



**T.C.
KAHRAMANMARAŞ SÜTÇÜ İMAM
ÜNİVERSİTESİ**

**BÖRÜLCE TOHUM BÖCEĞİ (*Callosobruchus
maculatus* FAB.)'NE KARŞI ORGANİK
BAKLAGİLLERİN HIZLI FUMİGASYONUNDA
YÜKSEK SICAKLIKLARDA DEĞİŞTİRİLMİŞ
ATMOSFER UYGULAMALARININ KULLANIMI**

**BİLİMSEL ARAŞTIRMA PROJELERİ
KOORDİNASYON BİRİMİ**

2023 KAHRAMANMARAŞ

**BÖRÜLCE TOHUM BÖCEĞİ (*Callosobruchus maculatus*
FAB.)'NE KARŞI ORGANİK BAKLAGİLLERİN HIZLI
FUMIGASYONUNDA YÜKSEK SICAKLIKLARDA
DEĞİŞTİRİLMİŞ ATMOSFER UYGULAMALARININ
KULLANIMI**

Proje No: 2020/6-21 M

**Prof. Ali Arda IŞIKBER
Dr. Hüseyin BOZKURT**

2023 KAHRAMANMARAŞ

ÖNSÖZ

Bu çalışmada özellikle organik bakliyat işletmelerinde karşılaşılan en önemli problemlerden birisi olan *Callosobruchus maculatus* Fab. (Börülce tohum böceği)' un tüm biyolojik dönemleri (yumurta, larva, pupa ve ergin) kontrolünde yüksek sıcaklıklarda CO₂ ve N₂ gazlarının kullanım olanaklarının belirlenmesi, farklı gaz konsantrasyonlarının, farklı sıcaklık koşullarında *C. maculatus*' un tüm biyolojik dönemleri (yumurta, larva, pupa ve ergin) üzerinde etkinliğinin belirlenmesi, laboratuvar koşullarında elde edilen sonuçların organik nohutlarda ticari koşullarda kullanım imkanlarının belirlenmesi amaçlanmıştır. Bu bağlamda yürütülen çalışmada; dünya bakliyat piyasasında önemli bir yer tutan ülkemizdeki bakliyat işletmelerinde ciddi bir problem teşkil eden *C. maculatus*' un mücadelesinde, farklı biyotik (böcek dönemleri) ve abiyotik (sıcaklık, gaz konsantrasyonları, maruz kalma süresi) faktörlerin etkileri de göz önüne alınarak CO₂ ve N₂ gazları için etkin ve hızlı bir fumigasyon protokolü geliştirmeyi amaçlanmıştır.

Münferit projenin yürütülmesi esnasında biyolojik test düzeneğinin hazırlanmasında katkıda bulunan ve böcek kültürlerinin temin edilmesinde yardımcı olan Sayın Prof. Dr. Özgür SAĞLAM'a, teşekkürlerimizi sunarız. Münferit projenin yürütülmesi esnasında böcek kültürlerinin hazırlanmasında ve biyolojik testlerin hazırlanmasına katkıda bulunan doktora öğrencisi Songül HENTEŞ ve Yüksek Ziraat Mühendisi Büşra TÜREMEN'e teşekkürlerimizi sunarız.

Bu bilimsel araştırma projesi Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi tarafından proje numarası 2020/6-21M ile desteklenmiştir. Destekleri için Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Rektörlüğü Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimine teşekkür ederiz.

Projenin başlama tarihi 04/09/2020 ve bitiş tarihi 15./05/2023'tür.

Proje Yürütücüsü
Prof.Dr. Ali Arda IŞIKBER

İÇİNDEKİLER

ÖNSÖZ.....	i
İÇİNDEKİLER	ii
TABLolar DİZİNİ	v
ŞEKİLLER DİZİNİ	vvii
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ	ix
ÖZET	x
ABSTRACT	xi
1. GİRİŞ	1
2. MATERYAL VE METOT	4
2.1. Materyal.....	4
2.1.1. Test Böceği	4
2.1.2. Değiştirilmiş Atmosfer Uygulamalarında Kullanılan Fumigasyon Çemberi	4
2.1.3. Biyolojik Testlerde Ve Böcek Kültürlerinde Kullanılan Nohut Çeşidi	5
2.1.4. Değiştirilmiş Atmosfer Uygulamalarında Kullanılan Gaz Karışımları	6
2.1.5. Biyolojik Testlerde Kullanılan Gaz Ölçüm Cihazı	7
2.2. Metot	7
2.2.1. Denemelerde Kullanılan <i>Callosobruchus maculatus</i> Kültürünün Yapılması.....	7
2.2.2. Değiştirilmiş Atmosfer Uygulamalarına İlişkin Yürütülen Biyolojik Testler	8
2.2.3. <i>Callosobruchus maculatus</i> 'un Tüm Biyolojik Dönemlerine (Yumurta, Olgun Larva, Pupa Ve Ergin) Karşı Kullanılan Gaz Karışımları Ve Maruz Kalma Süreleri	13
2.2.4. Ürünlü Ortamda Yürütülen Yarı-Ticari Değiştirilmiş Atmosfer Uygulamaları	15
2.2.5. Verilerin Değerlendirilmesi ve İstatistiksel Analizler.....	17
3. ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA.....	19
3.1. Araştırma Bulguları	19
3.1.1. Düşük Oksijen (%0-1 O ₂) Uygulaması (A1).....	19
3.1.1.1. 30°C Sıcaklıkta Düşük Oksijen Gazı (A1) uygulamasına Maruz Bırakılan <i>Callosobruchus maculatus</i> ' un Tüm Biyolojik Dönemlerine (Yumurta, Olgun Larva, Pupa ve Ergin) Ait Lethal Süre Sonuçları.....	19
3.1.1.2. 35°C Sıcaklıkta Düşük Oksijen Gazı (A1) Uygulamasına Maruz Bırakılan <i>Callosobruchus maculatus</i> ' un Tüm Biyolojik Dönemlerine (Yumurta, Olgun Larva, Pupa Ve Ergin) Ait Lethal Süre Sonuçları.....	21
3.1.1.3. 40°C Sıcaklıkta Düşük Oksijen Gazı (A1) Uygulamasına Maruz Bırakılan <i>Callosobruchus maculatus</i> ' un Tüm Biyolojik Dönemlerine (Yumurta, Olgun Larva, Pupa Ve Ergin) Ait Lethal Süre Sonuçları	23
3.1.1.4. Farklı Sıcaklıklardaki A1 Gaz Uygulamasına Maruz Bırakılan <i>Callosobruchus maculatus</i> ' un Her Bir Biyolojik Dönemine Ait LT ₅₀ Değerlerin Kıyaslanması	25
3.1.2. Yüksek Karbondioksit (%99.9 CO ₂) Uygulaması (A2)	26
3.1.2.1. 30°C Sıcaklıkta Yüksek Karbondioksit Uygulamasına (A2) Maruz Bırakılan <i>Callosobruchus maculatus</i> ' un Tüm Biyolojik Dönemlerine (Yumurta, Olgun Larva, Pupa ve Ergin) Ait Lethal Süre Sonuçları.....	26

3.1.2.2.	35°C Sıcaklıkta Yüksek Karbondioksit Uygulamasına (A2) Maruz Bırakılan <i>Callosobruchus maculatus</i> ' un Tüm Biyolojik Dönemlerine (Yumurta, Olgun Larva, Pupa ve Ergin) Ait Lethal Süre Sonuçları.....	29
3.1.2.3.	40°C Sıcaklıkta Yüksek Karbondioksit Uygulamasına (A2) Maruz Bırakılan <i>Callosobruchus maculatus</i> ' un Tüm Biyolojik Dönemlerine (Yumurta, Olgun Larva, Pupa ve Ergin) Ait Lethal Süre Sonuçları.....	31
3.1.2.4.	A2 Gaz Uygulamasına Maruz Bırakılan <i>Callosobruchus maculatus</i> ' un Her Bir Biyolojik Dönemine Ait Farklı Sıcaklıklardaki LT ₅₀ Değerlerin Kıyaslanması.....	33
3.1.3.	A3 Gaz Karışım (%75 Karbondioksit (CO ₂) + %5 Oksijen (O ₂) + %20 Nitrojen (N ₂)) Uygulaması.....	34
3.1.3.1.	30°C Sıcaklıkta A3 Gaz Karışım Uygulamasına Maruz Bırakılan <i>Callosobruchus maculatus</i> ' un Tüm Biyolojik Dönemlerine (Yumurta, Olgun Larva, Pupa ve Ergin) Ait Lethal Süre Sonuçları	34
3.1.3.2.	35°C Sıcaklıkta A3 Gaz Karışım Uygulamasına Maruz Bırakılan <i>Callosobruchus maculatus</i> ' un Tüm Biyolojik Dönemlerine (Yumurta, Olgun Larva, Pupa ve Ergin) Ait Lethal Süre Sonuçları	37
3.1.3.3.	40°C Sıcaklıkta A3 Gaz Karışım Uygulamasına Maruz Bırakılan <i>Callosobruchus maculatus</i> ' un Tüm Biyolojik Dönemlerine (Yumurta, Olgun Larva, Pupa ve Ergin) Ait Lethal Süre Sonuçları	39
3.1.3.4.	A3 Gaz Uygulamasına Maruz Bırakılan <i>Callosobruchus maculatus</i> ' un Her Bir Biyolojik Dönemine Ait Farklı Sıcaklıklardaki LT ₅₀ Değerlerin Kıyaslanması.....	41
3.1.4.	A4 Gaz Karışım (%3-4 Oksijen (O ₂) +%96-97 Nitrojen (N ₂)) Uygulaması.....	42
3.1.4.1.	30°C Sıcaklıkta A4 Gaz Karışım Uygulamasına Maruz Bırakılan <i>Callosobruchus maculatus</i> ' un Tüm Biyolojik Dönemlerine (Yumurta, Olgun Larva, Pupa ve Ergin) Ait Lethal Süre Sonuçları	42
3.1.4.2.	35°C Sıcaklıkta A4 Gaz Karışım Uygulamasına Maruz Bırakılan <i>Callosobruchus maculatus</i> ' un Tüm Biyolojik Dönemlerine (Yumurta, Olgun Larva, Pupa ve Ergin) Ait Lethal Süre Sonuçları	45
3.1.4.3.	40°C Sıcaklıkta A4 Gaz Karışım Uygulamasına Maruz Bırakılan <i>Callosobruchus maculatus</i> ' un Tüm Biyolojik Dönemlerine (Yumurta, Olgun Larva, Pupa ve Ergin) Ait Lethal Süre Sonuçları	47
3.1.4.4.	A4 Gaz Uygulamasına Maruz Bırakılan <i>Callosobruchus maculatus</i> ' un Her Bir Biyolojik Dönemine Ait Farklı Sıcaklıklardaki LT ₅₀ Değerlerin Kıyaslanması.....	49
3.1.5.	Farklı Sıcaklıklarda Gaz Karışımı Uygulamaların (A1, A2, A3 ve A4) <i>Callosobruchus maculatus</i> ' un Her Bir Biyolojik Dönemine Karşı Etkinliklerinin Kıyaslanması	50
3.1.5.1.	30 °C Sıcaklıkta Gaz Karışımı Uygulamalarına (A1, A2, A3 ve A4) Maruz Bırakılan <i>Callosobruchus maculatus</i> ' un Her Bir Biyolojik Dönemine Ait LT ₅₀ Değerlerin Kıyaslanması	50
3.1.5.2.	35 °C Sıcaklıkta Gaz Karışımı Uygulamalarına (A1, A2, A3 ve A4) Maruz Bırakılan <i>Callosobruchus maculatus</i> ' un Her Bir Biyolojik Dönemine Ait LT ₅₀ Değerlerin Kıyaslanması	53
3.1.5.3.	40 °C Sıcaklıkta Gaz Karışımı Uygulamalarına (A1, A2, A3 ve A4) Maruz Bırakılan <i>Callosobruchus maculatus</i> ' un Her Bir Biyolojik Dönemine Ait LT ₅₀ Değerlerin Kıyaslanması	55

3.1.6.	A1 ve A2 Gaz Karışımına Maruz Kalan <i>Callosobruchus maculatus</i> 'un Farklı Biyolojik Dönemlerin (Yumurta, Olgun Larva Ve Pupa) Fiziksel Değişimleri	57
3.1.7.	Üç Farklı Sıcaklıkta <i>Callosobruchus maculatus</i> ' un Tüm Biyolojik Dönemlerine (Yumurta, Olgun Larva, Pupa ve Ergin) Karşı Mücadelesinde Farklı Değiştirilmiş Atmosfer Uygulamaları İçin Geliştirilen Fumigasyon Protokollerinin Kontrollü Koşullarda ve Ürünlü Ortamda Yarı-Ticari Uygulamaları	59
3.1.7.1.	Üç Farklı Sıcaklıkta Düşük Oksijen ($O_2 < \%3$) Gaz Karışımın Kontrollü Koşullarında ve Ürünlü Ortamda Yarı-Ticari Uygulamaların <i>Callosobruchus maculatus</i> ' un Tüm Biyolojik Dönemlerine (Yumurta, Olgun Larva, Pupa ve Ergin) Karşı Etkinlikleri	60
3.1.7.2.	Üç Farklı Sıcaklıkta Yüksek Karbondioksit ($CO_2 > \%93$) Gaz Karışımın Kontrollü Koşullarında ve Ürünlü Ortamda Yarı-Ticari Uygulamaların <i>Callosobruchus maculatus</i> ' un Tüm Biyolojik Dönemlerine (Yumurta, Olgun Larva, Pupa ve Ergin) Karşı Etkinlikleri	66
3.1.	Tartışma	72
SONUÇLAR VE ÖNERİLER		82
KAYNAKLAR.....		84

TABLolar DİZİNİ

Tablo 2-1	Değiştirilmiş atmosfer uygulamalarında kullanılan gaz karışımları.....	6
Tablo 2-2	Üç farklı sıcaklıkta <i>Callosobruchus maculatus</i> ' un tüm biyolojik dönemlerine (yumurta, olgun larva, pupa ve ergin) karşı farklı gaz karışımı uygulamalarında (A1 ve A2) kullanılan maruz bırakma süreleri (saat).....	14
Tablo 2-3	Üç farklı sıcaklıkta <i>Callosobruchus maculatus</i> ' un tüm biyolojik dönemlerine (yumurta, olgun larva, pupa ve ergin) karşı farklı gaz karışımı uygulamalarında (A3 ve A4) kullanılan maruz bırakma süreleri (saat).....	14
Tablo 3-1	30°C sıcaklıkta A1 gaz uygulamasına maruz bırakılan <i>Callosobruchus maculatus</i> ' un tüm biyolojik dönemlerine (yumurta, olgun larva, pupa ve ergin) ait LT ₅₀ ve LT ₉₉ değerleri ve probit analiz parametreleri.....	20
Tablo 3-2	35°C sıcaklıkta A1 gaz uygulamasına maruz bırakılan <i>Callosobruchus maculatus</i> ' un tüm biyolojik dönemlerine (yumurta, olgun larva, pupa ve ergin) ait LT ₅₀ ve LT ₉₉ değerleri ve probit analizi parametreleri	22
Tablo 3-3	40°C sıcaklıkta A1 gaz uygulamasına maruz bırakılan <i>Callosobruchus maculatus</i> ' un tüm biyolojik dönemlerine (yumurta, olgun larva, pupa ve ergin) ait LT ₅₀ ve LT ₉₉ değerleri ve probit analizi parametreleri	24
Tablo 3-4	30°C sıcaklıkta A2 gaz uygulamasına maruz bırakılan <i>Callosobruchus maculatus</i> ' un tüm biyolojik dönemlerine (yumurta, olgun larva, pupa ve ergin) ait LT ₅₀ ve LT ₉₉ değerleri ve probit analizi parametreleri	28
Tablo 3-5	35°C sıcaklıkta A2 gaz uygulamasına maruz bırakılan <i>Callosobruchus maculatus</i> ' un tüm biyolojik dönemlerine (yumurta, olgun larva, pupa ve ergin) ait LT ₅₀ ve LT ₉₉ değerleri ve probit analizi parametreleri	30
Tablo 3-6	40°C sıcaklıkta A2 gaz uygulamasına maruz bırakılan <i>Callosobruchus maculatus</i> ' un tüm biyolojik dönemlerine (yumurta, olgun larva, pupa ve ergin) ait LT ₅₀ ve LT ₉₉ değerleri ve probit analizi parametreleri	32
Tablo 3-7	30°C sıcaklıkta A2 gaz uygulamasına maruz bırakılan <i>Callosobruchus maculatus</i> ' un tüm biyolojik dönemlerine (yumurta, olgun larva, pupa ve ergin) ait LT ₅₀ ve LT ₉₉ değerleri ve probit analizi parametreleri	36
Tablo 3-8	35°C sıcaklıkta A3 gaz uygulamasına maruz bırakılan <i>Callosobruchus maculatus</i> ' un tüm biyolojik dönemlerine (yumurta, olgun larva, pupa ve ergin) ait LT ₅₀ ve LT ₉₉ değerleri ve probit analizi parametreleri	38
Tablo 3-9	40°C sıcaklıkta A3 gaz uygulamasına maruz bırakılan <i>Callosobruchus maculatus</i> ' un tüm biyolojik dönemlerine (yumurta, olgun larva, pupa ve ergin) ait LT ₅₀ ve LT ₉₉ değerleri ve probit analizi parametreleri	40
Tablo 3-10	30°C sıcaklıkta A4 gaz uygulamasına maruz bırakılan <i>Callosobruchus maculatus</i> ' un tüm biyolojik dönemlerine (yumurta, olgun larva, pupa ve ergin) ait LT ₅₀ ve LT ₉₉ değerleri ve probit analizi parametreleri	44
Tablo 3-11	35°C sıcaklıkta A4 gaz uygulamasına maruz bırakılan <i>Callosobruchus maculatus</i> ' un tüm biyolojik dönemlerine (yumurta, olgun larva, pupa ve ergin) ait LT ₅₀ ve LT ₉₉ değerleri ve probit analizi parametreleri	46
Tablo 3-12	40°C sıcaklıkta A4 gaz uygulamasına maruz bırakılan <i>Callosobruchus maculatus</i> ' un tüm biyolojik dönemlerine (yumurta, olgun larva, pupa ve ergin) ait LT ₅₀ ve LT ₉₉ değerleri ve probit analizi parametreleri	48

Tablo 3-13	Ürünün üst ve alt kısmına yerleştirilen <i>Callosobruchus maculatus</i> ' un tüm biyolojik dönemlerine (yumurta, olgun larva, pupa ve ergin) karşı her dönem için laboratuvar çalışmalarıyla tespit edilen LT ₉₉ değerlerin alt-üst güven aralığına ait maruz bırakma sürelerinde düşük oksijen (O ₂ < %3) uygulayarak 30°C sıcaklıkta yürütülen yarı-ticari testler sonucunda elde edilen ölüm oranları (%).....	61
Tablo 3-14	Ürünün üst ve alt kısmına yerleştirilen <i>Callosobruchus maculatus</i> ' un tüm biyolojik dönemlerine (yumurta, olgun larva, pupa ve ergin) karşı her dönem için laboratuvar çalışmalarıyla tespit edilen LT ₉₉ değerlerin alt-üst güven aralığına ait maruz bırakma sürelerinde düşük oksijen (O ₂ < %3) uygulayarak 35°C sıcaklıkta yürütülen yarı-ticari testler sonucunda elde edilen ölüm oranları (%).....	63
Tablo 3-15	Ürünün üst ve alt kısmına yerleştirilen <i>Callosobruchus maculatus</i> ' un tüm biyolojik dönemlerine (yumurta, olgun larva, pupa ve ergin) karşı her dönem için laboratuvar çalışmalarıyla tespit edilen LT ₉₉ değerlerin alt-üst güven aralığına ait maruz bırakma sürelerinde düşük oksijen (O ₂ < %3) uygulayarak 40°C sıcaklıkta yürütülen yarı-ticari testler sonucunda elde edilen ölüm oranları (%).....	65
Tablo 3-16	Ürünün üst ve alt kısmına yerleştirilen <i>Callosobruchus maculatus</i> ' un tüm biyolojik dönemlerine (yumurta, olgun larva, pupa ve ergin) karşı her dönem için laboratuvar çalışmalarıyla tespit edilen LT ₉₉ değerlerin alt-üst güven aralığına ait maruz bırakma sürelerinde yüksek karbondioksit (CO ₂ > %93) uygulayarak 30°C sıcaklıkta yürütülen yarı-ticari testler sonucunda elde edilen ölüm oranları (%).....	67
Tablo 3-17	Ürünün üst ve alt kısmına yerleştirilen <i>Callosobruchus maculatus</i> ' un tüm biyolojik dönemlerine (yumurta, olgun larva, pupa ve ergin) karşı her dönem için laboratuvar çalışmalarıyla tespit edilen LT ₉₉ değerlerin alt-üst güven aralığına ait maruz bırakma sürelerinde yüksek karbondioksit (CO ₂ > %93) uygulayarak 35°C sıcaklıkta yürütülen yarı-ticari testler sonucunda elde edilen ölüm oranları (%).....	69
Tablo 3-18	Ürünün üst ve alt kısmına yerleştirilen <i>Callosobruchus maculatus</i> ' un tüm biyolojik dönemlerine (yumurta, olgun larva, pupa ve ergin) karşı her dönem için laboratuvar çalışmalarıyla tespit edilen LT ₉₉ değerlerin alt-üst güven aralığına ait maruz bırakma sürelerinde yüksek karbondioksit (CO ₂ > %93) uygulayarak 40°C sıcaklıkta yürütülen yarı-ticari testler sonucunda elde edilen ölüm oranları (%).....	71

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 2-1	<i>Callosobruchus maculatus</i> ' un hayat döngüsü; A: Yumurta dönemi, B: Olgun larva dönemi, C: Pupa dönemi, D: Ergin dönemi	4
Şekil 2-2	Denemelerde kullanılan fumigasyon çemberinin görünüşü.....	5
Şekil 2-3	Biyolojik testlerde ve böcek kültüründe kullanılan nohut çeşidi.....	6
Şekil 2-4	Biyolojik testlerde kullanılan gaz karışımı tüpleri.....	6
Şekil 2-5	Biyolojik testlerde kullanılan CO ₂ /O ₂ gaz ölçüm cihazı (A ve B).....	7
Şekil 2-6	Böcek kültürlerinin tutulduğu soğutmalı inkübatör (A) ve böcek kültür kavanozları (B).....	8
Şekil 2-7	<i>Callosobruchus maculatus</i> 'un canlı yumurta dönemleri (A ve B)	9
Şekil 2-8	Deneme hazırlığı için seçilmiş <i>Callosobruchus maculatus</i> ile bulaşık daneler (A), ağızları tül ile kaplı ve <i>Callosobruchus maculatus</i> ile bulaşık daneleri içeren uygulama şişelerinin hazırlık evresi (B).....	10
Şekil 2-9	Uygulama sonrası nohut daneleri kırıldıktan sonra canlı-ölü olgun larva ve pupaların sayım evresi (A), deneme sonrası ergin bireylerin nohut danesinden çıkış takibi (B).....	11
Şekil 2-10	Biyolojik testlerde ortam bağıl nemi için kullanılan tuz solüsyonu (A), su ile doyurulmuş tuz solüsyonunun deneme kavanozuna uygulanması (B)	12
Şekil 2-11	Böcek kültürlerinin tutulduğu soğutmalı inkübatör (A) ve böcek kültür kavanozları (B).....	12
Şekil 2-12	Uygulama kavanozu içerisindeki CO ₂ /O ₂ gaz konsantrasyonunun ölçümü (A), denemelerde kullanılan sıcaklık ve nem ölçüm cihazı (B)	13
Şekil 2-13	Yarı-ticari denemelerde kullanılan vakum torbalarının boş hacim sızdırmazlık testi (A); Vakum torbalarının içerisindeki havanın çekilerek vakumlama işleminin yapılması (B); Böcek dönemleri ile bulaşık nohut danelerini içeren ağız tülle kapatılmış cam şişelerin vakum torbası içerisindeki nohudun alt ve üst kısmına yerleştirilmesi (C ve D)	16
Şekil 2-14	Vakumlanmış uygulama torbası (A); Vakumlanmış uygulama torbasına gaz karışımlarının sirküle edilerek verilmesi ve ortamdaki CO ₂ /O ₂ gaz konsantrasyonlarının ölçülmesi (B ve C); Gaz karışımı uygulaması yapılan ve gaz uygulaması yapılmayan (kontrol uygulaması) vakum torbaların soğutmalı inkübatör ortamında tutulması (D).....	17
Şekil 3-1	Farklı sıcaklıklarda A1 gaz uygulamasına maruz bırakılan <i>Callosobruchus maculatus</i> ' un tüm biyolojik dönemlerine (yumurta, olgun larva, pupa ve ergin) ait LT ₅₀ değeri ve bu değerin alt ve üst güven aralıklarının hata farkları (*LT ₅₀ değerinin alt ve üst güven aralıklarının hata farkını göstermektedir)	26
Şekil 3-2	Farklı sıcaklıklarda A2 gaz uygulamasına maruz bırakılan <i>Callosobruchus maculatus</i> ' un tüm biyolojik dönemlerine (yumurta, olgun larva, pupa ve ergin) ait LT ₅₀ değeri ve bu değerin alt ve üst güven aralıklarının hata farkları (*LT ₅₀ değerinin alt ve üst güven aralıklarının hata farkını göstermektedir)	34
Şekil 3-3	Farklı sıcaklıklarda A3 gaz uygulamasına maruz bırakılan <i>Callosobruchus maculatus</i> ' un tüm biyolojik dönemlerine (yumurta, olgun larva, pupa ve ergin) ait LT ₅₀ değeri ve bu değerin alt ve üst güven aralıklarının hata farkları (*LT ₅₀ değerinin alt ve üst güven aralıklarının hata farkını göstermektedir)	42
Şekil 3-4	Farklı sıcaklıklarda A4 gaz uygulamasına maruz bırakılan <i>Callosobruchus maculatus</i> ' un tüm biyolojik dönemlerine (yumurta, olgun larva, pupa ve ergin) ait LT ₅₀ değeri ve bu değerin alt ve üst güven aralıklarının hata farkları (*LT ₅₀ değerinin alt ve üst güven aralıklarının hata farkını göstermektedir)	50

Şekil 3-5	30 °C sıcaklıkta gaz karışımı uygulamalarına (A1, A2, A3 ve A4) maruz bırakılan <i>Callosobruchus maculatus</i> ' un tüm biyolojik dönemlerine (yumurta, olgun larva, pupa ve ergin) ait LT ₅₀ değeri ve bu değerin alt ve üst güven aralıklarının hata farkları (*LT ₅₀ değerinin alt ve üst güven aralıklarının hata farkını göstermektedir).....	52
Şekil 3-6	35 °C sıcaklıkta gaz karışımı uygulamalarına (A1, A2, A3 ve A4) maruz bırakılan <i>Callosobruchus maculatus</i> ' un tüm biyolojik dönemlerine (yumurta, olgun larva, pupa ve ergin) ait LT ₅₀ değerleri ve bu değerlerin alt ve üst güven aralıklarının hata farkları (* LT ₅₀ değerinin alt ve üst güven aralıklarının hata farkını göstermektedir).....	54
Şekil 3-7	40 °C sıcaklıkta gaz karışımı uygulamalarına (A1, A2, A3 ve A4) maruz bırakılan <i>Callosobruchus maculatus</i> ' un tüm biyolojik dönemlerine (yumurta, olgun larva, pupa ve ergin) ait LT ₅₀ değerleri ve bu değerlerin alt ve üst güven aralıklarının hata farkları (*LT ₅₀ değerinin alt ve üst güven aralıklarının hata farkını göstermektedir).....	56
Şekil 3-8	A1 gazına maruz kalmış yumurta dönemi (A), kontrol uygulamasındaki yumurta döneminin doğal ölümü (B), sağlıklı yumurta dönemi (C), A1 gazına maruz kalmış olgun larva dönemi (D), kontrol uygulamasındaki olgun larva döneminin doğal ölümü (E), sağlıklı olgun larva dönemi (F), A1 gazına maruz kalmış pupa dönemi (G), kontrol uygulamasındaki pupa döneminin doğal ölümü (H), sağlıklı pupa dönemi (I).....	58
Şekil 3-9	A2 gazına maruz kalmış yumurta dönemi (A), kontrol uygulamasındaki yumurta döneminin doğal ölümü (B), sağlıklı yumurta dönemi (C), A2 gazına maruz kalmış olgun larva dönemi (D), kontrol uygulamasındaki olgun larva döneminin doğal ölümü (E), sağlıklı olgun larva dönemi (F), A2 gazına maruz kalmış pupa dönemi (G), kontrol uygulamasındaki pupa döneminin doğal ölümü (H), sağlıklı pupa dönemi (I).....	59

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

%	:Yüzde
°C	:Santigrat derece
ark.	:Arkadaşları
FAO	:Food and Agriculture Organization
l	:Litre
cm	:Santimetre
Mm	:Milimetre
g	: Gram
pH	:Hidrojen gücü
TÜİK	:Türkiye İstatistik Kurumu
χ^2	:Ki-kare değer
MgNO₂	:Magnezyum nitrat
CO₂	:Karbondiyoksit
N₂	:Azot
O₂	:Oksijen
LT₅₀	:Sabit uygulama konsantrasyonu deney hayvanlarına uygulandığında popülasyonun %50' sini öldürmek için gerekli olan maruz kalma süresi
LT₉₉	:Sabit uygulama konsantrasyonu deney hayvanlarına uygulandığında popülasyonun %99' unu öldürmek için gerekli olan maruz kalma süresi

ÖZET

Bu çalışmada üç farklı yüksek sıcaklıkta (30, 35 ve 40 °C) ve 45 ± 5 nispi nemde farklı maruz kalma sürelerinde dört farklı değiştirilmiş atmosfer (A1: %0-1 O₂ + %99 N₂; A2: %99.9 CO₂; A3: %75 CO₂ + %5 O₂ + %20 N₂; A4: %3-4 O₂ + %96-97 N₂) uygulamalarının Börülce tohum böceği (*Callosobruchus maculatus*) (Fabricius, 1775)'nin tüm biyolojik dönemlerine (yumurta, olgun larva, pupa ve ergin) karşı etkinliklerini belirlemek üzere laboratuvar koşullarında biyolojik testler yürütülmüş ve her gaz karışımı uygulamaları için letal süre (LT₅₀ ve LT₉₉) değerleri belirlenmiştir. Buna ek olarak laboratuvar koşullarında etkili bulunan gaz karışımlarının (A1 ve A2) aynı sıcaklık değerlerinde ürünlü ortamda *C. maculatus*'un tüm biyolojik dönemlerine (yumurta, olgun larva, pupa ve ergin) karşı etkinlikleri de belirlenmiştir. Düşük O₂ (A1 ve A4) ve yüksek CO₂ (A2 ve A3) uygulamalarında *C. maculatus*'un biyolojik dönemlerine hassasiyetler arasında farklılıklar görülmüş genel olarak en hassas dönemlerin ergin ve yumurta olurken, en dayanıklı dönemler ise pupa ve olgun larva dönemleri olarak belirlenmiştir. Mevcut çalışmada *C. maculatus*'un olgun larvalarına ve pupalarına karşı %0-1 O₂ içerene hipoksia uygulaması (A1) ve %99.9 CO₂ içeren hiperkarpia uygulaması (A2) benzer etkiye sahip olmuştur. Genel olarak, bu iki değiştirilmiş atmosfer uygulamasının *C. maculatus*'un olgun larvalarına ve pupalarına karşı etkinliği böcek dönemine ve sıcaklığa bağlı olarak %75 CO₂ + %5 O₂ içeren (A3) hiperkarpia uygulamasından ve %3-4 O₂ içeren (A4) hipoksia uygulamasından daha yüksek bulunmuştur. Genel olarak, sıcaklık artışıyla gaz uygulamalarına maruz bırakılan *C. maculatus*'un biyolojik dönemleri için LT₅₀ ve LT₉₉ sürelerinde önemli azalmanın olduğu görülmüştür. A1 gaz karışımı (%0-1 O₂) uygulayarak 3 farklı sıcaklıkta ürünlü ortamda yürütülen yarı-ticari deneme sonuçları *C. maculatus*'un tüm biyolojik dönemlerin %100 kontrolünü sağlamak için 30, 35 ve 40 °C sıcaklıkta sırasıyla 10.9, 6.5 ve 4.6 güne ihtiyaç olduğunu göstermiştir Bunun yanında A2 gaz karışımı (%99.9 CO₂) uygulamasında ise *C. maculatus*'un tüm biyolojik dönemlerin %100 kontrolünü sağlamak için 30, 35 ve 40 °C sıcaklıkta sırasıyla 10.5, 6.3 ve 3.9 güne ihtiyaç olduğu belirlenmiştir. Sonuç olarak, bu çalışma farklı sıcaklıkta düşük O₂ (hipoksia) ve yüksek CO₂ (hiperkarpia) uygulamaları için elde edilen maruz bırakma sürelerinin baklagillerden *C. maculatus*'un tüm gelişme dönemlerinin tamamen arındırılmasında başarılı şekilde kullanılabileceğini ve dolayısıyla düşük O₂ ve yüksek CO₂ uygulamalarının etkili fumigasyon protokollerinin oluşturulabileceğini göstermiştir.

Anahtar Kelimeler: Börülce tohum böceği, düşük oksijen, karbondioksit, değiştirilmiş atmosfer, nohut, baklagiller, yüksek sıcaklık

ABSTRACT

In this study, the biological tests under laboratory conditions at three different temperatures (30, 35 and 40 °C) and 45% $\pm$ 5% relative humidity were carried out to determine the efficiency of four different modified atmospheres (A1: 0-1% O₂ + 99% N₂; A2: 99.9% CO₂; A3: 75% CO₂ + 5% O₂ + 20% N₂; A4: 3-4% O₂ + 96-97% N₂) with different exposure times against all life stages (egg, mature larva, pupa and adult) of *Callosobruchus maculatus* (Fabricius, 1775) and to calculate their the lethal time (LT_{50s} and LT_{99s}) values. In addition, semi-commercial scale tests in the presence of chickpea were also conducted to determine the effectiveness of two most effective gas mixture treatments (A1 and A2) against all life stages (egg, mature larva, pupa and adult) of *C. maculatus* at the same temperature levels. There were differences between susceptibility of life stages of *C. maculatus* in low A1 and A4) and high CO₂ (A2 and A3) treatments and in general, the most susceptible stages were adults and eggs, while the most tolerant were pupa and mature larva stages. In the present study, hypoxia treatment (A1) containing 0-1% O₂ and hypercarbia treatment (A2) containing 99.9% CO₂ had similar effects against mature larvae and pupae of *C. maculatus*. The effectiveness of these two modified atmosphere treatments (A1 and A2) against mature larvae and pupae of *C. maculatus* were generally higher than the hypercarbia treatment containing 75% CO₂ + 5% O₂ (A3) and the hypoxia treatment containing 3-4% O₂ (A4) depending its life stages and temperature found. In general, it was observed that there was a significant decrease in LT₅₀ and LT₉₉ values for the life stages of *C. maculatus* exposed to gas treatments with increasing temperature. The results of semi-commercial scale experiments carried out at three different temperatures indicated that 10.9, 6.5 and 4.6 days of exposure time required in A1 gas mixture (0-1% O₂) treatment to obtain 100% mortality of all life stages of *C. maculatus* at 30, 35 and 40°C, respectively while 10.5, 6.3 and 3.9 days of exposure time required in A2 gas mixture treatment to reach 100% mortality of its all life stages at 30, 35 and 40°C, respectively. In conclusion, this study shows that the exposure times obtained for low O₂ (hypoxia) and high CO₂ (hypercarbia) treatments at different temperatures can be used successfully for disinfestation of all life stages from the legumes and therefore effective fumigation protocols of low O₂ and high CO₂ treatments can be formed.

Keywords: Cowpea weevil, low oxygen, carbon dioxide, modified atmosphere, chickpea, legumes, high temperature