

BÖCEK BİYOLOJİ VE ÖKOLOJİSİNE AİT ARAŞTIRMALARDA RADYOİZOTOPLARDAN İSTİFADE

Akif KANSU

I. GİRİŞ :

İnsanların, böceklerin doğrudan doğruya veya dolayısı ile olan, zararlarından kurtulmak için çabalamalarının başlangıcı tarihin derinliklerinde kaybolmaktadır. Genel bir deyiş ile, insanlar yaratıldıkları günden beri, böcekleri yok etmek veya hiç olmazsa zararlarından kurtulabilmek için, uğraşmalarına rağmen buna halâ tamamen muvaffak olamamışlardır. Halen, insanlar elde edecekleri ve ettikleri ürünlerinin enaz onda birini böceklere kaptırmaktadırlar. Bu husustaki amillerden bir tanesi, hiç şüphe yok ki, böcekleri biyoloji, ökoloji ve fizyolojileri ile toksikolojiye ait bilgilerimizin icap ettiği kadar derin olmayışıdır.

Zaman zaman ortaya konulan yeni böcek - öldürücü ilâçlar, ilk anlarda büyük ümitler vermelerine rağmen, istenen sonucu sağlamaktan uzak kalmaktadır. İkinci Dünya Savaşı yıllarında tatbikat sahasına giren DDT'ye, böceklerle olan savaşın harika silâhı gözü ile bakılmakta idi. Aradan geçen yıllar daima böceklerin lehine olmuştur. Maamafih, DDT'nin keşfindeki en mühim taraf, üniversal bir böcek öldürücünün ortaya konulmasından çok, bir böcek öldürücü ilâcın hangi kısımlardan ibaret olmasının anlaşılabilmesidir (HIRSCH, 1944). Nitekim, DDT modern böcek öldürücü ilâçların başlangıcı olmuştur, diyebiliriz. Fakat, geçen zamanın ortaya koyduğu hakikatler, bu husustaki bilgilerimizin kâfi olmadığını göstermiştir. Bir böcek - öldürücü ilâcın sadece vücuda girme şekli değil, ondan çok mühim olarak, böcek vücudu içerisinde gösterdiği faaliyet ve buna karşı uğradığı değişiklikler yakın zamana kadar pek iyice bilinmiyordu. Fizyolojik problemlerin esas çözüm noktalarından biri olan kimyasal olayları yakinen incelemek imkânlarına sahip değildik.

Radyoizotopların (*) ilim kollarındaki tatbikatı neticesinde, pekçok problemler gibi, böcek fizyolojisi ile ilgili ve bilhassa böcek - öldürücü ilaçların tesir tarz ve durumları da, daha kolayca ele alınabilmektedir.

Keza, böceklerin biyolojilerini takipte uğranılan güçlükler, radyoaktif maddelerin kullanılması ile ortadan kaldırılmıştır. Böcek biyoloji ve ökolojisi ile ilgili hususlarda yeni imkânları kullanarak yapılan araştırmalar, Entomoloji ilmi için çok aydınlatıcı olmuştur.

Entomoloji, netice itibariyle böceklerin yok edilmesi gayesine dayandığına göre, radyoizotoplardan bu yolda da faydalar sağlamak hususunda pekçok araştırma yapılmıştır ve halen yapılmaktadır.

Bir cümle ile, radyoizotopların kullanılmağa başlamasının, Entomoloji ilmine yepyeni bir vechе verdiği inkâr edilmez bir hakikattir. Bu husustaki araştırmalar bilhassa son on yıl içerisinde olmuştur. Nitekim, 1950 yılında, bu mevzudaki ilk derleme «review» sadece 40 araştırmayı ele alabilen bir eser olarak JENKINS ve HASSETT tarafından ortaya konulmuş; buna karşılığında 1956 yılında radyoizotopların Entomoloji sahasındaki ilk tatbikatına ait araştırmaların yekûnu 500 kadardı (JENKINS, 1957).

Radyoaktif maddelerin Entomoloji ilmindeki ilk tatbikatına ait araştırma, 1931 yılında, kurşun arseniyat'ın ipekböceğinin barsaklarından geçme derecesini tesbit için yapılan çalışmadır. Bu denemelerde radyoaktif madde olarak Pb^{212} kullanılmıştır (CAMPBELL ve LUKENS, 1931). Bunu takiben yapılan araştırmalarda, pekçok sayıda değişik izotoplardan muhtelif şekillerde tatbikat imkânları araştırıldı. Lâkin, bu arada *Drosophila melanogaster* Meig. adlı sinekcik üzerinde X ışınlarının etkileriyle yapılan genetik araştırmaların, yukarıda bildirilen tarihten çok evvel başlamış olduğunu belirtmek yerinde olur. Genetikçiler halen, diğer sahalarda olduğu gibi, radyoaktif ışınların böcekler üzerinde meydana getirdikleri genetik etkileri de araştırmaktadır.

Görülüyor ki, radyoaktif maddelerin diğer birçok ilim ve sanayi kollarındaki tatbikat imkânlarına paralel olarak, Entomoloji ilminin hemen her sahasında, yeni buluş ve kullanım yerlerine hergün bir yenisi eklenmektedir. Bu yazıda, radyoizotoplardan böcek biyoloji ve ökolojisine ait araştırmalarda ne şekilde istifade olunduğu, bugüne kadar yapılmış çalışmalar ele alınarak gösterilmiştir.

II. BİYOLOJİK VE EKOLOJİK ARAŞTIRMALAR :

Bir böceğe karşı kullanılacak savaş metodunun tesbit edilmesinde, o türe ait biyolojik hususiyetlerin iyice bilinmesinin ne derece mühim olduğu malûmdur. Nitekim, bir böcek türünün muhtelif devrelerdeki yaşama hususiyetleri, etrafa dağılma imkân ve kabiliyetleri, kışlama durumu, bir yerden bir yere göç edip etmediğini tam olarak bilmeden, konukçu bitkilerini,

(*) Terimlere ait açıklamalar yazı sonundadır.

asalak ve düşmanlarını iyice tanımadan seçilecek savaş usulü, hiç olmazsa ekonomik olma bakımından, muvaffakiyetsizliğe uğrar. Bütün bu hususlarda, bugüne kadar karanlık kalmış noktalar, radyoizotopların kullanılması ile birer birer aydınlığa çıkmaktadır.

A. Böceklerin etrafa yayılışı.

Böceklerin rezervasyon yerlerinden etrafa dağılmaları mevzuundaki araştırmalar, radyoaktif maddelerin kullanılmaya başlaması sayesinde, çok kolaylaşmıştır. Muhtelif usullerle böceklerin vücutlarına eklenen radyoaktif maddelerin verdikleri radyasyonları tesbit etmek suretile, adeta etiketlenmiş olan, bu böcekleri tabiat şartlarına salıverdikten sonra tekrar bulmak kolayca kabil olmaktadır. Bu suretle, aynı gaye ile eski usulleri tatbik ederek yapılan araştırmalara nazaran, çok farklı bir muvaffakiyet elde olmaktadır. Zira, etiketli böceğin mevcudiyeti, radyasyonları gayet hassas şekilde tesbit eden elektronik cihazlar sayesinde, tabiatın bize verdiği hassaslarla tesbiti imkân olmayan durumlarda dahi, anlaşılabilir.

Oldukça mufassal araştırmalardan birisi, meyve ağaçlarında zarar yapan bir tür olan *Conotrachelus nenuphar* Hbst. (Curculionidae - Coleo.) üzerinde yapılan bir seri denemelerdir (RINGS LAYNE Jr., 1953; RINGS, 1954). Araştırmacılar bu denemelerinde radyoaktif etiket maddesi olarak P^{32} , S^{35} , Ca^{45} , Co^{60} , Zn^{65} , Sr^{89} ve I^{131} gibi değişik radyoizotopları kullanma imkânlarını araştırmışlardır. Radyoizotopların kullanılmasında, daha doğrusu seçiminde, mühim rol oynayan özelliklerden birisi bunların yarı-ömürüdür. Nitekim, yarıömürü kısa olan radyoaktif iyot (I^{131}) kısıtlama araştırmaları için uygun değildir. Kısa yarıömürlü maddelerin deneme sonunda kuvvetli radyoaktiviteye sahip olmamalarına karşı, uzun yarıömre sahip radyoizotoplar deneme sonunda ele geçirilemeyen böcekler sebebi ile, diğer canlılar ve insanlar için, bazan tehlikeli olabilir. Mamafih, etiketlenmede kullanılan radyoaktif madde miktarının asgari derecede tutulması ile, bu mahzur önlenmektedir. Adı geçen araştırmacıların da tatbik ettikleri gibi, böcekleri etiketlemede bir metod da, bunları radyoaktif solüsyonlar veya radyoaktif hale sokulmuş bitkiler ile beslemektir. Bu hususta seçilecek madde, vücut yapısında bulunanlardan biri ise böcek vücudunda daha uzun müddet kalır, ki bu durumda o maddeye uzun biyolojik yarı - ömürlü denilir. Aksi halde, vücut bu yabancı maddeyi kısa zamanda dışarıya atar. RINGS ve LAYNE'in denemelerinde Sr^{89} (radyoaktif stronsiyum) böcek vücudunda pekaz bulunmasına rağmen, en iy etiketleme sonucunu vermiştir. Zira, uygun bir yarıömre (54 gün) ve kuvvetli bir radyasyon karakteristiğine (Beta enerjisi: 1,5 MeV, Gamma enerjisi: 0) sahiptir. Keza, uzun bir yarı ömre (250 gün) sahip radyoaktif çinko (Zn^{65}) da, yayılmış denemelerinde, faydalı sonuçlar veren bir radyoizotop olarak bulunmuştur. Radyoaktif solüsyonda bulunan Sr^{89} 'un şeftali sürgünleri tarafından çabuk ve kâfi derecede alınması ve keza bitki için zararlı olmamasına karşı, Zn^{65} yüksek dozda bitki için tehlikeli ve buna karşı, düşük dozda böcekleri kâfi derecede aktif hale sokamıyacak karakterde bulunmuştur. Bu sebeple, böceği bu madde ile etiketlerken vücut üzerine tatbik şeklinde kullanmak icabeder. Keza, radyoaktif kobalt (Co^{60}) uzun yarıömürü (5,3 yıl) ve kuvvetli bir rad-

yokatıv madde oluğu (Gamma: 2,5 MeV) ile kışlama denemelerinde iyi bir etiket maddesi olarak ortaya çıkmaktadır.

Netice olarak, yüksek spesifik aktivite ve nisbeten düşük kimyasal konsantrasyonda Sr⁸⁹ hem sürgünler vasıtasıle böcekleri radyoaktif hale sokmada, hem de cam kaplardan pamuk fitiller vasıtası ile böceğın vücuduna almasına imkân verme yolu ile, muvaffakiyetle kullanılmığtır. Optimum konsantrasyon, cam kaplarda ağağı yukarı 2µ/ml ve sürgünlerde 20 µc/ml olarak bulunmuğtur.

C. nenuphar Hbst. erginlerinin ilkbahar dağılığı denemelerinde, ağacın dibine bırakılan etiketlenmiğ böcekler 3-4 günlük aralar ile aranmığ ve 473 böcekten 193 adedi ençok 13 m mesafede olmak üzere, ortalama 2,5 m mesafede bulunmuğtur. Kışlama arağtırmalarında ise iyi neticeler alınmamığtır. Maamafih, bazı erginlerin 287 gün dahi yaşadıkları tesbit edilmiğtir. Ortaya çıkarılan diğer bir sonuç da, böceklerin çoğunun kışı meyva bahçesinde geçirdikleridir.

Meyva bahçelerinde zarar yapan böceklerle ilgili denemelerden birisi de JONES ve WALLACE (1955) tarafından yürütölmüğtür. Bu arağtırmalarda, Rhagoletis cingulatus (Loew) (Trypetidae - Dip.) erginleri sükröz ile karıştırılmığ radyoaktif fosforu havi fosforik asit ile beslenerek etiketlenmiğtir. Bu besleme sebebi ile sineklerin hayat devrelerinde bir kısalma görölmemiğtir. Etiketlenerek salıverilen 2010 sinekten 39 adedi yirmiiki gün zarfında bulunmuğtur. Bunlardan 14 adedi serbest bırakılma yerinde, 7 adedi bu noktadan ağağı yukarı 70 m, birer adedi de 185 ve 315 m mesafede yakalanmığtır.

Diğer bir deneme serisinde, Dacus dorsalis Hend. (Trypetidae - Dip.) larva ve erginleri iki metod ile radyoaktif etiketlemeğe tabi tutulmuğtur. Birinci metodda, gıda maddesi olarak kullanılan, havuç ortamına P³² ihtiva eden potasyum di-hidrojen fosfat ilâve edilmiğtir. Radyoaktivite 0,1µc/ml ve 0,34µc/ml olarak iki dozda verilmiğtir. İkinci metodda ise, üç günlük erginler 24 ve 48 saat müddetle 3,9µc/ml aktivite gösteren (P³²) şeker solüsyonu ile beslenmiğlerdir. Bu denemeler sonunda, her iki metod ile etiketlenmiğ, sineklerin ergin hale geliş ve erginlerin de P³² ile beslenişlerinden sonra, 40 gün müddetle bulunabilecek kadar radyoaktivite gösterdikleri tesbit edilmiğtir. İki grup sinek, gösterdikleri radyoaktivite bakımından kesin olarak birbirinden ayrılacak durumda bulunmamığlardır. Larvaları P³² ihtiva eden ortamda beslenen erginler, cinsiyetlerine göre ayırt edilince, dişilerin radyoaktivitelerini erkeklere nazaran daha çabuk kaybettikleri görölmüğtür (ROAN, 1952).

Amerika Birleşik Devletlerinde mühim bir pamuk zararlısı olarak tanınan, Anthonomus grandis Boh. (Curculionidae-Cole.) üzerindeki arağtırmalar için böcekler radyoaktif kobalt (Co⁶⁰) ve radyoaktif fosfor (P³²) ile etiketlenmiğtir. Böceklerin radyoaktif solüsyona daldırılmaları ile yapılan bu etiketlemelerde, kullanılan ıslatıcı maddelerin müsbet tesiri açık olarak ortaya konulmuğtur. Keza, yıkama sonunda radyoaktif maddede da-

ha az bir düşme görülmüştür. Aşağıdaki rakamlar bu hususta iyi bir fikir vermeğe kâfidir:

	dakikada sayım yıkamadan evvel	dakikada sayım yıkamadan sonra
Islatıcı kullanmadan :	710±122	346± 39
Islatıcı (Tergitol No 7) ile :	4690±718	3523±703

Aynı denemeler sırasında, radyoaktif solüsyonlarda yetiştirildikleri için, radyoaktiflenen bitkiler ile beslenen böceklerle bu aktivitenin geçmesi metodu ile de araştırmalar yapılmıştır. Kökleri P³² solüsyonuna batırılan fasülye bitkileri birkaç dakika içerisinde radyoaktivite göstermişlerdir. Radyoaktif fosforun bu çabuk hareketine karşı, Co⁶⁰ yavaş olarak alınmıştır; pamuk yapraklarında aktivite görülmesi için aradan saatler geçmesi icabetmiştir. Bir gün sonra da, bütün kısımlar ve bilhassa tam olgunlaşmamış meyva kısımlarına (tarak ve elmalarda) radyoaktivite gösterdiği tesbit edilmiştir (BARBERS ve diğerleri 1954).

Camnula pellucida (Scudd.) ve *Melnoplus mexicanus mexicanus* (Sauss.) (Acrididae - Orth.) adlı iki çekirge türü üzerinde yapılan denemelere göre, P³² iyonu ihtiva eden bir solüsyon püskürtülmüş genç buğday bitkileri ile 24 saat beslenen birinci türe ait son devre nimflerin gösterdiği radyoaktivite, gelişmeleri süresince, portatif bir Geiger cihazı ile tesbit edilmiştir. Vücuttan dışkı maddeleri ile atılan radyoaktivite başlangıçta çok olmuş ise de, sonradan azalmış ve 14 gün devam etmiştir. Bu fertlerin yaşayışında, şahitlere nazaran, bir fark görülmemiştir. Her iki türe ait, muhtelif yaşta nimfler, radyoaktif olarak yukarıki metod ile etiketlendikten sonra, boş bir tarlaya bırakılarak hareketleri takip edilmiştir. Buna göre, adı geçen çekirgelerin tarladaki hareketleri tesadüfidir ve gıdaya doğru bir yönelme kabiliyetleri yoktur. Genç nimfler ile erginler rüzgâr yönünde hareket ettikleri halde, yaşlı nimfler rüzgâra karşı ilerlemişler ve şiddetli rüzgârda hepsi kuytu yerlerde gizlenmişlerdir. Kalabalık popülasyonlarda, kalabalık olmayanlara nazaran, dah süratli bir yayılma görülmüştür. Araştırmalarda muhtelif yaştaki nimflerin etrafa yayılma sürati de tesbit edilmiştir.

Bu denemelerde kullanılan etiketleme metodu ile, 15 000 - 20 000 çekirge birden etiketlenebilmektedir ve P³² tarla denemeleri için elverişli bulunmuştur. Radyoaktif solüsyondaki P³² nisbeti 10 c/ml olarak kullanılmıştır (FULLER ve diğerleri, 1954; SPINKS, 1955).

KETTLEWELL (1955) de çekirgelerin dağılışı üzerinde, radyoaktif maddeler ile etiketlemek suretile, araştırmalar yapmıştır. Aynı araştırmacının, radyoaktif kükürt (S³⁵) ile muamele edilmiş bitkiler ile beslediği *Panaxia dominula* ve *Arctia caja* L. (Arctiidae - Lep.) tırtılları ile yaptığı denemelerden almış olduğu enteresan bir sonuç, radyoaktif hale gelmiş bir tırtıldan elde olunan dişi *Arctia* ergininin koymuş olduğu yumurta kümesinin radyoaktivitesinin keleşinkinden daha fazla bulunmuş olmasıdır. Bu

sonuç, endokorion tabakasının keratin benzeri maddelerinde kükürt kesafetinin yüksek oluşu ile izah olunmaktadır (KETTLEWELL, 1952).

Radyoaktif hale sokulmuş besinlerle böcekleri etiketleme metoduna bir misal olarak, *Aphis rumicus* L. ve *Myzus persicae* (Sulz). (Aphididae - Homop.) kolonilerinin radyoaktif bir solüsyon ile ($\text{Na}_3 \text{P}^{32} \text{O}_4$) sulanan bakla ve şekerpancarı bitkileri üzerinde beslenmelerini gösterebiliriz; bu sayede, yaprak bitlerinin tarladaki hareketleri ve bunların Şekerpancarı Sarılık Hastalığı'nı yaymaları tetkik olunabilmiştir (BJORLING ve diğerleri, 1951).

OUGHTON (1951), bir şalgam tarlasını istilâ etmiş olan, *Hylemya* spp. (Anthomyidae - Dip.) larvalarını ve dolayısıyla bunlardan meydana gelecek pupa ve erginleri radyoaktif olarak etiketleme imkânlarını araştırmıştır. Bitki köklerine döktüğü P^{32} solüsyonunu 0,8 m c ve 0,2 m c olmak üzere iki dozda tatbik etmiştir. Şahit parselden elde edilen 3 sinek ile düşük dozlu parselden elde edilen 6 sinekte hiç radyoaktivite tesbit olunmadığı halde, yüksek dozun tatbik edildiği kısımdan elde edilen 10 sinekten 3 tanesi (üçü de erkek) radyoaktivite göstermiştir. Netice olarak, bu metod ile böceğin yayılış ve davranışları ile parazitlerini öğrenme bakımından, bir kolaylık sağlanabileceği kanaatine varılmıştır.

Aynı cinse bağlı bir tür olan, *Hylemya brassicae* (Bouché) erginlerini etiketleme metodları üzerinde başka bir çalışma daha yapılmıştır (FOOTT, 1955). Bu araştırmalarda iki metod denenmiştir. Birinci metodda, sineklerin üzerine 0,1 m c/ml ve 0,05 m c/ml P^{32} ihtiva eden fosforik asit püskürtülmüş ise de, ergin hayatını kısalttığı, bütün sineklerde aynı derecede radyoaktivite görülmediği ve yıkanma ile radyoaktivite kaybolduğu için tatminkâr görülmemiştir. Maamafih, bazı dişilerin yumurtalarında radyoaktivitenin görülmesi sebebiyle, fosforun böcek vücudu tarafından absorbe edildiği hükmüne varılmıştır. İkinci metodda, sinekler $5 \mu\text{c}/\text{ml}$ P^{32} ihtiva eden % 7 oranında sükröz solüsyonunda beslenerek etiketlenmişlerdir. Bu doz tatmin edici netice vermeyince $7,5 - 10 \mu\text{c}/\text{ml}$ P^{32} ihtiva eden % 5'lik sükrözde bir hafta yerine 13 gün beslenmişler ve neticede, tatbikattan 42 gün sonra ölen son sinekte dahi kâfi radyoaktivite görülmüştür. Birinci metodda ise son sinek tatbikattan 15 gün sonra ölmüştür. Bu suretle, son metodun elverişli bir etiketleme yolu olduğu kanaatine varılmıştır.

Orman ağaçlarında zararı görülen bazı böcek türleri üzerinde de, radyoaktif olarak etiketleme ve bundan istifade ile, dağılımlarını tesbit denemeleri yapılmıştır. DAVIS ve NAGEL (1956) *Dendroctonus engelmanni* Hopk. (Scolytidae - Cole.) erginlerini alkolde eritilmiş radyoaktif iyot (I^{131}) solüsyonuna batırılarak etiketlenmiştir. Bu şekilde etiketlenen böcekler, kısa süreli araştırmalarda, iyi netice vermiştir.

Pissodes strobi (Peck.) (Curculionidae - Cole.) erginleri sellüloz asetat ve asetonunda eritilmiş Co^{60} ile etiketlenmiştir. Elde olunan yapışkan madde böceklerin kanatlarına sürülerek tatbik edilmiştir. Böcek başına 0,2-0,5 m c kadar radyoizotop isabet etmesine rağmen, bunlarda bir ölüm