

İnsektisit Aktivite Gösteren Bitkisel Sekonder Metabolitler ve Etki Mekanizması

Çiğdem AYDIN, Ramazan MAMMADOV

ÖZ

Son yıllarda tarım alanlarında kimyasal insektisitlerin yaygın kullanımına bağlı olarak hastalık ve zararlı türlerde ortaya çıkan dayanıklılık, çevre kirliliği, kalıntı ve benzeri sorunlar bitki koruma çalışmalarında çeşitli alternatif yöntem ve insektisitlerin aranmasını zorunlu hale getirmiştir. Bitkilerden elde edilen ve spesifik olan bitkisel insektisitler doğada bulunmaları nedeni ile doğada ek toksik madde yaymamakta, kısa zamanda dekompoze olarak çevre kirliliklerine yol açmamakta, ürünler üzerinde kalıntı oluşturmamaktadır. Bu avantajlardan dolayı uzun yıllardır

zararlılarla mücadelede kullanılan bitkisel insektisitlere son yıllarda yenileri eklenmiş olup, araştırmalar devam etmektedir. Özellikle entegre mücadele ve organik tarım anlayışının geliştiği son yirmi yılda çeşitli bitkisel kökenli sekonder bileşikler tarım alanlarında kullanılmaktadır. Bu çalışmada insektisit aktivite gösteren bitkisel sekonder metabolitler, uçucu yağlar ve etki mekanizmaları hakkında bilgiler derlenmiştir.

Anahtar kelimeler:Sekonder metabolit, insektisit aktivite, uçucu yağ, etkileşim

GİRİŞ

Zararlılar ile mücadelede kullanılan pestisitlerin büyük bir kısmının ithal edilmesi bitkisel üretim maliyetinin artmasına neden olmaktadır. Bunun sonucunda tarımsal üretimde elde edilen ürünün uluslararası piyasalarda rekabet etme şansı düşmektedir. Pestisitler; pest (haşerat) adı verilen zararlı canlıları, öldürmek için kullanılan maddelerdir. İnsektisitler ise pestisitlerin bir alt grubu olup zararlı böceklerle mücadelede kullanılan kimyasallardır [1]. Yüksek oranda pestisit kullanımının ekonomik etkisinin yanında, çevre ve insan sağlığı üzerinde de olumsuz yönde etkileri bulunmaktadır [2]. Böcekler bitkisel üretimde, kültür bitkilerinin verim ve kalitesini azaltan etmenler arasında önemli bir yere sahiptir. Böcekler; kültür bitkilerinde ve ürünlerini yemek, bitki öz suyunu emmek, bitki dokularını çürütmek, bitki hastalık etmenlerine vektörlük yapmak, salgıları veya pislikleri ile ürünleri kalitesini düşürmek suretiyle kantitatif ve kalitatif kayıplara neden olmaktadır [3]. Bitkisel üretimde ekonomik yönden oldukça büyük rakamlara ulaşan bu kayıpların önlenmesi için, bitki koruma çalışmalarının iyi bir şekilde planlanması ve yürütülmesi

Çiğdem AYDIN, Ramazan MAMMADOV
Fen Edebiyat Fakültesi, Biyoloji bölümü, Pamukkale Üniversitesi, Kınıklı, 20020, Denizli, Türkiye

Sorumlu yazar:
Çiğdem AYDIN
E-posta: cdem.86@hotmail.com

Submitted / Gönderilme: 27.06.2016 **Revised / Düzeltilme:** 09.09.2016
Accepted / Kabul: 13.09.2016

gerekmektedir [4]. Ülkemizde de zararlılar ile mücadele genellikle kimyasal mücadele şeklinde yürütülmektedir.

Yüzyıllardır insanoğlu hem tarlada hem de hasat sonrası depodaki ürünlerini böcek ve diğer zararlılardan korumak için değişik yöntemler kullanmışlardır.

1. ZARARLILAR İLE ALTERNATİF MÜCADELE YÖNTEMLERİ

Alternatif mücadele yöntemleri içerisinde bitkilerden elde edilen ekstraktlar ve uçucu yağlar zararlılarla mücadelede önemli bir yer tutmaktadır. Bitkilerden elde edilen uçucu yağların zararlılara karşı toksik, uzaklaştırıcı (repellent), beslenmeyi engelleyici (antifeedant), gelişme ve çoğalmayı engelleyici etkiler gösterdiği ortaya konmuştur [5]. Bu yöntemlerden biride bitkisel materyaller (yaprak, tohum, kök ve gövde parçaları ya da bunların ezilmiş veya öğütülmüş halleri), bitki ekstraktları ve bitki uçucu yağlarının kullanımınıdır. Bitkiler, doğal ortamlarında birçok potansiyel düşmanla sarılmıştır. İnsanlar veya hayvanlar gibi kendilerini savunma şansları olmadığından, potansiyel düşmanlarına karşı sentezledikleri bazı kimyasallarla korunmaya çalışırlar. Burada etken bileşenler olan sekonder metabolitler bitkiler tarafından üretilen ve günümüzde birçok sektörde hammadde olarak kullanılan bitkinin temel yaşamsal işlevleri ile doğrudan ilişkisi olmayan, buna karşılık en az bitkinin yaşamsal işlevleri ile doğrudan ilişkili primer metabolitler (protein, yağ, karbonhidrat) kadar önemli olan kimyasal maddelerdir. Bu moleküller bitki kaynaklı olmalarından dolayı, insan metabolizmasında herhangi bir tahribata neden olmamaktadır. Bunun yanında da birçok yararlı etkiye sahip olmalarından dolayı ilaç hammaddeleri olarak kullanılabilirler [6].

2. BİTKİSEL SEKONDER METABOLİTLER ve GENEL ÖZELLİKLERİ

Sekonder metabolitler; bitkiler tarafından üretilen ve günümüzde birçok sektörde hammadde olarak kullanılan bitkinin temel yaşamsal işlevleri ile doğrudan ilişkisi olmayan, buna karşılık en az bitkinin yaşamsal işlevleri ile doğrudan ilişkili primer metabolitler (protein, yağ, karbonhidrat) kadar önemli olan kimyasal maddelerdir.

Bitkilerden sentezlenen ikincil metabolitlerin bitki yaşamındaki rolleri; hastalıklara karşı direnç sağlamaları (virüsler, mikoplazma, bakteri ve mantar), herbivorlardan korunma, kendileriyle rekabet halinde olan diğer

bitki türlerinden kaçınma (allelokimyasal ilişkiler şeklinde) ve abiyotik strese korunma (UV ışığı vb.) şeklinde özetlenebilir [7]. Ziraî mücadelede de sekonder metabolitlerin oldukça önemli yeri vardır. Bunun en önemli sebebine gelince sekonder metabolitler doğaldır. Diğer suni insektisitler gibi çevreye olumsuz etki yapmazlar. Gelişmiş ülkelerde organik klorlu ve organik fosforlu insektisitlerin keşfinden önce tarımsal zararlılarla mücadelede bitkisel kökenli insektisitlerin kullanımı önemli bir yer tutmuştur [8]. Bu gün bitkisel kökenli insektisitlerin dünya insektisit pazarındaki payı, organik tarıma yönelimin artması nedeniyle endüstrileşmiş ülkelerde gıda üretiminde ve gelişmekte olan ülkelerde hasat sonrası ürünlerin muhafazasında giderek artış göstermektedir [9]. Özellikle 20. yüzyılda görülen tarımsal verim artışı insektisitler sayesinde olmuştur.

Bitkilerin, insektisitler için önemli potansiyel kaynaklar olduğu birçok araştırmacı tarafından ispatlanmıştır. Bu gün 2000'den fazla bitkinin tarımda zararlı olan böceklere karşı çeşitli şekillerde etkili olduğu bilinmektedir [10]. Bu kadar çok bitkinin insektisit etkisinin olduğunun bilinmesine karşın pratikte yararlanılanları çok az sayıdadır. Bunun nedenleri, doğal kaynakların kısıtlı olması, standardizasyon ve ruhsat almadaki zorluklar ve ilaç sektöründe sentetiklerin kullanımındaki kolaylıklar olduğu kanaati yaygındır.

Bitkilerdeki biyokimyasal olaylardan sonra sentezlenen sekonder metabolitler çok değişik kategorilerde sınıflandırılmakta olup bunların en önemlilerinin alkaloidler, glikozitler, fenoller, terpenoidler, tanenler ve saponinler olduğu belirtilmiş ve tarımda bu maddelerden bazıları, zararlılara karşı yüzyıllardan beri doğrudan veya dolaylı olarak kullanılmıştır [11].

Dünyada son yıllarda doğal bileşiklerin (alkaloit, glikozit, uçucu yağ vs.) tarımsal alanlarda biyolojik mücadelede kullanım imkanlarının ortaya çıkması ve yaygınlaşması nedeniyle çevreye zarar veren tarım ilaçlarının tüketiminin önemli oranda azalacağını hesaplandığını bildirilmektedir [12].

Alkaloidler; Bitkisel kökenli insektisitlerin kullanımında olan en eskilerinden biri, nikotin'dir. Nikotin insan ve diğer sıcakkanlılar için de oldukça toksik bir zehirdir. Alkaloid yapısındaki bu bileşik, ticari bir insektisit olarak seralarda yumuşak vücutlu emici böceklere karşı (yaprak biti, thrips, akar vs.) kullanılmaktadır. Sıcakkanlılara karşı toksik etkisi olduğu bilinen nikotin, kullanılırken dikkat edilmesi gereken bir bileşiktir.

Sabadilla zambanının (*Schoenocaulon officinale*)

tohumlarından elde edilen diğer kullanımda olan bir insektisit ise Sabadilla olup, aktif maddesi Veratrin alkaloidi olan sabadilla, kullanımındaki en düşük toksik etkiye sahip bitkisel insektisitlerden biridir [13-15].

Neem ağacının (*Azadiracta indica*-*Meliaceae*) tohumlarından elde edilen başka bir insektisit de Neem'dir. Aktif bileşikler Azadiractin ve Salannin'in insektisit aktivitesi çok yüksek olmakla beraber, salgıladığı bazı diğer bileşikler de yüksek oranda fungisidal etki göstermektedir [16,17]. *Veratrum album*, ülkemizde de yayılış gösteren, içeriğinde zehirli steroidal alkaloid ve glikozit bulunduran bir bitki türüdür. *Veratrum* türlerinden elde edilen ekstraktlar 1950'li yıllara kadar bazı zararlı böcek türlerine karşı insektisit olarak kullanılmıştır. *Veratrum* bitkilerinde alkaloidlerin yanı sıra flavonoid ve stilbenoid sınıfına dahil maddelerin olduğu da rapor edilmiştir.

Anonin, Hint ayvası olarak bilinen *Annona squamosa* L. (*Annonaceae*) tohumlarının çeşitli alkoller ile ekstraksiyonundan elde edilen (alkaloitler) acetogeninlerden biri olup böcekler için toksiktir. Zararlı böcekler ile mücadelede kullanılacak bitkisel kökenli insektisitler arasında karanjin gibi ekstraktlar bulunmaktadır.

Terpenler; Terpenler toksik olduklarından bitkiyle beslenen birçok memeli ve böcekler üzerinde caydırıcı etki yaparlar. Bu nedenle bitki savunmasında önemli roller üstlenirler. Örneğin, krizantem (*Chrysanthemum*) türlerinin yaprak ve çiçeklerinde oluşan ve piretroitler olarak bilinen mono-terpen esterler çok çarpıcı böcek öldürücü (insektisidal) bir aktivite gösterirler. Doğada az kararlı olmaları ve memeliler üzerinde önemsenmeyecek düzeyde toksisite göstermeleri nedeniyle, gerek doğal ve gerekse sentetik piretroitler ticari böcek öldürücülerin popüler bileşenleridir.

Pyrethrum, krizantem bitkisinin çiçeklerinden elde edilmektedir, sinir zehiridir ve böcekler üzerinde hızlı ve öldürücü etki gösterir. Ambar zararlılarına karşı son derece etkilidir. Isırıcı ve emici böcekler için uygulanmaktadır. Ayrıca birçok memeli için non-toksik olduğundan bu özellik pyrethrum'u halen mücadelede kullanılan insektisitler arasında en güvenlisi yapmaktadır [13,14].

Tanacetum vulgare'nin uçucu yağında bulunan çok zehirli bileşikler nedeniyle dahili ve harici kullanımı oldukça sakıncalıdır. Bitkinin bu özellikleri sayesinde böcekleri uzaklaştırmada kullanılmaktadır.

Cymbopogon nardus (L.) bitki türünden elde edilen eterik yağın sivrisineklere karşı etkili bir repellent olduğu ortaya

konmuştur.

Bitkisel kökenli insektisit olarak son yıllarda üzerinde en çok çalışılan *Azadiracta indica* bitkisidir. *A. indica*, yaprak veya kabuklarının kurutulmasıyla toz halinde, meyve veya tohumdan terpenoid yapıda olan Azadiractin ekstrakte edilerek, tohum veya tohum kabuğundan elde edilen yağ gibi çeşitli şekillerde zararlılarla mücadelede kullanılmaktadır. Azadiractin, böceklerde uzaklaştırıcı (repellent), beslenmeyi engelleyici, doğurganlığı azaltıcı, kısırlaştırıcı, öldürücü, yumurta bırakmayı önleyici, gelişme ve büyümeyi engelleyici gibi etkiler göstermektedir. Zararlı böcekler üzerindeki etkileri hakkında en fazla çalışılan grup terpen birleşikleri olmuştur. Özellikle monoterpene birleşiklerin böcekler üzerinde toksik olmaları nedeni ile repellent ve yemeyi engelleyici özelliklerinden dolayı potansiyel zararlı mücadele etmenleri olarak düşünülmüştür [18].

Saponinler; Saponinler bazı bitkilerde doğal bulunan glikozitlerdir. Saponinlerin balık zehiri olarak kullanıldıkları, ağaç küflerinin gelişimini inhibe etmede ve bitkileri böcekler karşı korumada etkili bileşiklerdir.

Saponinler bitkiler aleminde çok yaygın maddelerdir. Scrophulariaceae, Liliaceae, Dioscoreaceae, Caryophyllaceae, Fabaceae gibi familyalar, etken maddesi saponin olan drogları ihtiva etmektedirler. Saponinler, sahip oldukları kuvvetli aktiviteleri ile bitkiyi otçul böcekler ve mikropların toprak altından yaptığı saldırılara karşı koruyarak bitkinin hayatta kalma şansını artırmaktadır.

Saponin, equisetin denilen alkaloidler ve salisilik asit içeren at kuyruğu (*Equisetum arvense*) yeşil aksamdaki fungal hastalıklar için kullanılmaktadır [19].

Digitalis lamarckii içerdiği etkili bileşenler sayesinde kalp üzerine etkili glikozitler (digitalin) ile, insan ve hayvanlar için zehirli etkilere sahiptir.

Saponin, tanen, içinde timol, kavrakrol gibi maddeler bulunan uçucu yağ içeren kekik (*Thymus sp.*) in bitki etrafına serpilmesi sonucunda kabak pireleri, patates böcekleri ve domatesler üzerinde görülen çeşitli lepidopter larvaları uzaklaşmaktadır.

Zambakgiller (Liliaceae) ailesinden olan bu bitki, sahip olduğu "kükürtlü bileşikler" sayesinde zararlı böceklerin bitkilere yaklaşmasını önüyor. Bu tip bileşiklere böcek kovucu adı veriliyor. Sarımsaktan elde edilen özüt böcekleri öldürmediği için, böcek öldürücülere göre daha sık kullanılması gerekiyor [20].

Tablo 1. Farklı türlerden elde edilen bazı bitkisel insektisitler ve bitki kaynakları

Etken bileşik	Sekonder metabolit grubu	En yaygın bitki kaynağı
Azadirachtin	Alkaloit	<i>Azadirachta indica</i>
Nikotin	Alkaloit	<i>Nicotiana sp.</i>
Anabazin	Alkaloit	<i>Anabasis aphylla</i>
Piperin	Alkaloit	<i>Piper nigrum</i>
Veratin	Alkaloit	<i>Veratrum album</i>
Ryanodin	Alkaloit	<i>Ryania speciosa</i>
Wilfordin	Alkaloit	<i>Triteryglum wilfordii</i>
Quassin, neoquassin	Diterpen	<i>Quassia amara</i>
Picrasmin	Diterpen	<i>Sesamum indicum</i>
Sesamin	Lignan	<i>Dequella elliptica</i>
Rotenon	Rotenoid	<i>Chyrasanthemum sp.</i>
Pyretrin I	Piretrin	<i>C. roseum</i>
Pyretrin II	Piretrin	<i>C. roseum</i>

Tablo 1'den görüldüğü gibi en fazla insektisit aktivite gösteren sekonder metabolitler arasında yapısında azot bulunduran alkaloitler, terpenler, uçucu yağ bileşenleri ve organik asitleri görmekteyiz. Bu etken bileşenleri bulunduran bitki grupları insektisit olarak kullanılmaktadır. Yapılan çalışmalarda aktivite gösteren bitkilerin içerik aydınlatılması çalışmalarına bakıldığında alkaloitlerin, özellikle insanlar ve soğukkanlı hayvanlar için son derece zehirli olduğu, toksik etkileri uyarılabilir hücrelerin membranlarında dayanıklı sodyum kanallarının geçirgenliğinin bir sonucu olarak tespit edildiği ortaya konmuştur [21].

Diğer sekonder metabolitler; Biberiye kafuru diye bilinen uçucu yağ, tanen, acı madde, organik asit ve glikozitler içeren biberiye (kuş dili) (*Rosmarinus officinalis*) bitkisinin toz haline getirilmiş yaprakları pireler için uzaklaştırıcı etkiye sahiptir ve oldukça etkili ve güvenli bir uzaklaştırıcıdır. Bitkilerin üzerine ve etrafına serpilmesi sonucunda havuç sineklerinin, sümüklüböcek ve salyangozların uzaklaşmasını

sağlar. Flavon glikozitleri ile absintin ve anabsintin adlı seskiterpen laktonlar içeren acı pelin (*Artemisia absinthium*)' in toprak üzerine ya da bitki üzerine serpilme tozları pek çok zararlı için uzaklaştırıcı olmaktadır. Bitkilerin etrafına serpilmesi sonucunda karıncaların, lahana kurtlarının ve yaprak pirelerinin, kırmızı örümcek ve beyazsineklerin uzaklaşmasını sağlar. Pinen, sineol, borneol, ve bol miktarda tanen içeren lavanta (*Lavandula spica*) bahçede yetiştirildiği zaman güzel kokusu ile zararlılara uzaklaştırıcı özellik göstermektedir. Kurutulmuş şekilde elbise dolaplarına asıldığı takdirde güveleri uzaklaştırmaktadır. Kükürtlü bir uçucu yağ, allisin maddesi, A, B, C vitaminleri, şekerler içeren sarımsak (*A. sativum*) tozunun bitki üzerine ya da etrafına serpilmesi afitleri, sümüklüböcek ve kesici kurtları uzaklaştırmaktadır [19].

3. UÇUCU YAĞLARIN İNSEKTİSİT OLARAK KULLANIMI

Uçucu yağ içeren bitkiler, içeriğinde bulunan terpenoit, alkaloit ve flavonoit gibi zararlılara karşı kullanılabilen biyoaktif bileşenler bakımından zengin olup hali hazırda kullanılmakta olan insektisitlere alternatif olabilecek durumdadır. Özellikle pek çok bitkinin uçucu yağ bileşeni olan monoterpenoitler, faydalı böcekleri çekerek tozlaşmaya yardımcı olmakta ve bitki savunma sistemini zararlılara karşı güçlendirmektedir [22, 23]. Tüm dünyada tarımsal ürünlerdeki pestisit kalıntıları nedeniyle gıda güvenliği için doğal kaynaklı insektisitler oldukça önem kazanmıştır [24]. Uçucu yağlar bazı bitki sınıf ve familyalarında oldukça yoğun olarak bulunmaktadır. Uçucu yağlar koniferlerde (Coniferopsida), Rutaceae, Umbelliferae, Myrtaceae ve Labiatae gibi familyalarda ve çoğunlukla özelleşmiş dokularda bulunmaktadır. Uçucu yağ içeren bitkiler genellikle sıcak iklimlerde yetişmektedir. Ülkemizi de içine alan Akdeniz Bölgesi bu bakımdan en zengin floraya sahip bölgelerdendir [25]. Labiatae ve Koniferler de tüy ve salgı kanallarında, Myrtaceae familyasında ise şizogen boşluklarda yer alır [26]. Bitkisel uçucu yağlar içerdikleri bileşenler yüzünden böcekler üzerinde, ortamdan uzaklaştırıcı, beslenmeyi engelleyici, öldürücü ve zehirleyici etkiler göstermektedir [27, 28]. Bitkiler sahip oldukları uçucu yağlardan birçok bakımdan yararlanırlar. Uçucu yağlar aşırı buharlaşma yoluyla su kaybını engeller, yükseltgenme-indirgenme reaksiyonlarında hidrojen vericisi olarak işlev görür, böcekleri cezbederek iyi bir tozlaşmanın gerçekleşmesini sağlar ve bitkileri herbivor, mikroorganizma ve fungus gibi birçok bitki zararlısına karşı korur. Böcekler üzerindeki zehirleyici etkiler temas, yeme

veya solunum yoluyla meydana gelmektedir [29]. Böceklerin sinir sistemini olumsuz etkileyerek zarar verici etkisini önlemiş olurlar. Kimyasal araçlar özellikle allelokimyasallar, türler arası iletişimde kullanılmaktadır. Bitkiler bu allelokimyasallar yardımıyla böcekleri uzaklaştırır, onların beslenmelerini engeller, beslenmelerini durdurur, böcekleri cezbederek tozlaşmayı artırır yumurta üretimini etkiler ve böcekleri öldürücü etkiler gösterir. Bu moleküller genellikle düşük miktarlarda (konsantrasyonlarda) etki göstermektedirler Bitkisel uçucu yağların büyük bir çoğunluğu, isoprenoid (terpenoit) iskelete sahip olan, birçok bileşenden oluşmuştur. Bu bileşenler çoğunlukla 10–15 (monoterpenler ve seskiterpenler) ve nadiren de 20 karbon atomuna (diterpenler) sahip bileşiklerdir. Bununla birlikte uçucu yağlar alifatik ve benzoik bileşenlere de sahip olabilirler. Bitkisel uçucu yağların çoğunluğu, az sayıda büyük (ana) bileşenlere sahiptir; uçucu yağların ihtiva ettiği bazı küçük bileşenler de önemli etkiler göstermekte ve bitkisel materyallerin zenginleşmesini sağlamaktadır [30].

4. İNSEKTİSİT OLARAK KULLANILABİLECEK BAZI BİTKİLER

Doğal insektisitler üzerine yapılan bilimsel çalışmalara olan ilgi ülkemizde de her geçen gün artmaktadır. Bitkisel kökenli pestisit kaynaklarını araştırmak üzere son 30 yıldır geniş araştırmalar yapılmaktadır. Bu bağlamda ülkemizde yayılış gösteren birçok bitki türünden elde edilen ekstre ve sekonder metabolitlerin değişik böcek türlerine karşı insektisidal etkilere sahip olduğu tespit edilmiştir [31]. Örneğin ülkemizde yetişen *Inula viscosa* L., *Pimpinella anisum* L., *Ononisnatrix* L., *Melissa officinalis* L., *Origanum onites* L. ve *Teucrium divaricatum* Sieber bitki türlerinin mantar sineğine karşı toksik özellikleri rapor edilmiştir [32]. Bunlardan ekolojik tarımda kullanımı serbest olanlardan *Chrysanthemum cineraria* bitkisinden elde edilen, muhtemelen bir sinerjist ihtiva eden pyrethrin esaslı preparatlar yıllardır ısırıcı ve emici böcekler karşı kullanılmaktadır ve ayrıca arılara karşı da zehirsiz olduğu bilinmektedir. Nane, çam, kimyon yağları insektisit ve akarisit, olarak kullanılmaktadır. Bu çalışmalarda zararlılara karşı etkinliği üzerinde en çok durulan familyalar, Meliaceae, Rutaceae, Asteraceae, Labiateae, Piperaceae, ve Annonaceae olmuştur [33-35]. Günümüzde ticari preparatları bulunan *Azadirachtin*, Neem ağacı (*Azadirachta indica*, Meliaceae) tohumlarından elde edilen bir limonoid olup, pek çok böceğe karşı etkili bir beslenmeyi engelleyici ve büyüme engelleyici olarak kullanılmaktadır [36, 37]. *Melia vollkensis*'de içeriğinde limonoid bulunduran, Diptera,

Lepidoptera ve Coleoptera gibi geniş bir zararlı yelpazesine toksik etkili bir bitkidir. Apiaceae familyası bitkilerinde karakteristik olarak bulunan furanokumarinler, herbivor böcekler karşı geniş toksik etkiye sahip olup, çok sayıda böceğe karşı da potansiyel bir beslenmeyi engelleyici olarak görülmektedir. *Pimpinella anisum*'dan elde edilen bir fenilpropanoid olan trans anetholün ise Coleoptera, Hymenoptera ve Lepidoptera takımlarından birçok zararlı türe toksisite gösterdiği bildirilmiştir [38-41]. Kontak ve fumigant aktivitesi bakımından bitki eterik yağlarının depo böceklerine karşı oldukça etkili olduğu pek çok çalışma ile ortaya çıkarılmıştır [23]. Eterik yağın *Acanthocelides obtectus* üzerine fumigant aktivitesine bakılmış bunların içerisinde *Thymus serpyllum* ile *Origanum majorana* bitkilerinin eterik yağlarının oldukça toksik olduğu Regnault-Roger ve ark., tarafından bildirilmiştir [42]. Daha detaylı bir diğer çalışmada ise 28 eterik yağın ve bu yağların 10 ana bileşeninin Coleoptera takımından 4 depo zararlısına fumigant etkisi denenmiş, sonuç olarak beklenenden daha fazla eterik yağ ve bileşeninin etkili olduğu ve bu etkilerin türler arasında farklılıklar gösterdiği ortaya koyulmuştur [43]. *Nepeta catana* uçucu yağından izole edilen nepetalacton'un 17 böcek türüne karşı uzaklaştırıcı etki gösterdiğini bildirmiştir. *Cymbopogon nardus* bitkisinden elde edilen eterik yağın sivrisineklere karşı etkili bir uzaklaştırıcı olduğu ortaya konmuştur [44]. *Eucalyptus* spp., *Mentha arvensis*, *Anethum graveolens*, *Pinus* spp. ve *Cymbopogon* spp. yağlarının ambar zararlılarından *Sitophilus oryzae* L., *Callosobruchus chinensis* (L.), *Stegobium paniceum* (L.) ve ev sineği *M. domestica*'ya karşı uzaklaştırıcı etki gösterdiğini bildirmişlerdir [45].

73 *Veratrum* alkalotinin insektisidal aktivitesinin araştırıldığı bir çalışmada 44 bileşiğin sivrisinek ya da böcekler karşı insektisit etki gösterdiği belirlenmiştir. *Veratrum* alkaloitleri, birçok farklı taksondaki böcek grubuna oldukça toksik etki göstermiştir [46].

5. İNSEKTİSİTLERİN ETKİ MEKANİZMALARI

İnsektisitlerin büyük çoğunluğu böceklerin merkezi sinir sistemine etki ederek onları öldürürler. Ölümün asıl nedeni sinir sisteminin özel duyarlılığıdır. Birinci hedefleri çoğunlukla başka hedefler olan insektisitler bile en son etkilerini sinir sistemi üzerinde yaparlar. İnsektisit ile etkileştiğinde vücut, insektisit etkisini azaltan metabolik parçalanma ve boşaltım mekanizmaları ile birlikte güçlü bir karşı koyma mekanizmasına sahiptir.

Böceklerde sinir sistemi *Musca domestica* L.'da olduğu gibi kısmen birleşmiş bir fitil haline gelmiş ya da *Periplaneta*

americana L'da olduğu gibi ayrı segmentlerden olabilen ventral ganglion zincirlerinden oluşmuştur. Sinir dokusu, sinir hücreleri (new-on) ve yardımcı hücrelerden meydana gelmiştir. Nöronlar çok fazla farklılaşmış hücrelerdir. Bu nedenle bölünme yeteneklerini kaybetmişlerdir. Çeşitli nedenlerle zarar gören bir nöronun yerini bir başka hücre alamaz. Sinir hücrelerinin en büyük özelliği bir canlılık için iç ve dış ortamından gelecek uyarıları alması, bunlara cevap vermesi ve uyarıları çok uzak mesafelere iletmesidir. Nöronlar bu işi ince sitoplazmik uzantıları ile yaparlar [47].

Organik fosforlu insektisitlerin etki mekanizmaları fosfor atomuna bağlanan kimyasal yapının özelliklerine göre değişse de genellikle asetilkolinesteraz üzerinde etkilidirler. Sinir sisteminde asetilkolinesteraz (AChE) enzimini inhibe ederek aktivitesini engellemektedirler. Böylece sinir uçlarında asetilkolin (ACh) birikmesine ve dolayısıyla sinirsel iletimin geri dönüşmeyecek bir biçimde bloke edilmesine bunun sonucunda da ölüme neden olurlar [48]. Karbamatlı insektisitler, Ünal ve Gürkan'ın bildirdiğine göre, Calabar fasulyesinden 1865 yılında izole edilmiş ve 1935 yılında da pestisit formülasyonu olarak kullanılmaya başlanmıştır [49]. Organik fosforlu insektisitlerde olduğu gibi karbamatlı insektisitler de asetilkolinesterazı inhibe ederek sinirsel iletimi bloke ederler. Farklı allosterik şekilde eşlenebilen ve çeşitli nörotoksinler için bağlanma yerlerini oluşturan reseptörler bazı nörotoksinlerin böcek sodyum kanallarına daha fazla affinite göstermelerine neden olmaktadır. Bu da böcek sodyum kanallarını, omurgalıların sodyum kanallarının göreceli olarak daha dirençli olduğu nörotoksik etkili bazı insektisitlere karşı daha hassas kılmaktadır [50, 51].

Erişkin sivrisinek mücadelesinde en çok tanınan organik klorlu bileşik DDT (Dichlorodiphenyltrichloroethane)'dir. DDT, böceklerde Merkezi Sinir Sistemini etkilemektedir. Nöronlardaki potasyum ve sodyum iyon dengesini bozarak iletilerin normal aktarımlarını engeller. Titreme, hipereksitabilite, ataksi ve felç meydana gelmektedir [52]. Ancak aşırı derecede kullanımı böceklerde direnç gelişimine sebep olmuştur. Bundan başka balık ve insanlar dahil canlıların yağ dokusunda birikmeleri ve besin zincirlerinin üst basamaklarına kadar ulaşmaları, doğadaki müthiş kalıcılıklarının farkedilmesi, gelişmiş ülkelerde DDT'nin kullanımını yasaklatmıştır [53]. Sentetik piretroidler, böceklerde periferik ve merkezi sinir sisteminde sinir kılıflarını etkilerler. Sinir kılıflarında sodyum kanalı adı verilen ve sinirsel uyarımları başlatıp sonlandıran bir proteine bağlanırlar. Piretroidler bu proteine bağlandıklarında Dichlorodiphenyltrichloroethane (DDT)'nin uyarım sonlanmaz ve sürekli sinir uyarımı gerçekleşir. Sonuçta sinir

sistemi kontrol dışı kalır ve koordinasyon kaybı şekillenir [54].

5.1.UÇUCU YAĞLARIN BÖCEKLERE KARŞI ETKİ MEKANİZMALARI

Eterik yağlar, uçucu bileşiklerden oluştuğu için zararlılara solunum yoluyla daha çok etkili olduklarından dolayı çalışmalar fümigant etki mekanizmasına doğru yönelmiş ve daha çok depo zararlıları üzerine yoğunlaşmıştır [52,53].

Kontakt etki uygulamalarında ise eterik yağlar zararlının üzerine püskürtülerek kütikülası yoluyla, eterik yağ konsantrasyonunun içeriye alınması sonucu etkili olmaktadır. Uzaklaştırıcı etki ise, böceğin uçucu yağı ortamdan solunum yolu ile alarak uzaklaşmasına sebep olması yoluyla ortaya çıkmaktadır. Bu etki, uçucu yağ bileşenlerinin özelliğine göre yağın ortamdan tamamen uzaklaşmasına kadar da devam edebilir.

Hamam böcekleri ve uçucu yağlarla yapılan bir çalışmada, uygulamadan sonra böceklerde hiperaktivite başlamış, kalp atışı hızlanmış ardından da bacaklarda ve abdomende aşırı gerilmeler ortaya çıkmıştır. Bunları takiben de böcek hızlı bir şekilde yere düşerek hareketsizleşmiş ve ölüm ile sonuçlanmıştır. Bu belirtilerin sinir sistemine ait olan octopomin reseptörler vasıtasıyla oluşturulduğu bildirilmektedir. Yapılan birçok çalışmada da octopomin reseptörler tarafından toksik sinyaller alınarak, abdomen ve bacaklarda gerilmeler başlatıldığı bildirilmiştir [54].

SONUÇ

Uzun yıllardan beri sürdürülen yoğun kimyasal insektisit mücadelesinin olumsuz etkileri göz önünde bulundurularak, zararlılara karşı alternatif mücadele yöntemlerinin tercih edilmesi tarımsal ürünlerimizde kalite ve verimin artmasını, insan ve çevre sağlığının güvence altına alınmasını sağlayacaktır. Bitkisel ekstrakt ve uçucu yağlar gelecekte böcek öldürücü olarak kullanılan kimyasalların yoğun olarak kullanımını azaltacak ve alternatif bir mücadele yöntemi olacaktır. Böylece bitkisel böcek öldürücüler doğada çabuk bozunmaya uğrayacak, klasik böcek öldürücülerin neden olduğu doğadaki kalıntı miktarının azalmasına, seçici doğal böcek öldürücülerinin artmasına ve daha iyi bir çevrenin gelişmesine imkan sağlayacaktır. Doğanın bize ait olmayıp bizim doğanın bir parçası olduğumuz bilinciyle ve gelecek nesillerin de hakkı olan yaşanabilir bir çevre bırakmak için uluslar arası düzeyde alternatif zararlı mücadele politikalarına

gereksinim olduğu hayati bir gerçektir. Bu nedenle özellikle son 10- 15 yıldır zararlılar ve hastalıklara karşı biyolojik aktivitelelerinin olduğu bilinen bitkiler üzerinde pek çok araştırma yapılmıştır ve yapılmaktadır. Yukarıda verilen tüm bilgiler birlikte değerlendirildiğinde, genel olarak bitkisel kökenli pestisitlerin zararlılar üzerine etkili oldukları, çevre ve insan sağlığı açısından avantajları bulunduğu bir gerçektir.

Ayrıca bu bileşenlerin yapıları aydınlatılarak sentetik olarak üretilebilme ve hatta yapısal olarak modifiye edilerek zararlılara karşı etkinliğini arttırmaya yönelik çalışmalar gerçekleştirilmelidir. Bitkisel kökenli pestisitlerin de mutlaka çevre ve insan sağlığı açısından yan etkilerinin araştırılması ve güvenilirliğinin bilimsel çalışmalarla ortaya konulması gerekmektedir.

Plant Secondary Metabolites Demonstrating Insecticidal Activity and Effect Mechanism

ABSTRACT

Although insecticides are used to protect our food supply, the negative health effects of insecticides may indicate that they do more harm than good. Alternative control methods include biologic control and biotechnological methods which chemicals are not or restrictedly used. Natural insecticides play important

role on biotechnological methods. They are sophisticated compounds which are effective against target organisms, are safe to the environment and can be used without undue hazards to the operators or consumers because they are already present in nature. Because of these advantages, commercial preparats of some plant extracts are made and being used on control of some pests. In this study, plant secondary metabolites which insecticidal activity showing, essential oils and their effects mechanism have been reviewed.

Keywords: secondary metabolism, insecticide activity, essential oil, interaction

REFERANSLAR

- [1] Yamanel Ş, Çakır Ş. Türkiye'nin Bazı Karasinek (*Musca domestica* L.) Populasyonlarında Organofosfatlı İnsektisidlerden Metil Paration ve Diazinon Karşı Gelişmiş Direnç. Türk Parazit Derg 2004; 28: 210-4.
- [2] Karaca İÇ, Gökçe A. Bitki Ekstraktlarının Sera Beyazsineği [*Trialeurodes vaporariorum* (Westw.) Homoptera: Aleyrodidae]'ne Olan Toksik ve Davranışsal Etkileri. Türk Entomol Derg 2014; 38: 459-66.
- [3] Öncüer C. Tarımsal Zararlılarla Savaş Yöntem ve İlaçları. Adnan Menderes Üniversitesi Yayınları. 2000; pp. 333.
- [4] Ziraî Mücadele Teknik Talimatları. Gıda, Tarım Ve Hayvancılık Bakanlığı, Koruma Kontrol Genel Müdürlüğü 2008; 3: 256-61.
- [5] Topuz E, Madanlar N. Bitkisel Kökenli Eterik Yağlar ve Zararlılara Karşı Kullanım Olanakları. Batı Akdeniz Tarımsal Araştırma Enst 2006; 23: 54-66.
- [6] Bakla E. Altın Dikeni (*Scolymus hispanicus*) Bitkisinde İnsektisit Aktiviteye Sahip Bileşiklerin Saflaştırılması ve Yapısının Aydınlatılması. Gaziosmanpaşa Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi. 2010.
- [7] Natural pesticides From Around World. Available from: <http://www.seedman.com/pest.htm>
- [8] Isman MB. Neem and Other Botanical Insecticides: Barriers To Commercialization. Phytoparasitica 1997; 25: 339- 44.
- [9] Isman BM. Plant Essential Oils For Pest And Disease Management. Crop Prot 2000; 19:603-8.
- [10] Öncüer C. Tarımsal Zararlılarla Savaş Yöntemleri ve İlaçlar. Ege Üniversitesi Basım Evi. 1995, pp 333.
- [11] Shanker C, Solanki KR. Botanical Insecticides: A Historical Perspective. Asian Agrihistory 2004;2: 21- 30.
- [12] Kan Y, Arslan N, Altun L, Kartal M. Türkiye'de Tıbbi ve Aromatik Bitkilerin Kültürünün Ekonomik Önemi. 15.Ziraat Toplantısı Bildirisi. 5-7 Ekim 2005, Antalya.
- [13] Weinzierl R, Henn T. alternatives in insect management biological and biorational approaches. North Central Regional Extensions Publication. 1991, pp 73.
- [14] Duke OS. Natural pesticides from plants. 1990, pp 511-517.
- [15] Benner JP. Pesticidal compound from higher plants. Pestic Sci 1993; 39: 95-102.
- [16] Banken JAO, Stark JD. Stage and age influence on the susceptibility of *Coccinella septempunctata* (Col.: Coccinellidae) after direct exposure to Neemix, a Neem Insecticide. J Econ Entomol 1997; 90:1102-5.
- [17] Lowery JF, Isman MB. Lab and field evaluation of neem for the control of Aphids. J Econ Entomol 1993; 86:864-70.
- [18] Öztekin E. Bitkisel Kökenli Bazı Yağların ve Bileşenlerin Patates Böceği, *Leptinotarsa decemlineata* L., (Col.: Chrysomelidae)'nin Bazı Biyolojik Dönemlerine Karşı Toksik Etkisi. Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi. 2009
- [19] Asımgil A. Şifalı Bitkiler. Timaş Yayınları. 1993, pp.176.
- [20] Wang SY, Wang GK. Voltage-gate sodium channels as primary targets of diverse lipid-soluble neurotoxins. Cell Signal 2003; 15: 151-9.
- [21] Lipinski RJ, Dengler E, Kiehn M, Peterson RE, Bushman W. Identification and characterization of several dietary alkaloids as weak inhibitors of hedgehog signaling. Toxicol Sci 2007; 100: 456-63.
- [22] Grotnitzky JA, Coats JR. 2002. QSAR Evaluation of monoterpenoids insecticidal Activity. J Agric Food Chem 2002; 50: 4576-80.
- [23] Kim SI, Roh JY, Kim DH, Lee HS, Ahn YJ. Insecticidal activities of aromatic plant extracts and essential oils against *Sitophilus oryzae* and *Callosobruchus chinensis*. J Stored Prod Res 2003; 39: 293-303.

- [24] Ueno E, Oshima H, Saito I, Matsumoto H, Nakazawa H. Determination of organophosphorus pesticide residues in onion and welsh onion by gas chromatography with pulsed flame photometric detector. *J Pestic Sci* 2003; 28: 422-8.
- [25] Ceylan A. Tibbi bitkiler - II (Uçucu yağ bitkileri). Ege Üniv. Ziraat Fak. Yayını. 1997, pp.1-27.
- [26] Regnault-Roger C. The potential of botanical essential oils for insect pest control. *Integrated Pest Manag Rev* 1997; 2: 15-34.
- [27] Nawrot J, Harmatha J. Natural products as antifeedants against stored product insects. *PostHarvest News Infor* 1994; 5: 17-21.
- [28] Isman MB. Botanical insecticides, deterrents, and repellents in modern agriculture and an increasingly regulated world. *Annu Rev Entomol* 2006; 51: 45-66.
- [29] Rajendran S, Sriranjini V. Plant products as fumigants for stored-product insect control. *J Stored Prod Res* 2008; 44:126-35.
- [30] Casanova J. Les différentes techniques d'analyse des huiles essentielles. *Res Mediterranea* 1994; 1: 63-72.
- [31] Cetin H, Yanikoglu A. A study of the larvicidal activity of *Origanum* (Labiatae) species from southwest Turkey. *J Vector Ecol* 2006; 31: 118-22.
- [32] Erler F, Polat E, Demir H, Cetin H, Erdemir T. Control of the mushroom phorid fly, *Megaselia halterata* (Wood), with plant extracts. *Pest Manag Sci* 2009; 65:144-9.
- [33] Schoonhoven LM. Biological aspects of antifeedants. *Entomol Exp Appl* 1982; 31:57-69.
- [34] Jacobson M. Botanical insecticides. past, present and future. In: *Insecticides of plant origin*. Editors: Arnason JT, Philogene BJR, Morand P. Am Chem Soc Symp Ser 1989;387:1-10.
- [35] Isman MB. Leads and prospects for the development of new botanical insecticides. *Rev Pestic Toxicol* 1995;3:1-20.
- [36] Isman MB. Neem and Other Botanical Insecticides: Barriers to Commercialization. *Phytoparasitica* 1997; 25: 339-44.
- [37] Kismalı Ş, Madanlar N. *Azadirachta indica* A. Juss (Meliaceae)'nin böceklere etkileri üzerinde bir inceleme. *Türk Entomol Derg* 1988;12: 239-49.
- [38] Berenbaum MR, Niato JK, Zangerl AR. Adaptive variation in the furanocoumarin composition of *Pastinaca sativa* (Apiaceae). *J Chem Ecol* 1991;17: 207-15.
- [39] Sarac A, Tunc I. Toxicity of essential oil vapours to store-product insects. *J Plant Dis Prot* 1995;102: 69-74.
- [40] Ho SH, Ma Y, Huang Y. Anethole, a potential insecticide from *Illicium Verum*, against two stored product insects. *Int Pest Control* 1997;39: 50-1.
- [41] Kelm MA, Nair MG, Schutzki RA. Mosquitocidal compounds from *Magnolia salicifolia*. *Int J Pharmacog* 1997;35: 84-90.
- [42] Regnault-Roger Hamraoui C, Holeman A, Theron ME, Pinel R. Insecticidal effect of essential oils from Mediterranean plants upon *Acantocelides obtectus* Say (Col.: Bruchidae), Apest of Kidney Bean (*Phaseolus vulgaris* L.) *J Chem Ecol* 1993; 19: 1233-44.
- [43] Shaaya E, Ravid U, Paster N, Juven B, Zisman U, Pisarev V. Fumigant toxicity of essential oils against four major stored products insects. *J Chem Ecol* 1991;17: 499-501.
- [44] Varma J, Dubey NK. Prospectives of botanical and microbial products as pesticides of tomorrow. Available from : <http://www.ias.ac.in/currsci/jan25/articles22.htm>.
- [45] Singh G, Upadhyay RK. Essential oils: A potent source of natural pesticides. *J Sci Ind Res* 1993; 52:676-83.
- [46] Gfeller H, Schlunegger UP, Schaffner U, Boeve JL, Ujvary I. Analysis of the chemical defense system in an insect larva by tandem mass-spectrometry. *J Mass Spect* 2005; 30: 1291-5.
- [47] O'Brien RD. *Insecticides -Action and Metabolism*. Academic Press Inc. London. 1974, pp 332 .
- [48] Sogorb MA, Vilanova E. Enzymes involved in the detoxification of organophosphorus, carbamate and pyrethroid insecticides through hydrolysis. *Toxicol Lett* 2002; 128: 215-8.
- [49] Ünal G, Gürkan MO. İnsektisitler kimyasal yapıları, toksikolojileri ve ekotoksikolojileri. Ankara. 2001, pp 159.
- [50] Zlotkin E. The insect voltage-gated sodium channel as target of insecticides. *Annu Rev Entomol* 1999;44: 429-55.
- [51] Soderlund DM, Clark JM, Sheets LP, Mullin LS, Piccirillo VJ, Sargent D, Stevens JT, Weiner ML. Mechanisms of pyrethroid neurotoxicity: implications for cumulative risk assessment. *Toxicol* 2002;171; 3-59.
- [52] Becker N, Petric D, Zgomba M, Boase C, Dahl C, Lane J, Kaiser A. *Mosquitoes and Their Control*. Kluwer Academic/Plenum Publishers. New York. 2003, pp.498-795.
- [53] World Health Organization. Chemical methods for the control of vectors and pests of public health importance. 1997. Available from: http://apps.who.int/iris/bitstream/10665/63504/1/WHO_CTD_WHOPES_97.2.pdf
- [54] Valles SM, Koehler PG. Insecticides used in the urban environment: Mode of action. University of Florida. 2003. Available from: <http://www.edis.ifas.ufl.edu/pdffiles/IN/IN07700.pdf>
- [55] Kumar S, Hasan SA, Dwidei S, Kukreja AK, Sharma A, Sing AK, Sharma S, Tewari R. Toxicity of essential oil from *Lippia alba* towards stored grain insects. *J Med Aromatic Plant Sci* 2001; 22/23 4A/1A:117-9.
- [56] Lee S, Peterson CJ, Coats JR. Fumigation of monoterpenoids to several stored product *J Stored Prod Res* 2003; 39: 77-85.
- [57] Gün Ş, Çinbilgel İ, Öz E, Çetin H. Bazı *Salvia* L. (Labiatae) bitki ekstraktlarının, sivrisinek *Culex pipiens* L. (Diptera: Culicidae)'e karşı larva öldürücü aktivitesi. *Kafkas Univ Vet Fak Derg* 2011; 17 Suppl A: S61-S65.