

Orijinal araştırma (Original article)

Farklı sıcaklıkların *Rhyzobius lophanthae* Blaisdell (Coleoptera: Coccinellidae)'nin biyolojisi üzerindeki etkileri

Ali KAYAHAN^{1*}, İsmail KARACA²

The effects of different temperatures on the biology of *Rhyzobius lophanthae* Blaisdell (Coleoptera: Coccinellidae)

Abstract: The purple-scale predator, *Rhyzobius lophanthae* Blaisdell (Coleoptera: Coccinellidae), is a coccidophagous ladybug. The aim of the present study was to determine the optimal temperature for this species to be most efficient reproductively.. For that purpose, the life cycle parameters of *R. lophanthae* were determined at different temperatures, namely 14, 16, 18, 20, 22, 24, 26, 28, 30 and 32 °C, 60% RH and long day photoperiod, with *Aspidiotus nerii* Bouché (Hemiptera: Diaspididae) as the prey. Calculations were performed with RmStat-3 software, based on the use of the Euler-Lotka equation. At 26, 28 and 30 °C, the intrinsic reproduction rates (r_m) were 0.120, 0.142 and 0.132 females/day, respectively, and the net reproduction rates (R_0) were 56.883, 80.944 and 31.149 females/generation, respectively. Mean generation times (T_0) were 33.801, 30.866 and 25.978 days, respectively. Total productivity rates (GRR) were 177.779, 303.751 and 105.751 eggs/female, respectively. In this study, 28 °C was the optimal temperature for the reproductive efficiency of *R. lophanthae* under laboratory conditions. There is a need for further studies on the interactions between pests, predators and environmental conditions.

Key words: Coccinellids, *Rhyzobius lophanthae*, Life table parameters, Optimum temperature

Öz: *Rhyzobius lophanthae* Blaisdell (Coleoptera: Coccinellidae) kabuklubitlerin avcısı olarak bilinmektedir. Çalışmada türlerin daha verimli olduğu optimum sıcaklık değerinin belirlenmesi amaçlanmıştır. Bu çalışmada 14, 16, 18, 20, 22, 24, 26, 28, 30 ve 32 °C, %60 orantılı nem ve uzun gün aydınlatmalı iklim koşullarında *R. lophanthae*'nin yaşam çizelgesi parametreleri Euler-Lotka eşitliğine göre RmStat-3 kullanılarak hesaplanmıştır. 26, 28 ve 30 °C elde edilen sonuçlara göre Kalıtsal üreme yeteneği (r_m) 0.120, 0.142, 0.132 dişi/dişi/gün olarak hesaplanırken, Net üreme gücü (R_0) 56.883, 80.944, 31.149 dişi/dişi/döl olarak hesaplanmıştır. Ortalama döl süresi (T_0) sırasıyla 33.801, 30.866, 25.978 gün olmuştur. Toplam üreme oranı (GRR) 177.779, 303.751, 105.751 yumurta/dişi olarak hesaplanmıştır. Çalışmada laboratuvar koşullarında *R. lophanthae*'nin etkinliği için 28 °C'nin optimum sıcaklık olduğu sonucuna varılmıştır. Elde edilen sonuçlara göre avcılar ve zararlıların çevresel koşullardaki etkileşimleri hakkında daha fazla çalışmaya ihtiyaç duyulduğu gözlenmiştir.

Anahtar sözcükler: Coccinellidler, *Rhyzobius lophanthae*, Yaşam çizelgesi parametreleri, Optimum sıcaklıklar

¹Yozgat Bozok Üniversitesi Ziraat Fakültesi Bitki Koruma Bölümü, Yozgat, Türkiye

²İsparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bitki Koruma Bölümü, Isparta, Türkiye

*Sorumlu yazar (Corresponding author) e-mail: aalikayahan@gmail.com

ORCID ID (Yazar sırasıyla): 0000-0002-3671-254X; 0000-0002-0975-789X

Alınış (Received): 19 Nisan 2022

Kabul edilmiş (Accepted): 16 Haziran 2022

Giriş

Tarımsal üretimde ekonomik kayba neden olan zararlılarla mücadelede etkili olan kimyasal savaşım, kısa sürede çözüm alınmasından dolayı çok fazla tercih edilmektedir. Yoğun kimyasal kullanımı da ürünler üzerinde istenmeyen ilaç kalıntılarına yol açmaktadır. Kimyasal mücadeleye alternatif yöntemlerden biri de insan ve çevre sağlığına zarar vermeyen bir yöntem olan biyolojik mücadeledir. (DeBach 1969; Uygun et al. 1987) Entegre mücadele içerisinde yer alan bu yöntem tarımsal üretimde ekonomik kayba neden olan zararlıların kontrolünde oldukça önemlidir (Uygun & Karaca 1998). Biyolojik mücadele yönteminde kullanılan ve etkili olan etmenlerin çoğunu böcekler oluştururken; böceklerin çoğunu da Coccinellidae familyasına bağlı türler oluşturmaktadır (Hodek & Honek 1996).

Rhyzobius lophanthae Blaisdell (Coleoptera: Coccinellidae) kabuklu bitlerin önemli bir avcısı olarak bilinmekte ve onların kontrolünde oldukça etkilidir (Hodek & Honek 1996). Bu doğal düşmana turuncu bahçelerde ve diğer meyve bahçelerinde sıklıkla rastlanmaktadır (Branco et al. 2017) ve dünyada biyolojik kontrol etmeni olarak yayılış göstermektedir (Hodek & Honek 1996). *R. lophanthae*, içinde Türkiye'nin de (Erlar & Tunç 2001) olduğu farklı ülkelerde rapor edilmiştir (Stathas et al. 2002; Mellado 2011). Son yıllarda yapılan çalışmalara bakıldığında içerisinde *R. lophanthae*'nin de olduğu bazı avcı ve parazitoitlerin sıcaklıktan önemli ölçüde etkilendikleri bildirilmiştir (Alloush 2019; Luhring et al. 2019; Gao et al. 2020; Kayahan & Karaca 2020).

Kabuklu bitlerin önemli avcılarında olan *R. lophanthae* bu zararlılarla mücadelede önemli bir yere sahip olduğu bilinmektedir (Yakhantov 1966; Uygun & Şekeroğlu 1981; Olkowski et al. 1992, Nar et al. 2009; Mellado 2011). Bu avcı tür ile ilgili gerek ülkemizde ve gerekse dünyada farklı sıcaklık derecelerinin (özellikle yakın değerler) tür üzerindeki etkilerini inceleyen çalışmalar eksiktir. Buradan da anlaşıldığı üzere böceklerin ortam koşullarıyla ilişkileri hakkında daha detaylı çalışmalara ihtiyaç duyulduğu görülmektedir. Bu sebeple bu çalışmada da önemli bir kabuklu bit avcısı olan *R. lophanthae*'nin 10 farklı sıcaklıktaki yaşam çizelgesi parametrelerinin ve avcı böceğin kitle üretiminde seçilecek optimum sıcaklığın belirlenmesi amaçlanmıştır.

Materyal ve yöntem

Aspidiotus nerii üretimi

Bu çalışmada *Aspidiotus nerii* Bouché (Hemiptera: Diaspididae) avcı böcek için besin olarak kullanılmıştır. Kabuklu bitin kültüre alınması için laboratuvardaki üretimden ilk bireyler alınmış ve temiz patates (*Solanum tuberosum* L.) yumrularına aktarılmıştır. Bulaşık yumrular yeni üretim kabinine alınmış ve haftalık periyotlarla yeni yumrular bulaştırılarak kitle üretim sağlanmıştır. Yapılan üretim denemelerde kullanılacak seviyeye gelinceye kadar üretim devam etmiştir. Üretimin tamamı 25±1 °C, 65±5% orantılı nem ve uzun gün aydınlatmalı koşullara sahip iklim kabinlerinde gerçekleştirilmiştir.

***Rhyzobius lophanthae* üretimi**

Avcı böcek *R. lophanthae* bireyleri silkme metodu kullanılarak Adana ilindeki turuncgil ağaçlarının dallarından toplanmıştır. Laboratuvar ortamında getirilen bireyler denemelerde kullanılmak üzere kitle üretime alınmıştır. Üretimlerin tamamı 25 ± 1 °C, $65\pm 5\%$ orantılı nem ve uzun gün aydınlatmalı koşullara sahip iklim kabinlerinde gerçekleştirilmiştir. Denemelerde kullanılan bireyler bu kitle üretimden temin edilmiştir.

Denemelerin kurulması

Bu çalışma 10 farklı sıcaklıkta (14, 16, 18, 20, 22, 24, 26, 28, 30 ve 32 °C) %60 orantılı nem ve uzun gün aydınlatmalı iklim kabinlerinde başlangıçta 100 tekerrürlü olacak şekilde yürütülmüştür. Pupadan yeni çıkmış 40 *R. lophanthae* (20 erkek, 20 dişi) bireyi kitle üretimden alınarak içerisinde kabuklu bit ile bulaşık patates yumrularının olduğu plastik kaba (9x9x5 cm) alınmıştır. Ardından bir araya getirilen çiftlerin yumurta vermeleri beklenmiş ve bırakılan yumurtalar samur fırça yardımıyla teker teker toplanmıştır. Denemelerin başlangıcında 100 yumurta ile başlanmış deneme hatalarının önüne geçmek adına sonradan belli sayıda ($\cong 10$) yumurta kabuklu bit ile bulaşık olan patates yumrusunun üzerine bırakılmış ve farklı sıcaklıklardaki gelişmeleri ergin oluncaya kadar 24 saatlik sürelerle kaydedilmiştir. Ergin olan bireylerin cinsiyet ayrımı beşinci sternitin farklılığına göre belirlenmiştir (Stathas et al. 2002). Bu işlemten sonra bireyler bir araya getirilmiş, çiftleşmeleri ve yumurta vermeleri sağlanmıştır. Bu avcı böceğin ergin öncesi dönemlere ait gelişme süreleri Kayahan & Karaca (2020)'da bildirildiği için bu çalışmada yer verilmemiştir. Dişi bireyler yumurta vermeye başladıktan sonra yumurta sayıları kaydedilmiştir. Bu işlemlerin tamamı farklı sıcaklıklar için ayrı ayrı olacak şekilde tekrar edilmiş ve bireyler ölünceye kadar devam etmiştir. Tekerrürler stereomikroskop (Leica S6D) altında incelenmiş ve elde edilen sonuçlar kaydedilmiştir.

İstatistiksel analizler

Rhyzobius lophanthae'nin yaşam çizelgesi parametreleri Euler-Lotka eşitliğine (Birch 1948) göre RmStat-3 (Özgökçe & Karaca 2010) kullanılarak hesaplanmış ve ayrı ayrı değerlendirilmiştir. Pseudo-rmij değerleri Jackknife metoduna göre hesaplanmıştır (Meyer et al. 1986; Özgökçe & Atlıhan 2004). Denemelerde ortaya çıkan istatistiksel farkların değerlendirilmesinde Tukey çoklu karşılaştırma testi kullanılmıştır. Yaşam çizelgesi parametreleri:

l_x = X yaştaki bireylerin l'e göre canlılık oranı
 m_x = Günlük dişi başına bırakılan dişi yavru sayısı
 x = Dişi bireylerin gün olarak yaşı (Birch, 1948)

$$\text{Üreme değeri (V}_x\text{)} V_x = \frac{\sum_{y=x} (e^{r_m \cdot y} \cdot l_y \cdot m_y)}{l_x \cdot e^{-r_m \cdot x}} \quad (\text{Imura, 1987})$$

$$\text{Net üreme gücü (R}_0\text{)} R_0 = \sum l_x \cdot m_x \quad (\text{Birch 1948})$$

$$\text{Kalıtsal üreme yeteneği (r}_m\text{)} \sum e^{(-r_m \cdot x)} l_x \cdot m_x = 1 \quad (\text{Birch 1948})$$

$$\text{Ortalama döl süresi (T}_0\text{)} T_0 = \frac{\ln R_0}{r_m} \quad (\text{Birch 1948})$$

$$\text{Toplam üreme oranı (GRR)} GRR = \sum m_x \quad (\text{Birch 1948})$$

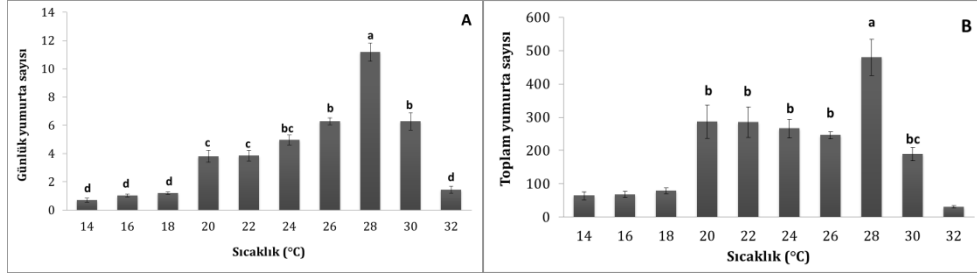
$$\text{Üreme gücü sınırı (\lambda)} \lambda = e^{r_m} \quad (\text{Birch 1948})$$

$$\text{Popülasyonun ikiye katlanma süresi (T}_2\text{)} T_2 = \frac{\ln 2}{r_m} \quad (\text{Kairo & Murphy 1995}).$$

Bulgular ve tartışma

Denemeler sonucunda elde edilen verilere göre *R. lophanthae*'nin farklı sıcaklıklardaki bıraktığı günlük ve toplam yumurta sayılarının önemli ölçüde farklı olduğu belirlenmiştir ($F_{GYS} = 73.62$; $DF = 9$; $P \leq 0.001$; $F_{TYS} = 18.75$; $DF = 9$; $P \leq 0.001$). Günlük yumurta sayıları sıcaklık artışına bağlı olarak 28 °C'ye kadar artış gösterirken, sonraki sıcaklıklarda düşüş göstermiştir. En yüksek günlük yumurta sayısı (11.17 ± 0.65 yumurta) 28 °C'de hesaplanırken, en düşük yumurta sayısının (0.70 ± 0.14 yumurta) 14 °C'de olduğu belirlenmiştir. Toplam yumurta sayıları değerlendirildiğinde, en düşük toplam yumurta sayısının 14 °C (64.2 ± 12.1 yumurta) ve 32 °C (30.9 ± 3.72 yumurta)'de, en yüksek toplam yumurta sayısının da 28 °C (479.7 ± 54.6 yumurta)'de olduğu saptanmıştır. Elde edilen günlük ve toplam yumurta sayıları değerlendirildiğinde 28 °C'deki yumurta sayısının diğer sıcaklıklardan istatistiksel olarak farklı olduğu tespit edilmiştir (Şekil 1).

Çalışmanın sonunda *R. lophanthae*'nin 10 farklı sıcaklıktaki yaşam çizelgesi parametreleri belirlenmiştir. Kalıtsal üreme yeteneği (r_m) sıcaklık değerlerine göre sırasıyla 0.016, 0.022, 0.030, 0.052, 0.056, 0.068, 0.120, 0.142, 0.132 ve 0.021 dişi/dişi/gün olarak hesaplanmıştır. Pseudo-rmij değerlerindeki farklılık Tukey çoklu karşılaştırma testine göre belirlenmiştir. Net üreme gücü (R_0) sırasıyla 7.082, 9.514, 11.960, 50.906, 54.150, 49.525, 56.883, 80.944, 31.149 ve 1.882 dişi/dişi/döl olarak belirlenmiştir. Ortalama döl sürelerinin (T_0) sırasıyla 125.966, 104.602, 84.009, 75.742, 71.511, 57.568, 33.801, 30.866, 25.978 ve 30.759 gün olduğu tespit edilmiştir. Toplam üreme oranının (GRR) en yüksek değeri (303.751 yumurta/dişi) 28 °C'de hesaplanmıştır. Popülasyonun ikiye katlanma süresinin en kısa olduğu (4.869 gün) sıcaklık değeri 28 °C olurken, en uzun süre (44.604 gün) 14 °C'de belirlenmiştir (Çizelge 1).



Şekil 1. *Rhyzobius lophanthae*'nin farklı sıcaklıklardaki günlük (A) ve toplam yumurta (B) sayıları. Sütunlarda farklı harfler Tukey çoklu karşılaştırma testine göre istatistiksel bir farkın olduğunu göstermektedir.

Figure 1. Daily (A) and total egg counts (B) of *Rhyzobius lophanthae* at different temperatures. Different letters in the columns indicate a significant statistical difference according to the Tukey multiple comparison test.

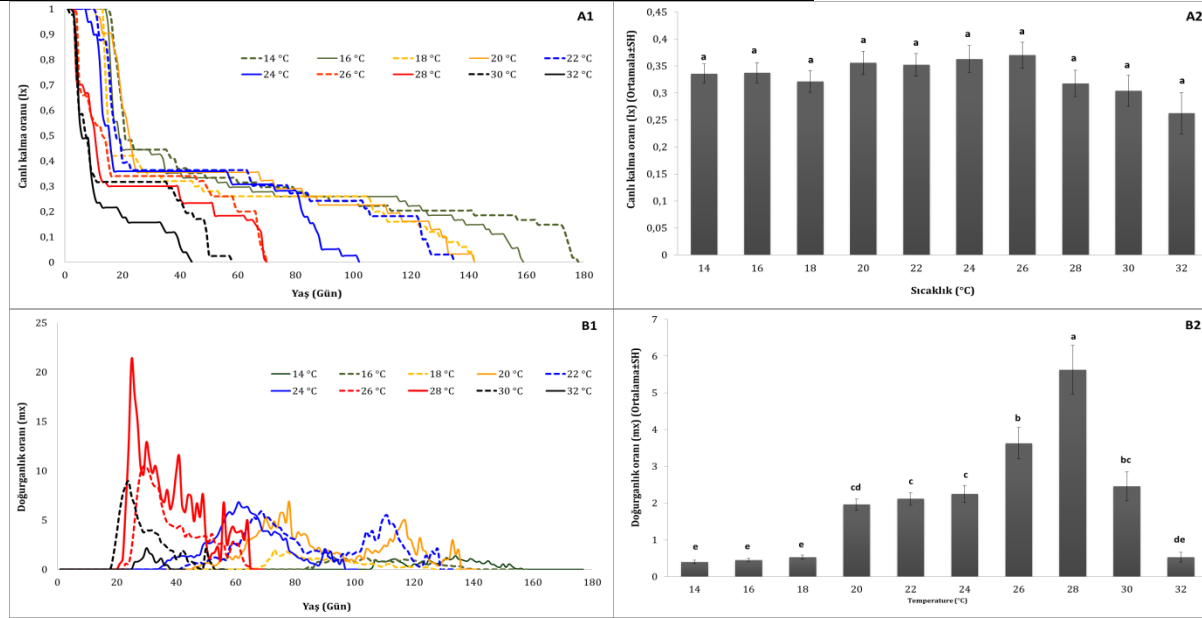
Farklı sıcaklıklarda *R. lophanthae*'nin canlı kalma oranı (l_x), doğurganlık oranı (m_x), üreme değeri (V_x), sabit yaş dağılımı (C_x), beklenen yaşam süresi (E_x) değerleri hesaplanmıştır. Elde edilen verilere göre 28 °C'de doğurganlık oranı (m_x) ve üreme değeri sırasıyla 5.63 ± 0.67 ve 30.60 ± 3.05 olarak hesaplanırken, bu değerlerin diğerlerinden istatistiksel açıdan farklı olduğu belirlenmiştir ($F_{m_x} = 41.01$; $DF=9$; $P \leq 0.001$; $F_{V_x} = 34.32$; $DF= 9$; $P \leq 0.001$). Parametrelerden elde edilen istatistiksel farklar Şekil 2, 3 ve 4'te gösterilmiştir.

Çizelge 1. *Rhyzobius lophanthae*'nin farklı sıcaklıklardaki yaşam çizelgesi parametreleri (ortalama \pm standart hata)Table 1. Life table parameters of *Rhyzobius lophanthae* at different temperatures (mean \pm standard error)

	Sıcaklıklar				
	14 °C	16 °C	18 °C	20 °C	22 °C
Kalıtısal üreme yeteneği, r_m	0.016 \pm 0.000052j*	0.022 \pm 0.000049h	0.030 \pm 0.000074g	0.052 \pm 0.000133f	0.056 \pm 0.000126e
Pseudo- r_{mij}	0.0156 \pm 0.00273e	0.0219 \pm 0.00258de	0.0288 \pm 0.00364cde	0.0528 \pm 0.00398bcd	0.0563 \pm 0.00402bc
Net üreme gücü, R_0	7.082 \pm 0.0436i	9.514 \pm 0.0481h	11.960 \pm 0.0682g	50.906 \pm 0.507d	54.150 \pm 0.477c
Ortalama döl süresi, T_0	125.940 \pm 0.0327a	104.610 \pm 0.0368b	84.015 \pm 0.0349c	75.758 \pm 0.0818d	71.509 \pm 0.0604e
Toplam üreme oranı, GRR	34.865 \pm 0.126i	39.210 \pm 0.103h	48.216 \pm 0.137g	201.780 \pm 0.755c	209.360 \pm 0.514b
Popülasyonun ikiye katlanma süresi, T_2	44.648 \pm 0.157a	32.206 \pm 0.0750c	23.482 \pm 0.0623d	13.370 \pm 0.0347e	12.423 \pm 0.0283e
Günlük maksimum üreme değeri, λ	1.0157 \pm 0.000052j	1.0218 \pm 0.000050h	1.0300 \pm 0.000077g	1.0532 \pm 0.000140f	1.0574 \pm 0.000133e
N	54	54	50	31	51
	Sıcaklıklar				
	24 °C	26 °C	28 °C	30 °C	32 °C
Kalıtısal üreme yeteneği, r_m	0.068 \pm 0.000113d	0.120 \pm 0.000133 c	0.142 \pm 0.000128 a	0.132 \pm 0.000263 b	0.021 \pm 0.000261i
Pseudo- r_{mij}	0.0684 \pm 0.00431b	0.1209 \pm 0.00652a	0.1419 \pm 0.00757a	0.1336 \pm 0.01050a	0.0235 \pm 0.01300cde
Net üreme gücü, R_0	49.525 \pm 0.313e	56.883 \pm 0.237b	80.944 \pm 0.313a	31.149 \pm 0.198f	1.882 \pm 0.0140j
Ortalama döl süresi, T_0	57.570 \pm 0.0354f	33.805 \pm 0.0087g	30.862 \pm 0.0112h	25.978 \pm 0.0089i	30.775 \pm 0.0138h
Toplam üreme oranı, GRR	166.180 \pm 0.582e	177.799 \pm 0.138d	303.751 \pm 0.435a	105.660 \pm 0.254f	12.622 \pm 0.0420j
Popülasyonun ikiye katlanma süresi, T_2	10.228 \pm 0.0173f	5.800 \pm 0.0065g	4.869 \pm 0.0044h	5.239 \pm 0.0106gh	34.167 \pm 0.574b
Günlük maksimum üreme değeri, λ	1.0701 \pm 0.000121d	1.1270 \pm 0.000150c	1.1530 \pm 0.000148a	1.1415 \pm 0.000300b	1.0207 \pm 0.000265i
N	39	50	60	41	51

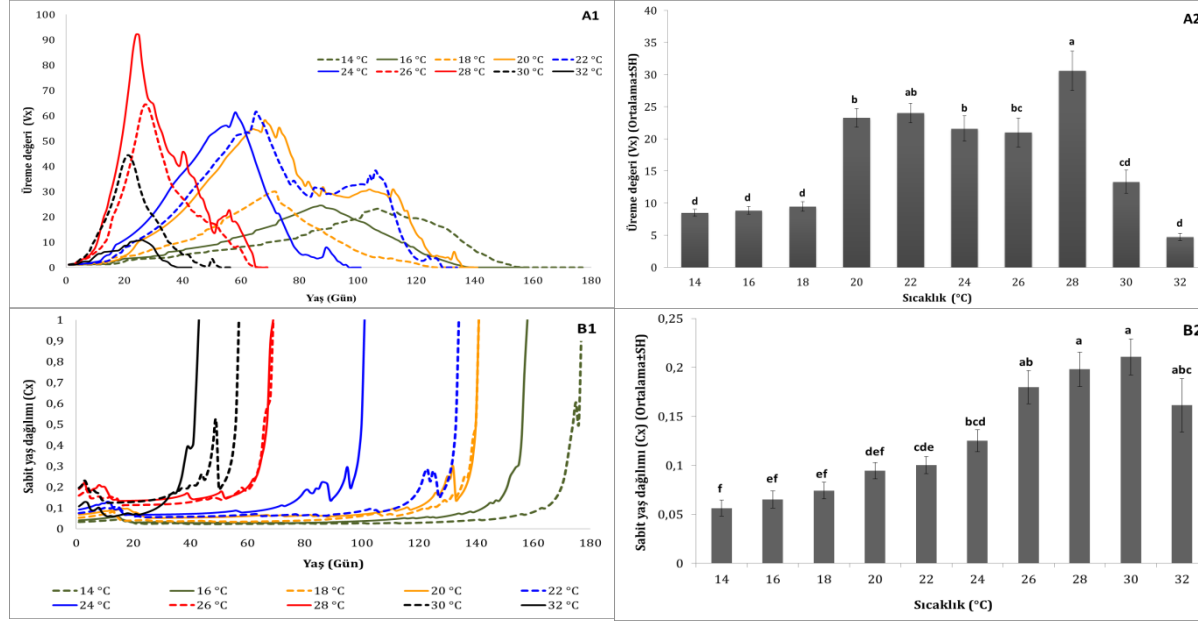
*Aynı satır ve aynı parametredeki farklı harfler Tukey çoklu karşılaştırma testine göre istatistiksel bir farkın olduğunu göstermektedir ($P \leq 0.001$).

Farklı sıcaklıkların *Rhyzobius lophanthae*'nin bazı biyolojik üzerine etkileri



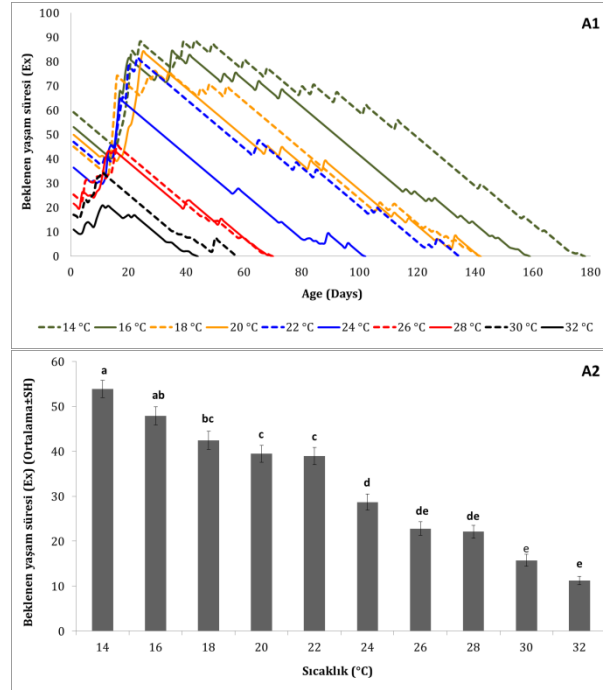
Şekil 2. Canlı kalma oranı (l_x) (A1, A2), Doğurganlık oranı (m_x) (B1, B2) (Yukarıdan aşağıya). Farklı sütunlardaki farklı harfler Tukey'e göre istatistiksel bir farkın olduğunu göstermektedir.

Figure 2. Age-related survival rate (l_x) (A1, A2), Fertility rate (m_x) (B1, B2) (from top to bottom). Different letters in different columns indicate a significant statistical difference according to the Tukey multiple comparison test.



Şekil 3. Üreme değeri (V_x) (A1, A2), Sabit yaş dağılımı (C_x) (B1, B2) (Yukarıdan aşağıya). Farklı sütunlardaki farklı harfler Tukey'e göre istatistiksel bir farkın olduğunu göstermektedir.

Figure 3. Reproductive value (V_x) (A1, A2), Stable age distribution (C_x) (B1, B2) (from top to bottom). Different letters in different columns indicate a significant statistical difference according to the Tukey multiple comparison test.



Şekil 4. *Rhyzobius lophanthae*'nin beklenen yaşam süresi (E_x) (A1, A2). Farklı sütunlardaki farklı harfler Tukey'e göre istatistiksel bir farkın olduğunu göstermektedir.

Figure 4. Expected remaining lifetime of *Rhyzobius lophanthae* (E_x) (A1, A2). Different letters in different columns indicate a significant statistical difference according to Tukey.

Stathas (2000), *Aspidiotus nerii* üzerinde *R. lophanthae*'nin 25 °C'deki günlük yumurta sayısının 18 ile 24 arasında değiştiğini belirlemiş ve gelişim süresinin yumurtadan ergine kadar 24.82 gün olduğunu bildirmiştir. Nar et al. (2009), farklı sıcaklıklarda (15, 20, 25, 30 ve 35 °C) *A. nerii* üzerinde *R. lophanthae* üremesini incelemiş ve günlük yumurta sayısının sırasıyla 2.0, 7.0, 13.6, 7.1 ve 3.6 adet yumurta olduğunu hesaplamışlardır. Şimşek et al. (2016) *R. lophanthae*'nin 3 farklı besinde (*Aspidiotus nerii*, *Chrysomphalus dictyospermi*, *Aonidiella aurantii*) ve 26 °C'de gelişmelerini incelemiş ve elde ettikleri verilere göre günlük yumurta sayısının besine bağlı olarak sırasıyla 5.53, 5.16 ve 2.75 adet yumurta olduğunu belirtmişlerdir.

Stathas et al. (2005) 25 °C'de *A. nerii* üzerinde *R. lophanthae*'nin gelişmelerinin inceledikleri çalışmalarında kalıtsal üreme yeteneğini (r_m) 0.122 dişi/dişi/gün olarak belirlemişlerdir. Nar et al. (2009) *R. lophanthae*'nin farklı sıcaklıklardaki r_m değerlerinin sırasıyla 0.038, 0.091, 0.155, 0.127 ve 0.103 dişi/dişi/gün olduğunu bildirmişlerdir. Şimşek et al. (2016), 3 farklı besin üzerinde r_m değerlerinin sırasıyla 0.120, 0.061 ve 0.041 dişi/dişi/gün olarak hesaplamışlardır. Elde edilen veriler incelendiğinde kalıtsal üreme yeteneğinin (r_m) özellikle aynı besin ve aynı sıcaklık değerlerinde yapılan çalışmalarla benzer olduğu görülmektedir.

Stathas et al. (2005) *R. lophanthae*'nin net üreme gücünü (R_0) 346.2 dişi/dişi/döl olarak hesaplamışlardır. Nar et al. (2009), farklı sıcaklık derecelerinde *R. lophanthae* için ortaya çıkan R_0 değerlerinin sırasıyla 82.5, 157.4, 217.8, 127.5 ve 53.3 dişi/dişi/döl olduğunu belirtmişlerdir. Şimşek et al. (2016) farklı besinler üzerinde beslenen *R. lophanthae*'nin R_0 değerlerini sırasıyla 36.027, 12.520 ve 6.600 dişi/dişi/döl olarak bulmuşlardır. Çalışmamızda elde edilen net üreme gücü değerinin Şimşek et al. (2016) ve diğer iki çalışmaya göre daha düşük olduğu görülmektedir.

Nar et al. (2009) farklı sıcaklıklarda *R. lophanthae*'nin ortalama döl sürelerini (T_0) hesaplamış ve bu değerlerin sırasıyla 115.8, 55.6, 34.7, 38.2 ve 37.1 gün olduğunu belirtmişlerdir. Şimşek et al. (2016) 26 °C'de üç farklı av üzerinde beslenen *R. lophanthae*'nin T_0 değerlerinin sırasıyla 30.005, 41.151 ve 45.826 gün olduğunu hesaplamışlardır. Elde edilen veriler incelendiğinde ortalama döl sürelerinin yapılan çalışmalarla (özellikle aynı sıcaklık değerlerinde) yakın olduğu görülmektedir.

Şimşek et al. (2016) *R. lophanthae*'nin 26 °C'de farklı besinler üzerinde toplam üreme oranlarını (GRR) sırasıyla 125.542, 65.111 ve 41.369 yumurta/dişi olarak hesaplamışlardır. Çalışmamızda elde edilen değer aynı besin ile karşılaştırıldığında Şimşek et al. (2016)'dan daha yüksek olduğu gözlenmiştir.

Stathas et al. (2005) *R. lophanthae* için popülasyonun iki katına çıkma süresinin (T_2) 25 °C'de 5.7 gün olduğunu belirtmişlerdir. Nar et al. (2009) *R. lophanthae*'nin farklı sıcaklık derecelerindeki T_2 değerlerinin sırasıyla 18.19, 7.62, 4.47, 5.45 ve 6.47 gün olduğunu bildirmişlerdir. Şimşek et al. (2016) farklı besinler üzerinde *R. lophanthae* için popülasyonun ikiye katlanma süresinin sırasıyla 5.803, 11.286 ve 16.832 gün olduğunu hesaplamışlardır. Elde edilen verilerin Stathas et al. (2005) ve Şimşek et al. (2016) ile yakın olduğu gözlenirken, bu değer Nar et al. (2009)'dan daha yüksek olduğu belirlenmiştir.

Stathas et al. (2005) *R. lophanthae*'nin 25 °C'deki artış oranının sınırını (λ) 1.13 birey/dişi/gün olarak hesaplamışlardır. Nar et al. (2009) farklı sıcaklıklardaki artış oranı sınırının sırasıyla 1.038, 1.095, 1.167, 1.135 ve 1.113 birey/dişi/gün olarak hesaplarlarken, Şimşek et al. (2016) 26 °C'de farklı besinler üzerinde beslenen *R. lophanthae* için bu değer sırasıyla 1.127, 1.063 ve 1.042 birey/dişi/gün olduğunu belirtmişlerdir. Elde edilen sonuçlarla yapılan çalışmalar karşılaştırıldığında değerlerin yakın olduğu görülmektedir.

Çalışmada ana materyal olan *R. lophanthae*'nin kitle üretiminin yapılın zararlılarla savaşında kullanılması, çevre ve insan sağlığını olumsuz etkilemek istemeyen üreticiler için alternatif bir yöntem olacaktır. Yapılan bu çalışmada bu avcı böceğin en verimli olduğu sıcaklığın 28 °C olduğu belirlenmiştir. Elde edilen sonuçlara göre 28 ± 1 °C'de verdiği yumurta sayılarının maksimum seviyede olacağı ve yaşam çizelgesi parametrelerinin optimum düzeyde olacağı kanısına varılmıştır. Bu çalışma sayesinde avcı böceğin farklı sıcaklıkların yanında farklı nem koşullarının da denemelerinin gerçekleştirilmesi, elde edilen sonuçların avcının kitle üretimini yapmak isteyen araştırmacılara aktarılması, türün turuncuğil üretimi yapılan arazilerde korunması ve avcının kitle üretiminin yapılıp arazilere salınması açısından oldukça önemli olduğu düşüncesi ortaya çıkmaktadır.

Küresel ısınma terimi; atmosfer, okyanuslar ve kara parçaları yüzeyindeki sıcaklık değerlerinin yükselmesi olarak bilinmekte ve bazı araştırmacıların tahminlerine göre 2100 yılına kadar yüzey sıcaklığının 1.4-5.8 °C kadar artış göstereceği düşünülmektedir (Bale et al. 2002). Sıcaklığın artmasına paralel olarak mevsimsel değerlerin de değiştiği öngörülmektedir. Bunun sonucu olarak da bitkilerdeki tomurcukların açılması olaylarının her on yılda bir 5 gün daha erken meydana geldiği belirlenmiştir (Salinger et al. 2005; Houghton et al. 2001; Collins et al. 2007; Root et al. 2003). Ortam sıcaklığının değişmesi böcekleri oldukça yakından ilgilendirmektedir. Sıcaklık değerleri böceklerin davranışlarını, dağılımını, gelişimini ve üremelerini etkileyen en önemli çevresel faktörlerdendir. Bu nedenlerden dolayı küresel ısınma olayları en fazla böcekleri etkilemektedir (Harrington et al. 2001).

Ortam sıcaklığındaki yükselme sayesinde böceklerin gelişme hızları ve popülasyonları artış gösterecektir düşüncesi ortaya çıkmaktadır. Ancak bu durumun yararlı böcekler üzerinde etkili olacağı gibi zararlı böcekler üzerinde de etki göstereceği unutulmamalıdır. Bu sebeple özellikle böceklerin gelişmeleri üzerinde etkili olan sıcaklığın olumlu ya da olumsuz sonuçlarının araştırılmasında yarar olduğu bildirilmiştir (Ögür & Tuncer 2011). Yapılan bu çalışma sayesinde de, yeryüzünde oluşabilecek iklim değişikliklerinden söz konusu avcının nasıl etkilenebileceğinin de açıklanabileceği düşünülmektedir. Ayrıca yapılan çalışmalardan da anlaşıldığı üzere böceklerin ortam koşullarıyla ilişkileri hakkında daha detaylı çalışmalara ihtiyaç duyulduğu görülmektedir. Bu nedenle yapılan bu çalışmanın ilerleyen yıllarda böceklerin sıcaklıklarla ilişkileri hakkında çalışma yapmak isteyen araştırmacılara yardımcı olacağı düşünülmektedir.

Kaynaklar

- Alloush A.A., 2019. Developmental duration and predation rate of the coccidophagous coccinellid *Rhyzobius lophanthae* (Blaisdell) (Coleoptera: Coccinellidae) on *Aspidiotus nerii* Bouche. *Bulletin of Entomological Research*, 109(5): 612-616.
- Bale J.S., G.J. Masters, I.D. Hodkinson, C. Awmack, T.M. Bezemer, V.K. Brown, J. Butterfield, A. Buse, J.C. Coulson, J. Farrar, J.E.G. Good, R. Harrington, S. Hartley, T.H. Jones, R.L. Lindroth, M.C. Pres, I. Symrnioudis, A.D. Watt & J.B. Whittaker, 2002. Herbivory in global climate change research: direct effects of rising temperature on insect herbivores. *Global Change Biology*, 8: 1-16.
- Birch L.C., 1948. The intrinsic rate of natural increase of an insect population. *Journal of Animal Ecology*, 17: 15-26.
- Branco B., L. Dalmau, I. Borges & A.O. Soares, 2017. Life-history traits of the predator *Rhyzobius lophanthae* reared on the scale *Chrysomphalus dictyospermi*. *Bulletin Insectology*, 70(2): 231-235.
- Collins W., R. Colman, J. Haywood, R.R. Manning & P. Mote, 2007. The physical science behind climate change. *Scientific American*, 297(2): 64-73.
- DeBach P., 1969. Biological control of diaspine scale insect on citrus in California. Proceedings First International Citrus Symposium, March 16-26, Riverside, California, 2, 801-815.
- Erlor F. & I. Tunç, 2001. A Survey (1992-1996) of Natural Enemies of Diaspididae Species in Antalya, Turkey. *Phytoparasitica*, 29(4): 299-305.
- Gao G., S. Liu, L. Feng, Y. Wang & Z. Lu, 2020. Effect of temperature on predation by *Harmonia axyridis* (Pall.) (Coleoptera: Coccinellidae) on the walnut aphids *Chromaphis*

- juglandicola* Kalt. and *Panaphis juglandis* (Goeze). *Egyptian Journal of Biological Pest Control*, 30: 137.
- Harrington R., R.A. Fleming & P. Woiwod, 2001. Climate change impacts on insect management and conservation in temperate regions: can they be predicted?. *Agricultural and Forest Entomology*, 3: 233-240.
- Hodek I. & A. Honek, 1996. Ecology of Coccinellidae.- Kulver Academic Publisher, the Netherlands 464p.
- Houghton J.T., Y. Ding, D.J. Griggs, M. Noguer, P.J. van der Linden, X. Dai, K. Maskell & C.A. Johnson, 2001. *Climate Change 2001: the Scientific Basis*. Cambridge University Press, Cambridge, UK.
- Imura O., 1987. Demographic attributes of *Tribolium freeman* Hinton (Coleoptera: Tenebrionidae). *Applied Entomology and Zoology*, 22(4): 449-455.
- Kairo M.T.K. & S.T. Murphy, 1995. The life history of *Rodolia iceryae* Janson (Coleoptera: Coccinellidae) and the potential for use in inoculative releases against *Icerya pattersoni* Newstead (Homoptera: Margarodidae) on coffee. *Journal of Applied Entomology*, 119: 487-491.
- Kayahan A. & İ. Karaca, 2020. Development periods of immature stages of *Rhyzobius lophanthae* blaisdell (coleoptera: coccinellidae) at different temperatures. *Fresenius Environ Bulletin*, 29(09A): 8168-8192.
- Luhring T.M., J.M. Vavra, C.E. Cressler & J.P. Delong, 2019. Phenotypically plastic responses to predation risk are temperature dependent. *Oecologia*, 191: 709-719.
- Mellado J.J.S., 2011. Biological control of California red scale, *Aonidiella aurantii* (Hemiptera: Diaspididae): spatial and temporal distribution of natural enemies, parasitism levels and climate effects. PhD Thesis, Universitat Politècnica De Valencia, Instituto Agroforestal, Mediterráneo, 175p.
- Meyer J.S., C.G. Ingersoll, L.L. McDonald & M.S. Boyce, 1986. Estimating uncertainty in population growth rates: Jackknife vs. Bootstrap techniques. *Ecology*, 67: 1156-1166.
- Nar E., R. Ulusoy & İ. Karaca, 2009. Farklı sıcaklıkların avcı böcek, *Rhyzobius lophanthae* Blaisdell (Coleoptera: Coccinellidae)'nin gelişmesi üzerine etkisi. Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Dergisi, 4 (1): 59-74.
- Olkowski W., E. Dietrick & H. Olkowski, 1992. The biological control industry in United States. *IPM-Practitioner*, 14(3): 1-7.
- Ögür E. & C. Tuncer, 2011. Küresel ısınmanın böceklere etkisi. *Anadolu Tarım Bilimleri Dergisi*, 26(1): 83-90.
- Özgökçe M.S. & İ. Karaca, 2010. Yaşam Çizelgesi: Temel Prensipler ve Uygulamalar.- Türkiye Entomoloji Derneği I. Çalıştayı, Ekoloji Çalışma Grubu, Isparta.
- Özgökçe M.S. & R. Atlıhan, 2004. Biological features and life table parameters of mealy plum aphid, *Hyalopterus pruni* on Different Apricot Cultivars. *Phytoparasitica*, 33(1): 7-14.
- Root T.L., J.T. Price, K.R. Hall & S.H. Schneider, 2003. Fingerprints of global warming on wild animals and plants. *Nature*, 421: 57-60.
- Salinger M.J., M.V.K. Sivakumar & R. Motha, 2005. Reducing vulnerability of agriculture and forestry to climate variability and change. *Climatic Change*, 70(1/2): 341-342.
- Stathas G.J., 2000. *Rhyzobius lophanthae* prey consumption and fecundity. *Phytoparasitica*, 28(3): 203-211.
- Stathas G.J., P.A. Eliopoulos, D.C. Kontodimas & D.Th. Siamos, 2002. Adult morphology and life cycle under constant temperature of the predator *Rhyzobius lophanthae* Blaisdell (Col., Coccinellidae). *Journal of Pest Science*, 75: 105-109.
- Stathas G.J., D.C. Kontodimas, S.L. Bouras & L.P. Economou, 2005. Life table parameters of *Rhyzobius lophanthae* Blaisdell (Coleoptera: Coccinellidae). *Integrated Protection of Olive Crops, IOBC/WPRS Bulletin*, 28(9): 147-155.

- Şimşek B., İ. Karaca & A. Kayahan A, 2016. Determination of developmental and life table parameters of *Rhyzobius lophanthae* Blaisdell (Coleoptera: Coccinellidae) on three armored scale insects (Hemiptera: Diaspididae). *Redia XCIX*, 219-223.
- Uygun N. & E. Şekeroğlu, 1981. Yeni kurulan turunçgil bahçelerinde tüm savaş çalışmaları. *Çukurova Üniversitesi, Ziraat Fakültesi Yayınları*, Adana, No: 41, 13s.
- Uygun N. & İ. Karaca, 1998. Türkiye'de turunçgil zararlıları ve mücadelesi.- Türkiye II. Turunçgil Kongresi. Adana, 7 (22): 39-46.
- Uygun N., E. Şekeroğlu & İ. Karaca, 1987. Çukurova'da yeni kurulan bir turunçgil bahçesinde entegre savaş çalışmaları. Türkiye I. Entomoloji Kongresi Bildirileri, 12-14 Şubat, Adana, (3): 459-469.
- Yakhanttov V.V., 1966. Diapause in Coccinellidae of central Asia. In: Hodek, I. (Ed.) Ecology of Aphidophagous Insects. Academia, Prague and Dr.W. Junk, The Hague, 107-108.