

**PENGARUH FAKTOR MASA DAN ABIOTIK TERHADAP
KELAKUAN KELUAR MASUK SARANG LEBAH KELULUT,
Tetrigona apicalis (SMITH, 1857) (HYMENOPTERA: APIDAE)
[THE INFLUENCE OF TIME AND ABIOTIC FACTORS ON
THE NEST ENTRY AND EXIT BEHAVIOR OF THE STINGLESS BEE,
Tetrigona apicalis (SMITH, 1857) (HYMENOPTERA: APIDAE)]**

Muhammad Imran Bin Mohd Kamal¹ & Izfa Riza Binti Hazmi^{1,2*}

¹Pusat Sistematiik Serangga,
Fakulti Sains dan Teknologi,
Universiti Kebangsaan Malaysia,
43600 Bangi, Selangor, Malaysia.

²Jabatan Sains Biologi dan Bioteknologi,
Fakulti Sains dan Teknologi,
Universiti Kebangsaan Malaysia,
43600 Bangi, Selangor, Malaysia.

*Email Pengarang: izfahazmi@ukm.edu.my

Pengantaran: 17 Oktober 2022; Penerimaan: 17 November 2022

ABSTRAK

Lebah kelulut merupakan spesies pendebunga yang penting di kawasan tropika dan subtropika. Dalam kajian ini, pengaruh faktor masa dan abiotik terhadap kelakuan keluar dan masuk sarang oleh lebah kelulut *Tetrigona apicalis* telah dikaji. Faktor masa dan abiotik yang dikaji termasuklah waktu per hari, suhu, kelembapan relatif, keamatan cahaya dan kelajuan angin. Kajian ini telah dijalankan di pusat koleksi Meliponini di Institut Genom Malaysia, Bangi, Selangor, Malaysia. Jumlah lebah kelulut *T. apicalis* yang masuk dan keluar dari sarang telah dikira melalui pemerhatian secara langsung selama 5 minit bagi setiap jam dari 09:00 hingga 17:00 dari bulan Mei hingga Oktober 2019. Hasil kajian menunjukkan bahawa masa ($f=3.965$, $P=0.002$, $P<0.05$) secara signifikannya mempengaruhi kekerapan masuk dan keluar lebah kelulut *T. apicalis* dari sarang. Bagi faktor abiotik, kelembapan relatif secara signifikannya mempengaruhi kelakuan masuk ($f=16.664$, $P=0.001$, $P<0.05$) dan keluar ($f=7.939$, $P=0.006$, $P<0.05$) lebah kelulut *T. apicalis* dari sarang. Ujian regresi berganda menunjukkan terdapat interaksi yang rendah tetapi signifikan di antara kesemua faktor abiotik terhadap kelakuan keluar dan masuk sarang lebah kelulut *T. apicalis* ($r^2=0.13$, $f=3.10$, $P=0.02$, $P<0.05$). Kajian ini boleh digunakan untuk mendidik penternak lebah kelulut untuk memastikan pengurusan yang lebih baik bagi mengekalkan perkhidmatan pendebunga yang mampan sepanjang tahun.

Kata kunci: Lebah kelulut, pencarian makan, Malaysia, masa, abiotik

ABSTRACT

Stingless bees are important pollinator species in tropical and subtropical regions. This study studied the influence of time and abiotic factors on the nest entry and exit behavior of the stingless bee *Tetrigona apicalis*. Time and abiotic factors studied include the time of day, temperature, relative humidity, light intensity, and wind speed. This study was conducted at the Meliponini collection center at the Malaysian Genome Institute, Bangi, Selangor, Malaysia. The number of *T. apicalis* forager bees entering and exiting the nest was calculated through direct observation for 5 minutes every hour from 09:00 to 17:00 from May to October 2019. The results of the study showed that the time ($f=3.965$, $P=0.002$, $P<0.05$) significantly influenced the frequency of entry and exit of *T. apicalis* stingless bees from the nest. For the abiotic factors, relative humidity significantly influences the behavior of entering ($f=16.664$, $P=0.001$, $P<0.05$) and exiting ($f=7.939$, $P=0.006$, $P<0.05$) of *T. apicalis* from the nest. The multiple regression test showed that there was a low but significant interaction between all the abiotic factors on the exit and entry behavior of *T. apicalis* ($r^2 = 0.13$, $f=3.10$, $P=0.02$, $P<0.05$). This study can be used to educate beekeepers to ensure better management and maintain the sustainable pollination services of the stingless bee throughout the year.

Keywords: Stingless bee, foraging behavior, Malaysia, time, abiotic

PENDAHULUAN

Lebah kelulut merupakan serangga yang dikelaskan di dalam order Hymenoptera dan terdapat sekurang-kurangnya 600 spesies lebah kelulut yang telah direkodkan di seluruh dunia, di dalam kira-kira 60 genus (Rasmussen & Cameron 2010). Kebanyakan spesies di dalam order ini dipengaruhi oleh beberapa faktor abiotik seperti hujan, kelembapan, suhu, halaju angin dan sinaran cahaya (Maia-Silva et al. 2015; Sung et al. 2011). Sebagai contoh, dalam spesies lebah, faktor abiotik yang penting ialah suhu persekitaran yang mempengaruhi aktiviti penerbangan iaitu bilangan lebah yang meninggalkan koloni bagi mencari sumber makanan (Neves et al. 2011). Serangga pendebunga bertindak balas dengan sangat cepat kepada suhu persekitaran kerana ia bersifat endotermik. Perubahan suhu dan kelembapan relatif sangat mempengaruhi hubungan pendebunga dengan tumbuhan perumah. Selain itu, suhu juga mempengaruhi kemandirian, kesuburan, perkembangan, saiz populasi dan migrasi beberapa spesies serangga (Hilário et al. 2000).

Di Malaysia, penerokaan dan pendokumentasian kajian lebah kelulut telah dimulakan oleh Schwarz sejak tahun 1930. Pengumpulan spesies lebah kelulut ketika itu dijalankan secara meluas di Semenanjung Malaysia dan di Sabah dan Sarawak. Kajian seterusnya oleh Sakagami telah menerbitkan banyak jurnal mengenai lebah kelulut di Malaysia dan Indonesia (Sakagami et al. 1990). Jaapar et al. (2016) melaporkan sebanyak 35 spesies telah direkodkan di Semenanjung Malaysia dan 19 daripadanya mempunyai habitat di dalam hutan dara (Salim et al. 2012).

Lebah kelulut mula dijadikan sebagai bahan kajian apabila industri meliponikultur berkembang dengan pesat sebagai salah satu sumber pendapatan di kalangan masyarakat setempat. Namun begitu, kajian lepas terhadap lebah kelulut yang dijalankan di Malaysia tertumpu kepada kajian taksonomi (Samsudin et al. 2018) dan kepelbagaian, namun kurang kajian terhadap kelakuan keluar masuk sarang dan pencarian makan lebah kelulut dan bagaimana ia bertindak balas terhadap faktor masa dan abiotik. Kajian oleh Wan Nur Asiah et al. (2015) terhadap aktiviti penerbangan dua spesies lebah kelulut di Malaysia iaitu

Heterotrigona itama dan *Geniotrigona thoracica* menyatakan bahawa aktiviti penerbangan spesies lebah kelulut ini secara signifikannya dipengaruhi oleh suhu, kelembapan relatif dan keamatan cahaya. Menurut Whittaker (2001), perubahan iklim seperti pemanasan global yang sedang berlaku menjadikan ia semakin penting untuk mendapatkan data asas mengenai hubungan antara faktor abiotik dan aktiviti mencari makan spesies kekunci seperti lebah kelulut (Heard 1999). Dalam serangga sosial, aktiviti pencarian makan dan pendebungaan oleh lebah adalah dipengaruhi oleh faktor cuaca (Michener 2007). Walau bagaimanapun, sama ada aktiviti penerbangan lebah kelulut berkurang dengan ketara semasa suhu rendah, perkara ini kurang difahami (Roubik 1989). Contohnya, lebah kelulut Amerika Selatan aktif pada suhu serendah 11°C (Hilário et al. 2000). Oleh itu, masih tiada konsistensi dalam tingkah laku mencari makan di kalangan lebah kelulut dan kajian terhadap corak mencari makan ini mesti dijalankan. Justeru objektif kajian ini dijalankan ialah untuk mengenalpasti aktiviti keluar masuk sarang oleh lebah kelulut *T. apicalis* dan pengaruh faktor masa dan abiotik terhadap kelakuan tersebut. Kajian ini membantu memahami biologi lebah kelulut supaya penternak lebah kelulut tempatan dapat lebih memahami tingkah laku lebah kelulut ini supaya nilai komersialnya mencapai potensi sepenuhnya.

BAHAN DAN KAEDAH

Lokasi Kajian

Kajian ini dijalankan di Institut Genom Malaysia (MGI), Selangor, Malaysia (2.90°N, 101.7°E). Terdapat lebih kurang 100 koloni lebah kelulut dari suku Meliponini yang terdapat di dalam koleksi lebah kelulut MGI yang terletak di Hutan Simpan UKM di Bangi, Selangor, Malaysia. Koloni yang terdapat di sini adalah hasil sumbangan daripada penternak lebah kelulut dari seluruh Semenanjung Malaysia.

Pengecaman Spesies

Sampel lebah kelulut *T. apicalis* dari koloni yang dikenalpasti di MGI telah dibawa ke Makmal Entomologi, Pusat Sistemik Serangga, Universiti Kebangsaan Malaysia bagi tujuan pengecaman spesies. Ciri morfologi luaran sampel lebah kelulut telah diperhatikan di bawah stereomikroskop Leica EZ4 dan merujuk kekunci pengecaman spesies oleh Samsudin et al. (2018).

Pengumpulan Data

Pemerhatian terus dilakukan terhadap bilangan lebah kelulut *T. apicalis* yang masuk dan keluar dari sarangnya. Kajian ini memfokuskan kepada hanya satu koloni *T. apicalis* yang berada dalam keadaan baik. Pemerhatian dijalankan dua kali sebulan dari Mei hingga Oktober 2019. Pemerhatian dibuat dengan rakaman video selama lima minit untuk setiap jam dari 09:00 hingga 17:00 untuk mendapatkan purata bilangan lebah kelulut *T. apicalis* yang masuk dan keluar dari sarang. Kamera digital Canon Eos 550D dengan filem definisi tinggi (HD) penuh dan penangkapan sehingga 3.7 fps digunakan untuk kajian ini. Bagi faktor abiotik, data yang direkodkan ialah suhu (°C), kelajuan angin (ms⁻¹), keamatan cahaya (lux), kelembapan relatif (%) dan juga masa per hari. Peralatan yang digunakan ialah higrometer digital yang dilengkapi dengan termometer, meter lux dan anemometer dan di ambil secara terus pada masa pemerhatian dijalankan. Data abiotik direkodkan serentak semasa rakaman lebah kelulut masuk dan keluar dari sarang. Data tersebut direkodkan sebanyak tiga kali dalam tempoh lima minit pemerhatian dijalankan bagi setiap jam pemerhatian, dan bacaan yang direkodkan telah di ambil purata.

Analisis Data

Data kekerapan masuk keluar lebah kelulut *T. apicalis* dan data masa serta abiotik telah dianalisis menggunakan perisian statistik Minitab versi 19 dan RStudio. Model Linear Am (GLM) digunakan untuk menganalisis data masa per hari (faktor masa) (sebagai pembolehubah tidak bersandar) dan bilangan lebah kelulut yang masuk keluar sebagai pembolehubah bersandar. Analisis regresi berganda pula telah digunakan bagi menganggarkan hubungan antara faktor abiotik dan kekerapan keluar masuk lebah kelulut. Setiap pembolehubah abiotik telah dikira terhadap kekerapan keluar masuk sarang oleh lebah kelulut *T. apicalis*.

HASIL

Aktiviti Penerbangan Keluar Masuk ke Sarang Lebah oleh *Tetrigona apicalis*

Sebanyak 177 aktiviti keluar masuk sarang oleh lebah kelulut *Tetrigona apicalis* telah direkodkan antara Mei hingga Oktober 2019 (Jadual 1). Bagi setiap jam pemerhatian, kekerapan keluar dan masuk lebah kelulut *T. apicalis* dicatatkan pada penghujung setiap 5 minit pemerhatian dijalankan. Jumlah dalam jadual 1 merupakan purata 5 minit bagi setiap jam pemerhatian yang dijalankan. Pada 28 Ogos dan 30 September 2019, data keluar dan masuk ke sarang oleh lebah kelulut *T. apicalis* tidak berjaya direkodkan pada pukul 17:00 kerana hujan lebat. Hasil daripada analisis GLM menunjukkan bahawa masa per hari secara signifikannya mempengaruhi kelakuan keluar masuk sarang oleh lebah kelulut *T. apicalis* ($df=8$, $f=3.965$, $P=0.002$, $P<0.05$) (Jadual 2).

Jadual 1. Purata kekerapan keluar dan masuk ke sarang oleh lebah kelulut *T. apicalis*

Masa /Tarikh	9:00		10:00		11:00		12:00		13:00		14:00		15:00		16:00		17:00	
	K	M	K	M	K	M	K	M	K	M	K	M	K	M	K	M	K	M
14/05	23	23	21	25	14	18	12	16	15	13	11	10	11	11	12	11	13	19
28/05	32	38	20	28	16	22	14	22	13	16	13	13	15	13	11	12	11	14
17/06	27	45	22	41	22	28	17	25	20	22	18	21	21	19	19	27	15	22
28/06	38	50	27	48	16	39	14	40	18	12	14	15	15	18	14	16	15	16
14/07	15	24	18	16	14	16	15	13	20	22	16	17	25	27	18	17	15	16
22/08	19	36	20	21	19	16	16	19	15	17	20	14	20	5	23	22	-	-
18/09	24	54	17	26	15	20	13	20	13	16	6	4	27	22	23	31	18	32
30/09	14	23	29	28	20	28	21	31	19	27	17	26	18	27	11	41	-	-
15/10	20	25	27	19	18	24	12	22	18	19	20	19	20	6	20	17	23	23
30/10	20	20	18	24	22	21	19	20	17	19	22	18	21	15	20	33	17	16

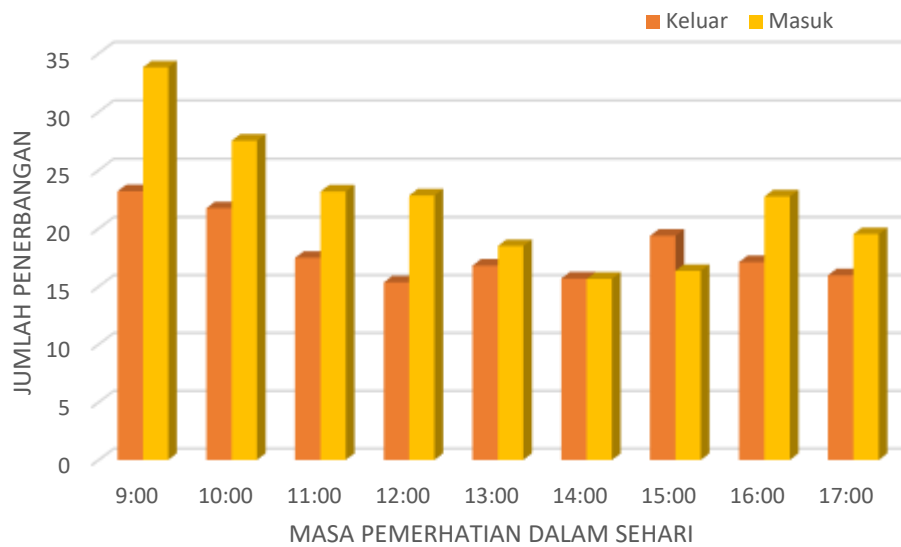
K=keluar; M=masuk

Jadual 2 Hasil analisis GLM ke atas kekerapan keluar masuk ke sarang oleh lebah kelulut *T. apicalis* terhadap masa

Faktor masa	Df	SumSq	MeanSq	Nilai F	Nilai P
Bulan	5	227.1	45.42	2.382	0.058
Masa	8	604.9	75.61	3.965	0.002**
Bulan*Masa	39	719.7	18.46	0.968	0.542

Rajah 1 menunjukkan corak penerbangan keluar masuk ke sarang oleh lebah kelulut *T. apicalis*. Dapat dilihat aktiviti keluar masuk ke sarang oleh lebah kelulut *T. apicalis* adalah paling tinggi pada pukul 9:00 dan menunjukkan penurunan sehingga ke jam 14:00. Setelah jam 14:00, aktiviti keluar masuk sarang lebah kelulut menunjukkan corak turun dan naik.

Berdasarkan Rajah 1 juga dapat dilihat bahawa purata kekerapan masuk lebah kelulut adalah lebih tinggi berbanding dengan kekerapan keluar sepanjang tempoh pemerhatian dilakukan.



Rajah 1. Purata kekerapan keluar masuk ke sarang oleh lebah kelulut *T. apicalis* berdasarkan masa per hari untuk sepanjang tempoh kajian

Jadual 3 dan 4 menunjukkan hasil analisis GLM bagi kekerapan keluar masuk ke sarang oleh lebah kelulut *T. apicalis* dengan faktor abiotik. Kelembapan relatif (rh) menunjukkan hubungan kait yang signifikan dalam aktiviti keluar sarang ($df=1$, $f=7.939$, $P=0.006$, $P<0.05$) dan aktiviti masuk ke sarang oleh lebah kelulut *T. apicalis* ($df=1$, $f=16.664$, $P=0.001$, $P<0.05$). Faktor abiotik yang lain iaitu keamatan cahaya, kelajuan angin dan suhu tidak menunjukkan hubungan kait yang signifikan dengan aktiviti keluar masuk ke sarang.

Jadual 3 Hasil analisis GLM bagi kekerapan keluar lebah kelulut *T. apicalis* dengan faktor abiotik

Faktor Abiotik	Df	SumSq	MeanSq	Nilai F	Nilai P
Keamatan cahaya (lux)	1	42.8	42.78	1.832	0.180
Kelembapan relatif (rh)	1	185.4	185.41	7.939	0.006**
Kelajuan angin (ms^{-1})	1	59.3	59.29	2.539	0.115
Suhu ($^{\circ}C$)	1	0.8	0.81	0.035	0.852
lux*rh* $ms^{-1}^{\circ}C$	1	15.7	15.74	0.674	0.414
Sisa	82	1915	23.35		

Jadual 4 Hasil analisis GLM bagi kekerapan masuk lebah kelulut *T. apicalis* dengan faktor abiotik

Abiotic Factors	Df	SumSq	MeanSq	Nilai F	Nilai P
Keamatan cahaya (lux)	1	187	186.8	2.349	0.129
Kelembapan relatif (rh)	1	1325	1325.1	16.66	0.001 ***
Kelajuan angin (ms^{-1})	1	48	48.3	0.608	0.438
Suhu ($^{\circ}C$)	1	1	1	0.013	0.911

lux*rh* ms ⁻¹ *°C	1	70	70.1	0.882	0.351
Sisa	82	6520	79.5		

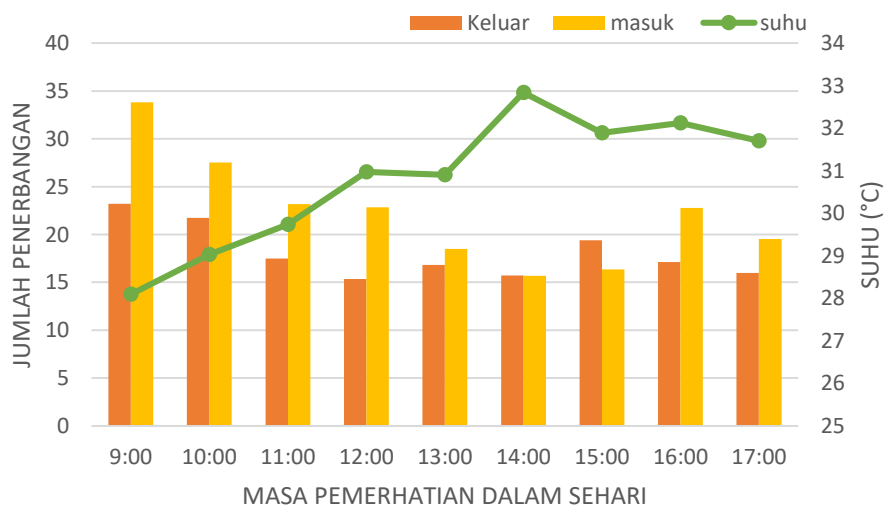
Hasil daripada ujian analisis regresi berganda menunjukkan terdapat korelasi yang rendah tetapi ketara antara semua faktor abiotik dengan kelakuan keluar sarang oleh lebah kelulut ($r^2=0.13$, $f=3.10$, $P=0.02$, $P<0.05$) (Jadual 5). Ujian regresi berganda ialah kaedah statistik yang digunakan untuk menganalisis hubungan antara pembolehubah bersandar tunggal dan beberapa pembolehubah tidak bersandar. Dalam kajian ini, ujian analisis regresi berganda digunakan apabila aktiviti mencari makan lebah kelulut bergantung kepada dua atau lebih pembolehubah abiotik.

Sumber	Jadual 5		Hasil analisis regresi berganda		
	Df	MeanSq	Nilai F	Nilai P	
Regresi	4	72.073	3.10	0.020**	
Keamatan cahaya	1	4.849	0.21	0.649	
Kelembapan relatif	1	64.913	2.79	0.99	
Kelajuan angin	1	57.523	2.47	0.120	
Suhu	1	0.811	0.03	0.852	
Ralat	83	23.263			
Jumlah	87	2219.080			

Faktor Abiotik Berkait Aktiviti Penerbangan Keluar Masuk Sarang

Suhu

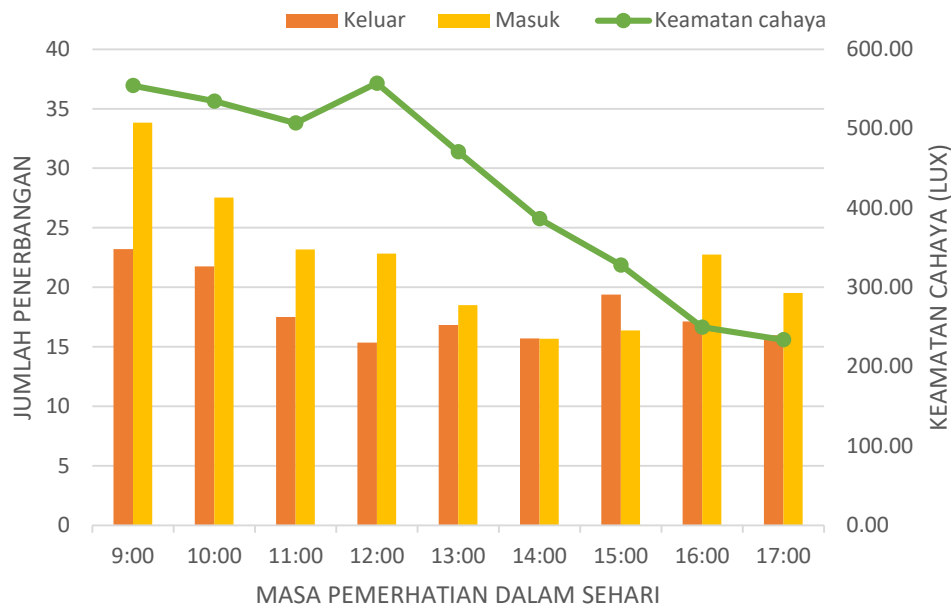
Purata suhu yang direkodkan pada jam 9.00 pagi, iaitu antara 26°C menunjukkan aktiviti keluar masuk ke sarang oleh lebah kelulut paling tinggi (Rajah 2). Purata suhu paling rendah direkodkan sepanjang kajian ini dijalankan ialah pada awal pagi dan paling tinggi ialah pada jam 14:00 dengan bacaan suhu sekitar 38°C. Peningkatan suhu bermula dari jam 10:00 hingga ke 17:00 menunjukkan aktiviti keluar masuk ke sarang oleh lebah kelulut *T. apicalis* menurun.



Rajah 2. Suhu berdasarkan masa per hari dan kekerapan keluar masuk sarang oleh lebah kelulut *T. apicalis*

Keamatan cahaya

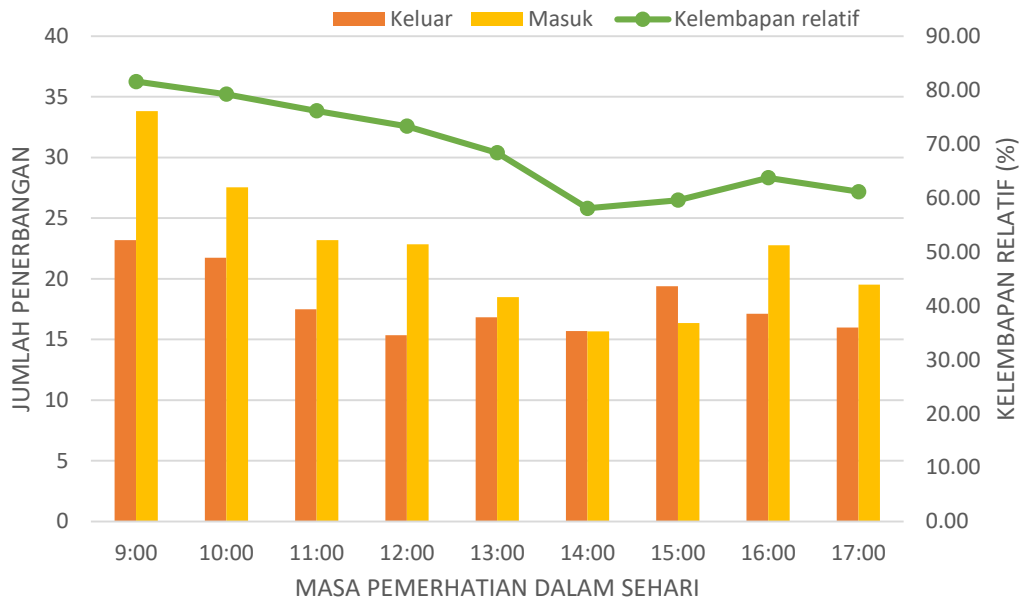
Keamatan cahaya yang diukur dalam lux beransur-ansur menurun dari jam 09:00 hingga 17:00 (Rajah 3). Dengan keamatan cahaya yang lebih tinggi, lebah kelulut *T. apicalis* lebih cenderung untuk keluar mencari makan. Berdasarkan rajah 3, keamatan cahaya di lokasi kajian ialah tinggi pada waktu pagi sehingga ke tengahari, dan seterusnya menunjukkan penurunan pada sebelah petang. Aktiviti keluar masuk lebah kelulut *T. apicalis* adalah tinggi pada waktu pagi berbanding dengan petang. Dengan cahaya yang cukup dan suhu optimum, aktiviti pencarian makan lebah kelulut *T. apicalis* adalah tertinggi pada jam 9:00 hingga 12:00.



Rajah 3. Keamatan cahaya berdasarkan masa per hari dan dan kekerapan keluar masuk sarang oleh lebah kelulut *T. apicalis*

Kelembapan relatif

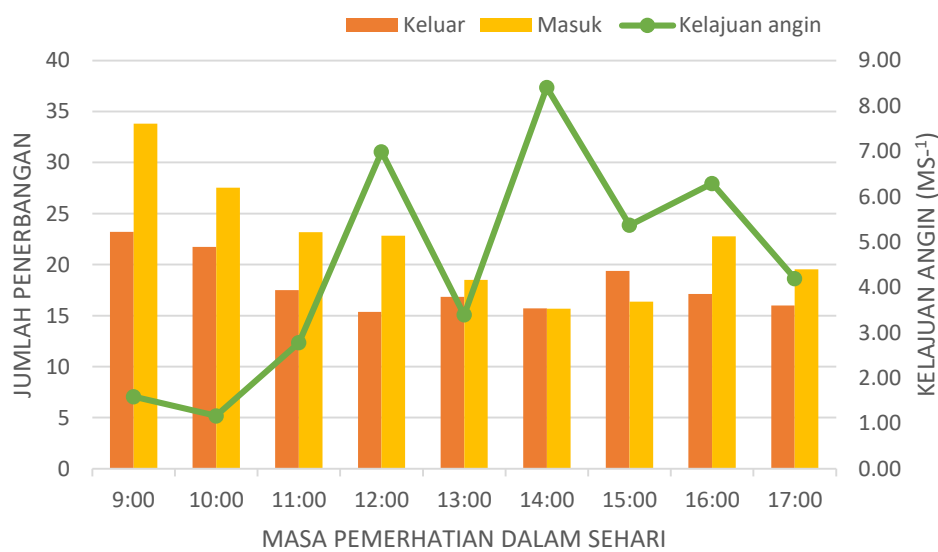
Kelembapan relatif (Rh) yang diukur dalam peratusan (%) menunjukkan penurunan dari jam 09:00 hingga 14:00, dan menunjukkan sedikit peningkatan pada sebelah petang, selepas jam 14:00 hingga 17:00 (Rajah 4). Dengan penurunan kelembapan relatif yang direkodkan, kekerapan keluar masuk ke sarang oleh lebah kelulut *T. apicalis* juga menunjukkan penurunan. Kelembapan relatif yang tertinggi direkodkan ialah pada jam 09:00, ketika suhu yang direkodkan adalah pada bacaan terendah. Aktiviti keluar masuk sarang oleh lebah kelulut *T. apicalis* adalah tertinggi direkodkan pada jam 09:00 pagi, menunjukkan korelasi yang positif dalam pengaruh kelembapan relatif terhadap aktiviti penerbangan ini. Bagi setiap bulan kecuali September dan pertengahan Oktober, Rh turun naik antara 70 hingga 86%. Sepanjang September hingga Oktober, Malaysia berhadapan dengan jerebu Asia Tenggara 2019. Kawasan tapak kajian mencatatkan 203 pada Indeks Pencemaran Udara (IPU) mengikut MyIPU oleh Kementerian Alam Sekitar dan Air Malaysia (MEWA), iaitu skor “sangat tidak sihat”.



Rajah 4. Kelembapan relatif berdasarkan masa per hari dan dan kekerapan keluar masuk sarang oleh lebah kelulut *T. apicalis*

Kelajuan angin

Kelajuan angin tidak menunjukkan perbezaan yang ketara sepanjang tempoh pemerhatian dilakukan. Kelajuan angin yang paling cepat direkodkan adalah pada sebelah petang dengan bacaan 1.94 ms⁻¹. Berdasarkan rajah 5, kelajuan angin yang rendah pada sebelah pagi menunjukkan aktiviti keluar masuk lebah kelulut yang tinggi dan menunjukkan pengurangan aktiviti keluar masuk pada sebelah petang dengan meningkatnya kelajuan angin. Ini menunjukkan bahawa dengan kelajuan angin yang bertambah, aktiviti penerbangan oleh lebah kelulut adalah menurun.



Rajah 5. Kelajuan angin berdasarkan masa per hari dan dan kekerapan keluar masuk sarang oleh lebah kelulut *T. apicalis*

PERBINCANGAN

Perubahan iklim memberi kesan kepada lebah eusosial. Ketersediaan makanan yang tidak menentu mengikut musim dan tempoh kering yang berpanjangan menjadikan penyelenggaraan koloni adalah sukar (Maia-Silva et al. 2015). Lebah beradaptasi terhadap perubahan dalam persekitaran sama ada dengan menyesuaikan kelakuan masing-masing atau meninggalkan kawasan tersebut (Freitas et al. 2007). Faktor iklim seperti suhu, cahaya, angin, dan kelembapan menghadkan aktiviti pencarian makan dalam sesetengah spesies lebah kelulut (Bruijn et al. 1994; Biesmeijer 1997; Inoue et al. 1985; Willmer 1991). Pengaruh faktor ini berbeza antara spesies kerana variasi dalam saiz badan, rerambut (*setae*) dan warna. Willmer (1991) menyatakan bahawa lebah yang hidup di kawasan tropika kurang dipengaruhi oleh iklim, manakala sumber makanan iaitu tumbuhan akan menentukan kelakuan pencarian makan spesies lebah tersebut.

Kelakuan pencarian makan oleh lebah kelulut bergantung kepada keamatan cahaya dan juga suhu serta sumber makanan (Aleixo et al. 2017). Masa puncak pencarian makanan bagi kebanyakan spesies lebah kelulut ialah di waktu pagi kerana sumber debunga yang tersedia dengan lebih banyak pada waktu pagi berbanding petang (Bruijn & Sommeijer 1997). Bagi spesies lebah kelulut *T. apicalis*, aktiviti penerbangan keluar masuk sarang lebih tinggi direkodkan pada waktu pagi. Hasil yang sama juga dilaporkan oleh Guibu dan Imperatriz-Fonseca (1984) bagi lebah kelulut *M. bicolor bicolor* dan *Melipona quadrifasciata quadrifasciata* yang menunjukkan aktiviti pencarian makanan yang aktif pada waktu pagi. Walaupun keadaan abiotik belum lagi ideal sepenuhnya pada awal hari, lebah mempunyai mekanisme fisiologi yang maju untuk pengawalan suhu badan (Schmaranzer 2000; Kovac et al. 2010; Kovac & Stabentheiner 2011). Dalam aktiviti pencarian makan oleh lebah, kawalatur tenaga dibuat dengan menyesuaikan suhu badan sebagai tindak balas kepada sumber makanan (kuantiti dan kualiti debunga dan kepekatan sukrosa), jarak antara tumbuhan berbunga dan sarang, serta keperluan koloni untuk nektar dan debunga (Kovac & Stabentheiner 2011; Sadler & Nieh 2011).

Faktor iklim biasanya saling berkait rapat dan berkaitan dengan masa dalam sehari. Heard dan Hendrikz (1993) mengkaji pengaruh faktor iklim terhadap aktiviti lebah kelulut mendapati suhu dan keamatan cahaya adalah faktor yang penting dalam menentukan aktiviti penerbangan lebah (Nicolson 2009). Spesies lebah yang lebih besar biasanya terbang pada suhu dan keamatan cahaya yang lebih rendah daripada lebah yang kecil (Lacerda et al. 1991). Lebah kelulut *T. apicalis* bersaiz sederhana berbanding dengan spesies lebah kelulut yang lain di Malaysia. Berdasarkan dapatan kajian (Rajah 2), dapat dilihat bahawa aktiviti keluar dan masuk sarang oleh lebah kelulut *T. apicalis* paling tinggi pada jam 09:00, iaitu ketika suhu paling rendah (26°C) direkodkan. Kajian oleh Wan Nur Asiah et al. (2015) di Malaysia juga melaporkan aktiviti pencarian makanan oleh lebah kelulut adalah paling tinggi pada awal pagi ketika suhu adalah sekitar 25°C dan menurun bila suhu meningkat hingga 36°C. Dalam spesies lebah *Melipona bicolor bicolor*, koloni lebah memulakan aktiviti penerbangan lebih awal dan pada suhu yang lebih rendah berbanding dengan koloni lebah yang bersaiz sederhana dan kecil (Hilário et al. 2000).

Keamatan cahaya merupakan satu faktor penting dalam mempengaruhi aktiviti penerbangan lebah kelulut kerana ia membantu navigasi visual lebah dalam pencarian sumber bunga (Hilário et al. 2000). Bagi spesies *T. apicalis*, ia lebih cenderung untuk keluar mencari makan ketika keamatan cahaya tertinggi pada waktu pagi. Pada suhu persekitaran yang rendah, keamatan cahaya juga penting untuk mengekalkan haba badan lebah (Hartfelder et al. 2013;

Kovac et al. 2009; Kovac & Stabentheiner 2011). Heard dan Hendrikz (1993) melaporkan bahawa suhu dan keamatan cahaya adalah faktor utama yang mempengaruhi aktiviti penerbangan *T. carbonaria*. Kajian lain oleh Kleiner-Giovannini dan Imperatriz-Fonseca (1986) juga melaporkan bahawa aktiviti penerbangan spesies lebah kelulut *Melipona marginata marginata* adalah lebih rendah pada hari mendung berbanding hari yang cerah.

Secara amnya, aktiviti penerbangan lebah kelulut berkorelasi negatif dengan kelembapan relatif (Souza et al. 2005). Bagi spesies lebah kelulut *T. apicalis*, kelembapan relatif menunjukkan hasil analisis yang signifikan (Jadual 3 & 4). Menurut Hilário et al. (2000), nilai ideal untuk suhu dan kelembapan relatif berbeza-beza mengikut spesies yang dikaji serta saiznya. Hilário et al. (2001) melaporkan bahawa aktiviti penerbangan lebah kelulut adalah tinggi pada waktu pagi apabila kelembapan relatif lebih tinggi. Nilai optimum kelembapan relatif untuk aktiviti penerbangan dan mencari makan bagi kebanyakan spesies lebah kelulut dari genus *Melipona* adalah antara 70 dan 90% (Bruijn et al. 1997; Hilário et al. 2000; Kleiner-Giovannini & Imperatriz-Fonseca 1986).

Bharath et al. (2020) melaporkan bahawa angin yang kuat merendahkan kelajuan penerbangan lebah kelulut dan menyebabkan pengurangan dalam aktiviti penerbangan lebah kelulut per hari. Reddy et al. (2015) juga melaporkan kelajuan angin yang lebih daripada 12 kilometer per jam (kmpj) akan mempengaruhi aktiviti pencarian makan lebah kerana ia tidak boleh terbang dengan kelajuan angin yang lebih cepat dari 15 kmpj. Kelajuan angin yang direkodkan dalam kajian ini ialah sangat rendah iaitu 1.94 ms^{-1} dan nilai ini tidak mempengaruhi aktiviti penerbangan lebah kelulut *T. apicalis*. Kemungkinan kelajuan angin yang lebih kuat mungkin memberi kesan kepada aktiviti penerbangan lebah kelulut *T. apicalis*. Kumar et al. (2015) menyatakan bahawa pergerakan mencari makan lebah kelulut telah dihentikan dengan kelajuan angin yang tinggi dan hujan yang mengakibatkan penurunan bilangan penerbangan lebah per hari. Begitu juga korelasi negatif yang kuat ditunjukkan oleh lebah semasa hujan, kerana lebah tidak keluar untuk mencari makanan.

KESIMPULAN

Aktiviti penerbangan lebah kelulut *T. apicalis* dipengaruhi secara signifikan oleh masa dan kelembapan relatif. Jerebu yang berlaku pada bulan September 2019 telah mempengaruhi kelembapan relatif. Dalam tempoh itu, Rh turun naik antara 70 hingga 86%. Lebah kelulut *T. apicalis* lebih cenderung untuk mencari makan pada waktu pagi antara 9.00 hingga 10.00 pagi dan kurang pada waktu tengahari hingga ke petang, iaitu 12.00 tengahari hingga 3.00 petang (suhu direkodkan paling tinggi dalam tempoh ini). Kelajuan angin yang direkodkan sehingga 1.94 ms^{-1} tidak menjejaskan aktiviti lebah kelulut *T. apicalis* mencari makan dengan ketara. Terdapat interaksi yang signifikan antara faktor abiotik dan aktiviti keluar mencari makan oleh lebah kelulut. Walau bagaimanapun, hasil awalan ini hanya tertumpu pada satu koloni *T. apicalis* dan mungkin tidak mencukupi untuk menyamaratakan aktiviti penerbangan dan tingkah laku mencari makanan spesies *T. apicalis*. Kajian ini menyumbang kepada pemahaman yang lebih baik tentang tingkah laku mencari makan *T. apicalis* dan cara ia bertindak balas terhadap perubahan persekitaran sekeliling. Oleh itu, dapatan ini boleh menyumbang ke arah peningkatan produktiviti dan kemampuan pengeluaran madu lebah kelulut, serta menambah baik program pemuliharaan pada lebah kelulut.

PENGHARGAAN

Setinggi-tinggi penghargaan terima kasih kepada En Razif bin Mamat dan En Mohd Noor dari Institut Genom Malaysia (MGI) Bangi, Selangor, Malaysia atas kerjasama untuk bekerja dalam repositori Meliponi di MGI.

PERCANGGAHAN KEPENTINGAN

Penulis mengakui tiada percanggahan kepentingan dalam kajian yang dijalankan.

RUJUKAN

- Aleixo, K.P., Menezes, C., Imperatriz, F., Vera, L. & da Silva, C.I. 2017. Seasonal availability of floral resources and ambient temperature shape stingless bee foraging behavior (*Scaptotrigona* aff. *depilis*). *Apidologie* 48 (1): 117-127.
- Bharath, M.P., Chinniah, C., Jayaraj, J., Suresh, K., Balamohan, T.N. & Vellaikumar, S. 2020. Foraging activity of stingless bee, *Tetragonula iridipennis* Smith (Hymenoptera: Apidae) during summer season in Madurai district of Tamil Nadu, India. *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry* 9(1): 1144-1148.
- Biesmeijer, J.C. 1997. The organization of foraging in stingless bees of genus *Melipona*: An individual-oriented approach. Ph.D. thesis, Universität Utrecht, Utrecht.
- Bruijn, L.L.M. & Sommeijer, M.J. 1997. Colony foraging in different species of stingless bees (Apidae, Meliponinae) and the regulation of individual nectar foraging. *Insectes Sociaux* 44 (1): 35-47.
- Bruijn, L.L.M., Sommeijer, M.J., Biesmeijer, J.C., van Nieuwstadt, M.J. & Kraaykamp, H. 1994. Honey production in Stingless bees: Differences in flight activity and foraging between *Melipona* and *Tetragonisca*. *Proceedings of the Fifth International Conference on Apiculture in Tropical Climates*, pp. 221–226.
- Freitas, B.M., Sousa, R.M. & Bomfim, I.G.A. 2007. Absconding and migratory behaviors of feral Africanized honey bee (*Apis mellifera* L.) colonies in NE Brazil. *Acta Scientiarum Biological Sciences* 29(4): 381-385.
- Guibu, L. & Imperatriz Fonseca, V.L. 1984. Atividade externa de *Melipona quadrifasciata* Lepeletier (Hymenoptera, Apidae, Meliponinae). *Ci n. e Cult.* 36(7): 623.
- Hartfelder, K., Bitondi M.M.G., Brent C.S., Guidugli-Lazzarini K.R., Sim es Z.L., Stabentheiner A., Tanaka E.D. & Wang, Y. 2013. Standard methods for physiology and biochemistry research in *Apis mellifera*. *Journal of Apicultural Research* 52(1): 1-48.
- Heard, T.A. & Hendrikz, J.K. 1993. Factors influencing flight activity of colonies of the stingless bee *Trigona carbonaria* (Hymenoptera: Apidae). *Australian Journal of Zoology* 41: 343–353.
- Heard, T.A. 1999. The role of stingless bees in crop pollination. *Annual Review of Entomology* 44: 183-206.
- Hilário, S.D., Imperatriz-Fonseca, V.L. & Kleinert, A.M.P. 2000. Flight activity and colony strength in the stingless bee *Melipona bicolor bicolor* (Apidae, Meliponinae). *Revista Brasileira de Biologia* 60(2): 299-306.
- Hilário, S.D., Imperatriz-Fonseca, V.L., & Kleinert, A.M.P. 2001. Responses to climatic factors by foragers of *Plebeia pugnax* Moure (in litt.) (Apidae: Meliponinae). *Revista Brasileira de Biologia* 61: 191–196.

- Inoue, T., Salmah, S., Abbas, I. & Yusuf, E. 1985. Foraging behaviour of individual workers and foraging dynamics of colonies of three Sumatran stingless bees. *Researches on Population Ecology* 27: 373–392.
- Jaapar, M.F., Halim, M., Mispan, M.R., Jajuli, R., Saranum, M.M., Zainuddin, M.Y., Ghazi, R., & Ghani, I.A. 2016. The Diversity and Abundance of Stingless Bee (Hymenoptera: Meliponini) in Peninsular Malaysia. *Advances in Environmental Biology* 10(9): 1-7.
- Kleiner-Giovannini, A. & Imperatriz-Fonseca, V.L. 1986. Flight activity and responses to climatic conditions of two subspecies of *Melipona marginata* Lepeletier (Apidae, Meliponinae). *Journal of Apicultural Research* 25: 3–8.
- Kovac, H., Stabentheiner, A. & Brodschneider, R. 2009. Contribution of honeybee drones of different age to colonial thermoregulation. *Apidologie* 40: 82–95.
- Kovac, H., Stabentheiner, A. & Schmaranzer, S. 2010. Thermoregulation of water foraging honeybees – balancing of endothermic activity with radiative heat gain and functional requirements. *Journal of Insect Physiology* 56: 1834–1845.
- Kovac, H. & Stabentheiner, A. 2011. Thermoregulation of foraging honeybees on flowering plants: seasonal variability and influence of radiative heat gain. *Ecological entomology* 36(6): 686-699.
- Kumar, D., Sharma, V. & Bharti, U. 2015. Mapping of medicinal flora as honey bee forage. *Journal of Entomology and Zoology Studies* 3(6): 235-238.
- Lacerda, L. M., Zucchi, R. & Zucoloto, F. S. 1991. Colony condition and bionomic alterations in *Geotrigona inusitata* (Apidae, Meliponinae). *Acta Biológica Paranaense* 20 (1, 2, 3, 4): 109-123.
- Maia-Silva, C., Hrnčir, M., da Silva, C.I. & Imperatriz-Fonseca, V.L. 2015. Survival strategies of stingless bees (*Melipona subnitida*) in an unpredictable environment, the Brazilian tropical dry forest. *Apidologie* 46: 631–643.
- Michener, C.D. 2007. *The Bees of The World*. 2nd Edition. The John Hopkins University Press.
- Neves, E.F., Faita, M.R., Gaia, L., Alves Junior, V.V. & Antonialli-Junior, W.F. 2011. Influence of climate factors on flight activity of drones of *Apis mellifera* (Hymenoptera: Apidae). *Sociobiology* 57: 107-114.
- Nicolson, S. 2009. Water homeostasis in bees, with the emphasis on sociality. *The Journal of experimental biology* 212: 429-34.
- Rasmussen C. & Cameron S.A. 2010. Global stingless bee phylogeny supports ancient divergence, vicariance, and long-distance dispersal. *Biological Journal of the Linnean Society* 99:206–232.
- Reddy, P.R., Rashmi, T. & Verghese, 2015. A. foraging activity of Indian honey bee, *Apis cerana* in relation to ambient climate variables under tropical conditions. *Journal of Environmental Biology* 36(3):577-581.

- Roubik, D.W. 1989. *Ecology and Natural History of Tropical Bees*. New York: Cambridge University Press.
- Sadler, N. & Nieh, J.C. 2011. Honey bee forager thoracic temperature inside the nest is tuned to broad-scale differences in recruitment motivation. *Journal of Experimental Biology* 214(3): 469-475.
- Sakagami, S.F., Inoue, T. & Salmah, S. 1990. Stingless bees of central Sumatra. In: Sakagami, S.F., Ohgushi, R. & Roubik, D.W. (eds.). *Natural History of Social Wasps and Bees in Equatorial Sumatra*, pp. 125–137. Sapporo: Hokkaido University Press.
- Salim, H.M., Dzulkiply, A.D., Harrison, R.D., Fletcher, C., Kassim, A.R. & Potts, M.D. 2012. Stingless bee (Hymenoptera: Apidae: Meliponini) diversity in dipterocarp forest reserves in Peninsular Malaysia. *Raffles Bulletin of Zoology* 60(1): 213-219.
- Samsudin, S.F, Mamat, M.R. & Hazmi, I.R. 2018. Taxonomic study on selected species of stingless bee (Hymenoptera: Apidae: Meliponini) in Peninsular Malaysia. *Serangga* 23(2): 203-258.
- Schmaranzer, S. 2000. Thermoregulation of water collecting honey bees (*Apis mellifera*). *Journal of Insect Physiology* 46: 1187-1194.
- Schwarz, H.F. 1930. The Indo-Malayan species of *Trigona*. *Bulletin of the American Museum of Natural History* 73: 281-328.
- Souza, S.G.X., Teixeira, A.F.R., Neves, E.L. & Melo, A.M.C. 2005. Stingless bees (Apidae: Meliponina) residing at the Federação/Ondina Campus of the Federal University of Bahia, Salvador, Bahia, Brasil. *Candombá-Revista Virtual, Salvador* 1(1): 57-69.
- Sung, I.H., Yamane, S., Lu, S.S. & Ho, K.K. 2011. Climatological influences on the flight activity of stingless bees (*Lepidotrigona boozana*) and honeybees (*Apis cerana*) in Taiwan (Hymenoptera, Apidae). *Sociobiology* 58(3): 835-850.
- Wan Nur Asiah, W.M.A, Sajap, A.S., Adam, N.A. & Hamid, M.N. 2015. Flight intensity of two species of stingless bees *Heterotrigona itama* and *Geniotrigona thoracica* and Its relationship with temperature, light intensity, and relative humidity. *Serangga* 20(1): 35-42.
- Whittaker, J.B. 2001. Insects and plants in a changing atmosphere. *Journal of Ecology* 89: 507-518.
- Willmer, P.G. 1991. Constraints on foraging by solitary bees. In: Goodman, L.J. & Fisher R.C. (eds). *The Behaviour and Physiology of Bees*, pp. 131-148. CAB International, Wallingford, UK.