



T.C.

KAHRAMANMARAŞ SÜTÇÜ İMAM ÜNİVERSİTESİ

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**X-IŞINININ MISIR KOÇAN KURDU *SESAMIA NONAGRIOIDES*
LEF.(LEPIDOPTERA, NOCTUIDAE)'İN FARKLI GELİŞME
EVRELERİ, BAZI BİYOKİMYASAL VE SİTOGENETİK
ÖZELLİKLERİ ÜZERİNE ETKİSİ**

HATİCE AVAN AKSOY

**DOKTORA TEZİ
BİYOLOJİ ANABİLİM DALI**

KAHRAMANMARAŞ 2014

T.C.
KAHRAMANMARAŞ SÜTÇÜ İMAM ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**X-IŞINININ MISIR KOÇAN KURDU *SESAMIA NONAGRIOIDES*
LEF.(LEPİDOPTERA, NOCTUIDAE)'İN FARKLI GELİŞME
EVRELERİ, BAZI BİYOKİMYASAL VE SİTOGENETİK
ÖZELLİKLERİ ÜZERİNE ETKİSİ**

HATİCE AVAN AKSOY

**Bu tez,
Biyoloji Anabilim Dalında
DOKTORA
derecesi için hazırlanmıştır.**

KAHRAMANMARAŞ 2014

Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü öğrencisi Hatice AVAN AKSOY tarafından hazırlanan “X-IŞINININ MISIR KOÇAN KURDU SESAMIA NONAGRİOIDES LEF. (LEPIDOPTERA, NOCTUIDAE)’İN FARKLI GELİŞME EVRELERİ, BİYOKİMYASAL VE SİTOGENETİK ÖZELLİKLERİ ÜZERİNE ETKİSİ” adlı bu tez, jürimiz tarafından 04 / 12 / 2014 tarihinde oy birliği / oy çokluğu ile Biyoloji Anabilim Dalında Doktora tezi olarak kabul edilmiştir.

Prof. Dr. Cengiz BAHADİROĞLU (DANIŞMAN)
Biyoloji Bölümü, Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi

Prof. Dr. Selçuk İNAÇ (ÜYE)
Orman Müh. Bölümü,
Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi

Prof. Dr. Mehmet ÖZARSLAN (ÜYE)
Biyoloji Bölümü, Gaziantep Üniversitesi

Doç. Dr. Sakine Serap AVGIN (ÜYE)
İlköğretim Bölümü, Fen Bilgisi Öğretmenliği
Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi

Doç. Dr. Mustafa Coşkun (ÜYE)
Biyoloji Bölümü, Adıyaman Üniversitesi

Yukarıdaki imzaların adı geçen öğretim üyelerine ait olduğunu onaylarım.

Prof. Dr. M. Hakkı ALMA

Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

TEZ BİLDİRİMİ

Tez içindeki bütün bilgilerin etik davranış ve akademik kurallar çerçevesinde elde edilerek sunulduğunu, ayrıca tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu çalışmada orijinal olmayan her türlü kaynağa eksiksiz atıf yapıldığını bildiririm.

Hatice AVAN AKSOY

Bu çalışma Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Bilimsel Araştırmalar Projeleri Birimi (BAP) tarafından desteklenmiştir.

Proje No: 2012/2-5D

Not: Bu tezde kullanılan özgün ve başka kaynaktan yapılan bildirişlerin, çizelge, şekil ve fotoğrafların kaynak gösterilmeden kullanımı, 5846 sayılı Fikir ve Sanat Eserleri Kanunundaki hükümlere tabidir.

**X-IŞINININ MISIR KOÇAN KURDU *SESAMIA NONAGRIOIDES* LEF.
(LEPIDOPTERA, NOCTUIDAE) 'İN FARKLI GELİŞME EVRELERİ, BAZI
BİYOKİMYASAL VE SİTOGENETİK ÖZELLİKLERİ ÜZERİNE ETKİSİ
(DOKTORA TEZİ)**

HATİCE AVAN AKSOY

ÖZET

S. nonagrioides'in farklı gelişim dönemlerinde (yumurta, larva, pupa ve ergin) 0-200 Gy arasında değişen dozlarda X-ışını uygulanmıştır. Doz artışına bağlı olarak yumurtalarda embriyonik gelişim hızı azalmış ve larva çıkışı gözlenmemiştir. Larva evresinde ışınlanan bireylerde ömür uzunluğu 5-13 gün uzamış, deney larvaları 50 Gy'de %11.25 ve 200 Gy'de %0.625 oranında pupa dönemine girmiştir. Daha sonra pupalardan erginlerin uçuşu 50 Gy'de %22.22 ve 200 Gy'de ise %0.0 oranlarında kaydedilmiştir. Pupa evresinde X-ışınına maruz kalan bireylerde kelebek uçuşu 50 Gy'de %36.66, 100 Gy'de %9.16, 150 Gy'de %4.16 ve 200 Gy'de ise %0.0 arasında azalmış, ayrıca; uçuşan erginler arasında deformasyonlu bireylerin sayısı dişilerde daha ağırlıklı olmakla 50 Gy'de %81.81-200 Gy'de %100 oranında görülmüştür. 0-200 Gy arasında ışınlanan erginlerde ise yumurta verimi en fazla 37.50 ♀/total (100 Gy) azalmış, fakat ömür uzunlukları üzerinde pek etkide olmadığı saptanmıştır.

Farklı dozlarda ışınlanmış larvalarda birey başına düşen toplam protein, karbohidrat ve lipit miktarı kontrolle kıyaslandığında %179.48, %22.84 ve %22.53; pupalarda %39.13, %53.28, %38.66; ve erginlerde ise dişilerde (%63.63, %67.26, %61.83) artışlar, erkeklerde (%53.48, %37.17, %44.73) azalmalar kaydedilmiştir.

Ayrıca; larva, pupa ve erginlerde X-ışınının etkisiyle DNA'da komet uzunluğu %66.82, kuyruk uzunluğu %75.35 ve kuyruk momentini %82.27 (larva); pupada %68.06, %78.87 ve %86.02; ve nihai olarak erginlerde %54.03, %69.73 ve %78.85 artış sağladığı belirlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: *S. nonagrioides*, X-ışını, Karbohidrat, Protein, Lipit, DNA hasarı

Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Biyoloji Anabilim Dalı Aralık/2014

Danışman: Prof. Dr. Cengiz BAHADIROĞLU
Sayfa sayısı: 143

**EFFECTS OF X-RAY RADIATION ON SOME BIOCHEMICAL AND
CYTOGENETIC CHARACTERISTICS AND DIFFERENT DEVELOPMENT
STAGES OF THE MEDITERRANEAN CORN BORER, *SESAMIA
NONAGRIOIDES* (LEPIDOPTERA: NOCTUIDAE)
(Ph. D. THESIS)**

HATİCE AVAN AKSOY

ABSTRACT

The between doses (50-200 Gy) of X-ray was applied on different stages of *S. nonagrioides* (egg, larvae, pupae and adult). Embryonic development in eggs decreased with increasing irradiation doses and were not observed hatch. Irradiated in the larval stage in individuals prolonged longevity 5-13 days and testing larvae has entered pupal stage at 11.25% (50 Gy) and 0.625% (200 Gy). Later, adult emergence from pupae was noted rates at 22.22% (50 Gy) and 0.0% (200 Gy). Adult emergence from irradiated pupal stage reduced between 36.66% (50 Gy) and 0.0% (200 Gy). Additionally, deformation adult emergence from irradiated pupae was observed rates 81.81% (50 Gy)-100% (200 Gy). Fecundity of irradiated different doses (0-200 Gy) adult reduced especially at 100 Gy (37.50 ♀/total), but adult longevity not affected. However, the rate of infertility has been more dominant among males.

The total protein, carbohydrate and lipid per individual values of irradiated different doses larvae increased 179.48%, 22.84% ve 22.53% compared with controls. The rises in value was noted 39.13%, 53.28%, 38.66% at pupae and 63.63%, 67.26%, 61.83% at female. We have determined that decreases 53.48%, 37.17%, 44.73% in males.

Also, we have noted that rises comet length 66.82%, tail length 75.35% and tail moment 82.27% in larvae; 68.06%, 78.87% ve 86.02% in pupae and 54.03%, 69.73% ve 78.85% in adults at DNA from larvae, pupae and adults treated X-ray.

Key Words: *S. nonagrioides*, X-ray radiation, , Protein, Carbohydrates, Lipid, DNA damage

Kahramanmaraş Sütçü İmam University
Institute for Graduate Studies in Science and Technology
Department of Biology December / 2014

Supervisor: Prof. Dr. Cengiz BAHADIROĞLU
Page number: 143

TEŞEKKÜR

“X-Işınının Mısır Koçan Kurdu *Sesamia nonagrioides* Lef. (Lepidoptera, Noctuidea)’in Farklı Gelişme Evreleri, Bazı Biyokimyasal ve Sitogenetik Özellikleri Üzerine Etkisi” adlı Doktora tez çalışmasının seçilmesi, yürütülmesi ve sonuçlandırılmasında önemli düzeyde katkıları ve desteğini esirgemeyen değerli danışmanım Prof. Dr. Cengiz BAHADIROĞLU’na ve bu süreçte her anlamda destek olan Doç. Dr. Sevil TOROĞLU’na en içten teşekkürlerimi sunarım.

Araştırmada ışınlama işlemini gerçekleştirdiğimiz Gaziantep Onkoloji Hastanesi çalışanları ve özellikle Uzman Şule BAZÇİFTÇİ ve Ali DEMİRCİ’ye yardım ve desteklerinden dolayı teşekkürlerimi sunarım. Biyokimyasal çalışmaları gerçekleştirmemize olanak sağlayan Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi ÜSKİM yöneticilerine ve tez çalışmamın bir kısmını oluşturan “Comet Assay” deneylerinin yürütülmesinde Türkiye Atom ve Enerji Kurumu Sarayköy Nükleer Araştırma ve Eğitim Merkezi çalışanları ve özellikle Nizamettin YAZICI ve Yakup EREL’e içten teşekkürlerimi bir borç bilirim.

Çalışmamın başından sonuna kadar hiçbir desteğini esirgemeyen, sabırla ve inançla bana destek olan tüm ailem özellikle eşim Veysel AKSOY, annem Emine AVAN ve babam Mustafa AVAN’a sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

İÇİNDEKİLER

Sayfa No

ÖZET.....	i
ABSTRACT.....	ii
TEŞEKKÜR.....	iii
İÇİNDEKİLER.....	iv
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ	vi
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	viii
ÇİZELGELER DİZİNİ.....	x
GRAFİKLER DİZİNİ.....	xii
1. GİRİŞ.....	1
1.1. Böcek Kısırlaştırma Tekniği.....	4
1.1.1. Böcek kısırlaştırma tekniğinin tarihi.....	4
1.1.2. Böcek kısırlaştırma tekniğinin prensibi.....	5
1.1.3. Böcek kısırlaştırma tekniğinde kullanılan radyasyon çeşitleri.....	7
1.1.4. Lepidoptera’larda Böcek Kısırlaştırma Tekniği’nin Kullanılması.....	8
1.2.1. Radyasyonun Biyolojik Etkileri.....	8
1.2.2. Radyasyonun Genetik Etkileri.....	10
1.2.3. Böceklerde Radyasyon Toleransı.....	17
2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR.....	18
2.1. Böceklerle Karşı Radyasyon Çalışmaları ile İlgili Bilgiler.....	18
2.1.1. Ülkemizde radyasyon çalışmaları.....	18
Farklı (Gama, UV ve ¹³⁷ Cs) radyasyon kaynaklı	
2.1.2. Çalışmalar.....	21
2.2. Biyokimyasal Çalışmalar.....	26
2.3. Sitogenetik Çalışmalar.....	34
3. MATERYAL ve METOD.....	39
3.1. Materyal.....	39
3.1.1. Mısır koçan kurdu, <i>Sesamia nonagrioides</i> Lefebvre (Lepidoptera: Noctuidae)’in tanımı.....	39
3.2. Metod.....	41

3.2.1.	Işınlama.....	41
3.2.2.	Biyokimyasal analizler.....	44
3.2.3.	Sitogenetik analizler.....	49
3.3.	Verilerin Analizi.....	53
4.	BULGULAR.....	54
4.1.	<i>Sesamia nonagrioides</i> (Mısır Koçan Kurdu)'in Biyolojisi.....	54
4.1.1.	Yumurta.....	54
4.1.2.	Larva.....	55
4.1.3.	Pupa.....	56
4.1.4.	Ergin.....	57
4.2.	<i>S. nonagrioides</i> 'in Biyolojik Evreleri Üzerine X-ışını Radyasyonunun Etkileri.....	59
4.2.1.	Yumurta üzerine etkisi.....	60
4.2.2.	Larva üzerine etkisi.....	60
4.2.3.	Pupalar üzerine etkisi.....	68
4.2.4.	Erginler üzerine etkisi.....	71
4.3.	Radyasyon Işımlarının Farklı Gelişme Evrelerindeki <i>S. nonagrioides</i> 'in Biyokimyasal Parametreleri (Protein, Karbohidrat ve Lipit) Üzerine Etkisi.....	74
4.3.1.	Larvalar üzerine etkisi.....	74
4.3.2.	Pupalar üzerine etkisi.....	78
4.3.3.	Dişi kelebekler üzerine etkisi.....	83
4.3.4.	Ergin erkekler üzerine etkisi.....	87
4.4.	Tek Hücre Jel Elektrofrezisi (DNA Comet Assay) ile <i>S. nonagrioides</i> 'e X-ışını Radyasyonunun Etkilerinin Sitogenetik Analizi.....	92
4.4.1.	Larva.....	92
4.4.2.	Pupa.....	100
4.4.3.	Ergin.....	107
5.	SONUÇ VE TARTIŞMALAR.....	115
	KAYNAKLAR.....	123
	ÖZGEÇMİŞ.....	142

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

Ha	: Hektar
eV	: Eltrovolt
Gy	: Grey
kGy	: Kilo Grey
OH	: Hidroksil gurubu
G₁ Fazı	: Hücre bölünmesi hazırlıklarının yapıldığı evre
G₂ Fazı	: Bölünmeden önceki interfaz evresi
S Fazı	: Kalıtsal materyalin iki katına çıktığı evre
LD_{99,9}	: Tam öldürücü doz
SD₅₀	: Yarı kısırlaştırıcı doz
SD_{99,9}	: Tam kısırlaştırıcı doz
F₁	: Bir çaprazlamada ki birinci jenerasyon
F₂	: Bir çaprazlamada ki ikinci jenerasyon
F₃	: Bir çaprazlamada ki üçüncü jenerasyon
P₁	: Çaprazlama yapılan dişi ve erkek
ATP-az	: Adenozin trifosfataz enzimi
AChE-az	: Asetilkolinesteraz enzimi
Ppm	: Milyonda bir birim
°C	: Santigrad derece
ml	: Mililitre
Mg	: Miligram
Mm	: Milimetre
Cm	: Santimetre
µg	: Mikrogram
µm	: Mikrometre
µl	: Mikrolitre

N	: Normal
Cry1Ac	: <i>Bacillus thuringiensis</i> toksini salgılayan gen bölgesi
IU	: İnternasyonal ünite
Lt	: Litre
Dk	:Dakika

ŞEKİLLER DİZİNİ

	<u>Sayfa No</u>
Şekil 1.1. Kahramanmaraş ilinde mısır tarlası genel görünüm.....	1
Şekil 1.2. A) <i>S. nonagrioides</i> larvalarının yaprak ve B) Koçanda oluşturduğu zarar.....	2
Şekil 1.3. A) Larvalar tarafından yenmiş gövde, B) Koçan ve püsküllerde oluşan hasar.....	3
Şekil 1.4. Radyasyonun DNA Üzerindeki Hasar Mekanizması.....	12
Şekil 1.5. Radyasyon dozuna bağlı olarak kromozomlardaki kırılmalar.....	14
Şekil 1.6. Radyasyon kaynaklı kromozom (kromatit) kırılmaları ve oluşan parçaların tekrar birleşmesi.....	15
Şekil 1.7. Kromozom (A) ve kromatit (B) kırıkları.....	16
Şekil 3.1. Araziden <i>S. nonagrioides</i> 'in örneklerinin toplanması.....	39
Şekil 3.2. Araziden toplanan <i>S. nonagrioides</i> yumurta, larva, pupa ve erginleri.....	41
Şekil 3.3. A) <i>S. nonagrioides</i> 'in ışınlandığı yüksek enerjili lineer accelerator (Elekta) B) Cihaz ve ışınlama yöntemi.....	42
Şekil 3.4. <i>S. nonagrioides</i> larvalarının ışınlanma görüntüsü.....	43
Şekil 3.5. Biyokimyasal örnekler spektrofotometrede okutulurken.....	44
Şekil 3.6. <i>S. nonagrioides</i> 'in larva, pupa ve erginlerinde biyokimyasal analizler.....	47
Şekil 3.7. Lizis işlemi.....	51
Şekil 3.8. Elektroforez Tankı.....	52
Şekil 3.9. DNA komet analizi yapılan kamera ve bilgisayar.....	53
Şekil 4.1. <i>S. nonagrioides</i> 'in yumurtaları.....	54
Şekil 4.2. <i>S. nonagrioides</i> 'in olgun larvaları.....	56
Şekil 4.3. <i>S. nonagrioides</i> 'in iki günlük pupaları.....	56
Şekil 4.4. <i>S. nonagrioides</i> kelebekleri.....	57
Şekil 4.5. <i>S. nonagrioides</i> 'in dişi ve erkek bireylerin ventralden görünüşü.....	58
Şekil 4.6. 50 Gy ışınlanmış larvalarda oluşan deformasyonlu pupalar.....	63
Şekil 4.7. 100 Gy ışınlanmış larvalardan oluşan deformasyonlu pupalar.....	64
Şekil 4.8. 150 Gy ışınlanmış larvalarda deformasyon.....	64
Şekil 4.9. 200 Gy ışınlanmış larvada deformasyon.....	65
Şekil 4.10. 50 Gy ışınlanmış larvalardan elde edilen erginlerde deformasyon.....	66
Şekil 4.11. A) 50 Gy' ışınlanan larvalardan elde edilen ergin B) Kontrol.....	67

Şekil 4.12. 100 Gy ışınlanmış larvalardan elde edilen ergin.....	67
Şekil 4.13. A) 100 Gy ışınlanmış larvalardan elde edilen ergin B) Kontrol.....	68
Şekil 4.14. 50 Gy ışınlanmış pupalarından çıkan deformasyonlu erginler.....	69
Şekil 4.15. <i>S. nonagrioides</i> larvalarında kontrol gurubu komet görüntüsü.....	95
Şekil 4.16. 50 Gy ışınlanmış larvalarda komet görüntüsü.....	96
Şekil 4.17. 100 Gy ışınlanmış larvalarda komet görüntüsü	97
Şekil 4.18. 150 Gy ışınlanmış larvalarda komet görüntüsü	98
Şekil 4.19. 200 Gy ışınlanmış larvalarda komet görüntüsü	99
Şekil 4.20. Kontrol gurubu pupalarda komet görüntüsü.....	102
Şekil 4.21. 50 Gy ışınlanmış pupalarda komet görüntüsü.....	103
Şekil 4.22. 100 Gy ışınlanmış pupalarda komet görüntüsü.....	104
Şekil 4.23. 150 Gy ışınlanmış pupalarda komet görüntüsü	105
Şekil 4.24. 200 Gy ışınlanmış pupalarda komet görüntüsü	106
Şekil 4.25. Kontrol gurubu kelebeklerde komet görüntüsü.....	110
Şekil 4.26. 50 Gy ışınlanmış kelebeklerde komet görüntüsü.....	111
Şekil 4.27. 100 Gy ışınlanmış kelebeklerde komet görüntüsü	112
Şekil 4.28. 150 Gy ışınlanmış kelebeklerde komet görüntüsü	113
Şekil 4.29. 200 Gy ışınlanmış kelebeklerde komet görüntüsü	114

ÇİZELGELER DİZİNİ

	<u>Sayfa No</u>
Çizelge 1.1. Çeşitli böcek gurupları için tahmin edilen jenerik dozlar.....	17
Çizelge 4.1. <i>S. nonagrioides</i> yumurtalarından larva çıkışı (2013-2014 yılı ortalama değerleri).....	55
Çizelge 4.2. X-ışını ile ışınlanmış <i>S. nonagrioides</i> (3 günlük) yumurtalarında embriyonik gelişim ve yumurtaların açılması (2013-2014 yılı ortalama değerleri).....	60
Çizelge 4.3. X-ışını ile ışınlanmış <i>S. nonagrioides</i> (5. instar) larvalarında Pupa oluşumu, Deformasyonlu pupa, Larval dönem, Ergin çıkışı, Yumurta sayısı ve Yumurtaların açılımı (2013-2014 yılı ortalama değerleri).....	62
Çizelge 4.4. X-ışının pupalara etkisi (2013-2014 yılı ortalama değerleri).....	70
Çizelge 4.5. Işınlanmış erginlerde ömür uzunluğu, yumurta verimi ve açılması.....	72
Çizelge 4.6. X-ışınına maruz bırakılan ergin bireylerle kontrol (ışınlanmamış) erginlerin çaprazlanması sonucu dişilerin yumurta verimi.....	72
Çizelge 4.7. Farklı dozlarda (0-200 Gy) ışınlanmış larvalarda birey başına düşen toplam protein ve % protein değerleri	75
Çizelge 4.8. Farklı dozlarda ışınlanan larvalarda birey başına düşen toplam karbohidrat ve % karbohidrat değeri	76
Çizelge 4.9. Işınlanan larvalarda birey başına düşen toplam lipit miktarı ve % lipit değerleri.....	77
Çizelge 4.10. Farklı dozlarda ışınlanmış pupalarda birey başına düşen toplam protein ve % protein değerleri.....	79
Çizelge 4.11. Işınlanmış pupalarda birey başına düşen toplam karbohidrat ve % karbohidrat değerleri.....	80
Çizelge 4.12. Farklı dozlarda ışınlanmış pupalarda birey başına düşen toplam lipit ve % lipit değerleri.....	80
Çizelge 4.13. Farklı dozlarda ışınlanmış kelebeklerde (♀) birey başına düşen toplam protein ve % protein değerleri.....	83
Çizelge 4.14. Farklı dozlarda ışınlanmış kelebeklerde (♀) birey başına düşen toplam karbohidrat ve % karbohidrat değerleri	84
Çizelge 4.15. Farklı dozlarda ışınlanmış kelebeklerde (♀) birey başına düşen toplam	

lipit ve % lipit değerleri.....	85
Çizelge 4.16. Farklı dozlarda ışınlanmış kelebeklerde (♂) birey başına düşen toplam protein ve % protein değerleri.....	87
Çizelge 4.17. Farklı dozlarda ışınlanmış kelebeklerde (♂) birey başına düşen toplam karbohidrat ve % karbohidrat değerleri	88
Çizelge 4.18. Farklı dozlarda ışınlanmış kelebeklerde (♂) birey başına düşen toplam lipit ve % lipit değerleri.....	90
Çizelge 4.19. Işınlanmış larvalarda komet ve kuyruk uzunluğu, kuyruk momenti ortalama değerleri.....	93
Çizelge 4.20. <i>S. nonagrioides</i> larvalarında K.A., K.B., K.Y., K.O., B. Ç., B.U., B.A., B.Y., B.O., B. DNA, K.A., K.Y., K.O., DNA K., K. D., Ku.D., O.K.M. değerleri.....	94
Çizelge 4.21. Işınlanmış pupalarda komet ve kuyruk uzunluğu, kuyruk momenti değerleri.....	100
Çizelge 4.22. <i>S. nonagrioides</i> pupalarında K.A., K.B., K.Y., K.O., B. Ç., B.U., B.A., B.Y., B.O., B. DNA, K.A., K.Y., K.O., DNA K., K. D., Ku.D., O.K.M. değerleri.....	101
Çizelge 4.23. Işınlanmış kelebeklerde (♂ ve ♀) komet ve kuyruk uzunluğu, kuyruk momenti değerleri.....	107
Çizelge 4.24. <i>S. nonagrioides</i> erginlerinde K.A., K.B., K.Y., K.O., B. Ç., B.U., B.A., B.Y., B.O., B.DNA, K.A., K.Y., K.O., DNA K., K.D., Ku.D., O.K.M. değerleri.....	109

GRAFİKLER DİZİNİ

	<u>Sayfa No</u>
Grafik 4.1. Işınlanmış <i>S. nonagrioides</i> normal ve deformasyonlu pupaların oranı.....	63
Grafik 4.2. Işınlanmış larvalardan ergin çıkışı dinamiği.....	66
Grafik 4.3. Işınlanmış pupalarından ergin uçuş dinamiği.....	69
Grafik 4.4. Işınlanmış larvalarda toplam protein miktarı ve % protein değerleri.....	76
Grafik 4.5. Işınlanmış larvalarda toplam karbohidrat ve % karbohidrat değeri.....	77
Grafik 4.6. Işınlanan larvalarda toplam lipit miktarı ve % lipit değeri.....	78
Grafik 4.7. Işınlanmış pupalarda toplam protein ve % protein değerleri.....	80
Grafik 4.8. Işınlanmış pupalarda toplam karbohidrat ve % karbohidrat değeri.....	81
Grafik 4.9. Farklı dozlarda ışınlanmış pupalarda toplam lipit ve % lipit değeri.....	82
Grafik 4.10. Farklı dozlarda ışınlanmış kelebeklerde (♀) birey başına düşen toplam protein ve % protein değerleri.....	84
Grafik 4.11. Farklı dozlarda ışınlanmış kelebeklerde (♀) birey başına düşen toplam karbohidrat ve % karbohidrat değerleri.....	85
Grafik 4.12. Farklı dozlarda ışınlanmış kelebeklerde (♀) birey başına düşen toplam lipit ve % lipit değerleri.....	86
Grafik 4.13. Farklı dozlarda ışınlanmış kelebeklerde (♂) birey başına düşen toplam protein ve % protein değerleri.....	88
Grafik 4.14. Farklı dozlarda ışınlanmış erkeklerinde (♂) birey başına düşen toplam karbohidrat ve % karbohidrat değerleri.....	89
Grafik 4.15. Farklı dozlarda ışınlanmış kelebeklerde (♂) birey başına düşen toplam lipit ve % lipit değerleri.....	90
Grafik 4.16. Larvarlarında komet ve kuyruk uzunluğu, kuyruk momenti dinamikası.....	93
Grafik 4.17. Işınlanmış pupalarda komet ve kuyruk uzunluğu, kuyruk momenti dinamikası.....	108

Grafik 4.18. Işınlanmış kelebeklerde (♂ ve ♀) komet ve kuyruk uzunluğu,

Kuyruk momenti dinamikası.....108

1. GİRİŞ

Mısır dünyada en fazla üretilen (785 milyon ton) tahıl bitkisi olarak; birim alan verimi, buğday ve arpanın iki katını oluşturmaktadır. Yeryüzünde nüfus artışına bağlı şekilde; besin tüketimi artmakta, bu da; tarım alanlarının genişletilmesine ve ürün kaybının önlenmesine yönelik alternatif yöntemlerin arayışını sağlamaktadır. Ülkemizde gıda bitkileri arasında mısır, birçok farklı alanda kullanımı nedeni ile buğday ve arpadan sonra en önemli tarım ürünü olarak kabul görmektir. Son yıllarda "Yem Katkı Maddesi Damıtık Tahıllar" ve "Biyoyakıt" gibi ürünlerde kullanımı nedeniyle mısırın önemi daha da artmıştır (ICG, 2011; Taştan ve ark. 2011).

Geçmiş yıllarda mısır tarımı (Şekil 1.1), Karadeniz Bölgesi'nde yaygın olmasına rağmen; günümüzde Akdeniz ve Güneydoğu Anadolu Bölgeleri'nde geniş alanlarda ekimi yapılmaktadır (Arioğlu, 2008).



Şekil 1.1. Kahramanmaraş ilinde mısır tarlası genel görünüm.

Güneydoğu Anadolu ve Akdeniz Bölgeleri'nde özellikle ikinci ürün olarak mısırın payı oldukça yüksek olmakta ve örneğin; Çukurova'da 2005 yılında % 65 oranında yapılırken, son yıllarda zararlı böceklerin etkisinden dolayı ekim alanının azaldığı ifade edilmektedir (UHK, 2012).



Şekil 1.2. A) *S. nonagrioides* larvalarının yaprak ve B) Koçanda oluşturduğu zarar.

Mısır bitkisinin çeşitli kısımlarına (yaprak, gövde, koçan, püskül vs.) zarar veren 400'e yakın böcek türü bilinmektedir ve bunlar arasında da en yaygın *Agrotis ipsilon* (Hufnagel), *Helicoverpa zea* (Boddie), *Spodoptera exiqua* (Hubner), *Sesamia nonagrioides* (Lefebvre) (Lepidoptera: Noctuidae), *Helicoverpa armigera* (Hubner, 1808), *Ostrinia nubilalis* (Hubner) (Lepidoptera: Crambidae), *Sitophilus zeamais* (Motschulsky) (Coleoptera: Curculionidae), *Tetranychus utricae* (Koch) (Acari: Tetranychidae) olarak tanınmaktadır. Ülkemizde var olan 34 tür mısır zararlısı arasında Mısır Kurdu, *Ostrinia nubilalis* ve Mısır Koçan Kurdu, *Sesamia nonagrioides* Lefebvre (Lepidoptera: Noctuidae) daha yaygın olmakla, larvalar genç bitkilerin gövde ve yaprakları ile beslenirler. Yaprak kınına bırakılan yumurtalardan çıkan larvalar iç yüzeyden gövdeye girerek galeriler oluştururlar. Yapraklara bırakılan yumurtalardan çıkan larvalar ise; koçan içine girerek süt

oluşum evresindeki danelere zarar verirler (Şekil 1.2). Larvaların çıkardığı dışkı bakteri gelişimini de teşvik ederek tüm koçanın yararsız (Şekil 1.3) hale gelmesine neden olurlar (Cerit ve ark., 2006; Öztemiz ve ark., 2008; Özcan, 2009).



Şekil 1.3. A) Larvalar tarafından yenmiş gövde, B) Koçan ve püsküllerde oluşan hasar.

S. nonagrioides'e karşı mücadele uygulanmayan tarlalarda %100'e varan larva kontaminasyonu gözlenirken, ürün kaybı yaz ekimlerinde %10'a; geç ekilen veya ikinci ürün mısırdaki ise; bu rakam %100'e ulaşabilmektedir (Şimşek ve Güllü, 1992). Kahramanmaraş ilinde çiftçiler mısır tarlalarında larvalara karşı her yıl ortalama 3 defa kimyasal maddelerle (Cypermethrin (30 ml/da larva); Deltamethrin (50 ml/da larva); Beta-cyfluthrin (75 ml/da larva); veya Thiodicarb (90 g/da larva)) ilaçlamalar yapmasına rağmen larvalar arasında ölüm oranı çok düşük olmakta ve buda larvaların sap veya koçan içerisinde beslenmesinden, dolayısıyla kimyasal ilaçların larvalara temasının çok düşük olmasından kaynaklanmaktadır. İkinci üründe kontaminasyon %90'lara ulaşabilmekte ve sonuç olarak; ortalama %25'lara varan ürün kaybı gözlenmektedir. Daha etkin mücadele yönteminin bulunmadığını göz önüne alan çiftçiler buna rağmen; Mısır Koçan Kurdu larvalarına karşı mücadelede yine de kimyasal ilaçları tercih etmek zorundadırlar ve Akdeniz Bölgesi'nde ikinci ürün mısır tarlalarında her yıl en az 2-3 defa koruyucu

ilaçlamalar yapmaktadırlar. Böcek popülasyonunun yoğun olduğu yıllarda ilaçlamaların sayısı 4-5'e çıkabilmekte ve buda ekonomik kayıplara, çevre kirliliğine, doğal dengenin bozulmasına ve üründe kimyasal maddelerin birikimine neden olmaktadır (Şimşek ve ark., 1988; Konak, 1988; Tsitsipis, 1988; Cerit ve ark., 2006).

Kimyasal maddeler halen zararlı böcek popülasyonunun kontrol edilmesinde etkin yöntem olarak kullanılmasına rağmen; aşırı miktarda ve bilinçsizce uygulanması, ekosisteme yararlı birçok faydalı böcek türünün yok olmasına ve ayrıca; zararlı böceklerde ilaçlara karşı direnç kazanmasına neden olmaktadır. Ayrıca kimyasal ilaçların bir kısmı toprakta birikerek uzun süre etkisini kaybetmemekte ve besin zinciri yoluyla kuşlara, memelilere ve insanlara kolaylıkla ulaşarak, akut zehirlenmelere, özellikle kansorejen, mutajen, teratojen ve allerjen olmak üzere birçok kronik hastalıklara yol açmaktadır (Yücel, 2000; Ekebaş ve ark., 2000; İnan ve Boyraz, 2002; Özparlak, 2003; Aksoy, 2006).

Kimyasal pestisit uygulamalarının olumsuz etkileri her zaman araştırmacıların odak noktası olmuş ve geçmişten günümüze kadar alternatif mücadele yöntemlerinin arayışı içerisinde olmuşlardır. Bu konuda bazı yeni yöntemler geliştirmiş ve belli düzeyde başarılar elde edilmiştir. Örneğin; ABD'nin Kaliforniya Eyaleti'nde turunçgil alanlarında büyük sorun olan unlubite karşı *Rodolia cardinalis*'in Yeni Zelenda'dan getirilerek salınması, 1920 yılında Flanders'in *Trichogramma*'nın kitlesel üretiminin başlamasıyla Rusya'da 10 milyon ha alana bırakılması ve ülkemizde buğday zararlısı Süne (*Eurygaster integriceps*)'ye karşı *Trissolcus spp.*'nin salınımı gibi çalışmalardan olumlu sonuçlar elde edilmiştir. Çalışmaların birçoğunda feromon tuzaklar, parazitoitler, predatörler, bitkisel insektisitler, böcek büyüme ve gelişme düzenleyicileri, entomopatojen organizmalara yer verilmekte ve bunlar arasında Steril Insect Technique (SIT) adı verilen zararlılara karşı Böcek Kısırlaştırma Tekniği ve Sterile Insect Release Technique (SIRT) Kısır Böcek Salıverme yöntemleri zararlılarla mücadelede yeni alternatif imkânlar ortaya çıkarmıştır (Tunçbilek, 1992; Topuz, 2005).

1.1. Böcek Kısırlaştırma Tekniği

1.1.1. Böcek kısırlaştırma tekniğinin tarihi

Böceklerin kısırlaştırılması düşüncesi daha öncelere dayanmakta ve bu işlem ilk defa Runner (1916) tarafından Sigara Böceği (*Lasioderma serricornis* (F.))'ne karşı X-ışını farklı dozlarının uygulanması ve böylece; böceğin üreme yeteneğine etkide bulunarak

yumurtaların açılmasını engellemek amacıyla gerçekleştirilmiştir. Daha sonra araştırmacı H. J. Muller (1927) iyonize radyasyonun *Drosophila*'da açık bir şekilde mutasyonları indükleyerek çok sayıda dominant letal mutasyonlara neden olduğunu ve iyonize radyasyonla muamele edilmiş dişilerden elde edilen yumurtaların açılmasında azalmalara yol açtığını ifade etmiştir. Dr. E. F. Knipling'de bu konuda 1937'lerden itibaren çalışmalar yürütmüş, böcekleri kısırlaştırarak veya genetik yapılarında bazı değişiklikler meydana getirmekle popülasyon düzeyinin baskı altına alınma olanaklarını araştırmıştır. Örnek olarak; Amerikan Burgulu Yara Sineği (*Cochliomyia hominivorax* (Coquerel))'nin erkeklerini kısırlaştırmayla popülasyon düzeyinin kontrol altına alınabileceğini belirtmiştir (Knipling, 1955).

Bu gelişmelerin akabinde Böcek Kısırlaştırma Programı çerçevesinde; tropikal meyve sinekleri, bazı Çeçe Sineği türleri (*Glossina spp.*), pembe kurt *Pectinophora gossypiella* (Sounders) ve *Cydia pomonella* (L.) radyasyona tutulmuş ve başarılı sonuçlar elde edilmiştir. 1970'lerde ise birçok araştırmacı kısırlaştırma yöntemi ile *Anthonomus grandis grandis* ve *Lymantria dispar* (L.), *Cylas formicarius* (F.), *Euscepes postfaciatus* (Fairmaire), *Cryptophlebia leucotreta* (Meyrick), *Ectomyelois ceratonia* (Zeller), *Cactoblastis cactorum* (Berg), *Chrysomya bezziana*, *Glossina spp.*, *Anastrepha spp.*, *Bactrocera spp.* gibi meyve sineği ve diğer böcek türlerini kontrol altında tutma olanaklarını belirlemiştir (Hendrichs ve ark., 1983; Kuba ve ark., 1996; Enkerlin ve ark., 1997; Bloem ve ark., 2000; Feldman ve ark., 2001).

1.1.2. Böcek kısırlaştırma tekniğinin prensibi

Böcek kısırlaştırma deneylerinde genelde radyasyon ve kemosterilant olmak üzere iki farklı kaynak kullanılmaktadır. Radyasyon kaynağı olarak X veya gama ışınları elektromanyetik radyasyon ile nötron ve beta partikülleri gibi radyasyon çeşitlerinden yararlanılmaktadır. Örneğin; Kobalt-60 ve Sezyum-137 en yaygın radyasyon kaynağı olarak tanımlanmaktadır (Bakri ve ark., 2005b).

Bu tekniğin prensibi; radyasyona maruz kalan böceklerin gametlerinde dominant öldürücü (lethal) mutasyonların meydana gelmesidir. Öldürücü mutasyonlar, aslında; cinsiyet hücrelerinin olgunlaşmasına veya zigotun meydana gelmesine olumsuz etki yapmayıp zigotun gelişimini engellemektedir. Radyasyon, erkek böceklerde spermatogenesis olayına etkide bulunarak spermlerin oluşumunu durdurmakta ve aktivitesini iyice azaltarak çiftleşme gücünün kaybolmasına neden olmaktadır. Bu durumda

erkek çiftleşmemekte veya çiftleşme pozisyonunda yeterince kalamadığı için döllenme olayı gerçekleşmemektedir. Dişi böceklerde ise; Oogonia'ya veya besleyici hücrelere ya da her ikisine de zarar verdiği için yumurta oluşumu çoğunlukla azalmakta veya hiç oluşmamaktadır. Böcekler, yumurtadan çıktıktan hemen sonra hayat devrelerinin değişik dönemlerinde ve ergin safhada eşey hücrelerini meydana getiren gonadlar da buna paralel olarak değişik gelişme evreleri geçirmektedirler. Bu nedenle; istenen kısırlaştırmayı gerçekleştirebilmek için böceğin en uygun döneminde, optimum radyasyon dozunun uygulanması önemlidir (Proverbs, 1969; Sobels, 1969; Anwar ve ark., 1971; Lecis ve ark., 1975).

Bazı araştırmacılar, bu yöntemin başarıya ulaşabilmesi için aşağıdaki koşulların oluşmasını ifade etmektedirler (Vreysen, 1995; Robinson ve Franz, 2000; Robinson, 2002a):

- 1) Ayrıntılı bir şekilde; böceğin taksonomisi ve biyolojisi, özellikle de çiftleşme davranışları çok iyi belirlenmelidir.
- 2) Böceğin popülasyonunun tespiti için uygun bir yöntem saptanmalıdır.
- 3) Böceğin kitle halinde üretilebilmesi ve bu bireylerin doğadaki böcekler ile rekabet edebilecek kapasitede olması gerekmektedir.
- 4) Kısırlaştırılan böceğin çiftleşme gücü ve davranışı değişmemeli ve normal bireylere rekabette geri kalmamalı ve bu teknik standart hale getirilebilmelidir.
- 5) Genelde dişi böcek yaşamı süresince sadece bir defa çiftleşmeye ihtiyaç duymaktadır. Ancak arazi çalışmaları göstermiştir ki, poligom böceklerde de bu metot uygulanabilir. Fakat sosyal yaşam sürdüren böcekler ile göç eden uçuş kapasiteleri çok yüksek olan ve eşeysiz çoğalabilen böceklerle karşı tatbiki mümkün değildir.
- 6) Bu yöntemin kullanılacağı saha yeni bulaşmalara imkan vermeyecek yapıda olmalıdır. Adalar veya tabii engellerle (su havzaları, dağlar vs.) çevrilmiş olan alanlar bu amaç için en elverişli yerlerdir. Aksi halde; yapay engellere gereksinim vardır.
- 7) Kısırlı böceklerin normal olanlara oranla daha yüksek yoğunluğa erişebilmesi için belirli bir bekleme periyoduna ihtiyaç vardır.
- 8) Bu teknik uzun süre geniş alanlara uygulanabilir.
- 9) Nihayet, gelir-gider oranı bu tekniğin (SİT) benimsenmesini tayin edeceğinden böyle bir hesaplamının yapılması gerekmektedir.

1.1.3. Böcek kısırlaştırma tekniğinde kullanılan radyasyon çeşitleri

Böceklere karşı, iyonize radyasyon karantina ve sağlık amaçlı kullanımının yanı sıra, radyasyon kısırlaştırma tekniğinde çeşitli yöntemlerle kullanılmaktadır (Carpenter, 1997; 2000; Greany ve Carpenter, 2000; Bakri ve ark., 2005a; Dyck ve ark., 2005).

Bir atom ya da molekülün sahip olduğu orbital elektronlarından bir ya da daha fazla elektron açığa çıkması enerji yayılmasına neden olmakta ve bu süreç iyonizasyon olarak adlandırılmaktadır ve bu şekilde oluşan radyasyon İyonize Radyasyon denmektedir. İyonize Radyasyon; Elektromagnetik ve Partikül Radyasyon olarak iki farklı şekilde sınıflandırılmaktadır.

a. Elektromagnetik Radyasyon

Elektromagnetik radyasyonun gama ışını, X-ışını ve elektronlar adında üç farklı tipi bulunmaktadır. Bütün elektromagnetik radyasyonların hızı aynı iken, frekans ve dalga boyu farklılık gösterir. Dalga boyu ve frekansı ters orantılı olan foton enerjisi orantılıdır. Genellikle elektromagnetik radyasyonların foton enerjisi 124 eV'den daha büyük olduğunda iyonize olmakta ve bu esnada dalga boyu da 10^{-8} 'den daha kısa olmaktadır. Bu özellikler göz önüne alındığında X ve gama ışınları'nın canlılarda etkilere neden olduğu düşünülmektedir. Böylece elektromagnetik radyasyon çeşitleriyle ışınlanan materyaller ve özellikle böcekler değişime (mutasyon) maruz kalmaktadır (Bakri ve ark., 2005b).

b. Partikül Radyasyon

İyonize radyasyonun diğer çeşidi de nötron ve iyonlarla yüklü alfa partiküller, protonlar, elektronlar gibi partiküllerden oluşur. Bu tip radyasyon doğada yaygın olarak görülür, ayrıca klinik ve deneysel çalışmalarda kullanılmaktadır.

Böceklerin ışınlanması, kontrol amaçlı yapılan çalışmalarla karşılaştırıldığında güvenilirliği apaçık ortadır. Işınlama işleminde en önemli parametre radyasyon dozunun absorbe edilmesidir. Ayrıca radyasyon muamelesi doğru bir şekilde yapıldığında ışınlama sürecinin kalitesi ve etkisi kesin olmaktadır (FAO/IAEA/USDA, 2003; Bakri ve ark., 2005a). Radyasyonun diğer avantajları ise: (1) İşlem süresince sıcaklık artışının önemsiz olması, (2) Radyasyonla muamele edilmiş böceklerin işlemde hemen sonra kullanılabilirliği, (3) Işınlama yapılan materyallerin çevre ve insan sağlığı için tehdit oluşturmaması, (4) Materyaller paketli de olsa ışınlama işleminin uygulanabilirliği, hatta böceklerin kaplarda tutulsa da ışınlanabilir olmasıdır.

1.1.4. Lepidoptera’larda böcek kısırlaştırma tekniğinin kullanılması

Lepidoptera takımına ait bazı böcek türleri genelde tarım alanları, ormanlar ve depo ürünlerine tehlikeli boyutta zarar verebilir. Böcek kısırlaştırma programı, bu kelebeklere uygulandığında Lepidoptera kromozomlarının holokinetik olmasından dolayı iyonize radyasyonun dominant letal mutasyonlarına direnç oluşturmaları, eupyrene-apyrene sperm üretimi, çiftleşme kabiliyetinde azalmalar, spermatofor formasyonu ve kompleks sperm transferi gibi özelliklerinden dolayı programın başarısı açısından ciddi problemler ortaya çıkmaktadır (LaChance ve ark., 1967; Bakri ve ark., 2005b). Diyapoz geçiren çoğu kelebek türü için yabancı popülasyonla var olma ve senkranizasyon şanslarının azlığı ile uçan bir çok böceğe nazaran kelebeklerin kitle üretiminin çok zor olmasıdır. Bundan dolayı Böcek Kısırlaştırma Tekniği programının kelebeklere karşı geliştirme çalışmaları diğer uçan böceklere göre daha geride kalmıştır (Parker, 2005; Carpenter ve ark., 2005).

Proverbs (1962, 1982) tarafından Canada’da kelebeklere Böcek Kısırlaştırma Tekniği’ni kullanarak baskılayıcı bir program geliştirmiş ve bu doğrultuda 40-400 Gy arasındaki iyonize radyasyon dozlarının kelebekleri %100’e kadar kısırlaştırdığı kaydedilmiştir. Bu gelişmeler kısır böcek salıverme yöntemine (SIRT= Sterile Insect Release Technique) katkı sağlasa da salıverilen kısır böceklerin doğal popülasyon ile rekabet edememesi önemli sorunlardan biri olmuştur. Diğer bir konu ise; Lepidoptera zararlılarını kısırlaştırmak için yüksek radyasyon dozlarına ihtiyaç duyulmasıdır. Bundan dolayı bilim adamları kalıtsal kısırlık, kısmi kısırlık ve yarı kısırlık gibi konulara yönelmişlerdir. Lepidopterlerin ışınlanmış erkek bireylerinden meydana gelen F₁ erkekleri, ebeveynlerine göre daha yüksek oranda kısırlaşmakta, fakat ışınlanmış dişi bireylerde bu durum tam tersi olmaktadır. Kısmi kısırlık hususunda teorik bir model geliştirilmiş ve zararlı popülasyonunu baskı altında tutabilmek için kısmen kısırlaştırılmış erkek ve dişileri salıvermenin, tam kısırlaştırılmış bireyleri salıvermeye oranla daha etkili olduğu saptanmıştır (Knipling, 1970; North, 1975).

1.2.1. Radyasyonun biyolojik etkileri

Böceklerde önemli biyokimyasal moleküller

Böcekler de diğer canlı grupları gibi; büyüme, gelişme ve üreme faaliyetlerini devam ettirmek için protein, karbohidrat ve lipit gibi temel besin maddelerine gereksinim duymaktadırlar ve bunları doğal yaşamlarında çeşitli kaynaklardan karşılamaktadırlar

(House, 1962, 1972, 1974; Dadd, 1973; Jacob ve Morugan, 1989; Tsiropoulos, 1992; Thompson ve Hagen, 1999).

Duyulan gereksinimler böcek türleri ve gelişim evrelerine bağlı olarak büyük farklılıklar gösterebilmektedir. Aynı zamanda larval veya ergin evredeki birçok metabolik ve fizyolojik gereksinimlerini karşılamada yumurta veya larval evrede depoladıkları besin rezervlerini de kullanabilmektedirler. Bu rezerveler kısa yaşam süresine sahip bireylerde büyük ölçüde yeterli olabilmektedir (House, 1977; Dadd, 1985; Emre ve Yazgan, 1990; Özalp ve Emre, 1992; Thompson, 1999; Thompson ve Hagen, 1999).

Böceklerin büyüme ve gelişmeleri için protein sentezinde gerekli olan amino asitler, bu özelliklerinin yanında sinirsel iletimde, fosfolipitlerin sentezinde, enerji üretiminde ve morfogenetik işlemlerde önemli biyolojik role sahiptir (Chen, 1985). Proteinlerin besinsel değeri içerdiği nicel ve nitel amino asit miktarına bağlı olarak büyük bir değişiklik göstermekte ve böceklerin gelişimi üzerine etkide bulunmaktadır (Tsiropoulos, 1977, 1978, 1980, 1983; Ferro ve Zucoloto, 1990; Cangussu ve Zucoloto, 1997; Zografou ve ark., 1998; Chang, 2004).

Birçok böcek türü eşeysel olgunluğa ulaşmada ve yumurta üretiminde lipitlere ihtiyaç duymaktadır (Vanderzant ve Richardson, 1964; Candy ve Kilby, 1975; Warburg ve Yuval, 1996; Giron ve Casas, 2003; Kumar ve ark., 2004). Gereken lipitleri, besin yoluyla alabildikleri gibi vücutta depo edilmiş protein ve karbohidrat kaynaklarından da sentezleyebilirler (Werren, 1987). Son yıllarda, doymuş ve doymamış yağ asitlerinin yanında böceklerin sentezleyemedikleri varsayılan bazı aşırı doymamış yağ asitlerini de sentezleyebildikleri anlaşılmıştır (Stanley Samuelson ve ark., 1986; Jurenka ve ark., 1987; Başhan ve Çelik, 1995; Başhan, 1996).

Diğer bir organik bileşik olan karbohidratlar böcekler için önemli bir makro moleküldür. Vücuda alınan glikozun bir kısmı glikojene dönüştürülerek depo edilmekte ve gerektiğinde ise; glikojenden glikoza dönüştürmek yerine bir disakkarit olan trehaloza dönüştürerek böceklerin hemolenfinde gerekli fonksiyonlar için kullanılmaktadır. Trehaloz özellikle Diptera ve Hymenoptera gibi, uçabilen böceklerin uçuş kaslarının çalışması için gerekli enerjiyi sağlamaktadır (Wegener, 1996; Candy ve ark., 1997; Thompson, 2003; Kaufman ve Briegel, 2004).

Radyasyonun biyokimyasal makro moleküllere etkisi

Hücrel makro moleküller radyasyona maruz kaldıklarında en az DNA kadar hasar görmektedirler. Çeşitli boy ve molekül ağırlıkta olan makro moleküllerin radyasyona maruz bırakıldığında etkilenme şekli tıpkı DNA'da olduğu gibi direkt veya indirekt olabilmektedir. Kimyasal bağların kırılması ve konformasyonel farklılıklar gibi değişimler moleküllerin biyolojik fonksiyonlarını etkilemektedir. Örneğin; bir enzim ya da proteinin yapısında meydana gelebilecek konformasyonel değişiklikler metabolik olaylarda aksamalara neden olabilmektedir (Kaya, 2002).

Amino asitler, peptitler, polipeptitler ve protein gibi, daha büyük komponentler radyasyondan çok kolay etkilenmektedir. Bu moleküller sık sık radyasyona maruz kaldıklarında disülfid köprü, hidrojen bağları ve protein(DNA ve RNA) çapraz kırılmalar oluşmaktadır. Bu etkilerin tümü proteinlerin önemli fonksiyon ve konformasyonel yapılarını bozmakta ve ayrıca radyasyon, glikojende depolimerizasyona ve α -glikozit bağların kırılmasına neden olmaktadır. Lipitler, hücrel süreçte her yerde bulunan en önemli makro moleküller olup hücre zarı yapısına katılırlar, hücre içi homeostazı düzenler, hücrel fonksiyon ve hücre ölümü gibi olayların gerçekleşmesini sağlamaktadır. Lipit peroksidasyonu ilk olarak karbonil guruplara ve çift bağlı bölgelere serbest radikallerin hücum etmesiyle meydana gelir ve bu olay hücrelerde bir zincir reaksiyonun başlamasına olanak sağlamakta ve sonuçta radyasyon bu zincir reaksiyona etki ederek lipit peroksidasyonunda aksaklıkları meydana getirmektedir (Schulman, 1973; Kempner, 1993; Girigoswami ve Ghosh, 2005).

1.2.2. Radyasyonun genetik etkileri

DNA'nın yapısı

DNA çift sarmallı yapısıyla büyük bir moleküldür ve 4 farklı (Adenin, Guanin, Sitozin ve Timin) bazın farklı kombinasyonlarından oluşan iki polinükleotit zincirdir. Nükleotitler birbirine hidrojen bağlarıyla bağlanmış ve yapılarında beş karbonlu şeker (Deoksiriboz), fosfat gurupları ve nitrojen içerikli bazlar bulundurur. DNA üzerindeki genetik kodlar dört farklı bazı oluşturduğu özel sekanslarla donanmıştır. Nükleotitler, şeker-fosfat-şeker-fosfat formunda tek zincir boyunca kovalent bağlarla bağlanırlar. Deoksiriboz şekerler bir ucunda 5' ucuna diğer bir tarafında ise; 3' ucuna sahiptir ve bir zincir düzenlenirken 5' ucundan 3' ucuna doğru birimler aynı uyum içinde sıralanırlar. DNA'nın gösterdiği polerite ise 5' ve 3' ucunun bulunmasıyla alakalıdır. Bazlar (A, T, C,

G) ise; oluşturdukları özel dizilimlerle saklı biyolojik kodları içerisinde bulundurmaktadır. Organizmaların DNA'sındaki tüm bilgiler Genom olarak adlandırılır ve başka bir deyişle organizmanın sentezleyeceği bütün proteinlerin bilgileri Genom içerisinde yer almaktadır (Dunnen ve Antonarakis, 2000; Alberts ve ark., 2002).

DNA'nın yapısındaki polinükleotit zincirlerde, bazlar (A ve T; G ve C) birbirine karşılıklı olacak şekilde hidrojen bağlarla bağlanır, bu formasyonda bazlar çift zincirli yapının iç tarafında yer alırken, şeker ise; dış tarafında konumlanır. DNA yapısında yer alan bazlar tek halkalı (pirimidin) ve çift halkalı (prin) formlarda bulunurlar. Nkleotitlerde bulunan şeker-fosfat birimi her 10 baz çiftinde DNA'nın özel yapısı olan heliks formunu vermek için dönmektedir ve her bir nükleotit zinciri DNA'yı oluştururken birbirine komplementar olacak şekilde bağlanır (Dunnen ve Antonarakis, 2000; Alberts ve ark., 2002).

DNA'da radyasyonun yol açtığı hasarlar

Radyasyon hücrede DNA gibi önemli moleküller üzerinde potansiyel bir etkiye sahiptir. Meydana gelen hasarlar mutasyon, karsinogenesis ve hücre ölümüne neden olmaktadır. Bu etki mekanizması iki farklı şekilde gerçekleşmektedir.

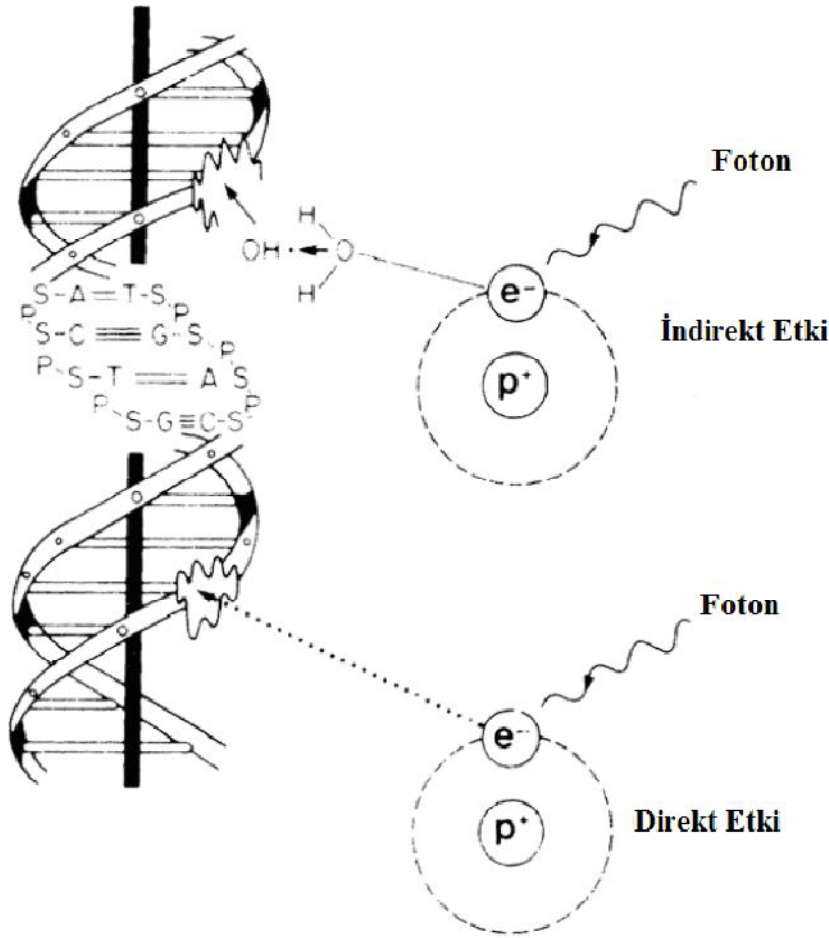
A. Direkt etki

Radyasyon, DNA moleküllerinin sahip olduğu atomların iyonizasyonuna sebep olarak DNA'yı direkt olarak etkileyebilir. Radyasyonun DNA zerindeki etkisi "direkt vuruş" olarak hayal edilebilir ve bu olay DNA'da yaklaşık 2 nm gibi; çok küçük bir alanda olmasından dolayı çok da yaygın olmayan bir durumdur. Bu reaksiyonun meydana gelebilmesi için; radyasyonun DNA içinde birkaç nanometrede iyonizasyona yol aması gerekmektedir (Uzal ve aloğlu, 2002; Yaren ve Karayılanoğlu, 2005).

B. İndirekt etki

Bazı durumlarda ise; radyasyon genellikle su gibi, hedef olmayan atom ya da moleküllerle etkileşime girebilir. Bu olay, serbest radikallerin ortaya çıkmasına neden olur ve atom ya da moleküllerdeki elektronlar iftleşemediklerinden oldukça yüksek bir reaktiviteye sahip olur. Serbest radikaller DNA gibi; önemli moleküllere hücum edebilir, hücrede hızla yayılır ve DNA'da çok çabuk hasar oluşturabilir. Bundan dolayı özellikle radyasyonun düşük dozlarından kaynaklanan indirekt etkileri direkt etkilere göre; daha yaygın olarak meydana gelmektedir (Uzal ve aloğlu, 2002; Yaren ve Karayılanoğlu, 2005).

DNA, direk ya da indirekt yollarla radyasyondan etkilendiğinde çift sarmallı yapıyı oluşturan moleküllerde hasar meydana gelir (Şekil 1.4). Tek zincirde meydana gelen kırıklar hücrelerin tamir mekanizmasıyla komplementar zincir sayesinde yeniden düzeltilebilir. Bununla birlikte; DNA'nın iki zincirinde birden kırık olursa, hücre bu kırığı tamir etmede çok zorlanır ve bunun sonucunda mutasyonlar, okuma çerçevesinin değişmesi, kanser ve hücre ölümü gibi olaylar meydana gelebilir. DNA'da çift kırıklar tek zincirde meydana gelen kırıklara göre daha az görülür ve ayrıca hücre radyasyonun DNA'ya verdiği çoğu hasarı tamir edebilir (Dunnen ve Antonarakis, 2000).



Şekil 1.4. Radyasyonun DNA Üzerindeki Hasar Mekanizması (Hall ve Giaccia, 2006).

Radyasyon kaynaklı DNA hasar tipleri

Radyasyonun DNA üzerinde geniş spektrumlu lezyonlar, nükleotitleri oluşturan bazlarda hasarlar, DNA'da tek ve çift zincir kırıklar gibi, zararlara yol açmaktadır.

a. Baz hasarları ve modifikasyonlar

Araştırmacılar tarafından baz kaynaklı hasarların anlaşılması amacıyla; serbest bazlar, nükleotitler ve oligonükleotitler ya da DNA'nın sıvı ya da katı formlarına iyonize radyasyonla muamele edilerek incelenmiştir. Radyasyonun neden olduğu lezyonların kimyası henüz anlaşılmasına rağmen; 8-hydroxydeoxyguanosinin DNA baz hasarı ve mutasyonlarda küçük bir role sahip olduğu bildirilmektedir. Genellikle DNA'da meydana gelen baz kaynaklı hasarlarda tamir mekanizması devreye girer ve hasarlı bazı tamir edebilir (Von Sonntag, 1987; Nicoloff ve Hoekstra, 1996; Ward, 1998).

b. DNA'nın tek zincirinde kırılma

DNA'nın tek zincirinde görülen kırılma deoksiribozun hidrojenlerinden birinin ayrılmasıyla meydana gelir. Bu olay başlangıç olarak deoksiribozun hidrojen atomlarından birinin OH radikali şeklinde ayrılmasıyla gerçekleşir. DNA'da bazlarda oluşan hasarlar N-glikozidik bağların stabilitesinin bozulmasına ve bu olaydan sonra ise; abazik deoksiribozlar oluşmaktadır. OH radikallerinin neden olduğu bir başka lezyon ise; sıcak alkalilerle muamele edildiğinde DNA'da kırılmaların olmasıdır ve bu kırıklar "Alkalite" olarak adlandırılmaktadır. Oksijen varlığına muamele edilen radyasyon "Alkaliteyi" artırmakta ve DNA'da radyasyondan kaynaklanan hasarların çoğu ligasyon basamağıyla onarılmaktadır (Von Sonntag, 1987; Nicoloff ve Hoekstra, 1996; Ward, 1998).

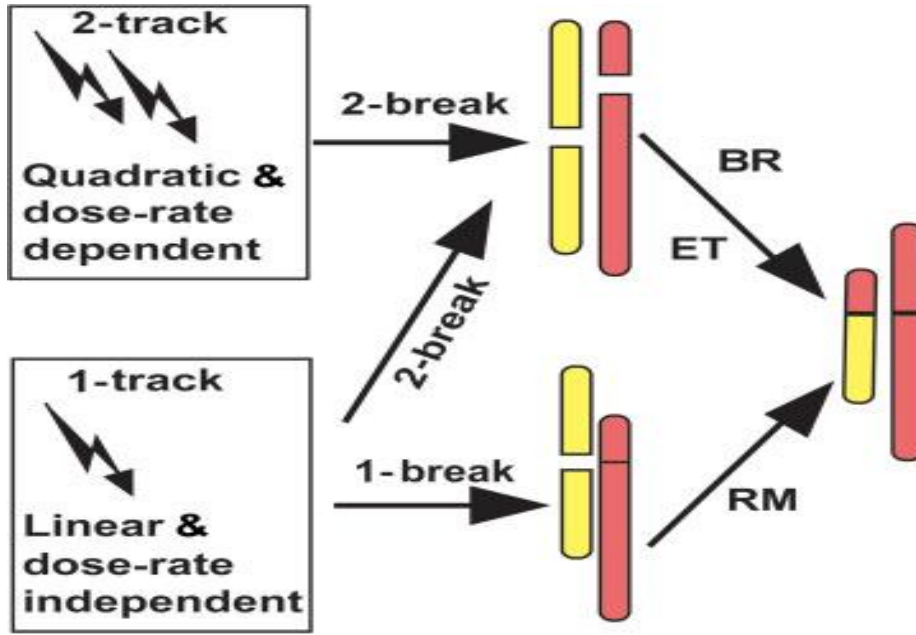
c. DNA'nın çift zincirinde kırılma

İyonize radyasyonun neden olduğu en önemli lezyonlardan biri de DNA'da karşılıklı zincirlerde meydana gelen kırılmalardır. Tamir edilemeyen bu kırık tipi gen mutasyonları ve kromozom mutasyonları gibi, çok önemli lezyonlara neden olmaktadır (Goodhead, 1994; Ward, 1995).

Bununla birlikte radyasyondan kaynaklanan hasarların toplu bir şekilde meydana geldiği son zamanlarda kabul gören bir teoridir. Bu gibi toplu hasarların radyasyondan kaynaklanan direkt etkilerin bir araya gelmesinden ortaya çıktığı, indirekt etki olarak ise; sekonder reaktif ürünlerin meydana gelmesidir (Nikjoo ve ark., 1999; Boudaffa ve ark., 2000).

Toplu hasarların oluşması için; baz hasarlarıyla tek veya çift zincir kırıklarının birlikte meydana gelmesi gerekmektedir. Toplu hasarların karmaşıklığını ve frekansını radyasyondaki enerji transferi belirlemektedir. Modelleme çalışmaları sonucu radyasyonun düşük dozlarda %30, yüksek dozlarda %70 oranında DNA'da çift zincir kırıklarına neden olduğu saptanmıştır (Şekil 1.5). Kırıklar baz kaynaklı hasarlardan oluştuğu için bu oran düşük dozlarda %60, yüksek dozlarda ise %90'a yükselmektedir. DNA'da hasarlar bu

derecede karmaşık hale geldiğinde onarılması daha zor olmaktadır ve muhtemel biyolojik ölümlere yol açmaktadır (Nikjoo ve ark., 2001; Nikjoo ve ark., 2002).



Şekil 1.5. Radyasyon dozuna bağlı olarak kromozomlardaki kırılmalar (Hlatky ve ark., 2002).

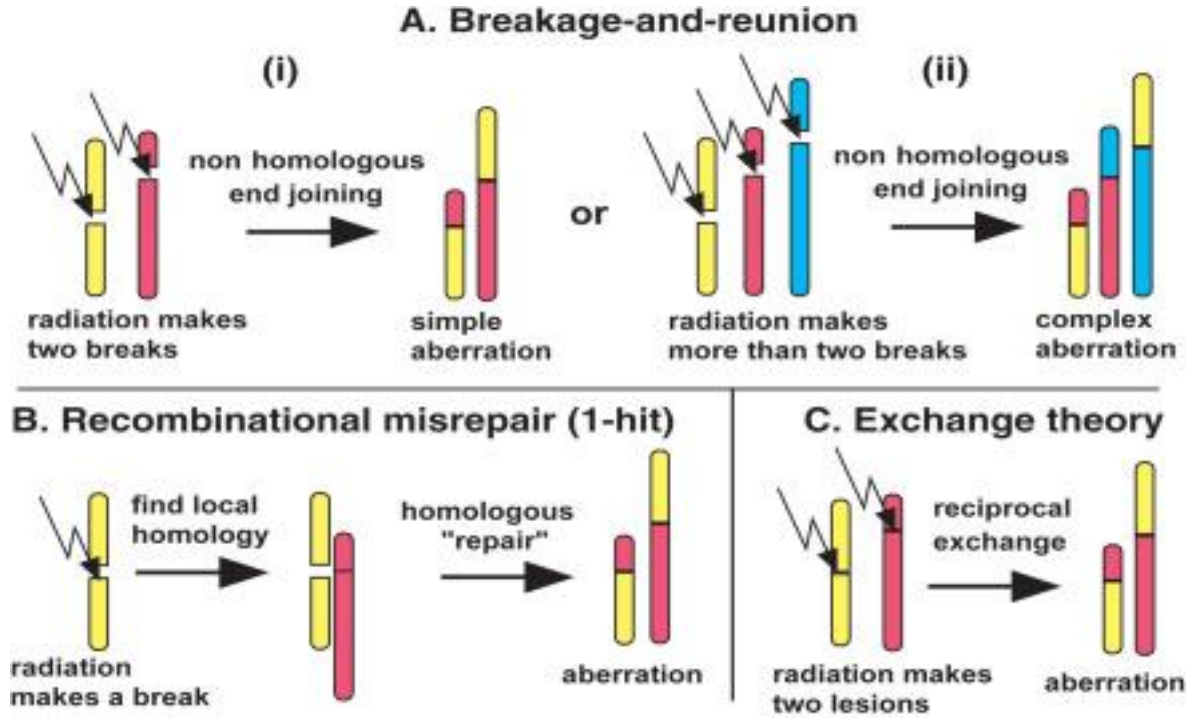
Radyasyon kaynaklı kromozom anormallikleri

Radyasyonun neden olduğu kromozom anormallikleri, kromozom ve kromatit tipi kırılmalar olarak sınıflandırılmaktadır. Hücreler erken interfaz evresinde (G1 Fazı) radyasyona maruz kaldığında birinci mitozda G1 kromozomlarına hasar vererek kromozom tipi anormalliklerine neden olur. S fazı boyunca bu kromozomlar replike olurken kardeş kromatitlerde bundan etkilenir. Eğer hücreler S ya da G2 fazında yani DNA replike olduktan sonra radyasyon maruziyeti olursa Şekil 1.6'da olduğu gibi anormallikler kromatit bazında olur ve kromatit tipi anormallikler olarak adlandırılır (Hall, 2000; Lehnert, 2007).

a. Radyasyon kaynaklı kromozom anormallikleri

Hücre bölünmesinin G1 ve S fazlarında radyasyon maruziyetinden kaynaklanan kromozom anormallikleri simetrik ve asimetric olarak katogorize edilebilir. Simetrik olan anormallikler resiprokal translokasyonları ve inversiyonları içerir. Resiprokal translokasyonlar replikasyon sırasında iki kromozomdan aynı anda kopan parçaların yer değiştirmesine dayanmaktadır. İversiyon ise; aynı kromozom içersinde kopan parçanın yön değiştirerek tekrar koştugu yere yapışması ile oluşmaktadır. İversiyon kromozomun

tek bir kolunda olursa; Parasentrik, her iki kolunda birden olursa; Perisentrik, olarak adlandırılır. Simetrik anormallikler kromozom yapısında biçimsel bozukluklara neden olmaz ve bundan dolayı hücresel döngüye uyum gösterebilir. Asimetrik kromozom anormallikleri ise; mitozda kardeş hücreler arasında genetik metaryallerin aktarımında kaynaklanan hatalardır ve daha çok öldürücü etkiye sahiptir (Hlatky ve ark., 2002; Bryant, 2004).

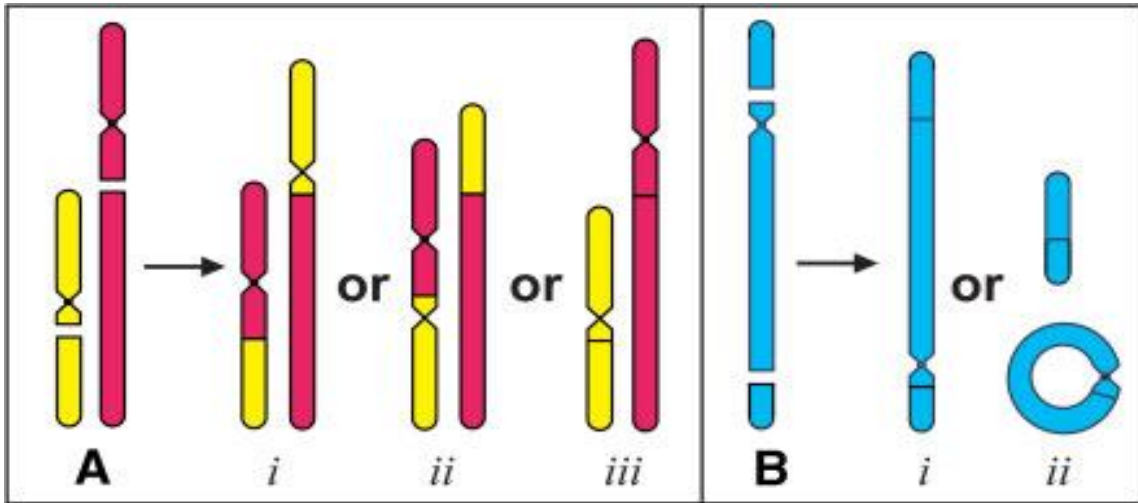


Şekil 1.6. Radyasyon kaynaklı kromozom (kromatit) kırılmaları ve oluşan parçaların tekrar birleşmesi (Hlatky ve ark., 2002).

Kromozomun hangi bölgesinden olursa olsun parça ve sonuçta genlerin kaybolmasına “delesyon” denir. Kromozomun bir ucundan bir parçanın kopup kaybolmasına “terminal delesyon” veya “defisiyens”, kopup kaybolan parçanın aradaki herhangi bir bölgeden olması durumu da “interstitial delesyon” (interkalar delesyon) olarak da adlandırmaktadır. “Delesyon”, bir sentromer kaybı yapacak kadar büyükse; oluşan asentrik kromozom bir sonraki hücre bölünmesinde kaybolur. Bir kromozomun iki ucunda (telomerde) kırık olursa; geriye kalan kısımlar yapışma özelliği göstereceğinden, birleşerek halka kromozomunu oluşturur (Aten ve ark., 2004).

b. Radyasyon kaynaklı kromatit anormallikleri

DNA replike olduktan sonra her bir kromozom bir sentromerle birbirine bağlanmış iki kardeş kromatit içerir. Kromatit anormallikleri Şekil 1.7’de görüldüğü üzere aynı kromozomda ya da farklı kromozomların kolları arasındaki etkileşimlerle meydana gelebilir. Kromatit delesyonları, sadece bir kromatit kolunda parça kaybının olmasıdır. Anafaz köprüsü ise; bir kromozomun her iki kolunda birden kopma meydana gelmesi, kopan parçaların birleşerek asentrik fragment oluşturması ve diğer sentromerli kromatitlerin birbirine yapışması ile meydana gelmesidir. Triradyal ise; kromozomlardan parça kopması ve tekrar yapışmasıdır. Bu olay iki farklı kromozomun kollarından ayrılan parçaların birleşerek asentrik kromozom oluşturması, kromozomlarında birleşerek disentrik bir şekilde biçimlenmesiyle gerçekleşmesidir. Anafaz’da kardeş kromatitler ayrılmaya çalışıldığında ayrılma gerçekleşmez ve triradyalin spesifik görüntüsünü almaktadır. Asentrik kromozom ise; sentromeri olmadığı için hücre içerisinde kaybolup gitmesidir (Cucinotta ve ark., 2000; Hlatky ve ark., 2002; Bryant, 2004; Shroff ve ark., 2004).



Şekil 1.7. Kromozom (A) ve kromatit (B) kırıkları (Hlatky ve ark., 2002).

1.2.3. Böceklerde radyasyon toleransı

Diptera, Hemiptera, Coleoptera ve Lepidoptera takımlarına bağlı türler üzerinde yürütülen çalışmalarda Lepidopterlerin radyasyona daha az tolerans göstermektedir (Hallman, 2000; Bakri ve ark., 2005b).

Depo zararlıları olarak bilinen *Plodia interpunctella* ve *Sitotroga cerealella* radyasyona en çok tolerans gösteren türler olmakla, *S. cerealella* 600 Gy’de çoğalamamaktadır (Ignatowicz, 2004). Çoğu böcekler 300 Gy’in altındaki dozlarda kontrol altına alınabilmektedir. Teorik olarak her böcek gurubu için belirlenen yüksek dozlar “jenerik doz” olarak adlandırılır ve tahmini bu dozlar sınırlı sayıda böcek guruplarına uygulanır (Çizelge 1.1).

Çizelge 1.1. Çeşitli böcek gurupları için tahmin edilen jenerik dozlar (FAO, 2003).

Böcek Gurupları	Beklenen Sonuçlar	Doz (Gy)	Aralığı
Yarım kanatlılar	Kısır ergin ya da jenerasyonun önlenmesi		50-250
Thripsler	Kısır ergin elde etme		150-350
Meyve sinekleri	Yumurta ya da larvadan ergin çıkışını önleme		50-150
Çekirdek fasülye zararlısı	Kısır ergin elde etme		70-300
Kabuk böceği	Kısır ergin elde etme		80-150
Gübre böceği	Kısır ergin elde etme		50-150
Depo ürün zararlıları	Kısır ergin elde etme		50-250
Depo ürün kelebekleri	Kısır ergin elde etme		100-600
Lepidoptera zararlıları	Yumurta ya da larvadan ergin çıkışını önleme		100-250
	Olgun pupalardan kısır ergin elde etme		200-400
Mite’lar	Kısır ergin elde etme		200-400

Çalışmada; X-ışını radyasyonunun Mısır Koçan Kurdu, (*S. nonagrioidis*)’un yumurtalarında embriyonal gelişme; larvalarında gelişim süresi, pupalarında meydana gelebilecek anormallikler ve ergin uçuşu, erkek ve dişi bireylerde kısırlılık oranı, aynı zamanda; radyasyonun böcek yapısındaki önemli yapısal makro moleküller olan karbohidrat, lipit, protein gibi, biyokimyasal parametrelerde ve DNA’sı üzerindeki hasarların tespiti gibi konular hedef alınmıştır.

2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

2.1. Böceklerle Karşı Radyasyon Çalışmaları ile İlgili Bilgiler

2.1.1. Ülkemizde radyasyon çalışmaları

Ülkemizde böceklerle karşı radyasyon ışınlarının uygulanması konusunda yeterli sayıda bilimsel araştırmalar yürütülmüş ve genelde bu çalışmalarda depo zararlılarına yer verilmiştir. Böyle deneyler 1960'ncı yıllarda başlamasına rağmen; 1990'ncı yıllardan sonra daha yüksek hız kazanmış, Kansu (1962) tarafından ilk defa Khapra böceği ergin bireylerine karşı gama radyasyonu ile kısırlaştırma, daha sonralar ise farklı evrelerine etkisi incelenmiştir. Kansu ve Tuncer (1989) fasülye zararlısı *Callosobruchus maculatus* F. (Coleoptera: Bruchidae)'nin farklı evrelerine karşı gama radyasyonunun etkisi incelenmiştir.

Tunçbilek (1992) tarafından Kıрма Biti'nin (*Tribolum confusum*) 2-4 günlük pupaları 0-120 Gy arasında değişen farklı dozlarda gama radyasyonuna maruz bırakılmış ve tüm dozlardaki ergin çıkışı kontrolle kıyaslandığında değerlerin aynı olduğu, fakat morfolojik olarak erginler arasında deformasyona yol açtığı tespit edilmiştir.

Başka bir çalışmada gama radyasyonunun farklı dozlarıyla *Stophilus granarius* L. (Coleoptera: Curculionidae)'un erginleri ışınlanmış ve doz artışına bağlı olarak; ölüm oranının yükseldiği ve LD_{99,9} değerinin 15°C ve 180 Gy ile 30°C ve 97 Gy düzeyde olduğu saptanmıştır (Tunçbilek, 1995).

Oryzaphilus surinamensis L. (Coleoptera)'in erginlerine 0-125 Gy arasında değişen dozlarda gama radyasyonu verilmiş ve sonuçta; 100 Gy'de dişilerde yumurta veriminin kontrole göre çok düşük olduğu, 125 Gy'de ise; erginlerin yumurta bırakmadan tamamen öldüğü belirlenmiştir. Bununla birlikte; 7-10 günlük *O. surinamensis* erginleri 25-125 Gy dozlarında gama radyasyonuna tabii tutulmuş, 125 Gy'de erginlerin tamamen öldüğü ve yumurta bırakmadıkları, dozların (SD₅₀ ve SD_{99,9}) sıra ile 26.2 ve 117 Gy olduğu belirlenmiştir (Tunçbilek, 1997).

Tunçbilek ve Kansu (1994, 1996) tarafından *Tribolum confusum*'un yumurta (0-2 günlük) ve larvalarına (16-18 günlük) karşı 40 ve 50 Gy'lik dozlarda gama radyasyonu verilmiştir. Sağ kalan larvalar üç farklı unda (buğday, arpa ve mısır) beslenmiş, buğday ve arpa ununda fazla pupa olduğu ve bu pupalardan uçuşan erginlerin sayısında yüksek olmuştur.

Ayvaz (2001) tarafından yürütülen doktora çalışmasında yumurta parazitoiti *Trichogramma evanescens* Westwood (Hymenoptera: Trichogrammatidae) ve konukçusu *Ephestia kuehniella* Zeller (Lepidoptera: Pyralidae)'ya çeşitli dozlarda gama ışınına maruz bırakılmış ve radyasyonun etkisi araştırılmıştır. *E. kuehniella*'nın yumurta, larva, pupa ve erginleri 50-550 Gy arasında değişen dozlarda ışınlandığında yumurta verimi, larva ve ergin çıkışı, ömür uzunluğu gibi, parametrelerde doz artışına bağlı olarak azalmaların olduğu kaydedilmiştir. Radyasyona maruz kalan dişiler, erkeklere nazaran; daha çok etkilenmiş ve cinsiyet oranı erkekler lehine kaymıştır. Yumurta ve larvalara 200 Gy ve üzeri dozlar uygulandığında oluşan erginlerin tamamı kısırlaşmış, bu durum pupa ve erginlerde 300 Gy'de gözlemlenmiştir. 0-24 saatlik konakçı yumurtaları 40, 60, 80, 100 ve 300 Gy'lik dozlarda ışınlandığında kontrolden daha fazla parazitlenmiş, aynı durum 48 saatlik yumurtalar için; 20 ve 40 Gy'lik dozlarda gözlenmiştir. 100 ve 140 Gy'lik dozlar hariç ışınlanmış ve ışınlanmamış yumurtalar eşit oranda parazitlenmiştir. 100 Gy'lik dozda kontrol yumurtaları, 140 Gy'lik dozda ise; ışınlanmış yumurtalar tercih edilmiştir. *T. evanescens*'in yumurta, pupa ve ergin dönemleri ışınlandığında parazitlenme, ergin çıkışı ve dişi oranı artan doza bağlı olarak azalmış, fakat F₁ ve F₂ erginlerinde bu özellikler bakımından kontrole pek farklılık göstermemiştir.

¹³⁷Cs kaynaklı gama ışınının *Hyalomma anatolicum*'un erkek bireylerine etkisi incelenmiş ve 10 Gy dozda ışınlanan erkek kenelerle çiftleşen dişilerde yumurtlama süresinin belirgin derecede azaldığı, ve yumurtadan çıkan larva sayısında da düşüşlerin olduğu saptanmıştır (Karaer ve ark., 2009).

Son yıllarda gama ışınlarına alternatif olarak zararlı böcekleri kontrol altına almada ve kısırlandırmada X-ışınları tercih edilmekte, bu ışın türünün kolay ve düşük maliyette elde edilebilirliği ve düşük dozlarda da olsa etkin olduğu bildirilmektedir. Örneğin; Pensilvenya'da Diptera, Lepidoptera ve Orthoptera takımları ve Arachnidae sınıfına ait türlerin laboratuvar şartlarında çoğaltılan hücre kültürleri X-ışınına maruz bırakılmış ve 12 farklı hücre kültürünün memeli hücrelerine oranla radyasyona daha dirençli oldukları belirlenmiştir. Ayrıca; Dipteran ve Lepitopteran hücreleri memeli hücrelerine göre, daha dirençli iken, Orthopteran ve Acarine hücrelerinin ise; daha az direnç göstermiştir (Koval, 1983).

Havai'de 3 farklı meyve sineği (*Ceratitis capitata* (Wiedemann), *Bactrocera dorsalis* (Hendel) ve *B. cucurbitae* (Coquillet) (Diptera: Tephritidae)) X-ışınına tutulmuş, 210 ve 250 Gy arasındaki dozlara daha toleranslı, 300 Gy dozda ise; kontrol altında tutulabileceği kaydedilmiştir. X-ışınına (150 Gy) maruz bırakılan tatlı patates zararlıları,

C. formicarius ve *E. postfasciatus*'un erginleri ve *O. anastomosalis* pupalarından elde edilen F₁ dölllerinde kısırlığın yüksek düzeye ulaştığı, ayrıca; *Amorbia emigratella* Busk (Lep.: Tortricidae)'nın gelişme dönemi ve yaş artışına bağlı olarak radyasyona tolerans arttığı, 90 Gy dozda ışınlanan neonat ve erken larvalarında ise; ergin çıkışı gözlenmemiştir. Işınlanmış ve kontrol kelebeklerin resiprokal çaprazlamalarında erkeklerin dişilerden daha toleranslı olduğu ve 90 Gy'de ışınlanan dişi kelebeklerle ışınlanmamış erkekler çiftleştirildikten sonra yumurta veriminde %20-25 oranında azalmalar olmuştur (Follet, 2004; 2006 ve 2008).

Hollingsworth ve Follet (2007), X-ışını radyasyonuna maruz bırakılan *Opagona sacchari* (Lep.: Tineidae)'nin erken ve geç dönem pupalarından ergin çıkışının engellediği, ayrıca; yumurta, neonat larva, 1,2 ve 3 haftalık larvalara etkisi açısından da en toleranslı dönem olduğunu belirtmişlerdir. 150 Gy doza maruz bırakılan yumurta, neonat larva, 1, 2 ve 3 haftalık larva, erken ve geç dönem pupalarda ergin çıkış oranı en az erken dönem pupalarda gözlemlenmiştir. 60 ve 400 Gy doza maruz bırakılan pupalarda ergin çıkışı doz artışına bağlı olarak azalırken, yumurta verimi ve yumurtadan larva çıkışlarında da önemli düşüşler kaydedilmiş ve *O. sacchari* için, minimum kısırlaştırma dozunun 150 Gy olduğu belirlenmiştir.

Triselyova (2010) tarafından X-ışınının kısırlaştırıcı dozlarının *Archips podana* Scop. (Lep.: Tortricidae)'nin erginlerinin anten oluşumuna etkisini saptamak amacıyla larvalar pupaya girdikten dört gün sonra 60, 120, 167 ve 200 Gy dozlarda radyasyon ışınına maruz bırakılmıştır. Radyasyona maruz kalan pupalardan uçuşan erginlerin anten yapılarındaki Coeloconic ve Auriculate sensilla kısımlarının sayıları arasında farklılıklar görülmüştür.

Bombyx mori'nin iki farklı ırkının erginleri X radyasyon ışınına (50 ve 150 Gy dozlarda) maruz bırakılmış ve kısırlık, yumurta verimi ve yumurtaların açılma oranlarında önemli azalmaların olduğu, ayrıca; radyasyonu maruz kalmış dişiler ile radyasyona maruz kalmayan erkekler çaprazlaştırıldıktan sonra, F₁, F₂ ve F₃ soylarında kısırlığa yol açtığı belirlenmiştir. F₁ dölünden F₃ dölüne doğru yumurtaların açılma oranlarında artışın olduğu ve kalıtımsal olarak ileriki döllerde yumurtaların açılma oranlarının süreklilik göstermediği bildirilmiştir (Subramanya, 2010).

Güney Afrika'da domates zararlısı olarak bilinen *Tuta absoluta* (Lep.: Gelechiidae) X-ışınına tutulmuş ve radyasyon dozunun artışına paralel olarak erkek ve dişi pupalardan ergin çıkışlarında azalmaların olduğu, 350 Gy ve üzeri dozlarının ise; morfolojik deformasyonlara yol açtığı kaydedilmiştir. Ayrıca; radyasyona maruz kalan erginler (dişi

ve erkek) radyasyona tutulmayan erkek ve dişilerle çaprazlanarak kısırlığın kalıtımı incelenmiş, 200 ve 250 Gy dozlarının erkeklerde, 200 Gy dozun ise; dişilerde kısırlığa neden olduğu belirlenmiştir (Cagnotti ve ark.,2012).

2.1.2. Farklı (Gama, UV ve ¹³⁷Cs) radyasyon kaynaklı çalışmalar

X-ışını radyasyonundan başka gama, UV (Ultraviole) ve ¹³⁷Cs (Cesium 137) ışınlarının farklı böcek türleri üzerine etkisi konusunda birçok çalışmalar yürütülmüştür. Örneğin; *Euscepes postfasciatus*'un erkeklerinde gama radyasyonun spermatogenez üzerine etkileri incelenmiş ve ayrıca elektron mikroskopunda ışınlanmış erginlerin histolojik preparatlarında farklılıklar saptanırken, spermatogenez'i engellendiği ve dişilerde oogenezi yavaşlattığı, ortabağırsak epitelyum dokusunda çöküşlere neden olduğu gözlenmiştir (Sakurai ve ark. 2000a, b)

Lux ve ark. (2002) tarafından *Ceratitis capitata* (Diptera: Tephritidae)'nın kitle üretimi yapılan erkeklerinde radyasyonun çiftleşme performansı üzerine etkilerini incelemiş, laboratuvar koşullarında ve sahada yürütülen denemelerde çiftleşme performansının azaldığı, fakat düşük dozlarda ise; herhangi bir etkinin olmadığını kaydedilmiştir.

Helicoverpa armigera (Hubner) (Lepidoptera: Noctuidae)'ya karşı; 100 Gy gama radyasyonun larva ve pupa ağırlıklarına, F₁ dölünde pupal periyoda herhangi bir etkisinin olmadığı, ama; larval periyodun uzadığı gözlenmiştir. F₂ jenerasyonunda pupalar daha hafif olurken, P₁ ve F₁ dişilerinin yumurta verimliliği üzerinde bir etki görülmemiştir. P₁ erkekler tamamen kısır iken, aynı zamanda; F₁ dölünden elde edilen yumurtaların açılmalarını engellenmiştir (Ocampo ve ark., 2002).

Cydia pomonella L. (Lepidoptera: Tortricidae)'nın beşinci dönem larvaları 50-250 Gy arası değişen dozlarda radyasyona maruz bırakılmış ve radyasyon dozunun artışına bağlı olarak pupaya girme ve ergin çıkış oranlarında azalmaların olduğu, ayrıca; diyapoza girmiş larvalar diyapoza girmemişlere, dişilerde erkeklere göre; radyasyona karşı daha hassas olduğu gözlenmiştir. Böylece; iyonize radyasyonun düşük dozları ile bu zararlıyı kolay bir şekilde kontrol altına alınabileceğini belirtilmiştir (Mansour, 2003).

Bloem ve ark. (2003) tarafından *Cryptophlebia leucotrata* (Lepidoptera: Tortricidae)'nın olgun dişi ve erkek pupaları ile yeni çıkmış erginleri üzerine gama radyasyonun etkileri araştırılmıştır. Yeni çıkan erginlerde ışınlanmış erkeklerle ışınlanmamış dişilerin çaprazlanması sonucunda; yumurta verimine radyasyonun herhangi

bir etkisinin olmadığı, bununla birlikte; ışınlanmış dişilerle hem ışınlanmamış erkekler hem de ışınlanmış erkeklerle çaprazlandığında ise; yumurta veriminin doz artışı ile ilişkili olduğu gözlenmiştir. Benzer sonuçlar; olgun pupalarda da kaydedilmiştir. F₁ dölünde yumurta verimi ve kısırlık azalırken, ölüm oranı artmış ve P₁ erkeklerinde artan radyasyon dozuna bağlı olarak F₁ de çıkan erginlerde erkek bireylerin sayısı fazla olmuştur.

Diyapoz boyunca ve standart protokolle üretilen *Cydia pomonella* L. (Lepidoptera: Tortricidae)'ya 150 ve 250 Gy gama radyasyonla muamele edilmiş ve sahada kısırlık üzerine etkileri incelenmiştir. Denemeler bahar ve yaz mevsimlerinde yürütülmüş, sahaya bırakılan erkekler yapay feromonlar ya da çiftleşmemiş dişi bireyler kullanılarak yakalanmıştır. Radyasyonun, erkeklerde çiftleşme performansına bahar boyunca düşük sıcaklıklarda; yaz boyunca ise, yüksek sıcaklıklarda önemli etkide bulunduğunu ve genel anlamda en iyi sonuçların düşük doz radyasyon kullanımı ile diyapoz boyunca kitle üretiminin kombinasyonu olduğunu tavsiye etmişlerdir (Bloem ve ark., 2004).

Surisan ve ark. (2004) tarafından gama radyasyonunun kullanımının *Helicoverpa armigera* (Hubner)'yı kontrol altına almada potansiyel bir metot olanağı araştırılmıştır. *H. armigera*'nın birinci, ikinci, üçüncü ve dördüncü dönem larvaları 75 ve 150 Gy'de ışınlanmış ve beşinci döneme geçen larvalarda kontrole göre; total hemosit miktarı ve fenoloksidaz aktivite ölçümleri yapılmıştır. Radyasyon uygulanması sonucu her bir doz ve grupta kontrole göre; total hemosit miktarı ve fenoloksidaz aktivitesinde önemli oranda düşüşlerin olduğu söylenmiştir.

Gama radyasyonunun *Teia anartoides* Walker (Lepidoptera: Lymantriidae)'in ergin ömür uzunluğu ve kısırlık üzerine etkilerinin incelendiği bir çalışmada, altı günlük erkek pupalar 0, 100 ve 160 Gy radyasyonla ışınlanmıştır. Laboratuvar çalışmaları radyasyonun P₁, F₁ ve F₂ erginlerinin ömür uzunluğu üzerinde az da olsa etki bulunduğunu, ayrıca; radyasyondan kaynaklanan zararlı kalıtsal etkiler F₁ ve F₂ jenerasyonunda gözlenmiştir. Işınlanmış erkeklerle ışınlanmamış dişilerin çiftleşmesinin dişilerin yumurta verimine herhangi bir etkisi olmazken, yumurtaların açılması ve postembriyonik gelişimini engellediği saptanmıştır. Kısırlık oranı; P₁ erkeklerinin olduğu dış çaprazlamada, F₁ erkeklerinin dış çaprazlamalarına göre daha yüksek olmuştur. F₁ erkeklerinde her zaman F₁ dişilerine nazaran kısırlık oranı daha çok gözlenmiş ve F₁ ve F₂ jenerasyonunda kısırlık oranının kontrolden yüksek olduğu kaydedilmiştir. Kısırlaştırıcı radyasyonun kısmi olarak kullanılmasının *T. anartoides*'i kontrol altına almada ve yok etmede iyi bir potansiyele sahip olabileceğini bildirmişlerdir (Wee ve ark., 2005).

Plodia interpunctella (Hubner) (Lepidoptera: Pyralidae)'nın dördüncü dönem larvaları üzerine gama radyasyonunun etkilerini belirlemek amacıyla yürütülmüş başka bir çalışmada, larvalar 300-900 Gy arasındaki dozlarda ışınlanmıştır. Doz artışına bağlı olarak besin tüketimi ve larval ağırlıklarında önemli derecede azalmaların olduğu, ışınlanmış larvaların pupaya girmesi ve pupalardan ergin bireylerin oluşumu tamamen engellendiği ve aynı zamanda; 450 Gy ve üzeri dozlarda ölüm oranının %100'e ulaştığı belirlenmiştir (Azemat ve ark., 2005).

Boshra ve Mikhail (2006) tarafından *Ephestia calidella* (Guenee)'nin olgun pupaları 200-1000 Gy farklı dozlarda gama radyasyonuna maruz bırakılmış ve 1000 Gy'de her iki cinsiyetin çıkmasını önlediği, ayrıca dişilerin 350 Gy, erkeklerinse 400 Gy'de kısırlandığı saptanmıştır. Ergin ömür uzunluğu ve çiftleşme kabiliyetinin doz artışına bağlı olarak farklılık gösterdiği; 100, 150 ve 200 Gy'in erkek bireyler için substerilize doz olduğu gözlenmiştir.

Diyapoz girmiş ya da girmemiş *Cydia pomonella* L. (Lepidoptera: Tortricidae) larvalarının kitle üretiminden elde edilen erginleri gama radyasyonuna maruz bırakılmış ve çiftleşme kabiliyeti incelenmiştir. Radyasyon dozları ile çiftleşmedeki aktifliğin diyapoz yoluyla elde edilen erkeklerde eşit olduğu, dişilerde ise; tam tersi durumdan söz edilmektedir (Bloem ve ark., 2006)

Allingh ve ark. (2007) tarafından Güney Amerika meyve sineği olan *Anastrepha fraterculus* (Diptera: Tephritidae)'a karşı farklı gama radyasyonu dozlarının, maruziyet süresinin ve pupal yaşın kısırılık oranı üzerine etkileri incelenmiştir. İlk denemelerde 50, 70 ve 90 Gy dozlarla 24, 48, 72 ve 96 saatlik pupalar ışınlanmış, ikincide ise 48 saatlik pupalar 20, 40 ve 60 Gy radyasyona maruz bırakılmışlardır. Işınlanan pupalarda yaş faktörünün kısırılık ve sperm transferi üzerine herhangi bir etkisinin olmadığı, ama; 70 Gy'le ışınlanan 48 saatlik pupalarda hem erkek hem de dişilerde %100 kısırılığa yol açtığı gözlenmiştir.

UV radyasyonun (254 nm) farklı yaş (1,2 ve 3 günlük) gruplarında olan *Tribolium castaneum* (Herbist), *Tribolium confusum* (Duval) (Coleoptera: Tenebrionidae) ve *Cadra cautella* (Walker) (Lepidoptera: Pyralidae)'da yumurta açılımı ve ergin çıkışına etkileri saptanmış ve sonuçta radyasyon uygulama süresinin artışına bağlı olarak bütün yaş gruplarında yumurtaların açılma oranında azalmalar, 24 dakika ışınlanan *T. confusum*'un yumurtalarının (2-3 günlük) hiç açılmadığı gözlenmiştir. *C. cautella* yumurtalarının UV radyasyona karşı *T. confusum* ve *T. castaneum* yumurtalarına göre daha hassas oldukları,

ayrıca; bütün denemelerde her üç türde ergin çıkışında önemli oranda düşüşlerin olduğu belirtilmiştir (Faruki ve ark., 2007).

Başka bir çalışmada *Cylas formicarius elegantulus* (Summers) (Coleoptera: Curculionidae) erkeklerinin çiftleşme kabiliyeti üzerine 200 Gy dozda gama radyasyonun etkisi araştırılmıştır. Bir hafta boyunca ışınlanmış erkeklerin çiftleşme yeteneğinde kontrole göre; herhangi değişikliğin gözlenmediği, ancak; sonraki günlerde ölüm oranında artışlar kaydedilmiştir (Kumano ve ark., 2008).

Aye ve ark. (2008), gama radyasyonunun *Plodia interpunctella* (Hubner) (Lepidoptera: Pyralidae)'nin üreme ve gelişme gibi; özellikleri üzerine etkilerini incelemiştir. 0.1 ve 1.0 kGy dozlarda ışınlandığında yumurtaların açılması, pupa oluşumu, ergin çıkışı ve yumurta verimi gibi özelliklerine olumsuz etkilerde bulunduğu, 0.25 kGy'de pupa oluşumu ve 1.0 kGy'de ise; ergin çıkışını önlediğini, 0.1 ve 0.25 kGy'de ışınlanan yumurtalarda açılma ve hem de ışınlanmış larvalarda pupaya girme oranında düşüşlerin olduğu saptanmıştır.

Yumurta parazitoidi *Trichogramma chilonis* (İshii) ve predatör *Chrysoperla carnea* (Stephens)'in kitle üretimini geliştirmede gama radyasyonunun etkinliği araştırılmıştır. Parazitoidin yumurtalarını bıraktığı konukçu (*Sitotroga cerealella* Olivier) 5-55 Gy arasında dozlarda ışınlanmış, sonuçta; yumurtaların açılma süresinin uzadığı ve parazitlenmesinde önemli oranda farklılıklar göstermiştir. Işınlanmış yumurtalarla beslenen *C. carnea* kontrole göre daha uzun süre yaşadığı, her ne kadar yumurta verimi açısından başarılı jenerasyonlar elde edilse de sonraki döllerde yumurta veriminin azaldığı kaydedilmiştir (Hamed ve ark., 2009).

Zubrik ve Novonty (2009), gama radyasyonunun *Lymantria dispar* (Lepidoptera: Lymantriidae)'nin gelişimindeki karakteristik özelliklerini incelemek amacıyla yumurtalar açılmadan birkaç gün önce 10-110 Gy arasında dozlarda, ilk dönem larvalar ise; 50, 80 ve 110 Gy'de ışınlanmış, bunu takiben yumurta ve larvalardan ergin oluşumunda kontrol guruplara göre önemli azalmaların olduğunu tespit etmişlerdir. Larvada ölüm oranı ve pupa oluşumu doza bağlı olurken, pupal morfolojik anormallikler ise; kontrole göre oldukça yüksek bulmuşlar ve 50 Gy'in bu zararlıyı kontrol altına almada etkili doz olabileceğini öne sürmüşlerdir.

Başka bir çalışmada *Oryzaphilus surinamensis* L. (Coleoptera: Silvanidae)'in gama radyasyonunun yumurtaların açılmasını önlemede 60 Gy'in, larvalardan ergin bireylerin oluşmasını önlemede 350 Gy'in ve beş günlük pupalardan ergin çıkışını önlemede ise; 700 Gy radyasyonun etkili doz olduğunu belirtmiş, 200 Gy'de ışınlanan ergilerin 28 günden

sonra tamamının öldüğü saptanmıştır. Her bir evreden sonra özellikle larvaların büyüme indeksinin önemli oranda azaldığı, ergin oluşum süresinin yavaşladığı gözlenmiştir. Sonuç olarak; *O. surinamnesis*'in pupa ve erginlerini kontrol altına almak için; 600 ve 700 Gy ışın kullanılmasının daha uygun olacağını önermektedirler (Hosseinzadeh ve ark., 2010).

¹³⁷Cs kaynaklı gama radyasyonunun *Bactrocera correcta*'nın pupalarına etkilerinin araştırıldığı çalışmada, farklı dozlarda (0, 5, 10, 15 ve 30 Gy) ışınlanmış pupalarda ergin çıkışı, ergin anormallikleri ve erkek ömür uzunluğunda herhangi bir etkide bulunmadığı, bununla birlikte; ışınlanmış erkeklerde doz artışına bağlı olarak kısırılık oranının arttığı ve çiftleşme kabiliyetinin ise; 30 Gy'de kontrole eşit olduğu belirtilmiştir. Aynı zamanda; ışınlandıktan sonra ölen larvalar dondurularak radyasyonun melaninleşme üzerine etkileri incelenmiş ve doz artışına bağlı olarak melaninleşmede de yükseliş olduğu kaydedilmiştir. Işınlanmış 1. ve 3. dönem larvalarda total hemosit miktarının kontrole göre; önemli oranda artırdığı saptanmıştır (Puanmanee ve ark., 2010).

Abdel Baki ve Al Khalaf (2011), farklı dozlarda (50, 150, 250 ve 350 Gy) ışınlanmış *Plodia interpunctella* (Hubn.) (Lepidoptera: Phycitidae) pupalarından uçan erginlerin ovaryum ve testislerini incelemiştir. Dişilerde oosit gelişim süresinin azaldığı ve daha az sayıda yumurta bıraktıkları, erkeklerde ise; testis boyutlarında doz artışına bağlı olarak küçülmeler olmuştur.

Gama radyasyonunun 150 Gy'i *Tribolium castaneum* (Herbst.) (Coleoptera: Tenebrionidae)'un 1-2 günlük yumurtaların açılmasını, 100 Gy'i 15 günlük larvalardan sonuçta ergin çıkışını, 700 Gy 5 günlük pupalardan ergin çıkışını, 200 Gy radyasyon dozunun ise erginlerde %100 öldürücü etkiye sahip olması için yeterlidir. Yumurta, larva ve pupalardan ergin çıkışının doz artışına bağlı olarak azaldığı ve 700 Gy'in *T. castaneum*'un popülasyonunu kontrol altına almada yeterli olabileceği kaydedilmiştir (Hosseinzadeh ve Shayesteh, 2011).

Sour (2012) tarafından gama radyasyonu çeşitli dozlarının *Lobesia botrana* (Denis and Schiffermuller) (Lepidoptera: Tortricidae)'ya etkisi incelenmiş, 300 ve 350 Gy'de ışınlanmış erkeklerle çiftleşen ışınlanmamış dişilerin yumurta veriminin azaldığı, 400 Gy'de kısırılık oranının %2,7 olduğu belirtilmiştir. 150 Gy'de ışınlanmış dişilerle ışınlanmamış erkekler çiftleştiğinde kısırılık %100 olarak; 100, 150 ve 200 Gy dozlarında ışınlanan erkeklerin iç ve dış döllenmeler sonucunda, elde edilen F₁ dölünde kısırılık oranının azaldığı, 150 Gy'in ise; *L. botrana*'nın F₁ dölünü kısırılaştırıcı doz olarak Böcek Kısırılaştırma Tekniği'nde kullanılabileceği belirtilmiştir.

Başka bir çalışmada gama radyasyonu farklı dozlarının (50, 100, 200 ve 300 Gy) *Spodoptera fugiperda* (Smith, 1797) (Lepidoptera: Noctuidae)'nın larvalarına etkileri incelenmiş ve öldürücü dozun 300 Gy; kısırlaştırıcı dozun ise 200 Gy olduğu kaydedilmiştir (Arthur ve ark., 2013).

Gama radyasyonunun *Corcyra cephalonica* (Staint) (Lepidoptera: Pyralidae)'nın farklı evreleri, ATP-az ve AChE enzim aktiviteleri ile amino asit içerikleri üzerine yürütülen deneylerde, radyasyon maruziyetine bağlı olarak AChE enzim aktivitesinin oldukça yükseldiği ve doz artışıyla da enzim inhibisyonunun yükseldiği, ayrıca; doz artışı ile serbest ve protein hidrolizat amino asit içeriklerinde de önemli oranda düşüşlerin olduğu gözlenmiştir. Bununla birlikte doz artışına bağlı olarak pupa oluşumu, ergin çıkışı, erginlerde yumurta verimi ve kısırlığın zaman ve larval yaşa bağlı olarak azaldığı, 25 günlük larvalar ise 80 Gy radyasyonla muamele edildiğinde kısırlık oranının en düşük seviyede olduğu saptanmıştır (Al Khalaf ve Abdel Baki, 2013).

Agrotis ipsilon (Hufn.)'nun larva ve olgun pupaları (erkek ve dişi) gama radyasyonun çeşitli dozlarıyla (50, 100 ve 150 Gy) ışınlanmıştır. Sonuçta; pupalardan uçuşan dişi ve erkekler çiftleştirildiğinde yumurta veriminin doz artışına bağlı olarak azaldığı, kısırlık oranındaki artışın ve yumurtaların açılma yüzdesindeki değişikliklerin ise; doz seviyeleri ile ilişkili olduğunu saptamışlardır. Aynı zamanda; doz artışına bağlı olarak larva ve pupada ölüm oranı ile larval ve pupal gelişim süresinde de önemli artışlar görülmüştür (Salem ve ark., 2014).

Düşük dozda (150 Gy) radyasyonun *Lobesia botrana* pupalarından ergin çıkışı, uçuş kabiliyeti, kafesli alanda feromona cevap verme yeteneği, erkek ya da dişi bireylerde çiftleşme becerisine ait pek etkide bulunmadığı belirlenmiştir. Bununla birlikte; pupa süresinde ve ışınlanmış dişilerin sayısında önemli oranda düşüslere neden olmuştur. Işınlanmış erkeklerde kısmi kısırlığın kalıtsal olarak aktarılmasından dolayı; F₁ ve F₂ dölünde sayıları oldukça azalmıştır (Steinitz ve ark., 2014).

2.2. Biyokimyasal Çalışmalar

Kimyasal maddeler, radyasyon ışınları ve ortam koşullarının etkisi ile böceklerin karbohidrat, lipit ve protein gibi biyokimyasal parametrelerinde meydana gelen değişimleri araştırmak amacıyla birçok çalışmalar yürütülmüştür. Örneğin; Pant ve ark. (1979) *Antheraea mylitta* (Lepidoptera)'nın embriyonik gelişimi boyunca karbohidrat ve lipit değerlerindeki değişimleri incelemiş ve erken embriyonel gelişimde karbohidratların

metabolize edildiğini, lipitlerin ise; daha geç dönemlerde ortaya çıktığını kaydetmişlerdir. Glukanogenesis ve glikogenesin meydana geldiği 5. ve 6. günlerde ise; total karbohidrat ve glikojen miktarında önemli artışların olduğu ve ayrıca embriyonal gelişimde karbohidrat ve lipitlerinde yararlanıldığı söz konusudur.

Parazitoid *Pimpla turionellae*'nin özellikle kadmiyumlu besinle beslenmesi sonucu su içeriğinde bir artışın olduğu, total lipit ve protein miktarında ise tersine azalmaların görüldüğünü belirtilmiştir (Ortel, 1991).

Cd, Pb, Cu ve Zn gibi ağır metalli besinlerle beslenen Kır tırtılı (*Lymantria dispar*) larvalarında her bir metalin miktarına bağlı olarak hemolenf ve dokularında karbohidrat seviyelerinin değiştiğini, özellikle kadmiyum ve çinko içeren besinler aldığı takdirde trehaloz seviyesinde düşüşler olduğu gözlenmiştir (Ortel, 1996).

Scathophaga stercoraria (Diptera: Scathophagidae) erginlerinde, besin çeşidi ve yaşa bağlı olarak glikojen miktarında değişikliğin olduğu ve ayrıca; çiftleşebilen bireylerdeki glikojen rezervlerinin çiftleşemeyen bireylere göre fazla olduğu bildirilmiştir (Otronen, 1995).

Özalp ve Emre (1998), kontrol olarak kullandıkları Sakkaroz dışında 22 farklı karbohidratın *Pimpla turionellae* L.'nin ergin dişilerinin total glikojen ve protein miktarına etkilerini incelemişlerdir. Uygulanan karbohidratlar (ksiloz, riboz, ramnoz vs.) böceğin total glikojen miktarını önemli derecede düşürürken; arabinoz, fruktoz, galaktoz, glikoz pek fazla etkilememiştir. Ksiloz, ergin dişilerin protein miktarını artırırken; glikoz, tersine azaltmış ve diğer karbohidrat çeşitleri protein oranına herhangi bir etki sağlamamıştır.

Yine başka bir çalışmada; *Pimpla turionellae*'nin ergin dişilerindeki açlık, beslenme, yaşlılık ve parazitlemenin glikojen oranına etkisi araştırılmış ve sonuçta beslenmeye bağlı olarak glikojen oranının arttığı; açlık, yaşlanma ve parazitleme durumundaysa azaldığı saptanmıştır. Ayrıca; glikojen seviyesi ve parazitoit tarafından bırakılan yumurta sayısında da doğru bir orantının olduğu gözlenmiştir (Şeker ve Yanıkoğlu, 1999).

Shin ve ark. (2001) tarafından *Galleria mellonella* larvalarında kadmiyumun total lipit ve yağ asitleri üzerine etkisi incelenmiş ve kadmiyumun total lipit bileşenlerini önemli derecede azalttığı, yağ asitleri oranında ise kontrolle kıyaslandığında pek değişimler kaydedilmemiştir.

Solenopsis invicta (Formicidae: Hymenoptera)'nin ergin ve pupa evresinde amino asit, total protein ve karbohidrat konsantrasyonlarına etkisi araştırılmış, her iki eşey arasında total proteinin orantılı olarak azaldığı, ayrıca; dişi bireylerde total karbohidrat

miktarının %19,6 iken erkeklerde bu oranın %7,66'ya düştüğü kaydedilmiştir. Benzer durumların total protein oranlarında görüldüğü belirtilmiştir (Consoli ve Vinson,2002).

Başka bir çalışmada; insektisit olarak bilinen Fenitrothion ve Ethion'un İpek Böceği *Bombyx mori* (Lep.: Bombycidae)'nin hemolenf ve vücut glikojen metabolizmasına etkisi incelenmiş ve her iki maddenin lethal ve sublethal dozlarının böceğin hemolenf ve glikojen seviyelerinde düşüslere neden olduğu, aynı zamanda; toksik etkiyede sahip olduğu görülmüştür (Nath, 2002).

Büyükgüzel (2002) tarafından, 13 farklı antimikrobiyal maddenin endoparazitoit (*Pimpla turionellae* L.)'in total protein seviyesine etkisi araştırılmış ve nystatinin böceğin total protein seviyesini artırdığı, penicilin, streptomycin, rifampicin, tetracycline hydrochloride, lincomycin hydrochloride, methyl-p-hydroxybenzoate, cycloheximide ve sodium benzoate'ın ise azalttığını bildirmiştir.

Farklı çevre sıcaklıklarında tutulan hububat böceği (*Acanthoscelides abtectus* Say (Coleoptera: Bruchiidae)) erginlerinin karbohidrat, protein ve lipit miktarındaki meydana gelen değışmeler incelenmiştir. Sonuçta; 20°C sıcaklıkta tutulan erkek ve dişi bireylerde toplam karbohidrat ve protein miktarında azalmalar, 30°C ve bunun üzerindeki sıcaklıklarda ise; karbohidrat ve protein miktarında önemli derecede artışların olduğu kaydedilmiştir (Sönmez, 2003).

Huang ve ark. (2004), azadirachtinin *Spodoptera litura* (F.)'da protein metabolizmasına etkisini araştırmışlardır. Larva evresinde 1 ppm azadirachtin besinle karıştırılarak verilen bireyler pupalaşmış ve 48 günlük pupada total protein bileşenlerinde azalmaların olduğu tespit edilmiştir.

Nestel ve ark. (2004) tarafından diyetlerine farklı oranlarda sakkaroz ve amino asit katılan Akdeniz meyve sineği (*Ceratitis capitata*)'nin pupaya giren larva ve yeni çıkmış ergininde lipit ve protein seviyeleri incelenmiştir. Sonuçta; farklı sükröz konsantrasyonlarının larvalarda lipit ve protein rezervlerinin kullanılmasında yoğun bir şekilde baskı yaptığını, ayrıca pupadan çıkan erginlerdeyse; farklı konsantrasyonun lipit ve protein seviyelerine etkin olduğunu saptamışlardır. Diyette amino asit manuplasyonları pupaya giren larvaların lipit seviyelerinde değışimlere neden olmamış, yeni çıkan erginlerde de lipit ve protein seviyeleri değışmemiştir.

Sak (2004) tarafından çeşitli konsantrasyonlarda cypermethrin'in *Pimpla turionellae* L. (Lepidoptera: Pyralidae)'nin toplam protein, lipit ve karbohidrat miktarlarına etkisi incelenmiştir. Konukçu olarak besinine cypermethrin ilave edilmiş Bal mumu güvelerinden yararlanılmıştır. Cypermethrinin parazitotin ergin evresinde glikojen

seviyesini, larva evresindeyse; lipit ve protein miktarını önemli oranda azalttığı saptanmıştır.

Farklı oranlarda Civa (Hg^{+2}) tarafından (% 0.05, 0.10, 0.50 ve %1.00) endoparazitoit (*Pimpla turionellae* L.) erginlerinin protein ve glikojen miktarında meydana getirdiği değişimler araştırılmıştır. Deneylerde besine ilave edilen 0.05, 0.10 ve 0.50'lik civa dozlarının; dişi böceklerin protein ve glikojen seviyelerinde önemli derecede azalmalara neden olduğu, erkeklerde ise; hiçbir değişikliğe yol açmadığı gözlenmiştir (Kocalar, 2005).

Başka bir çalışmada farklı fotoperiyot rejimlerinin (24A;0K, 0A;24K, 18A;6K, 6A;18K, 12A;12K) *Galleria mellonella* L. (Lepidoptera: Pyralidae)'da değişik yaştaki erginlerinin total karbohidrat, lipit ve protein miktarlarına etkisi incelenmiştir. Tüm fotoperiyot rejimlerinde protein miktarı dişilerde, yaşa bağlı olarak ilk günlerde artarken sonraki günlerde azalmış, erkeklerde ise; böyle bir durum gözlenmemiştir. Erginlerdeki lipit miktarı her iki eşeyde de yaş artışına bağlı olarak azalırken, karbohidrat miktarları ise; artış göstermiştir. Ayrıca; tüm fotoperiyot rejimlerinde dişilerin erkeklerden daha fazla karbohidrat, lipit ve protein içerdiğini kaydedilmiştir (Koç, 2005).

Farklı kadmiyum oranlarının (0.05, 0.10, 0.50 ve %1.00) ergin *Pimpla turionella* L. tarafından sentezlenen protein ve glikojen miktarına günlere göre (10., 15., 20., 25. ve 30. gün) etkisi incelenmiştir. Kadmiyumun erkek bireylerde protein miktarına herhangi bir etkide bulunmamasına, rağmen; dişilerde düşük oranlarda da olsa (%0.05 ve %0.10) artışa neden olmuş ve yüksek oranlarda ise; (%0.50 ve %1.00) protein oranında tekrar azalmalar gözlenmiştir. Ayrıca; kadmiyuma maruz kalma süresinin uzunluğuna bağlı olarak glikojen miktarının azaldığı, dişilerde de aynı şekilde 20. ve 25. günlerde kadmiyum derişiminin artmasına bağlı olarak glikojen miktarında azalmaların olduğu kaydedilmiştir (Kayış, 2005).

Boz (2006), tarafından *Venturia canescens* (Gravenhorst) (Hymenoptera: Ichneumonidae) tarafından parazitlenen un güvesi *Ephestia kuehniella* (Zeller) (Lepidoptera: Pyralidae) larvalarında hemolenf, protein, lipit ve karbohidrat miktarının zamana ve sıcaklığa bağlı olarak değiştiği ve özelliklede toplam protein miktarında artışların olduğu saptanmıştır.

Potasyum bromid'in biyokimyasal yönden İpek Böceği (*Bombyx mori* L.) melez ırkları larvalarında vücut yapısı ve hemolenfine etkisi incelenmiştir. Üç farklı dozla (10, 20 ve 40 $\mu\text{g/ml}$) 3 farklı melez ırk (CSR2, CSR4 ve CSR2xCSR4) muamele edilmiş ve bütün guruplarda vücut yapılarında glikojen değerinde önemli artışlar görülmüştür. Ve 20 ve

40µg/ml ile muamele edilen bütün melez ırkların vücutlarında protein değerleri azalırken 10µg/ml ile muamele edilen melez ırklarında ise; artışlar olmuş, 20 ve 40µg/ml dozlara maruz bırakılan CSR2 ırkının hemolenf protein değeri diğer ırklar ve kontrol gurubundan farklı olarak önemli ölçüde azalmıştır. 40 µg/ml doza maruz bırakılan CSR2xCSR4 melez ırkının vücutlarındaki total lipit değerlerinde artışların olduğu belirlenmiştir (Kochi ve Kaliwal, 2006),

Abdul Razak ve Sivasubramanian (2007), *Cheilomenes sexmaculata* F. ve *Chrysoperla caernea* St. ile yapılan deneylerde 3 bitkisel insektisit özelliği taşıyan yağın, karbohidrat bileşenlerine etkisi araştırılmıştır. Son larval evrede bitkisel yağlar karbohidrat seviyesini azaltmış, ayrıca; %3'lük neem yağı ergin erkeklerinde, karbohidrat bileşenlerini %24.62 düşürmüş, diğer (pungam ve madhuca) insektisit yağlar ise tersine artışına neden olmuştur. *C. carnea*'nın dişilerinde karbonhidrat seviyesinde bitkisel yağların etkisi ile %8.64 azalmıştır.

İki farklı kaynaktan (Argon-ion ve CO₂ lazer) elde edilen lazer radyasyonun *Trogoderma granarium* Everts (Coleoptera: Dermestidae)'un 2-3 günlük pupalarına etkileri üzerine yürütülen çalışmada, radyasyon kaynağının toplam protein miktarını önemli oranda artırdığı, ama; total lipit miktarında ise, değişikliğe neden olmadığı kaydedilmiştir. Bununla birlikte; CO₂ kaynaklı lazer radyasyonu kullanıldığında total karbohidrat miktarında önemli oranda düşüşlerin olduğu, Argon-ion lazer radyasyon uygulandığında ise, herhangi bir değişikliğe neden olmamıştır (Abdel-Kader ve ark., 2007).

Haiba ve Abdel-el Aziz (2008), gama radyasyonunun patates zararlısı *Phthorimaea operculella* Zeller (Lepidoptera: Gelechiidae)'nın erginlerinde karbohidrat, protein ve lipit miktarına etkisini araştırmış, sonuçta; *P. operculella*'nın vücut yapısında protein, karbohidrat ve lipit seviyelerinin önemli oranda değiştiği, çoğu dozlarda erkek ve dişi bireylerin karbohidrat ve protein miktarlarında azalmaların olduğunu saptamışlardır. Tüm dozlarda ışınlanmış patatesle beslenen erkek ve dişi bireylerde lipit miktarında artışlar gözlenmiş ve ayrıca radyasyonun böcek ağırlığı üzerine direkt etkide bulunduğunu belirtmişlerdir.

Ülkemizde bu benzeri bilimsel çalışmalar yürütülmüş ve özellikle çeşitli kimyasal maddelerin farklı gelişme döneminde olan böceklerin vücut yapısındaki karbohidrat, lipit ve protein miktarına etkisi araştırılmıştır. Örneğin; Çoşkun (2008) tarafından *Pimpla turionella* larvalarının diyet besinine lipit, aminoasit, sakkaroz, RNA ve

tuz karışımının ilave edilmesi sonucu ergin bireyler tarafından sentezlenen protein ve glikojen oranının değiştiği ve eşeyssel orantı arasında bir farka yol açmadığı kanıtlanmıştır.

DDVP'nin (Dichlorvos) sublethal dozlarının (2.00, 4.00, 6.00, 8.00µl/100 g besin) *Galleria mellonella* L.'nin protein, lipit ve karbohidrat düzeyine etkileri araştırılmış ve bu amaçla 4.00, 6.00 ve 8.00µl/100 g DDVP içeren besinlerle beslenen bireylerde protein yüzdelerinin önemli ölçüde arttığı, lipit oranında ise; azalmaların olduğu gözlenmiştir. Böceğin karbohidrat yüzdesi ve birey başına düşen karbohidrat miktarı kontrole yükselmiştir (Dursun, 2009).

Hacıoğlu (2009) tarafından konukçusu 5-Aza-dC (5-Azacytidine) beslenen endoparazitoit *Apanteles galleria* Wilkinson (Hymenoptera: Braconidae)'nın toplam lipit ve yağ asidi incelenmiştir. 5-Aza-dC ile beslenen konukçulardan elde edilen *A. galleria* dişileri kontrol gurubuyla kıyaslandığında; toplam lipit miktarında azalma varken, yağ asidi değerlerinde azda olsa artış sağlanmış, erkek bireylerde ise; dişilerdekiler kadar olmasa da toplam lipit miktarında artışların olduğu tespit edilmiştir.

Diğer bir çalışmada; *Melia azedarach* ve *Azadirachta indica* bitkilerinin olgun meyve tohumu, yaprak, gövde ve çiçeklerinden elde edilen azadirachtin ekstraktının *Galleria mellonella* L. larvalarında glikojen ve protein miktarına etkileri belirlenmiştir. Sonuç olarak; Azadirachtinin 1.00, 2.00, 4.00 ve 6.00 ml/100g konsantrasyonlarını içeren gıda ile beslenen larvaların sentezlediği toplam protein ve glikojen miktarında azalmalar kaydedilmiştir (Sezer, 2010).

Kayış (2010) tarafından, diazinonun sublethal konsantrasyonlarının (0.01, 0.10, 0.25, 0.50 ve 0.75 ppm) *Pimpla turionella* L.'nin eşey oranı ile protein ve glikojen miktarları üzerine etkisi araştırılmıştır. Diazinon uygulaması sonucu *P. turionella*'nın protein miktarında azalmalar görülmezken, glikojen miktarı ise; deneyin 24 ve 48. saatlerinde önemli ölçüde azalmış ve sonraki 72 ve 96. saatlerde bu azalmalar durmuştur. 24. saatte 0.01 ppm dışındaki dozlar glikojen miktarını azaltırken, 48. Saatte 0.50 ppm diazinon, dişilerin glikojen miktarını önemli ölçüde düşürmüştür.

Upadhyay ve ark. (2010), *Odontotermes obesus* (Isoptera: Termitidae)'un biyokimyasal ve enzimatik aktiviteleri üzerine *Capparis decidua*'nın termitisidal etkisini incelemiştir. Sonuçta; *C. decidua*'nın farklı dozlarına maruz bırakılan termitlerin glikojen, amino asit, lipit, DNA, RNA ve protein seviyelerinde azalmalara neden olduğu kaydedilmiştir.

Başka bir çalışmada; *Strychnos*, *Vitex* ve *Lippia* cinsine ait bitkilerden elde edilen ekstraktlar ve NSP 60 (neem, sweet-flag ve pungam karışımı)'ın *Crocidolomia binotalis*

Zeller'in biyokimyasal komponentleri üzerine etkisi tespit edilmiş, larvaların karbohidrat miktarında en fazla düşüşe NSP 60 ve *Strychnos* ekstraktının neden olduğu belirlenmiştir (Vijayaraghavan ve ark.,2010).

Farklı konukçularla beslenen *Bracon hebetor* Say (Hymenoptera: Braconidae)'un protein, lipit ve karbohidrat seviyelerinde meydana gelen değişiklikler araştırılmış ve deneylerde konukçu olarak; *Galleria mellonella* L. (Lep.: Pyralidae) ve *Ephestia kuehniella* L. (Lep.: Pyralidae) kullanılmıştır. Pupadan çıkan erkek ve dişi ergin bireylere 5 ila 10 günlük olana kadar besin olarak bal verilmiş ve 5 günlük her iki cinsiyetin protein seviyelerinde önemli düşüşler kaydedilirken, aynı periyotta erkek bireylerin protein seviyelerinde bir değişim olmamıştır. İlk 10 günde balla beslenen dişilerin glikojen seviyeleri önemli oranda düşerken, yine erkek bireylerin glikojen seviyelerinde bir değişim olmamıştır. Her iki eşyede lipit seviyesi yaşa ve beslenmeye bağlı olarak azaldığı, özellikle dişilerde bu seviyenin daha düşük olduğu saptanmıştır (Gündüz ve Gülel, 2010).

Bhattacharya ve ark. (2011), İpek Böceği (*Bombyx mori*)'nin biyokimyasal parametreleri üzerine indole-3-butyric acid (IBA) ve indole-3-pyruvic acid (IPA)'in etkilerini incelemiştir. IBA ile muamele edilen bütün ipek böceği guruplarında hem vücutlarındaki glikojen, protein ve total lipit, hem de hemolenflerindeki protein ve trehaloz içeriklerinde önemli bir azalma olmuştur.

Artemisia annua ve *Azadirachta indica* bitkilerinden elde edilen ekstraktların *Anopheles stphensi* ve *Culex quinquefasciatus* larvalarının karbohidrat, lipit ve protein değerleri üzerine etkisi araştırılmıştır. Bunun için; sinek larvaları Dünya Sağlık Örgütü'nün (WHO) standartlarına bağlı şekilde ekstraktlara maruz bırakılmış ve ekstraktların *Anopheles* ve *Culex* larvalarının karbohidrat, lipit ve protein seviyelerinde ve metabolik aktivitelerinde önemli etkiye sahip olduğu saptanmıştır (Sharma ve ark., 2011a).

Moghadam ve ark. (2011), pyriproxyfen ve chlorfluazuranın fıstık zararlısı *Ocneria terebinthina* (Lepidoptera: Lymantriidae) larvalarında sağladığı fizyolojik ve morfolojik değişkenliği incelemiştir. Chlorfluazuran'la muamele edilen larvaların glikojen seviyesi daha düşük olmasına rağmen, ayrıca; iki farklı sıcaklıkta (25-35°C) geliştiğinde de larvaların glikojen ve protein seviyelerinde önemli farklılıklar gözlenmiştir. Kışı geçirmeyen larvaların glikojen ve lipit miktarları, kışı geçirenlerle kıyaslandığında daha düşük oranda olmuştur.

Işıtan ve ark. (2011) tarafından parazitoit *Bracon hebetor* Say (Hymoneptera: Braconidae)'un konukçu yoğunluğuna bağlı olarak biyolojik özelliklerinin yanı sıra

glikojen, toplam şeker ve lipit değerlerindeki etkisi incelenmiştir. Çeşitli sayıda konukçuların *B. hebetor* erkek ve dişilerinin gelişim süresine etkide bulunmadığı, kontroldekilere göre 1-2 gün fazla yaşadıkları saptamıştır. Ayrıca; farklı sayıda konukçu ile beslenen *B. hebetor*'un erkek ve dişileri karşılaştırıldıklarında glikojen seviyelerinde herhangi bir değişiklik görülmezken, şeker ve lipit seviyelerinde farklılıklar gözlenmiştir.

Laboratuvar koşullarında *Galleria mellonella* L. (Lepidoptera: Pyralidae) larvaları üzerinde çoğaltılan endoparazitoit *Itopectis melanocephala* (Gravenhorst, 1829) (Hymenoptera: Ichneumonidae)'nın ergin öncesi dönemleri ve erginlerinin total lipit ve total yağ asidi yüzdeleri araştırılmış, sonuç olarak; *I. melanocephala* erginlerinin total lipit ve total yağ asidi değerlerinde azalmaların tespit edilmiştir (Taşkın ve Aksoylar,2011).

Shoba ve ark. (2011), fitopestisit Nimbecidine'nin *Sphaerodema rusticum* (Heteroptera: Belostomatidae)'un ergin erkeklerinin biyokimyasal parametrelerine etkisini araştırmış ve bu amaçla; bireyler 7, 14 ve 21 günlük periyotlarda nimbecidine maruz bırakılmıştır. Sonuçta; glikojen, protein ve lipit miktarında önemli miktarda azalmalar, glikoz ve amino asit değerlerinde ise; tersine artışlar gözlenmiştir.

Farklı diazinon oranlarının (60.00, 120.00, 180.00, 240.00µl/100 g besin) *Galleria mellonella* L. (Lepidoptera: Pyralidae)'nın total protein, lipit ve karbohidrat miktarına etkisi incelenmiş ve tüm diazinon dozlarının protein miktarına önemli bir etkide bulunmadığı saptanmıştır. Birey başına düşen protein miktarı ise; besinin 240µl diazinon içermesi durumunda en düşük değer olarak kaydedilmiş, ayrıca 180 ve 240µl diazinon uygulamalarında böceğin total lipit miktarında da azalmalar, 60µl diazinon kullanıldığında ise karbohidrat miktarında artışların olduğu belirlenmiştir (Özer, 2011).

Dura (2011) tarafından bal, petek ve böcek hemolenf sıvısını yarı sentetik maddelerle karıştırılarak *Galleria mellonella* L. (Lepidoptera: Pyralidae)'nın besinsel bileşenleri olarak larvalara verilmiştir. Sonuçta; hemolenf içerikli besin alan *G. mellonella* larvalarının önemli ölçüde artış gösterdiği belirlenmiştir.

İran'ın Rafsanjan şehrinde değişik hava koşullarının fıstık zararlısı *Kermania pistaciella* Amsel (Lepidoptera: Tineidae) larvalarının vücut yapısında total vücut şekeri, glikojen, lipit ve protein seviyelerine etkisi belirlenmiş, glikojen seviyesinin hava sıcaklığı artışına paralel olarak yükseldiği ve total vücut şekerini azaldığı gözlenmiştir. Böceğin vücut lipit seviyesi kış boyunca sürekli artış gösterirken, protein seviyesinin ise; pek fazla farklılıklar göstermediği kaydedilmiştir (Izadi ve ark., 2011).

Uçkan ve ark. (2011) tarafından bitkisel bir hormon olan Giberellik Asit (GA₃)'in endoparazitoit *Pimpla turionellae* (Hymenoptera: Ichneumonidae) ve konukçusu *Galleria*

mellonella (Lepidoptera: Pyralidae)'nın hemolenf yapısındaki total protein, karbohidrat ve lipit içeriklerine etkisi araştırılmıştır. Parazit ve konukçu 7 farklı dozda (50, 100, 200, 500, 1000, 2000 ve 5000ppm) besinlerle beslenmiştir. Konukçu larvalarda hemolenf içeriğinin lipit ve karbohidrat seviyeleri artış gösterirken, protein seviyesinde ise; düşüşler olmuştur.

Parazitlenme sonrasında geçen süre (1, 5 ve 8 gün) ve sıcaklığın (18, 25 ve 32°C) *Venturia canescens* (Gravenhorst, 1829) (Hymenoptera: Ichneumonidae) tarafından parazitlenen un güvesi *Ephestia kuehniella* Zeller (Lepidoptera: Pyralidae) larvalarının hemolenfindeki toplam protein, lipit ve karbohidrat miktarına etkisi incelenmiştir. Konukçu larvaların hemolenfindeki protein konsantrasyonunun parazitlenme sonrası geçen süreye bağlı olarak arttığı, ama toplam lipit ve karbohidrat miktarlarının azaldığı belirlenmiş, ayrıca; sıcaklığın yükselişine bağlı olarak protein ve karbohidrat konsantrasyonlarının arttığı ve lipit miktarının sabit kaldığı bildirilmiştir (Boz ve Gülel, 2012).

Kumar ve Ann (2012) tarafından, İpek Böceğinin bivoltine diye bilinen iki varyetesi ve melezlerinin hemolenf, protein ve karbohidrat içeriklerine yeşil yaprakla muamele edilmiştir. Her iki ırkta karbohidrat ve protein içerikleri farklılık göstermiş, bivoltine ırkının karbohidrat ve protein seviyeleri melez ırka göre daha yüksek olmuş ve dolayısıyla; foliar yeşil yaprak uygulamasının böceğin hemolenf karbohidrat ve protein aktivitelerinde önemli bir rol alabileceği belirlenmiştir.

Bacillus thuringiensis (Berliner) tarafından sentezlenen ve toksik bir protein olan Cry1Ac ile Polyhedrosis virüs HaCPV'nin *Helicoverpa armigera* (Hübner) (Lepidoptera: Noctuidae)'nın vücut ağırlığı, bağırsak pH, total lipit, glikojen ve çözünebilir protein gibi özelliklerine etkisi incelenmiştir. Ayrı ayrı Cry1Ac ve HaCPV'ye maruz bırakılan larvaların kontrol guruplarına göre; glikojen, total lipit ve çözünebilir protein değerlerinde önemli bir artışların olduğu saptanmıştır (Marzban, 2012).

Kumar ve ark. (2012), cep telefonun yaydığı radyasyonun bal arısı *Apis mellifera* L.'nin çeşitli biyokimyasal ve fizyolojik parametrelerine etkisini incelemişlerdir. 30 dakika boyunca çalışan, çaldığında cevap verilmiş bir şekilde radyasyona maruz bırakılan arıların karbohidrat, protein ve lipit seviyelerinde azalmaların olduğu kaydedilmiştir.

2.3. Sitogenetik Çalışmalar

Birçok araştırmacı toksik madde ve radyasyon ışınların böceklerin sitogenetik yapısı özellikle Tek Hücre Jel Elektrofrezisi (DNA comet assay) yöntemi ile çeşitli madde

ve ışınların kromozom ve kromatitlerde meydana getirdiği değişimleri içeren çalışmalar yürütmüştür. Örneğin; Ren ve ark. (2002) Cyclophosphamide (CP) ve *Bacillus thuringiensis* (B.t.) toksininin *Oxya chinensis* (Orthoptera: Acrididae)'nin kromozomlarına etkisini araştırmış ve bu amaçla; *O. chinensis*'in beşinci dönem nimflerinin karın bölgelerine çeşitli konsantrasyonlarda CP (2, 5 ve 10mg/ml) ve B.t. (0.55, 1.83 ve 5.50IU/ml) enjeksiyonu yapılmış ve erkek testislerinden kromozom preparatları hazırlanmıştır. Kromozom anormalliklerinden en fazla kromozom ve kromatit kırıkları gözlenmiştir. CP'nin kullanım dozu ve etki süresinin artışına bağlı olarak; kromozom anormalliklerinde de artışlara neden olmuştur. Aynı zamanda; B.t.'nin çekirgelerde kromozom anormalliklerinden kromozom ve kromatit kırıklarını indükleyerek mutajenik etki gösterdiğini bildirmişlerdir.

Farklı dozlarda uygulanan X-ışını radyasyonunun *Curculio sikkimensis*'in olgun larvalarında oluşturabileceği DNA hasarlarını tespit etmek amacıyla; comet assay yöntemi uygulanmıştır. Radyasyona maruz kalan larvalarda kuyruk uzunluğu, kuyruk oluşma ve DNA hasar oranının yüksek olduğunu ve böylece radyasyon uygulamasının zararlılarla mücadelede kullanılabileceğini bildirmektedir (Todoriki ve ark., 2006).

Augustyniak ve ark., (2006) tarafından Pixe methoduyla seçilen elementlerin *Chorhippus brunneus*'un birinci dönem nimflerinde DNA hasarını comet assay yöntemi kullanarak araştırılmış, ayrıca; çeşitli çinko dozlarının yumurtadan çıkan ve diyapoz durumundaki böceklere etkisi incelenmiştir. Deneysel çinko dozlarıyla çekirgelerin beyin çinko içeriği ve nöroblastlardaki DNA hasarı arasında bir bağlantı olduğunu gözlemlemişlerdir.

Herbisit olarak kullanılan clodinafop-propargyl'in farklı konsantrasyonları (30, 60, 120, 240 ve 480 mgL⁻¹) ile muamele edilmiş dut yapraklarıyla beslenen dördüncü ve beşinci dönem *Bombyx mori* larvalarının DNA'sı üzerindeki hasarlarının tespit edildiği çalışmada tek hücre jel elektroforezi (DNA comet assay) kullanılmıştır. Farklı konsantrasyonlarla beslenenlerde, kontrole göre baş DNA yüzdesi, kuyruk DNA yüzdesi, kuyruk uzunluğu, kuyruk momenti ve olive moment değerlerinde önemli oranda artışların olduğu, DNA hasarının ise; doz artışından kaynaklandığı saptanmıştır (Yin ve ark., 2008).

Çanakcıoğlu (2010)'na göre; *Ephestia kuehniella* ve *Plodia interpunctella* (Lep.: Pyralidae)'nin dördüncü dönem larvalarına karşı 100, 150 ve 200 Gy dozda uygulanan gama radyasyonlarının kromozomlar üzerinde herhangi bir etkisi gözlenmemiştir.

Kadmiyum ve kurşunla kontamine olmuş besinlerle muamele edilen *Schistocerca gregaria* (Orthoptera: Acrididae)'nin hemositlerinde DNA hasarlarını belirtmek amacıyla;

Comet assay yöntemi kullanılmış, ağır metallerin birikimi sonucu çekirgelerin farklı gelişme evrelerinde DNA'da hasara neden olduğu ve ayrıca; çevresel kirleticilerin genotoksik çalışmalarında çekirgelerin bioindikatör olarak kullanılabilmesi belirlenmiştir (Hesham ve ark., 2010).

Tunçbilek ve ark. (2011)'na göre gama radyasyonun *E. kuehniella*'nın DNA'sında zarara neden olduğu, ayrıca; tamir mekanizmasına da etkide bulunmaktadır.

Cyclophosphamide (CP), bleomycin (BLM) ve cisplatin (CPT)'nin farklı konsantrasyonlarında beslenen üçüncü dönem *Drosophila melanogaster* larvalarının beyin ve orta bağırsak kısımlarından hazırlanan preparatlarda çift DNA kırıkları Comet assay yöntemi ile belirlenmiştir. Doz artışına bağlı olarak böcek hücrelerinde meydana gelen DNA kırıklarının kuyrukta artış gösterdiği, BLM ve CPT'nin DNA'da bıraktığı hasarın ise; CP'den daha fazla olduğu saptanmıştır (Sharma ve ark., 2011b).

Bazı araştırmacılar; farklı dozlarda (30, 50 ve 100 Gy) X-ışını radyasyonunun *Plutella xylostella*'nin yumurta, larva, pupa ve erginlerinin gelişimi üzerine etkisini araştırmış ve DNA'da oluşan hasar Comet assay yöntemi ile incelemiştir. 100 Gy'de ışınlanan yumurta ve pupalardan ergin çıkışı büyük oranda düşüş gösterirken, dişiler tarafından bırakılan yumurtalardan larva çıkışı gözlenmemiştir. Doz artışına bağlı olarak; ışınlanan larva ve erginlerin gelişimi sonucu onlardan elde edilen yumurtalardan larva çıkışında azalmalar görülmüştür. Bununla birlikte; ışınlanan *P. xylostella* arasında direkt olarak ölüm olmamış ve radyasyona maruz kalan larvalarda kontrol gurubuna göre; tipik DNA kırıkları gözlemlenmiş ve gelişim evresinde anormalliklere rastlanmıştır (Koo ve ark., 2011).

Shen ve ark. (2011) tarafından pestisit olarak kullanılan avermectin'in düşük dozlarının *Bombyx mori*'nin DNA'sı üzerindeki etkilerini saptamak amacıyla; tek hücre jel elektroforezi (DNA comet assay) ile yapılan çalışmalarda İpek böceğinin dördüncü dönem larvaları 3 farklı konsantrasyonla muamele edilmiş dut yaprakları ile beslenmiştir. Avermectin'in 3 farklı konsantrasyonu ile DNA hasarı arasında bir ilişki olduğunu, İpek böceği hücrelerinde DNA hasarının en fazla 3. günde olduğu saptanmıştır.

Başka bir çalışmada; gama radyasyonun *Lasioderma serricornis* (Fabricus)'nin DNA'sı üzerinde etkileri tek hücre jel elektroforez (DNA komet) yöntemi ile incelenmiştir. 1 kGy gama radyasyonu uygulandıktan hemen sonra *L. serricornis*'nin DNA'sında ciddi kırıklar gözlenmiş ve radyasyon uygulamadan sonraki yedinci günde ise; DNA hasarlarının tamir edildiği saptanmıştır. Ayrıca; radyasyon uygulamanın geçmişini tanımlamada DNA comet assay yönteminin kullanılabilmesi önerilmektedir (Kameya ve ark., 2012).

Gama radyasyonunun *Sitophilus zeamias* Motschulsky (Coleoptera. Curculionidae)'ın DNA'sı üzerindeki hasarlarını belirlemek için; 1 ve 15 günlük ergin bireyler 0.5 ve 1.0 kGy radyasyonla ışınlanmış ve tek hücre jel elektroforezi yöntemi uygulanmıştır. Radyasyonun her iki yaş gurubunda da tipik DNA kırılmalarına sebep olduğu, her iki yaş gurubunda kuyruk uzunluğu, kuyruk DNA yüzdesi ve DNA hasar yüzdesinin kontrol guruplara göre artışlara neden olduğu belirlenmiştir (Hasan ve ark., 2012).

Fungusit olarak kullanılan tributyltin (TBT)'in *Chironomus riparius* (Diptera) larvalarının DNA'sında oluşturduğu hasarları belirlemek amacıyla; 24 saat boyunca larvalar TBT'nin çevresel dozlarına maruz bırakılmıştır. TBT'nin farklı dozlarının akuatik larvalarda önemli oranda DNA kırılmalarına neden olduğu, elde edilen sonuçların ise; insan genomu üzerindeki etkilerini öngörme açısından faydalı olabileceği bildirilmektedir (Morales ve ark. 2013).

Dua ve ark. (2013) tarafından *Psoralea corylifolia* L. bitkisel yağının *Culex quinquefasciata* Say. karşı insektisidal ve genotoksik etkileri araştırmak amacıyla yağ çeşitli dozlarda ergin ve larvalara comet yöntemi ile verilmiştir. Sonuçta; ergin ve larvalar üzerinde yağın toksik etkiye sahip olduğu ve aynı zamanda; önemli DNA hasarlarına yol açtığı belirlenmiştir.

Farklı dozlarda (30-250 Gy) direkt elektron radyasyonu ile ışınlanmış *Spodoptera litura* (F.) (Lepidoptera: Noctuidae) erginlerinde tek hücre jel elektroforezi ile DNA hasarlarının tespiti yapılmış ve radyasyon uygulandıktan hemen sonra *S. litura* hücrelerinde ciddi DNA hasarları olduğu, ama; zamana bağlı olarak hasarların tamir edildiği gözlenmiştir. Bununla birlikte; 100 Gy ve üzeri dozlarda DNA hasarının tam onarılmadığı belirlenmiştir (Yun ve ark., 2014).

Yurtdışında böceklere karşı deneylerde genellikle gama radyasyonuna geniş yer verildiği ve son yıllarda ise başka elektron kaynaklardan (X-ışını, elektron beam gibi) yararlanıldığı, zararlı böceklerle mücadelede uygulanabilecek taktiklerin geliştirildiği görülmektedir. Ülkemizde ise radyasyon kaynaklı çalışmaların oldukça kısıtlı olduğu ve mevcut araştırmalarda da gama radyasyonuna yer verildiği bilinmektedir. X-ışınının böceklere karşı etkisi konusunda çalışmalar yürütülmemiş ve buda araştırmamızın önemini bir daha ortaya koymaktadır. Ayrıca; yurt içi ve dışında radyasyon ışınlarının farklı gelişme evrelerinde bulunan böcek türlerinin biyokimyasal ve sitogenetik yapılarına etkisi konusunu içeren bilimsel çalışmalar yok denecek kadardır. Çalışmamızda; X radyasyonunun *S. nonagrioides*'in farklı gelişme evrelerinde ne gibi kimyasal değişmelere

ve DNA'sı üzerinde etkileri gibi konulara yer verilmekte ve böylece yürüttüğümüz araştırmaların zararlıya karşı alternatif mücadele yönteminin hazırlanmasında faydalı olacağı düşüncesindeyiz.

3. MATERYAL METOT

3.1. Materyal

3.1.1. Mısır koçan kurdu, *Sesamia nonagrioides* Lefebvre (Lepidoptera: Noctuidae)'in tanımı

Arazi çalışmaları 2011-2014 yıllarında Kahramanmaraş iline bağlı Pazarcık, Türkoğlu ve Merkez ilçelerinde birinci ve ikinci ürün mısır tarlalarında yürütülmüştür. Farklı gelişme dönemlerinde bulunan koçan kurdu örnekleri (yumurta, larva, pupa ve ergin) mısır bitkisinin gövde, yaprak, püskül ve koçanlarından toplanmıştır (Şekil 3.1). Bu amaçla; her yıl Mayıs-Kasım ayları arasında bitkilerin boyu ortalama 100 cm' ye eriştiği tarlalara her 10 günde bir defa olmak koşulu ile gidilmiş, bitkiler üzerinde gözlemler yapılmış ve elde edilen örnekler toplanmış, ayrıca; koçan kurdunun biyolojik özellikleri ile ilgili gözlemler arazi defterine kayıt edilmiştir.



Şekil 3. 1. Araziden *S. nonagrioides*'in örneklerinin toplanması.

Üç yıllık çalışmalar süresince koçan kurdunun olgun larva döneminde kışladığı, ilkbaharda (Mart-Nisan) pupalaştığı ve hava sıcaklığının ortalama 16.5 °C, nem oranının %65-70 devam ettiği sürede pupalardan kelebeklerin uçtuğu kayıt edilmiştir. Hava sıcaklığına bağlı olarak ortalama her yıl Mayıs ayının 20-30 tarihleri arasında kelebeklerin ilk defa uçtuğu gözlenmiş ve atrap yardımıyla yakalanarak, 1 lt'lik cam kavanozlara aktarılmıştır. Kelebeklerin beslenmesi için kavanoza %25'lik şekerli suya batırılmış pamuk konulmuştur. Aynı gün laboratuvara getirilmiş ve cinsiyetine göre ayrılmıştır. Sonra ikişer (♂+♀) olmakla yukarıda belirtilen hacimde temiz cam kavanozlara bırakılmış, kavanozlarda havalanmanın sağlanması için üzerinde 0.1 mm'lik delik bulunan plastik kapaklarla kapanmıştır. Ve içerisine kelebeklerin beslenmesi için şekerli su emdirilmiş pamuk ilave edilmiştir, sonra; kavanozlar laboratuvar dolaplarına aktarılmış, 23.5-24°C sıcaklık ve %65-70 nemde tutulmuştur. Her gün kavanozlarda gözlemler yapılmış; yumurta verimi, bireylerin ömür uzunluğu gibi veriler kaydedilmiştir. Çalışmalar yaz aylarında yürütüldüğü için böcek yetiştirme kabininde ilave ısıtmaya ihtiyaç duyulmamıştır.

Araziden dişiler tarafından koçanlara bırakılan yumurtalarda toplanmıştır. Yumurtalar laboratuvara getirilmiş, nemlendirilmiş filtre kâğıdı bulunan petri kaplarında saklanmış ve açılana kadar hergün gözlem yapılmıştır. Ayrıca; mısır gövde ve koçanları üzerinde rastlanan larvalarda toplanmış, laboratuvar koşullarında 23.5-24 °C sıcaklık, %65-70 orantılı nem ve 16: 8 (aydınlık: karanlık) aydınlatmalı iklim odasında (Şekil 3.2) 1 lt hacminde plastik kaplarda 5 adet olmak koşuluyla tutulmuştur. Besin olarak taze mısır koçanı, mısırın sap ve yaprağı verilmiş, ayrıca; gerektiği durumlarda her üç günde bir olmak koşuluyla yapay besin takviyesi yapılmıştır. Yapay besin hazırlama metodu bir sonraki sayfada belirtilmiştir. Son dönem larvaların pupa evresine geçebilmeleri için kaplara oluklu karton kâğıtlar bırakılmış ve pupadan kelebekler uçtuklarında yumurtlama kaplarına alınmıştır. *S. nonagrioides*'in laboratuvar koşullarında çoğaltılmasında Koç ve Tüsüz (1993); Sertkaya ve Kornoşor (2003) tarafından önerilen yöntemlerden faydalanılmıştır. Üretilen koçan kurdu bireyleri ışınlama deneylerinde kullanılmıştır.



Şekil 3.2. Araziden toplanan *S. nonagrioides* yumurta, larva, pupa ve erginleri.

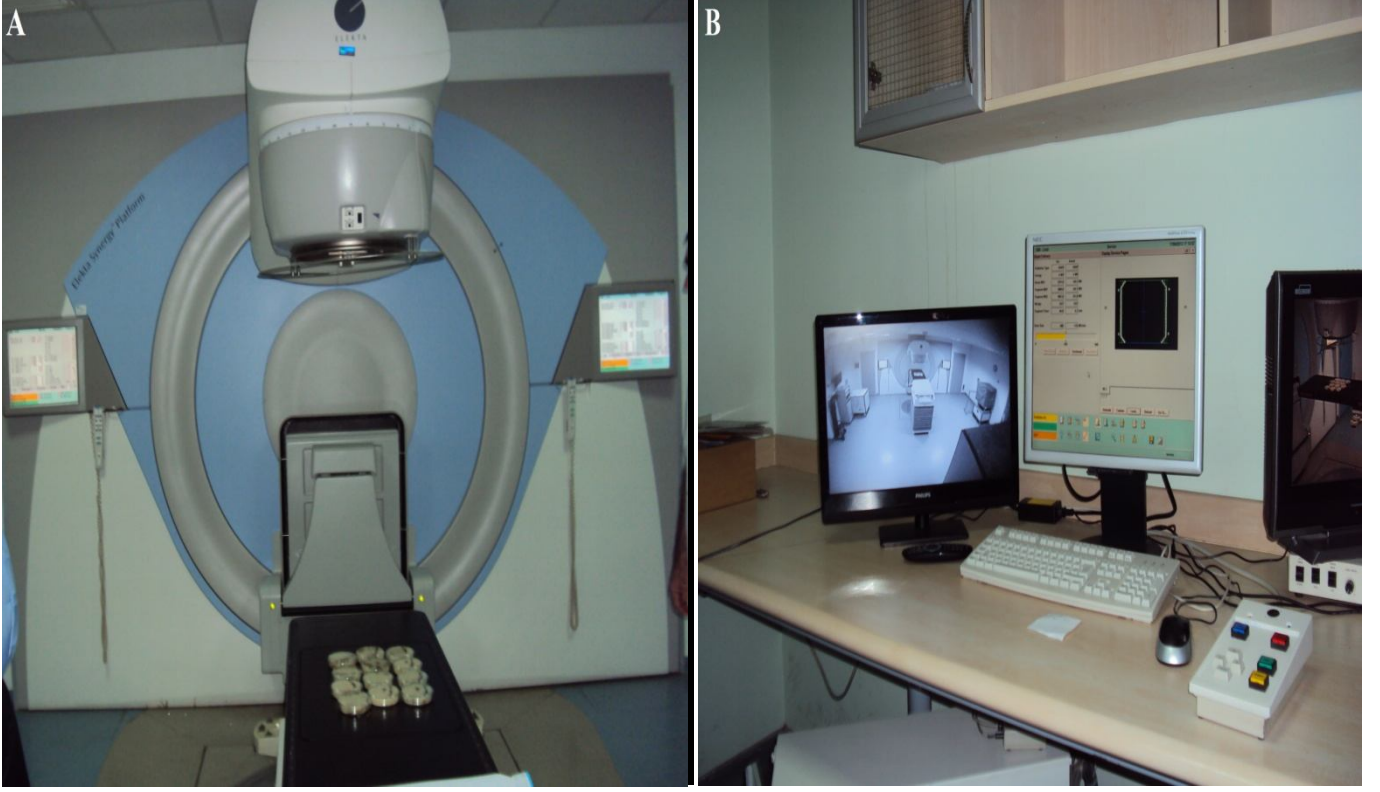
3.2. Metot

3.2.1. Işınlama

Yapay besin hazırlanması: Vejetasyon döneminde larvalar püskül, koçan, yaprak ve gövde ile beslenmiş, fakat kış aylarında laboratuvar koşullarında diyet besin hazırlanmıştır. Yapay besin; su (700ml), agar (18gr), mısır unu (36gr), buğday unu (30gr), yulaf (16gr), askorbik asit (3gr), potasyum sorbat (1gr) ve nipagin (2gr)'in karışımından hazırlanmıştır (Koç ve Tüsüz, 1993; Fantinou ve ark.,1995). Sıcak su içerisinde agar çözdürüldükten sonra soğuması beklenmiş, diğer maddeler teker teker ilave edilmiş ve iyice karışması sağlanmıştır. Besin hazırlandıktan sonra bozulmaması için buzdolabında tutulmuştur.

S. nonagrioides'in ışınlanması: Laboratuvarda çoğaltılan *S. nonagrioides* farklı gelişme dönemlerindeki (yumurta, larva, pupa ve ergin) bireyleri Gaziantep Üniversitesi Onkoloji Hastanesi'nde yüksek enerjili Lineer Accelerator (Elekta, 6 MV, Sinerji Platform) cihazında X radyasyonuna maruz bırakılmıştır (Şekil 3.3.). Hedeflenen dozlar radyokromik

film dozimetreleri (Harwell, Gammachrome YR, Perspex Dosimeter, Batch 62, Range 0.1-3 kGy) kullanılarak görüntülenmiştir.



Şekil 3.3. A) *S. nonagrioides*'in ışınlandığı yüksek enerjili lineer accelerator (Elekta) B) Cihaz ve ışınlama yöntemi

Yumurtaların ışınlanması: *S. nonagrioides*'in 3 günlük yumurtaları petri kaplarına konmuş ve 0, 50, 100, 150 ve 200 Gy dozlarda ışınlanmıştır. Deney 4 tekrürde ve her tekrürde 30 adet olmak koşuluyla, toplamda her bir dozda 120 adet yumurta ışınlanmıştır. Deney sonuçlarını kıyaslamak amacıyla; kontrol (ışınlanmamış, 0 Gy), ışınlanmış yumurtalarla aynı sayıda incelenmiştir. Işınlamadan sonra her gün yumurtalarda larvaların çıkışı takip edilmiş, larva çıkışı gözlemlendikten sonra pupa ve ergin oluşuncaya kadar geçen sürede, gelişmeleri incelenmiş ve morfolojik farklılıklar kaydedilmiştir.

Larvaların ışınlanması: Beşinci dönem *S. nonagrioides* larvaları 0, 50, 100, 150 ve 200 Gy dozlarda ışınlanmıştır. Deneme 4 tekrürde gerçekleştirilmiş ve her tekrürde 40 adet larva, dolayısıyla her bir dozda toplam 160 adet larva ışınlanmıştır (Şekil 3.4). Ayrıca; belirtilen sayıda kontrol (ışınlanmamış) larvalarda tutulmuştur. Işınlamadan sonra larvalara her gün taze besin verilmiş; gelişim süresi, pupa oluşumu, ergin çıkışı ve ömür uzunluğu,

morfolojik bozukluk (deformasyon), cinsiyet oranı ve yumurta verimi gibi özellikleri belirlenmiştir.



Şekil 3. 4. *S. nonagrioides* larvalarının ışınlanma görüntüsü.

Pupaların ışınlanması: Laboratuvar koşullarında larvalardan elde edilen 3 günlük pupalar 0, 50, 100, 150 ve 200 Gy dozlarda ışınlanmıştır. Her bir dozda 4 tekkerrürden olmak şartıyla toplam 120 adet pupa (her tekkerrüde 30 adet) ışınlanmıştır. Daha sonra pupadan çıkan erginlerin sayısı, morfolojik yapısı ve yumurta verimi incelenmiştir.

Erginlerin ışınlanması: Laboratuvarda çoğaltılan *S. nonagrioides*'in çiftleşmemiş bir günlük dişi ve erkek kelebekleri 0, 50, 100, 150 ve 200 Gy dozlarda ışınlanmıştır. Her bir dozda 60 ♀ + 60 ♂ olmakla toplam 120 adet (4 tekerrür X 30 adet) ışınlanmış, daha sonra 1 ♀ + 1 ♂ olacak şekilde 1 lt hacminde cam kavanozlara aktarılmış ve besin olarak % 25'lik şeker çözeltisi emdirilmiş pamuk konulmuştur. Akabinde ömür uzunluğu, yumurta verimi, larva çıkışı ve yumurtaların açılması takip edilmiştir. Ayrıca ışınlanma sonucu ölmüş dişi ve erkek bireylerin sayısı, kısırılık oranı, yumurta verimi ve yumurtalardan çıkan larvaların miktarı saptanmıştır.

3.2.2. Biyokimyasal analizler

X-ışınının direkt ve indirekt etkisinin yanı sıra *S. nonagrioides*'in biyokimyasal yapısında oluşturduğu değişimleri belirlemek amacıyla; böcek vücudundaki protein, karbohidrat ve lipit miktarı belirlenmiştir. Çalışmamızın bu kısmı Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi ÜSKİM laboratuvarlarında her bir parametre için aşağıda belirtilen yöntemlerle yürütülmüştür.



Şekil 3. 5. Biyokimyasal örnekler spektrofotometrede okutulurken.

Protein miktarı tayini için böceklerin homojenizasyonu

S. nonagrioides'in larva, pupa ve erginleri önce 0 (kontrol), 50, 100, 150 ve 200 Gy'de ışınlanmış, buldukları kaba kloroformlu pamuk bırakılıp ölmeleri sağlanmış ve sonra yaş ağırlıkları saptanmış, her bir doz için deney tüplerine (15 ml) aktarılmış ve protein analizi yapmak için dondurucuda (-80°C) stoklanmıştır. Deney aşamasında oda sıcaklığına alınmış, buz çözüldükten sonra üzerlerine melaninleşmeyi önlemek için birkaç fenilthioure kristali ilave edilmiş ve 1/5 oranında fosfat tamponu (pH 7.4) eklenerek homojenizatör ile homojenize edilmiştir. Homojenizasyon işleminden sonra tüpler 6000 devir/dk da 30 dk santrifüjde tutulmuştur. Tüplerdeki süpernatanttan 0.3 ml alınmış ve

aşağıdaki yöntem ile protein tayini yapılmıştır. Protein tayin deneylerinde; her bir seride 10 adet böcek kullanılmış ve her evrede toplamda protein analizi için 30 adet böcek kullanılmıştır.

Protein miktarının tayini: Proteinlerin alkali CuSO_4 ilavesiyle fosfotungstik asit ile mavi renkli kompleks oluşturması esasına dayanmaktadır.

Çözeltiler;

Çözelti A: [% 2 Na_2CO_3 (0.1 N NaOH içinde)] : 2 g Na_2CO_3 tartılmış ve 0.1 N NaOH içinde toplam hacim 100 ml olacak şekilde çözülmüştür.

Çözelti B1: (%1 $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$): 1 g $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ tartılmış ve çözelti bidistile saf su ile toplam hacim 100 ml olacak şekilde çözülmüştür.

Çözelti B2: (%2 Na-K-tartarat): 2 g Na-K-tartarat tartılmış ve çözelti bidistile safsu toplam hacim 100 ml olacak şekilde çözülmüştür.

Çözelti C: 50 hacim çözelti A, 1 hacim 1/1 oranındaki çözelti B1 ve B2 karışımı ile karıştırılmıştır.

Folin-ciocalteu çözeltisi: Kullanılmadan önce 1/1.5 oranında bidistile saf su ile seyreltilmiştir.

Protein miktarlarının ölçümünden önce 100 ml si 1 g albümin (Sigma; A- 2153) içeren bir stok çözelti hazırlanmış ve bu çözeltilerden seyreltme yöntemi ile 0.10, 0.50, 1.00, 2.00, 4.00, 6.00, 8.00 ve 10.00 mg/ml albümin içeren standart çözeltiler elde edilmiştir. Her bir standart çözeltilere (Lowry ve ark., 1951) protein tayini metodu uygulanmış, spektrofotometrede (UV 1800 Shimadzu) 750 nm de ışık absorpsiyon değerleri okunmuş (Şekil 3.5) ve verilerden, standart protein grafiği (regresyon doğrusu) elde edilmiştir.

$$y = 1.242x + 0,570 (R^2 = 0,981)$$

Örneklerdeki protein miktarı, okunan absorpsiyonların bu regresyon denkleminde yerine konulmasıyla hesaplanmıştır.

Protein miktarının belirlenmesi için, kör tüpüne 0,3 ml saf su konularak üzerine 3 ml çözelti C eklenmiş ve 15 dakika oda sıcaklığında bekletildikten sonra 0.3 ml Folin-ciocalteu ilave edilmiştir. 30 dakika bekletildikten sonra 750 nm de okuma yapılmış ve örneklerin okunması için, 0.3 ml örnek üzerine 3 ml çözelti C eklenerek oda sıcaklığında 15 dk bekletilmiş ve üzerine 0.3 ml Folin-ciocalteu ilave edilerek 30 dakika bekletilmiştir. Daha sonra 750 nm de köre karşı absorpsiyon değerleri okunmuştur. Elde edilen ışık absorpsiyon değeri, regresyon doğrusu denkleminde yerine konularak, bir deney serisinin bir tekrarındaki böceklerin toplam protein miktarı tayin edilmiştir. Yaş ağırlığa göre birey

başına düşen protein oranı, birey başına düşen protein miktarının 100 ile çarpımının yaş ağırlığa bölünmesiyle belirlenmiştir.

Lipit tiktalarının Tayini için böceklerin homojenizasyonu

Lipit analizi için *S. nonagrioides* larva, pupa ve erginleri 0 (kontrol), 50, 100, 150 ve 200 Gy'de ışılandıktan sonra, buldukları kaba kloroformlu pamuk bırakılıp, ölmeleri sağlanmış ve yaş ağırlıkları tartılmış, dondurucuda (-80°C) stoklanmıştır. Deney tüplerine (15 ml) alınan örnekler, oda sıcaklığında bekletilmiş, buz çözüldükten sonra melaninleşmeyi önlemek için birkaç fenilthioure kristali eklenmiş ve üzerlerine 2 ml sodyum sülfat ilave edilerek homojenize edilmiştir. Bu işlemden sonra tüplere 5 ml kloroform/metanol (1/2) çözeltisi ilave edilmiş ve 6000 devir/dk da 10 dk santrifüj edilmiştir. Hazırlanan süpernatanttan 1 ml alınarak lipit ve karbohidrat analizinde kullanılmıştır. Lipit miktarlarının tayininde; her evrede toplam 30 adet böcek (her tekrerde 10 adet) kullanılmıştır.

Lipit miktarının tayini:

Çözeltiler;

- 1- %2 Na₂SO₄: 2 gr Na₂SO₄ tartılmış ve balon jodede saf su ile 100 ml'ye kadar tamamlanmıştır.
- 2- Vanilin-Fosforik Asit: 600 mg vanilin 100 ml sıcak suda çözülmüş ve 400 ml %85'lik fosforik asitle karıştırılıp, karanlıkta saklanmıştır.
- 3- Konsantre Sülfürik Asit (%95-97).
- 4- Kloroform/Metanol Karışımı (1/2): 10 ml kloroform ve 20 ml metanol erlenmayer içerisinde karıştırılmış, ağzı sıkıca kapatılarak saklanmıştır.

Stoklanan örneklerdeki total lipit miktarının belirlenmesinde Van Handel (1985b) in geliştirmiş olduğu yöntemden yararlanılmıştır.

Lipit değerlerini belirlemek için, önce lipit standart grafiği çizilmiş ve bunun için % 0.1 lik zeytin yağı kullanılmıştır. Stok standart çözelti konsantrasyonunun 1 mg/ml olması sağlanmış ve bunun için kloroform/metanol (1/2) çözeltisinden yararlanılmıştır. Daha sonra bu stok çözeltiden seri seyreltmeler ile 0.10, 0.50, 1.00, 2.00, 3.00, 3.50, 4.00, 5.00, 7.50 ve 10.00 mg/ml olan çözeltiler hazırlanmıştır. Sonra çözeltilerden 1 ml'si deney tüplerine aktarılmış ve kloroform/metanol çözeltisinin tamamı buharlaşmaya kadar 90°C'deki su banyosunda ısıtılmıştır. Su banyosundan alınan tüplerin üzerine 2 ml konsantre sülfürik asit çözeltisi ilave edilmiş, tüpler vortex ile karıştırılmış ve tekrar 2 dakika 90°C'deki su banyosunda ısıtılmıştır.

Daha sonra, soğutulan her tüp içerisine, Van Handel (1985b) in yöntemiyle hazırlanmış 5 ml vanilin-fosforik asit reaktifi ilave edilmiş, tüpler karıştırılarak 30 dakika oda sıcaklığında bırakılmış ve bir renk (Pembe ve tonları) oluşumu sağlanmıştır. Son olarak tüpler karıştırılmış ve tüplerin absorbans değerleri spektrofotometrede 525 nm dalga boyunda örneklerle birlikte hazırlanan köre karşı okunmuştur. Bu işlemler her standart çözelti konsantrasyonu için üç kez tekrarlanmış ve elde edilen absorbans değerleri ile standart lipit grafiği (regresyon eğrisi) çizilmiştir.

$$y = 0.325x + 1.111 (R^2 = 0.814)$$

Örneklerin lipit miktarları, okunan absorbansların bu regresyon denkleminde yerine konulmasıyla hesaplanmıştır.



Şekil 3. 6. *S. nonagrioides*'in larva, pupa ve erginlerinde biyokimyasal analizler.

Lipit analizi için, santrifüj sonunda oluşan süpernatantlardan 1 ml örnek alınarak deney tüplerine aktarılmış, içlerindeki kloroform/metanol çözeltisi tamamen buharlaşmaya kadar 90°C'deki su banyosunda ısıtılmıştır. Tüplerde kalan lipit çökeleğinin üzerine, 2 ml konsantre sülfürik asit çözeltisi ilave edilmiş, vortex ile karıştırılmış ve 2 dk daha 90°C'deki su banyosunda ısıtılmıştır. Daha sonra soğutulan her

bir tüpün üzerine, 5 ml vanilin-fosforik asit reaktifi ilave edilmiş, tüpler 30 dakika oda sıcaklığında bırakılmış ve böylece renk oluşumu sağlanmıştır. Son olarak; tüpler karıştırılmış ve absorbans değerleri spektrofotometrede 525 nm dalga boyunda köre karşı okunmuştur. Absorbans değerleri, standart grafikte yerine konularak değerlendirilmiş ve toplam lipit miktarı belirlenmiştir.

Karbohidrat miktarının tayini için böceklerin homojenizasyonu

S. nonagrioides'in farklı gelişme evrelerindeki (larva, pupa ve ergin) bireyleri 0 (kontrol), 50, 100, 150 ve 200 Gy'de ışılandıktan sonra, buldukları kaba kloroformlu pamuk bırakılıp, ölmeleri sağlanmış ve yaş ağırlıkları alınmış ve dondurucuda (-80°C) tutulmuştur. Deney tüplerine (15 ml) alınan örnekler, oda sıcaklığında bekletilmiş, melaninleşmeyi önlemek amacıyla fenilthioure kristali eklenmiş, üzerine 2 ml sodyum sülfat ilave edilmiş ve nihai olarak homojenizatör ile homojenize edilmiştir. Bu işlemten sonra tüplere 5 ml kloroform/metanol (1/2) çözeltisi eklenmiş, 6000 devir/dk'da 10 dk santrifüj edilmiştir. Tüplerdeki süpernatanttan 1 ml alınarak karbohidrat ve lipit analizinde kullanılmıştır. Karbohidrat miktarlarının belirlenmesinde, toplamda 30 adet böcek (her bir tekrerde 10 adet olmakla) kullanılmıştır.

Karbohidrat miktarının tayini: Karbohidrat miktarının tayininde Van Handel (1985a) in geliştirmiş olduğu yöntemden yararlanılmıştır.

Çözeltiler;

1. Antron Çözeltisi: 750 mg antron, 150 ml bidistile saf su ve 380 ml konsantre H₂SO₄ içerisinde çözülmüştür.
2. %2'lik Sodyum Sülfat (Na₂SO₄) çözeltisi: 2 gr Na₂SO₄ tartılmış ve son hacim 100 ml olacak şekilde bidistile saf su ile çözülmüştür.
3. Kloroform/Metanol Karışımı (1/2): 10 ml kloroform ve 20 ml metanol erlen mayer içerisinde karıştırılmış, ağzı sıkıca kapatılmış ve saklanmıştır.

Karbohidrat miktarının tayininden önce mililitresi 0.1 g saf glikojen (Sigma G-8751) içeren bir stok çözelti hazırlanmış ve bundan seyreltme yöntemi ile 0.10, 0.50, 1.00, 2.50, 3.00, 4.00, 5.00, 7.50 ve 10.00 mg/ml glikojen standart çözeltileri elde edilmiştir. Bu glikojen standardı serisine Van Handel (1985a) metodu uygulanarak örnekler spektrofotometrede 625 nm dalga boyunda okunmuş ve saptanan absorbans değerlerinden yararlanarak standart glikojen grafiği (regresyon doğrusu) çizilmiştir.

$$y = 0.393x + 0.504 (R^2 = 0.906)$$

Karbohidrat analizi için, santrifüj sonunda oluşan süpernatantlardan 1 ml örnek alınarak deney tüplerine aktarılmıştır. İçlerindeki kloroform/metanol çözeltisi tamamen

buharlaşınca kadar 90°C'deki su banyosunda ısıtılmış, soğutulduktan sonra üzerlerine 5 ml antron çözeltisi eklenmiş ve tekrar 90°C sıcaklıkta 15 dakika bekletilmiştir. Daha sonra buzdolabında soğutulan tüplerin absorbansı spektrofotometrede 625 nm'de okunmuştur. Elde edilen absorbans değerleri regresyon denkleminde yerine konulmuş, 1 ml örneğin içindeki total karbohidrat miktarı tayin edilmiştir.

3.2.3. Sitogenetik analizler

X-ışını radyasyonunun *S. nonagrioides*'in larva, pupa ve erginlerinin DNA'sı üzerindeki hasarlarını görüntülenmesi amacıyla tek hücre jel elektroforezi (DNA comet assay) Türkiye Atom Enerji Kurumu Sarayköy Nükleer Araştırma ve Eğitim Merkezi'nde yürütülmüştür.

Tek hücre jel elektroforezinde (DNA comet) kullanılan çözeltiler:

- Hidroklorik asit, $c(\text{HCl}) = 1 \text{ mol/L}$,
- Dimetilsülfoksit, (DMSO₂) (isteğe bağlı),
- Fosfatla tamponlanmış tuz çözeltisi (FTT), pH 7,4.

8,0 g sodyum klorür, 0,2 g potasyum klorür, 2,94 g disodyum hidrojen fosfat dodekahidrat ($\text{Na}_2\text{HPO}_4 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$) ve 0,24 g potasyum dihidrojen fosfat (KH_2PO_4) 900 ml su da çözülmüştür. Birkaç damla hidroklorik asit ile pH = 7,4'e ayarlanmış ve hacim 1000 ml'ye tamamlanmıştır. Çözelti otoklavlanmış veya süzme ile steril hâle getirilmiştir.

- Kaplama agaroz çözeltisi, damıtık su da % 0,5 agar.

50 mg agaroz 10 mL su ile kaynatılmış (pulcuklar içermeyen berrak çözelti) ve çözelti, mikroskop camlarının ön kaplaması için 45 °C sıcaklıktaki su banyosunda muhafaza edilmiştir.

- Döküm jel çözeltisi, FTT' de % 0,8 agaroz.

Düşük erime sıcaklığına sahip 80 mg agar kaynatılmış, hücre süspansiyonuyla karıştırılmaya ve mikroskop camları üzerine jel şeklinde dökmeye hazır hâle gelmesi için 45 °C'deki su banyosunda muhafaza edilmiştir.

- EDTA stok çözeltisi, $c(\text{EDTA}) = 0,5 \text{ mol/L}$.

93,05 g etilen daimin tetra asetik asit disodyum tuzu dihidrat, 300 ml damıtık suya ilâve edilmiş iyice karıştırılmış ve % 40'lık sodyum hidroksit çözeltisi ile pH=8,0'a ayarlanmış, sonra damıtık su ile 500 ml'ye seyreltilmiş ve nihai olarak otoklavlanmıştır.

- TBE stok çözeltisi

54 g Tris(hidroksimetil)aminometan (tris baz) ve 27,5 g borik asit 20 ml EDTA stok çözeltisinde çözülmüş ve damıtık su ile 1000 ml'ye seyreltilmiştir (TBE). Hazırlanan stok çözeltisi cam şişede oda sıcaklığında muhafaza edilmiştir.

- Elektroforez tampon çözeltisi

Bir hacim TBE stok çözeltisi, dokuz hacim su ile seyreltilmiş ve pH=8,4'e ayarlanmıştır.

- Parçalama tampon çözeltisi

25 g Sodyum dodesilsülfat (SDS) elektroforez tampon çözeltisi ile çözülmüş ve hacim 1000 ml'ye tamamlanmıştır.

- Boyama çözeltileri
- ✓ Etidyum bromür stok çözeltisi

100 mg etidyum bromür 100 ml suda çözülmüş ve karanlık bir ortamda 4 °C ile 6 °C arasında muhafaza edilmiştir.

- ✓ Etidyum bromür boyama çözeltisi

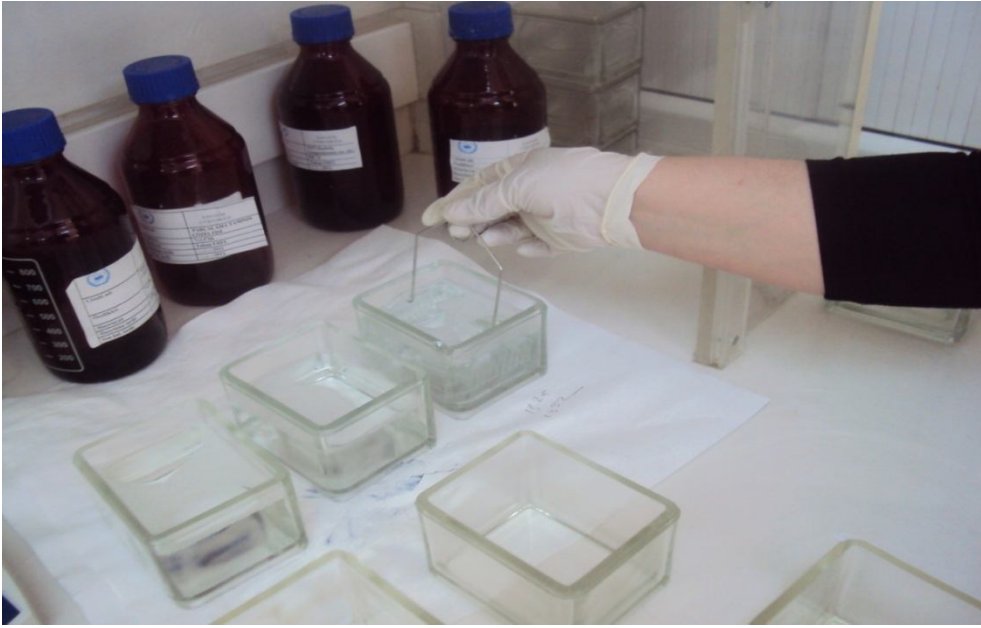
2 ml etidyum bromür stok çözeltisi su ile 100 ml'ye kadar seyreltilmiştir.

Tek hücre süspansiyonlarının hazırlanması: 0 (kontrol), 50, 100, 150 ve 200 Gy'de X-ışınına maruz bırakılan *S. nonagrioides* larva, pupa ve erginleri +4 °C şartlarında muhafaza edilmiş ve 24 saat içerisinde tek hücre jel elektroforezi (DNA comet) yöntemiyle incelenmiştir. Bu hücrelerin tanımlanması ise Avrupa Standart EN 13784 (CEN, 2001)'e göre gerçekleştirilmiştir. Larva, pupa ve erginlerinde abdomenlerinin son kısımları kullanılarak hücre süspansiyonları hazırlanmıştır. DNA hasar tespitinde deneyler 3 tekrürde gerçekleştirilmiş ve toplamda 10 adet böcek kullanılmıştır.

Lamların kaplanması: Bireyler çok ince dilimler halinde kesilmiş ve bir behere aktarılmıştır. Beherin içine 1.5 ml FTT (pH: 7,4) ilave edilmiş ve beher parçalanmış buz

içeren daha geniş bir beherin içinde soğutulmuş ve sonra 500 devirde 1 dk süre ile karıştırılmıştır. Ependorf tüplerine aktarılmış ve buzdolabında (+4°C) örnekler 20 dakika bekletilmiştir. Agar jelin cama daha iyi tutunmasını sağlamak için cam önceden ince bir agar (%0,5'lik) tabakasıyla kaplanmış, kuruduktan sonra 100 µl hücre süspansiyonu yaklaşık 1 ml dökme jel çözeltisi ile karıştırılmıştır. Bu karışımın 100 µl'si önceden kaplanmış cam üzerine aktarılmış, pipet ucu ile kabaca yayılmıştır. Agar jelin katılaşması için 20 dk süre ile buz üzerinde bekletilmiştir. Kapama camı bistürü ucu ile kenarı çekilmiş ve alttaki agar kaplı cam dikkatlice kaydırılarak kaplama camından uzaklaştırılmıştır.

Lizis: Lamların üzerindeki lameller kaldırılıp daldırma sepetine dizilmiş, lizis çözeltisinde (%1.25 lik) boyama kavanozunun sepeti kapatacak şekilde konulmuş ve 7 dakika bekletilmiştir (Şekil 3.7). Hazırlanan örnekler 5 dakika elektroforez çözeltisinde tutulmuştur (TBE: 0,045M ve SDS pH: 8,4).



Şekil 3. 7. Lizis işlemi.

Elektroforez: Lamlar elektroforez (Thremo Elektroforez Sistemi, Şekil 3.8) tankına tıraşlı kısımlar katoda bakacak şekilde herhangi bir boşluk bırakılmadan dizilmiş, 26 V ve 2 dk süreyle akım uygulanmış ve akım kesildikten sonra lamlar tanktan çıkarılmıştır. Soğuk suda 1 dakika bekletilmiş ve sonra 50°C'lik etüvde 1 saat kurutulmuştur.



Şekil 3. 8. Elektroforez Tankı

Boyama: 100 mg boya 100 ml balon jodede suyla eritilerek stok çözeltisi hazırlanmış ve buzdolabında yaklaşık 1 hafta kadar ışık almayan cam kaplarda bekletilmiştir. Boyama amacıyla; ethidium bromide 2 ml stok çözeltisinden alınmış ve cam kaplara ilave edilmiştir. Preparatlar 2 dakika floresan boyaya daldırılmış ve sonra çıkartılıp saf suda 1 dakika bekletilmiştir. Lamlar kurutulmadan üzerleri lamellerle kapatılarak mikroskop görüntüsü için hazır hale getirilmiştir.

Görüntü analizi: Hazırlanan preparatlarda ki görüntüler mikroskop (Olympus BX51 floresans, DIC destekli ve U-DM-DA/FI/TX2E filtreli)'ta 20X büyütme ve dijital renkli kamera (Penguin PIXERA 600 CL) aracılığı ile alınmıştır (Şekil 3.9). Her örnekten en az 100 komet görüntüsü örneklenmiş ve bu işlem üç kez yapılmıştır. DNA Comet parametrelerini belirlemek amacıyla; BS 200 Prowith software programı (BS 200 ProP, BAB Imaging System, Ankara) kullanılmış ve komet ölçümleri BAB görüntüleme sistemi ile yarı ve tam otomatik olarak gerçekleştirilmiştir. Preparatlar hazırlandıktan 3 saat sonra Komet ve kuyruk uzunlukları ve kuyruk momenti gibi parametreler saptanmıştır.



Şekil 3. 9. DNA komet analizi çalışmaları yürütülen kamera ve bilgisayar.

3.3. Verilerin Analizi

Işılama ve biyokimyasal çalışmalardan elde edilen verilere dayanarak, ortalamalar arasındaki farkları Varyans Analizi (One-Way ANOVA), uygulamalar arasında farklar olduğu durumlarda ise; “Tukey’s” ya da “Tukey’s stundized test” metotlarından yararlanılarak teşhis edilmiştir (SPSS 15.0, 2006).

Ortalamalar arasındaki fark 0.05 olasılık seviyesinde F değerinden büyük olduğu takdirde önemli kabul edilmiş ve *S. nonagriodes*'in farklı gelişim evrelerine karşı X-ışınlarının ED₅₀ ve ED₉₉ etkin dozları Probit Analiz yöntemiyle hesaplanmıştır.

4. BULGULAR

4.1. *Sesamia nonagrioides* (Mısır Koçan Kurdu)'in Biyolojisi

4.1.1. Yumurta

2011-2014 yılları arasında ilkbaharda Kahramanmaraş ili mısır tarlalarından toplanan olgun larvalar laboratuvar ortamında 23.5-24 °C sıcaklık, %65-70 orantılı nem ve 16: 8 (aydınlık: karanlık) aydınlatmalı iklim odasında 1 lt'lik plastik kaplarda tutulmuş; pupa oluşuncaya kadar taze mısır yaprak, tane ve püskülleri ile beslenmiş, akabinde pupa ve kelebekler elde edilmiştir. Erginlerin beslenmesi için kaplara %25 şekerli su emdirilmiş pamuk konulmuştur. Uçuştan 4-6 gün sonra dişiler tarafından tek tek veya toplu olarak (25-30 adet) yumurta bırakılmıştır. Yumurtalar başlangıçta; beyaz-krem renkte, alttan ve üstten basık yassı şekildedirler (Şekil 4. 1). 3. günde embriyonel gelişimin başlamasıyla açık turuncu rengini almışlardır. 4. günün sonunda; baş kapsülü oluşumu başlamış, 5 ve 6. günlerde ise; larvalar çıkmaya başlamıştır.



Şekil 4. 1. *S. nonagrioides*'in yumurtaları

Çizelge 4. 1’de görüldüğü gibi; yumurtaların açılması beşinci günde başlamış altıncı günde en yüksek oranda olmuş (%75.5) ve yedinci günde ise %10.4 olmuştur. Sonraki günlerde ise; larva çıkışı gözlenmemiştir. Deney yumurtalarının %88.78’inden larva çıkışı olmuş ve yaklaşık %11-12 oranında yumurtalar açılmamış ve bununda nedeninin yumurtaların tamamen döllenmediğinden veya laboratuvar koşullarının yetersizliğinden kaynaklandığı varsayılmaktadır. Yumurta evresi ortalama 6.21 ± 0.06 gün devam etmiştir.

Çizelge 4.1. *S. nonagrioides* yumurtalarından larva çıkışı (2013-2014 yılı ortalama değerleri)

Günler	Larva Çıkışı	
	Toplam (N=450)	%
1. Gün	0	0
2. Gün	0	0
3. Gün	0	0
4. Gün	0	0
5. Gün	13	2.88
6. Gün	340	75.5
7. Gün	47	10.4
8. Gün	0	0
9. Gün	0	0
	400	88.78

N: Denemede kullanılan yumurta sayısı

4.1.2. Larva

Yumurtadan çıkan larvalar tipik pembe renkli ve tüsüzdürler (Şekil 4.2). Ortalama boyları 3.2 ± 0.07 mm olmuş, çenelerinin tam olarak gelişmediği, baş kısmının protoraks kısmının içine doğru çekildiği ve baş kapsülünün koyu kahverengi olduğu gözlenmiştir. Laboratuvar ortamında 23.5-24 °C sıcaklık, %65-70 orantılı nem ve 16: 8 (aydınlık: karanlık) yumurtadan çıkan larvalar 3-4 gün sonra birinci, 8-10 gün sonra ikinci, 15-18 gün sonra üçüncü, 22-26 gün sonra dördüncü, 28-34 gün sonra beşinci, 35-40 gün sonra ise; altıncı defa gömlek değiştirmiştir. Altıncı gömlek değişiminden sonra boyu 35.8 ± 0.4 mm’e ulaşmış, 3-4 gün sonra yine deri değiştirerek pupa evresine girmiş ve larval dönem; ortalama 39.5 ± 0.30 gün devam etmiştir.



Şekil 4. 2. *S. nonagrioides*'in olgun larvaları

4.1.3. Pupa

Son gömlek değişiminden sonra prepupa evresine giren larvalar beslenmeden durmuşlar ve neredeyse hiç hareket etmemişlerdir. Pupalara ilk oluştuğlarında açık krem kahve renkli iken, daha sonra kahverengiye dönüşmüş ve ergin çıkmadan ise; koyu kahverengi olmuştur (Şekil 4.3).



Şekil 4. 3. *S. nonagrioides*'in 2 günlük pupaları.

Pupalar mumya tipinde olup; göz, anten ve kanat taslaklarının belirginleştiği gözlenmiş, ortalama boyu 16.75 ± 0.60 mm, eni 3.63 ± 0.03 mm ve ağırlığı 338 ± 0.05 mg olmuştur. Pupa süresi ise; ortalama 11.80 ± 1.23 gün sürmüştür.

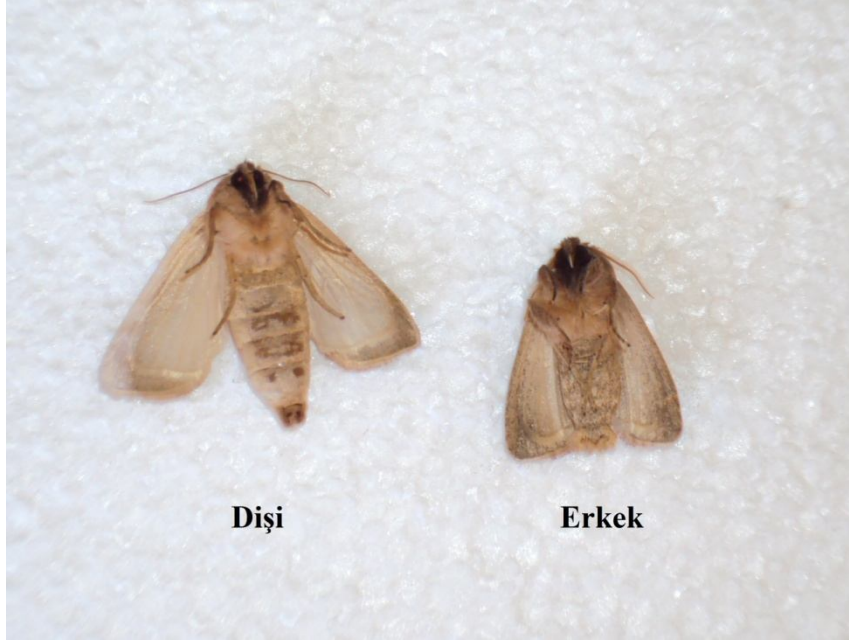
4.1.4. Ergin

Laboratuvarda elde edilen *S. nonagrioides*'in pupalarından 11-12 gün sonra kelebekler uçuşmaya başlamış ve vücutlarını kurutmak için 2-3 saat hava yutarak kanatlarını açık tutmuşlardır (Şekil 4.4). Dişilerin boyları 16.7 ± 0.06 mm, kanat genişliği 38.3 ± 0.01 mm ve ağırlıkları 203 ± 1.21 mg; erkeklerin ise boyları 15.3 ± 0.05 mm, kanat genişliği 31.3 ± 0.04 mm ve ağırlıkları 105 ± 1.34 mg olarak hesaplanmıştır. Kanatları normal şekile döndükten sonra, uçmaya ve çiftleşmeye hazır duruma gelmişlerdir. Erginlerin, ön kanatları genel olarak açık sütlü kahverengi veya sarımsı bej renge olurken, arka kanatlar gümüşü beyaz veya ipeğimsi beyaz renkte, arka kısımlara doğru koyu bir renk almaktadır. Dişilerin en belirgin özelliğinden biride vücudun abdomen bölgesi ventral kısmında sternumun 7-8'inci segmentlerinde oval şekilde koyu lekeler içermesi ve 9. segmentte ise bir çift siyah noktanın bulunmasıdır (Şekil 4.5). Erkeklerde bu şekilde desenler yoktur.



Şekil 4. 4. *S. nonagrioides* kelebekleri.

Morfolojik olarak dişi bireyler erkeklere göre daha iridir ve yumurta taşıdıkları için abdomenleri şişkindir (Şekil 4.5). Ayrıca dişiler ipliksi (filiform) erkekler ise; taraksı (bipectinate) anten tipine sahiptirler. Erginleri beslendikten sonra, çiftleşdikleri ve dişilerin yumurta bıraktıkları gözlenmiştir. Dişiler, ilk 6 gün içerisinde toplam yumurtalarının % 93.27'sini bırakmış ve ömür uzunluğu ortalama 9.3 ± 0.5 (7-11) gün, erkeklerin ise yaşam süresinin ortalama 8.2 ± 0.3 (6-10) gün yaşadığı gözlenmiştir.



Şekil 4. 5. Dişi ve erkek bireylerin ventralden görünüşü.

Gözlemlerimiz ve literatür bilgilerine göre mısır koçan kurdu'nun kışı daha çok gövde veya koçanlar içerisinde olgun larva döneminde geçirdiği, Kahramanmaraş ilinde yılda 4–5 kere döl verdiği bilinmektedir. Ayrıca; koçan kurdu ülkemizin Karadeniz, Ege, Marmara, Akdeniz ve Güneydoğu Anadolu Bölgelerinde yaygın olmakla bazı Akdeniz kıyısı ülkelerinde “Akdeniz mısır kurdu” (Mediterran Corn Borer) olarak tanınmaktadır (Zeren ve ark., 1988; Şimşek ve Güllü, 1992; Cerit ve ark., 2006).

4.2. *S. nonagrioides*'in Biyolojik Evreleri Üzerine X-Işını Radyasyonunun Etkileri

Böceklerin radyasyona karşı oldukça duyarlı oldukları ve dolayısıyla farklı ışın dozuna bağlı olarak onlarda bir takım morfolojik anormalliklere, sitogenetik, biyokimyasal vs. değişmelere neden olduğu bilinmektedir. Genellikle böceklerde mutasyon, embriyoda anormal oluşumlar, deri değiştirme ve başkalaşımda aksamalar, anormal davranışlar, sakat yapılı vücut kısımlarının meydana gelmesi, küçük yapılı bireyler, üreme gücünde azalma, üreme hücrelerinin tamamen tahrip olması ve ölümüne yol açmaktadır. Bu etkilerin bir kısmı hemen ve bir kısmı ise daha sonra ortaya çıkmaktadır. Böcek hücrelerinde, radyasyona duyarlılık doğrudan hücrelerin üreme aktivitesinde ve büyümesinde ters orantılı olarak etkilediği görülmektedir. Böceklerin, larva süresince çok az hücre farklılaşması olmakta, hücre bölünmesi ve doku farklılaşması yumurtalarda embriyonik gelişme süresince, larvalarda deri değiştirme dönemlerinde ve pupa oluşumunun geç dönemlerinde olmaktadır. Böceklerin bölünmekte olan hücreleri radyasyona oldukça duyarlı iken, sabit ergin dönemleri radyasyona daha dayanıklıdır. Bundan dolayı; düşük radyasyon dozları böcek kısırlığına ve gametlerin genetik olarak bozulmasına, daha yüksek dozlar ise böcek ölümüne neden olmaktadır (Hasan ve Khan, 1998; Ahmed, 2001).

Yumurta evresi radyasyon maruziyetine karşı en hassas dönemdir. Yumurtaya uygulanan çok düşük dozlar sakat veya kısır ergin bireyler oluşmasına neden olur. Eğer larvaya ortalama bir radyasyon dozu uygulanırsa larva dönemi uzamakta ve pupa oluşumu gecikmektedir. Larvalar, radyasyona yumurtalardan daha dayanıklıdır ve larva dönemleri arasında da duyarlılık farkı görülmektedir. Diyapozdaki larvalar daha da dayanıklıdır, fakat bu larvalar pupa olduktan sonra ölür. Ancak genel olarak, diyapoza giren böcekler diyopoza girmeyenlere göre radyasyondan daha çabuk etkilenmektedir. Dişi pupalar erkeklere göre radyasyona daha hassastır. Ergin böcekler ise gelişme dönemleri arasında radyasyona en dayanıklı olanlardır ve ani ölüm görülmesi için çok yüksek dozlar gerekir, ancak; ilerleyen yaşlarında daha hassas olmaktadır. Radyasyona maruz kalma sonucunda böceklerde oluşan davranış değişimleri, yapısal ve hücresel değişimlere göre daha hassas bir göstergedir. Davranış değişimleri, sinir ve dolayısıyla endokrin sisteminden kaynaklanmaktadır. Sinir merkezlerinde, fonksiyonlarında ve hormon salgılamalarında çok ince değişimlerle kendini göstermektedir. Sinir sistemindeki değişimler hareket sistemlerine de yansır ve örneğin uçuş yeteneğini dahi kaybedebilmektedirler (Nation ve Burditt, 1994; Hallman ve Worley, 1999).

X-ışınının *S. nonagrioides* yumurta, larva, pupa ve ergin evreleri üzerine etkileri ayrı ayrı araştırılmış ve daha sonraki aşamalarda sağ kalan bireylerin durumu örneğin; ergin çıkışı, yumurta verimi, cinsiyet oranı, larva çıkışı ve ömür uzunluğu gibi özellikleri bakımından incelenmiştir.

4.2.1. Yumurta üzerine etkisi

S. nonagrioides 3 günlük döllenmiş yumurtaları 0, 50, 100, 150 ve 200 Gy'de X-ışınına maruz bırakılmış ve daha sonra yumurtaların açılması (larva çıkışı), pupa oluşumu, ergin çıkışı ve dişi başına düşen ortalama yumurta verimi incelenmiştir.

Çizelge 4. 2. X-ışını ile ışınlanmış *S. nonagrioides* (3 günlük) yumurtalarında embriyonik gelişim ve yumurtaların açılması (2013-2014 yılı ortalama değerleri)

Doz (Gy)	n	Embriyonik Gelişim(%)	Yumurtaların açılımı(%)
0	120	91.66±5.8a	83.33±1.7a
50	120	83.33±6.4b	0.0±0.0b
100	120	67.5±3.7c	0.0±0.0b
150	120	64.16±2.9c	0.0±0.0b
200	120	58.33±4.2d	0.0±0.0b

Aynı harflerle gösterilen değerlerin ortalama varyans analizi ve Tukey testine göre %5 düzeyinde istatistiksel olarak önemli kabul edilmemektedir.

Deney sonuçları Çizelge 4. 2 'de gösterilmiş ve radyasyon dozunun artışına bağlı olarak yumurtada embriyon gelişiminin yavaşladığı, bu düşüşün ise; istatistiksel açıdan önemli olduğu bulunmuştur ($P>0.05$). Özellikle 200 Gy'de yumurtalarda embriyonik gelişim %58.33, kontrol gurubunda ise; %91.66 olarak bulunmuştur. Fakat sonraki günlerde embriyonik gelişim durduğundan dolayı; hiçbir deney gurubunda yumurtalardan larva çıkışı gözlenmemiştir.

4.2.2. Larva üzerine etkisi

S. nonagrioides'in beşinci dönem larvalarına 0, 50, 100, 150 ve 200 Gy X-ışını radyasyonu uygulanmıştır. Elde edilen veriler; larvaların gelişim süresi, beslenme durumu,

pupa oluşumu-süresi-ölüm oranı-şekil bozuklukları, ergin bireylerin uçuşu-anormallikler-kısırlık oranı, yumurta verimi ve açılması bakımından değerlendirilmiştir. Radyasyondan sonra deney ve kontrol larvalara her gün taze besin verilmiştir. Işınlanmış beşinci dönem larvaların ergin oluşuncaya kadar geçen sürelerin sonuçları Çizelge 4. 3’de belirtilmiştir. Kontrol gurubu ile 200 Gy’de ışınlananlarda larval peryod uzunluğu önemli artış göstermiş ve bu artış istatistiksel olarak önemli kabul edilmiştir ($P<0.05$). Bu değerler kontrolde 35.80 gün iken, 200 Gy’de 48.70 gün olarak hesaplanmıştır. Kontrol hariç diğer guruplarda doz artışına bağlı olarak larvalar ışınlandıktan sonra birkaç gün beslendikleri daha sonra ise yem almadıkları ve ayrıca; sonraki birkaç gün içinde çok aktif olan larvaların inaktif forma geçtikleri gözlenmiştir. Işınlanan her varyasyonda toplam 160 adet larvadan sırası ile 50 Gy’de 142, 100 Gy’de 145, 150 Gy’de 157 ve 200 Gy’de ise; 159 adedi ölmüş, sağ kalanları ise pupa evresine girmiştir. 50 Gy’de oluşan 18 adet pupadan 6’sı deformasyonlu, diğer 12’sinden ise 4’ünde kelebek çıkışı olmuş ve buna rağmen kelebeklerinde deformasyon gözlenmiş ve sonuçta da bunlardan yeni döllere elde edilmemiştir. 100 Gy’de oluşan 15 adet pupadan sadece 1 adet sağlıklı olmuş ve ergin uçmuştur. 150 Gy uygulanan larvalardan 3 adet pupa geçmiş bu pupalardanda ergin çıkışı gözlenmemiştir. 200 Gy’de ise sonuç olarak; 1 adet deformasyonlu pupa elde edilmiş ve pupadan da kelebek uçmamıştır (Çizelge 4. 3). 50 Gy’de sağlıklı olan pupaların gelişim dönemleri kontrol guruplarla aynı olmuştur. Ve kelebekler uçtuktan sonra, bir dişi bir erkek olacak şekilde çiftleşme kaplarına alınan deformasyonlu erginler (Şekil 4.10 ve 4.11), çiftleşmemiş ve dişi bireyler yumurta bırakmamıştır. Dolayısıyla; pupalardan sağlam kelebekler uçmadığı için kısırlık oranı tespit edilmemiştir.

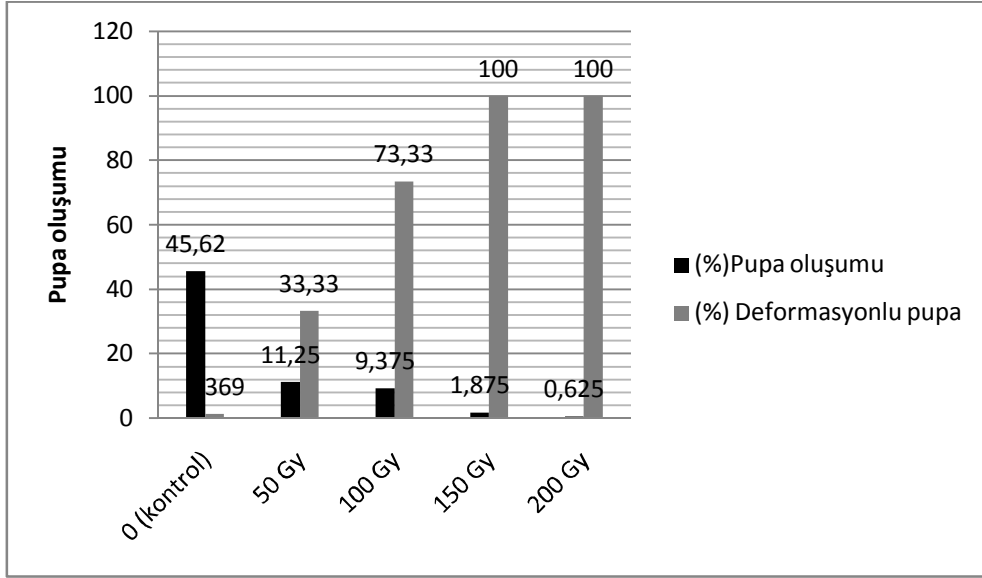
Radyasyon doz artışına bağlı olarak pupa oluşumunda azalmalar istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($P<0.05$). Pupa oluşum yüzdesi kontrol grubunda 45.62, 50 Gy’de 11.25, 100 Gy’de 9.375, 150 Gy’de 1.875 ve 200 Gy’de 0.625 olmuştur.

Çizelge 4. 3. X-ışını ile ışınlanmış *S. nonagrioides* (5. instar) larvalarında Pupa oluşumu, Deformasyonlu pupa, Larval dönem, Ergin çıkışı, Yumurta sayısı ve Yumurtaların açılımı (2013-2014 yılı ortalama değerleri)

Doz (Gy)	n	Pupa oluşumu		Deformasyonlu pupa oluşumu		Larval periyod(gün)	Ergin çıkışı		Yumurta sayısı (♀/gün)	Yumurtaların açılımı (%) (F ₁)
		Toplam	% değeri	Toplam	% değeri		Toplam	% değeri		
0	160	73 a	45.62±7.6a	1 a	1.369±1.3a	35.80±6.2a	38 a	92.68±5.8a	368,9±13.8	98.94±7.4
50	160	18 b	11.25±3.4b	6 b	33.33±4.5b	43.00±5.9b	4 b	22.22±4.9b	-	-
100	160	15 b	9.375±3.1b	11 c	73.33±12.4c	46.00±7.4c	1 c	6.66±01.4c	-	-
150	160	3 c	1.875±1.1c	3 d	100.00±0.0d	45.90±4.5c	0 d	0.0±0.0d	-	-
200	160	1 c	0.625±0.8c	1 d	100.00±0.0d	48.70±6.5d	0 d	0.0±0.0d	-	-

Aynı harflerle gösterilen değerlerin ortalama varyans analizi ve Tukey testine göre %5 düzeyinde istatistiksel olarak önemli değildir.

Pupalar arasında doz artışına bağlı olarak deformasyon oranının yükseldiği ve kontrolde %1.369, 50 Gy'de %33.33, 100 Gy'de %73.33, 150 ve 200 Gy'de %100.0 olduğu belirlenmiştir (Çizelge 4. 3. ve Grafik 4. 1). Ayrıca; Şekil 4.6. ve 4.7, 4.8., 4.9 ve 4.10'de ise; deformasyonlu larva ve pupaların resimleri gösterilmiştir.



Grafik 4. 1. Işınlamış *S. nonagrioides* normal ve deformasyonlu pupaların oranı.



Şekil 4. 6. 50 Gy ışınlanmış larvalarda oluşan deformasyonlu pupalar.



Şekil 4. 7. 100 Gy ışınlanmış larvalardan oluşan deformasyonlu pupalar.

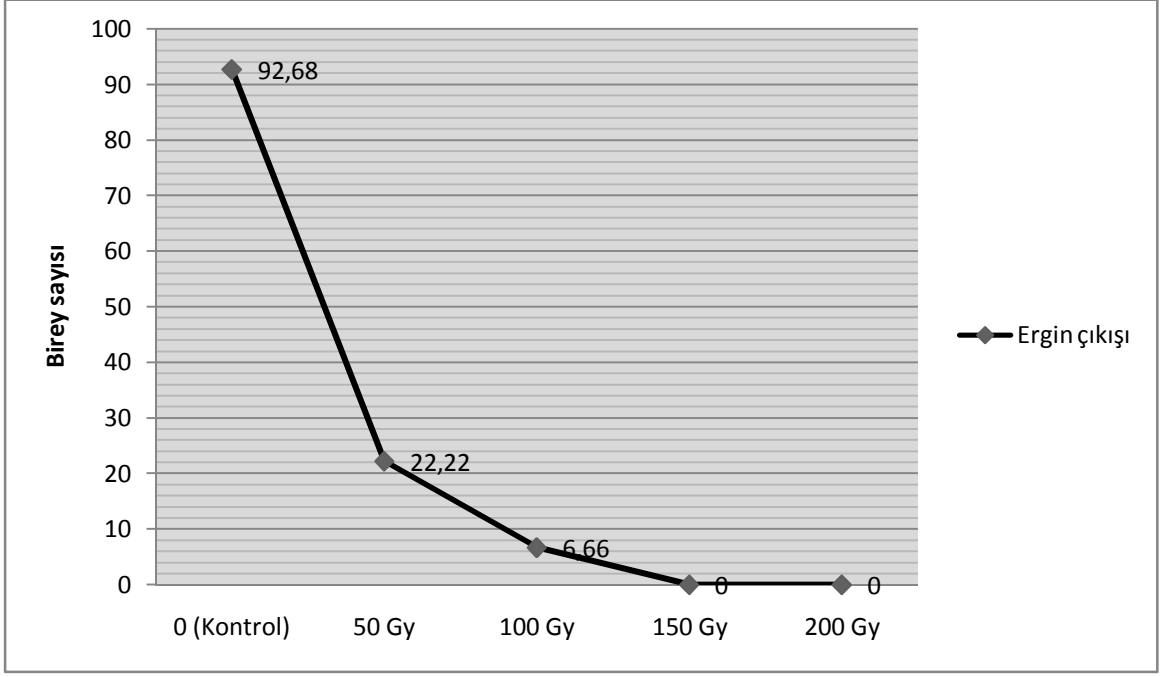


Şekil 4. 8. 150 Gy ışınlanmış larvalarda deformasyon.



Şekil 4. 9. 200 Gy ışınlanmış larvada deformasyon.

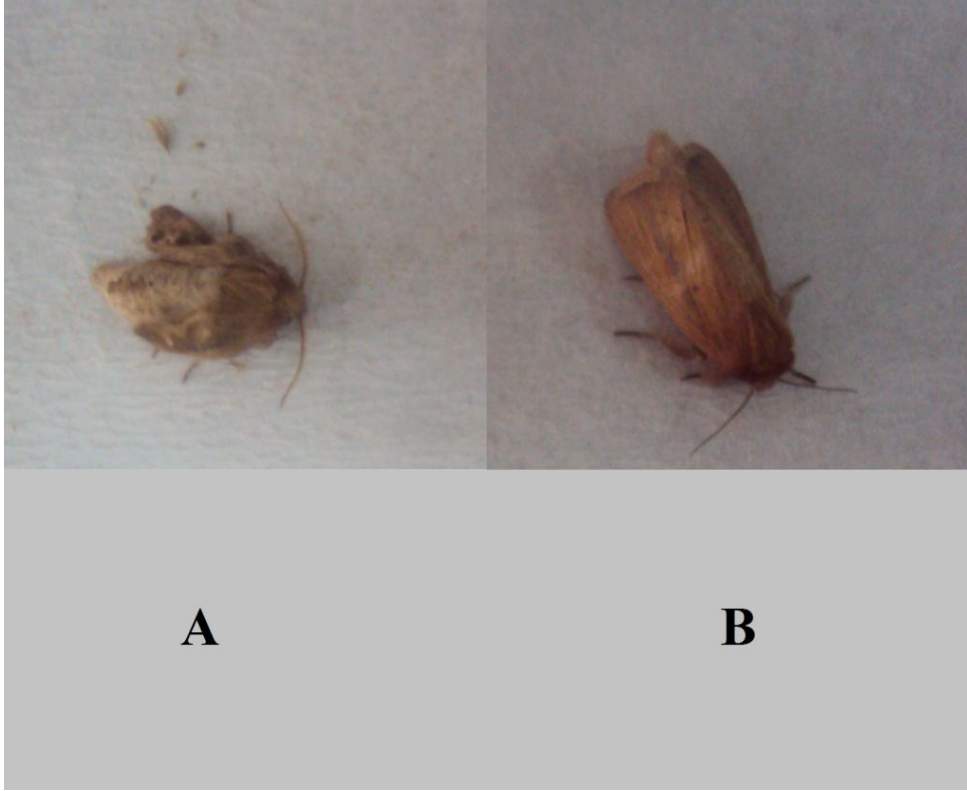
Ergin çıkışı: 0-200 Gy arasında ışınlanan beşinci dönem larvalardan oluşan pupalardan ergin çıkışı gözlenen gruplar ve sonuçlar Çizelge 4. 3 ve Grafik 4. 2 'da verilmiştir. Çizelgede de görüldüğü gibi; 150 Gy ve üzeri dozlarda ergin çıkışı görülmemiştir. Yapılan istatistiksel analizlere göre kontrol ile 50 ve 100 Gy arasındaki farklar önemli bulunmuştur ($P < 0.05$). Kontrolde ergin çıkış yüzdesi %92.68 olurken, 50 Gy'de %22.22 ve 100 Gy'de ise %6.66 olarak bulunmuştur. Ayrıca; 50 ve 100 Gy'de çıkan erginlerin görüntüleri Şekil 4. 10, 4. 11, 4. 12 ve 4. 13'de verilmiştir. Işınlanmış beşinci dönem larvalardan oluşan erginlerde (F_1) yumurta bırakma kontrol grubu (368.9 ♀/gün) haricinde hiç gözlenmemiştir.



Grafik 4. 2. Işınlanmış larvalardan ergin çıkışı dinamiği.



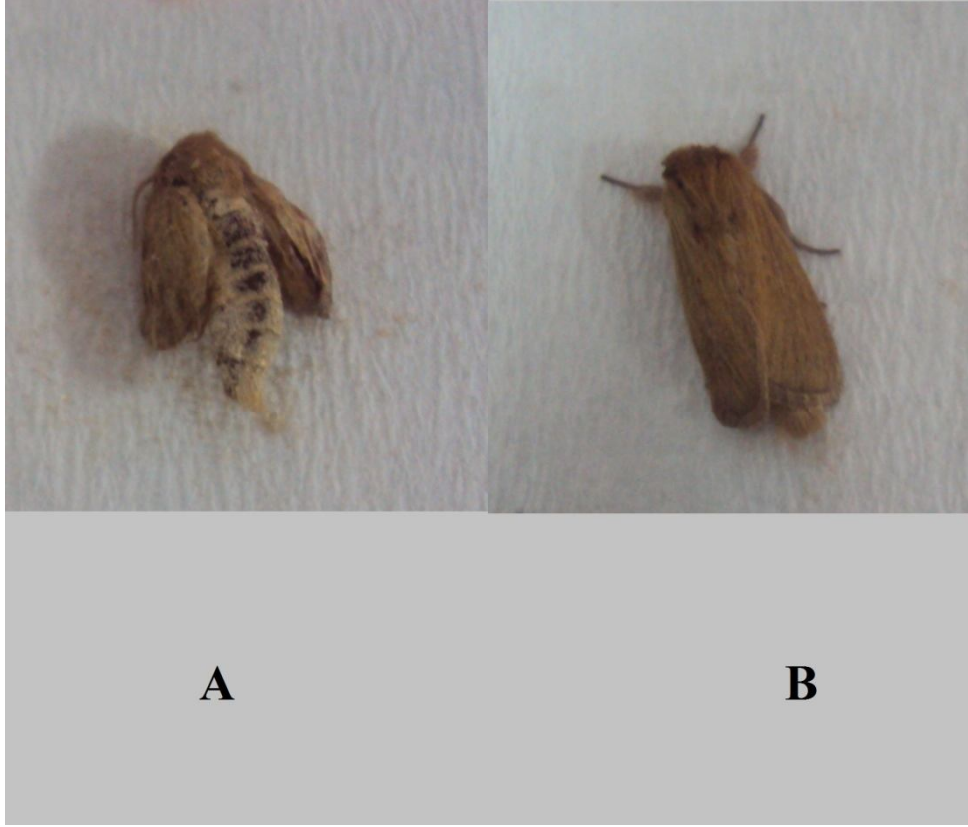
Şekil 4.10. 50 Gy ışınlanmış larvalardan elde edilen erginlerde deformasyon.



4.11. A) 50 Gy' ışınlanan larvalardan elde edilen ergin B) Kontrol



Şekil 4.12. 100 Gy ışınlanmış larvalardan elde edilen ergin.

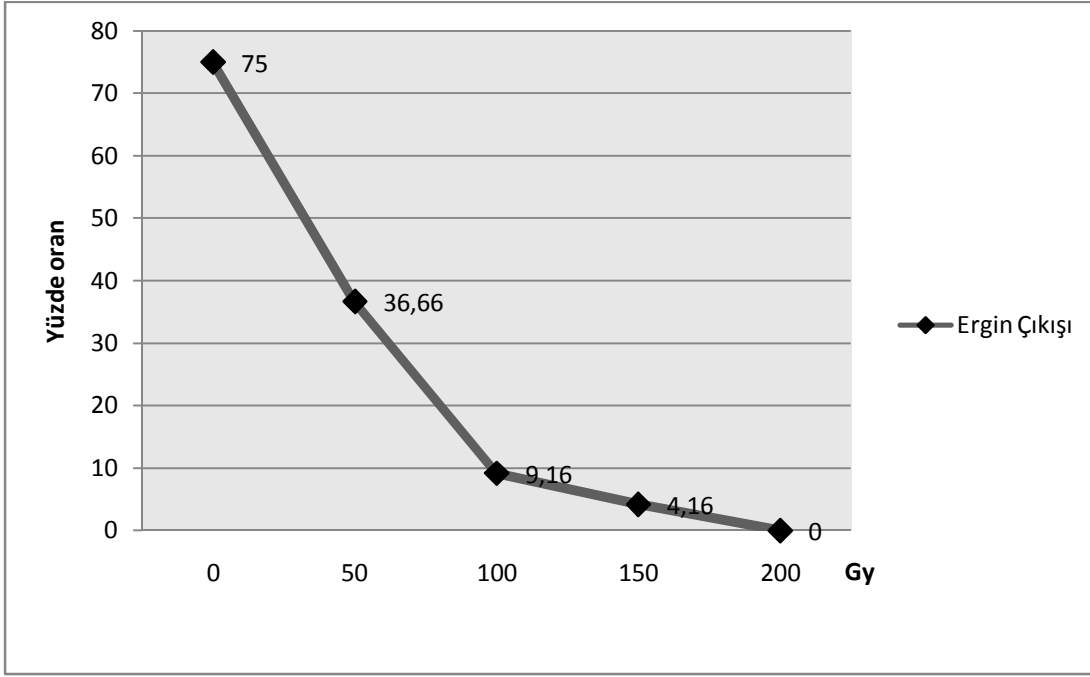


Şekil 4.13. A) 100 Gy ışınlanmış larvalardan elde edilen ergin B) Kontrol.

4.2.2. Pupalar üzerine etkisi

Laboratuvar koşullarında çoğaltılan *S. nonagrioides*'in 5 günlük pupalarına 0, 50, 100, 150 ve 200 Gy'de farklı dozlarda X-ışını radyasyonu uygulanmış ve sonraki günlerde; pupa süresi, ergin çıkışı ve anormallikler, kısırılık oranı, yumurta verimi ve açılması gibi bazı parametreler kaydedilmiştir. Çalışmaların sonucu Çizelge 4. 4 ve Grafik 4. 3'de belirtilmiştir. Çizelgeden görüldüğü gibi pupalardan çıkan ergin sayısı doz artışına bağlı olarak azalmış ve bu bakımdan kontrolle tüm dozlar arasındaki fark istatistiksel açıdan önemli olmuştur ($P < 0.05$). Işınlanmış pupalardan ergin çıkış yüzdesi kontrolde %75.00 iken, 50, 100 ve 150 Gy'de sırası ile %36.66, %9.16 ve %4.16 kadar azalmış, 200 Gy'de ise ergin çıkışı gözlenmemiştir.

Işınlanmış pupalardan çıkan erginlerin kanat ve antenlerinde şekilsel bozukluklar, bedensel olarak zayıflık ve hareketsizlik gibi anormallikler (deformasyon) gözlenmiştir. Erginlerde gözlenen deformasyon oranı kontrol grubunda %2.2 iken, 50 Gy'de %81.81, 100 Gy'de %50.00 ve 150 ve 200 Gy'de %100.00 olarak gözlenmiştir. Deformasyonlu kelebeklerin görüntüsü Şekil 4.14'de gösterilmiştir.



Grafik 4. 3. Işınlanmış pupalarından ergin uçuş dinamiği.



Şekil 4.14. 50 Gy ışınlanmış pupalarından çıkan deformasyonlu erginler.

Çizelge 4. 4. X-ışının pupalara etkisi (2013-2014 yılı ortalama değerleri)

Doz (Gy)	n	Ergin çıkışı		Deformasyonlu ergin		Ergin ömür uzunluğu(gün)	Yumurta sayısı(♀/total)	Yumurtaların açılımı (%) (F ₁)
		Toplam	% değeri	Toplam	%değeri			
0	120	90 a	75.00±9.6a	2 a	2.22±0.06 a	9.4±0.5a	392.6±11.9a	89.28±2.8a
50	120	44 b	36.66±3.9b	36 b	81.81±8.5b	4.8±1.1b	0.0±0.0b	0.0±0.0b
100	120	11 c	9.16±2.1c	5.5 c	50.00±2.7 c	3.6±0.7b	0.0±0.0b	0.0±0.0b
150	120	5 c	4.16±1.6c	5 c	100.00±1.1 d	3.4±0.5b	0.0±0.0b	0.0±0.0b
200	120	0 d	0.0±0.0d	0 d	0.0±0.0 e	0.0±0.0c	0.0±0.0b	0.0±0.0b

Aynı harflerle gösterilen değerlerin ortalama varyans analizi ve Tukey testine göre %5 düzeyinde istatistiksel olarak önemli değildir.

Işınlanmış pupalardan çıkan kelebeklerin ömür uzunluğunda radyasyonun artış dozuna bağlı olarak azalmıştır. Çizelge 4. 4'de de belirtildiği üzere kontrolle diğer dozlar arasındaki farklar istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($P<0.05$). Bu değerler kontrolde 9.4 gün iken, 50 Gy'de 4.8, 100 Gy'de 3.6 ve 150 Gy'de 3.4 gün kaydedilmiş, ayrıca; 100 ve 150 Gy arasındaki fark istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur ($P>0.05$). Bununla birlikte; 200 Gy deney pupalarının hepsi öldüğü için ergin uçuşu gözlenmemiştir. Kelebekler tarafından yumurta koyma olayı kontrolden başka hiçbir grupta izlenmemiş ve F_1 dölünden P_1 jenerasyonu elde edilmemiştir. Böylece; *S. nonagrioides* pupalarına karşı radyasyon uygulanması yeni döllerin ortaya çıkmasını engellediği düşüncesini ortaya koymaktadır.

4.2.3. Erginler üzerine etkisi

Laboratuvar koşullarında elde edilen *S. nonagrioides*'in bir günlük çiftleşmemiş erginleri (60 ♀ + 60 ♂) farklı dozlarda (0-200 Gy) X-ışınına maruz bırakılmıştır. Çalışmanın yöntemi tezin materyal ve metot kısmında belirtilmiştir. Işınlamadan sonra; erginlerin ömür uzunluğu, dişilerin yumurta verimi ve açılması gibi bazı parametreler değerlendirilmiştir.

Erginlerinin yumurta verimi Çizelge 4. 5'de verilmiştir. Işılandıktan sonra yumurta bırakma dönemi üçüncü gün başlamış ve yedinci güne kadar devam etmiştir. Çizelgede görüldüğü gibi kontrole göre yumurta sayılarında, tüm dozlarda azalma olmuştur. Kontrol gurubundaki; yumurta sayısı 356.60 ♀/total iken, 100 Gy'de bu sayı 37.50 ♀/total'ye düşmüş ve bu fark istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($P<0.05$). Ayrıca; tüm dozlarda (kontrol hariç) bırakılan yumurtaların açılmadığı, bununla birlikte; embriyonel gelişimin olduğu gözlenmiştir.

0-200 Gy arasında ışınlanan erginlerde ömür uzunluğu Çizelge 4. 5'de gösterilmiştir. Çizelgede de görüldüğü gibi kontrole göre ömür uzunluğu azalmış (200 Gy hariç), ama bu farklılık istatistiksel açıdan önemli bulunmamıştır ($P>0.05$). Kontrol de ergin ömür uzunluğu 9.0 gün iken, bu değer 50, 100, 150 ve 200 Gy dozlarında sırası ile 5.0, 5.0, 5.6 ve 7.6 gün olarak hesaplanmıştır.

Çizelge 4. 5. Işınlanmış erginlerde ömür uzunluğu, yumurta verimi ve açılması.

Doz (Gy)	n	Ergin ömür uzunluğu(gün)*	Yumurta sayısı (♀/total)	Yumurtaların açılımı (%) (F ₁)
0	120	9.0±0.7ac	356.60±36.9a	96.91±7.5a
50	120	5.0±0.7b	117.83±3.6b	0.0±0.0b
100	120	5.0±0.7b	37.50±8.6c	0.0±0.0b
150	120	5.6±0.5b	167.75±14.25b	0.0±0.0b
200	120	7.6±1.2ac	91.80±3.8d	0.0±0.0b

Aynı harflerle gösterilen değerlerin ortalama varyans analizi ve Tukey testine göre %5 düzeyinde istatistiksel olarak önemli değildir.

*Çiftleşmiş dişi ve erkek bireylerin ortalama ömür uzunluğu

Ayrıca erkek ve dişi bireylerde kısırılık oranını tespit etmek için 50, 100, 150 ve 200 Gy'de ışınlanmış dişi kelebekler (çiftleşmemiş) cam kavanozlara aktarılmış ve bu kavanozlarda kontrolden (ışınlanmamış erkek) (1 ♀ + 1 ♂ şekilde) kelebek bırakılmıştır. Dişinin yumurta verimi ve açılma oranı tespit edilmiştir. Çizelge 4. 6'da görüldüğü gibi sağlam (ışına maruz bırakılmayan) erkelerle çiftleşen dişilerin yumurta veriminde düşüşlerin olduğu ve 50 Gy uygulanan dişiler tarafından ortalama 240.18 adet yumurta bırakıldığı ve bu yumurtalardan da 175.12'sinden larvaların çıktığı gözlenmiştir. 100 Gy ışına maruz kalan dişiler ortalama 183.6, 150 Gy'de 135.21 ve 250 Gy ışına tutulanlar ise; 97.9 adet yumurta bırakmış ve bu yumurtalardan da sırası ile 101.27, 90.27 ve 63.79 adet larva çıkmıştır.

Çizelge 4. 6. X-ışınına maruz bırakılan ergin bireylerle kontrol (ışınlanmamış) erginlerin çaprazlanması sonucu dişilerin yumurta verimi.

Doz (Gy)	n	ID(♀) X NE (♂)		ND (♀) X IE (♂)	
		Yumurta sayısı (♀/total)	Açılan yumurta sayısı (F ₁)	Yumurta sayısı (♀/total)	Açılan yumurta sayısı (F ₁)
0 (Kontrol)	(60♀+60♂)*	464.15±0.45a	395.7±0.14a	459.1±0.28a	405.9±0.9a
50	(60♀+60♂)	240.18±0.7b	175.12±0.21b	445.8±0.6b	94.23±0.56b
100	(60♀+60♂)	183.6±0.12c	101.27±0.42c	397.23±0.32c	58.61±0.12c
150	(60♀+60♂)	135.21±0.3d	90.27±0.38d	415.71±0.4d	23.9±0.79d
200	(60♀+60♂)	97.9±0.4e	63.79±0.22e	389.9±0.51e	0.0±0.0e

Aynı harflerle gösterilen değerlerin ortalama varyans analizi ve Tukey testine göre %5 düzeyinde istatistiksel olarak önemli değildir.

ID: Işınlanmış dişi, NE: Normal erkek, ND: Normal dişi, IE: Işınlanmış erkek

*Kontrol gruplarında dişi ve erkekler ışınlanmamıştır.

Alınan rakamlardan görüldüğü gibi ışınlanmanın dişi bireylerin yumurta verimi ve açılma miktarında olumsuz etkiye sahiptir. Diğer deneyde çeşitli dozlarla ışınlanmış erkeklerle kontrol (çiftleşmemiş) (1 ♀ + 1 ♂ şekilde) dişiler kavanozlara alınmıştır. Dişiler tarafından 2-3 günden sonra yumurtaların bırakıldığı ve kontrolle sayısında pek o kadar farkın olmadığı saptanmıştır.

Mikroskop ile yapılan incelemelerde yumurtaların büyük bir kısmında embriyonik gelişmenin olmadığını ve renginin değişmediği belli olmuş ve dolayısıyla 50 Gy uygulanan erkek kelebeklerin dişilerle çiftleşmesi sonucu elde edilen ortalama 445.8 adet yumurtanın yalnızca 94.23'ü açılmıştır. Ayrıca en yüksek dozda (200 Gy) maruz bırakılan erkeklerle çiftleşen dişilerin yumurta veriminde azalmaların olmamasına rağmen yumurtaların hiç birisi açılmamıştır. Bu da erkeklerin dişilere göre radyasyondan daha fazla etkilendiğini ve böylece onlarda kısırılığa neden olduğunu kanıtlamaktadır.

Etkili doz tespiti: *S. nonagrioides*'in ışınlanmış (0-200 Gy) beşinci dönem larvalarından pupa oluşumunda etkili doz tespiti probit analizi kullanılarak ED₅₀ ve ED₉₅ değerleri sırası ile -78.392 (L.B.= -129.00/U.B.= -47.025) ve -271.356 (L.B.= -389.898/U.B.= -201.615) şeklinde bulunmuştur. Işınlanan larvalardan ergin oluşumunda ED₅₀ ve ED₉₅ değerleri sırası ile -34.858 (L.B.= -60.741-U.B./ -20.467) ve -112.516 (L.B.= -173.635/U.B.= -80.581) olarak hesaplanmıştır.

S. nonagrioides'in beş günlük pupalarında ergin oluşumunda etkili doz tespitinde probit analizi kullanılarak ED₅₀ ve ED₉₅ değerleri sırası ile 33.942 (L.B.=24.893/U.B.=41.942) ve -58.686 (L.B.= -81.742/U.B.= -41.550) hesaplanmıştır. *S. nonagrioides*'in farklı evrelerine karşı elde ettiğimiz Etkili Doz değerleri bundan sonra bu böceklerle mücadelede referans olarak kullanılabilir ve kısa yoldan çözüme ulaşılmasına katkı sağlayabilir.

4.3. Radyasyon Işınlarnın Farklı Gelişme Evrelerindeki *S. nonagrioides*'in Biyokimyasal Parametreleri (Protein, Karbohidrat ve Lipit) Üzerine Etkisi

Radyasyon diğere canlılarda olduğu gibi böceklerde; fiziksel, kimyasal ve biyolojik yönden etkide bulunmakta; bu etki şekli hücresele, moleküler ve kalıtsal vs. şekilde ortaya çıkmaktadır. Örneğinin; radyasyonun etkisi ile hücre membranının çift tabakalı lipit yapısında ve membran protein moleküllerindeki iyonizasyon sonucu moleküller inaktive olur ve tüm transport mekanizmaları bozulur. Lipit peroksidasyonu, çift bağlarda ve karbonil guruplarında serbest radikal oluşumuyla başlar ve hücrelerde zincir reaksiyonları ile diğere organik moleküllerle etkileşerek, o molekülleride serbest radikale dönüştürür. Amino asitler, peptidler, polipeptidler ve proteinlerde radyasyon hasarına daha çok toleranslı olmakla, bu moleküllerin hidrojen ve disülfid bağlarının kırılmasına yol açıp, DNA veya diğere proteinlerle çapraz bağlanmalar meydana getirir. Radyasyon, glikojenin depolimerizasyonuna ve glikojendeki α -glikozid bağlarının ayrılmasına neden olur ve bundan dolayı; hücrede glikojenezis ve basamaklarını aktive eder. Lipitler, birçok hücresele işleme katılan makromoleküldürler, hücre membranlarını oluşturlar ve ayrıca; biyolojik fonksiyonu (sindirim, üreme, nöral fonksiyonlar) düzenleyen prostaglandinlerin de üretimine katılırlar. Radyasyon etkisiyle başlayan lipit peroksidasyonu sonucu; zincirleme reaksiyonlar ile çok sayıda hasar oluşmaktadır (Daşdağ ve Çelik, 1990; Güngör, 1991).

X-ışınının *S. nonagrioides* farklı gelişim dönemlerine (larva, pupa ve ergin) etkisi üzerine yürütölen deney çalışmalarına paralel olarak biyokimyasal özelliklerine (protein, karbonhidrat ve lipit) etkiside araştırılmıştır. Bu amaçla; 2013-2014 yıllarında laboratuvar şartlarında yetiştirilen *S. nonagrioides*'in larva (beşinci dönem), pupa (beş günlük) ve ergin bireyleri (bir günlük) X-ışının farklı dozları ile (0-200 Gy) ışınlanmış ve deneyler 3 tekerrürde gerçekleştirilmiştir. Elde edilen veriler % değer, toplam değer olarak hesaplanmış ve sonraki başlıkların altında belirtilmiştir.

4.3.1. Larvalar üzerine etkisi

Beşinci dönem *S. nonagrioides* larvaları 0, 50, 100, 150 ve 200 Gy dozlarda X-ışını ile ışınlanmış ve yapılan deney sonucunda toplam protein, karbonhidrat, lipit miktarları ve % değerleri hesaplanmıştır.

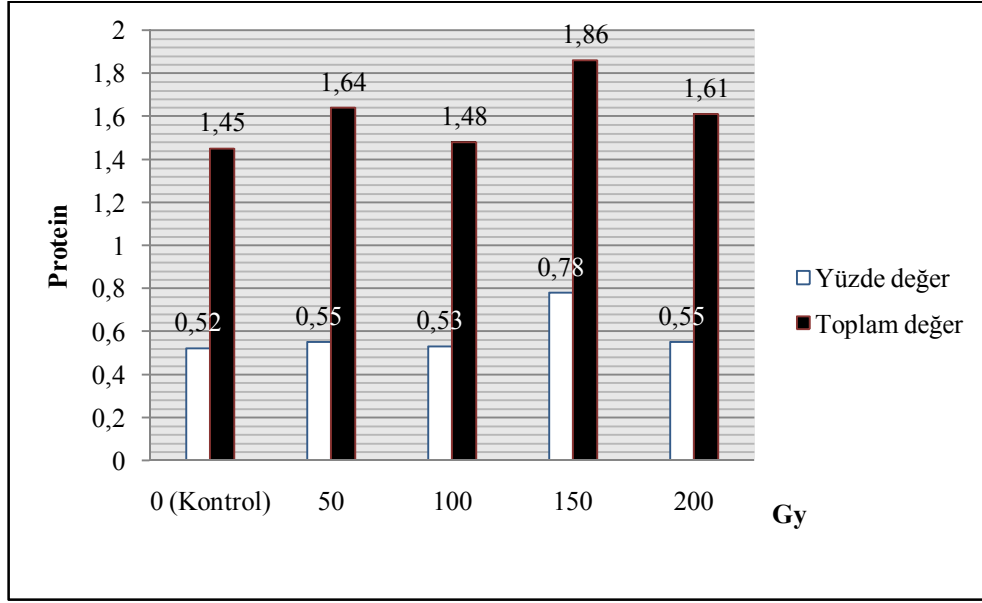
Çizelge 4. 7. Farklı dozlarda (0-200 Gy) ışınlanmış larvalarda birey başına düşen toplam protein ve % protein değerleri

Doz (Gy)	Larvanın Ortalama Yaş Ağırlığı (mg)	Protein (%) (Ortalama±Std. Hata)	Protein (mg) (Ortalama±Std. Hata)
0 (Kontrol)	282	0.52±0.037 ab	1.45±0.054 a
50	295	0.55±0.051 ab	1.64±0.037 b
100	276	0.53±0.035 ab	1.48±0.051 c
150	236	0.78±0.052 c	1.86±0.048 d
200	289	0.55±0.058 ab	1.61±0.052 e

Aynı harflerle gösterilen değerlerin ortalama varyans analizi ve Tukey testine göre %5 düzeyinde istatistiksel olarak önemli değildir.

Farklı dozlarda (0-200 Gy) ışınlanan larvalarda birey başına düşen toplam protein ve yüzde protein değerleri Çizelge 4. 7 ve Grafik 4. 4'de verilmiştir. Birey başına düşen toplam protein miktarı kontrolde ortalama 1.45 mg; 50, 100, 150 ve 200 Gy'de ise sırası ile 1.64, 1.48, 1.86 ve 1.61 mg olarak hesaplanmıştır. Kontrole göre 150 Gy'de ışınlanan larvalarda toplam protein değerinde bir artış gözlenmiş ve bu artış istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($P<0.05$).

Işınlanmış larvalarda yüzde protein değeri Çizelge 4. 7 ve Grafik 4. 4'de gösterilmiştir. Yüzde protein değerleri kontrolde % 0.52 iken; 50, 100, 150 ve 200 Gy'de sırası ile; %0.55, %0.53, %0.78 ve %0.55 olarak hesaplanmıştır. Diğer dozlarla kıyaslandığında 150 Gy'de kontrole oranla bir yükseliş gözlenmiş (% 0.78) ve bu artış istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($P<0.05$). 50, 100 ve 200 Gy dozlarla kontrol arasındaki farklar ise istatistiksel olarak önemsiz olmuştur ($P>0.05$).



Grafik 4. 4. Işınlanmış larvalarda toplam protein miktarı ve % protein değerleri.

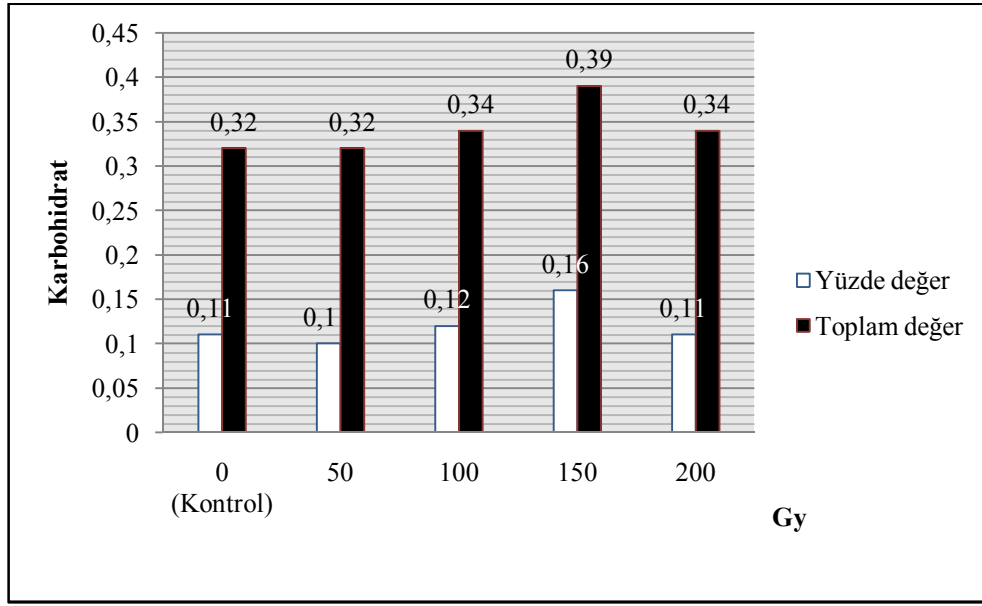
Çeşitli dozlarda ışınlanan larvalarda birey başına düşen karbohidrat miktarı Çizelge 4. 8 ve Grafik 4. 5’de belirtilmiş ve kontrolde 0.32 mg; 50, 100, 150 ve 200 Gy’de sırası ile 0.32, 0.34, 0.39 ve 0.34 mg olarak hesaplanmıştır. Kontrole göre istatistiksel ($P<0.05$) olarak önemli artış 150 Gy’de gözlenmiştir.

Çizelge 4. 8. Farklı dozlarda ışınlanan larvalarda birey başına düşen toplam karbohidrat ve % karbohidrat değeri

Doz (Gy)	Larvaların Ortalama Yaş Ağırlığı (mg)	Karbohidrat (%) (Ortalama±Std. Hata)	Karbohidrat (mg) (Ortalama±Std. Hata)
0 (Kontrol)	282	0.11±0.051 a	0.32±0.036 a
50	295	0.10±0.047 a	0.32±0.030 a
100	276	0.12±0.053 a	0.34±0.032 b
150	236	0.16±0.037 b	0.39±0.037 c
200	289	0.11±0.041 a	0.34±0.039 b

Aynı harflerle gösterilen değerlerin ortalama varyans analizi ve Tukey testine göre %5 düzeyinde istatistiksel olarak önemli değildir.

Kontrolde yüzde değeri 0.11 iken; 50 Gy’de %0.10, 100 Gy’de %0.12, 150 Gy’de %0.16 ve 200 Gy’de %0.11 olarak hesaplanmıştır. Bu değerler arasında istatistiksel olarak ($P<0.05$) önemli fark 150 Gy ile kontrol kıyaslandığında elde edilmiştir.



Grafik 4. 5. Işınlanmış larvalarda toplam karbohidrat ve % karbohidrat değeri.

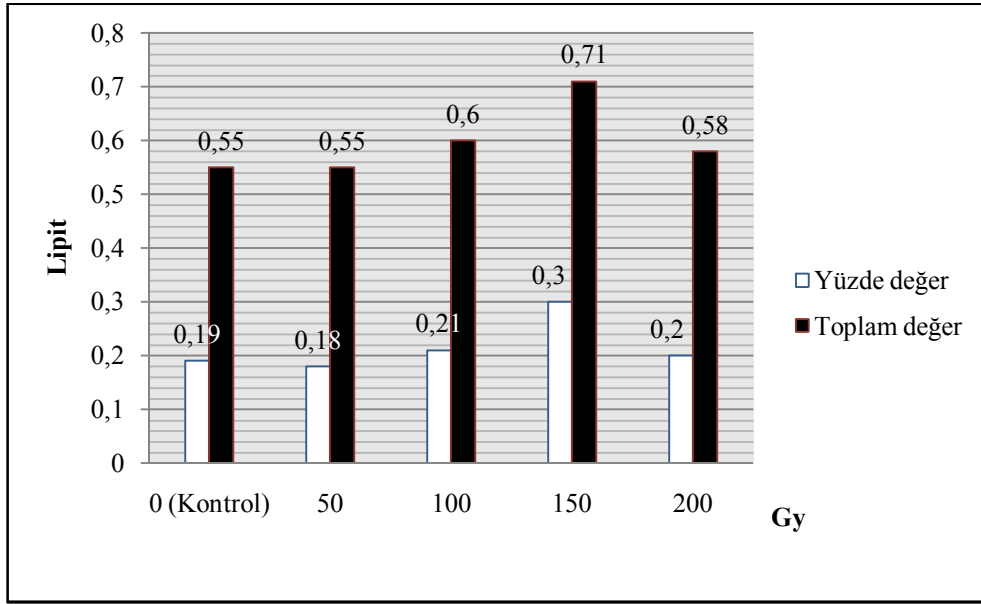
Ayrıca larvalarda birey başına düşen toplam lipit miktarı ve % lipit değeri Çizelge 4. 9 ve Grafik 4. 6'de belirtilmiştir.

Çizelge 4. 9. Işınlanan larvalarda birey başına düşen toplam lipit miktarı ve % lipit değeri

Doz (Gy)	Larvaların Ortalama Yaş Ağırlığı (mg)	Lipit (%) (Ortalama±Std. Hata)	Lipit (mg) (Ortalama±Std. Hata)
0 (Kontrol)	282	0.19±0.041ab	0.55±0.037 a
50	295	0.18±0.073 ab	0.55±0.037 a
100	276	0.21±0.051 c	0.60±0.051 b
150	236	0.30±0.053 d	0.71±0.070 c
200	289	0.20±0.031bc	0.58±0.039 d

Aynı harflerle gösterilen değerlerin ortalama varyans analizi ve Tukey testine göre %5 düzeyinde istatistiksel olarak önemli değildir.

Çizelge 4. 9'da gösterildiği gibi 100 Gy ve üzeri uygulanan dozlarda toplam lipit miktarı kontrol gurubuna göre artış göstermiş ve bu yükseliş istatistiksel açıdan önemli olmuştur ($P<0.05$). Bu değerler kontrolde 0.55 mg iken; 50, 100, 150 ve 200 Gy'de değerler sırası ile 0.55, 0.60, 0.71 ve 0.58 mg olarak hesaplanmıştır. Işınlanmış larvalarda birey başına düşen toplam lipit miktarı diğer varyasyonlarla kıyaslandığında 150 Gy'de daha yüksek değere ulaşmıştır.



Grafik 4. 6. Işınlanan larvalarda toplam lipit miktarı ve % lipit değeri.

Kontrol larvalarda lipit değeri % 0.19, ışınlananlarda ise sırası ile %0.18 (50 Gy), %0.21 (100 Gy), %0.30 (150 Gy) ve %0.20 (200 Gy) olarak saptanmıştır. Alınan rakamlar kontrol ile kıyaslandığında en fazla artış 150 Gy’de olmuş ve istatistiksel olarak önemli görülmüştür.

4.3.2. Pupalar üzerine etkisi

Bazı araştırmacılar çeşitli kimyasal maddeler ve ışınların böcek, larva ve erginlerinde biyokimyasal yapı bakımından bir takım olumsuzluklara yol açtığını bildirmektedir (Haiba ve Abdel-el Aziz, 2008; Dursun, 2009; Hacıoğlu, 2009). Bu bakımdan tarafımızdan ayrıca; X-ışınının *S. nonagrioides*’in pupalarında meydana getirebileceği değişimleri incelemek için laboratuvarında üretilen beş günlük pupalar ışınlanmıştır. Sonraki aşamada ise toplam protein, karbohidrat ve lipit miktarları ile % değerleri saptanmıştır.

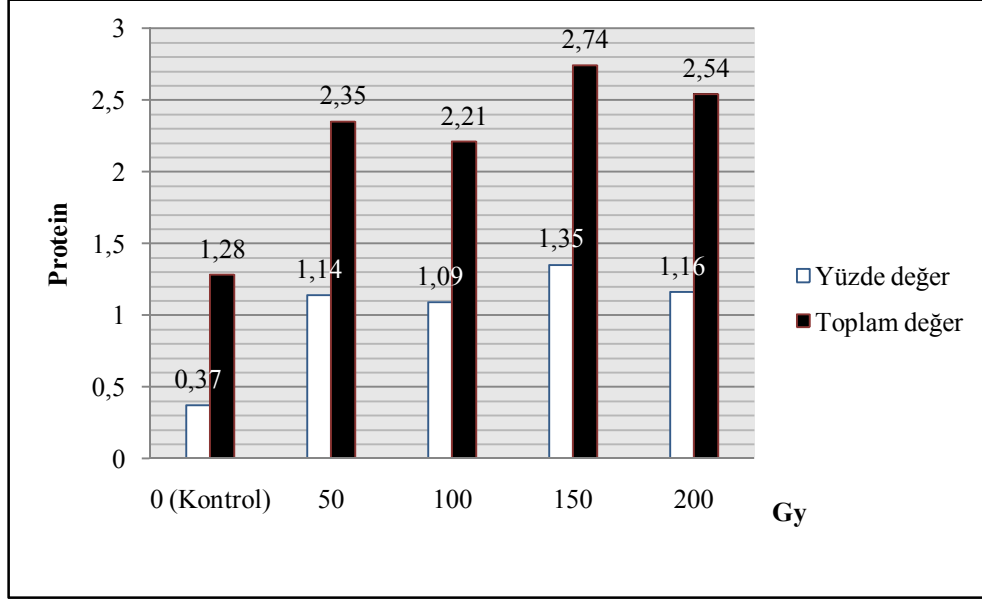
Çizelge 4. 10. Farklı dozlarda ışınlanmış pupalarda birey başına düşen toplam protein ve % protein değerleri

Doz (Gy)	Ortalama Yaş Ağırlık (mg) (Pupa ağırlık)	Protein (%) (Ortalama±Std. Hata)	Protein (mg) (Ortalama±Std. Hata)
0 (Kontrol)	336	0.37±0.051 a	1.28±0.054 a
50	209	1.14±0.070 b	2.35±0.048 b
100	205	1.09±0.037 c	2.21±0.056 c
150	203	1.35±0.072 d	2.74±0.051 d
200	216	1.16±0.050 b	2.54±0.070 e

Aynı harflerle gösterilen değerlerin ortalama varyans analizi ve Tukey testine göre %5 düzeyinde istatistiksel olarak önemli değildir.

Radyasyona maruz bırakılmış pupalarda birey başına düşen toplam protein miktarı ve yüzde protein değerleri Çizelge 4. 10 ve Grafik 4. 7’de gösterilmiştir. Birey başına düşen toplam protein miktarı kontrolde 1.28 mg olmuş; 50, 100, 150 ve 200 Gy’de ise sırası ile 2.35, 2.21, 2.74 ve 2.54 mg olarak hesaplanmıştır. Toplam protein miktarı kontrol guruba göre yüksek bulunmuş ve 150 Gy’de saptanan en yüksek toplam protein değeri istatistiksel açıdan önemli olmuştur ($P<0.05$).

Çizelge 4. 10’da görüldüğü gibi yüzde protein değeri kontrolde %0.37; 50 Gy’de %1.14, 100 Gy’de %1.09, 150 Gy’de %1.35 ve 200 Gy’de %1.16 olarak tanımlanmıştır. Değerler arasında kontrole göre en önemli artışlar 150 Gy’de saptanmış ve istatistiksel açıdan da farklı ($P<0.05$) olduğu, bununla birlikte; 50, 100 ve 200 Gy’deki değerlerin kontrole göre yüksek olduğu kaydedilmiştir.



Grafik 4. 7. Işınlanmış pupalarda toplam protein ve % protein değerleri.

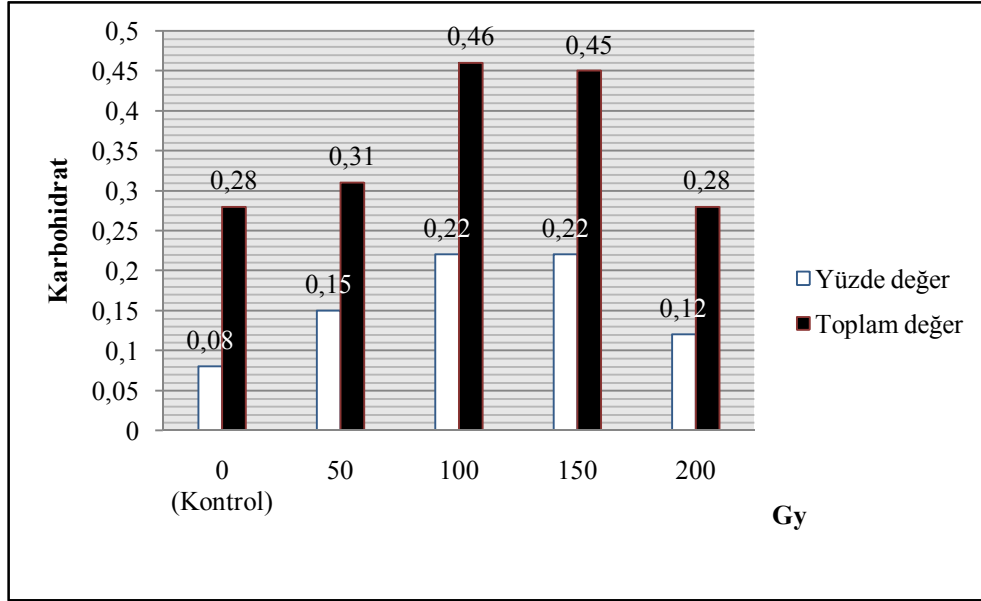
Işınlanmış pupalarda birey başına düşen toplam karbohidrat miktarı ve yüzde karbohidrat değeri Çizelge 4. 11 ve Grafik 4. 8’de gösterilmiştir. Kontrol gurubundaki birey başına düşen toplam karbohidrat miktarı 0.28 mg iken; 50, 100, 150 ve 200 Gy’deki değerler ise; sırası ile 0.31, 0.46, 0.45 ve 0.28 mg olarak hesaplanmıştır. Birey başına düşen toplam karbohidrat miktarı en yüksek 100 Gy’de bulunmuş, 200 Gy’de bulunan değer ise; kontrole eş olmuş ve istatistiksel açıdan önemsiz kabul edilmiştir ($P>0.05$).

Çizelge 4.11. Işınlanmış pupalarda birey başına düşen toplam karbohidrat ve % karbohidrat değerleri

Doz (Gy)	Ortalama Yaş Ağırlık (mg) (Pupa ağırlık)	Karbohidrat (%) (Ortalama±Std. Hata)	Karbohidrat (mg) (Ortalama±Std. Hata)
0 (Kontrol)	338	0.08±0.070 a	0.28±0.051 a
50	206	0.15±0.057 b	0.31±0.037 b
100	202	0.22±0.072 c	0.46±0.070 c
150	202	0.22±0.049 c	0.45±0.086 c
200	218	0.12±0.038 d	0.28±0.058 a

Aynı harflerle gösterilen değerlerin ortalama varyans analizi ve Tukey testine göre %5 düzeyinde istatistiksel olarak önemli değildir.

Çizelge 4. 11’de görüldüğü gibi yüzde karbohidrat değerleri kontrolde %0.08; 50 Gy’de %0.15, 100 Gy’de %0.22, 150 Gy’de %0.22 ve 200 Gy’de ise %0.12 olarak belirlenmiştir. 100 ve 150 Gy’de elde edilen değerler kontrol gurubuyla kıyaslandığında önemli artışlar sağlamış ve yükselmeden kaynaklanan farklılıklar ise istatistiksel açıdan değerli kabul edilmiştir ($P<0.05$). 150 Gy ve sonraki dozda ışınlanan pupalarda karbohidrat oranında azalmalar görülmüştür.



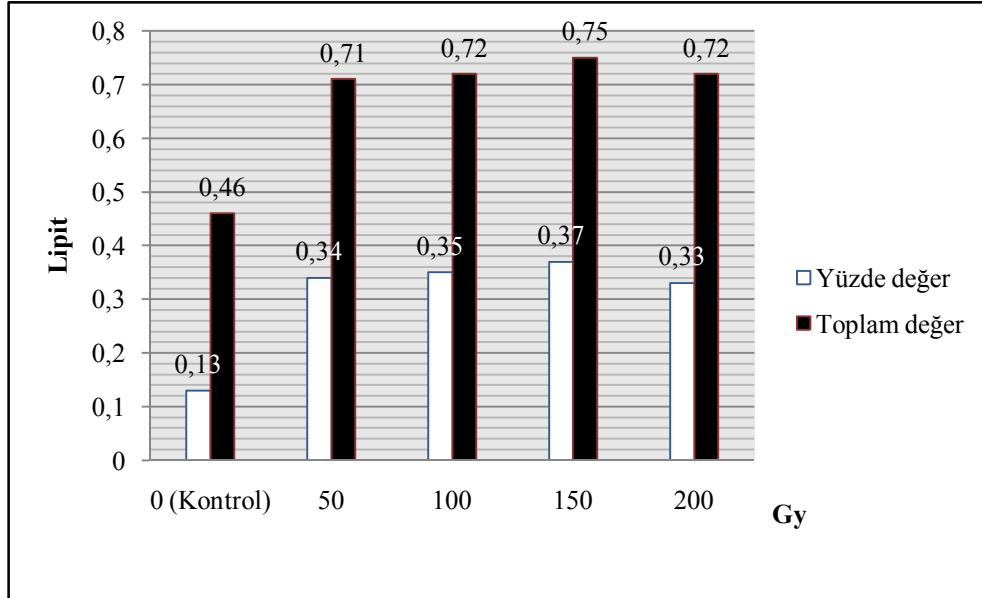
Grafik 4. 8. Işınlanmış pupalarda toplam karbohidrat ve % karbohidrat değeri.

Işınlanmış pupalarda birey başına düşen toplam lipit miktarı Çizelge 4. 12 ve Grafik 4. 9’da gösterilmiştir. Kontrolde 0.46 mg; 50 Gy’de 0.71, 100 Gy’de 0.72, 150 Gy’de 0.75 ve 200 Gy’de 0.72 mg olarak saptanmıştır. Ve kontrolle kıyaslandığında tüm dozlarda bu değerler yüksek bulunmuş, ayrıca; 150 Gy’de gözlenen artış diğerleriyle karşılaştırıldığında ortaya çıkan fark istatistiksel açıdan önemli bulunmuştur ($P<0.05$).

Çizelge 4. 12. Farklı dozlarda ışınlanmış pupalarda birey başına düşen toplam lipit ve % lipit değerleri

Doz (Gy)	Ortalama Yaş Ağırlık (mg) (Pupa ağırlık)	Lipit (%) (Ortalama±Std. Hata)	Lipit (mg) (Ortalama±Std. Hata)
0 (Kontrol)	338	0.13±0.10 a	0.46±0.070 a
50	206	0.34±0.070 bc	0.71±0.085 b
100	202	0.35±0.114 bc	0.72±0.059 b
150	202	0.37±0.073 c	0.75±0.063 c
200	218	0.33±0.153b	0.72±0.031 b

Aynı harflerle gösterilen değerleri ortalama varyans analizi ve Tukey testine göre %5 düzeyinde istatistiksel olarak önemli değildir.



Grafik 4. 9. Farklı dozlarda ışınlanmış pupalarda toplam lipit ve % lipit değeri.

Farklı dozlarda (0-200 Gy) ışınlanmış pupalarda yüzde lipit değeri kontrolde %0.13 iken; 50, 100, 150 ve 200 Gy'de bu değerler sırası ile %0.34, %0.35, %0.37 ve %0.33 olarak belirlenmiştir. Kontrole göre; doz artışına bağlı olarak yüzde lipit değeri yükselmiş ve bu da istatistiksel açıdan önemli olmuştur. Yüzde lipit değeri 150 Gy'de en yüksek rakama ulaşırken, 200 Gy'de düşüş kaydedilmiştir (Grafik 4. 9). Radyasyon, *S. nonagrioides*'in pupalarında toplam lipit değerlerinin artımına sebep olmuş, özellikle protein, karbohidrat ve lipit seviyeleri 150 Gy'de daha yüksek rakama ulaşmıştır.

4.3.3. Dişi kelebekler üzerine etkisi

X-ışınının *S. nonagrioides*'in kelebeklerinde meydana getirebileceği biyokimyasal değişimleri belirlemek amacıyla; bir günlük (çiftleşmemiş) dişi bireyleri farklı (0, 50, 100, 150 ve 200 Gy) dozlarda radyasyona maruz bırakılmıştır. Işınlamadan 30 gün sonra toplam protein, karbohidrat, lipid miktarı ve yüzde değerleri hesaplanmıştır.

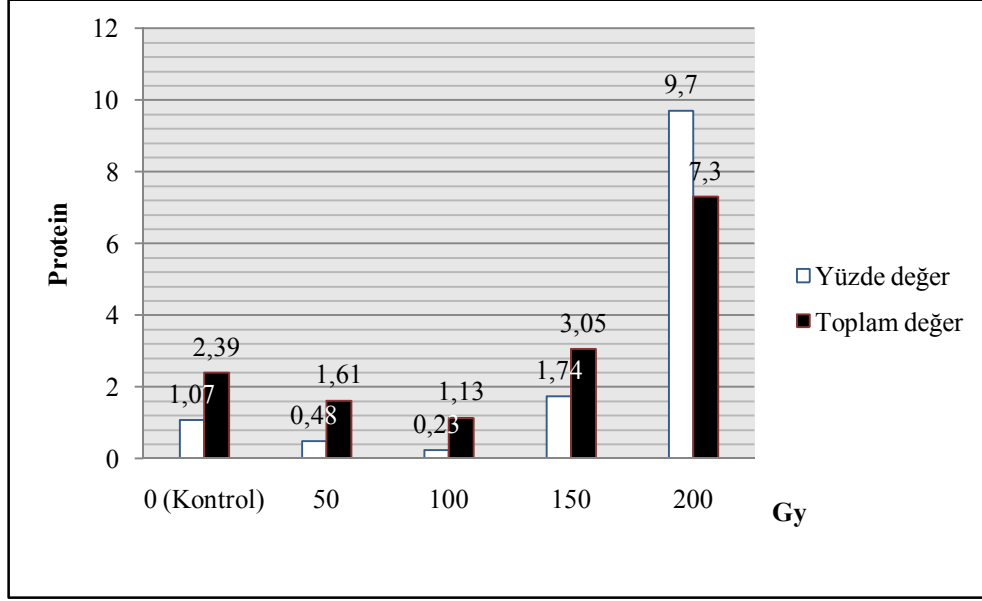
Deney sonuçları; Çizelge 4. 13 ve Grafik 4. 10'da gösterilmiştir. Kontrol gurubu toplam protein 2.39 mg içerirken; 50 Gy'de 1.61, 100 Gy'de 1.13, 150 Gy'de 3.05 ve 200 Gy'de ise; 7.30 mg olarak hesaplanmıştır. 50 ve 100 Gy'ler kontrole göre istatistiksel açıdan ($P<0.05$) önemli azalma gösterse de, 150 ve 200 Gy'de kontrole göre artış gösterdiği saptanmıştır.

Çizelge 4.13. Farklı dozlarda ışınlanmış kelebeklerde (\varnothing) birey başına düşen toplam protein ve % protein değerleri

Doz (Gy)	Ortalama Yaş Ağırlık (mg) (Dişi ağırlık)	Protein (%) (Ortalama±Std. Hata)	Protein (mg) (Ortalama±Std. Hata)
0 (Kontrol)	223	1.07±0.11 a	2.39±0.070 a
50	331	0.48±0.15 b	1.61±0.084 b
100	485	0.23±0.07 c	1.13±0.054 c
150	178	1.74±0.10 d	3.05±0.079 d
200	175	9.7±0.09 e	7.30±0.017 e

Aynı harflerle gösterilen değerlerin ortalama varyans analizi ve Tukey testine göre %5 düzeyinde istatistiksel olarak önemli değildir.

Yüzde protein değeri kontrolde %1.07 iken; 50, 100, 150 ve 200 Gy dozlarında değerler sırası ile %0.48, %0.23, %1.74 ve %9.7 olmuştur. Kontrole kıyaslandığında; 50 ve 100 Gy uygulanan kelebeklerde protein oranı düşüş gösterirken, 150 ve 200 Gy'de tersine bu rakamlar artış sağlamış ve gruplar arasında ortaya çıkan farklılıklar istatistiksel açıdan önemli olmuştur ($P<0.05$).



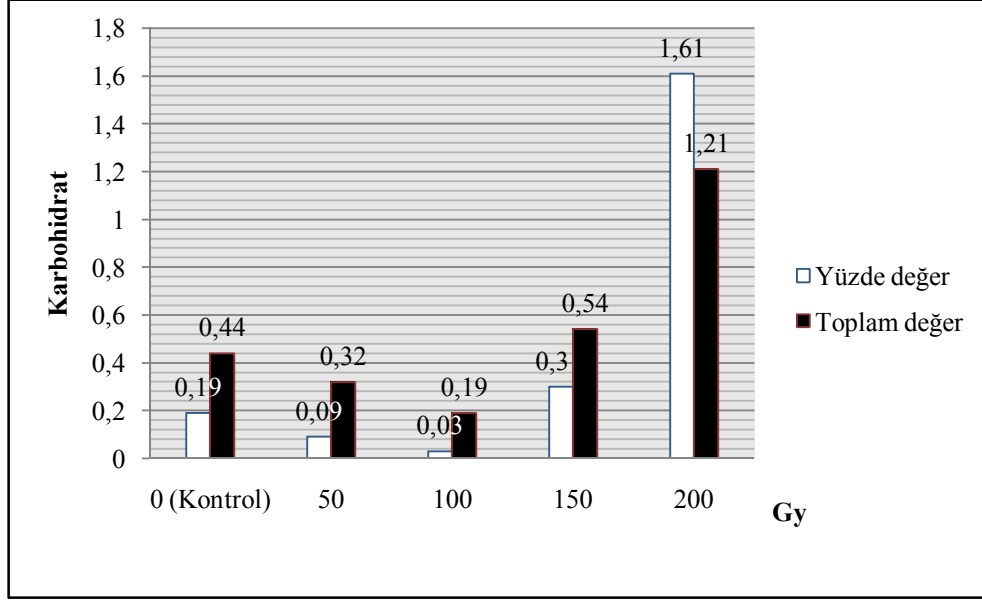
Grafik 4. 10. Farklı dozlarda ışınlanmış kelebeklerde (♀) birey başına düşen toplam protein ve % protein değerleri.

Dişi kelebeklerde birey başına düşen toplam karbohidrat miktarı Çizelge 4. 14 ve Grafik 4. 11’de verilmiş, toplam protein miktarı kontrolde 0.44 mg iken; 50 Gy’de 0.32, 100 Gy’de 0.19, 150 Gy’de 0.54 ve 200 Gy’de 1.21 mg olarak kaydedilmiştir. Kontrol gurubuyla kıyaslandığında en yüksek değer 200 Gy’de, en düşük değer ise; 100 Gy’de uygulanan deneyde gözlenmiştir.

Çizelge 4. 14. Farklı dozlarda ışınlanmış kelebeklerde (♀) birey başına düşen toplam karbohidrat ve % karbohidrat değerleri

Doz (Gy)	Ortalama Yaş Ağırlık (mg) (Dişi ağırlık)	Karbohidrat (%) (Ortalama±Std. Hata)	Karbohidrat (mg) (Ortalama±Std. Hata)
0 (Kontrol)	222	0.19±0.065 a	0.44±0.129 a
50	332	0.09±0.059 b	0.32±0.106 b
100	487	0.03±0.041 c	0.19±0.078 c
150	175	0.30±0.105 d	0.54±0.066 d
200	173	1.61±0.031 e	1.21±0.231 e

Aynı harflerle gösterilen değerlerin ortalama varyans analizi ve Tukey testine göre %5 düzeyinde istatistiksel olarak önemli değildir.



Grafik 4. 11. Farklı dozlarda ışınlanmış kelebeklerde (♀) birey başına düşen toplam karbohidrat ve % karbohidrat değerleri

Yukarıda belirtilen dozlarda ışınlanan dişilerde yüzde karbohidrat değeri kontrol gurubunda %0.19 iken; 50 Gy'de %0.09, 100 Gy'de %0.03, 150 Gy'de %0.30 ve 200 Gy'de %1.61 olarak bulunmuştur. Karbohidrat yüzde değerleri kontrol gurubuyla kıyaslandığında 150 ve 200 Gy'de artış, 50 ve 100 Gy gurubunda ise düşüşler göstermiştir.

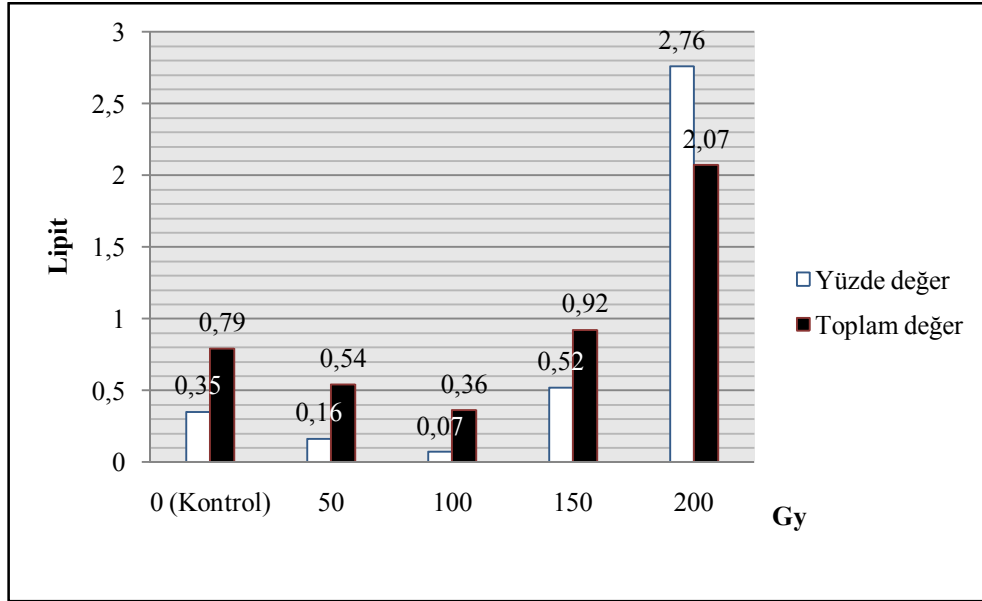
Çizelge 4. 15. Farklı dozlarda ışınlanmış kelebeklerde (♀) birey başına düşen toplam lipit ve % lipit değerleri

Doz (Gy)	Ortalama Yaş Ağırlık (mg) (Dişi ağırlık)	Lipit (%) (Ortalama±Std. Hata)	Lipit (mg) (Ortalama±Std. Hata)
0 (Kontrol)	222	0.35±0.327 a	0.79±0.141 a
50	332	0.16±0.214 b	0.54±0.089 b
100	487	0.07±0.129 c	0.36±0.063 c
150	175	0.52±0.812 d	0.92±0.021 d
200	173	2,76±0.707 e	2,07±0.070 e

Aynı harflerle gösterilen harflerin ortalama varyans analizi ve Tukey testine göre %5 düzeyinde istatistiksel olarak önemli değildir.

Işınlanan dişi bireylerdeki toplam lipit miktarı Çizelge 4. 15 ve Grafik 4. 12’de gösterilmiş, birey başına düşen toplam lipit miktarı kontrolde 0.79 mg iken; 50, 100, 150 ve 200 Gy’de elde edilen değerler sırası ile 0.54, 0.36, 0.92 ve 2.07 mg olmuştur. Kontrol gurubuyla kıyaslandığında lipit miktarı en yüksek 200 Gy’de, en düşük 100 Gy’de kaydedilmiş ve aradaki farklar istatistiksel açıdan değerlendirildiğinde önemli bulunmuştur ($P<0.05$).

Ayrıca, yüzde lipit değerleri kontrol gurubunda %0.35 iken; 50 Gy’de %0.16, 100 Gy’de %0.07, 150 Gy’de %0.52 ve 200 Gy’de ise %2.76 olarak kaydedilmiştir. Lipit oranı kontrolle kıyaslandığında önemli bir artış 200 Gy’de gözlenirken, en az ise 100 Gy doz uygulanan varyasyonda gözlenmiştir.



Grafik 4. 12. Farklı dozlarda ışınlanmış kelebeklerde (♀) birey başına düşen toplam lipit ve % lipit değerleri

Radyasyon *S. nonagrioides* dişi bireylerinde tıpkı larva ve pupa evrelerinde olduğu gibi protein, karbohidrat ve lipit seviyelerinde artışlara neden olmuş ve bununla birlikte; larva ve pupa evresinde kontrole göre belirtilen biyokimyasal özellikler 150 Gy varyasyonda ve ergin dişilerde ise; 200 Gy’de artışlara neden olmuştur.

4.4.4. Ergin erkekler üzerine etki

Laboratuvar ortamında çoğaltılan bir günlük *S. nonagrioides* erkek bireyleri 0, 50, 100, 150 ve 200 Gy dozlarda ışınlanmış ve vücut yapılarındaki toplam protein, karbohidrat, lipit miktarı ve yüzdesi değerlendirilmiştir.

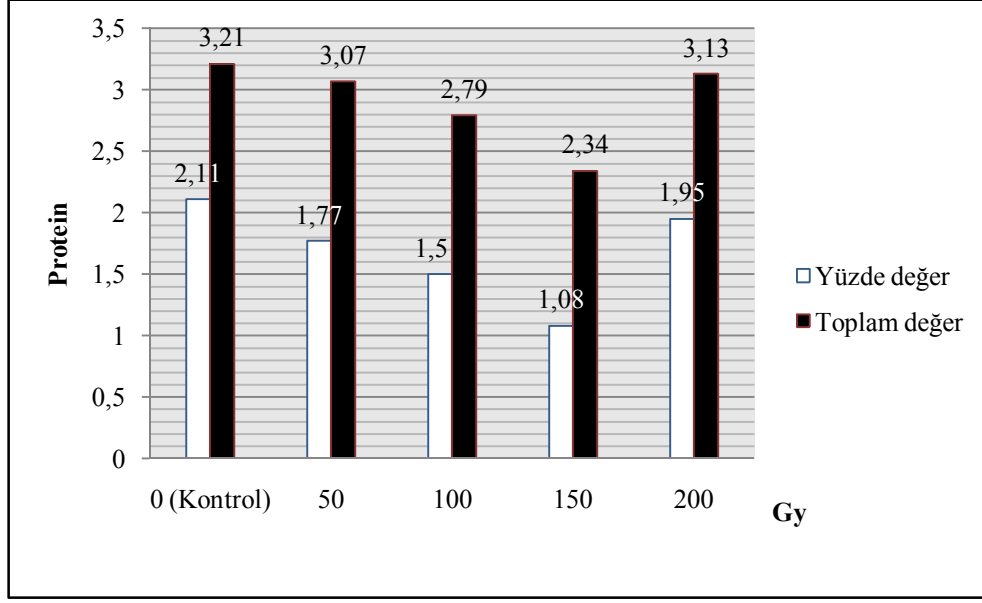
Deney sonuçları Çizelge 4. 16 ve Grafik 4. 13'da belirlenmiş ve birey başına düşen toplam protein miktarı kontrolde 3.21 mg olmuş; 50, 100, 150 ve 200 Gy'de değerler sırası ile 3.07, 2.79, 2.34 ve 3.13 mg olarak hesaplanmış ve böylece doz artışına bağlı olarak protein miktarında azalmaların olduğu kayıt edilmiştir.

Çizelge 4. 16. Farklı dozlarda ışınlanmış kelebeklerde (♂) birey başına düşen toplam protein ve % protein değerleri

Doz (Gy)	Ortalama Yaş Ağırlık (mg) (Erkek ağırlık)	Protein (%) (Ortalama±Std. Hata)	Protein (mg) (Ortalama±Std. Hata)
0 (Kontrol)	151	2.11±0.112 a	3.21±0.100 a
50	174	1.77±0.094 b	3.07±0.086 b
100	182	1.50±0.077 c	2.79±0.075 c
150	216	1.08±0.023 d	2.34±0.162 d
200	163	1.95±0.148 e	3.13±0.099 e

Aynı harflerle gösterilen değerlerin ortalama varyans analizi ve Tukey testine göre %5 düzeyinde istatistiksel olarak önemli değildir.

Ayrıca, yüzde protein değeri kontrol gurubunda %2.11 iken; 50 Gy'de %1.77, 100 Gy'de %1.50, 150 Gy'de %1.08 ve 200 Gy'de ise; % 1.95 olmuş, bu değerlerin kontrol varyasyonu ile kıyaslandığında azalmalar gösterdiği, 150 Gy radyasyon uygulananlarda ise; düşüşlerin daha belirgin olduğu gözlenmiştir.



Grafik 4. 13. Farklı dozlarda ışınlanmış kelebeklerde (♂) birey başına düşen toplam protein ve % protein değerleri.

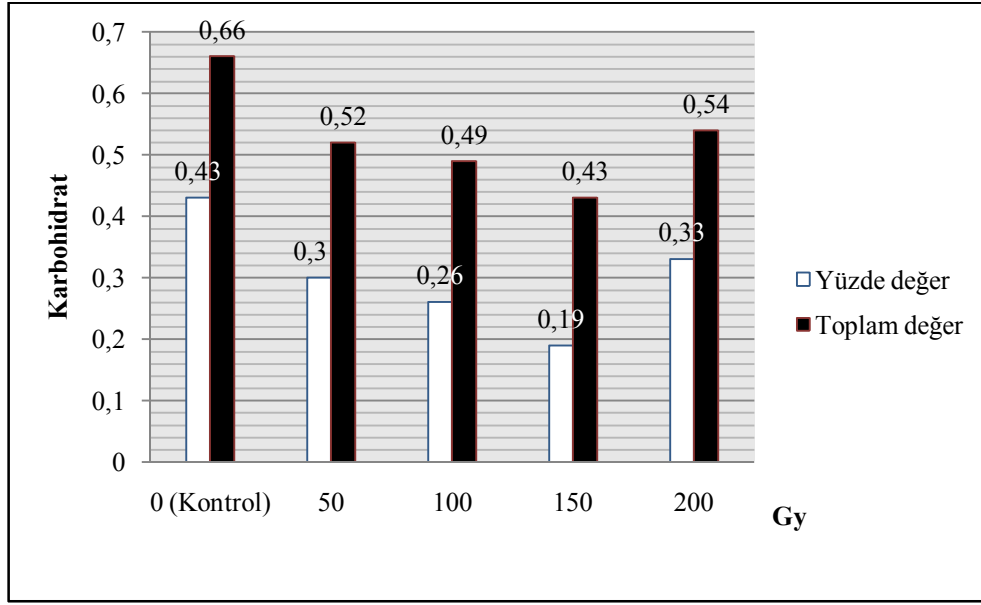
Işınlanan erkek bireylerde toplam karbohidrat miktarı Çizelge 4. 17 ve Grafik 4. 14'de gösterilmiş, birey başına düşen toplam karbohidrat değeri kontrolde 0.66 mg iken; 50 Gy'de 0.52, 100 Gy'de 0.49, 150 Gy'de 0.43 ve 200 Gy'de 0.54 mg kaydedilmiştir. Işınlanan deney kelebeklerde toplam karbohidrat miktarında azalmalar olmuş ve özellikle en düşük miktarda 150 Gy'de gözlenmiştir. Kontrol ile deney varyasyonları arasındaki istatistiksel farklılıklar hesaplanmıştır ($P < 0.05$).

Çizelge 4. 17. Farklı dozlarda ışınlanmış kelebeklerde (♂) birey başına düşen toplam karbohidrat ve % karbohidrat değerleri

Doz (Gy)	Ortalama Yaş Ağırlık (mg)	Karbohidrat (%) (Ortalama±Std. Hata)	Karbohidrat (mg) (Ortalama±Std. Hata)
0 (Kontrol)	152	0.43±0.083 a	0.66±0.117 a
50	173	0.30±0.091 b	0.52±0.136 b
100	186	0.26±0.102 c	0.49±0.095 bc
150	215	0.19±0.097 d	0.43±0.088 c
200	160	0.33±0.061 b	0.54±0.103 d

Aynı harflerle gösterilen değerlerin ortalama varyans analizi ve Tukey testine göre %5 düzeyinde istatistiksel olarak önemli değildir.

0-200 Gy'de farklı dozlarla ışınlanmış erkek bireylerde yüzde karbohidrat değeri Çizelge 4. 17 ve Grafik 4. 14'de gösterilmiştir. Bu değer kontrolde % 0.43 iken; 50, 100, 150 ve 250 Gy'de sırası ile %0.30, %0.26, %0.19 ve %0.33 olarak belirlenmiştir. 50, 100, 150 ve 200 Gy'de elde edilen yüzde değerler kontrole göre önemli azalmalar göstermiş ve en düşük rakam ise 150 Gy varyasyonunda olmuştur.



Grafik 4. 14. Farklı dozlarda ışınlanmış erkeklerinde (♂) birey başına düşen toplam karbohidrat ve % karbohidrat değerleri

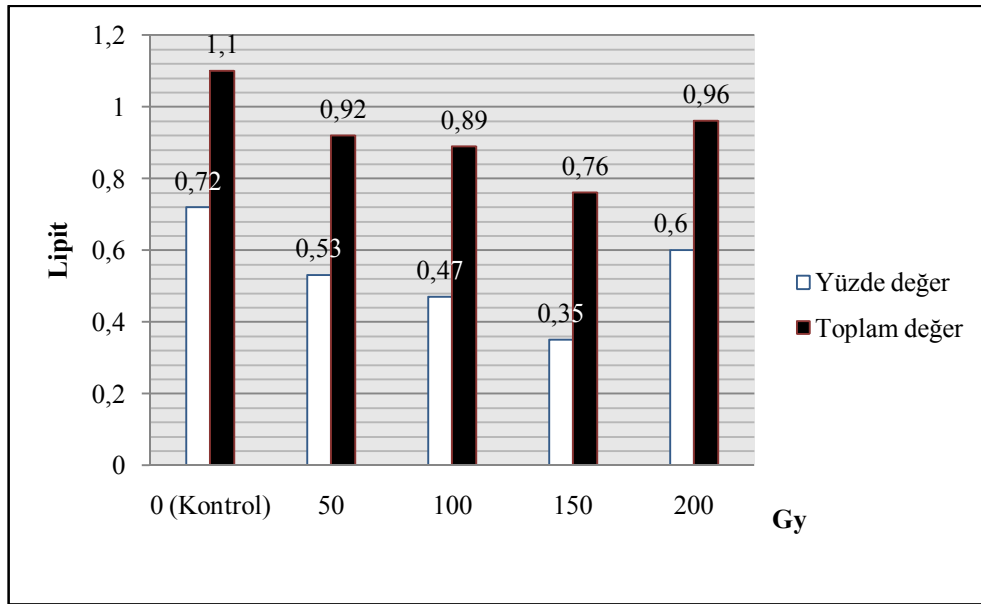
Ayrıca, ışınlanan erkek bireylerde toplam lipit miktarı belirlenmiş ve deney sonuçları Çizelge 4. 18 ve Grafik 4. 15'de verilmiştir. Toplam lipit miktarı kontrolde 1.10 mg iken; 50 Gy'de 0.92, 100 Gy'de 0.89, 150 Gy'de 0.76 ve 200 Gy'de 0.96 mg olarak hesaplanmıştır. Deney guruplarında bu değerlerin azaldığı ve özellikle 150 Gy uygulanan varyasyonda daha fazla düşüşlerin olduğu saptanmıştır.

Işınlanan erkek bireylerde yüzde lipit değerleri kontrolde %0.72 iken; 50 Gy'de %0.53, 100 Gy'de %0.47, 150 Gy'de %0.35 ve 200 Gy'de %0.60 olarak bulunmuştur. Rakamlardan görüldüğü gibi yinede erkek bireylerde lipit değerlerinin yüzdesinde azalmalar görülmüş ve 150 Gy doz uygulanan varyasyonda bu rakam daha belirgin olmuştur.

Çizelge 4. 18. Farklı dozlarda ışınlanmış kelebeklerde (♂) birey başına düşen toplam lipit ve % lipit değerleri

Doz (Gy)	Ortalama Yaş Ağırlık (mg) (Erkek ağırlık)	Lipit (%) (Ortalama±Std. Hata)	Lipit (mg) (Ortalama±Std. Hata)
0 (Kontrol)	152	0.72±0.097 a	1.10±0.151 a
50	173	0.53±0.101 b	0.92±0.110 b
100	186	0.47±0.128 c	0.89±0.090 c
150	215	0.35±0.176 d	0.76±0.098 d
200	160	0.60±0.090 e	0.96±0.076 e

Aynı harflerle gösterilen değerlerin ortalama varyans analizi ve Tukey testine göre %5 düzeyinde istatistiksel olarak önemli değildir.



Grafik 4. 15. Farklı dozlarda ışınlanmış kelebeklerde (♂) birey başına düşen toplam lipit ve % lipit değerleri

X-ışını radyasyonunun *S. nonagrioides*'in larva, pupa ve dişi kelebeklerinde protein, karbohidrat ve lipit içeriklerinde artışlara, ancak erkek kelebeklerde ise; düşümlere neden olduğu saptanmıştır. Bu artışların: Proteinlerde, radyasyon maruziyeti hidrojen ve disülfid bağların kırılmasıyla polipeptit yapıların monomerlerine dönüşmesinden; karbohidratlarda, depolimerizasyon ve α -glikozid bağların kırılmasıyla; lipitlerde ise, peroksidasyon sonucu gerçekleştiği ihtimal edilebilir. Erkek kelebeklerde tespit edilen

düşüşlerin ise; radyasyonun canlılarda direkt ve indirekt etkilerinden kaynaklı oluşan hidroksil guruplarının fonksiyonuna bağlı olabileceği ve ergin erkeklerin fizyolojik ve biyolojik farklılıklarında bu azalmalara neden olabileceği düşünülebilir (Daşdağ ve Çelik, 1990; Güngör, 1991). Bununla birlikte protein, karbohidrat ve lipit miktarındaki artışlar ve düşüşlerin ise doz artışıyla paralellik gösterdiği saptanmıştır.

4.4. Tek Hücre Jel Elektroforezi (DNA Comet Assay) ile *S. nonagrioides*'e X-Işını Radyasyonun Etkilerinin Sitogenetik Analizi

Birçok araştırmacı tarafından (Hasan ve ark. 2012; Dua ve ark. 2013; Morales ve ark. 2013) çeşitli toksik madde ve radyasyon kaynaklarının farklı böcek türleri larvalarında DNA ve kromozom hasarlarına yol açtığı dolayısıyla mutasyonlara neden olduğu bildirilmektedir. Bu çalışmamızda, X-ışını radyasyonunun uygulanması sonucu *S. nonagrioides*'in larva, pupa ve erginlerinin DNA yapısındaki meydana gelebilecek değişimleri incelemek olmuştur. Aslında, DNA'da oluşan hasarlar gelecek döllerin durumu konusunda bilgi kaynağı vermektedir. Çalışma süresinde tek hücre jel elektroforezi (DNA comet assay) yönteminden yararlanılmış, komet uzunluğu, dağılımı, alanı, boyu, yoğunluğu, ortalaması; baş çapı, uzunluğu, alanı, yoğunluğu, ortalaması, DNA'sı; kuyruk uzunluğu, alanı, yoğunluğu, ortalaması, DNA'sı, dağılımı, momenti ve olive kuyruk momenti gibi parametreler belirlenmiş ve sonuçta; DNA'da hasar tespiti değerlendirmeleri yapılmıştır.

4.4.1. Larva

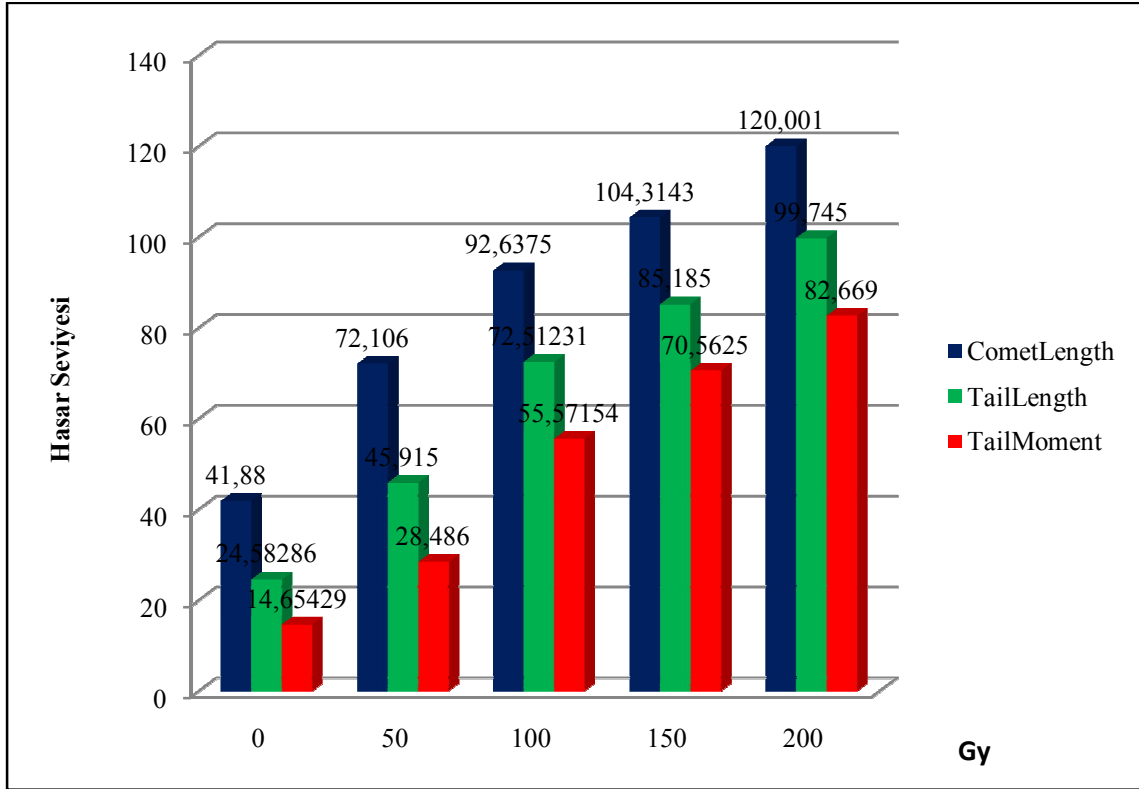
0 (kontrol), 50, 100, 150 ve 200 Gy dozlarda X-ışınına maruz bırakılmış beşinci dönem *S. nonagrioides* larvalarında tek hücre jel elektroforezi (DNA comet) yöntemi ile DNA'da oluşabilecek hasarlar tespit edilmiştir.

Hasar tespitinde kullanılan önemli üç parametre Çizelge 4. 19'de verilmiştir. Komet uzunluğu kontrol gurubunda 39.81 μm , 50 Gy'de 72.10 μm , 100 Gy'de 94.14 μm , 150 Gy'de 104.09 μm ve 200 Gy'de 120.00 μm olarak hesaplanmıştır. Kuyruk uzunluğu, kontrol gurubunda 24.58 μm , 50 Gy'de 45.91 μm , 100 Gy'de 73.37 μm , 150 Gy'de 85.28 μm ve 200 Gy'de 99.74 μm olmuş; kuyruk momenti oluşumu ise kontrolde 14.05 μm , 50 Gy'de 28.48 μm , 100 Gy'de 56.37 μm , 150 Gy'de 71.08 μm ve 200 Gy'de 82.66 μm olarak saptanmıştır. Komet ve kuyruk uzunluğu, kuyruk momenti değerlerinde doz artışına bağlı olarak kontrolle karşılaştırıldıklarında önemli farklılıklar saptanmış ve bu farklılıklar istatistiksel açıdan önemli bulunmuştur ($P < 0.05$).

Çizelge 4. 19. Larvalarda komet ve kuyruk uzunluğu, kuyruk momenti ortalama değerleri.

Doz (Gy)	Komet uzunluğu (Ortalama±Std. Hata)	Kuyruk uzunluğu (Ortalama±Std. Hata)	Kuyruk momenti (Ortalama±Std. Hata)
0	39.81±3.3a	24.58±0.9a	14.65±0.8a
50	72.10±2.2b	45.91±2.2b	28.48±2.1b
100	94.14±2.3c	73.37±1.5c	56.37±1.6c
150	104.09±2.8c	85.28±3.1d	71.08±3.7d
200	120.00±4.8d	99.74±3.8e	82.66±3.2e

Aynı harflerle gösterilen değerlerin ortalama varyans analizi ve Tukey testine göre %5 düzeyinde istatistiksel olarak önemli değildir.

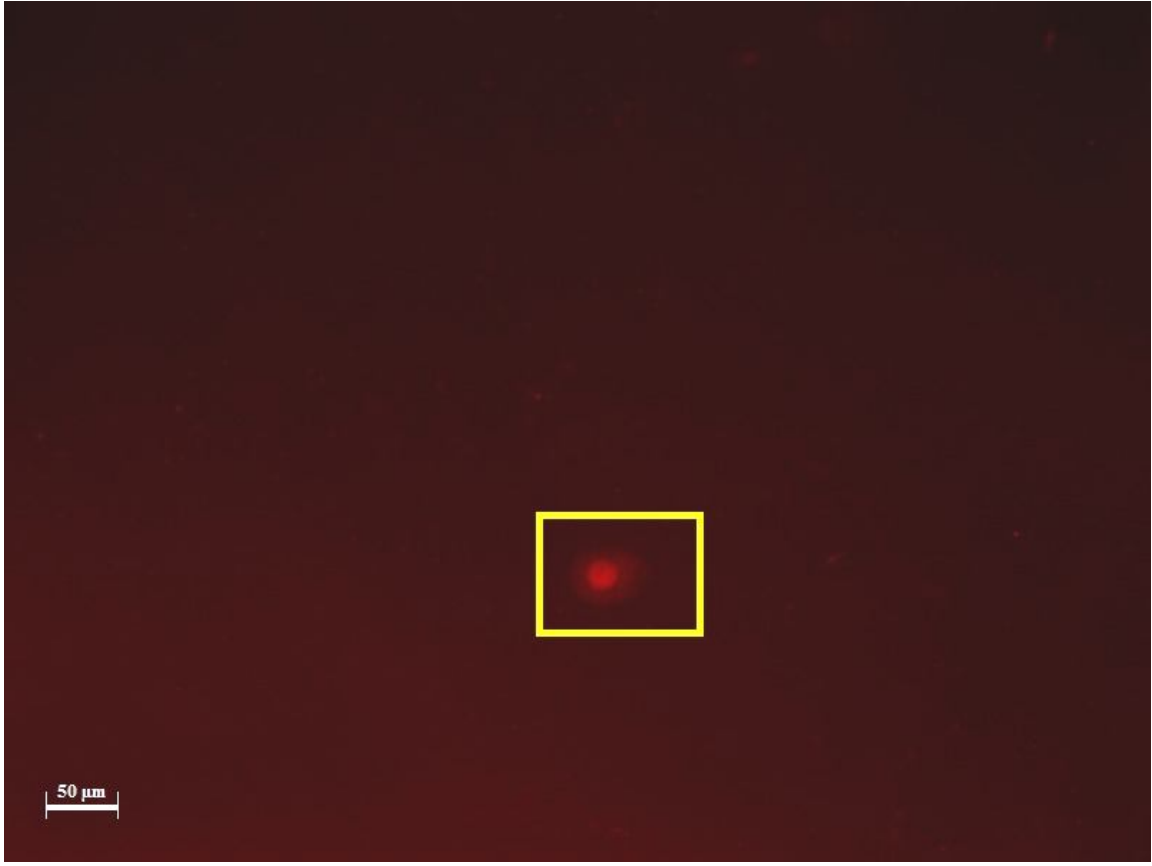


Grafik 4. 16. Larvalarında komet ve kuyruk uzunluğu, kuyruk momenti değerlerinin dinamikası.

Çizelge 4. 20. *S. nonagrioides* larvalarında K.A., K.B., K.Y., K.O., B. Ç., B.U., B.A., B.Y., B.O., B. DNA, K.A., K.Y., K.O., DNA K., K. D., Ku.D., O.K.M. değerleri

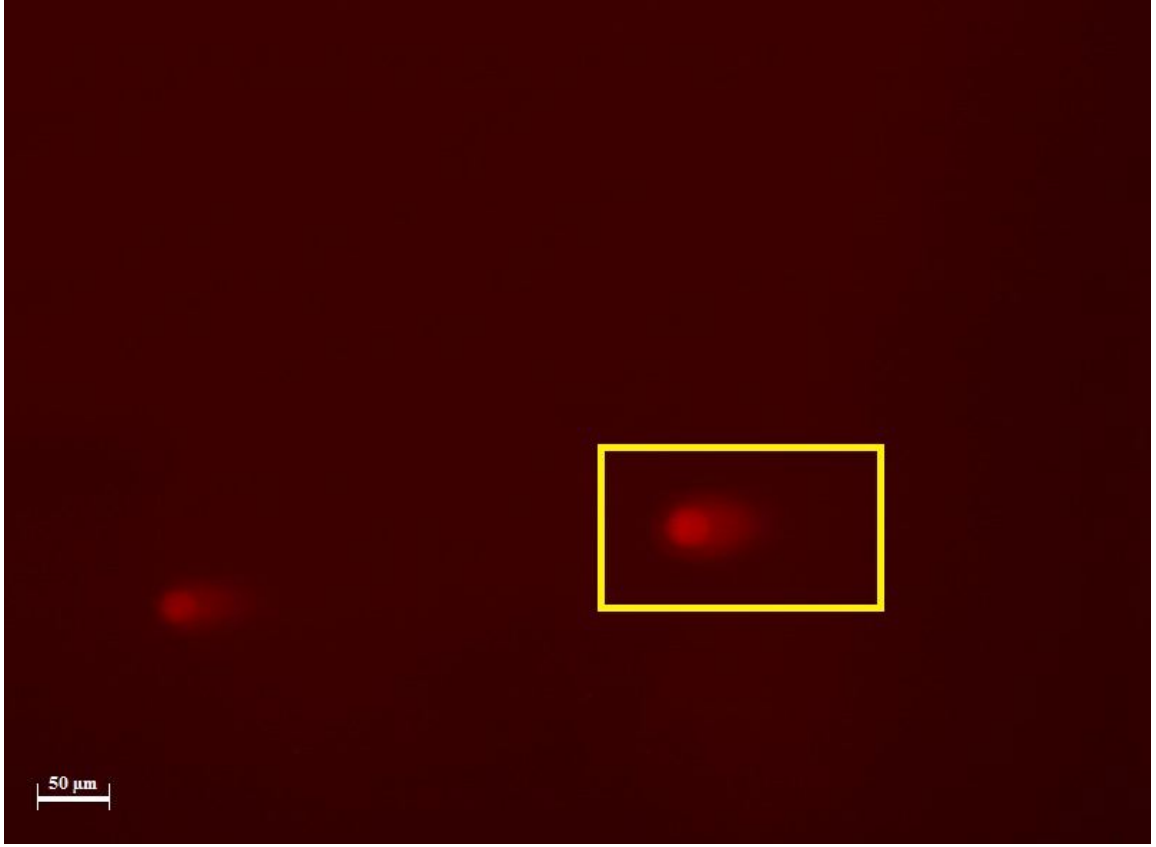
Komet Parametreleri Ortalama Değerleri																	
	K. A. (μm)	K. B. (μm)	K. Y. (μm)	K. O. (μm)	B. Ç. (μm)	B. U. (μm)	B. A. (μm)	B. Y. (μm)	B. O. (μm)	B. DNA (μm)	K. A. (μm)	K. Y. (μm)	K. O. (μm)	K. DNA (μm)	K. D. (μm)	Ku. D. (μm)	O.K. M. (μm)
Kontrol	972,72	23,74	50827,29	56,27	23,74	17,23	382,29	20133,14	68,34	40,36	590,42	30694,14	52,59	59,64	0,901	0,87	10,30
50 Gy	2822,96	39,32	247343	87,83	39,32	26,19	1043,29	96380,1	93,23	38,59	1779,67	150962,9	84,88	61,40	0,943	0,91	5,17
100 Gy	4116,66	44,04	345147,7	82,67	44,04	20,79	914,25	81306	87,16	23,35	3202,41	263841,7	81,15	76,64	0,952	0,93	4,91
150 Gy	4758,15	45,64	204768,9	42,56	45,64	19,03	869,31	36568,75	40,82	17,41	3888,84	168200,1	42,86	82,58	1,07	1,08	2,89
200 Gy	5781,07	47,94	321054,7	55,21	47,94	20,25	976,10	54964,7	55,76	17,07	4804,97	266090	55,02	82,92	0,989	0,985	2,13

K. A.= Komet Alanı, K. B.= Komet boyu, K.Y.= Komet yoğunluğu, K. O.= Komet ortalama, B. Ç.= Baş çapı, B.U.=Baş uzunluğu, B. A.= Baş alanı, B.Y.= Baş yoğunluğu, B.O.= Baş ortalama, B. DNA= Baş DNA'sı, K. A.= Kuyruk alanı, K.Y.= Kuyruk yoğunluğu, K.O.=Kuyruk ortalama, K. DNA'sı= DNA kuyruğu, K. D.= Komet dağılımı, Ku. D.= Kuyruk dağılımı, O. K. M.= Olive kuyruk momenti.



Şekil 4. 15. Kontrol gurubu larvalarda komet görüntüsü.

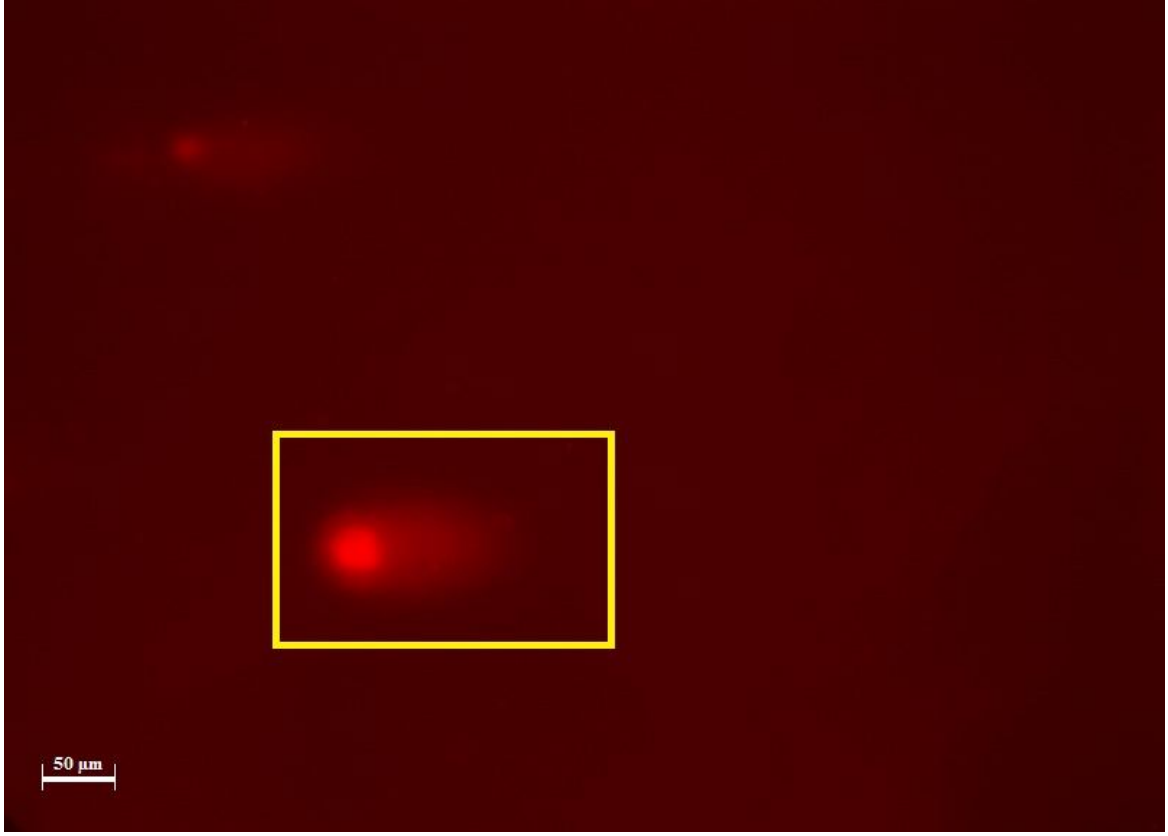
Şekil 4. 15’de sarı kutu içerisinde kontrol gurubuna ait larvalarda komet görüntüsü verilmiştir. Görüntüsü alınan ve analizi yapılan komet hücrelerinin ortalama değerleri; komet alanı 972.72 μm , komet boyu 23.74 μm , komet yoğunluğu 50827.29 μm , komet ortalama 56.27 μm , baş çapı 23.74 μm , baş uzunluğu 17.23 μm , baş alanı 382.29 μm , baş yoğunluğu 20133.14 μm , baş ortalama 68.34 μm , baş DNA’sı 40.36 μm , kuyruk alanı 590.42 μm , kuyruk yoğunluğu 30694.14 μm , kuyruk ortalama 52.59 μm , kuyruk DNA’sı 59.64 μm , komet dağılımı 0.901 μm , kuyruk dağılımı 0.87 μm ve olive kuyruk momenti 10.30 μm olarak ölçülmüştür (Çizelge 4. 20).



Şekil 4. 16. 50 Gy ışınlanmış larvalarda komet görüntüsü.

Şekil 4. 16'da sarı kutu içerisinde 50 Gy'de ışınlanan larvalara ait komet görüntüsü bulunmakta ve analizi yapılan komet hücrelerinin ortalama değerleri komet alanı 2822.96 μm , komet boyu 39.32 μm , komet yoğunluğu 247343 μm , komet ortalama 87.83 μm , baş çapı 39.32 μm , baş uzunluğu 26.19 μm , baş alanı 1043.29 μm , baş yoğunluğu 96380.1 μm , baş ortalama 93.23 μm , baş DNA'sı 38.59 μm , kuyruk alanı 1779.67 μm , kuyruk yoğunluğu 150962.9 μm , kuyruk ortalama 84.88 μm , kuyruk DNA'sı 76.64 μm , komet dağılımı 0.943 μm , kuyruk dağılımı 0.91 μm ve olive kuyruk momenti 5.17 μm olarak belirlenmiştir (Çizelge 4. 20).

Elde edilen sonuçlar; kontrole göre değerlendirildiğinde özellikle komet alanı ve boyu, baş çapı ve kuyruk alanı artış göstermiş, olive kuyruk momenti ise azalmıştır.



Şekil 4. 17. 100 Gy ışınlanmış larvalarda komet görüntüsü.

Şekil 4. 17'de sarı kutu içerisinde 100 Gy'de ışınlanan larvalara ait komet görüntüsü verilmiş ve analizi yapılan komet hücrelerinin ortalama değerleri; komet alanı $4116.66 \mu\text{m}$, komet boyu $44.04 \mu\text{m}$, komet yoğunluğu $345147.7 \mu\text{m}$, komet ortalama $82.67 \mu\text{m}$, baş çapı $44.04 \mu\text{m}$, baş uzunluğu $20.79 \mu\text{m}$, baş alanı $914.25 \mu\text{m}$, baş yoğunluğu $81306 \mu\text{m}$, baş ortalama $87.16 \mu\text{m}$, baş DNA'sı $23.35 \mu\text{m}$, kuyruk alanı $3202.41 \mu\text{m}$, kuyruk yoğunluğu $263841.7 \mu\text{m}$, kuyruk ortalama $81.15 \mu\text{m}$, kuyruk DNA'sı $61.40 \mu\text{m}$, komet dağılımı $0.952 \mu\text{m}$, kuyruk dağılımı $0.93 \mu\text{m}$ ve olive kuyruk momenti $4.91 \mu\text{m}$ olarak hesaplanmıştır (Çizelge 4. 20).

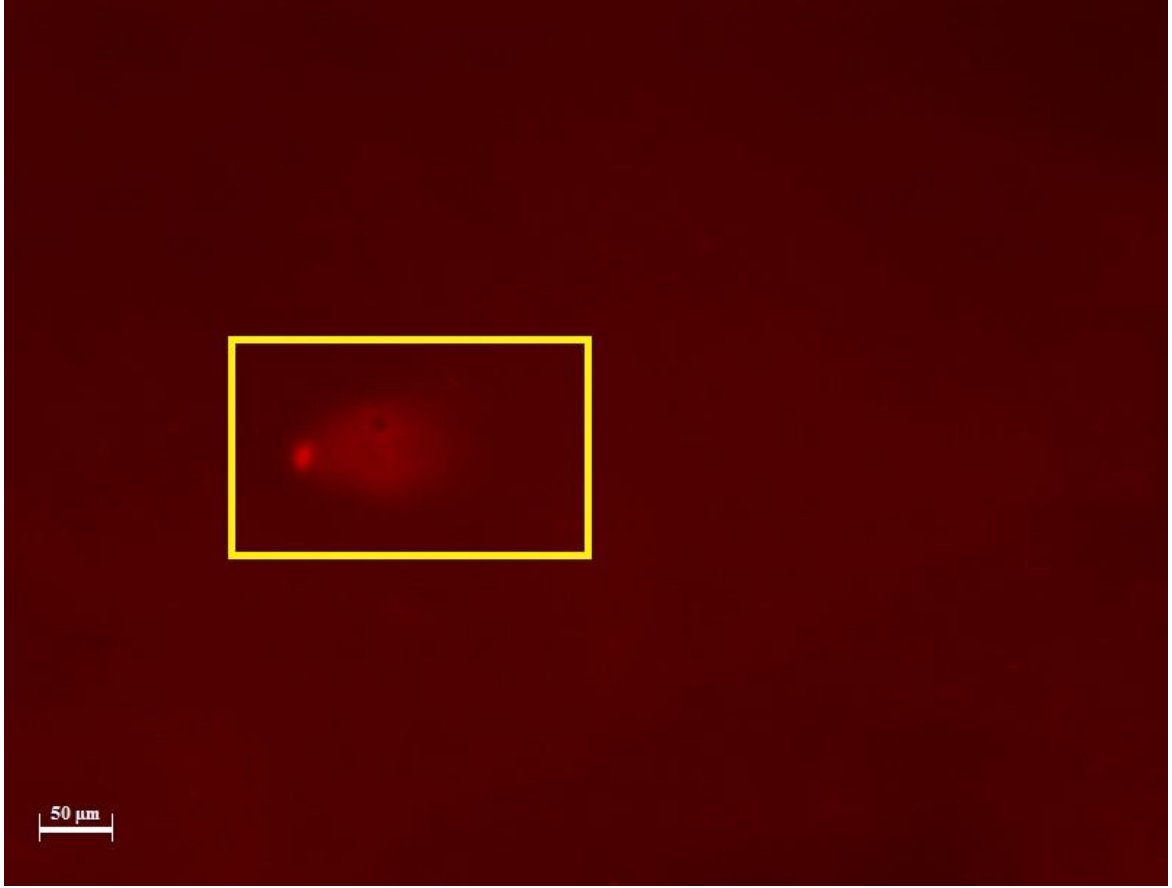
Elde edilen sonuçlar; kontrol ve 50 Gy'de ki değerleri ile kıyaslandığında özellikle komet alanı ve boyu, baş çapı ve kuyruk alanı artmış, olive kuyruk momenti azaldığı saptanmıştır.



Şekil 4. 18. 150 Gy ışınlanmış larvalarda komet görüntüsü.

150 Gy'de ışınlanmış larvalardan görüntüsü alınan ve analizi yapılan komet hücrelerinin ortalama değerleri; komet alanı 4758.15 μm , komet boyu 44.64 μm , komet yoğunluğu 204768.9 μm , komet ortalama 42.56 μm , baş çapı 45.64 μm , baş uzunluğu 19.03 μm , baş alanı 869.31 μm , baş yoğunluğu 36568.75 μm , baş ortalama 40.82 μm , baş DNA'sı 17.41 μm , kuyruk alanı 3888.84 μm , kuyruk yoğunluğu 168200.1 μm , kuyruk ortalama 42.86 μm , kuyruk DNA'sı 82.58 μm , komet dağılımı 1.07 μm , kuyruk dağılımı 1.08 μm ve olive kuyruk momenti 2.89 μm olmuştur (Şekil 4. 18 ve Çizelge 4. 20).

150 Gy'de elde edilen değerleri; kontrol gurubu, 50 ve 100 Gy'de ki verilerle karşılaştırıldığında da komet alanı ve boyu, baş çapı ve kuyruk alanı artış gösterirken, olive kuyruk momenti değerinin azaldığı kaydedilmiştir.



Şekil 4. 19. 200 Gy ışınlanmış larvalarda komet görüntüsü.

Son olarak Şekil 4. 19'da (sarı kutuda) 200 Gy ışınlanmış larvalardan elde edilen komet görüntüsü verilmiş ve komet hücrelerinin ortalama değerleri; komet alanı 5781.15 μm , komet boyu 47.94 μm , komet yoğunluğu 321054.7 μm , komet ortalama 55.21 μm , baş çapı 47.94 μm , baş uzunluğu 20.25 μm , baş alanı 976.10 μm , baş yoğunluğu 54964.7 μm , baş ortalama 55.76 μm , baş DNA'sı 17.07 μm , kuyruk alanı 4804.97 μm , kuyruk yoğunluğu 266090 μm , kuyruk ortalama 55.02 μm , kuyruk DNA'sı 82.92 μm , komet dağılımı 0.989 μm , kuyruk dağılımı 0.985 μm ve olive kuyruk momenti 2.13 μm olarak belirlenmiştir (Çizelge 4. 20).

Bu değerler kontrol ve diğer deney guruplarıyla karşılaştırıldığında doz artışına bağlı olarak komet alanı ve boyu, baş çapı ve kuyruk alanı ortalamalarının arttığı, olive kuyruk momenti değerinin ise; azaldığı saptanmıştır.

4.4.2. Pupa

Pupaların yapısında oluşabilecek DNA hasarlarını saptamak amacıyla; 0, 50, 100, 150 ve 200 Gy ışınlanmış ve elde edilen veriler Çizelge 4. 21, Çizelge 4. 22 ve Grafik 4. 17'de belirtilmiştir.

Kontrol gurubunda komet uzunluğu 38.32 μm , 50 Gy'de 64.18 μm , 100 Gy'de 78.20 μm , 150 Gy'de 100.12 μm ve 200 Gy'de 120.00 μm olarak ölçülmüştür. Yinede kontrol gurubunda kuyruk uzunluğu 20.30 μm olmuş, 50 Gy'de 38.75 μm , 100 Gy'de 54.82 μm , 150 Gy'de 80.86 μm ve 200 Gy'de 96.09 μm ; kuyruk momenti oluşumu kontrolde 10.13 μm , 50 Gy'de 20.88 μm , 100 Gy'de 37.32 μm , 150 Gy'de 66.27 μm ve 200 Gy'de 72.50 μm olarak hesaplanmıştır. Doz artışına bağlı olarak komet ve kuyruk uzunluğu, kuyruk momenti değerleri kontrolle kıyaslandığında önemli artışlar sağlamış ve bu farklılıklar istatistiksel açıdan önemli olmuştur ($P < 0.05$).

Çizelge 4. 21. Işınlanmış pupalarda komet ve kuyruk uzunluğu, kuyruk momenti değerleri.

Doz(Gy)	Komet uzunluğu (Ortalama \pm Std. Hata)	Kuyruk uzunluğu (Ortalama \pm Std. Hata)	Kuyruk momenti (Ortalama \pm Std. Hata)
0	38.32 \pm 0.7a	20.30 \pm 0.7a	10.13 \pm 0.2a
50	64.18 \pm 2.5b	38.75 \pm 2.1b	20.88 \pm 1.5b
100	78.20 \pm 3.2c	54.82 \pm 1.9c	37.32 \pm 1.3c
150	100.12 \pm 5.2d	80.86 \pm 3.9d	66.27 \pm 2.9d
200	120.00 \pm 4.1e	96.09 \pm 2.1e	72.50 \pm 2.2d

Aynı harflerle gösterilen değerlerin ortalama varyans analizi ve Tukey testine göre %5 düzeyinde istatistiksel olarak önemli değildir.

Çizelge 4. 22. *S. nonagrioides* pupalarında K.A., K.B., K.Y., K.O., B. Ç., B.U., B.A., B.Y., B.O., B. DNA, K.A., K.Y., K.O., DNA K., K. D., Ku.D., O.K.M. değerleri

Komet Parametreleri Ortalama Değerleri																	
	K. A. (μm)	K. B. (μm)	K. Y. (μm)	K. O. (μm)	B. Ç. (μm)	B. U. (μm)	B. A. (μm)	B. Y. (μm)	B. O. (μm)	B. DNA (μm)	K. A. (μm)	K. Y. (μm)	K. O. (μm)	K. DNA (μm)	K. D. (μm)	Ku. D. (μm)	O.K. M. (μm)
Kontrol	809,91	21,06	56323,6	68,96	21,06	18,02	380,53	28309,83	74,21	49,90	429,37	28013,83	64,84	50,09	0,95	0,908	6,76
50 Gy	1947,39	30,05	110729,4	59,52	30,05	25,43	768,95	51578,7	68,08	46,22	1178,43	59150,7	53,98	53,77	0,86	0,788	7,32
100 Gy	2922,59	37,32	163350,3	55,43	37,32	23,38	876,78	52694,57	59,08	31,75	2045,81	110655,7	53,75	68,24	0,94	0,918	4,28
150 Gy	4306,79	42,69	174752,5	38,71	42,69	19,26	832,87	32888	36,57	17,84	3473,92	141864,5	39,24	82,15	1,09	1,112	4,27
200 Gy	6002,80	48,03	541243,4	88,74	48,03	28,40	1374,92	140570,7	96,01	24,37	4627,87	400672,7	86,11	75,62	0,94	0,92	9,03

K.A.= Komet Alanı, K.B.= Komet boyu, K.Y.= Komet yoğunluğu, K.O.= Komet ortalama, B. Ç.= Baş çapı, B.U.=Baş uzunluğu, B.A.= Baş alanı, B.Y.= Baş yoğunluğu, B.O.= Baş ortalama, B.DNA= Baş DNA'sı, K.A.= Kuyruk alanı, K.Y.= Kuyruk yoğunluğu, K.O.=Kuyruk ortalama, DNA K.= DNA kuyruğu, K.D.= Komet dağılımı, Ku.D.= Kuyruk dağılımı, O.K.M.= Olive kuyruk momentini



Şekil 4. 20. Kontrol gurubu pupalarda komet görüntüsü.

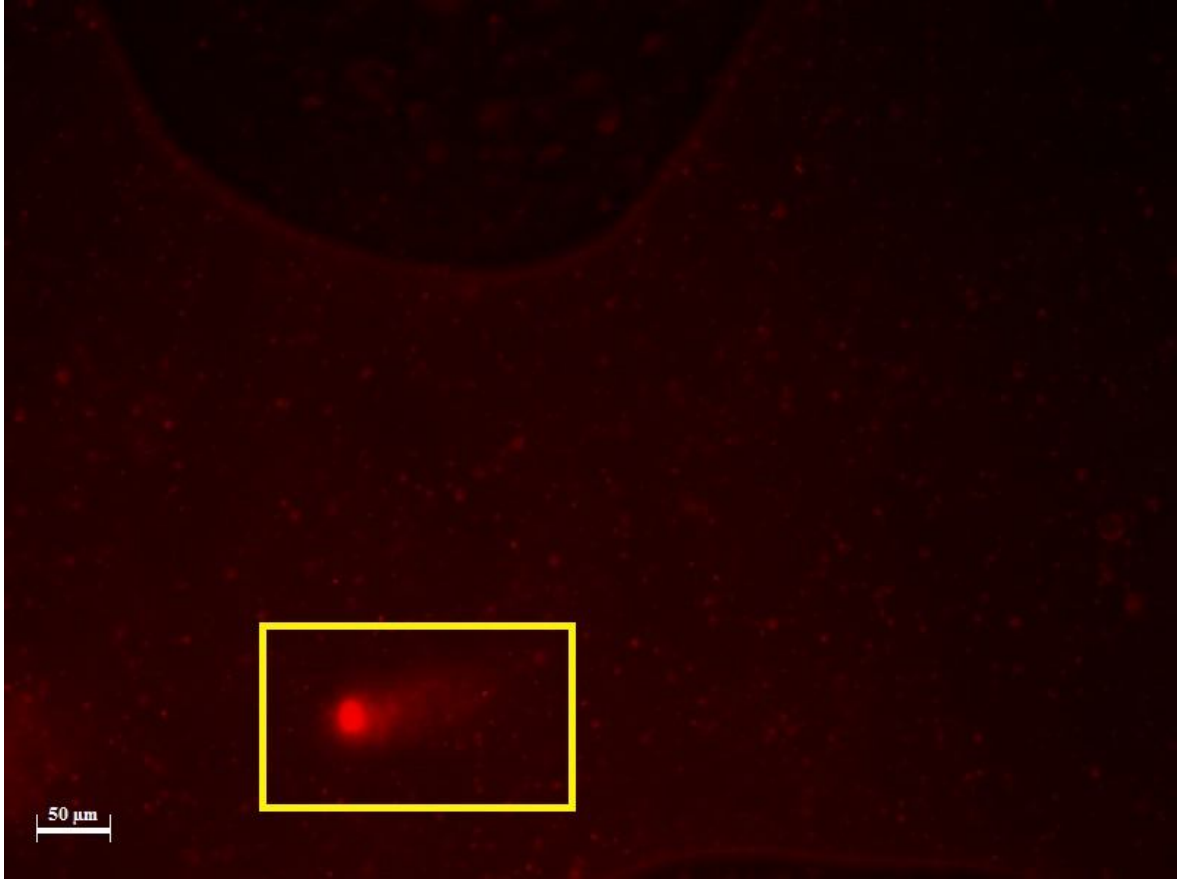
Şekil 4. 20’de sarı kutu içerisinde kontrol gurubuna ait pupalarda komet görüntüsü verilmiştir. Komet hücrelerinin ortalama değerleri; komet alanı $809.91 \mu\text{m}$, komet boyu $21.06 \mu\text{m}$, komet yoğunluğu $56323.6 \mu\text{m}$, komet ortalama $68.96 \mu\text{m}$, baş çapı $21.06 \mu\text{m}$, baş uzunluğu $18.02 \mu\text{m}$, baş alanı $380.53 \mu\text{m}$, baş yoğunluğu $28309.83 \mu\text{m}$, baş ortalama $74.21 \mu\text{m}$, baş DNA’sı $49.90 \mu\text{m}$, kuyruk alanı $429.37 \mu\text{m}$, kuyruk yoğunluğu $28013.83 \mu\text{m}$, kuyruk ortalama $64.84 \mu\text{m}$, kuyruk DNA’sı $50.09 \mu\text{m}$, komet dağılımı $0.95 \mu\text{m}$, kuyruk dağılımı $0.908 \mu\text{m}$ ve olive kuyruk momenti $6.76 \mu\text{m}$ olarak ölçülmüştür (Çizelge 4. 22).



Şekil 4. 21. 50 Gy ışınlanmış pupalarda komet görüntüsü.

Sarı kutuda 50 Gy radyasyona maruz bırakılan pupalara ait komet görüntüsü verilmiş ve komet alanı $1947.39 \mu\text{m}$, komet boyu $30.05 \mu\text{m}$, komet yoğunluğu $110729.4 \mu\text{m}$, komet ortalama $59.52 \mu\text{m}$, baş çapı $30.05 \mu\text{m}$, baş uzunluğu $25.43 \mu\text{m}$, baş alanı $768.95 \mu\text{m}$, baş yoğunluğu $51578.7 \mu\text{m}$, baş ortalama $68.08 \mu\text{m}$, baş DNA'sı $46.22 \mu\text{m}$, kuyruk alanı $1178.43 \mu\text{m}$, kuyruk yoğunluğu $59150.7 \mu\text{m}$, kuyruk ortalama $53.98 \mu\text{m}$, kuyruk DNA'sı $53.77 \mu\text{m}$, komet dağılımı $0.86 \mu\text{m}$, kuyruk dağılımı $0.788 \mu\text{m}$ ve olive kuyruk momenti $7.32 \mu\text{m}$ olarak hesaplanmıştır (Şekil 4. 21 ve Çizelge 4. 22).

Elde edilen veriler; kontrol gurubundakilerle kıyaslandığında komet alanı ve yoğunluğu, baş alanı ve çapı, kuyruk DNA'sı ve yoğunluğu ortalamalarında artışların olduğu, baş DNA'sında ise tersine azalmalar gözlenmiştir.



Şekil 4. 22. 100 Gy ışınlanmış pupalarda komet görüntüsü.

100 Gy'e maruz bırakılan *S. nonagrioides* pupalarına ait komet görüntüsü Şekil 4. 22'de sarı kutu içerisinde verilmiştir. 100 Gy'de görüntüsü alınan ve analizi yapılan komet hücrelerinin ortalama değerleri; komet alanı 2922.59 μm^2 , komet boyu 37.32 μm , komet yoğunluğu 163350.3 μm^{-2} , komet ortalama 55.43 μm , baş çapı 37.32 μm , baş uzunluğu 23.38 μm , baş alanı 876.78 μm^2 , baş yoğunluğu 52694.57 μm^{-2} , baş ortalama 59.08 μm , baş DNA'sı 31.75 μm , kuyruk alanı 2045.81 μm^2 , kuyruk yoğunluğu 110655.7 μm^{-2} , kuyruk ortalama 53.75 μm , kuyruk DNA'sı 68.24 μm , komet dağılımı 0.94 μm , kuyruk dağılımı 0.918 μm ve olive kuyruk momenti 4.28 μm olarak hesaplanmıştır (Çizelge 4. 22).

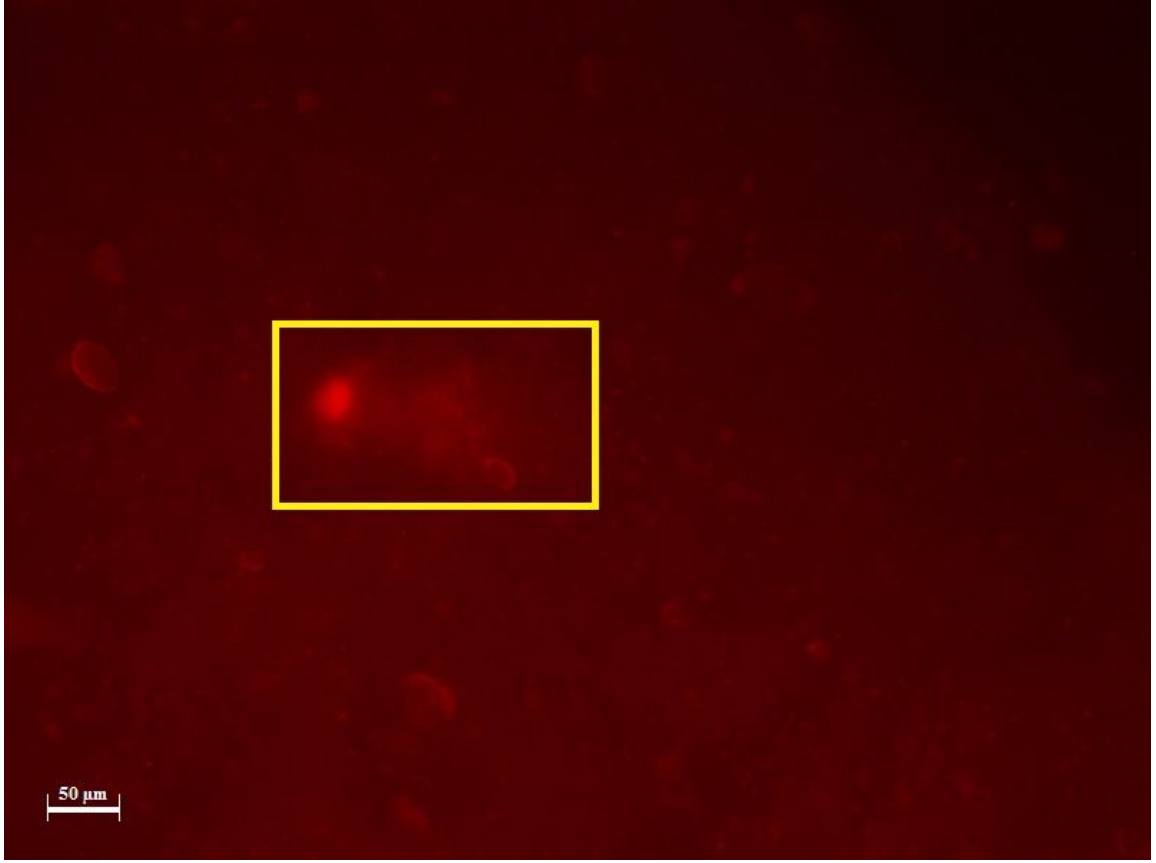
Kontrol gurubuyla ve 50 Gy ışınlanan pupalardan elde edilen veriler karşılaştırıldığında komet alanı ve yoğunluğu, baş çapı ve alanı, kuyruk DNA'sı ve yoğunluğu değerlerinin arttığı, baş DNA'sının azaldığı kaydedilmiştir.



Şekil 4. 23. 150 Gy ışınlanmış pupalarda komet görüntüsü.

Şekil 4. 23’de 150 Gy’e maruz bırakılan pupalara ait komet görüntüsü verilmiş ve komet alanı $4306.79 \mu\text{m}$, komet boyu $42.69 \mu\text{m}$, komet yoğunluğu $174752.5 \mu\text{m}$, komet ortalama $38.71 \mu\text{m}$, baş çapı $42.69 \mu\text{m}$, baş uzunluğu $19.26 \mu\text{m}$, baş alanı $832.87 \mu\text{m}$, baş yoğunluğu $32888 \mu\text{m}$, baş ortalama $36.57 \mu\text{m}$, baş DNA’sı $17.84 \mu\text{m}$, kuyruk alanı $3473.92 \mu\text{m}$, kuyruk yoğunluğu $141864.5 \mu\text{m}$, kuyruk ortalama $39.24 \mu\text{m}$, kuyruk DNA’sı $82.15 \mu\text{m}$, komet dağılımı $1.09 \mu\text{m}$, kuyruk dağılımı $1.112 \mu\text{m}$ ve olive kuyruk momenti $4.27 \mu\text{m}$ olarak ölçülmüştür (Çizelge 4. 22).

Bu veriler; kontrol, 50 ve 100 Gy varyasyonlardaki değerlerle kıyaslandığında komet alanı ve yoğunluğu, baş alanı ve çapı, kuyruk DNA’sı ve yoğunluğu ortalamalarında artışların, baş DNA’sında ise; düşüşlerin olduğu görülmüştür.



Şekil 4. 24. 200 Gy ışınlanmış pupalarda komet görüntüsü.

Nihai olarak 200 Gy doz radyasyona maruz bırakılan pupalarda komet görüntüsü Şekil 4. 24.'de verilmiş ve komet alanı $6002.80 \mu\text{m}$, komet boyu $48.03 \mu\text{m}$, komet yoğunluğu $541243.4 \mu\text{m}$, komet ortalama $88.74 \mu\text{m}$, baş çapı $48.03 \mu\text{m}$, baş uzunluğu $28.40 \mu\text{m}$, baş alanı $1374.92 \mu\text{m}$, baş yoğunluğu $140570.7 \mu\text{m}$, baş ortalama $96.01 \mu\text{m}$, baş DNA'sı $24.37 \mu\text{m}$, kuyruk alanı $4627.87 \mu\text{m}$, kuyruk yoğunluğu $400672.7 \mu\text{m}$, kuyruk ortalama $86.11 \mu\text{m}$, kuyruk DNA'sı $75.62 \mu\text{m}$, komet dağılımı $0.94 \mu\text{m}$, kuyruk dağılımı $0.92 \mu\text{m}$ ve olive kuyruk momenti $9.03 \mu\text{m}$ olarak hesaplanmıştır (Çizelge 4. 22).

Bu veriler; kontrol gurubu ve diğer dozlarla kıyaslandığında komet alanı ve yoğunluğu, baş alanı ve çapı, kuyruk DNA'sı ve yoğunluğu değerlerinde artışlar, baş DNA'sında ise; tersine azalmalar görülmüştür.

4.4.3. Ergin

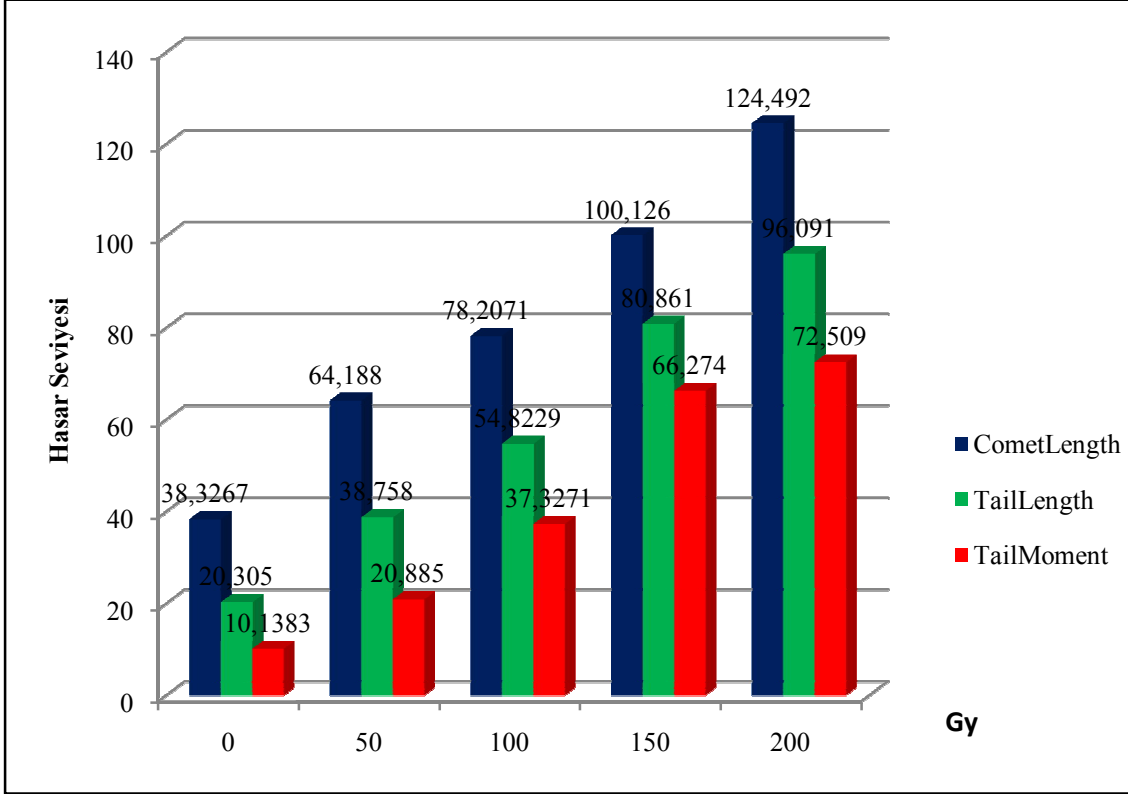
Pupalardan uçuşan *S. nonagrioides*'in bir günlük erginleri (σ^+ + φ) farklı dozlarda (0, 50, 100, 150 ve 200 Gy) X-ışınına maruz bırakılmış, tek hücre jel elektroforezi yöntemi ile hücre DNA'sında oluşuşan hasarlar ölçülmüş ve sonuçlarıda Çizelge 4. 23, Çizelge 4. 24 ve Grafik 4. 18'de gösterilmiştir.

Işınlanmış erginlerde DNA'da oluşuşan hasarların tespitinde yararlanılan parametrelerden birisi komet uzunluğu olmuş, kontrol gurubunda 59.50 μm , 50 Gy'de 87.51 μm , 100 Gy'de 108.52 μm , 150 Gy'de 115.242 μm ve 200 Gy'de 129.44 μm hesaplanmıştır. Kuyruk uzunluğuda kontrol gurubunda 33.74 μm , 50 Gy'de 61.86 μm , 100 Gy'de 84.11 μm , 150 Gy'de 95.38 μm ve 200 Gy'de 111.47 μm , kuyruk momenti oluşuşu ise; kontrolde 20.18 μm , 50 Gy'de 42.89 μm , 100 Gy'de 65.42 μm , 150 Gy'de 77.12 μm ve 200 Gy'de 95.42 μm olarak belirlenmiştir. Komet ve kuyruk uzunlukları, kuyruk momenti değerleri kontrolle kıyaslandığında doz artışına bağılı olarak yükselmeler olmuş ve ortaya çıkan farklılıklar istatistiksel açıdan önemli kabul edilmiştir ($P<0.05$).

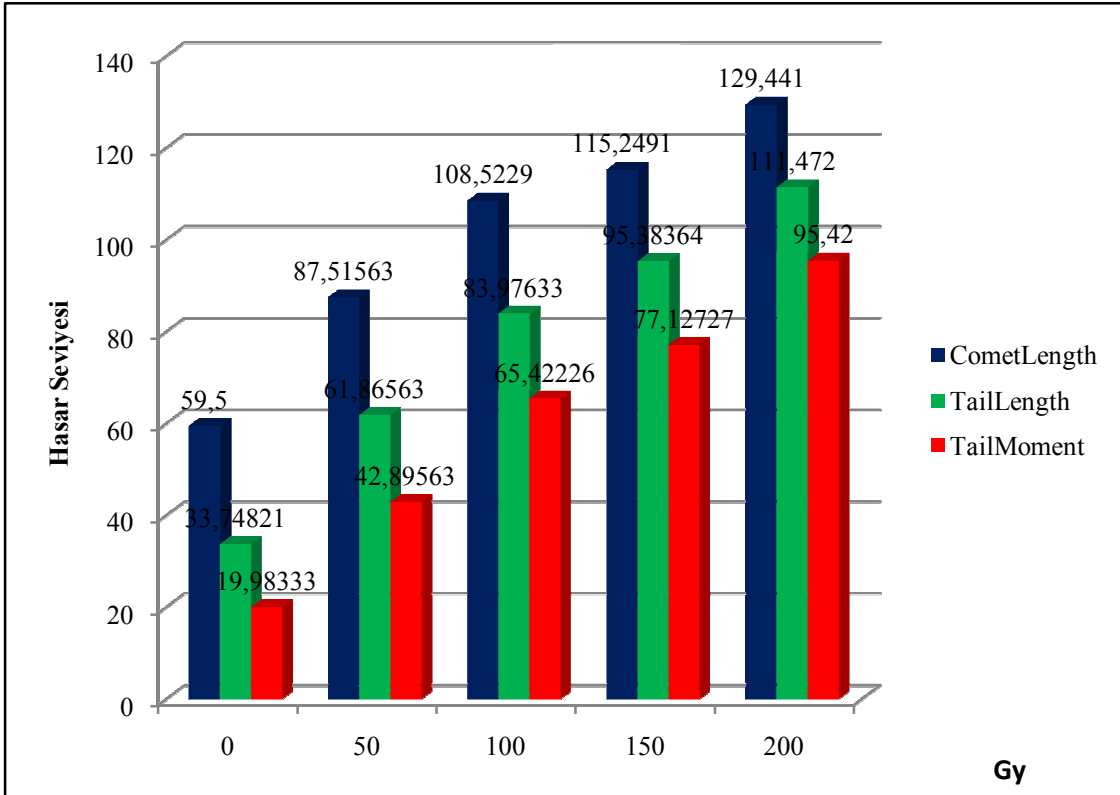
Çizelge 4. 23. Işınlanmış kelebeklerde (σ^+ ve φ)komet ve kuyruk uzunluğu, kuyruk momenti değerleri.

Doz(Gy)	Komet uzunluğu (Ortalama \pm Std. Hata)	Kuyruk uzunluğu (Ortalama \pm Std. Hata)	Kuyruk momenti (Ortalama \pm Std. Hata)
0	59.50 \pm 2.0a	33.74 \pm 1.1a	20.18 \pm 0.8a
50	87.51 \pm 2.3b	61.86 \pm 1.4b	42.89 \pm 1.3b
100	108.52 \pm 2.2c	84.11 \pm 1.7c	65.42 \pm 1.6c
150	115.242.9d	95.38 \pm 3.0d	77.12 \pm 3.1d
200	129.44 \pm 3.7e	111.47 \pm 2.8e	95.42 \pm 2.6d

Aynı harflerle gösterilen değerlerin ortalama varyans analizi ve Tukey testine göre %5 düzeyinde istatistiksel olarak önemli değildir.



Grafik 4. 17. Işınlanmış pupalarda komet ve kuyruk uzunluğu, kuyruk momenti dinamikası.

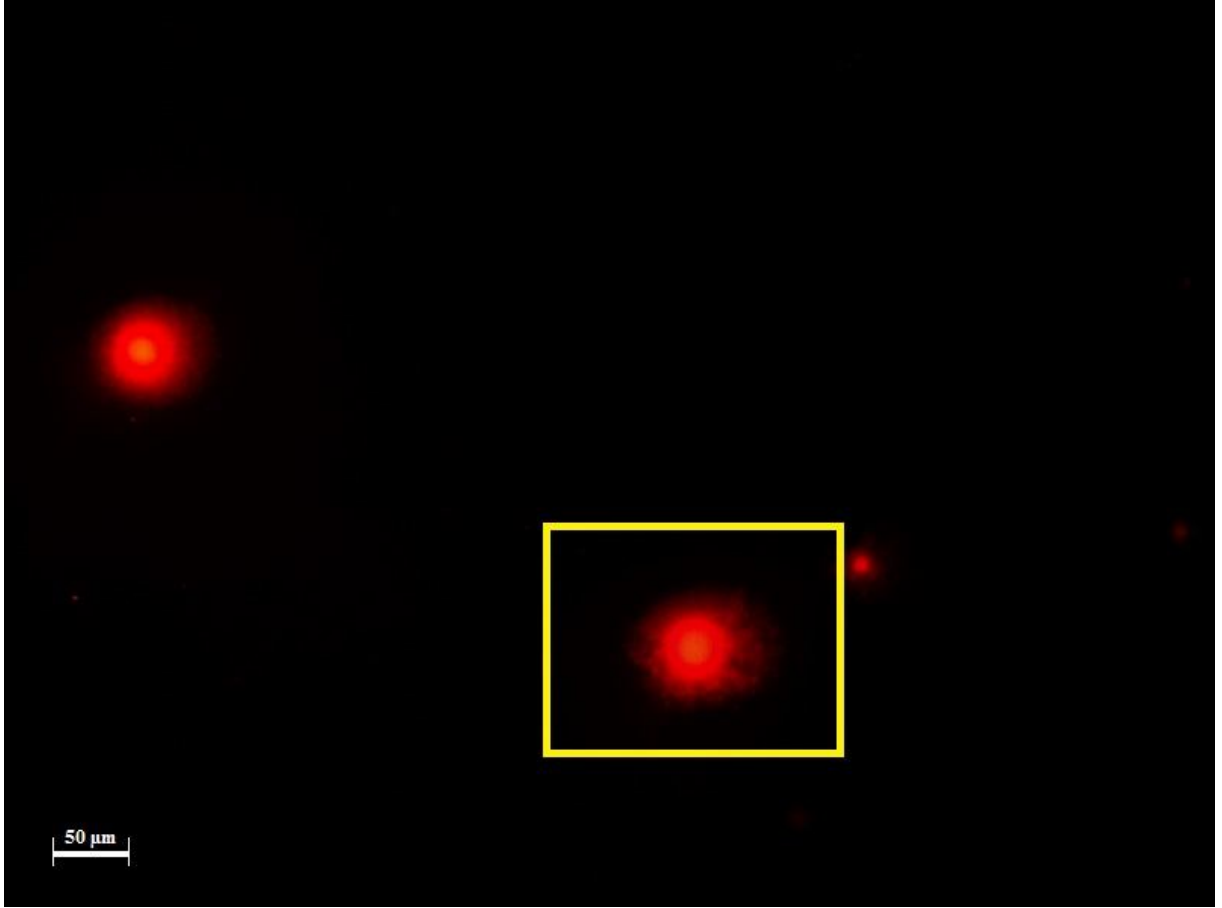


Grafik 4. 18. Işınlanmış kelebeklerde (♂ ve ♀) komet ve kuyruk uzunluğu, kuyruk momenti dinamikası.

Çizelge 4. 24. *S. nonagrioides* erginlerinde K.A., K.B., K.Y., K.O., B. Ç., B.U., B.A., B.Y., B.O., B.DNA, K.A., K.Y., K.O., DNA K., K.D., Ku.D., O.K.M. değerleri

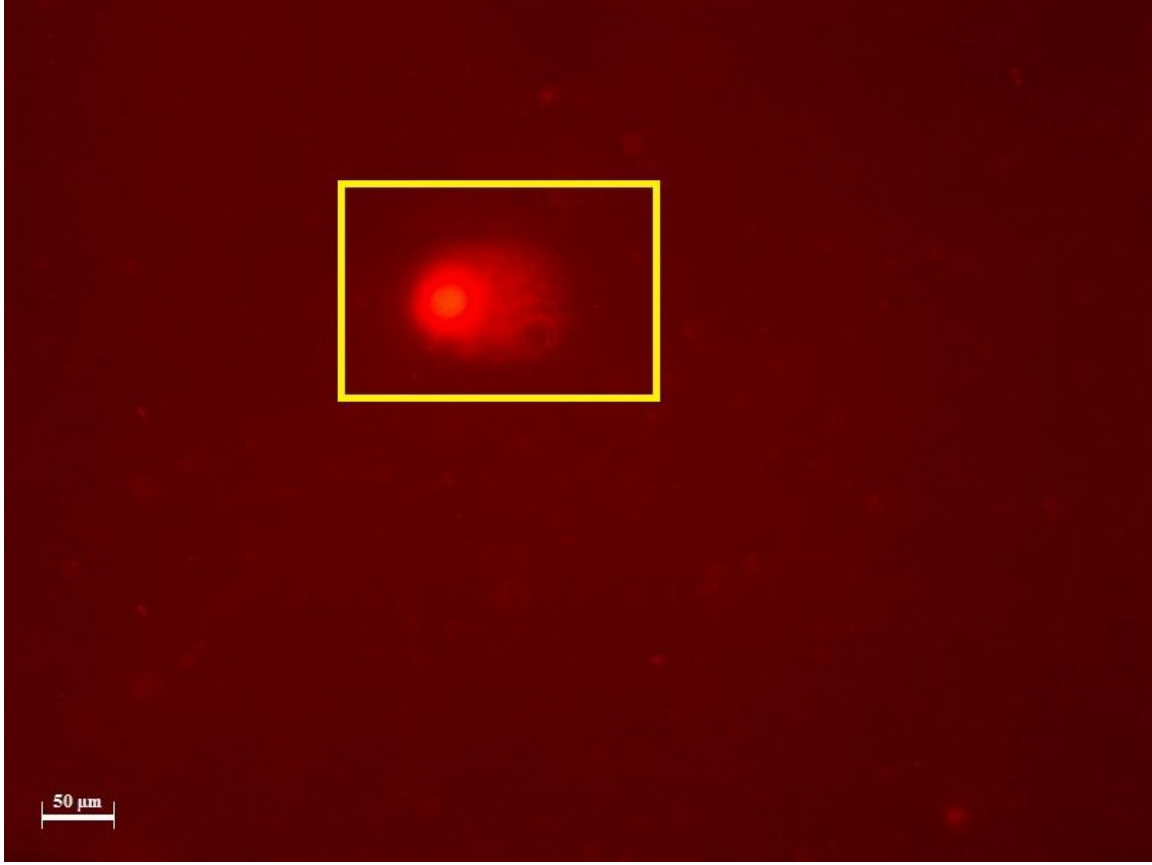
Komet Parametreleri Ortalama Değerleri																	
	K. A. (μm)	K. B. (μm)	K. Y. (μm)	K. O. (μm)	B. Ç. (μm)	B. U. (μm)	B. A. (μm)	B. Y. (μm)	B. O. (μm)	B. DNA (μm)	K. A. (μm)	K. Y. (μm)	K. O. (μm)	K. DNA (μm)	K. D. (μm)	Ku. D. (μm)	O.K. M. (μm)
Kontrol	2626,89	43,69	173228,9	62,97	43,69	25,75	1135,88	69442,39	58,95	40,58	1491,01	103786,5	65,76	59,41	1,073	1,126	5,82
50 Gy	4032,01	45,94	458963,2	111,95	45,94	25,65	1182,27	141719,8	116,87	30,72	2849,73	317243,4	109,93	69,27	0,951	0,933	8,00
100 Gy	5130,27	46,59	340076,9	67,48	46,59	24,40	1165,31	79808,77	67,43	22,32	3964,96	260268,2	67,44	77,67	1,009	1,009	3,53
150 Gy	5409,32	46,86	366699,5	68,31	46,86	19,86	930,11	71448,64	76,35	19,34	4479,21	295052,9	66,53	80,65	0,908	0,886	8,10
200 Gy	6719,5	51,78	578578,4	85,35	51,78	17,95	928,01	85722,8	88,72	14,36	5791,48	492855,6	84,69	85,64	0,964	0,96	4,16

K.A.= Komet Alanı, K.B.= Komet boyu, K.Y.= Komet yoğunluğu, K.O.= Komet ortalama, B. Ç.= Baş çapı, B.U.=Baş uzunluğu, B.A.= Baş alanı, B.Y.= Baş yoğunluğu, B.O.= Baş ortalama, B.DNA= Baş DNA'sı, K.A.= Kuyruk alanı, K.Y.= Kuyruk yoğunluğu, K.O.=Kuyruk ortalama, DNA K.= DNA kuyruğu, K.D.= Komet dağılımı, Ku.D.= Kuyruk dağılımı, O.K.M.= Olive kuyruk momentini



Şekil 4. 25. Kontrol gurubu kelebeklerde komet görüntüsü.

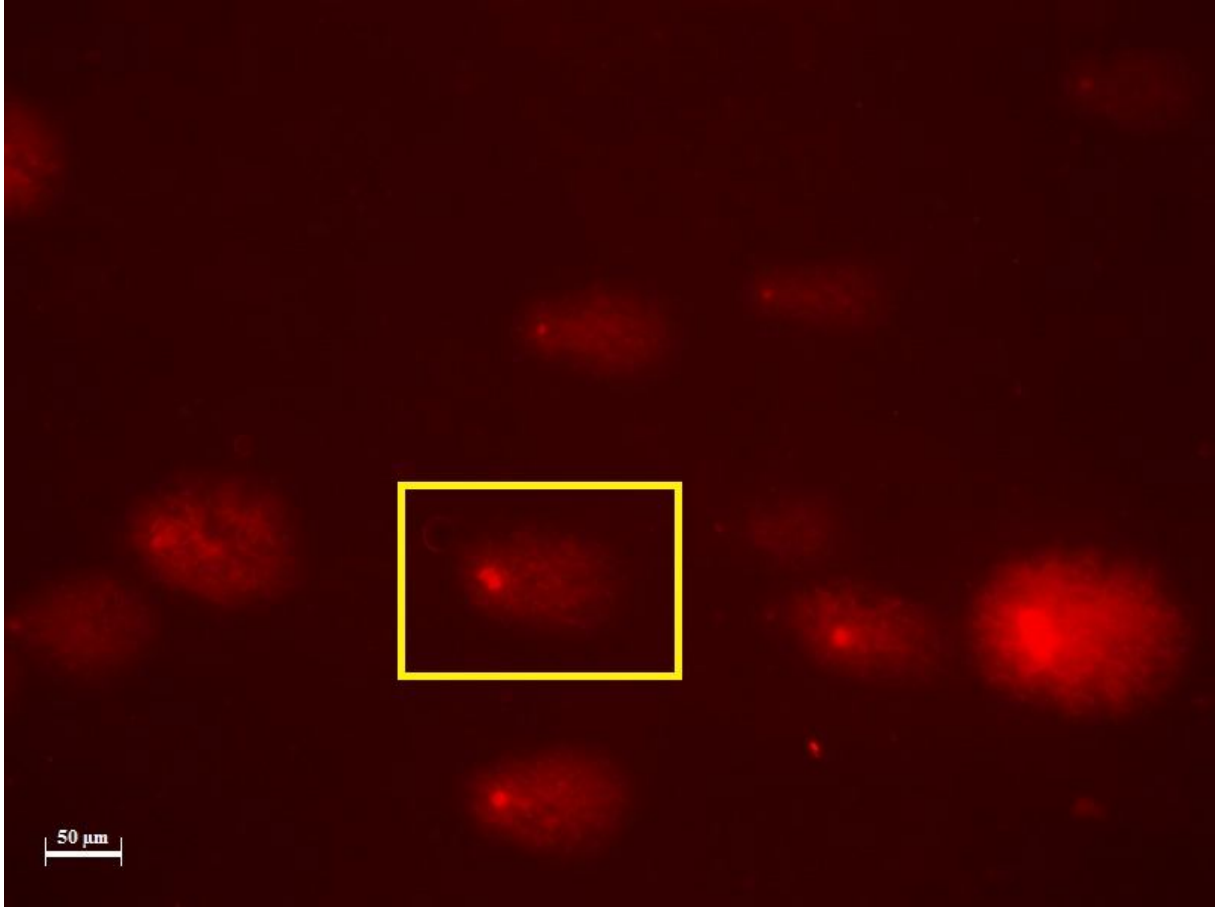
Şekil 4. 25’de sarı kutu içerisinde *S. nonagrioides* erginlerinde kontrol gurubuna ait komet görüntüsü verilmiş ve komet alanı 2626.89 μm , komet boyu 43.69 μm , komet yoğunluğu 173228.9 μm , komet ortalama 62.97 μm , baş çapı 43.69 μm , baş uzunluğu 25.75 μm , baş alanı 1135.88 μm , baş yoğunluğu 69442.39 μm , baş ortalama 58.95 μm , baş DNA’sı 40.58 μm , kuyruk alanı 1491.01 μm , kuyruk yoğunluğu 103786.5 μm , kuyruk ortalama 65.76 μm , kuyruk DNA’sı 59.41 μm , komet dağılımı 1.073 μm , kuyruk dağılımı 1.126 μm ve olive kuyruk momenti 5.82 μm olarak hesaplanmıştır (Çizelge 4. 24).



Şekil 4. 26. 50 Gy ışınlanmış kelebeklerde komet görüntüsü.

50 Gy'de ışınlanan ergin bireylerde; komet alanı 4032.01 μm , komet boyu 45.94 μm , komet yoğunluğu 458963.2 μm , komet ortalama 111.95 μm , baş çapı 45.94 μm , baş uzunluğu 25.65 μm , baş alanı 1182.27 μm , baş yoğunluğu 141719.8 μm , baş ortalama 116.87 μm , baş DNA'sı 30.72 μm , kuyruk alanı 2849.73 μm , kuyruk yoğunluğu 317243.4 μm , kuyruk ortalama 109.93 μm , kuyruk DNA'sı 69.27 μm , komet dağılımı 0.951 μm , kuyruk dağılımı 0.933 μm ve olive kuyruk momenti 8.00 μm olarak saptanmıştır (Şekil 4. 26 ve Çizelge 4. 24).

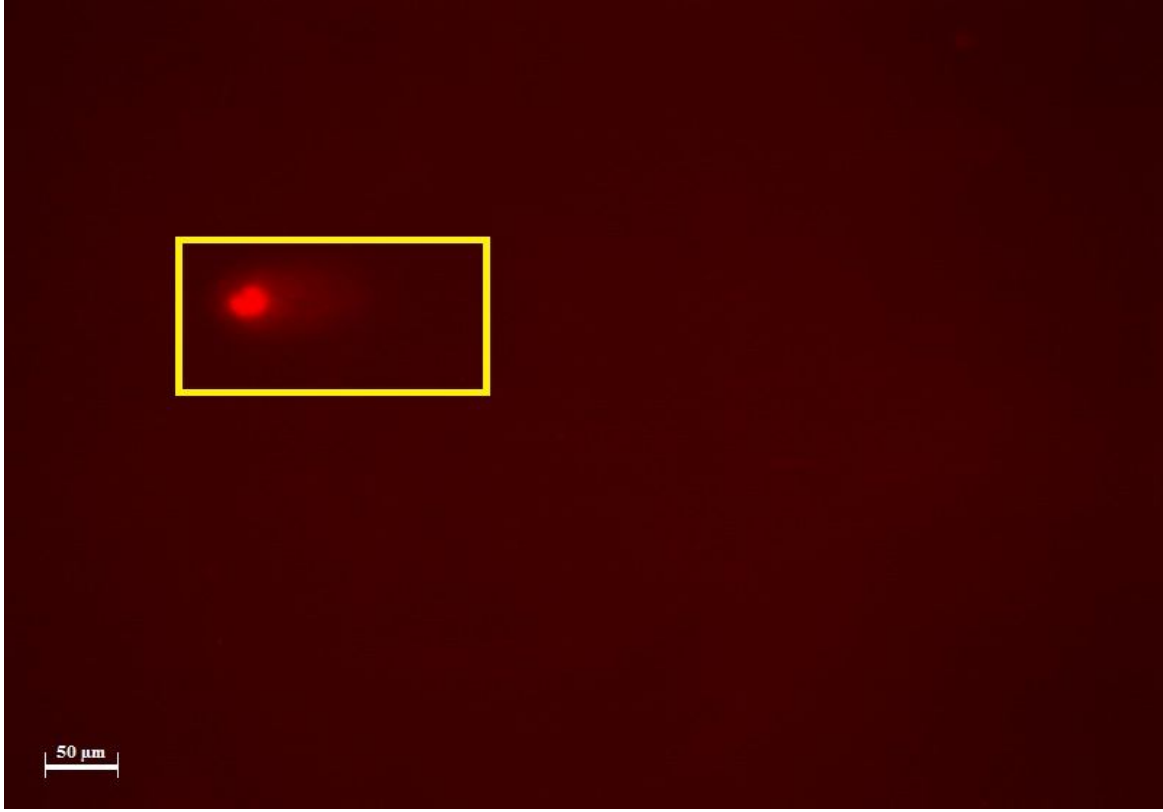
Bu rakamlar, kontrol gurubu ile kıyaslandığında komet alanı, baş çapı, kuyruk DNA'sı ve alanın artış gösterdiği; baş uzunluğu ve alanı, baş DNA'sında ise azalmaların olduğu gözlenmiştir.



Şekil 4. 27. 100 Gy ışınlanmış kelebeklerde komet görüntüsü.

100 Gy'de ışınlanan bireylerde; komet alanı 5130.27 μm , komet boyu 46.59 μm , komet yoğunluğu 340076.9 μm , komet ortalama 67.48 μm , baş çapı 46.59 μm , baş uzunluğu 24.40 μm , baş alanı 1165.31 μm , baş yoğunluğu 79808.77 μm , baş ortalama 67.43 μm , baş DNA'sı 22.32 μm , kuyruk alanı 3964.96 μm , kuyruk yoğunluğu 260268.2 μm , kuyruk ortalama 67.44 μm , kuyruk DNA'sı 77.67 μm , komet dağılımı 1.009 μm , kuyruk dağılımı 1.009 μm ve olive kuyruk momenti 3.53 μm olarak belirlenmiştir (Şekil 4. 27 ve Çizelge 4. 24).

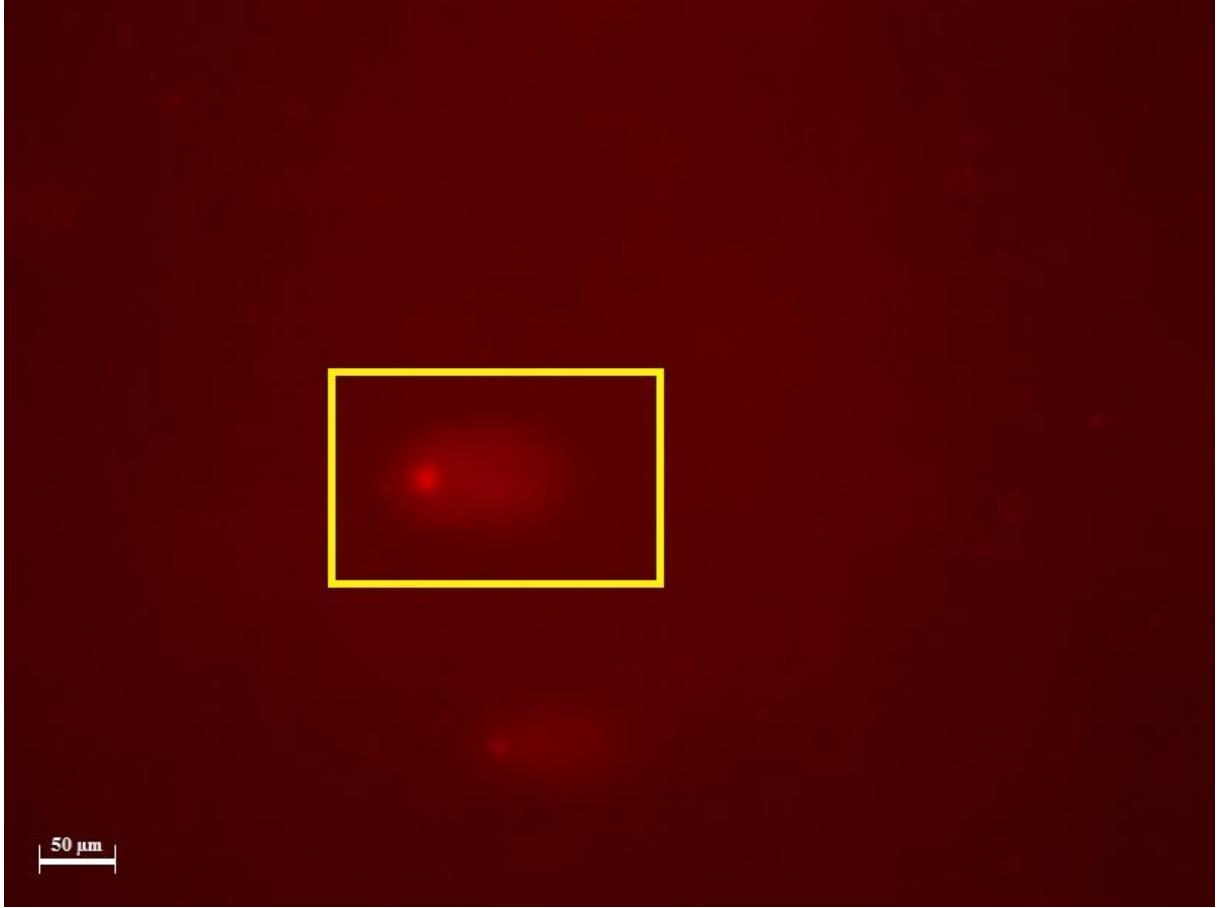
Bu veriler, kontrol gurubu ve 50 Gy'deki değerler ile kıyaslandığında komet alanı, baş çapı, kuyruk DNA'sı ve alanı ortalamalarında artışların; baş uzunluğu, alanı ve DNA'sı ortalamalarında ise; azalmaların olduğu saptanmıştır.



Şekil 4. 28. 150 Gy ışınlanmış kelebeklerde komet görüntüsü.

150 Gy’de ışınlanmış kelebeklerde komet alanı 5409.32 μm , komet boyu 46.86 μm , komet yoğunluğu 366699.5 μm , komet ortalama 68.31 μm , baş çapı 46.86 μm , baş uzunluğu 19.86 μm , baş alanı 930.11 μm , baş yoğunluğu 71448.64 μm , baş ortalama 76.35 μm , baş DNA’sı 19.34 μm , kuyruk alanı 4479.21 μm , kuyruk yoğunluğu 295052.9 μm , kuyruk ortalama 66.53 μm , kuyruk DNA’sı 80.65 μm , komet dağılımı 0.908 μm , kuyruk dağılımı 0.886 μm ve olive kuyruk momenti 8.10 μm olarak ölçülmüştür (Şekil 4. 28 ve Çizelge 4. 24).

Bu veriler; kontrol, 50 ve 100 Gy’deki varyasyonlardaki değerlerle karşılaştırıldığında komet alanı, baş çapı, kuyruk DNA’sı ve kuyruk alanında artışların olduğu; baş uzunluğu, alanı ve DNA’sında ise; azalmaların olduğu görülmüştür.



Şekil 4. 29. 200 Gy ışınlanmış kelebeklerde komet görüntüsü.

Şekil 4. 29’da sarı kutu içerisinde komet görüntüsü verilmiş, komet alanı 6719.5 μm , komet boyu 51.78 μm , komet yoğunluğu 578578.4 μm , komet ortalama 85.35 μm , baş çapı 51.78 μm , baş uzunluğu 17.95 μm , baş alanı 928.01 μm , baş yoğunluğu 85722.8 μm , baş ortalama 88.72 μm , baş DNA’sı 14.36 μm , kuyruk alanı 5791.48 μm , kuyruk yoğunluğu 492855.6 μm , kuyruk ortalama 84.69 μm , kuyruk DNA’sı 85.64 μm , komet dağılımı 0.964 μm , kuyruk dağılımı 0.96 μm ve olive kuyruk momenti 4.16 μm olarak ölçülmüştür (Çizelge 4. 24).

Bu veriler, kontrol ve diğer deney guruplarıyla (50, 100 ve 150 Gy) kıyaslandığında komet alanı, baş çapı, kuyruk DNA’sı ve alanı değerlerinde artışların; baş uzunluğu, alanı ve DNA’sında ise; düşüşlerin olduğu görülmüştür. Elde edilen sonuçlara göre dişi ve erkek kelebeklerin komet uzunluğu, alanı, boyu, yoğunluğu, ortalaması; baş çapı, uzunluğu, alanı, yoğunluğu, ortalaması, DNA’sı; kuyruk momenti, alanı, uzunluğu, yoğunluğu, ortalaması, DNA’sı, dağılımı ve olive kuyruk momenti gibi parametre değerlerinde önemli bir farklılıklar saptanmamıştır.

5. SONUÇ VE TARTIŞMALAR

Doğu Akdeniz bölgesinde yer alan Kahramanmaraş ilinde son yıllarda pamuk ve biber bitkisinin verimsiz hale gelmesinden dolayı, mısır bitkisinin ekimine geniş yer verilmektedir. Özellikle pamuk bitkisi ile kıyaslandığında mısır üretimi az zahmet talep etmekte ve maliyetide düşük olmaktadır. Bu bakımdan; birinci ürün hasadından sonra boşalan arazilerde ikinci ürün olarak mısır bitkisinin yetiştiriciliği çiftçiler için ilave kâr kaynağına dönüşmüştür. Mısır tarlalarının hızlı bir şekilde yaygınlaşması, yeni bir sorunun ortaya çıkmasına neden olmuştur. Böyle ki, mısır bitkisiyle beslenen zararlı böcekler hızla yayılıp çoğalmakta, ürün kalitesi ve verimini azaltmaktadır. İlimizde bu zararlılar içerisinde en tehlikelisi *S. nonagrioides* olmakta ve her yıl larvalara karşı insektisitlerle 3-5 defa ilaçlamalar yapılmaktadır. Buna rağmen; ortalama % 20 civarında ürün kaybına neden olmaktadır. Birçok araştırmacı tarafından zararlıya karşı mücadelede alternatif yöntemler üzerinde çalışmalar yürütülmektedir. Ve bu kapsamda; tarafımızdan farklı dozlarda X-ışını kullanarak, *S. nonagrioides*'in yumurta, larva, pupa ve erginlerinin gelişimi, biyokimyasal parametreleri (protein, karbohidrat ve lipit) ve sitogenetik (DNA hasarı) özelliklerine etkisi araştırılmıştır.

S. nonagrioides'in 3 günlük döllenmiş yumurtaları 0-200 Gy arasındaki dozlarda ışınlandığında, kontrole göre embriyonik gelişimin yavaşladığı ve özellikle 200 Gy'de bu gelişimin yarı yarıya (%58.33) düşüş gösterdiği gözlenmiştir. Işınlamadan 2-3 gün sonra her ne kadar embriyo gelişimini devam ettirseye sonraki günlerde bu gelişim durmuş ve bütün deney guruplarında larva çıkışı izlenmemiştir. Bu benzeri çalışma Ayvaz ve ark. (2007) tarafından yürütülmüş, parazitoid *Trichogramma evanescens*'in yumurtaları 0-20 Gy arasında değişik dozlarda ışınlanmış, doz artışına bağlı olarak pupalaşma, ergin çıkışı ve dişi birey oranında azalmalar olduğu belirlenmiştir. Bazı araştırmacılar da, *Cydia pomonella* L.'nin yumurtalarını gama radyasyonuna (10-350 Gy) maruz bırakmış, 60 Gy ve üzeri dozlarda yumurtalardan larva çıkışı gözlenmediğini bildirmiştir (Mansour ve Mohamed, 2002).

Tarafımızdan *S. nonagrioides*'in beşinci dönem larvaları 0, 50, 100, 150 ve 200 Gy X-ışını radyasyonuna maruz bırakılmış ve sonraki günlerde yaşam süreleri kontrolde 35.80, 50 Gy'de 43.00, 100 Gy'de 46.00, 150 Gy'de 45.90 ve 200 Gy'de 48.70 gün olarak belirlenmiştir. Larvalar ışınlandıktan sonra birkaç gün beslendikleri, akabinde yem almadıkları ve nihai olarak hareket etmedikleri saptanmıştır. Her doz için toplam 160 adet larva ışınlanmış ve bundan da 50 Gy'de 18, 100 Gy'de 15, 150 Gy'de 3 ve 200 Gy'de ise; 1 adet larva sağ kalmıştır. Bu larvalar sonraki günlerde pupa evresine girmiştir. 50 Gy'de oluşan

18 pupadan 6'sı deformasyonlu, 4'ü sağlıklı ve 8'i de normal olmasına rağmen; ergin uçuşu gözlenmemiştir. 100 Gy'de de oluşan 15 adet pupadan sadece 1 adet sağlıklı olmuş ve yinede kelebek uçuşu kaydedilmiştir. 150 Gy ve 200 Gy'de sırası ile 3 ve 1 adet pupa oluşmuş ve ergin çıkışı saptanmamıştır. Probit analizi sonucunda; ışınlanmış larvaların pupalaşmasında etkili bulunan dozlar ED₅₀ -78.392 ve ED₉₅ -271.356 olarak hesaplanmıştır. *Trogoderma granarium*'un genç, olgun ve diyapoza girmiş larvaları gama radyasyonunun farklı dozlarıyla ışınlandıklarında; genç larvalarda pupa oluşumunun 60 Gy'de önlendiği, diyapoza girmiş ya da olgun larvalarda ise pupa oluşumunun 100 Gy'de engellendiği, ayrıca; 200 Gy'de *T. granarium*'un üreme yeteneğinin tamamen ortadan kalktığı, o yüzden de; bu zararlıya karşı yapılacak karantina çalışmalarında 200 Gy'in etkin doz olacağı ihtimal edilmektedir (Gao ve ark. (2004). Başka bir çalışmada; *Plodia interpunctella* (Hubner) (Lepidoptera: Pyralidae)'nın dördüncü dönem larvaları 300-900 Gy arasında farklı dozlarda ışınlanmış ve sonuçta; beslenme, pupa oluşumu, ergin çıkışı ve ömür uzunluğu gibi özellikleri üzerine olumsuz etkide bulunduğu, doz artışına bağlı olarak besin tüketimi ve larval ağırlıklarını önemli derecede azalttığı saptanmıştır. Ayrıca; ışınlanmış larvaların pupalaşması ve ergin bireylerin oluşumunda tamamen engellediği belirlenmiştir (Azemat ve ark., 2005). *Lymantria dispar* (Lepidoptera: Lymantriidae)'nin yumurtaları açılmadan birkaç gün önce 10-110 Gy arasında farklı dozlarda, ilk dönem larvalar ise 50, 80 ve 110 Gy'de ışınlanmış ve sonuç olarak; yumurta ve larvalardan ergin oluşumu kontrol guruplara göre önemli oranda azalmıştır. Larvalar arasında ölüm oranı ve pupa oluşumu doza bağlı olurken, pupal morfolojik anormallikler ise; kontrole göre yüksek bulunmuştur (Zubrik ve Novonty, 2009).

Yaptığımız deneylerde 0-200 Gy farklı dozlarda ışınlanan beşinci dönem larvalardan 150 Gy ve üzeri dozlarda ergin çıkışı gözlenmemiş, kontrolde ergin çıkış yüzdesi 92.68 olurken, 50 Gy'de %22.22 ve 100 Gy'de ise %6.66 olarak hesaplanmıştır. Probit analizi sonucunda; ışınlanmış larvalardan ergin oluşumunda etkili bulunan dozlar ED₅₀ -34.858 ve ED₉₅ -112.516 olarak kaydedilmiştir. Hosseinzadeh ve Shayesteh (2011) göre; 150 Gy gama radyasyonu *Tribolium castaneum* (Herbst.) (Coleoptera: Tenebrionidae)'un 1-2 günlük yumurtalarının açılmasını %100 azaltmış, ayrıca; 100 Gy, 15 günlük larvalardan ergin çıkışını; 700 Gy, 5 günlük pupalardan ergin çıkışını ve 200 Gy, erginlerde %100 ölüme neden olmuştur. Yumurta, larva ve pupadan ergin çıkışının doz artışına bağlı olarak azaldığı ve 700 Gy'in *T. castaneum*'un popülasyonunu kontrol altında tutmada etkin doz olduğunu belirtmişlerdir.

Işınlanmış *S. nonagrioides*'in beşinci dönem larvalarından oluşan erginlerde (F₁) yumurta bırakma eylemi (kontrol hariç) gözlenmemiştir. Ayrıca; larvalardan ergin oluşuncaya

kadar geçen sürenin uzadığı (kontrolde 35.80 ve 200 Gy'de 48.70 gün) kaydedilmiştir. Bu konuya yakın olan başka bir çalışmada *Helicoverpa armigera* (Hubner) (Lepidoptera: Noctuidae)'ya karşı 100 Gy gama radyasyonun larva ve pupa ağırlıklarına, F₁ dölünde pupal periyoda herhangi bir etkisinin olmadığı, ama larval periyodun uzadığı gözlenmiştir. F₂ jenerasyonunda pupalar daha hafif olurken, P₁ ve F₁ dişilerinin yumurta verimliliği üzerinde herhangi bir etkisi görülmemiştir. P₁ erkekleri tamamen kısır iken; aynı zamanda F₁ dölünden elde edilen yumurtaların açılmalarını engellemiştir (Ocampo ve ark. 2002).

S. nonagrioides'in 5 günlük pupaları farklı dozlarda (0, 50, 100, 150 ve 200 Gy) X-ışını radyasyonuna tutulduktan sonra, pupaların gelişim süresinde bir değişiklik olmamış fakat doz artışına bağlı olarak çıkan ergin sayısında azalmalar belirlenmiştir. Böyle ki kontrolde %75.00 iken; 50, 100 ve 150 Gy'de sırası ile %36.66, %9.16 ve %4.16 olmuş, 200 Gy'de ise; ergin çıkışı gözlenmemiştir. Probit analizi sonucunda; ışınlanmış pupalardan ergin çıkışında etkili bulunan dozlar ED₅₀ 33.942 ve ED₉₅ -58.686 olarak hesaplanmıştır. *Ectomyelois ceratoniae*'nin farklı yaş guruplarındaki pupalarına gama radyasyonu (200-600 Gy) etkilerinin araştırıldığı bir çalışmada; yaş ve doz artışına bağlı olarak ergin çıkışının azaldığı, 500 ve 600 Gy'de ışınlanan 4-5 günlük pupalardan deformasyonlu erginlerin görüldüğü ve ayrıca; 500 Gy'de ışınlanan 6-7 günlük pupalardan normal ergin çıkışı %10, 8 günlük pupalarda %30 iken; 600 Gy'de ışınlandıklarında ise; %10 olmuştur. 9-10 günlük pupalar 200, 250 ve 300 Gy'de ışınlandıklarında ergin morfolojisi, yumurta verimi, kısırlık ve yumurtaların açılması gibi özellikleri bakımından daha az etkilenmiştir (Dhouibi ve Abderahmane, 1998). Radyasyona maruz bırakılan erken ve geç dönem *Opagona sacchari* (Lep.: Tineidae) pupalarından ergin çıkışının azaldığı, 150 Gy doza maruz bırakılan yumurta, neonat larva, 1 haftalık larva, 2 haftalık larva, 3 haftalık larva, erken ve geç dönem pupalarda ergin çıkış oranı, en az erken dönem pupalarda gözlemlenmiştir. 60 ve 400 Gy doza maruz bırakılan pupalarda ergin çıkışı doz artışına bağlı olarak azalırken, yumurta verimi ve yumurtadan larva çıkışları önemli miktarda azalmıştır (Hollingsworth ve Follet, 2007).

Işınlanmış *S. nonagrioides* pupalarından çıkan erginlerde şekil bozukluklarına (deformasyon) sık rastlanmış, örneğin; kontrol gurubunda %2.2 iken, 50 Gy'de %81.81, 100 Gy'de %50.00 ve 150 Gy ve 200 Gy'de ise tamamen deformasyonlu olmuştur. Gama ışınlarının pupalarda deformasyon, kısırlık ve yumurta verimi üzerine etkileri konusunda kelebeklerde yol açtığı değişimler konusunda bilgilere sık rastlanmaktadır. Örneğin; 50, 100 ve 150 Gy gama radyasyonunda ışınlanmış *Agrotis ipsilon* (Hufn.)'un olgun pupalarından çıkan dişi ve erkek kelebekler çiftleştiğinde doz artışına bağlı olarak yumurta verimi ve

açılma yüzdesinin azaldığı, kısırılık oranının ise tersine arttığı belirlenmiştir (Salem ve ark. 2014).

Yapılan deneylerde radyasyon dozunun artışına bağlı olarak *S. nonagrioides* pupalarından çıkan kelebeklerin ömür uzunluğunun kısaldığı ve bu değerlerin kontrolde 9.4 gün iken, 50 Gy'de 4.8, 100 Gy'de 3.6 ve 150 Gy'de 3.4 gün olduğu kaydedilmiştir. Bununla birlikte; kelebeklerde yumurta bırakma kontrolden başka hiçbir grupta gözlenilmemiş ve böylece; F₁ dölünden P₁ jenerasyonu elde edilmemiştir. Lu ve ark. (1998)'na göre 300 Gy gama radyasyonu *Helicoverpa armigera*'nın dişi bireylerinde tamamen kısırılığa neden olmaktadır.

Yaptığımız çalışmalarda ise; X-ışınının *S. nonagrioides*'in erkeklerinde kısırılığa daha fazla yol açtığı saptanmıştır. *S. nonagrioides*'in bir günlük erginleri 0-200 Gy farklı dozlarda X-ışını ile ışılandıktan sonra çiftleşmiş dişilerinden elde edilen yumurta verimi 100 Gy'de en az (37.50 ♀/total) ve kontrol gurubunda ise bu sayı 356.60 ♀/total olarak kaydedilmiştir. Ayrıca; kontrol gurubu hariç ışınlanan tüm guruplarda bırakılan yumurtalardan larva çıkışı gözlenmemiştir. Ergin ömür uzunluğu kontrolde 9.0 gün iken, bu değer 50, 100, 150 ve 200 Gy dozlarda sırası ile 5.0, 5.0, 5.6 ve 7.6 gün olarak hesaplanmıştır. Tunçbilek (1997) tarafından 125 Gy gama radyasyonuna maruz kalan *Oryzophilus surinamensis* L. (Coleoptera) erginlerinin yumurta bırakmadan tamamen öldüğü belirlenmiştir. Başka bir araştırmacıya göre; *Amorbia emigratella* Busk (Lep.: Tortricidae)'da gelişme dönemi ve yaş artışına bağlı olarak erken ve geç dönem larvalarda radyasyona tolerans artmış, 90 Gy dozda ışınlanan neonat ve erken larvalarda ergin çıkışı olmamıştır. 150 Gy dozda ışınlanan geç dönem larva ve pupalarda ergin çıkışı görülmemiştir. Işınlanmış geç dönem larvalardan elde edilen döllerde yumurtaların açılması 120 Gy'de gözlenmemiştir. Işınlanmış ve normal (ışınlanmamış) kelebeklerin resiprokal çaprazlamalarında erkeklerin dişilerden daha toleranslı olduğu ve normal (ışınlanmamış) erkekler, 90 Gy'de ışınlanan dişiler ile çiftleştiğinde yumurta veriminin %20-25 azaldığı saptanmıştır (Follet, 2004; 2006 ve 2008).

0, 50, 100, 150 ve 200 Gy dozlarda ışınlanan *S. nonagrioides* larva (beşinci dönem), pupa (beş günlük) ve ergin (bir günlük dişi ve erkek) bireylerinde; toplam protein, karbohidrat, lipit miktarları ve yüzde değerleri açısından değerlendirilmiştir. Işınlanan larvalarda birey başına düşen toplam protein miktarı kontrolde 1.45 mg, 50,100, 150 ve 200 Gy'de ise sırası ile 1.64, 1.48, 1.86 ve 1.61 mg; yüzde protein değerleri kontrolde 0.52 iken, 50, 100, 150 ve 200 Gy'de sırası ile 0.55, 0.53, 0.78 ve 0.55 olarak hesaplanmıştır. Karbohidrat miktarı kontrolde 0.32 mg; 50, 100, 150 ve 200 Gy'de sırası ile 0.32, 0.34, 0.39 ve 0.34 mg ve yüzde değeri kontrolde 0.11 iken, 50 Gy'de 0.10, 100 Gy'de 0.12, 150 Gy'de

0.16 ve 200 Gy'de 0.11 kaydedilmiştir. Toplam lipit miktarı ise kontrolde 0.55 mg iken, 50, 100, 150 ve 200 Gy'de değerler sırası ile 0.55, 0.60, 0.71 ve 0.58 mg olmuş ve yüzde lipit değerleri ise; kontrolde % 0.19, 50 Gy'de %0.18, 100 Gy'de %0.21, 150 Gy'de %0.30 ve 200 Gy'de %0.20 olarak belirlenmiştir. Boz (2006)'a göre *Venturia canescens* (Gravenhorst) (Hymenoptera: Ichneumonidae) tarafından parazitlenen un güvesi *Ephestia kuehniella* (Zeller) (Lepidoptera: Pyralidae) larvalarının hemolenfindeki total protein, lipit ve karbohidrat miktarının zamana ve sıcaklığa bağlı olarak değiştiği ve özellikle toplam protein miktarında artışlar olmuştur. Başka bir çalışmada; cypermethrin'in *Pimpla turionellae* L. (Lepidoptera: Pyralidae)'nın larva evresinde lipit ve protein miktarını, ergin evresinde glikojen seviyesini önemli oranda azalttığı saptanmıştır (Sak, 2004).

0-200 Gy arasında farklı dozlarda ışınlanan pupalarda birey başına düşen toplam protein miktarı kontrolde 1.28 mg; 50, 100, 150 ve 200 Gy'de sırası ile 2.35, 2.21, 2.74 ve 2.54 mg ve yüzde protein değeri kontrolde %0.37; 50 Gy'de %1.14, 100 Gy'de %1.09, 150 Gy'de %1.35 ve 200 Gy'de %1.16 olarak hesaplanmıştır. Birey başına düşen toplam karbohidrat miktarı kontrolde 0.28 mg iken; 50, 100, 150 ve 200 Gy'deki değerler ise sırası ile 0.31, 0.46, 0.45 ve 0.28 mg ve yüzde karbohidrat değerleri kontrolde %0.08; 50 Gy'de %0.15, 100 Gy'de %0.22, 150 Gy'de %0.22 ve 200 Gy'de ise; %0.12 olmuştur. Toplam lipit miktarı kontrolde 0.46 mg; 50 Gy'de 0.71, 100 Gy'de 0.72, 150 Gy'de 0.75 ve 200 Gy'de 0.72 mg ve kontrolde yüzde değer %0.13 iken; 50, 100, 150 ve 200 Gy'de değerler sırası ile %0.34, %0.35, %0.37 ve %0.33 olarak kaydedilmiştir. Nestel ve ark. (2004)'na göre diyetlerine farklı oranlarda sakkaroz ve amino asit katılan Akdeniz meyve sineği (*Ceratitis capitata*)'nin pupaya giren larvaların gelişim dönemine bu maddelerin az etkili olduğu, lipit ve protein rezervlerinin kullanılmasını ise tetiklediği, ayrıca; pupadan çıkan erginlerde lipit ve protein seviyelerinin değiştiği saptanmıştır. Diyetle amino asit manuplasyonları pupaya giren larvaların lipit seviyelerinde değişimlere neden olmazken, yeni çıkan erginlerde ise; lipit ve protein seviyelerine aynı şekilde etkide bulunmamıştır. *Solenopsis invicta*'nın ergin ve pupa evresinde amino asit, total protein ve karbohidrat konsantrasyonlarının, her iki eşey arasında total proteinin orantılı olarak azalttığı, ayrıca; dişi bireylerde total karbohidrat miktarının %19,6 iken, erkeklerde bu oranın %7,66'ya düştüğü ve benzer durumların da total protein oranları için geçerli olduğu saptanmıştır (Consoli ve Vinson, 2002).

S. nonagrioides'in 0-200 Gy arasında farklı dozlarla ışınlanan bir günlük dişi bireylerinde toplam protein miktarları kontrolde 2.39 mg; 50 Gy'de 1.61, 100 Gy'de 1.13, 150 Gy'de 3.05 ve 200 Gy'de ise 7.30 mg ve yüzde protein miktarı 50, 100, 150 ve 200 Gy dozlarında değerler sırası ile %0.48, %0.23, %1.74 ve %9.7 kontrolde ise; %1.07 olmuştur.

Karbohidrat miktarı kontrolde 0.44 mg iken; 50 Gy'de 0.32, 100 Gy'de 0.19, 150 Gy'de 0.54 ve 200 Gy'de 1.21 mg ve kontrol gurubunda yüzde değer 0.19 iken, 50 Gy'de %0.09, 100 Gy'de %0.03, 150 Gy'de %0.30 ve 200 Gy'de %1.61 olarak saptanmıştır. Işınlanan dişi bireylerde lipit miktarı kontrolde 0.79 mg iken; 50, 100, 150 ve 200 Gy'de elde edilen değerler sırası ile 0.54, 0.36, 0.92 ve 2.07 mg ve kontrol gurubunda yüzde değer 0.35 iken, 50 Gy'de %0.16, 100 Gy'de %0.07, 150 Gy'de %0.52 ve 200 Gy'de ise; %2.76 olarak değerlendirilmiştir. Özalp ve Emre (1998)'ye göre, *Pimpla turionellae* L.'nin ergin dişilerinde ksiloz, riboz ve ramnoz total glikojen miktarını önemli derecede düşürürken; arabinoz, fruktoz, galaktoz ve glikoz pek fazla etkilememiştir. Ksiloz, ergin dişilerin protein miktarını artırırken, glikoz ise; tersine azaltmış ve diğer karbohidrat çeşitleri protein oranına herhangi bir etki sağlamamıştır. Yine başka bir çalışmada; *Pimpla turionellae*'nin ergin dişilerinde glikojen oranının beslenmeye bağlı olarak arttığı; açlık, yaşlanma ve parazitleme durumunda ise; azaldığı saptanmıştır. Ayrıca; glikojen seviyesi ve parazitoit tarafından bırakılan yumurta sayısında da doğru bir orantının olduğu gözlenmiştir (Şeker ve Yanıkoğlu,1999).

0, 50, 100, 150 ve 200 Gy dozlarında ışınlanan *S. nonagrioides*'in bir günlük erkek bireylerinde toplam protein, karbohidrat, lipit miktar ve yüzdeleri bakımından değerlendirilmiş; toplam protein miktarı kontrolde 3.21 mg iken; 50, 100, 150 ve 200 Gy değerler sırası ile 3.07, 2.79, 2.34 ve 3.13 mg ve kontrol gurubunda yüzde değer 2.11 iken; 50 Gy'de %1.77, 100 Gy'de %1.50, 150 Gy'de %1.08 ve 200 Gy'de ise % 1.95 olarak belirlenmiştir. Toplam karbohidrat miktarı kontrolde 0.66 mg iken; 50 Gy'de 0.52, 100 Gy'de 0.49, 150 Gy'de 0.43 ve 200 Gy'de 0.54 mg ve yüzde değer kontrolde % 0.43; 50, 100, 150 ve 250 Gy'de hesaplanan değerler ise sırası ile %0.30, %0.26, %0.19 ve %0.33 olmuştur. Lipit miktarı kontrolde 1.10 mg; 50, 100, 150 ve 200 Gy'de ise sırası ile 0.92, 0.89, 0.76 ve 0.96 mg ve kontrolde yüzde değer 0.72; 50 Gy'de %0.53, 100 Gy'de %0.47, 150 Gy'de %0.35 ve 200 Gy'de %0.60 olarak kaydedilmiştir. Kayış (2005)'a göre farklı kadmiyum dozları *Pimpla turionella* L.'nin erkek bireylerinde protein miktarına etkide bulunmazken, dişilerde ise azalmasına neden olmuş, ayrıca; glikojen miktarı kadmiyuma maruz kalma süresinin artışına bağlı olarak düşüş göstermiş ve dişilerde de aynı şekilde 20. ve 25. günlerde kadmiyum derişiminin artmasına bağlı olarak glikojen miktarında azalmalar gözlenmiştir. Başka bir çalışmada; 20°C sıcaklıkta tutulan erkek ve dişi *Acanthoscelides abtectus* Say (Coleoptera: Bruchiidae) erginlerinde toplam karbohidrat ve protein miktarında azalmalar, 30°C ve bunun üzerindeki sıcaklıklarda karbohidrat ve protein miktarında önemli derecede artışlar olmuştur (Sönmez, 2003).

0, 50, 100, 150 ve 200 Gy farklı dozlarda X-ışını ile ışınlanmış *S. nonagrioides*'in beşinci dönem larvalarında komet uzunluğu kontrol gurubunda 39.81 µm, 50 Gy'de 72.10 µm, 100 Gy'de 94.14 µm, 150 Gy'de 104.09 µm ve 200 Gy'de 120.00 µm ölçülmüştür. Kuyruk uzunluğu kontrolde 24.58 µm, 50 Gy'de 45.91 µm, 100 Gy'de 73.37 µm, 150 Gy'de 85.28 µm ve 200 Gy'de 99.74 µm; kuyruk momenti oluşumu yine kontrolde 14.05, 50 Gy'de 28.48, 100 Gy'de 56.37 µm, 150 Gy'de 71.08 µm ve 200 Gy'de 82.66 µm olmuştur. Komet ve kuyruk uzunluğu, kuyruk momenti değerleri doz yükselişine bağlı olarak önemli seviyede artışlar saptanmıştır. Todoriki ve ark. (2006)'na göre radyasyona maruz kalan *Curculio sikkimensis*'in olgun larvalarında DNA hasarı oldukça yüksektir ve dolayısıyla zararlıya karşı mücadelede bu deneyler perspektif öneme sahiptir. Başka bir çalışmada; gama radyasyonun etkisi sonucu *Ephestia kuehniella* (Lep.: Pyralidae) larvalarının hemolenfinde DNA'nın parçalara ayrıldığı ve bir daha onarılmadığı tespit edilmiştir (Tunçbilek ve ark., 2011).

S. nonagrioides'in beş günlük pupaları 0, 50, 100, 150 ve 200 Gy X-ışınına maruz bırakılmış ve vücut hücrelerinin DNA'sında oluşan hasar ölçüleri şöyle değerlendirilmiştir. Komet uzunluğu kontrol gurubunda 38.32 µm, 50 Gy'de 64.18 µm, 100 Gy'de 78.20 µm, 150 Gy'de 100.12 µm ve 200 Gy'de 120.00 µm olarak hesaplanmıştır. Kuyruk uzunluğu kontrolde 20.30 µm, 50 Gy'de 38.75 µm, 100 Gy'de 54.82 µm, 150 Gy'de 80.86 µm ve 200 Gy'de 96.09 µm olmuştur. Kuyruk momenti oluşumu ise; kontrolde 10.13 µm, 50 Gy'de 20.88 µm, 100 Gy'de 37.32 µm, 150 Gy'de 66.27 µm ve 200 Gy'de 72.50 µm ölçülmüştür. Komet ve kuyruk uzunlukları, kuyruk momenti değerleri doz artışına bağlı olarak önemli ölçüde artış sağlamıştır. Başka bir çalışmada; *Lasioderma serricornis*'ye karşı 1 kGy gama radyasyonu uygulandıktan hemen sonra ve yedi gün boyunca DNA'sında ciddi kırıklar gözlenmiş ve fakat zamana bağlı olarak bu hasarlar onarılmıştır (Kameya ve ark., 2012).

S. nonagrioides'in bir günlük erginleri 0, 50, 100, 150 ve 200 Gy X-ışını ile ışlandıktan sonra komet uzunluğu kontrol gurubunda 59.50 µm, 50 Gy'de 87.51 µm, 100 Gy'de 108.52 µm, 150 Gy'de 115.242 µm ve 200 Gy'de 129.44 µm ölçülmüştür. Kuyruk uzunluğu kontrolde 33.74 µm, 50 Gy'de 61.86 µm, 100 Gy'de 84.11 µm, 150 Gy'de 95.38 µm ve 200 Gy'de 111.47 µm, kuyruk momenti oluşumu ise; yine kontrolde 20.18 µm, 50 Gy'de 42.89 µm, 100 Gy'de 65.42 µm, 150 Gy'de 77.12 µm ve 200 Gy'de 95.42 µm hesaplanmıştır. Komet ve kuyruk uzunlukları, kuyruk momenti değerlerindeki rakamlar doza bağlı olarak önemli artışlar göstermiştir. Hasan ve ark. (2012), gama radyasyonunun *Sitophilus zeamias* Motschulsky (Coleoptera. Curculionidae)'ın bir ve onbeş günlük ergin bireylerinde tipik DNA kırılmalarına sebep olduğu, ayrıca; kuyruk uzunluğu, kuyruk DNA yüzdesi vs. parametrelerde artışlar sağladığını belirtmişlerdir. Başka bir araştırmacı;

Spodoptera litura (F.) (Lepidoptera: Noctuidae) erginlerine 30-250 Gy farklı dozlarda direkt elektron radyasyon uyguladıktan hemen sonra hücrelerinde ciddi hasarların oluştuğu, düşük dozlarda bu hasarların tamir edildiği 100 Gy ve üzeri dozlarda ise tamamen onarılmadığını belirtmektedir (Yun ve ark., 2014).

Deneylerimizde DNA hasarlarının en fazla erginlerde, en az ise; pupalarda oluştuğu gözlenmiştir. Bu da pupaların X-ışınlarına karşı daha dirençli olduğu ihtimalini ortaya koymaktadır. Nitekim bazı araştırmacılar tarafından farklı böcek türleri üzerinde yürütülen çalışmalarda böcek pupalarının radyasyonlara daha dirençli olduğunu bildirmektedir (Ahmed, 2001).

Sonuç olarak; yumurta evresinde X-ışınına maruz kalmış *S. nonagrioides*'in tüm deney guruplarında (50-200 Gy) her ne kadar embriyonik gelişim olsa da, sonraki günlerde açılmadığı; belirtilen dozlarda ışınlanan larvalarda ölüm oranının %88.75- %99.37 arasında değiştiği, sağ kalanlarda gelişim süresinin 5-13 gün uzadığı (50 ve 200 Gy), oluşan pupalarda deformasyon oranının %33.33-%100 arasında değiştiği ve uçuşan kelebeklerde yumurta koyma olayı kaydedilmemiştir. Ayrıca; pupa evresinin yukarıda belirtilen dozlarda ışınlanması sonucu erginlerin çıkışının %4.16-%36.66 azaldığı, yumurta veriminin ise tamamen önlendiği saptanmıştır. Ergin evrede; radyasyon maruziyeti sonucu dişilerin yumurta verimi %10.53-%47.12 arasında azaldığı ve ömür uzunluğunda ise etkide bulunmadığı belirlenmiştir. Ayrıca; dişilere nazaran erkeklerde kısırılığa daha fazla yol açmaktadır. Farklı dozda radyasyona (50-200 Gy arası) maruz bırakılan *S. nonagrioides*'in larvalarında biyokimyasal yapısının temelini oluşturan karbohidrat, lipit ve protein değerlerini artırmış, örneğin; karbohidrat %179.48, protein %22.84 ve lipit ise %22.53 yükseltmiştir. X-ışınına maruz kalan pupalarda sırası ile %39.13, %53.28, %38.66; ergin bireylerde ise %63.63, %67.26, %61.83 (dişiler) artışlar ve %53.48, %37.17, %44.73 (erkekler) düşüşler kaydedilmiştir. Farklı dozlarda (50-200 Gy) X-ışınına maruz bırakılmış *S. nonagrioides* larvalarda komet uzunluğu %66.82, kuyruk uzunluğu %75.35 ve kuyruk momenti %82.27; pupalarda sırası ile %68.06, %78.87 ve %86.02; erginlerde ise %54.03, %69.73 ve %78.85 oranında artışlar saptanmıştır. Dolayısıyla; *S. nonagrioides*'in yumurta evresinde 50 Gy, larva ve ergin döneminde 100 Gy, pupa evresinde ise 150 Gy X-ışınının kullanılmasının uygun olabileceği kanısındayız.

KAYNAKLAR

- Abdel Baki, S.M., Al Khalaf, A.A. 2011. The effect of gamma irradiation on the ovaries and testes of *Plodia interpunctella* (Phycitidae: Lepidoptera). *Journal of Agricultural Biotechnology and Sustainable Development*, 3(6): 105-107.
- Abdel-Kader, M., El-Nozahy, A.M., Ahmed, S.M.S., Khalifa, I.A. 2007. Biochemical studies of the effect two laser radiation wavelenghts on the khapra beetle *Trogoderma granarium* Everts (Coleoptera: Dermestidae). *AIP Conference Proceedings*, 888: 225-230.
- Abdul Razak, T., Sivasubramanian, P. 2007. Effect of Three Botanical Oils on Carbohydrate Content in *Cheilomenes sexmaculata* Fabricius and *Chrysoperla carnea* Stephens. *Asian Journal of Biochemistry*, 2 (2): 124-129.
- Ahmed, M., 2001. Disinfestation of Stored Grains, Pulses, Dried Fruits and Nuts, and other Dried Foods. Chapter 4. In: Food Irradiation. (Editörler: Molins, R., John Wiley), Sons, Inc., Canada, 77-112.
- Aksoy, H.M. 2006. Toprak Kökenli Fungal Patojenlerin Fluoresan Pseudomonadlarla Biyolojik Mücadelesi. *Ondokuz Mayıs Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 21(3): 364-369.
- Alberts, B., Jonson, A., Lewis, J., Raff, M., Roberts, K., Watson, J.D. 2002. Molecular Biology of the Cell, Fourth Edition. Garland Science, New York, 1500s.
- Al Khalaf, A.A., Abdel Baki, S.M. 2013. Gamma irradiation effects of larvae of the rice moth, *Corcyra cephalonica* (Staint) (Lepidoptera: Pyralidae). *Journal of Entomology and Nematology*, 5(4): 45-49.
- Allingh, A., Gramajo, C., Willink, E., Vilardi, J. 2007. Induction of sterility in *Anastrepha fraterculus* (Diptera: Tephritidae) by gamma radiation. *Florida Entomologist*, 90(1): 96-102.
- Anwar, M., Chambers, D.L., Ohinata, K., Kobayashi, R.M. 1971. Radiation-Sterilization of the Mediterranean fruit fly (Diptera: Tephritidae): Comparison of Spermatogenesis in Flies Treated as Pupae or Adults. *Ann. Entomol. Soc. Am.*, 64:627-633.
- Arıoğlu, H. 2008. Mısır üretiminin Türkiye tarımı açısından önemi. Çukurova Üniversitesi Ziraat Fakültesi. Adana, 27s.
- Arthur, V., Arthur, P.B., Franco, S.S.H., Silva, L.C.A.S., Mach,i A.R., Harder, M.N.C. 2013. Effects of gamma radiation on larvae of *Spodoptera fugiperda* (Smith, 1797) (Lepidoptera: Noctuidae). International Nuclear Atlantic Conference-INAC, 24-29 November, Recife, PE, Brazil, (Özet).
- Aten, J.A., Stap, J., Krawczyk, P.M., Van Oven, C.H., Hoebe, R.A. 2004. Dynamics of DNA Double-Strand Breaks Revealed by Clustering of Damaged Chromosome Domains. *Science*, 92-95.

- Augustyniak, M., Juchimiuk, J., Przybylowicz, W.J., Mesjasz-Przybylowicz, J., Babczyńska, A., Migula, P. 2006. Zinc-induced DNA Damage and the Distribution of Metals in the Brain of Grasshoppers by the Comet Assay and Micro-PIXE. *Comparative Biochemistry and Physiology, Part C*, 144: 242-251.
- Aye, T.T., Shim, J.K., Ha, D.M., Kwon, J.H. 2008. Effects of gamma irradiation on the development and reproduction of *Plodia interpunctella* (Hubner) (Lepidoptera: Pyralidae). *Journal of Stored Products Research*, 44(1): 77-81.
- Ayvaz, A. 2001. Un Güvesi *Ephesita kuehniella* Zeller (Lepidoptera: Pyralidae) ve Yumurta Paraziti *Trichogramma evanescens* Westwood (Hymenoptera: Trichogrammatidae)'in Bazı Biyolojik Özellikleri Üzerine Gamma Radyasyonun Etkileri. Doktora Tezi. Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü. Ankara. 172s.
- Ayvaz, A., Karabörklü, S., Tunçbilek, A.Ş. 2007. Yumurta parazitoidi *Trichogramma evanescens* (Hymenoptera: Trichogrammatidae)'nın yaşam evrelerinin gama radyasyonuna karşı duyarlılıkları. *Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 23(1-2): 61-67.
- Azelmat, K., Sayah, F., Mouhib, M., Ghailani, N., Elgarrouj, D. 2005. Effects of gama irradiation on fourth-instar *Plodia interpunctella* (Hubner) (Lepidoptera: Pyralidae). *Journal of Stored Products Research*, 41(4): 423-431.
- Bakri, A., Heather, N., Hendrichs, J., Ferris, I. 2005a. 'Fifty Years of Radiation Biology in Entomology: Lessons Learned from IDIDAS'. *Annals of the Entomological Society of America*, 98: 1-12.
- Bakri, A., Mehta, K., Lance, D.R. 2005b. 'Sterilizing Insects with Ionizing Radiation', in *Sterile Insect Technique -Principles and Practice in Area-Wide Integrated Pest Management* (Editörler: Dyck, V.A., Hendrichs, J. and Robinson, A.S.). Springer, Dordrecht, Netherlands. pp. 233-268.
- Başhan, M., 1996. Effects of Various Diets on the Total Lipid Compositions of the Black Cricket *Melanogryuus desertus* Pall.. *Tr. J. of Zoology*, 20: 375-379.
- Başhan, M., Çelik, Ş., 1995. Linoleic Acid Biosynthesis in the Black Cricket *Melanogryuus desertus* Pall.. *Tr. J. of Biology*, 19: 391-395.
- Bhattacharya, A., Chakrabarty, S., Kaliwal, B.B. 2011. The Effect of Indole-3-Butyric Acid (IBA), Indole-3-Pyruvic Acid (IPA) and Their Synergetic Effects on Biochmeical Contents on the Silkworm, *Bombyx mori*. *Research In Pharmaceutical Biotechnology*, 3 (8) : 111-117.
- Bloem, K.A., Bloem, S. 2000. SIT for Codling Moth Eradication in British Columbia, Canada, pp. 207–214. In K. H. Tan (ed.), *Proceedings: Area-Wide Control of Fruit Flies and Other Insect Pests. International Conference on Area-Wide Control of Insect Pests, and the 5th International Symposium on Fruit Flies of Economic Importance, 28 May–5 June 1998, Penang, Malaysia. Penerbit Universiti Sains Malaysia, Pulau Pinang, Malaysia.*

- Bloem, S., Carpenter J., Dorn, S. 2006. Mobility of mass-reared diapaused and nondiapaused *Cydia pomonella* (Lepidoptera: Tortricidae): effect of mating status and treatment with gamma radiation. *Journal of Economic Entomology*, 99(3): 699-706.
- Bloem, S., Carpenter J.E., Hofmeyr, J.H. 2003. Radiation biology and inherited sterility in false codling moth (Lepidoptera: Tortricidae). *Journal of Economic Entomology*, 96(6): 1724-1731.
- Bloem, S., Carpenter, J., Bloem, K., Tomlin, I., Taggart, S. 2004. Effect of rearing strategy and gamma radiation on field competitiveness of mass-reared codling moths (Lepidoptera: Tortricidae). *Journal of Economic Entomology*, 97(6): 1891-8.
- Boshra, S.A., Mikhail, A.A. 2006. Effect of gamma irradiation on pupal stages of *Ephestia calidella* (Guenee). *Journal of Stored Products Research*, 42(4): 457-467.
- Boudaiffa, B., Hunting, D., Cloutier, P., Huels, M.A., Sanche, L. 2000. Induction of Single – and-Double-Strand Breaks in Plasmid DNA by 100-1500 eV Electrons. *Int. J. Radiat. Biol.*, 9: 1209-21.
- Boz, A. 2006. Parazitoit *Venturia canecens* (Gravenhorst) (Hymenoptera: Ichneumonidae) ile Parazitlenen, Konak *Ephestia kuehniella* (Zeller) (Lepidoptera: Pyralidae) Larvalarının Hemolenfindeki Toplam Protein, Lipit ve Karbohidrat Miktarı Üzerine Parazitlenme Sonrası Geçen Süre ve Sıcaklığın Etkileri. Yüksek Lisans Tezi. Ondokuz Mayıs Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü. Samsun. 40s.
- Boz, A., Gülel, A. 2012. *Ephestia kuehniella* Zeller (Lepidoptera: Pyralidae) Larvalarının Hemolenfindeki Toplam Protein, Lipit ve Karbohidrat Miktarlarına Parazitlenme Sonrası Geçen Süre ve Sıcaklığın Etkisi. *Türkiye Entomoloji Dergisi*, 36 (2): 239-247.
- Bryant, P.E. 2004. Repair and Chromosomal Damage. *Radiother Oncol.*, 72: 251-256.
- Büyükgüzel, K. 2002. Effects of Some Antimicrobial Agents on the Total Protein Content of the Endoparasitoid *Pimpla turionellae* L. (Hym.: Ichneumonidae). *Turk. J. Zool.*, 26: 101-109.
- Cagnotti, C.L., Viscarret, M.M., Riquelma, M.B., Botto, E.N., Carabajal, L.Z., Segura, D. F., López, S.N. 2012. Effects of X-rays on *Tuta absoluta* for Use in Inherited Sterility Programmes. *J. Pest. Sci.*, 85(4): 413-421.
- Candy, D.J., Becker, A., Wegener, G. 1997. Coordination and Integration of Metabolism in Insect Flight. *Comparative Biochemistry and Physiology Part B: Biochemistry and Molecular Biology*, 117(4): 497-512.
- Candy, D.J., Kilby, B.A., 1975. *Insect Biochemistry and Function* Chapman and Hall, London. 307 s.
- Cangussu, J.A., Zucoloto, F.S., 1997. Effect of Protein Sources on Fecundity, Food Acceptance and Sexual Choice by *Ceratitis capitata* (Diptera, Tephritidae). *Rev. Bras. Biol.*, 5: 611-618.

- Carpenter, J.E. 1997. 'Development and Integration of Alternative Management Strategies Using Inherited Sterility and Natural Enemies to Control Lepidopteran Pests', Report for IAEA Consultants Group on Use of Nuclear Techniques in Biological Control. No. 314-D4-97CT02288 IAEA Vienna, Austria, 89 s.
- Carpenter, J.E. 2000. 'Area-wide Integration of Lepidopteran F1 Sterility and Augmentative Biological Control', in Area-wide Control of Fruit Flies and other Insect Pests (Editör: Tan, K.H.). Penerbit Universiti Sains Penang, Malaysia, pp. 193-200.
- Carpenter, J.E., Bloem, S., Marec, F. 2005. 'Inherited Sterility in Insects', in Sterile Insect Technique Principles and Practice in Area-Wide Integrated Pest Management (Editörler: Dyck, V.A., Hendrichs, J. and Robinson, A.S.). Springer, Dordrecht Netherlands, pp 115-146.
- CEN, 2001. EN 13784 Foodstuffs – DNA comet assay for the detection of irradiated foodstuffs – screening method. European Committee for Standardization, Brussels, 121s.
- Cerit, İ., Güllü, M., Sarihan, H., Kanat, A. D., Türkay, M. A., Uçak, A. B. 2006. Mısırkurdu (*Ostrinia nubilalis* Hübner) (Lepidoptera: Crambidae) ve Mısır Koçankurdu (*Sesamia nonagrioides* Lefebvre) (Lepidoptera: Noctuidae) 'na Dayanıklılı Transgenik Mısır Çeşidi Pioneer 33P67 (MON 810) *Bt*' nin Alan Denemesi. Projesi sonuç raporu, Adana, 78s.
- Chang, C.L., 2004. Effect of Amino Acids on Larvae and Adults of *Ceratitis capitata* (Diptera:Tephritidae). *Ann. Entomol. Soc. Am.*, 9(3): 529-535.
- Chen, P. S., 1985. 'Amino Acid and Protein Metabolism', in Comprehensive Insect Physiology, Biochemistry and Pharmacology (Editörler: Kerkut, G.A. and Gilbert, L.I.). Pergamon press, Vol. 10, pp. 177–219.
- Consoli, F.L., Vinson, S. B. 2002. Hemolymph of Reproductives of *Solenopsis invicta* (Hymenoptera: Formicidae) Amino Acids, Proteins and Sugars. *Comparative Biochem. Physiol.*, B132: 711-719.
- Cucinotta, F.A., Nikjoo, H., O'Neill, P., Goodhead, D.T. 2000. Kinetics of DSB Rejoinig and Formation of Simple Chromosome Exchange Aberrations. *Int. J. Radiat. Biol. Relat. Stud. Phys. Chem. Med.*, 76: 1463-1474.
- Çanakcioğlu, N. 2010. Un Güvesi, *Ephestia kuehniella* ve Kuru Meyve Güvesi, *Plodia interpunctella*'nın Sitogenetik Olarak Karşılaştırılması. Yüksek Lisans Tezi. Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü. Kayseri. 45s.
- Çoşkun, M. 2008. Besin Bileşenlerinin *Pimpla turionellae* L. Erginlerinin Eşey Oranı ile Total Protein ve Glikojen Miktarı Üzerine Nicel ve Nitel Etkileri. Doktora Tezi. Çukurova Üniverstesi Fen Bilimleri Enstitüsü. Adana. 75s.
- Dadd, R.H. 1973. Insect Nutrition Current Developments and Metabolic Implication. *Ann. Rev. Ent.*, 18: 381-420.

- Dadd, R.H., 1985. Nutrition: Organisms, in Comprehensive Insect Physiology, Biochemistry and Pharmacology (Editörler: Kerkut, G.A. and Gilbert, L.I.) Pergamon Press, 8: 313-390.
- Daşdağ, S., Çelik, S., 1990. Mikrodalgaların biyolojik etkileri ve güvenlik standartları. Çevre Sorunlarının Boyutları "90" Sempozyumu, 22-23 Mart, Diyarbakır, 13 s.
- Dhouibi, M. H., Abderahmane, C.T. 1998. The effect of substerilizing doses of gamma radiation on the pupae of the carob moth *Ectomyelois ceratoniae* (Lepidoptera: Pyralidae), Evaluation of Lepidoptera population suppression by radiation induced sterility proceedings of a final research co-ordination meeting organized by the joint FAO/IAEA division of nuclear techniques in food and agriculture and held in Penang, Malaysia, 28 May-2 June, s. 43-48.
- Dua, V.K., Kumar, A., Pandey, A.C., Kumar, S. 2013. Insecticidal and Genotoxic Activity of *Psoralea corylifolia* Linn. (Fabaceae) Against *Culex quinquefascia* Say., 1823. *Parasites & Vectors*, 6: 30.
- Dunnen, J.T., Antonarakis, S.E. 2000. Mutation nomenclature extension and suggestions to describe complex mutations. *Hum. Mutat.*, 15: 7-12.
- Dura, M.S. 2011. Farklı Sentetik ve Doğal Besin Bileşenlerinin *Galleria mellonella* (L.) (Lepidoptera:Pyralidae) Larvalarının Gelişme ve Protein Sentezine Etkileri. Yüksek Lisans Tezi. Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü. Adana. 31s.
- Dursun, O. 2009. DDVP'nin (Dichlorvos) Sublethal Dozlarının *Galleria mellonella* L.'nin Protein, Lipit ve Karbohidrat Düzeyine Etkileri. Yüksek Lisans Tezi. Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü. Adana. 30s.
- Dyck, V. A., Hendrichs, J., Robinson, A. S. 2005. 'Sterile Insect Technique', in Principles and Practice in Area-Wide Integrated Pest Management. Springer, Dordrecht Netherlands, 787 s.
- Ekebaş, S., Çakır, S., Ertuğrul, O., Kence, A., 2000. The Detection of Mutagenic Activity of Some Chemicals (Azamethypos, Dichlorvos, Methyl parathion, Aflatoxin B1) by the SMART Test in *Drosophila melanogaster*. *Turk. J. Vet. Anim. Sci.*, 24,(6): 563-569.
- Emre, İ., Yazgan, Ş., 1990. Besin Bileşenlerinin *Pimpla turionellae* L. (Hymenoptera: Ichneumonidae)'nin Üremesi Üzerine Etkileri. *Doğa-Tr. J. of Biology*, 14: 96-104.
- Enkerlin, W., Mumford, J.D. 1997. Economic Evaluation of Three Alternative Control Methods of the Mediterranean Fruit Fly (Diptera: Tephritidae) in Israel, Palestine and Jordan. *Journal of Economic Entomology*, 90: 1066–1072.
- Fantinou, A.A., Karandinos, M.C., Tsitsipis, J.A. 1995. Diapause Induction in the *Sesamia nonagrioides* (Lepidoptera: Noctuidae) Effect of Photoperiod and Temperature. *Environ. Entomol.*, 24 (6): 1458-1466.
- FAO (Food and Agriculture Organization). 2003. Guidelines for the use of irradiation as a phytosanitary measure. International Plant Protection Convention, ISPM No. 18, Rome, Italy, 138s.

- Faruki S.I., Das, D.R., Khan A.R., Khatun, M. 2007. Effects of ultraviolet (254 nm) irradiation on egg hatching and adult emergence of the flour beetles, *Tribolium castaneum*, *Tribolium confusum* and the almond moth, *Cadra cautella*. *Journal of Insect Science*, 7(36): 6 s.
- Feldmann, U., Jannin, J. 2001. Tsetse Fly Free Zones for Disease Prevention and Poverty Reduction. *Sustainable Development International*, 4: 159–166.
- Ferro, M.I.T., Zucoloto, F.S., 1990. Effects of the Quantity of Dietary Amino Acids on Egg Production and Layings by *Ceratitidis capitata* (Diptera: Tephritidae). *Brasilian J. Med. Biol. Res.*, 23: 525-532.
- Follet, P.A. 2004. Irradiation to Control Insects in Fruits and Vegetables for Export From Hawaii. *Radiation Physics and Chemistry*, 71: 161-164.
- Follet, P.A. 2006. Irradiation as a Methyl Bromide Alternative for Posrtharvest Control of *Omphisa anastomosalis* (Lepidoptera: Pyralidae) and *Euscepes postfasciatus* ve *Cylas formicarius* (Coleoptera: Curculionidae) in Sweet Potatoes. *J. Econ. Entomol.*, 99 (1): 32-37.
- Follet, P.A. 2008. Effects of Irradiation on Mexican Leafroller (Lepidoptera: Tortricidae) Development and Reproduction. *J. Econ. Entomol.*, 101 (3): 710-715.
- Food & Agriculture Organization of the United Nations, International Atomic Energy Agency, U.S. Department of Agriculture (FAO/IAEA/USDA). 2003. Manual for Product Quality Control and Shipping Procedures for Sterile Mass-Reared Tephritid Fruit Flies. Version 5.0, Vienna, Austria: International Atomic Energy Agency, URL (erişim tarihi:13.10.2012), www.iaea.org/programmes/nafa/d4/index-tephritid.html
- Gao, M., Wang, C., Li, S., Zhang, S. 2004. Irradiation as a phytosanitary treatment for *Trogoderma granarium* and *Callosobruchus chiensis* L. in food and agricultural products “Irradiation as a phytosanitary treatment of food and agricultural commodities” printed by the IAEA in Vienna Austria,75-85.
- Girigoswami, B.K., Ghosh, R. 2005. Response to Gamma İrradiation in V79 Cells Conditioned by Repeated Treatment with Low Doses of Hydrogen Peroxide. *Radiat. Environ. Biophys.*, 44:131-137.
- Giron, D., Casas, J., 2003. Lipogenesis in Adult Parasitic Wasp. *J. Insect. Physiol.*, 49: 141-147.
- Goodhead, D.T. 1994. Initial Events in the Cellular Effects of Ionizing Radiations: Clustured Damage in DNA. *Int. J. Radiat. Biol.*, 65: 7-17.
- Greany, P.D., Carpenter, J.E. 2000. ‘Use of Nuclear Techniques in Biological Control’, in Area-wide Control of Fruit Flies and other Insect Pests (Editör: Tan, K.H.) Penerbit Universiti Sains Malaysia, Penang, pp. 221-227.
- Gündüz, E.A., Gülel, A. 2010. Protein, Lipid and Glycogen Levels in the Parasitoid *Bracon hebetor* Say (Hymenoptera: Braconidae). *Turk. J. Zool.*, 34: 243-248.

- Güngör, N., 1991. Sağlık Fiziği. İ.T.Ü. Matbaası, İstanbul, 125 s.
- Hacıoğlu, Ö. S. 2009. Konağa Verilen 5-Aza-dC'nin Parazitoit *Apanteles galleriae* Wilkinson (Hymenoptera: Braconidae)'ın Toplam Lipit ve Yağ Asidi Miktarlarına Etkileri. Yüksek Lisans Tezi. Balıkesir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü. Balıkesir. 42s.
- Haiba, I.M., Abd-El Aziz, M.F. 2008. Biochemical effects of potato irradiation on potato tuber moth, *Phthorimaea operculella* Zeller (Lepidoptera-Gelechiidae). *Egypt. Acad. J. Biolog. Sci.*, 1(2): 1-11.
- Hall, E.J. 2000. Radiobiology for the Radiobiologist (5th Edition) (Editörler: Lippincott Williams & Wilkins). Cambridge University Press, Philadelphia, USA, 608 s.
- Hall, E.J., Giaccia, A.J. 2006. Radiobiology for the Radiologist (6th edition) (Editörler: Lippincott Williams & Wilkins). Cambridge University Press, Philadelphia, USA, 546 s.
- Hallman, G. J., Worley, J. W., 1999. Gamma Radiation Doses to Prevent Adult Emergence from Immatures of Mexican and West Indian Fruit Flies (Diptera: Tephritidae). *J. Econ. Entomol.*, 92: 967-973.
- Hallman, G.J. 2000. Expanding radiation quarantine treatments beyond fruit flies. *Agr. Forest Entomol.*, 2: 85-95.
- Hamed, M., Adem, S., Riaz, A. 2009. Use of gamma radiation for improving the mass production of *Trichogramma chilonis* and *Chrysoperla carnea*. *Biocontrol Science and Technology*, 19(1): 43-48.
- Hasan, M.M., Todoriki, S., Miyanoshta, A., Imamura, T., 2012. Age- and time interval-specific gamma radiation-induced DNA damage in adult maize weevils, *Sitophilus zeamais* Motschulsky, assessed using comet assays. *Mutation Research*, 741: 95-100.
- Hasan, M., Khan, A., 1998. Control of Stored-Product Pests by Irradiation. *Integrated Pest Management Reviews*, 3: 15-29.
- Hendrichs, J., Ortiz, G., Liedo, P., Schwarz, A. 1983. Six Years of Successful Medfly Program in Mexico and Guatemala, *In* R. Cavalloro (ed.), Proceedings, Symposium: Fruit Flies of Economic Importance. CEC/IOBC International Symposium, 16–19 November 1982, Athens, Greece. A. A. Balkema, Rotterdam, The Netherlands, pp 353-365.
- Hesham, A.Y., Amira, A., Hany, M.H., Afaf, A. M. 2010. DNA Damage in Hemocytes of *Schistocerca gregaria* (Orthoptera: Acrididae) Exposed to Contaminated Food with Cadmium and Lead. *Natural Science*, 2 (4): 292-297.
- Hlatky, L., Sachs, R.K., Vazquez, M., Cornforth, M.N. 2002. Radiation-Induced Chromosome Aberrations: Insights Gained From Biophysical Modeling. *BioEssays*, 24: 714-723.

- Hollingsworth, R.G., Follet, P.A. 2007. Ionizing Radiation of Quarantine Control of *Opogona sacchari* (Lepidoptera: Tineidae). *J. Econ. Entomol.*, 100 (5): 1519-1524.
- Hosseinzadeh, A., Shayesteh, N. 2011. Application of gamma radiation for controlling the red flour beetle *Tribolium castaneum* Herbst. (Coleoptera: Tenebrionidae). *African Journal of Agricultural Research*, 6(16): 3877-3882.
- Hosseinzadeh, A., Shayesteh, N., Olfaghari, H.R., Babaei, M., Zareshahi, H., Mostafavi, H.A., Fatollahi, H. 2010. Gamma radiation sensitivity of different stages of saw-toothed grain beetle *Oryzophilus surinamensis* L. (Coleoptera: Silvanidae). *Journal of Plant Protection Research*, 50(3): 250-255.
- House, H.L., 1962. Insect Nutrition. *Ann. Rev. Biochem.*, 31: 653-672.
- House, H.L. 1972. Insect Nutrition, In *Biology of Nutrition*, Edited by R.N. Fiennes. Chapter 12: 513-573.
- House, H.L. 1974. Nutrition. in the *Physiology of Insecta*, ed. M. Rockstein, New York, Academic Press, 5, 1-62.
- House, H.L., 1977. 'Nutrition of Natural Enemies', in *Biological Control by Augmentation of Natural Enemies* (Editors: Ridgway, R.L. and Vinson, S.B.). Plenum Press, New York, pp 151-82.
- Huang, Z., Shi, P., Dai, J., Du, J., 2004. Protein Metabolism in *Spodoptera litura* (F.) is Influenced by the Botanical Insecticide Azadirachtin. *Pesticide Biochemistry and Physiology*, 80: 85-93.
- Ignatowicz, S. 2004. Irradiation as an alternative to methyl bromide fumigation of agricultural commodities infested with quarantine stored product pests. In: *Irradiation as a Phytosanitary Treatment of Food and Agricultural Commodities*. International Atomic Energy Agency TECDOC 1427, Vienna Austria, pp. 51-66.
- IGC (International Grain Council), 2011. Grain Market Report, URL (erişim tarihi: 21.09.2012), www.igc.int.
- Işıtan, Ö.V., Gündüz, E.A., Gülel, A. 2011. Effects of Host Density on Some Biological Characteristics and Glycogen, Total Sugar and Lipid levels of Parasitoid *Bracon hebetor* Say, 1836 (Hymenoptera: Braconidae). *Türkiye Entomoloji Dergisi*, 35 (2): 195-206.
- Izadi, H., Samih, M.A., Behroozy, E., Hadavi, F., Mahdian, K. 2011. Energy Allocation Changes During Diapause in Overwintering Larvae of Pistachio Twig Borer, *Kermania pisteciella* Amsel (Lepidoptera: Tineidae) in Rafsanjan. *ARPN Journal of Agricultural and Biological Science*, 6 (5): 12-17.
- İnan, H., Boyraz, N. 2002. Konya Çiftçisinin Tarım İlacı Kullanımının Genel Olarak Değerlendirilmesi. *Selçuk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 16 (30): 88-101.

- Jacob, P.J., Morugan, K., 1989. Impact of Natural and Artificial diet on the Feeding and Reproduction in Two Species of Acridids (Orthoptera: Insecta), *Entomon*, 15(3): 221-226.
- Jurenka, J.A., Renobales, M., Blomquist, G.J., 1987. De novo Biosynthesis of Polyunsaturated Fatty. Acids in the Cockroach. *Periplaneta americana*. *Arch. Biochem. Biophys.*, 255(1): 184-193.
- Kameya, H., Miyanoshita, A., Imamura, T., Todoriki, S., 2012. Assessment of gamma ray-induced DNA damage in *Lasioderma serricorne* using the comet assay. *Radiation Physics and Chemistry*, 81: 316–321.
- Kansu, İ. A., 1962. Preliminary experiments on the sterilization of the pupae of Khapra beetle by irradiation with gamma rays. *Z. für Angew. Entomol.*, 49, 224-228.
- Kansu, İ. A., Tuncer, C., 1989. Studies on determining the lethal and sterilizing doses of gamma radiation applied to various biological stages of cowpea weevil (*Collosobruchus maculatus* F. Bruchidae, Col.). *Insect and Pest Control Newsletter*. No.43. IAEA, Vienna Austria, 41s.
- Karaer, Z., Kar, S., Düzgün, A., Güven, E., Çakmak, A., Emre, Z., Nalbantoğlu, S., Sarıbaş, T., Akçay, A. 2009. Caesium-137 Kaynaklı Gamma Radyasyonla Işınlanmış *Hyalomma anatolicum anatolicum* Erkeklerinin Bir Arada Buldukları Işınlanmamış Erkekler ile Dişileri Dölleme Yetilerinin Karşılaştırılması. *Türkiye Parazitoloji Dergisi*, 33 (1): 37-42.
- Kaufmann, C., Briegel, H. 2004. Flight performance of the malaria vectors *Anopheles gambiae* and *Anopheles atroparvus*. *J Vector Ecol.*, 29: 140–53.
- Kaya, A. 2002. The biological effects of ionizing radiation. *Dicle Tıp Dergisi*, 29:3.
- Kayış, T. 2005. Farklı Kadmiyum Oranlarının Ergin *Pimpla turionellae* L.'nin Sentezlediği Protein ve Glikojen Miktarına Etkileri. Yüksek Lisans Tezi. Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü. Adana. 38s.
- Kayış, T. 2010. Diazinon'un Subletal Konsantrasyonlarının *Pimpla turionellae* L.'nin Eşey Oranı ve Bazı Biyokimyasal Parametreleri Üzerine Etkileri. Doktora Tezi. Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü. Adana. 101s.
- Kempner, E.S. (1993) Damage to proteins due to the direct action of ionizing radiation. *Quart. Rev. Biophys.*, 26, 27-48.
- Knipling, E.F. 1955. Possibilities of Insect Control or Eradication Through the Use of Sexually Sterile sterile males. *Journal of Economic Entomology*, 48(4): 459-462.
- Knipling, E.F. 1970. Suppression of pest Lepidoptera by releasing partially sterile males: A theoretical appraisal. *Bioscience*, 20: 465-470.
- Kocalar, K. 2005. Farklı Civa Oranlarının Ergin *Pimpla turionellae* L.'nin Sentezlediği Protein ve Glikojen Miktarına Etkileri. Yüksek Lisans Tezi. Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü. Adana. 40s.

- Kochi, S.C., Kaliwal, B.B. 2006. The Effects of Potassium Bromide on Biochemical Contents of the Fat Body and Haemolymph of Crossbreed Races of the Silkworm, *Bombyx mori* L. *Caspian Journal of Environmental Sciences*, 4(1): 17-24.
- Koç, N., Tüsüz, M.A. 1993. Mısır Koçan Kurdu (*Sesamia nonagrioides* Lef., *Sesamia cretica* Led. Lepitoptera:Noctuidae)'nun Laboratuvarında Kitle Üretimi Üzerine Araştırmalar Yayın No: 17. Akdeniz Tarımsal Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü, Antalya, 27s.
- Koç, Y. 2005. Farklı Fotoperiyot Rejimlerinin *Galleria mellonella* (Linnaeus, 1758) (Lepidoptera: Pyralidae) da Değişik Yaştaki Erginlerin Total Karbohidrat, Lipit ve Protein Miktarına Etkileri. Doktora Tezi. Ondokuz Mayıs Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü. Samsun. 103s.
- Konak, C. 1988. Planting of Maize At Different Times To Reduce Borer Damage in Eagen Region. Proceedings of a Symposium on Corn Borers And Control Measures, 1-3 November Adana, pp.21-24.
- Koo, H.N., Yoon, S.H., Shin, Y.H., Yoon, C., Woo, J.S., Kim, G.H. 2011. Effects of Electron Beam Irradiation on Developmental Stages of *Plutella xylostella* (Lepidoptera: Plutellidae). *Journal of Asia-Pasific Entomology*, 14: 243-247.
- Koval, T.M. 1983. Intrinsic Resistance to the Lethal Effects of X-irradiation in Insect and Arachnid Cells. *Proc. Natl. Acad. Sci.*, 80: 4752-4755.
- Kuba, H., Kohama, T., Kakinohana, H., Yamagishi, M., Kinjo, K., Sokei, Y., Nakasone, T., Nakamoto, Y. 1996. 'The Successful Eradication Programs of the Melon Fly in Okinawa', in A World Assessment of Their Biology and Management (Editörler: McPherson, B.A. and Steck, G.J.). St. Lucie Press, Delray Beach, FL, USA, pp. 543-550.
- Kumano, N., Haraguchi, D., Kohama, T. 2008. Effect of irradiation on mating ability in the male sweetpotato weevil (Coleoptera: Curculionidae). *Journal of Economic Entomology*, 101(4):1198-1203.
- Kumar, D., Misiura, A., Singn, A. K., 2004. Stage and Sex Dependent Changes in the Lipid Profile of *Psyderrous koenigii* (Heteroptera: Pyrrhocoridae) During Development. *Wnternati. J. Trop. Insect. Sci.*, 24(3): 236-241.
- Kumar, M.D., Ann, S.M. 2012. Changes in the Activities of Proteins and Carbohydrates in Haemolymph of Silkworm *Bombyx mori* Treated with Greenleaf. *International Journal of Environmental Sciences*, 3(1): 119-125.
- Kumar, N.R., Verma, T., Anudeep. 2012. Influence of Cell Phone Radiation on *Apis mellifera* Semen. *Journal of Global Bioscience*, 1: 17-19.
- LaChance, L.E., Schmidt, C.H., Bushland, R.C. 1967. 'Radiation-induced sterilization', in Pest control: biological, physical, and selected chemical methods (Editörler: Kilgore, W.K. and Doult, R.L.). Academic Press, New York, NY, USA, pp. 147-196.

- Lecis, A.R., Figus, V., Santarini, C. 1975. Radiosensitivity Curve of Different Stages of Spermatogenesis of *Anopheles atroparvus* (Diptera: Nematocera). *Parasitol*, 17: 145-150.
- Lehnert, S. 2007. Biomolecular Action of Ionizing Radiation. Taylor & Francis Group, LLC. Lippincott Company, Philadelphia, USA.
- Lowry, O.H., Rosebrough, N.J., Farr, A.L., and Randall, R.J., 1951. Protein Measurement with the Folin Phenol Reagent. *J Biol Chem.*, 193 (1): 265–75.
- Lu, D., Liu, X., Hu J., Wang E., He, O., Li, Y. 1998. Cotton bollworm, *Helicoverpa armigera* (Lepidoptera: Noctuidae): large scale rearing and the effect of gamma radiation on selected life history parameters of this pest in China, Evaluation of Lepidoptera population suppression by radiation induced sterility proceedings of a final research co-ordination meeting organized by the joint FAO/IAEA division of nuclear techniques in food and agriculture and held in Penang, Malaysia, 28 May-2 June, pp. 23-27.
- Lux, S.A., Vilaridi, P., Liedo, P., Gaggi, K., Calcagno, G.E., Munyiri, F.N., Vera, M.T., Manso, F. 2002. Effects of irradiation on the courtship behaviour of medfly (Diptera: tephritidae) mass reared for the sterile insect technique. *Florida Entomologist*, 85(1): 102-112.
- Mansour, M. 2003. Gamma radiation as a quarantine treatment for apples infested by codling moth (Lepidoptera. Tortricidae). *Journal of Applied Entomology*, 127(3): 137-141.
- Mansour, M., Mohamad, F. 2004. Gamma irradiation as a phytosanitary measure for exported Syrian fresh fruit “Irradiation as a phytosanitary treatment of food and agricultural commodities” printed by the IAEA in Vienna Austria, pp. 19-37.
- Marzban, R. 2012. Midgut pH Profile and Energy Differences in Lipid, Protein and Glycogen Metabolism of *Bacillus thuringiensis* Cry1Ac Toxin and Cypovirus-infected *Helicoverpa armigera* (Hübner) (Lepidoptera: Noctuidae). *J. Entomol. Res. Soc.*, 14 (2): 45-53.
- Moghadam, E.B., Izadi, H., Samih, M.A., Moharrampour, S., Mahdian, K. 2011. Effects of Insect Growth Regulators, Temperature and Overwintering on Larvae of Pistachio Leaf White Borer (*Ocneria terebinthina*). *International Journal of Agriculture and Biology*, 13 (3): 375-380.
- Morales, M., Martinez-Paz P., Ozaez, I., Martinez-Guitarte, J.L., Marcillo, G. 2013. DN damage and transcriptional changes induced by tributyltin (TBT) after short in vivo exposures of *Chironomus riparius* (Diptera). *Comparative Biochemistry and Physiology, Part C*, 158: 57-63.
- Muller, H.J. (1927). Artificial transmutation of the gene. *Science*, 66: 84-87.
- Nath, B.S. 2002. Shifts in Glycogen Metabolism in Hemolymph and Fat Body of the Silkworm, *Bombyx mori* (Lepidoptera: Bombycidae) in Response to Organophosphorus Insecticides Toxicity. *Pesticide Biochemistry and Physiology*, 74 (2): 73-84.

- Nation, J.L., Burditt, A.K., 1994. Irradiation. Chapter 5. In: Insect Pests and Fresh Horticultural Products: Treatments and Responses, (Editörler: Paull, R.E and Armstrong, J.W.) CAB International, Wallingford, UK, 85-102s.
- Nestel, D., Nemny-Lavy, E., Chang, C.L. 2004. Lipid and Protein Loads Pupating Larvae and Emerging Adults as Affected by the Composition of Mediterranean Fruit Fly (*Ceratitidis capitata*) Meridic Larval Diets. *Archives of Insect Biochemistry and Physiology*, 56: 97-109.
- Nicoloff, J.A., Hoekstra, M.F. 1996. DNA Repair in Higher Eukayotes. Humana Press Inc., Totowa, New Jersey, Vol. 2, 639s.
- Nikjoo, H., Bolton, C.E., Watanabe, R., Terrissol, M., O'Neill, P., Goodhead, D.T. 2002. Modelling of DNA Damage Induced by Energetic Electrons (100 eV to 100 keV). *Radiat. Prot. Dosimetry*, 99: 77-80.
- Nikjoo, H., O'Neill, P., Terrissol, M., Goodhead, D. T. 1999. Quntitative Modelling of DNA Damage Using Monte Carlo track Structure Method. *Radiat. Environ. Biophys.*, 38: 31-38.
- Nikjoo, H., O'Neill, P., Wilson, W. E., Goodhead, D. T. 2001. Computational Approach for Determining the Spectrum of DNA Damage Induced by Ionizing Radiation. *Radiat. Res.*, 156: 577-83.
- North, D.T. 1975. Inherited sterility in Lepidoptera. *Annual Review of Entomology*, 20: 167–182.
- Ocampo, V.R., De Leon, J. 2002. The effects of radiation on the biology and reproduction of *Helicoverpa armigera* (Lepidoptera: Noctuidae). *International Atomic Energy Agecy (IAEA)*, 33(19): 29-36.
- Ortel, J. 1991. Effects of Lead and Cadmium on Chemical Composition and Total Water Content of Pupal Parasitoid *Pimpla turionellae*. *Entomologia experimentalis et applicata*, 59 (1): 93–100.
- Ortel, J. 1996. Metal Supplemented Diets After Carbohydrate-Levels in Tissue and Hemolymph of Gypsy-Moth (*Lymantria dispar* L., Lymantriidae, Lepidoptera). *Environ. Toxicol. and Chem.*, 15 (7): 1171–1176.
- Otronen, M. 1995. Energy Reserves and Mating Success in Males of the Yellow Dung Fly, *Scathophaga stercoraria*. *Functional Ecology*, 9 (4): 683-688.
- Özalp, P., Emre, İ. 1998. Karbohidratların *Pimpla turionellea* L. Ergin Dişilerinde Total Glikojen ve Protein Miktarına Etkileri. *Tr. J. of Biology*, 22: 15-19.
- Özalp, P., Emre, İ., 1992. Suda Çözünen Vitaminlerin Ergin *Pimpla turionellae* L.'nın Yumurta Üretimi ve Açılımı Üzerine Etkileri. *Tr. J. of Zoology*, 16: 78-83.

- Özcan, S.. 2009. Modern Dünyanın Vazgeçilmez Bitkisi Mısır: Genetiği Değiştirilmiş (Transgenik) Mısırın Tarımsal Üretime Katkısı. *Türk Bilimsel Derlemeler Dergisi* 2(2): 01-34.
- Özer, C. 2011. Subletal Dozlardaki Diazinon'nun *Galleria mellonella* L.'nin Bazı Biyokimyasal Parametrelerine Etkileri. Yüksek Lisans Tezi. Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü. Adana. 41s.
- Özparlak, H. 2003. Böceklerde kütikulanın yapısı, deri değiştirme ve Diflubenzuron'un (DFB) etkileri. *Selçuk Üniversitesi Fen-Edebiyat Fakültesi Fen Dergisi*, 21: 7-19.
- Öztemiz, S., Güllü, M., Özdemir, F., Fidan, H. ve Bülbül, F., 2008. Akdeniz Bölgesinde Mısırdaki Entegre Mücadele Araştırma, Uygulama ve Eğitim Çalışmaları Üzerine Araştırmalar. *KSÜ Fen ve Mühendislik Dergisi*, 11(2): 81-91.
- Pant, R., Kumar, S., Singh, S.D. 1979. Changes in Carbohydrates and Lipids During Embryonic Development of *Antheraea mylitta* (Lepidoptera). *J. Biosci.*, 1(1): 27-33.
- Parker, A.G. 2005. 'Mass-Rearing for Sterile Insect Release', in *Sterile Insect Technique Principles and Practice in Area-Wide Integrated Pest Management* (Editörler: Dyck, V.A., Hendrichs, J. and Robinson, A.S.). Springer, Dordrecht Netherlands, pp. 209-232.
- Proverbs, M.D. 1962. Some Effects of Gamma Radiation on the Reproductive Potential of the Codling moth, *Carpocapsa pomonella* (L.) (Lepidoptera: Olethreutidae). *Canadian Entomologist*, 94: 1162-1170.
- Proverbs, M.D. 1969. Induced sterilization and control of insects. *Annu Rev Entomol*, 14: 81-102.
- Proverbs, M.D. 1982. Sterile Insect Technique in Codling Moth Control, In *Proceedings, Symposium: Sterile Insect Technique and Radiation in Insect Control*. Food and Agriculture Organization of the United Nations/International Atomic Energy Agency, 29 June-3 July 1981, Neuherberg, Germany. STI/PUB/595. IAEA, Vienna, Austria, pp. 85-99.
- Puanmanee, K., Wongpiyasatid, A., Sutantawong, M., Hormchan, P. 2010. Gamma irradiation effect on Guava Fruit Fly, *Bactrocera correcta* (Bezzi) (Diptera: Tephritidae). *Ksetsart J. (Nat. Sci.)*, 44: 830-836.
- Ren, Z., Ma, E., Guo, Y. 2002. Chromosome Aberration Assays for the Study of Cyclophosphamide and *Bacillus thuringiensis* in *Oxya chinensis* (Orthoptera: Acrididae). *Mutation Research*, 520: 141-150.
- Robinson, A.S. 2002a. Genetic Sexing Strains in Medfly, *Ceratitis capitata*, Sterile Insect Technique Programmes. *Genetica*, 116: 5-13.
- Robinson, A.S., Franz, G. 2000. The Application of Transgenic Insect Technology in the Sterile Insect Technique. In: *Insect Transgenesis: Methods and Application* (Editörler: Handler, A.M. and James, A.A.). CRC Press, Florida, pp. 307-318.

- Runner, G.A. 1916. Effect of Röntgen Rays on the Tobacco or Cigarette, Beetle and the Results of Experiments with a New Form of Röntgen Tube. *Journal of Agricultural Research* 6: 383–388.
- Sak, O. 2004. Cypermethrinin *Pimpla turionellae* L. (Hym.: Ichneumonidae), Toplam Protein, Lipit ve Karbohidrat Miktarı ile Hemositlerine Etkisi. Doktora Tezi. Balıkesir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü. Balıkesir. 102s.
- Sakurai, H., Makurami, Y., Utimura, H., Kohama, T., Teruya, T. 2000a. Remove from marked records sterilizing mechanism of gamma-radiation in the male of west Indian sweet potato weevil, *Euscepes postfasciatus*. Research Bulletin of the Faculty of Agriculture, Gifu University, 65: 5-12.
- Sakurai, H., Mukarami, Y., Kohama, T., Teruya, T. 2000b. Remove from marked records sterilizing mechanism of gamma-radiation in the female of west Indian sweet potato weevil, *Euscepes postfasciatus*. Research Bulletin of the Faculty of Agriculture, Gifu University, 65: 13-20.
- Salem, H.M., Fouda, M.A., Abas, A.A., Ali, W.M., Gabarty, A. 2014. Effects of gama irradiation on the development and reproduction of the greasy cutworm, *Agrotis ipsilon* (Hufn.). *Journal of Radiation Research and Applied Sciences*, 7(1): 110-115.
- Schroff, R., Arbel-Eden, A., Pilch, D., Ira, G., Bonner, W. M. 2004. Distribution and Dynamics of chromatin Modification Induced by a Defined DNA Double-Strand Break. *Curr. Biol.*, 14: 1703-11.
- Schulman, S. G. 1973. Fundamentals of Interaction of Ionizing Radiations with Chemical, Biochemical and Pharmaceutical Systems. *J. Pharm. Sci.*, 62(11): 1745-57.
- Sertkaya, E., Kornoşor, S. 2003. Yumurta parazitoiti, *Telenomus busseolae* (Gahan) (Hym., Scelionidae)'nin *Sesamia nonagrioides* Lef. (Lep., Noctuidae) yumurtalannda bazı biyolojik özellikleri. *Türk. Entomol. Derg.*, 27 (3) : 231-239.
- Sezer, B. 2010. *Galleria mellonella* L. Larvalarında Total Glikojen ve Protein Miktarına Azadirachtinin Etkileri. Yüksek Lisans Tezi. Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü. Adana. 43s.
- Sharma, A., Shukla, A. K., Mishra, M., Kar Chowdhuri, D. 2011b. Validation and Application of *Drosophila melanogaster* as an In Vivo Model for the Detection of Double Strand Breaks by Neutral Comet Assay. *Mutation Research*, 721: 142-146.
- Sharma, P., Mohan, L., Dua, K.K., Srivastava, C.N. 2011a. Status of Carbohydrate, Protein and Lipid Profile in the Mosquito Larvae Treated with Certain Phytoextracts. *Asian Pacific Journal of Tropical Medicine*, 301-304.
- Shen, W., Zhao, X., Wang, Q., Niu, B., Liu, Y., He, L., Weng, H., Meng, Z., Chen, Y. 2011. Genotoxicity evaluation of low doses of avermectin to hemocytes of silkworm (*Bombyx mori*) and response of gene expression to DNA damage. *Pesticide Biochemistry and Physiology*, 101: 159-169.

- Shin, Byung-Sik., Ri, Na Choi., Choong-un Lee. 2001. Effect of Cadmium on Total Lipid Content and Fatty Acids of the Greater Wax Moth, *Galleria mellonella*. *Korean J. Ecol.*, 24 (6): 349–352.
- Shoba, V., Elanchezhiyan, C., Hemalatha, S., Selvisabanayakam. 2011. Sub-lethal Effects of Phytopesticide Nimbecidine on Biochemical Changes in the Adult Male Insect *Sphaerodema rusticum* (Heteroptera: Belostomatidae). *Int. J. Res. Pharm. Sci.*, 2 (1): 12-17.
- Sobels, F.H. 1969. A study of the Causes Underlying the Differences in Radiosensitivity Between Mature Spermatozoa and Late Spermatids in *Drosophila*. *Mutation Research*, 8: 111-125.
- Sour G. 2012. Sterile insect technique and F₁ sterility in the European grapevine moth, *Lobesia botrana*. *Journal of Insect Science*, 14(8): pp. 10.
- Sönmez, E. 2003. İki Farklı Sıcaklığın *Acanthoscelides obtectus* Say, 1931 (Coleoptera: Bruchiidae)'un Toplam Karbohidrat, Protein ve Lipid Miktarına Etkileri. Yüksek Lisans Tezi. Ondokuz Mayıs Üniversitesi Fen Bilimleri Üniversitesi. Samsun. 19s.
- Stanley-Samuelson, D.W., Loher, W., Blomquist, G.J., 1986. Biosynthesis of Polyunsaturated Fatty Acids by the Australian Field Cricket, *Teleogryllus commodus*. *Insect Biochem.*, 16: 387-393.
- Steinitz, H., Sadeh, A., Kliot, A., Harari, A. 2014. Effects of radiation on inherited sterility in the European grapevine moth (*Lobesia botrana*). *Pest Management Science*, DOI: 10. 1002/ ps. 3797.
- Subramanya, G. 2010. Effects of X-ray Irradiation on the Male Moths of Two Tropical Races of the Silkworm *Bombyx mori* and Inheritance of Induced Sterility in the Progenies. *International Journal of Insect Science*, 2: 1-5.
- Surisan, S., Hormchan, P., Jamornmarn, S., Wongpiyasatid, A., Engkakul, A. 2004. Potential methods for identification the gamma irradiated from unirradiated larvae of *Helicoverpa armigera* Hubner (Lepidoptera: Noctuidae). *Ksetsart J. (Nat. Sci.)*, 38: 57-64.
- Şeker, D.A., Yanıkoğlu, A. 1999. The Changes in Glycogen Levels of *Pimpla turionellae* L. (Hymenoptera: Ichneumonidae) in the Conditions of Starvation, Feeding, Parasitism and Aging. *Tr. J. of Zoology*, 23: 289-296.
- Şimşek, N., Güllü, M. 1992. Akdeniz Bölgesi'nde Mısırdaki Zarar Yapan Mısır Koçankurdu (*Sesamia nonagrioides* Lef.) (Lepidoptera: Noctuidae) ve Mısırkurdu (*Ostrinia nubilalis* Hbn.) (Lepidoptera: Pyralidae)'nın Mücadelesine Esas Olabilecek Biyolojik Kriterlerin Araştırılması. Türkiye II. Entomoloji Kongresi Bildirileri 28-31 Ocak, Adana, pp. 501- 512.
- Şimşek, N., Güllü, M., Zeren, O. 1988. Studies on Effectiveness of Some Agrochemicals Against Stem Borers, *Sesamia nonagrioides* Lef., *S. cretica* Led. and European Corn Borer, *Ostrinia nubilalis* Hbn. in Mediterranean Region of Turkey. Proceedings of a

Symposium On Corn Borers And Control Measures, 1-3 November Adana, pp. 44-54.

- Taşdan, K., Çetin, F., Gürer, B. 2011. Durum ve Tahmin Mısır 2011/2012. T.C. Gıda Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı Tarımsal Ekonomi ve Politikalar Geliştirme Enst. Yayın No: 193, Ankara,45s.
- Taşkın, D., Aksoylar, M. Y. 2011. *Itopectis melanocephala* (Gravenhorst, 1829) (Hymenoptera: Ichneumonidae)'nın Ergin Öncesi Dönemleri ile Erginlerinin Total Lipid ve Total Yağ Asidi Yüzdeleri. *Türkiye Entomoloji Dergisi*, 35 (4): 641-649.
- Thompson, S.N. 1999. Nutrition and Culture of Entomophagous Insect. *Ann.Rev. Entomol.*, 44, 561-592.
- Thompson, S.N. 2003. Trehalose: the insect 'blood' sugar (Comprehensive review on trehalose in insects). *Adv Insect Physiol.*, 31: 205–85.
- Thompson, S.N., Hagen, K.S.,1999. Nutrition of Entomophagous Insectand Other Arthropods, in the Handbook of Biological Control, ed. By Thomas et all. Chapter 22, Academic Press, NewYork, pp. 594-652.
- Todoriki, S., Hasan, M., Miyanoshta, A., Imamura, T., Hayashi, T. 2006. Assessment of Electron Beam-Induced DNA Damage in Larvae of Chesnut Weevil, *Curculio sikkimensis* (Heller) (Coleoptera: Curcilionidae) Using Comet Assay. *Radiation Physics and Chemistry*, 75: 292-296.
- Topuz, E. 2005. Tarımsal Zararlılara Karşı Mücadelede Kimyasal Pestisitlere Alternatif Bazı Yöntemler. Batı Akdeniz Tarımsal Araştırma Enstitüsü, *Derim Dergisi*, 22 (2): 53-59.
- Triselyova, T. A. 2010. Influence of Ionizing Radiation on the Formation of Adult Antennae in Large Fruit-tree Tortrix *Archips podana* Scop. (Lepidoptera: Tortricidae). *Biology Bulletin*, 37 (4): 397-405.
- Tsiropoulos, G.J., 1977. Survival and Reproduction of *Dacus olea* (Gmel.) Fed on Chemically Defined Diets. *Z. Ang. Ent.*, 84, 192-197.
- Tsiropoulos, G.J., 1978. Holidic Diets and Nutritional Requirements for Survival and Reproduction of the Walnut Husk Fly. *J. Insect Physiol.*, 24, 239-242.
- Tsiropoulos, G.J., 1980. The Importance of Vitamins in Adult *Dacus olea* (Gmel) Nutrition. *Ann. Entomol. Soc. Am.*, 73, 705-707.
- Tsiropoulos, G.J., 1983. The Importance of Dietary Amino Acids on the Reproduction and Longevity of Adult *Dacus olea*. *Arch. Intern. Physiol. Bioch.*, 91, 159-164.
- Tsiropoulos, G.J., 1992. Feeding and Dietary Requirements of the Tephritid Fruit Flies, Advances in Insect Rearing For Research and Pest Management (Editörler: Thomas E. A. and Norman C. L.). in Westview Press. Chapter 7: 93-118.

- Tsitsipis, J.A. 1988. The corn Stalk borer, *Sesamia nonagrioides*: Forecasting, crop loss assesment and pest management. Integrated crop protection in cereals. Balkema, Rotherdam, Brookfield, 171-177.
- Tunçbilek, A.Ş. 1992. Kısırlaştırıcı Altı Gamma Radyasyon dozları ile Işınlanmış Kıymabiti (*Tribolium confusum* Jacquelin Du Val Coleoptera: Tenebrioidae)'nın Bazı Biyolojik Özelliklerine Aldığı Besinin Etkileri Üzerine Araştırmalar. Doktora Tezi. Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü. Ankara. 141s.
- Tunçbilek, A.Ş. 1995. *Stophilus granarius* (L.) (Coleoptera: Curculionidae)'un Gamma Radyasyonu ile Mücadelesinde Ortam Sıcaklığının Etkisi. *Türkiye Entomoloji Dergisi*, 19 (1): 27-35.
- Tunçbilek, A.Ş. 1997. Susceptibility of the Saw-Toothed Grain Beetle, *Oryzaephilus surinamensis* (L.), to Gamma Radiation. *J. Stored. Prod. Res.*, 33 (4): 331-334.
- Tunçbilek, A.Ş., Kansu, İ.A. 1994. The Effects of Different Rearing Media on the Irradiated Eggs and Larvae of Flour Beetle, *Tribolium confusum* (J. Du Val). XXIVth Annual Meeting Jointly Organized with International Union of Radioloecologists /IUR/ Working Ggrouo Soil-to-Planet Transfer, September 12-16, Varna, Bulgaria, 15s.
- Tunçbilek, A.Ş., Kansu, İ.A. 1996. The Influence of Rearing Medium on the Irradiation Sensitivity of Eggs and Larvae of Flour Beetle, *Tribolium confusum*. *J. Du Val. J. Stored. Prod. Res.*, 32 (1): 1-6.
- Tunçbilek, A.Ş., Kılıçoğlu, H., Yazıcı, N., Özcan, S., Erel, Y., Canpolat, U., Yay, A., Bakır, S. 2011. Detection of DNA Damage in *Ephestia kuehniella* by Single Cell Gel Electrophoresis After Exposure to Gamma Radiation. *Analele Universităţii din Craiova, seria Agricultură, Montonologie, Cadastru*, Vol. XLI: 266-269.
- Uçkan, F., Öztürk, Z., Altuntaş, H., Ergin, E. 2011. Effects of Gibberellic Acid (GA₃) on Biological Parameters and Hemolymph Metabolites of the Pupal Endoparasitoid *Pimpla turionellae* (Hymenoptera: Ichneumonidae) and Its Host *Galleria mellonella* (Lepidoptera: Pyralidae). *J. Entomol. Res. Soc.*, 13 (3): 1-14.
- UHT (Ulusal Hububat Konseyi), 2012. Mısır Raporu, URL (erişim tarihi: 03.07.2012), www.uhk.org.tr
- Upadhyay, R.K., Jaiswal, G., Ahmad, S. 2010. Termiticidal Effects of *Capparis decidua* on Biochemical and Enzymatic Parameters of *Odontotermes obesus* (Isoptera: Termitidae). *Acta Universitatis Sapientiae Agriculture and Environment*, 2: 80-110.
- Uzal, C., Çaloğlu, M. 2002. The role of ionizing radiation in the etiology of canser. *Trakya Üniversitesi Tıp Fakültesi Dergisi*, 19 Suppl., 3-4: 177-182.
- Van Handel, E., 1985a. Rapid Determination of Glycogen and Sugars in Mosquitoes. *J. Am. Mosq. Control. Assoc.*, 1: 199-301.
- Van Handel, E., 1985b. Rapid Determination of Total Lipid's Mosquitoes. *J. Am. Mosq. Control. Assoc.*, 1: 302-304.

- Vanderzant, E.S., Richardson, C.D., 1964. Nutrition of the Adult Boll Weevil: Lipid Requirements. *J. Insect Physiol.*, 10, 267- 272.
- Vijayaraghavan, C., Sivakumar, C., Kavitha, Z., Sivasubramanian, P. 2010. Effect of Plant Extracts on Biochemical Components of Cabbage Leaf Webber, *Crociodolomia binotalis* Zeller. *Journal Biopesticides*, 3(1): 275:277.
- Von Sonntag, C. 1987. The Chemical Basis of Radiation Biology. Taylor and Francis, London, pp. 515.
- Vreysen, M. J. 1995. Radiation Induced Sterility to Control Tsetse Flies. PhD thesis, Wageningen Agricultural University, 96s.
- Warburg, M.S., Yuval, B., 1996. Effects of Diet and Activity on Lipid Levels of Mediterranean Fruit Flies. *Physiol. Entomol.*, 21: 151-158.
- Ward, J.E. 1998. Nature of Lesions Formed by Ionising Radiation. In DNA Damage and Repair. Human Press, Vol. 2, Totowa, New Jersey, pp. 65-84.
- Ward, J.F. 1995. Radiation Mutagenesis: The Initial DNA Lesion Responsible. *Radiat. Res.*, 142: 362-8.
- Wee, S.I., Suckling, D.M., Burnip, G.M., Hackett, J., Barrington, A., Pedley, R. 2005. Effects of substerilizing doses of gamma radiation on adult longevity and level of inherited sterility in *Teia anartoides* (Lepidoptera: Lymantriidae). *Journal of Economic Entomology*, 93(8): 732-738.
- Wegener, G. 1996. Flying insects: model systems in exercise physiology. *Experientia*, 52(5): 404-412.
- Werren, J.H. 1987. Labile Sex Ratios in Wasps and Bees. *Bioscience*, 37: 498–506.
- Yaren, H., Karayılanoğlu, T. 2005. Radiation and effects on human health. TSK Koruyucu Hekimlik Bülteni, 4: 4 s.
- Yin, X., Li, S., Liu, S., Zhu, G., Zhuang, H. 2008. Genotoxicity evaluation of low doses of clodinafop-propargyl to teh silkworm *Bombyx mori* using alkaline sigle-cell gel electrophoresis. *Environmental Toxicology and Pharmacology*, 26: 162-166.
- Yun, S.H., Lee, S.W., Koo, H.N., Kim, G.H. 2014. Assessment of electron beam-induced abnormal development and DNA damage in *Spodoptera litura* (F.). (Lpidoptera: Noctuidae). *Radiation Physics and Chemistry*, 96: 44-49.
- Yücel, Ü. 2000. Pestisitlerin İnsan ve Çevre Üzerine Etkileri. Ankara Nükleer Araştırma ve Eğitim Merkezi, Nükleer Kimya Bölümü.3s.
- Zeren, O., Güllü, M., Şimşek, N. 1988. Some Biological Investigations Relating To The Control of Stalk Borer (*Sesamia* spp.) and European Corn Borer (*Ostrinia nubilalis* Hbn.) on Corn in Mediterranean Region. Proceedings of a Symposium On Corn Borers And Control Measures, 1-3 November, Adana, 1-19.

- Zografou, EN., Tsiropoulos, G.J., Margaritis, L.H., 1998. Survival, Fecundity and Fertility of *Bactrocera oleae*, as Affected by Amino Acid Analogues. *Entomol. Exp. Appl.*, 87: 125-132.
- Zubrik, M., Novonty, J. 2009. Impact of gamma radiation on the developmental characteristics of the gypsy moth, *Lymantria dispar* (Lepidoptera: Lymantriidae) predatory to their use as supplemental hosts/prey for natural enemy enhancement. *Biocontrol Science and Technololgy*, 19(1): 291-301.

ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler

Adı, soyadı : Hatice AVAN AKSOY
Uyruğu : T.C.
Doğum tarihi ve yeri : 23.03.1985
Medeni hali : Evli
Telefon : 0 (507) 428 97 40
Faks :
e-posta : haticeavan@hotmail.com

Eğitim

Derece	Eğitim Birimi	Mezuniyet tarihi
Yüksek lisans	KSÜ /Biyoloji Bölümü	2010
Lisans	KSÜ/ Biyoloji Bölümü	2007
Lise	Atatürk Kız Lisesi	2001

İş Deneyimi

Yıl	Yer	Görev
2009-2010	KSÜ	Araştırma Görevlisi

Yabancı Dil

İngilizce

Yayınlar

1. **Avan Aksoy H.** and Bahadıroğlu C. 2012. Evaluation of some alternative control methods against Mediterrenean corn borer, *Sesamia nonagrioides* Lefebvre (Lepidoptera: Pyralidae) and European corn borer, *Ostrinia nubilalis* Hübner (Lepidoptera: Crambidae). B.E.U. Fen Bilimleri Dergisi, 1(2):127-136.

2. Toroğlu S., **Avan H.** and Keskin D. 2013. Beta-Lactamases production and antimicrobial resistance ratio of *Pseudomonas aeruginosa* from hospitalized patients in Kahramanmaraş, Turkey. Journal of Environmental Biology, 34(4): 695-700.
3. Toroğlu S., **Avan H.** and Keskin D. 2013. Antimicrobial resistance and sensitivity among isolates of *Escherichia coli* from patients in Kahramanmaraş, Turkey. Journal of Pure and Applied Microbiology, 8(2): 985-991.
4. **Aksoy Avan H.**, Bahadıroğlu C. ve Toroğlu S. 2014. Bazı Mısır Zararlılarına Karşı Radyasyon Kullanımının Değerlendirilmesi. Düzce Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi, 2: 415-424.
5. Dönbak L., **Avan H.** ve Kayraldız A. 2014. Genotoxic risk of workers from offset printing offices. Advance Laboratory Medicine International, 4(3): 73 – 81.

Kongreler

- Toroğlu S., **Avan H.**, Keskin D. 2010. Kahramanmaraş'ta farklı hastanelerden klinik örneklerden izole edilen methisilline dirençli *Staphylococcus aureus*'ların antimikrobiyal direnci ve beta laktamaz üretimi. 20. Ulusal Biyoloji Kongresi, 21-25 Haziran, Denizli.
- Toroğlu S., **Avan H.**, Keskin D. 2012. kahramanmaraş'ta farklı hastanelerden klinik örneklerden izole edilen *Pseudomonas aeruginosa*'ların antimikrobiyal direnci ve beta laktamaz üretimi. 21. Ulusal Biyoloji Kongresi, 3-7 Eylül, İzmir.
- Toroğlu S., Keskin D., **Avan H.** 2014. Aksu nehri ve yakınlarında ki Topraklarından izole edilen *Bacillus* cinsi bakterilerinin çeşitli antibiyotiklere karşı oluşturduğu direncin saptanması. 22. Ulusal Biyoloji Kongresi, 23-27 Haziran, Eskişehir.
- Toroğlu S., Keskin D., **Avan H.** 2014. Aksu nehri ve yakınlarında ki Topraklarından izole edilen *Pseudomonas* cinsi bakterilerinin çeşitli antibiyotiklere karşı oluşturduğu direncin saptanması. 22. Ulusal Biyoloji Kongresi, 23-27 Haziran, Eskişehir.

Hobiler

Kitap okuma, Yüzme, Astronomi gibi.