



The Effects of Different Secondary Compounds on the Development of *Uresiphita gilvata* (Lepidoptera: Crambidae) Larvae

Elif Fatma Topkara

Department of Biology, Faculty of Arts and Sciences, Ondokuzmayıs University, 55139 Samsun, Turkey
E-mail: topkaraelif@hotmail.com, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4743-2914>

ARTICLE INFO

Research Article

Received : 21/09/2018
Accepted : 25/01/2019

Keywords:

Herbivory
Tannic Acid
Gallic Acid
p-Coumaric Acid
Artificial Diet

ABSTRACT

In this study, synergistic effects of secondary compounds on the total diet amount of consumption and biological properties of *Uresiphita gilvata*, which is a polyphagous species, were investigated. The biological properties of this species against different secondary compounds will provide important clues in the fight against species. For this purpose, nine diets were prepared by adding tannic acid, gallic acid and *p*-Coumaric acid at different concentrations (1, 3, 5%) in the control diet. With the addition of these secondary compounds to the diet at 3% concentration, a total of fourteen diets were prepared, three diets in double combination, and one diet in triple combination. Compared to the control group, it was found that increasing amounts of tannic acid and *p*-Coumaric acid in the diet resulted in a decrease in total dietary consumption and pupal protein amounts of *U. gilvata* larvae. It was found that the total consumption amount and pupal weight increased with the increase of gallic acid concentration in diets. The development time was prolonged by adding all three secondary compounds to the diet at increasing concentrations. In this study, it was observed that the larvae were resistant at the related concentrations and combinations of the secondary compounds used in this study and reached the pupae stage.

Türk Tarım – Gıda Bilim ve Teknoloji Dergisi 7(2): 253-257, 2019

Farklı Sekonder Maddelerin *Uresiphita gilvata* (Lepidoptera: Crambidae) Larvalarının Gelişmesine Etkileri

MAKALE BİLGİSİ

Araştırma Makalesi

Geliş : 21/09/2018
Kabul : 25/01/2019

Anahtar Kelimeler:

Herbivorluk
Tanik asit
Gallik asit
p-Kumarik asit
Yapay diyet

ÖZ

Bu çalışmada polifag bir tür olan *Uresiphita gilvata*'nın toplam diyet tüketim miktarı ve biyolojik özellikleri üzerine sekonder maddelerin birlikte etkisi araştırılmıştır. Farklı sekonder maddelere karşı bu türün sergileyeceği biyolojik özellikler, türle mücadelede önemli ipuçları sağlayacaktır. Bu amaçla, kontrol diyetine farklı konsantrasyonlarda (%1, 3, 5) tanik asit, gallik asit ve *p*-Kumarik asit eklenerek dokuz diyet hazırlanmıştır. Bu sekonder maddelerin %3 konsantrasyonda diyetle ilave edilmesiyle ikili kombinasyonda üç diyet ve üçlü kombinasyonda bir diyet olmak üzere toplamda on dört diyet hazırlanmıştır. Kontrol grubuna kıyasla, diyetle artan miktarlarda tanik asit ve *p*-Kumarik asit ilave edilmesi ile *U. gilvata* larvalarının toplam diyet tüketim miktarlarında ve pupa protein miktarlarında azalma olduğu bulunmuştur. Diyetlerdeki gallik asit konsantrasyonunun artışıyla toplam tüketim miktarının ve pupa ağırlığının arttığı bulunmuştur. Her üç sekonder maddenin de diyetle artan konsantrasyonlarda ilave edilmesi ile gelişme süreleri uzamıştır. Bu çalışmada kullanılan sekonder maddelerin ilgili konsantrasyonlarına ve kombinasyonlarına larvaların dirençli olduğu ve pupa evresine ulaşabildikleri gözlemlenmiştir.



Giriş

Böcekler, yeryüzündeki en çeşitli hayvan grubudur. Birçok böcek türü hayatları boyunca bazı aşamalarda bitkilere bağımlıdır. Herbivor böceklerde, beslenme, çiftleşme ve ovipozisyon gibi böceklerin fitnessini etkileyen önemli davranışlar bitkiler ile yakından ilişkilidir (Schoonhoven ve ark., 2005).

Böcekler ve bitkiler arasındaki uzun süreli birlikte- evrimleşme, hem böceklerde hem de bitkilerde farklı adaptasyonların gelişmesine neden olmuştur. Böcekler, beslenme davranışlarında adaptasyonlar geliştirirken; bitkiler, çeşitli özellikleri ile herbivorları olumsuz yönde etkilemeyi başarırlar. Bitkiler, herbivor saldırılarını önlemek için fiziksel bariyerler (kıl, trikoma) ve ürettikleri sekonder kimyasal bileşikler ile herbivor saldırılarını azaltırlar. Sekonder bileşiklerin böcekleri caydırma, konak seçimini değiştirme ve konağı manipüle etme gibi birçok görevi vardır (Karban ve Agrawal, 2002; Despres ve ark., 2007). Sekonder bileşikler arasında fenolikler, bitkiler tarafından yaygın olarak üretilen sekonder kimyasal bileşiklerdir. Fenolik bileşikler patojenlere karşı bitki savunmasında rol oynarlar (Lattanzio ve ark., 2006) ve herbivor böceklerle karşı etkilidirler (Sambangi ve Usha Rani, 2016).

Çalışmada kullanılan sekonder bileşiklerden olan tanenler, omurgasız herbivorlar tarafından tüketilen besinlerin sindirilebilirliğini azaltırlar (Bernays ve ark., 1989; Barbehenn ve Constabel, 2011). Bunun yanı sıra, tanenlerin antioksidan (Wu ve ark., 2004; Andrade ve ark., 2005) ve antimutajenik (Chen ve Chung, 2000; Ferguson, 2001) özelliklere sahip olduğu bilinmektedir. Gallik asit ve türevleri bitkiler âleminde yaygın şekilde bulunmaktadır ve bundan dolayı bitki sekonder polifenolik metabolitleri olarak doğal antioksidanların büyük bir familyasını temsil ederler (Lu ve ark., 2006). *p*-Kumarik asit esterleşmiş biçimde ya da serbest asit şeklinde birçok meyve, sebze ve otsu bitkide bulunmaktadır (Mussatto ve ark., 2007). *p*-Kumarik; asit antimikrobiyal (Proestos ve ark., 2006), antioksidan (Caia ve ark., 2004) ve antiviral (Stankova ve ark., 2009) özelliklere sahiptir.

Çalışmada kullanılan tür olan *Uresiphita gilvata* (Fabricius, 1794) (Lepidoptera: Crambidae) Avrupa'da ve Kuzey Afrika'da yaygın olarak bulunmaktadır. Eylül ve Ekim aylarında görülen ve göç eden bir güve türüdür. *U. gilvata* güvesinin larvaları genellikle bitki sürgünleri ile beslenmektedir. Larvalar *Genista*, *Cytisus*, *Sophora* ve *Ulex* cinslerine ait otsu bitkilerle beslenirler.

Herbivorlar üzerine yapılan birçok çalışmada, sekonder maddelerin tekli konsantrasyonları kullanılmıştır (Yanar, 2013; Sambangi ve Usha Rani, 2016; Vijaya ve Usha Rani, 2017). Hâlbuki bir bitkide birden fazla sekonder madde mevcut olabilir. Bu fikirden yola çıkarak, çalışmamızın amacı hazırlanan farklı yapay diyetlerde farklı konsantrasyonlarda bulunan sekonder maddelerin ve bu maddelerin kombinasyonlarının *U. gilvata* (Lepidoptera: Crambidae) larvalarına olan birlikte etkilerini araştırmaktır.

Materyal ve Metot

Larvaların Elde Edilmesi

Uresiphita gilvata türüne ait larvalar 2017 Eylül ayında Samsun ilinin Bafra ilçesinde bulunan Kızılırmak

Deltası'nda halk arasında acı meyan adı verilen *Sophora alopecuroides* L. (Fabaceae) türüne ait bitkilerden toplanmıştır.

Beslenme Deneyleri

Larvalar, son larva evresine gelene kadar stok kültür oluşturularak beslenmiştir. Son evredeki larvalar her diyet grubunda 10 larva olacak şekilde tekli plastik kaplara alınmıştır. Bu beslenme deneylerinde, yeni diyet 0,001 g hassasiyetli terazide gün aşırı tartılarak, 10 larvanın tüketebileceği günlük tüketimden daha fazlası değişen miktarlarda verilmiş ve kalan diyetler etüvde kurutulmuştur. Daha sonra, kalan diyetlerin kuru ağırlıkları tartılmıştır. Larvalardaki ağırlık değişimleri gün aşırı tartılarak not edilmiştir. Bu işlemlere larvalar pupa oluncaya kadar devam edilmiştir.

Yapay Diyet İçerikleri

Bu çalışmada, farklı sekonder maddelerin ve bunların farklı kombinasyonlarının *U. gilvata* larvalarının büyüme ve gelişmesine olan etkilerini belirlemek amacıyla farklı içeriklerde yapay diyetler hazırlanmıştır. Larvaları beslemek amacıyla Yamamoto (1969) tarafından geliştirilen yapay diyet kontrol diyeti olarak kullanılmıştır. Kontrol diyeti içerisine çalışmanın amacına uygun olarak; sekonder maddelerden tanik asit (TA), gallik asit (GA) ve *p*-Kumarik asit (PKA) ilave edilerek farklı diyetler hazırlanmıştır. Kontrol diyetine toplam kuru ağırlık bakımından bu sekonder maddelerin değişen konsantrasyonlarda (%1, 3, 5) ilavesiyle dokuz diyet yapılmıştır. Bu sekonder maddelerin %3 konsantrasyonda kontrol diyetine ilave edilmesiyle ikili kombinasyonda üç diyet hazırlanmıştır. Üçlü kombinasyonda (TA+GA+PKA) bir diyet hazırlanarak totalde on dört diyet ile beslenme deneyi gerçekleştirilmiştir. Deney, 16 saat aydınlık-8 saat karanlık bir periyotta 27°C sıcaklık ve %70 neme ayarlanmış bir inkübatörde yapılmıştır (Tablo 1).

Tablo 1 Diyet tipleri ve diyet içerikleri

Table 1 Diet types and diet contents

Diyet Tipi	Diyet İçeriği
A	Kontrol Diyeti (KD)
B	KD + %1 TA
C	KD + %3 TA
D	KD + %5 TA
E	KD + %1 GA
F	KD + %3 GA
G	KD + %5 GA
H	KD + %1 PKA
I	KD + %3 PKA
J	KD + %5 PKA
K	KD + %3 TA + %3 GA
L	KD + %3 TA + %3 PKA
M	KD + %3 GA + %3 PKA
N	KD + %3 TA + %3 GA + %3 PKA

Kloroform ile Pupalardan Lipit ve Protein Analizi

Pupalar, kuru ağırlıklarının hesaplanabilmesi için 50°C'deki etüvde sabit ağırlığa gelene kadar yaklaşık 10 gün muhafaza edilmiştir. Lipit içeriklerinin belirlenebilmesi için pupalar kloroform içinde 24 saat

tutulmuş ve işlem 3 kez tekrar edilmiştir. Böylece, pupa örneklerinden lipit içeriği uzaklaştırılmıştır. Bundan sonra pupalar, tekrar etüve konularak sabit ağırlığa gelene kadar yeniden kurutulmuştur. Sonrasında ise, tartılarak pupaların lipitsiz ağırlıkları kayıt edilmiştir. Bu verilerden pupaların yüzde lipit miktarları hesaplanmıştır (Simpson, 1983). *U. gilvata* pupalarının azot tayini semi-mikro Kjeldahl metodu ile Kjeltec Auto 1030 analizörü (Tecator, Sweden) ile yapılmıştır. Bulunan %N (Azot) miktarları 6.25 sabiti ile çarpılarak % protein miktarları bulunmuştur (Oonincx ve ark., 2015).

İstatistiksel Analizler

Bu çalışmada farklı diyet gruplarında beslenen *U. gilvata* larvalarının toplam tüketim miktarları, pupa ağırlıkları, pupa protein ve lipit miktarları ile gelişme sürelerinin arasındaki farkın istatistiki olarak farklı olup olmadığı tek yönlü varyans analizi (ANOVA) testi ile belirlenmiştir. Ortalamalar arasındaki farkın önemli olduğu noktada ise her deney grubunun yalnızca kontrol grubuyla karşılaştırılmasını sağlayan Dunnett testi kullanılmıştır ($\alpha=0,05$). Bu testler için SPSS 17 versiyonu kullanılmıştır.

Bulgular ve Tartışma

Deneme bulguları incelendiğinde, toplam tüketim miktarlarının, kontrol diyetine kıyasla diğer diyet grupları ile beslenen larvalarda (K diyeti hariç) istatistiksel olarak farklıklar gösterdiği belirlenmiştir. Fenolik bileşikler, beslenme caydırıcıları olarak görev yaparlar (Simmonds ve Stevenson, 2001; Green ve ark., 2003, Usha Rani ve Ravi Babu, 2011). Bu durumda, larvaların tüketim miktarında azalma söz konusu olur. Artan tanik asit ve *p*-Kumarik asit konsantrasyonu ile *U. gilvata* larvalarının toplam tüketim miktarlarının kontrol grubuna kıyasla azaldığı tespit edilmiştir. Aksine, diyetle ilave edilen gallik asit konsantrasyonu arttıkça, toplam tüketim miktarının kontrol grubuna kıyasla arttığı bulunmuştur (Tablo 2).

Sekonder maddelerin birlikte kullanıldıkları ikili ve üçlü kombinasyon diyetlerinde (K, L, M ve N), içerisinde tanik asit bulunan diyet gruplarının (K, L ve N) tüketim miktarları kontrol grubuna kıyasla düşük olmuştur ($P<0,001$). Bu durumun, tanik asidin beslenmede caydırıcı etkiye sahip olmasından kaynaklandığı düşünülmektedir (Simpson ve Raubenheimer, 2001).

Tablo 2 *Uresiphita gilvata* larvalarının beslenme deneylerinden elde edilen toplam tüketim miktarı, pupa ağırlığı, pupa protein miktarı, pupa lipit miktarı ve gelişme süresi

Table 2 Total consumption amount, pupal weight, amount of pupal protein, amount of pupal lipid and development time obtained from feeding experiments of *Uresiphita gilvata* larvae

Diyet tipleri	Toplam tüketim miktarı (mg)	Pupa ağırlığı (mg)	Pupa protein miktarı (mg)	Pupa lipit miktarı (mg)	Gelişme süresi (gün)
Ortalama \pm standart hata					
A	462.5 \pm 0.1	84.4 \pm 0.7	15.5 \pm 0.2	64.6 \pm 0.2	3.2 \pm 0.1
B	419.5 \pm 1.4	68.4 \pm 0.2	13.9 \pm 0.1	36.1 \pm 0.1	3.2 \pm 0.1
C	368.9 \pm 1.4	59.5 \pm 0.2	12.3 \pm 0.1	44.0 \pm 0.1	3.6 \pm 0.2
D	360.5 \pm 1.4	55.4 \pm 0.2	12.7 \pm 0.1	48.9 \pm 0.1	4.4 \pm 0.1
E	572.2 \pm 0.1	66.0 \pm 0.2	16.4 \pm 0.1	55.8 \pm 0.1	3.0 \pm 0.1
F	609.1 \pm 3.1	67.4 \pm 0.2	13.1 \pm 0.1	54.9 \pm 0.2	3.1 \pm 0.1
G	704.9 \pm 0.9	67.6 \pm 0.2	16.9 \pm 0.1	49.8 \pm 0.2	3.2 \pm 0.1
H	510.7 \pm 1.4	55.6 \pm 0.7	15.6 \pm 0.2	43.2 \pm 0.1	3.3 \pm 0.2
I	441.5 \pm 0.1	55.4 \pm 0.2	13.2 \pm 0.2	39.6 \pm 0.1	3.8 \pm 0.1
J	416.1 \pm 0.1	51.3 \pm 0.6	12.9 \pm 0.2	36.5 \pm 0.1	3.9 \pm 0.1
K	461.5 \pm 0.1	79.4 \pm 0.6	15.0 \pm 0.1	63.6 \pm 0.1	3.2 \pm 0.1
L	388.9 \pm 0.1	55.5 \pm 0.1	12.7 \pm 0.1	50.0 \pm 0.1	3.6 \pm 0.1
M	549.2 \pm 1.3	58.0 \pm 0.6	15.1 \pm 0.2	48.8 \pm 0.1	3.2 \pm 0.1
N	447.5 \pm 1.0	67.4 \pm 0.2	13.4 \pm 0.1	51.6 \pm 0.1	3.2 \pm 0.1
s.d.*	139	139	139	139	139
F	429.1	119.4	163.5	685.9	15.2
P	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001
ANOVA					
Dunnet testi	B<0.001	B<0.001	B<0.001	B<0.001	C<0.001
	C<0.001	C<0.001	C<0.001	C<0.001	D<0.001
	D<0.001	D<0.001	D<0.001	D<0.001	E<0.001
	E<0.001	E<0.001	E<0.001	E<0.001	F<0.001
	F<0.001	F<0.001	F<0.001	F<0.001	H<0.001
	G<0.001	G<0.001	G<0.001	G<0.001	I<0.001
	H<0.001	H<0.001	I<0.001	H<0.001	J<0.001
	I<0.001	I<0.001	J<0.001	I<0.001	L<0.001
	J<0.001	J<0.001	K<0.001	J<0.001	
	L<0.001	L<0.001	L<0.001	L<0.001	
	M<0.001	M<0.001	N<0.001	M<0.001	
	N<0.001	N<0.001		N<0.001	

Kontrol grubuna kıyasla, artan tanik asit ve *p*-Kumarik asit konsantrasyonu ile larvaların pupa ağırlıkları azalmıştır. Bu durum, literatür kayıtlarıyla (Zalucki ve Malcolm, 1999; Li ve ark., 2000) örtüşmektedir. Diyetlere artan konsantrasyonda gallik asit ilavesiyle, pupa ağırlıklarında artış olduğu tespit edilmiştir. Bu bulgu, yapılan bazı çalışmalarda (Underwood ve ark., 2002; Garcia ve ark., 2003) sekonder maddelerin herbivor kütlelerini arttırması ile uyum göstermektedir. Sekonder maddelerin birlikte kullanıldıkları ikili ve üçlü kombinasyon diyetlerinde (K, L, M ve N) beslenen larvaların pupa ağırlıkları, kontrol diyetinde beslenen larvalardan düşük olmuştur. C diyeti ile beslenen larvaların pupa ağırlığı kontrol grubuna göre düşük iken, gallik asit ile birlikte kullanıldığı M diyetinde iki sekonder maddenin (tanik asit ve gallik asit) birlikte etkisiyle, pupa ağırlığının artış gösterip istatistiksel olarak kontrol grubu ile aynı olması birlikte etkiyi göstermektedir.

Tüm diyet grupları içerisinde en yüksek pupa protein miktarının %5 gallik asit içeren diyet grubunda (G diyet grubu) beslenen larvalarda olduğu bulunmuştur. Sekonder maddelerin düşük konsantrasyonları herbivorlarda pozitif bir etkiye sahipken, daha yüksek konsantrasyonlarda bu pozitif etki azalmaktadır (Smilanich ve ark., 2016). Çalışmamızda, artan *p*-Kumarik asit konsantrasyonu ile pupa protein miktarının azaldığı tespit edilmiştir. Bu durum, tür için dezavantaj sağlar. Sekonder maddelerin birlikte kullanıldıkları ikili ve üçlü kombinasyon diyetlerinde (K, L, M ve N) beslenen larvaların pupa protein miktarları, kontrol diyetinde beslenen larvalara kıyasla düşüktür. Gallik asidin tanik asit (K diyeti) ve *p*-Kumarik asit (M diyeti) ile birlikte kullanıldığı diyetlerde, bu sekonder madde tanik asit ve *p*-Kumarik asidin tek başına yaptıkları etkiyi arttırarak birlikte etkinin pozitif yönünü göstermiştir.

Tanik asidin artan konsantrasyonda diyete ilave edilmesiyle pupa lipit miktarında artış olduğu belirlenmiştir. Diyete artan konsantrasyonlarda gallik asit ve *p*-Kumarik asit ilavesiyle, lipit miktarında azalma meydana gelmiştir. Ergin dönem süresince kullanılan lipitler, ergin öncesi gelişme evrelerinde depolanan lipitlerden karşılanmaktadır (Giron ve Casas, 2003). Bu durumda, tanik asit bu tür için avantaj sağlayacaktır. Sekonder maddelerin birlikte kullanıldığı diyetlerde, gallik asit ve *p*-Kumarik asidin birlikte kullanıldığı diyet (P), diğer diyet gruplarına kıyasla en düşük lipit miktarına sahiptir.

Yapılan bazı çalışmalarda (Underwood ve ark., 2002; Garcia ve ark., 2003) sekonder maddelerin, gelişme süresini uzattığı bildirilmiştir. Gelişme süreleri diyete ilave edilen tanik asit, gallik asit ve *p*-Kumarik asit konsantrasyonlarının artışı ile uzamıştır. Gelişme süresinin uzaması, türün avcıları ile karşılaşma riskini arttıracığından tür için dezavantaj sağlayacaktır. En uzun gelişme süresi, en yüksek konsantrasyonda tanik asit içeren diyet (D diyeti) beslenen grupta gözlemlenmiştir. Sekonder maddelerin birlikte kullanıldığı diyetlerde, yalnızca tanik asit ve *p*-Kumarik asidin birlikte kullanıldığı diyet grubunun (L), kontrol diyetinden istatistiksel olarak farklı olması, birlikte etkinin larvalar üzerindeki etkisini göstermektedir.

Bu çalışmada kullanılan farklı sekonder maddelere karşı türün tepkisi belirlenmiştir. Kullanılan sekonder

maddelerin ilgili konsantrasyonlarına ve kombinasyonlarına, *U. gilvata* larvalarının dirençli olduğu ve larvaların pupa evresine ulaşabildikleri gözlemlenmiştir. Daha önce yapılan çalışmaların birçoğu, sekonder maddelerin doğada bir arada buldukları kombinasyonlardan ziyade, tek olarak buldukları çalışmalara odaklanmıştır (Richards ve ark., 2012). Bu çalışmalar, tek olarak kullanılan bileşiklerin herbivorları olumsuz etkilemediğini ve birçok durumda herbivor performansını arttırdığını göstermiştir. Bunun yanı sıra, bitkilerde birden fazla sekonder madde bir arada bulunur ve bu sekonder maddeler birlikte etki gösterir (Dyer ve ark., 2003; Richards ve ark., 2010; 2012). Bu çalışmada kullanılan sekonder maddelerin ikili ve üçlü kombinasyonları ile beslenen larvalardan elde edilen sonuçlar, birlikte etkinin farklı olduğunu göstermektedir. Sonuç olarak, *U. gilvata* larvalarının sekonder maddelere dirençli olduğu söylenebilir. Sunulan bu çalışmadan elde edilen sonuçlar, daha önce bu konuda yapılan çalışmalar ile birlikte, gelecekte bu larva ile yapılacak olan araştırmalara ışık tutacaktır.

Teşekkür

Bu çalışma Ondokuz Mayıs Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri kapsamında desteklenmiştir.

Kaynaklar

- Andrade RG, Dalvi LT, Silva JMC, Lopes GKB, Alonso A, Hermes-Lima M. 2005. The antioxidant effect of tannic acid on the in vitro copper-mediated formation of free radicals. *Archive of Biochemistry and Biophysics*, 437: 1-9. DOI: 10.1016/j.abb.2005.02.016
- Barbehenn RV, Constabel CP. 2011. Tannins in plant-herbivore interactions. *Phytochemistry*, 72: 1551-1565. DOI: 10.1016/j.phytochem.2011.01.040
- Bernays EA, Cooper-Driver G, Bilgener M. 1989. Herbivores and plant tannins. *Advances in Ecological Research*, 19: 263-302. DOI: 10.1016/S0065-2504(08)60160-9
- Caia Y, Luob Q, Sunc M, Corkea H. 2004. Antioxidant activity and phenolic compounds of 112 traditional Chinese medicinal plants associated with anticancer. *Life Sciences*, 74: 2157-2184. DOI: 10.1016/j.lfs.2003.09.047
- Chen SC, Chung KT. 2000. Mutagenicity and antimutagenicity of tannic acid and its related compounds. *Food and Chemical Toxicology*, 38: 1-5. DOI: 10.1016/S0278-6915(99)00114-3
- Despres L, David JP, Gallet C. 2007. The evolutionary ecology of insect resistance to plant chemicals. *Trends in Ecology and Evolution*, 22: 298-307. DOI: 10.1016/j.tree.2007.02.010
- Dyer LA, Dodson CD, Stireman JO, Tobler MA, Smilanich AM, Fincher RM, Letourneau DK. 2003. Synergistic effects of three *Piper* amides on generalist and specialist herbivores. *Journal of Chemical Ecology*, 29: 2499-2514. DOI: 10.1023/A:1026310001958
- Ferguson LR. 2001. Role of plant polyphenols in genomic stability. *Mutation Research Fundamental and Molecular Mechanisms of Mutagenesis*, 475: 89-111. DOI: 10.1016/S0027-5107(01)00073-2
- Garcia M, Sosa ME, Donadel OJ, Giordano OS, Tonn CE. 2003. Allelochemical effects of eudesmane and eremophilane sesquiterpenes on *Tribolium castaneum* larvae. *Journal of Chemical Ecology*, 29: 175-187. DOI: 10.1023/A:1021988816329
- Giron D, Casas J. 2003. Lipogenesis in adult parasitic wasp. *Journal of Insect Physiology*, 49: 141-147. DOI: 10.1016/S0022-1910(02)00258-5

- Green PWC, Stevenson PC, Simmonds MSJ, Sharma HC. 2003. Phenolic compounds on the podsurface of pigeonpea, *Cajanus cajan*, mediate feeding behavior of *Helicoverpa armigera* larvae. *Journal of Chemical Ecology*, 29: 811-821. DOI: 10.1023/A:1022971430463
- Karban R, Agrawal A. 2002. Herbivore offense. *Annual Review of Ecology and Systematics*, 33: 641-664. DOI: 10.1146/annurev.ecolsys.33.010802.150443
- Lattanzio V, Lattanzio VMT, Cardinali A. 2006. Role of phenolics in the resistance mechanisms of plant against fungal pathogens and insects. *Phytochemistry: Advances in Research*, 37: 23-67.
- Li Q, Eigenbrode SD, Stringham GR, Thiagarajah MR. 2000. Feeding and growth of *Plutella xylostella* and *Spodoptera eridania* on *Brassica juncea* with varying glucosinolate concentrations and myrosinase activities. *Journal of Chemical Ecology*, 26: 2401-2419. DOI: 10.1023/A:1005535129399
- Lu Z, Nie G, Belton PS, Tang H, Zhao B. 2006. Structure-activity relationship analysis of antioxidant ability and neuroprotective effect of gallic acid derivatives. *Neurochemistry International*, 48: 263-274. DOI: 10.1016/j.neuint.2005.10.010
- Mussatto SI, Dragone G, Roberto IC. 2007. Ferulic and *p*-coumaric acids extraction by alkaline hydrolysis of brewer's spent grain. *Industrial Crops and Products*, 25: 231-237. DOI: 10.1016/j.indcrop.2006.11.001
- Ooninx DGAB, van Broekhoven S, van Huis A, van Loon JJA. 2015. Feed conversion, survival and development and composition of four insect species on diets composed of food by-products. *PLoS One*, 10: 1-20. DOI: 10.1371/journal.pone.0144601
- Proestos C, Boziaris IS, Nychas GJE, Komaitis M. 2006. Analysis of flavonoids and phenolic acids in Greek aromatic plants: Investigation of their antioxidant capacity and antimicrobial activity. *Food Chemistry*, 95: 664-671. DOI: 10.1016/j.foodchem.2005.01.049
- Richards LA, Dyer LA, Smilanich AM, Dodson CD. 2010. Synergistic effects of amides from two Piper species on generalist and specialist herbivores. *Journal of Chemical Ecology*, 36: 1105-1113. DOI: 10.1007/s10886-010-9852-9
- Richards LA, Lampert EC, Bowers MD, Dodson CD, Smilanich AM, Dyer LA. 2012. Synergistic effects of iridoid glycosides on the survival, development and immune response of a specialist caterpillar, *Junonia coenia* (Nymphalidae). *Journal of Chemical Ecology*, 38: 1276-1284. DOI: 10.1007/s10886-012-0190-y
- Sambangi P, Usha Rani P. 2016. Physiological effects of resveratrol and coumaric acid on two major groundnut pests and their egg parasitoid behavior. *Archives of Insect Biochemistry and Physiology*, 91: 230-245. DOI: 10.1002/arch.21320
- Schoonhoven LM, van Loon JJA, Dicke M. 2005. *Insect-Plant Biology*. Oxford: Oxford University Press.
- Simmonds MSJ, Stevenson PC. 2001. Effects of isoflavonoids from Cicer on larvae of *Helicoverpa*. *Journal of Chemical Ecology*, 27: 965-977. DOI: 10.1023/A:1010339104206
- Simpson SJ. 1983. Changes during the fifth instar of *Locusta migratoria* in the rate of crop emptying and their relationship to feeding and food utilization. *Entomologia Experimentalis et Applicata*, 33: 235-243. DOI: 10.1111/j.1570-7458.1983.tb03263.x
- Simpson SJ, Raubenheimer D. 2001. The geometric analysis of nutrient-allelochemical interactions: a case study using locusts. *Ecology*, 82: 422-439. DOI: 10.2307/2679870
- Smilanich AM, Fincher RM, Dyer LA. 2016. Does plant apparency matter? Thirty years of data provide limited support but reveal clear patterns of the effects of plant chemistry on herbivores. *New Phytologist*, 210: 1044-1057. DOI: 10.1111/nph.13875
- Stankova I, Chuchkov K, Shishkov S, Kostova K, Mukova L, Galabov AS. 2009. Synthesis, antioxidative and antiviral activity of hydroxycinnamic acid amides of thiazole containing amino acid. *Amino Acids*, 37: 383-388. DOI: 10.1007/s00726-008-0165-z
- Underwood N, Rausher M, Cook W. 2002. Bioassay versus chemical assay: measuring the impact of induced and constitutive resistance on herbivores in the field. *Oecologia*, 131: 211-219. DOI: 10.1007/s00442-002-0867-y
- Usha Rani P, Ravi Babu MV. 2011. Allelochemicals in castor (*Ricinus communis*) plants and their impact on pest larval feeding as anti-herbivore defensive. *Allelopathy Journal*, 27: 263-276.
- Vijaya M, Usha Rani P. 2017. Feeding-induced phenol production in *Capsicum annum* L. influences *Spodoptera litura* F. larval growth and physiology. *Archives of Insect Biochemistry and Physiology*, 95: 1-10. DOI: 10.1002/arch.21387
- Wu LT, Chu CC, Chung JG, Chen CH, Hsu LS, Liu JK, Chen SC. 2004. Effects of tannic acid and its related compounds on food mutagens or hydrogen peroxide-induced DNA strands breaks in human lymphocytes. *Mutation Research*, 556: 75-82. DOI: 10.1016/j.mrfmmm.2004.07.004
- Yamamoto RT. 1969. Mass rearing of tobacco hornworm. II. Larval rearing and pupation. *Journal of Economic Entomology*, 62: 1427-1431. DOI: 10.1093/jee/62.6.1427
- Yanar O. 2013. *Agelastica alni* (L.) (Coleoptera: Chrysomelidae) larvalarının beslenme ve gelişimine besin kalitesi ve tanık asitin etkisi. *Karadeniz Fen Bilimleri Dergisi*, 3: 81-90
- Zalucki MP, Malcolm SB. 1999. Plant latex and first-instar monarch larval growth and survival on three North American milkweed species. *Journal of Chemical Ecology*, 25: 1827-1842. DOI: 10.1023/A:1020929732223