada suhu konstan. Kelangsungan hidup dan produksi telur *T. urticae* lebih tinggi pada kondisi suhu konstan dibandingkan dengan suhu yang berfluktuasi pada kisaran suhu menengah (20–30°C).

Pada suhu tertentu, lama penyinaran (fotoperiod) dapat mempengaruhi percepatan dan perlambatan periode perkembangan *T. urticae*. Selain itu, fotoperiod juga mempengaruhi produksi telur dan kelangsungan hidup imago betina *T. urticae*. Semakin lama periode penyinaran, semakin banyak jumlah telur yang dihasilkan.

Informasi mengenai pertumbuhan dan perkembangan *T. urticae* sangat bermanfaat untuk memprediksi terjadinya ledakan, mengantisipasi ledakan sejak dini, serta menentukan tindakan pengendalian *T. urticae* yang tepat.

DAFTAR PUSTAKA

- Adesanya AW, Beauchamp MJ, Lavine MD, Lavine LC, Zhu F, Walsh DB. 2019. Physiological resistance alters behavioral response of *Tetranychus urticae* to acaricides. *Sci Rep* 9: 19308.
- Agut B, Gamir J, Jacas JA, Hurtado M, Flors V. 2014. Different metabolic and genetic responses in citrus may explain relative susceptibility to *Tetranychus urticae*. *Pest Manag. Sci.* 70: 1728-1741.
- Anber HA, Younes AA, El-Syafei GM, Ammar MR. 2020. Some biological aspects of *Tetranychus urticae* Koch on some soybean cultivars at three constant temperatures. *Acarines: Journal of the Egyptian Society of Acarology* 14(1): 21-27.
- Antonious GF, Snyder JC. 2015. Repellency and oviposition deterrence of wild tomato leaf extracts to spidermites, *Tetranychus urticae* Koch. *J. Environ. Sci. Health B* 50: 667-673.
- Azadi-Qoort A, Sedaratian-Jahromi A, Haghani M, Ghane-Jahromi M. 2019. Biological responses of *Tetranychus urticae* (Acari: Tetranychidae) to different host plants: an investigation on bottom-up effects. *Systematic and Applied Acarology* 24(4): 659-674.
- Bahar MH, Soroka JJ, Dosdall LM. 2012. Constant versus fluctuating temperatures in the interactions between *Plutella xylostella* (Lepidoptera: Plutellidae) and its larval parasitoid *Diadegma insulare* (Hymenoptera: Ichneumonidae). *Environ. Entomol.* 41: 1653-1661.
- Bayu MSYI, Krisnawati A. 2016. The difference growth and development of armyworm (*Spodoptera litura*) on five host plants. *Nusantara Bioscience* 8: 161-168.
- Bayu MSYI, Ullah MS, Takano Y, Gotoh T. 2017. Impact of constant and fluctuating temperatures on the development and life history parameters of *Tetranychus urticae* (Acari: Tetranychidae). *Exp. Appl. Acarol.* 72: 205-227.
- Bjørge JD, Overgaard J, Malte H, Gianotten N, Heckmann LH. 2018. Role of temperature on growth and metabolic rate in the tenebrionid beetles *Alphitobius diaperinus* and *Tenebrio molitor*. *Journal of Insect Physiology* 107: 89-96.
- Budianto BH, Munadjat A. 2012. Reproduction capacity of predatory mite Phytoseiidae on various densities of *Tetranychus urticae* and pollen around the cassava, *Manihot esculenta* Crantz. *Journal of Tropical Plant Pest and Disease* 12(2): 129-137.
- Choi YS, Baek S, Kim MJ. 2021. Effect of temperature on the development and survival of *Feltiella acarisuga* (Vallot) (Diptera: Cecidomyiidae) preying on *Tetranychus urticae* (Koch) (acari: Tetranychidae). *Insects* 12(6):508.
- Clissold FJ, Simpson SJ. 2015. Temperature, food quality, and life history traits of herbivorous insects. *Current Opinion in Insect Science.* 11(1):63-70.
- Cullen E, Schramm S. 2009. Two-spotted spider mite management in soybean and corn. Madison: University of Wisconsin Extension. Available at: (<http://corn.agronomy.wisc.edu/Management/pdfs/A3890.pdf>). Accessed on: 20 Maret 2020.
- Dogan S, Caglar M, Caglar B, Cirak C, Zeytun E. 2017. Structural characterization of the silk of two-spotted spider mite *Tetranychus urticae* Koch (Acari: Tetranychidae). *Syst. Appl. Acarol.* 22: 572-583.
- Draz KA, Mahgoob AE, El-Banoby MI, Bahnasy NK. 2021. Host preference and life table parameters of two-spotted red spider mite, *Tetranychus urticae* Koch (Acari: Tetranychidae) on some solanaceous and cucurbitaceous vegetable crops. *Journal of Entomology and Zoology Studies* 9(5): 01-07.
- Eichmeier J, Guyer G. 1960. An evaluation of the rate of reproduction of the two-spotted spider mites reared on gibberellin-treated bean plants. *J Econom Entomol.* 53: 661-664.
- Elsadany MFI. 2018. Influence of host plants and some leaf contents on biological aspects of *Tetranychus urticae* Koch (Arachnida: Acari: Tetranychidae). *The Journal of Basic and Applied Zoology* 79:20.
- El-Wahed A, Nazeh M, El-Halawany AS. 2012. Effect of temperature degrees on the biology and life table parameters of *Tetranychus urticae* Koch on two pear varieties. *Egyptian Academic Journal of Biological Sciences, B. Zoology* 4(1): 103-109.
- Ersin F, Turanli F, Cakmak I. 2021. Development and life history parameters of *Typhlodromus recki* (Acari: Phytoseiidae) feeding on *Tetranychus urticae* (Acari: Tetranychidae) at different temperatures. *Systematic and Applied Acarology* 26(2): 496-508.
- Fahim SF, Momen FM, El-Saiedy ESM. 2020. Life table parameters of *Tetranychus urticae* (Trombidiformes: Tetranychidae) on four strawberry cultivars. *Persian Journal of Acarology* 9(1): 43-56.
- Farazmand A. 2020. Effect of the temperature on development of *Tetranychus urticae* (Acari:

- Tetranychidae) feeding on cucumber leaves. *International Journal of Acarology* 46(6): 381-386.
- Funayama K. 2015. Outbreaks of the two-spotted spider mite, *Tetranychus urticae* (Acari: Tetranychidae) are caused by broad-spectrum insecticide spraying in apple orchards. *Appl Entomol Zool* 50: 169-174.
- Fellous S, Angot G, Orsucci M, Migeon A, Auger P, Olivieri I, Navajas M. 2014. Combining experimental evolution and field population assays to study the evolution of host plant breadth. *J. Evol. Biol.* 27(5): 911-919.
- Golikhajeh N, Naseri B, Razmjou J. 2016. Effect of geographic population and host cultivar on demographic parameters of *Spodoptera exigua* (Hubner) (Lepidoptera: Noctuidae). *J. Asia Pac. Entomol.* 19: 743-751.
- Golizadeh A, Ghavidel S, Razmjou J, Fathi SAA, Hassanpour M. 2017. Comparative life table analysis of *Tetranychus urticae* Koch (Acari: Tetranychidae) on ten rose cultivars. *Acarologia* 57(3): 607-616.
- Gomez-Sanchez A, Gonzalez-Melendi P, Santamaria ME, Arbona V, Lopez-Gonzalez A, Garcia A, Hensel G, Kumlehn J, Martinez M, Diaz I. 2019. Repression of drought-induced cysteine-protease genes alters barley leaf structure and responses to abiotic and biotic stresses. *J. Exp. Bot.* 70: 2143-2155.
- Gotoh T, Saito M, Suzuki A, Nachman G. 2014. Effects of constant and variable temperatures on development and reproduction of the two-spotted spider mite *Tetranychus urticae* (Acari: Tetranychidae). *Exp. Appl. Acarol.* 64: 465-478.
- Guedes CFC. 2013. Food preference and feeding strategies in coccinellidae (coleoptera). *Oecologia Australis* 17(2): 249-270.
- Guedes CFC, de Almeida LM, Penteadob SRC, Moura MO. 2016. Effect of different diets on biology, reproductive variables and life and fertility tables of *Harmonia axyridis* (Pallas) (Coleoptera, Coccinellidae). *Revista Brasileira de Entomologia* 60: 260-266.
- Ilias A, Vontas J, Tsagkarakou A. 2014. Global distribution and origin of target site insecticide resistance mutations in *Tetranychus urticae*. *Insect Biochem. Mol. Biol.* 48: 17-28.
- Ýnak E, AlpKent YN, Çobanođlu S, Dermauw W, Van Leeuwen T. 2019. Resistance incidence and presence of resistance mutations in populations of *Tetranychus urticae* from vegetable crops in Turkey. *Exp Appl Acarol* 78: 343-360.
- Indiati SW. 2012. Ketahanan varietas/klon ubikayu umur genjah terhadap tungau merah. *Jurnal Penelitian Pertanian Tanaman Pangan* 31(1): 53-59.
- Iwasa T, Osakabe M. 2015. Effects of combination between web density and size of spider mite on predation by a generalist and a specialist phytoseiid mite. *Exp. Appl. Acarol* 66(2): 219-225.
- Karlec F, Duarte ADF, Oliveira ACBD, Cunha USD. 2016. Development of *Tetranychus urticae* Koch (acari: tetranychidae) in different strawberry cultivars. *Rev. Bras. Frutic* 39(1): 8.
- Karley AJ, Mitchell C, Brookes C, McNicol J, O'Neill OT, Roberts H, Graham J, Johnson NS. 2015. Exploiting physical defense traits for crop protection: Leaf trichomes of *Rubus idaeus* have deterrent effects on spider mites but not aphids. *Ann. Appl. Biol.* 168: 159-172.
- Kaur P, Zalom FG. 2017. Effect of temperature on the development of *Tetranychus urticae* and *Eotetranychus lewisi* on strawberry. *Journal of Entomology and Zoology Studies* 5(4): 441-444.
- Khaliq A, Javed M, Sohail M, Sagheer M. 2014. Environmental effects on insects and their population dynamics. *Journal of Entomology and Zoology Studies* 2(2): 1-7.
- Khanamani M, Fathipour Y, Hajiqaanbar H, Sedaratian A. 2012. Reproductive performance and life expectancy of *Tetranychus urticae* (Acari: Tetranychidae) on seven eggplant cultivars. *J. Crop Prot.* 1: 57-66.
- King AM, MacRae TH. 2015. Insect heat shock proteins during stress and diapause. *Annual Review of Entomology* 60: 59-75.
- Lucini T, Faria MV, Rohde C, Resende JTV, Oliveira JRF. 2015. Acylsugar and the role of trichomes in tomato genotypes resistance to *Tetranychus urticae*. *Arthropod Plant Interact* 9: 45-53.
- Lopatina EB, Kipyatkov VE, Balashov SV, Kutcherov DA. 2011. Photoperiod-temperature interaction-a new form of seasonal control of growth and development in insects and in particular a Carabid beetle, *Amara communis* (Coleoptera: Carabidae). *J. Evol. Biochem. Physiol.* 47: 578-592.
- Migeon A, Dorkeld F. 2016. Spider Mites Web: a comprehensive database for the Tetranychidae. (<http://www.montpellier.inra.fr/CBGP/spmweb>) (accessed 18 January 2017).
- Miguel G, Ximénez-Embún, Castañera P, Ortego F. 2017. Drought stress in tomato increases the performance of adapted and non-adapted strains of *Tetranychus urticae*. *Journal of Insect Physiology* 96: 73-81.
- Motahari M, Kheradmand K, Roustaei AM, Talebi AA. 2014. The impact of cucumber nitrogen nutrition on life history traits of *Tetranychus urticae* (Koch)(Acari: Tetranychidae). *Acarologia* 54(4): 443-452.
- Nasr HM, Gaber WM, Aziz WZ, Shehata SA. 2019. Effect of host plant on the biological aspects and life table parameters for *Tetranychus urticae* (Acari: Tetranychidae). *Egypt. Acad. J. Biolog. Sci.*, 12(6): 75-79.

- Oliveira JRF, de Resende JTV, Maluf WR, Lucini T, de Lima Filho RB, de Lima I, Nardi C. 2018. Trichomes and allelochemicals in tomato genotypes have antagonistic effects upon behavior and biology of *Tetranychus urticae*. *Front. Plant Sci.* 9: 1132.
- Padilha G, Fiorin RA, Filho AC, Pozebon H, Rogers J, Marques RP, Castilhos LB, Donatti A, Stefanelo L, Burtet LM, Stacke RF, Guedes JVC, Arnemann JA. 2020. Damage assessment and economic injury level of the two-spotted spider mite *Tetranychus urticae* in soybean. *Pesquisa Agropecuária Brasileira* 55, e01836.
- Pakyari H, McNeill M. 2020. Effects of photoperiod on development and demographic parameters of the predatory thrips *Scolothrips longicornis* fed on *Tetranychus urticae*. *Bulletin of Entomological Research* 110(5): 620-629.
- Puspitarini RD, Satria AD, and Astuti LP. 2013. Biological study of two-spotted spider mite, *Tetranychus* sp. (Acari: Tetranychidae) of three leaf phases of mungbean and adzuki bean for mite mess rearing. *Agrivita* 35(3): 263-269.
- Puspitarini RD, Fernando I, Rachmawati R. Hadi MS, Rizali A. 2021. Host plant variability affects the development and reproduction of *Tetranychus urticae*. *International Journal of Acarology* 47(5): 381-386.
- Ramachandran D, Lindo Z, Meehan ML. 2021. Feeding rate and efficiency in an apex soil predator exposed to short-term temperature changes. *Basic and Applied Ecology* 50: 87-96.
- Rakha M, Bouba N, Ramasamy S, Regnard JL, Hanson P. 2017. Evaluation of wild tomato accessions (*Solanum* spp.) for resistance to two-spotted spider mite (*Tetranychus urticae* Koch) based on trichome type and acylsugar content. *Genet. Resour. Crop Evol.* 64: 1011-1022.
- Riahi E, Shishehbor P, Nemati AR, Saeidi Z. 2013. Temperature effects on development and life table parameters of *Tetranychus urticae* (Acari: Tetranychidae). *J. Agr. Sci. Tech.* 15: 661-672.
- Rincon R, Rodriguez D, Coy-Barrera E. 2019. Botanicals against *Tetranychus urticae* Koch under laboratory conditions: A survey of alternatives for controlling pest mites. *Plants* 8: 272.
- Saeidi Z, Nemati A, Riahi E. 2020. Temperature-dependent development and life table parameters of *Schizotetranychus smirnovi* (Acari: Tetranychidae) on Almond. *Systematic and Applied Acarology* 25(8): 1373-83.
- Santoso S, Astuti W. 2019. Ketahanan empat kultivar ubi kayu terhadap *Tetranychus kanzawai* Kishida (Acari: Tetranychidae). *Agrovigor* 12 (2): 87-93.
- Sato Y, Alba JM, Egas M, Sabelis MW. 2016. The role of web sharing, species recognition and host-plant defence in interspecific competition between two herbivorous mite species. *Exp. Appl. Acarol.* 70: 261-274.
- Shibuya T, Itagaki K, Ueyama S, Hirai N, Endo R. 2016. Atmospheric humidity influences oviposition rate of *Tetranychus urticae* (Acari: Tetranychidae) through morphological responses of host *Cucumis sativus* leaves. *J Econ Entomol* 109(1):255-268. doi: 10.1093/jee/tov312. Epub 2015 Oct 28. PMID: 26511981.
- Sholla SM. 2016. Some biological aspects of the two spotted spider mite. *Tetranychus urticae* Koch (Acari: Tetranychidae) at constant temperature. *Egyptian Academic Journal of Biological Sciences Entomology.* 9(2):61-68.
- Shoorooei M, Nasertorabi M, Soleimani A, Moghbeli E, Madadkhah E, Moghbeli H. 2012. Screening of some cucumber accessions to two spotted spider mite (*Tetranychus urticae*). *Onternational Research Journal of Applied and Basic Sciences.* 3(8):1580-1584.
- Silva EA, Reis PR, Carvalho TMB, Altoe BF. 2009. Biology *Tetranychus urticae* (Acari: Tetranychidae) on *Gerbera jamesonii* Bolus and Hook (Asteraceae). *Braz. J. Biol.* 69(4): 1121-1129.
- Urbaneja-Bernat P, Ibáñez-Gual V, Montserrat M, Aguilar-Fenollosa E, Jaques JA. 2019. Can interactions among predators alter the natural regulation of an herbivore in a climate change scenario? The case of *Tetranychus urticae* and its predators in citrus. *J Pest Sci.* 92: 1149-1164.
- Vangansbeke D, Schrijver LD, Spranghers T, Audenaert J, Verhoeven R, Nguyen DT, Gobin B, Tirry L, Clercq PD. 2013. Alternating temperatures affect life table parameters of *Phytoseiulus persimilis*, *Neoseiulus californicus* (Acari: Phytoseiidae) and their prey *Tetranychus urticae* (Acari: Tetranychidae). *Exp. Appl. Acarol.* 61: 285-294.
- Vangansbeke D, Audenaert J, Nguyen DT, Verhoeven R, Gobin B, Tirry L, Clercq PD. 2015. Diurnal temperature variation affect development of a herbivorous arthropod pest and its predator. *PLOS One* 10: e0124898.
- Van Leeuwen T, Tirry L, Yamamoto A, Nauen R, Dermauw W. 2015. The economic importance of acaricides in the control of phytophagous mites and an update on recent acaricide mode of action research. *Pesticide Biochem. Physiol.* 121: 12-21.
- Wang S, Tan X-L, Guo X-J, Zhang F. 2013. Effect of temperature and photoperiod on the development, reproduction, and predation of the predatory ladybird *Cheilomenes sexmaculata* (Coleoptera: Coccinellidae). *J. Econ. Entomol.* 106: 2621-2629.
- Wu M, Adesanya AW, Morales MA, Walsh DB, Lavine LC, Lavine MD, Zhu F. 2019. Multiple acaricide resistance and underlying mechanisms in *Tetranychus urticae* on hops. *J. Pest Sci.* 92: 543-555.

- Xia B, Zou ZW, Li PX, Lin P. 2012. Effect of temperature on development and reproduction of *Neoseiulus barkeri* (Acari: Phytoseiidae) fed on *Aleuroglyphus ovatus*. Exp. Appl. Acarol. 56:33-41.
 - Xing K, Zhao F. 2022. Acclimation effects of natural daily temperature variation on longevity, fecundity, and thermal tolerance of the diamondback moth (*Plutella xylostella*). Insects 13(4): 309.
 - Yang Z, Shen X, Ni J, Xie D, Da A, Luo Y. 2020. Effect of photoperiods on development and acaricide susceptibility in the two-spotted spider mite, *Tetranychus urticae*. Exp. Appl. Acarol. 80: 17-27.
 - Zerbino MS, Altier NA, Panizzi AR. 2014. Phenological and physiological changes in adult *Piezodorus guildinii* (Hemiptera: Pentatomidae) due to variation in photoperiod and temperature. Fla. Entomol. 79: 734-743.
 - Zhang GH, Li YY, Zhang KJ, Wang JJ, Liu YQ, Liu H. 2016. Effects of heat stress on copulation, fecundity and longevity of newly-emerged adults of the predatory mite, *Neoseiulus barkeri* (Acari: Phytoseiidae). Systematic and Applied Acarology 21(3): 295-306.
 - Zhou L, Dai A, Dai Y, Vose RS, Zou CZ, Tian Y, Chen H. 2009. Spatial dependence of diurnal temperature range trends on precipitation from 1950 to 2004. Clim. Dyn. 32: 429-440.
 - Zou Z, Min Q, Xiao S, Xin T, Xia B. 2016. Effect of photoperiod on development and demographic parameters of *Neoseiulus barkeri* (Acari: Phytoseiidae) fed on *Tyrophagus putrescentiae* (Acari: Acaridae). Exp. Appl. Acarol. 70: 45-56.
-