

Suyun *Gryllus bimaculatus* (Orthoptera: Gryllidae)'un Büyüme, Besin Tüketimi, Dışkı Miktarı, Sindirim Etkinliği ve Glikojen Düzeyine Etkileri

Atıla YANIKOĞLU

Akdeniz Üniversitesi Fen-Edebiyat Fakültesi, Biyoloji Bölümü, Antalya-TÜRKİYE

Geliş Tarihi: 22.11.1996

Özet: Bu çalışmada, beslenme ve açlık deneyleri yapılarak suyun, *Gryllus bimaculatus* ergin dişilerinin büyüme (canlı ağırlık artışı), besin tüketimi, dışkı miktarı, sindirim etkinliği ve glikojen düzeyi üzerine etkisi araştırıldı. Beslenme deneylerinde böcekler kuru buğday kepeği verildi. Çalışılan tüm parametrelerin, su verilerek beslenen böceklerde su verilmeden beslenenlere göre belirgin olarak daha yüksek olduğu saptandı. Bir hafta süreyle su verilmeksizin gerek beslenen gerekse aç bırakılan böceklerin canlı ağırlık ve glikojen düzeylerinde önemli bir farklılık ortaya çıkmadı. Deney süreci sonunda, canlı ağırlık kazancı, yalnızca su verilerek beslenen böceklerde (%43), canlı ağırlık kaybı ise en fazla, su verilmeksizin ölüncüye dek aç bırakılan böceklerde (% 40) oldu. Benzer şekilde, glikojen miktarı sözü edilen ilk grupta en yüksek (1.108 mg), diğer grupta ise en düşük (0.058 mg) olarak saptandı. Elde edilen bulgular suyun, *G. bimaculatus* ergin dişilerinde çalışılan parametreler üzerine belirgin bir etkisi olduğunu göstermektedir.

Anahtar Sözcükler: Suyu Beslenme, Susuz beslenme, Açlık, Büyüme, Sindirim, Glikojen, Orthoptera.

The Effect of Water on Growth, Food Consumption, Feces Quantity, Digestive Activity and Glycogen Level of *Gryllus bimaculatus* (Orthoptera: Gryllidae)

Abstract: In this study, the effect of water on growth (wet weight gain), food consumption, feces quantity, digestive activity and glycogen level of *Gryllus bimaculatus* female adults was investigated by doing the experiments of feeding and starvation. Wheat bran was given for feeding. All parameters were found to be significantly higher in insects feeding with water than those feeding without water. A significant difference did not occur in mean wet weight and glycogen level in insects either feeding without water or starved for one week. At the end of the experimental period, a wet weight gain (43%) was observed only in the insects feeding with water, and the highest loss (40%) in wet weight in those starved without water until death. Similarly, mean glycogen content was highest (1.108 mg) in the former, and the lowest (0.058 mg) in the later. In terms of parameters studied, it was concluded that water has a significant effect on *G. bimaculatus* females.

Key Words: Feeding with water, Feeding without water, Starvation, Growth, Digestion, Glycogen Orthoptera.

Giriş

Su, tüm canlıların gerek bileşimlerinde gerekse yaşamlarında en önemli yeri tutar. Bu nedenle su ihtiyacının karşılanması, diğer canlılarda olduğu gibi böceklerde de doğal bir zorunluluktur. Böceklerin bir çoğu su ihtiyaçlarını besindeki sudan, bazıları içerek, bazıları da besinden aldıkları karbohidrat ve yağları oksitleyerek elde ettikleri metabolik sudan karşılarlar (1). Bunların yanı sıra, böceklerin su ihtiyaçlarının karşılanmasında atmosferdeki nemin de rolü vardır (2).

Besindeki su miktarı, herbivor Lepidoptera larvalarının büyüme ve gelişmesinde önemli bir rol oynamaktadır (3,4). Besindeki düşük su miktarı, sindirilen besinin me-

tabolik dönüşümünde ve büyümede azalmaya neden olmaktadır (5-7).

Besin olarak su oranı yüksek taze bitkiler ile beslenen böceklerde su ihtiyacı besinden karşılanırken, su oranı düşük veya çok az su içeren besinler ile beslenen böceklerde ayrıca bir su alımı vardır. Örneğin, Laboratuvarımızda yetiştirilen *Gryllus bimaculatus*, su oranı düşük buğday kepeği ile beslendiğinde su ihtiyacını, su emdirilmiş pamuğu çiğnemek suretiyle karşılamaktadır. Su ihtiyacını besininin dışında karşılayan böyle bir böcekte, suyun, böceğin büyüme, besin tüketimi, dışkı miktarı, sindirim etkinliği ve glikojen düzeyini nasıl etkilediği merak edilen bir konudur. Bu nedenle bu çalışmada, *G. bimaculatus* ergin dişi-

lerinde beslenme ve açlık deneyleri yapılarak bu konu araştırılmıştır.

Materyal ve Metot

Böceğin Stok Kültürü ve Laboratuvar Koşulları

G.bimaculatus'un 1993 yılı Temmuz ayında Antalya-Topçular bölgesinde çimenlik alanlardan ergin bireyleri yakalanarak stok kültürü yapıldı. Stok kültür, 1993 yılından bu yana böceği, 25x35x100 cm boyutlarında cam insektaryumlarda buğday kepeği ile beslemek ve su ihtiyaçları ise ağzı pamuk ile kaplı suluklardan karşılanmak suretiyle devam ettirildi. Ergin dişilerin yumurtlaması için stok kültür insektaryumuna içi su emdirilmiş pamuk ile kaplanmış petri kapları konuldu. Her hafta, içine yumurta bırakılmış petri kapları stok kültür insektaryumundan alınarak 12x10x25 cm boyutlarındaki plastik kaplara aktarıldı. Bu kaplarda yaklaşık bir hafta süre sonunda yumurtaların açılması sonucu çıkan birinci evre nimfleri, büyüme ve gelişmelerini sağlamak üzere cam insektaryuma konuldu. İnsektaryumların her gün, günde iki kez, sabah ve akşam saatlerinde bakım ve temizliği yapılırken aynı zamanda ergin evreye geçen bireylerin olup olmadığı da kontrol edildi.

Böceğin stok kültürü ve deneyler, $28 \pm 2^\circ\text{C}$ sıcaklık, $\% 60 \pm 10$ orantılı nem ve günlük 10 saat aydınlatmaya koşullandırılan laboratuvarında yapıldı. Böceklerin yarı karanlık koşullarda yaşaması dikkate alınarak, insektaryumlara pileli bir şekilde kıvrılmış kartonlar konuldu.

Beslenme ve Açlık Deneyleri

Deneylerde, stok kültürde yaklaşık 45-60 gün arasında ergin olan *G.bimaculatus*'un yeni ergindiği bireyleri kullanıldı. Yeni ergin olmuş dişi bireyler, stok kültürün günlük kontrolleri sırasında stoktan alınarak, 1 lt hacmindeki plastik deney kaplarına birer, birer konuldu. Erginlerin stok kültürden alınmaya kadar besin ve su alabilecekleri dikkate alınarak, beslenme deneylerine başlamadan önce, erginler bir gün süreyle aç bırakıldılar. Bir günlük açlık sonunda, hassas terazide tartılarak canlı ağırlıkları kaydedildi ve beslenme deneylerine başlandı.

Beslenme deneyleri bir haftalık deney sürecinde, su verilen ve verilmeyen böcekler olmak üzere iki deney grubunda yapıldı. Deney hayvanlarına her gün, besin olarak, belirli miktarda kurutulmuş taze buğday kepeği

verildi. Su sadece su verilen deney grubu hayvanlara her gün pamuğa emdirilmiş olarak verildi. Her iki deney grubunda, hayvanların deneyin başlangıcından itibaren bir günlük aralıklarla aynı saatlerde canlı ağırlıkları, tükettikleri besin ve dışkı hassas terazide tartılarak saptandı. Böceklerin tükettikleri besin miktarı, bir gün öncesinde deney kabına konulan besinden kaptaki kalan miktarını çıkarmak suretiyle hesaplandı. Böceklerin dışkıları her gün, aynı saatlerde sayıldı ve bu dışkıları, kurumaları için bir saat camı içinde 100°C lik Hotplate de 5-10 dakika bekletildikten sonra tartılarak miktarları kaydedildi.

Hayvanların sindirim etkinliklerini saptayabilmek için sindirim katsayısı ve vücut da tutulan besin miktarı kriter alındı. Deney hayvanının vücutunda tutulan besin miktarı, her gün yediği besin miktarından dışkı miktarını çıkarmak suretiyle, sindirim katsayısı ise vücutunda her gün tutulan besin miktarının yenen besin miktarına bölünmesiyle saptandı.

Susuz ve Besinsiz deney süresince tutulan erginlerle yapılan deney grupları da 1 lt hacmindeki plastik deney kaplarında yapıldı. Açlık deneylerinde hayvanların canlı ağırlıkları, deney sürecinin her gününde tartılarak, kaydedildi. Bütün deneyler dört defa tekrarlandı. Her tekrarda bir birey kullanıldı.

Glikojen Düzeyinin Saptanması

Glikojen düzeyinin saptanması, yeni erginleşmiş sıfır yaş dişi bireyler, bir hafta sürecince gerek susuz, gerekse su verilerek buğday kepeği ile beslenen böcekler ile, yedi gün sürecince ve ölünceye kadar susuz olarak aç bırakılan deney grupları böceklerinde yapıldı. Glikojen düzeyinin saptanmasında da her tekrarda bir böcek kullanıldı ve analizler dört defa tekrarlandı.

Glikojen düzeyi saptanacak böcekler, hassas terazide tek, tek tartılıp canlı ağırlıkları kaydedildikten sonra glikojen analizleri yapılmaya kadar içinde $\%10$ luk trikloroasetik (TCA) asit bulunan küçük şişelere aktarılarak -8°C de muhafaza edildi.

Glikojen analizi, Roe ve ark. nın (8) sıçanlar için geliştirdiği yöntemin böceklere modifiye edilmesiyle yapıldı. Bunun için böcekler, önce $\%10$ luk soğuk TCA asit içinde dakikada 25.000 devirlik bir hızda, 5 dakika süreyle homojenleştiricide homojenize edildi. Elde edilen homojenat Whatman No:42 kağıdından süzüldü. Süzüntü, sentrifüj tüplerine aktarılarak, glikojenin çökmesi için üzerlerine 5 katı kadar $\%96$ lik etil alkol ilave edildi. Bu

sentrifüj tüpleri, glikojenin daha iyi çökmesi için 35-40°C lik su banyosunda bir gece bekletildikten sonra, ertesi gün, 3500 x g devirlik sentrifüjde 30 dakika süreyle sentrifüjlendi. Sentrifüjleme işleminden sonra sentrifüj tüplerinin dip kısmına çöken glikojenin miktar tayininde Caroll ve ark. (9) tarafından geliştirilen "Anthon Testi" kullanılarak, örneklerinin ışık absorpsiyon değerleri Jenway 6105 model bir spektrofotometrede 620 nm dalga boyunda okundu.

Verilerin Değerlendirilmesi

Deney sürecinin çalışılan parametreler üzerine etkisi olup olmadığı ve olası etkinin gruplar arasında farklılığı "Yinelenen ölçümler deseninde Varyans analizi" (repeated measures ANOVA) ile test edildi. İstatistik farklılık saptandığında, ölçüm ortalamalarının günler arasında farklılığı Bonferroni yöntemi ile test edildi. Glikojen düzeyi yönünden deney gruplarının genel karşılaştırılması tek yönlü varyans analizi ile yapıldı. İstatistik farklılık saptandığında grupların ikili karşılaştırılması yine Bonferroni yöntemi ile yapıldı. 0,05 den küçük olan p değerleri istatistik olarak önemli kabul edildi. Tüm istatistik analizler, CRUNCH-4 paket programı kullanılarak kişisel bilgisayarda gerçekleştirildi.

Bulgular

G.bimaculatus'un yeni ergin olan dişilerinin sadece kuru besin (buğday kepeği) ile beslenmeleri, birinci gün dışında deney sürecinin diğer günlerinde büyüme

sağlayamamış, aksine canlı ağırlığında azalmaya neden olmuştur. Halbuki kuru besin ile birlikte su verilen deney grubu erginlerin canlı ağırlıklarında deney sürecinin başlangıcına göre birinci günde olan artış, deney sürecinin diğer günlerinde de muhafaza edilmiştir. Erginlerin sadece kuru besin ile beslenmesi, büyümesine etkisi bakımından, deney sürecinin birinci günü dışında, susuz-besinsiz bırakılmasına benzer bir durum göstermektedir. Kuru besin ile beslenme deney sürecinin birinci günü sonunda erginlerde canlı ağırlıkta yaklaşık %2 lik bir artışa, kuru besin ile birlikte su verilmesi yaklaşık % 31 lik bir canlı ağırlık artışına neden olmaktadır (Tablo 1).

Su verilmeden buğday kepeği ile beslenen *G.bimaculatus* ergin dişilerinin besin tüketiminin, su verilen deney grubu böceklerine göre oldukça az olduğu görülmektedir (Tablo 2). Su verilmeden beslenen erginlerin tükettikleri besin miktarı, deney sürecinin başlangıcından sonuna kadar her gün gittikçe düşmüştür. Halbuki su verilen deney grubu erginlerin tükettikleri besin miktarında az-çok dalgalanmalar olmakla birlikte, besin tüketimi deney sürecinin her gününde birbirine yakın miktarlarda seyretmiştir. Erginlerin canlı ağırlıklarına göre tükettikleri besin yüzdelerine bakıldığında, Su verilerek ve verilmeyerek beslenen deney grubu erginlerin canlı ağırlığa göre tükettikleri besin yüzdelerinin deney sürecinin birinci gününde diğer günlerdekinden farklı olduğu görülür. Bununla beraber, su verilerek beslenen erginlerin canlı ağırlığa göre tükettikleri besin yüzdeleri deney sürecinin birinci günü dışında diğer günlerde

Tablo 1. *G. bimaculatus*'un büyümesi üzerine besin dışı olarak verilen suyun, beslenmenin ve açlığın etkileri.

Deney Grupları	Canlı Ağırlık (mg) (Ortalama * ± S.D.**)#							
	Başlangıç	1.gün	2.Gün	3.gün	4.gün	5.gün	6.gün	7.gün
Su verilmeden								
Beslenme	705 ± 133 ^a	718 ± 138 ^{ab}	691 ± 125 ^{abc}	665 ± 118 ^{abcd}	641 ± 103 ^{acde}	613 ± 96 ^{def}	591 ± 87 ^{ef}	573 ± 84 ^f
Su verilerek								
Beslenme	547 ± 33 ^a	715 ± 49 ^b	719 ± 42 ^b	758 ± 20 ^b	754 ± 39 ^b	768 ± 56 ^b	735 ± 69 ^b	779 ± 56 ^b
Susuz - Besinsiz								
Beslenme	638 ± 76 ^a	618 ± 66 ^a	592 ± 68 ^b	572 ± 69 ^{bc}	557 ± 68 ^{cd}	543 ± 68 ^{de}	527 ± 62 ^{ef}	512 ± 57 ^f

* Dört tekrarın ortalaması

** Standart sapma

Yatay kolonda aynı harfi içeren değerler birbirinden farklı değildir, p>0.05

Tablo 2. *G.bimaculatus*'un tükettiği besin miktarı ve canlı ağırlığa göre tükettiği besinyüzdesi üzerine besin dışı olarak verilen suyun ve beslenmenin etkileri.

Deney Grupları	1.gün	2.Gün	3.gün	4.gün	5.gün	6.gün	7.gün
Tüketilen Besin Miktarı (mg) (Ortalama *(S.D.**)#							
Su verilmeden Beslenme	103 ± 28 ^a	35 ± 9 ^b	26 ± 6 ^{bc}	22 ± 10 ^{bc}	11 ± 3 ^{bc}	7 ± 2 ^{bc}	4 ± 2 ^c
Su vererek Beslenme	180 ± 22 ^a	115 ± 27 ^{ab}	151 ± 29 ^{ab}	106 ± 28 ^b	141 ± 29 ^{ab}	100 ± 37 ^b	140 ± 44 ^{ab}
Canlı Ağırlığa Göre Tüketilen Besin Yüzdesi (%) (Ort. * ± S.D.**)#							
Su verilmeden Beslenme	14.5 ± 2.9 ^a	4.9 ± 1.6 ^b	3.7 ± 0.3 ^{bc}	3.3 ± 1.6 ^{bc}	1.8 ± 0.8 ^{bc}	1.2 ± 0.5 ^c	0.7 ± 0.3 ^c
Su vererek Beslenme	33.0 ± 4.5 ^a	16.0 ± 3.9 ^b	20.8 ± 4.4 ^b	13.5 ± 3.3 ^b	18.8 ± 3.2 ^b	13.1 ± 4.7 ^b	18.0 ± 5.3 ^b

* Dört tekrarın ortalaması

** Standart sapma

Yatay kolonda aynı harfi içeren değerler birbirinden farklı değildir, p>0.05

istatistiki açıdan farksızken, su verilmeden beslenen erginlerin canlı ağırlığa göre tükettikleri besin yüzdesinde deney sürecinin ilk günlerine göre son günlerde olan azalma, istatistiki açıdan önemlidir (Tablo 2).

Su verilerek beslenen deney grubu erginlerin dışkı sayısı ve miktarları deney sürecinin her günü, su verilmeden beslenen deney grubu böceklerinkine göre

oldukça yüksektir (Tablo 3). Tablo 3 den de görüleceği gibi su verilerek beslenen deney grubu erginlerin dışkı sayısı ve miktarlarında deney sürecinin günleri arasındaki farklılıklar istatistiki açıdan önemli değildir. Buna karşın su verilmeden beslenen deney grubu erginlerin dışkı sayısı ve miktarlarında deney sürecinin birinci gününden son gününe kadar olan azalmalar, istatistiki açıdan önemlidir.

Tablo 3. *G.bimaculatus*'un dışkı miktarı üzerine besin dışı olarak verilen suyun ve Beslenmenin etkileri

Deney Grupları	1.gün	2.Gün	3.gün	4.gün	5.gün	6.gün	7.gün
Dışkı sayısı (adet) (Ortalama *(S.D.**)#							
Su verilmeden Beslenme	20.8±6.0 ^a	13.0±1.4 ^b	10.3±0.9 ^{bc}	7.8± 1.7 ^{bcd}	6.3±1.7 ^{cd}	3.8±1.5 ^d	3.0±1.4 ^d
Su vererek Beslenme	36.0±8.8 ^a	31.0±7.4 ^a	38.0±15.3 ^a	20.3±5.6 ^a	21.5±12.0 ^a	18.3±8.3 ^a	25.0±17.2 ^a
Dışkı miktarı (mg) (Ort. * ± S.D.**)#							
Su verilmeden Beslenme	33.5±11.8 ^a	18.0±5.2 ^b	10.8±2.5 ^{bc}	7.8±2.9 ^{bc}	5.0±1.6 ^c	3.3± 0.9 ^c	2.3±0.9 ^c
Su vererek Beslenme	60.8±9.7 ^a	49.0±12.4 ^a	58.5±23.6 ^a	33.8± 9.5 ^a	31.5±19.2 ^a	27.0±12.7 ^a	42.0± 27.2 ^a

* Dört tekrarın ortalaması

** Standart sapma

Yatay kolonda aynı harfi içeren değerler birbirinden farklı değildir, p>0.05

Su ve besin verilmeden açlığa bırakılan deney gruplarında, açlığın birinci günü sonunda bazı böceklerin bir veya iki adet dışkı çıkardıkları görülmüştür. Bununla beraber, bu deney gruplarında, deney sürecinin diğer günlerinde dışkıya benzer herhangi bir materyale rastlanmamıştır.

Su verilerek beslenen deney grubu erginlerin gerek sindirim katsayıları gerekse vücutta tutulan besin miktarları deney süresince önemli bir değişiklik göstermemektedir (Tablo 4). Su verilmeden beslenen deney grubu erginlerin sindirim katsayıları deney süresince dalgalanmalar göstererek deney sürecinin birinci gününe göre son günde önemli ölçüde azalmıştır. Buna karşın, aynı deney grubu erginlerin vücutta tutulan besin miktarlarında deney sürecinin birinci günü dışında diğer günlerde görülen farklılıklar istatistiki açıdan önemsizdir. Su verilerek beslenen deney grubu erginlerin vücutta tutulan besin miktarları, deney süresince su verilmeden beslenenlerinkine göre oldukça yüksektir (Tablo 4). Ayrıca, su verilmeden beslenen böceklerin sindirim katsayıları deney sürecinin birinci günü dışında diğer günlerde su verilerek beslenen böceklerin sindirim katsayılarından düşük bulunmuştur.

G.bimaculatus'un yeni ergin olan sıfır yaş dışı bireylerinin ortalama glikojen miktarı 0,598 mg canlı ağırlığa göre glikojen yüzdesi ise %0,09 olarak bulunmuştur (Tablo 5). Su verilmeden yedi gün boyunca

buğday kepeği ile beslenen erginlerin canlı ağırlıklarında deney başlangıcına göre deney süreci sonunda ortalama %18 lik bir kayıp olmaktadır. Ergin canlı ağırlığında hemen hemen aynı oranda bir kayıp (%19,7), yedi gün boyunca su verilmeden aç bırakılan bireylerde görülmektedir. Su verilmeden beslenen ve aç bırakılan bireylerin canlı ağırlıklarındaki kayıplara benzer durum, ortalama glikojen miktarları ve canlı ağırlığa göre glikojen yüzdelerinde de görülmektedir. Her iki deney grubu erginlerin canlı ağırlığa göre glikojen yüzdeleri de aynı olup, %0,04 dür (Tablo 5). Su verilmeden ölüncüye kadar aç bırakılan bireylerin canlı ağırlıklarında, öldüklerinde, deney başlangıcındaki canlı ağırlığa (656 mg) göre ortalama %40 lık bir kayıp olmaktadır. Bu erginler, su verilmeden açlığa maruz bırakılmalarıyla deney başlangıcından itibaren en az 8, en fazla 15 gün sonunda, ortalama 11 günde ölmüşlerdir. Su verilmeden açlığa bırakılan bu erginlerin ortalama glikojen miktarı 0,058 mg olup, bu miktar, sıfır yaşındaki bireylerin glikojen miktarının 1/10 u kadardır. Ortalama glikojen miktarı (1.108 mg) en yüksek, su verilerek buğday kepeği ile beslenen erginlerde görülmektedir. Bu miktar, su verilmeden buğday kepeği ile beslenenlerin glikojen miktarından yaklaşık beş kat, ölüncüye kadar aç bırakılanların glikojen miktarından yaklaşık 19 kat daha fazladır. Su verilerek bir hafta süreyle buğday kepeği ile

Tablo 4. *G. bimaculatus*'un sindirim katsayısı ve vücutta tutulan besin miktarı üzerine besin dışı suyun bulunup bulunmamasının etkileri

Deney Grupları	1.gün	2.Gün	3.gün	4.gün	5.gün	6.gün	7.gün
Sindirim Katsayısı (Ortalama * (S.D.**)#							
Su verilmeden Beslenme	68.0±4.0 ^a	47.5±11.0 ^{bc}	57.8±6.9 ^{ac}	63.0±6.4 ^{ac}	55.5±3.7 ^{ac}	52.5±8.0 ^{ac}	45.7±8.5 ^{bc}
Su verilerek Beslenme	66.0±4.4 ^a	57.0±4.8 ^a	62.0±10.4 ^a	66.8±13.4 ^a	77.8±10.3 ^a	72.0±11.9 ^a	71.5±11.1 ^a
Vücutta Tutulan besin miktarı (Ortalama * (S.D.**)#							
Su verilmeden Beslenme	69.3±16.7 ^a	16.8±5.8 ^b	15.0±4.5 ^b	14.0±7.2 ^b	6.0±1.4 ^b	3.8±1.5 ^b	2.0±1.2 ^b
Su verilerek Beslenme	118.8±18.1 ^a	66.0±17.0 ^a	92.0±15.4 ^a	72.0±33.2 ^a	109.5±26.0 ^a	73.0±35.4 ^a	97.8±25.2 ^a

* Dört tekrarın ortalaması

** Standart sapma

Yatay kolonda aynı harfi içeren değerler birbirinden farklı değildir, p>0.05

Tablo 5. *G.bimaculatus*'un glikojen düzeyine besin dışı suyun ve beslenmenin etkileri.

Deney Grupları	Canlı Ağırlık (mg) (Ortalama *± S.D.**)#		Glikojen mik. (mg) (Ortalama *± S.D.**)#	Canlı Ağırlık. göre Glikojen (%) si (Ortalama *± S.D.**)#
	Başlangıç	Deney sonu		
Yeni olan Ergin (0 Yaş)	640±70	-----	0.598±0.099 ^a	0.09±0.01 ^a
Su verilmeden Beslenme	705±133	607±80	0.215±0.057 ^b	0.04±0.01 ^b
Su verilerek Beslenme	547±33	779±52	1.108±0.189 ^c	0.14±0.02 ^c
Su verilmeden Açlık	638±76	512±57	0.170±0.042 ^b	0.04±0.01 ^b
Ölünceye Kadar Açlık	656±14	395±27	0.058±0.022 ^d	0.01±0.00 ^d

* Dört tekrarın ortalaması

** Standart sapma

Düşey sütunda aynı harfi içeren değerler birbirinden farklı değildir, p>0.05

beslenen erginlerin canlı ağırlığında deney başlangıcına göre ortalama %43 lük bir artış olmuştur

Tartışma

Böceklerde diğer hayvanlar gibi suyu ya besinlerden ya metabolik sudan ya da içmek suretiyle karşılarlar (1). *G. bimaculatus*, sıcak-ılıman iklim kuşağına sahip olan yerlerde, Ülkemizde Güney Doğu Anadolu ve Akdeniz bölgelerinde genellikle taş altları ve toprak çatlaklarında yaşayan, bulduğu bitki ve hayvan kırıntıları ile beslenen bir türdür (10). Laboratuvarımızda kültüre alınan *G.bimaculatus* erginlerinin su ihtiyaçlarını hem su emdirilmiş pamuğu çiğnemek hem de birbirlerini yemek suretiyle karşılamış oldukları gözlemlenmiştir. Kültür ortamındaki bireylerden özellikle erginler, su ihtiyaçlarını su emdirilmiş pamuğu çiğneyerek karşılamaktadır.

Laboratuvar gözlemlerimize göre, *G.bimaculatus*'un yumurtalardan yeni çıkan nimfleri, su ihtiyaçları karşılanarak buğday kepeği ile beslendikleri zaman, 8 evre geçirerek , 1,5 - 2 ay da ergin olmaktadır. Bu türün birinci evre nimflerinin kuru buğday kepeği ile beslenerek büyüme ve gelişmelerinin izlenmesi bu çalışmada yer almamakla beraber, çalışmamızda *G.bimaculatus* ergin dişilerinin su verilmeden buğday kepeği ile beslenmelerinin büyümeyi sağlayamamış olmasından (Tablo 1) bu böceklerin birinci evre nimflerinden itibaren de, büyüme ve gelişmelerinde su ihtiyacının karşılanması gerekli gibi görünmektedir.

Böceklerin büyüme ve gelişmesinde su önemli rol oynar. Herbivor lepidoptera larvalarının büyüme ve gelişmesinde besindeki su miktarı kritik bir rol oynamaktadır (3,4). Bazı böcekler, belirli bir vücut ağırlığını kazanabilmek için, su oranı düşük besinden daha fazla yemek zorundadırlar. Bu durumda, böceğin gelişme süresi uzamakta ayrıca canlı ağırlığı da azalmaktadır (11). *G. bimaculatus*'ta su verilmeden kuru besin ile beslenme besin tüketimini artırmamış, aksine azaltmış, bunun sonucu olarak, su verilen deney grubu erginlere göre canlı ağırlıkta, deney sürecinde önemli bir azalma olmuştur. (Tablo 1,2).

Su verilmeden buğday kepeği ile beslenen ve aç bırakılan erginlerin canlı ağırlıklarında, deney başlangıcına göre bir haftalık süre sonunda birbirlerine çok yakın oranlarda bir azalma olmaktadır (sırasıyla, %18 ve %19,7). Bu durum, *G. bimaculatus*' un su verilmeden beslenmesinin büyüme bakımından aç bırakılmayla arasında önemli bir farkın olmadığını göstermektedir. Halbuki *G. bimaculatus*'un su verilerek beslenmesi, deney başlangıcına göre bir haftalık süre sonunda erginlerin canlı ağırlığında ortalama %43 lük bir artışa neden olmaktadır. *G. bimaculatus* ergin dişileri, su verilmeden açlığa en fazla 15 gün dayanabilmişlerdir. Bu erginler, öldüklerinde canlı ağırlıklarında deney başlangıcına göre ortalama %40 lık bir azalma olmaktadır. Ölünceye kadar su ve besin verilmeden aç bırakılan bu deney grubu erginlerde bu kadar yüksek orandaki ağırlık kaybının bir kısmı ergin vücudundan buharlaşan su kaybından önemli bir miktarı da vücut enerji maddelerinin kullanılmış

olmasından kaynaklanabilir. Bu durumda, bu deney grubu erginlerde vücut enerji maddelerinin oksidasyonu sonucu oluşan metabolik suyun diğer deney grupları erginlerine göre daha fazla oluşabildiğini söylemek mümkündür. Yine de bu fikrin mümkün olabileceğini söylemek için tüm deney grubu erginlerde su oranlarının tayin edilmesi gerekmektedir.

G.bimaculatus'un su verilmeden ve su verilerek buğday kepeği ile beslenen deney grupları erginlerinin her ikisinde deney sürecinin 1. günü sonunda gerek canlı ağırlık, gerek tüketilen besin miktarı gerekse dışkı sayısı ve miktarının fazla oluşu bu erginlerin deneye alınmadan bir gün aç bırakılmasının bir sonucudur (Tablo 1-3).

G.bimaculatus ergin dişilerinin besin tüketiminde suyun önemli bir rolü olduğu görülmektedir (Tablo 2). Buna karşın kuru odun yiyen Termitler gibi (11) bazı böcek türlerinde su, besin alımını etkilememektedir. Fakat *G.bimaculatus*'ta su almadan besin tüketimi, sınırlı görünmektedir. Su vermeden beslenen *G.bimaculatus* 'un besin tüketimi deney sürecinin her geçen günü azalmıştır. Halbuki erginlere su verilmesi, deney sürecinin birinci günü sonunda su verilmeyen gruba göre erginlerin yaklaşık %50 daha fazla besin almasına neden olmuştur.

G.bimaculatus 'un kuru besin ile birlikte su alması, sindirim etkinliğinde de önemli rol oynamaktadır. Bu böcekte su vasıtasıyla daha fazla besin vücuda alınmakta, sindirime uğrayabilmekte ve sindirim kanalından emilebilmektedir. Su, bu görevini besini yumuşatma, besinin iletimini kolaylaştırma, sindirim ve emilim reaksiyonları için gerekli ortamı sağlayarak yapmaktadır. Kuru besin ile beslenen *G.bimaculatus* dişilerinde, su alan deney grubuna göre sindirim katsayıları ve vücutta tutulan besin miktarlarının deney sürecinin başlangıcından sonuna kadar daha düşük bulunması suyun, bu böceğin sindirim etkinliğinde önemli rol oynadığını göstermektedir.

G.bimaculatus 'un kuru besin ile beslenen bireylerinin dışkı sayıları ve miktarları, su alarak beslenenlerinkine göre çok daha az sayı ve miktarda olmakla birlikte, aynı zamanda daha küçük ve oldukça da kurudur. Su verilmeden beslenen bu erginlerin dışkıları deney sürecinin sonlarına doğru daha da küçülmüştür. Bu durum, şüphesiz, böceğin vücudundan su kaybını azaltan bir önlem olarak ortaya çıkmaktadır. Zira, böceklerde dışkıların kuru olarak çıkarılması, su kaybını azaltan adaptasyonlardan birisidir (12). Bununla beraber,

G.bimaculatus 'un su alarak beslenen bireylerinin dışkıları hafif nemli olmaktadır. Bu durum karşısında, *G.bimaculatus* gibi böceklerin bir çoğunun kuru besin ile beslendiklerinde vücutlarındaki suyu muhafaza etmek için daha kuru dışkı çıkardıkları söylenebilir. Su verilmeyen *G.bimaculatus* ergin dişilerinin tükettiği besin miktarının az olması, dışkı miktarının da az olması demektir. Susuz olarak aç bırakılan deney gruplarında deney sürecinde dışkı oluşturulamamıştır. Bu durum, *G.bimaculatus* un besin ve su almadan dışkı oluşturamayacağını göstermektedir. Her ne kadar susuz olarak aç bırakılan bu böcekte de proteinlerin yıkımı neticesinde ürik asit oluşmuşsa da ürik asit dışkı olarak vücut dışına atılamamıştır.

Böceklerde besin alma etkinliğine bağlı olarak glikojen düzeyi artmakta açlık durumunda ise azalmaktadır (13-15). *G.bimaculatus* 'un bir hafta süreyle susuz olarak aç bırakılan ve buğday kepeği ile beslenen bireylerinin glikojen miktarları arasında istatistiki açıdan önemli bir fark bulunamamıştır. (Tablo 5). Buna karşın *G. bimaculatus*'un su alarak beslenen bireylerinin glikojen miktarı, su almayanlarınkine göre beş kat daha fazladır. Bu durum tabii ki su alarak beslenen böceklerin su verilmeyenlere göre çok daha fazla besin almalarının bir sonucudur. Su verilerek beslenen böceklerin bir haftalık besin tüketiminin (933 mg) su verilmeyen böceklerininkinden (208 mg) yaklaşık beş kat fazla olması, bu deney gruplarında glikojen düzeyi ilgili sonuçları doğrulamaktadır.

Ölünceye kadar susuz olarak aç bırakılan *G.bimaculatus* erginlerinde glikojen miktarı, su verilerek buğday kepeği ile beslenen bireylerinininkinin yaklaşık 1/19'u hiç besin almamış yeni ergin olan bireylerinininkinin ise yaklaşık 1/10 u kadardır (Tablo 5). Bu durum, suyun etkisiyle olan besin almaya bağlı olarak *G.bimaculatus* 'un yeni ergin olan dişilerinin, deney sürecinde glikojen sentezlediğini, susuz olarak aç kalmaya bağlı olarak ise de mevcut glikojenini harcadığını ifade etmektedir.

G.bimaculatus ergin dişilerinin su alarak beslenmesi böceğin canlı ağırlığında yaklaşık %43 lük bir artışa (Tablo 1) susuz ve aç olarak ölüme terkedilmesi yaklaşık %40 lık bir kayıba neden olmaktadır. Bu durum, *G.bimaculatus* 'un su alarak beslenmeye bağlı olarak canlı ağırlığını en fazla % 43 olarak artırarak yaşamını devam ettirdiğini, susuz ve aç kalmaya bağlı olarak da canlı ağırlığının %40 nı kaybetmesiyle yaşamını sona erdirdiğini göstermektedir.

Bu çalışmanın bulgularına göre *G.bimaculatus*'un yeni ergin olan dişilerinin kuru besin ile birlikte su alarak beslenmesi, böceğin yeterli miktarda besin almasına neden olmakta, bu da böceğin büyüme, sindirim etkinliği, dışkı oluşumu ve glikojen düzeyinde önemli bir artışa yol açmaktadır.

Kaynaklar

1. Friend, W.G. and Dadd, R.H., Insect Nutrition. In "Advances In Nutritional Research", ed. by H. Draper), 4: 205-247. Plenum Publishing Corporation, 1982.
2. Pelletier, Y., Effects of Temperature and Relative Humidity on Waterloss by the Colorado Patoto, Beetle, *Leptinotarsa decemlineata* (Say). *J. Insect Physiol.* 41: 235-239, 1995.
3. Mattson, W.J. and Scriber, J.M., Nutritional ecology of insect folivorus of woody plants: nitrogen water, fiber and mineral considerations. In *Nutritional Ecology of Insect, Mites, Spiders and Related Invertebrates* (ed.by Slansky, Jr. F and Rodriguez, J.G.) 105-146. Wiley, Newyork, 1987.
4. Slansk, F.Jr. and Scriber, J.M., Food Consumption and utilization. In *comparative Insect Physiology, Biochemistry and* (ed. by Kerkut, G.A and Gilbert, L.J.), 4: 87-163. Pergamon Press, oxford. 1985.
5. Scriber, J.M., Limiting effects of Low Leaf water content on the nitrogen utilization, energy budget and Larval growth of *Hyalophora cecropia* (Lepidoptera: Saturnidae). *Oecologia* 28: 269-287, 1977.
6. Reese, J.C. and Beck, S.D., Interrelationships of nutritional indices and dietary moisture in the black cutworm (*Agrotis ipsilon*) digestive efficiency. *J. Insect Physiol.*, 24: 4: 473-479, 1978.
7. Van't Hof, H.M. and Martin, M.M., The effect of diet water content on energy expenditure by third-instar *Manduca sexta* Larvae (Larvae (Lepidoptera: Sphingidae), 35: 433-436, 1989.
8. Roe, J.H. Bailey, J.M., Gray, R.R. and Robinson, J.N., complete removal of glycogen from tissues by extraction with cold trichloroacetic acid solution. *J. Biol. Chem.*, 236:1224: 1246, 1961.
9. Caroll, N.V., Longley, R.W. and Roe, J.H., The determination of glycogen in liver and muscle by the use of anthron reagent. *J. Biol.Chem.*, 220:586-593, 1956.
10. Gümüşsuyu İ., Türkiye Gryllidae (Orthoptera) faunası üzerinde sistematik çalışmalar ile türlerin habitat ve davranışlarına ait gözlemler. *Ankara Bölge Zirai Müc.Arş. Enst. Md., Arş., Es. No: 42, 1-91, 1981.*
11. Kansu, A., Böcek Ökolojisi ve Epidemiyolojisi Ders Kitabı, Ankara, 1965, Ankara Üniv. Ziraat Fakültesi Yayınları. No: 242, 134 sayfa.
12. Wigglesworth, V.B., *Insect Physiology*. 6th ed. Chapman and Hall London, 1974.
13. Ludwig, D., The metabolism of starved nymphs of the grasshoper, *Chartophaga viridifasciata* de Geer. *Physiol. Zool.*,23: 41-47, 1950.
14. Murad, J.S.H., S.A. and Usmani, N.N., Glycogen concentration in fed and starved *Locco trophes maculatus* (adult) and *Culex pipiens fatigans* (larval and pupal forms). *Indian J. Zool.* 4: 19-22, 1976.
15. Ziegler, R., Changes in lipid and carbohydrate metabolism during starvation in adult *Manduca sexta*. *Jour. of. Comp. physiol. B.*, 161: 125-131, 1991.

Teşekkür

Çalışmanın istatistik değerlendirmesini yapan Prof. Dr. Levent Ündar'a (Akdeniz Üniversitesi Tıp Fakültesi, Hematoloji Bilim Dalı, Antalya, Türkiye) teşekkür ederim.