

BÖCEKLER İLE SAVAŞTA YENİ BİR METOD : RADYASYONDAN YARARLANMA

Akif KANSU

I. GİRİŞ .

Zararlı böceklerin savaşında uzun yıllardır uygulanan metodlara son on, onbeş yıl içerisinde eklenen «Radyasyondan yararlanma» veya «Radyasyon uygulaması» bu hususta yeni bir çığır açma yolundadır. Bu konuda yapılan araştırmalara geçmeden evvel, radyasyonun böcekler üzerindeki çeşitli etkilerinden kısaca söz açmak yerinde olur.

Böceklerin değişik cins ve dozlarda radyasyonlara tabi tutulması ile elde edilen sonuçlar çok çeşitli ve oldukça karışıktır. Radyasyon uygulaması herhangi bir değişim'e (mutasyon'a), hücre çoğalmasına, embriyoda normal dışı bir değişmeye, deri değiştirme ve başkalaşımında aksamalara, davranışlarda normal dışı durumlara, sakat yapıllı vücut kısımlarının meydana gelmesine, çoğalma gücünün düşmesine, cinsel hücrelerin tamamen steril hale gelmesine ve nihayet ölüme sebep olabilir. Bu etkilerden yana dikkati çeken bir husus, sonuçlardan bazılarının hemen ortaya çıkmayıdır.

Bu konu ile ilgili bazı teknik bilgiler kısaca, yazı sonunda, bildirilmiştir.

II. RADYASYONUN GENETİK ETKİLERİ .

Radyasyon etkisi sonucu olarak görülen genetik değişimleri ilk defa ortaya koyan ve «Radyasyon genetiğinin babası» adı verilen Profesör Herman Joseph MULLER'in Nobel armağanına 1946 yılında lâyık görülmesi, bu konudaki araştırmaların bu derece kısa bir geçmişi olduğu sanısını sık sık uyandırmakta ve yanlış düşüncelere yol açmaktadır. Durumu açıklama için, MULLER'in bu konudaki denemelerinin 1927 yılında X ışınları uygulaması ile elde olduğunu belirtmek yeterlidir. Bu araştırmalarda *Drosophila melanogaster* Meig. (Drosophilidae—Dip.) üzerinde gen değişimleri meydana getirilmiştir.

Burada hemen açıklamak gerekir ki, böcekleri radyasyon etkisinde bırakan ilk araştırmacı MULLER değildir. James Watt MAYOR daha evvel X ışınları ve *Drosophila* 'lar üzerinde çalışmaya başlamıştır. Bununla beraber MAYOR'un çalışmaları gen değişimi yönünde değildir; cinsel hücrelerdeki X kromozomlarına etki ile dişiye ait hücrelerde, normal olarak ayrı ayrı iki gamet hücresine giden bu kromozomların aynı gamet'e gitmesine sebep olmuştur. Bu sonuca «Kromozom karışıklığı» veya «Kromozom

bozukluğu» adı verilmektedir. **MULLER** ise **X** ışınları radyasyonu ile, kromozomlar üzerindeki herhangi bir gen'i yok etmeği başarmıştır. Bu sonuca «Silme» adı verilmektedir. Aynı etkiler ile elde olunan diğer sonuca «Gen değişimi» veya «Gen mütasyonu» adını veriyoruz. Bu değişim ile gelecek döllere kalıtsal olarak geçen yeni özellikler elde edilebilmektedir. **MULLER**'in elde ettiği diğer bir sonuç da «Kromozom kırılması» durumudur. Aynı şekilde, bir kromozom boyunca dizilmiş genlerin sırası da değişiklik göstermektedir; buna «Değişme» veya «Ters dönme» adı verilmektedir (**LEA**, 1956).

MULLER özellikle gen değişimi üzerinde durmuştur. Bu değişim ile ortaya çıkan yeni özellikler radyasyon uygulamasından sonraki hücre bölünmesi sonucu ve keza bir sonraki dölde ortaya çıkmaktadır. A.B. Devletlerinde, 1909 yılında **D. m e l a m o g a s t e r** Meig. üzerinde genetik araştırmalar yapmış olan **T.H. MORGAN**'ın çalışma arkadaşlarından ikisi olan **MULLER** ve **BRIDGES** tarafından tesbit edildiğine göre, radyasyon etkisi ile tabii gen değişimi ihtimalinin çok üstüne çıkılabilmektedir. Meselâ **X** ışınları ile, bir saatte, 10^4 röntgene tabi tutulan **D r o s o p h i l a**'larda gen değişimi normalin yüz misli artmıştır. Doz yükseldikçe değişim orantılı olarak artmaktadır (**DICK**, 1957). İleriki sahilelerde verilecek açıklamalardan anlaşılacağı üzere, fazla yüksek dozların etkilerinin ölüme sebep olduğunu belirtmek gereklidir. Tabii olarak bireysel gen değişimi her dölde 10^{-5} ilâ 10^{-6} ihtimalle ortaya çıkmaktadır. Bununla beraber, **D r o s o p h i l a**'lar ile yapılan çalışmalarda ısının arttırılması tabii gen değişimini bir miktar çoğaltmaktadır. Aynı şekilde, bazı kimyasal etkiler ile bazı gen değişimleri sağlanabilmiştir (**LEA**, 1956). Diğer taraftan, **Drosophila**'larda görülen gen değişimleri çekinik olanlara kıyasla çok azdır. Bunlardan bazıları «Çekinik öldürücü değişimler» diğer bir deyimle «Resesif letal mutasyonlar»dır. Bu konularda yapılan pekçok araştırma vardır. Özellikle, cinsiyete bağlı çekinik öldürücü değişimler üzerinde elde edilen sonuçlar şöyle özetlenebilir (**LEA**, 1956) :

(a) Elde olunan öldürücü değişimlerin sayısı, dozun artmasına bağlı ve düzgün olarak artar.

(b) Belirli bir doz ister kısa bir sürede, yoğun olarak uygulansın, ister kısım kısım veya düşük yoğunlukta ve uzun süre içerisinde verilsin etkisi değişmez.

(c) **X** ve gamma radyasyonlarının çeşitli dalga boyları eşit etkilere sahiptir. Sadece dalga boyu 1 \AA (Angstrom) u geçtiği takdirde ufak bir azalma ihtimali vardır. Nötronlar dokuda iyonlaşma bakımından daha az etkilidir.

Cinsiyete bağlı çekinik öldürücü etkenler meydana gelmesi konusunda 1938 yılında yapılan ilk kantitatif ölçmeler bugün dahi tatmin edici görülmektedir. Bunlara göre (özet olarak) dokuda eşit iyonlaşma meydana getiren dozlar ele alındığında nötronlar, **X** ışınlarının ancak üçte ikisi kadar cinsiyete bağlı çekinik etken ürünü sağlayabilmektedirler (**Zimmer** ve **Timofeoff-Res**, 1938; **Timofeoff-Res** ve **Zimmer**, 1938). Cetvel: 1'de görüldüğü gibi, cinsiyete bağlı öldürücü etkenler oranı, radyasyonun iyon yoğunluğu ile ters orantılı olarak değişir. Cetvelde soldan sağa doğru artan iyon yoğunluğuna sahip radyasyonlar sıralanmıştır.

Çetvel: 1
Çeşitli 10^3 r değerinde radyasyonların
cinsiyete bağlı öldürücü etkenleri

Radyasyon	Eksi Beta, Gamma veya X	Yumuvak X (2—3 A°)	Nötronlar	Alfa
Öldürücü etken oranı (10^3 veya U birim için)	% 2.89	% 2.23	% 1.90	% 0.84

- Bu konudaki sonuçları üç maddede toplamak mümkündür (LEA, 1956):
- (1) Çekinik öldürücü etkenler ürünleri doz ile oranlıdır.
 - (2) Doz sabit ise radyasyon süresi ürün üzerine etkili değildir.
 - (3) Radyasyonda iyon yoğunluğu arttıkça ürün oranı düşer.

Başat öldürücü değişimler (Dominant letal mütasyon) konusunda yapılan bir iki araştırmayı gözden geçirerek bu bölüme son vereceğiz. Zira, çeşitli radyasyonların genetik etkileri, esas itibarile, entomoloji biliminin dışında, genetik bilimine ait konulardır. Bu hususlara yakın ilgi duyan meslekdaşlar için, metin kısmında sözü edilen eserler dışında aşağıda gösterilenler (tarih sırası ile) öğütlenir :

- MULLER, H.J., 1928. Problem of genic modification. Zeitschrift induct. Abstamm.-u. Vererb Lehre, Suppl. 1, 234.**
- ENZMAN, E.V. ve C.P. HASKINS, 1939. American Naturalist, 73: 470—472.**
- TIMOFEEV - RESSOVSKY, N.M., 1939. Relation between gene and chromosome mutation. Chromosoma, 1, 310.**
- MULLER, H.J., 1940. Analysis of process of structural change in chromosomes of *Drosophila*. Journal Genetic, 40, 1.**
- MULLER, H.J. 1941. Induced Mutation in *Drosophila*. Cold Spr. Harb. Symposium Quant. Biology, 11, 51.**
- ARNASON, T.J. ve diğerleri, 1951. P^{32} induced lethal mutation in *Drosophila*. Canad. Journal Zool. 29: 234—239.**
- RUSSEL, W.L., 1956. Comparison of X-ray-Induced mutation rates in *Drosophila* and mice. American Nat. 90, Suppl. 69.**
- ROGER, R.W. ve R.C. von BORSTEL, 1957. Alpha-particle bombardment of the *Habrobracon* egg; I. Sensitivity of the nucleus. Radiation Research 7, 484.**
- Von BORSTEL, R.C. ve R.W. ROGERS, 1958. Alpha-particle bombardment of the *Habrobracon* egg; II. Repons of the Cytoplasm Radiation Research 8, 248.**

LEE (1958) yapmış olduğu araştırmalarda, balarısı spermasını inaktif hale getirmek için gerekli Gamma radyasyonu dozunun yüzde yüz başat öldürücü dozdan birkaç misli daha yüksek olduğunu bulmuştur. Radyasyon sonucu sağlanan bütün başat öldürücü dozlar yumurta döneminde

ölüme sebep olmuştur. Radyasyon uygulanmış olan spermalarda meydana gelen başat öldürücülerin oranı, bu spermaların dişi eşey organındaki tohumkapsülünde (r e c e p t a c u l u m s e m i n i s) bir yıl bekleme-leri halinde dahi değişmemiştir. Denemelerde ortaya çıkarılan diğer bir husus, belirli bir radyasyon dozu (denemelerde 2×10^3 r kullanılmıştır) bir defada veya kısım kısım verildiğinde etki bakımından aralarında bir fark görülme-yiştir. Bu durum, biraz yukarıda LEA (1956) tarafından özetlen-diği şekilde verdiğimiz cinsiyete bağlı öldürücü etkenler prensiplerine uymaktadır. Başat öldürücü dozlar uygulanarak elde olunan eğri, düşük dozlarda doğru çizgiye yakın bir durumda ve fakat yüksek dozlarda doğru olmaktan çok uzaktır. Eğrinin bu durumu düşük dozlarda kromozomun bir defa, yüksek dozlarda ise birden fazla yerden kırılmasına sebep olduğu teorisine uymaktadır.

III. BÖCEKLER İLE SAVAŞTA RADYASYONDAN YARARLANMA.

Radyasyon uygulaması yolu ile böceklerle savaş imkânlarının aranması konusunda yapılan çeşitli çalışmalar bu konuda iki imkânı ortaya koymuş bulunmaktadır. Bunlardan birisi, kolayca düşünülebileceği gibi, yüksek dozlar kullanarak böceklerin hayatlarına son vermek ve dolayısıyla radyas-yonu adeta bir insektisid gibi kullanmaktır. Diğer imkân böceklere daha düşük dozda radyasyonlar (X ve Gamma) uygulayarak onların çoğalma imkânlarını yoketmek veya diğer bir deyişle böcekleri steril hale getirmek-tir. Görülüyor ki, bu yol bugüne kadar kullanılan savaş usullerinden tama-men ayrı bir yönde olmaktadır.

A) BÖCEKLERİN RADYASYON İLE ÖLDÜRÜLMESİ.

Belirli bir yerdeki ve meselâ ambalajlanmış bir madde içerisindeki böceklerin öldürülebilmesi için yüksek dozları kullanmak ilk akla gelen yol olarak düşünülmüş ve yapılan denemelerle doz artmasının ölüm yüzdesine doğru orantılı ve belirli şekilde etkide bulunduğu ortaya konulmuştur. Tabii olarak böcek türüne bağlı bir duyarlık veya dayanıklılık burada da söz konusudur. Aynı şekilde, yapılan araştırmalar göstermiştir ki, bir böce-ğin çeşitli hayat dönemleri farklı duyarlılıkta olduğu gibi, aynı döneme ait genç bireyler (yeniler) yaşlı olanlardan (eskilerden) daha duyarlıdır. Fakat çeşitli denemelerin aykırı fikre ulaştıkları husus belirli bir radyasyon dozunun uygulanması süresinin etkili olup olmadığıdır.

Ziraata zarar veren bazı böceklerin ve özellikle ambar böceklerinin öldürülmesinde radyasyondan yararlanma gayet kesin sonuçlar vermekte ve bunu ekonomik ve pratik hale koyma imkânları araştırılmaktadır. Ayrıca radyasyon kaynaklarının insanlar için de tehlikeli olma durumu (böcekleri öldürücü doz insanları öldürücü dozun 100 katı kadardır) müm-kün olduğu kadar tecrit edilmiş zayıfca bir kaynak önünden, diğer bir de-yişle bir radyasyon alanından, ürünün birkaç defa geçmesini sağlayacak bir uygulamanın ortaya çıkmasına sebep olmuş; iki kaynak tabakası arasın-dan veya bir kaynağın iki yüzünden geçirilme gibi usuller denenmiştir (HASSET ve JENKINS, 1952). Bununla beraber, bir götürücü yardımıle ürün kaynak önünden birkaç defa geçirilebilirse daha ufak radyasyon kay-nakları ile bu iş yürütülebilir. Meselâ, penisilin mantarına karşı kullanılacak bir sistemde denenilen metod boru şeklindeki bir kaynağın etrafında helezon vari yol alan bir götürücü olarak düşünülmüş idi (STANFORD

RESEARCH INSTITUTE, 1951). Bu uygulamalarda dikkat olunacak hususlardan birisi ürünün daima aynı miktar radyasyon alması, diğeri fazla yüksek dozların yiyecek maddelerinin lezzetlerini bozabileceğidir. Diğer taraftan bir besin maddesinin veya herhangi bir ambalajlanmış maddenin böcekler bakımından temiz hale getirilmesi (öldürülmüş olmaları anlamına) aynı maddelerin bakteri, mantar v.s. bakımından steril hale konulmasına kıyasla daha düşük dozlara ihtiyaç göstermesi ekonomik bir yol bulabilme imkânını arttırmaktadır.

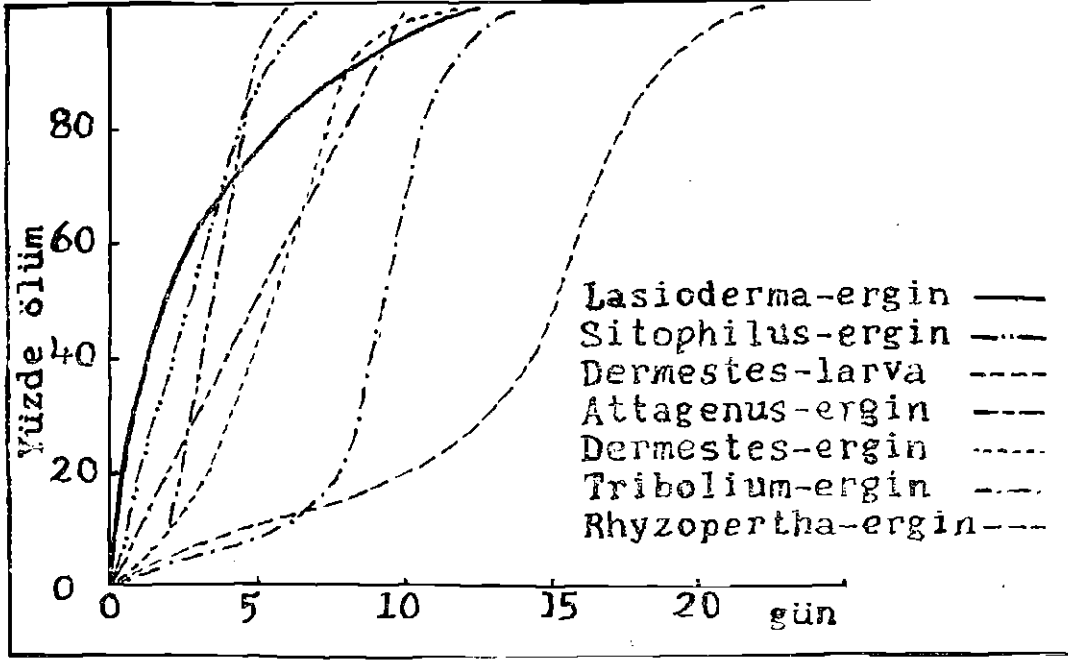
Bu konu üzerinde **HASSET** ve **JENKINS** (1952)'in fikrine göre, gerekli radyoaktif madde miktarı arzulan en düşük doza, uygulamaya tabi tutulacak maddenin (ürünün) miktar ve yoğunluğuna, kaynak sisteminin tertip tarzına ve izotopun parçalanma hızına bağlıdır. Uzun yarı ömürlü radyoizotopların kullanılması sık sık kaynak değiştirme mahzurunu önler.

Bu uygulamalarda, fazla miktardaki buğdaylarda bulunan böceklerin yok edilmesi için elverişli kaynaklardan birisi reaktör yakıt elemanlarından yararlanmaktadır. Bu suretle saatte 27 ton buğdayı tonu 6.75 TL. maliyet ile radyasyona tabi tutmak kabil olmaktadır. Diğer bir kaynak fisyon ürünleri ile Ce^{137} karışımıdır. Meydana getirilen bir sistem ile günde 229 ton buğdayı tonu 15.3—16.1 TL. maliyet ile radyasyona tabi tutmak mümkündür (**HASSET**, 1956). **STANFORD RESEARCH INSTITUTE** (1951) raporuna göre penisilinleri sterilizesi için Ce^{137} ve aynı şekilde yarı temizlenmiş ve ayırt edilmiş fisyon ürünlerinden yararlanma sağlık verilmiştir. Yarı temizlenmiş, yani, radyoaktif olmayan kısımları kısmen ayıklanmış radyoaktif ürün kullanıldığında küri (curie) başına maliyet 1.80—18.00 TL. arasında değişmektedir. **DICK** (1957)'in bildirdiğine göre, **BROWNELL** buğdayın çuvallanmış vaziyette radyasyona tabi tutulması esasına göre hazırladığı sistemde, 32.5 Kg. ağırlığındaki bir çuvalın 0.18 TL. maliyetle radyasyonunu sağlamıştır.

Bu yolla böceklerin öldürülebilmesi için gerekli bilgilerin başında uygulanacak dozu (radyasyon miktarını) tesbit gelmektedir. Bu amaçla yapılan araştırmalardan bazıları aşağıda özetlenmiş bulunmaktadır.

HASSET ve **JENKINS** (1962) araştırmalarının başlangıcında radyasyon kaynağı olarak radyoaktif **Tantalum** (Ta^{182}) kullanmış, fakat sonra bir kilokürilik (1 Kc) radyoaktif **Kobalt**'dan (Co^{60}) yararlanmışlardır. Araştırmaların ilk kısmında, deneme böceği olarak ele alınanlardan **Drosophila sp.** erginlerinde, 84×10^3 r uygulanması halinde % 90 ölüm tesbit edilmiştir. **Tribolium confusum** Duval (Tenebrionidae - Col.) erginleri 11×10^4 r'de % 80, 14×10^4 r'de % 90 ve 19.6×10^4 r'de % 100 ölmüşlerdir. Sonuç olarak, böceğin gelişmesi ile dayanıklılığın arttığı ve aynı dozun değişik sürelerde verilmesi halinde etkilerin farklı olduğu anlaşılmıştır. Radyoaktif **kobalt** ile yapılan araştırmalarda ise deneme böceği olarak ergin **Lasioderma sericorne** (Fab.), ergin **Rhyzopertha dominica** (Fab) (Bostrichidae-Col.), ergin **Sitophilus oryzae** (L.) (Curculionidae-Col.), larva ve ergin **Dermestes ater** Deg., ergin **Attagenus piceus** (Oliver) (Dermestidae-Col.) ve ergin **Tribolium confusum** Duval için çabuk öldürücü en düşük doz olarak bulunan 64.4×10^3 r'lik gamma radyasyonu hemen bütün bir hafta zarfında öldürmüştür. Sadece **R. dominica** (Fab.) erginleri canlılıklarını üç hafta kadar devam

ettirebilmişlerdir. *T. c o n f u s u m* Duval. da oldukça dayanıklı bulunmuştur. Bu türlerin ölüm durumlarını belirten eğriler Şekil: 1'de bir arada gösterilmiştir.

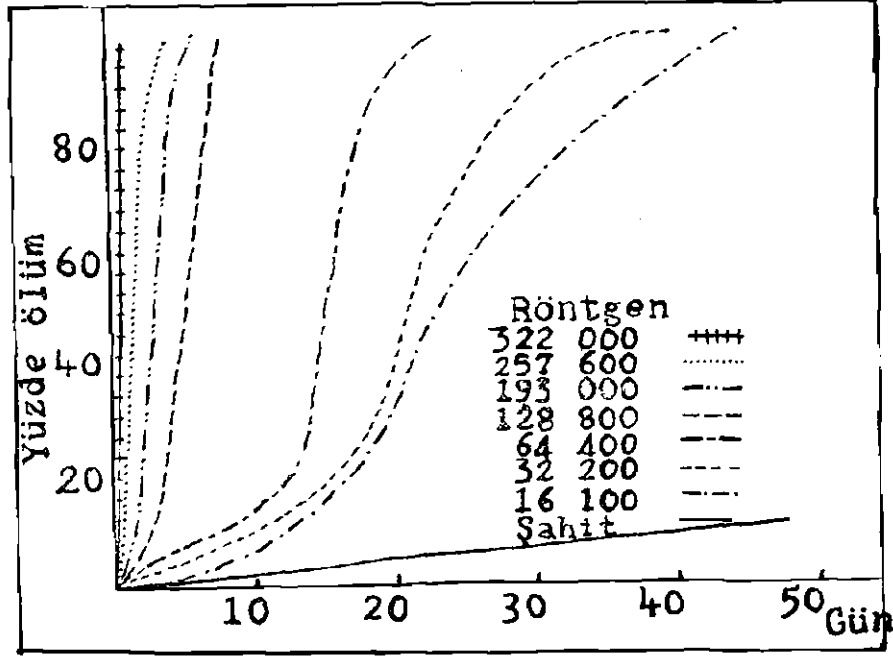


Şekil: 1

Altı tür böceğin 64 400 r'lik dozda ölüm durumları (HASSET ve JENKINS, 1952).

Daha yüksek dozlar ile yapılan araştırma serilerinde, meselâ 322×10^3 r'de bütün böcekler ölmüş ve sadece birkaçı 12 saat kadar hareket edebilmişlerdir; hiçbirinde sonradan canlanma görülmemiştir. Bundan daha düşük olan 193×10^3 r'lik doz da oldukça yüksek derecede etkili bulunmuştur. Buna karşı aşağı yukarı 129×10^3 r'de bütün *S. O r y z a e* (L.) erginleri 5 gün içerisinde ölmüş, *T. c o n f u s u m* Duval bireylerinde ancak 7 günde % 75 ölüm görülmüş, aynı süre içerisinde *A. p i c e u s* (Oliver) larvalarında % 11 ölüm tesbit edilmiştir; bununla beraber, bu sonuçlarda ertesi hafta ölüm % 60'a yükselmiştir. Türler arasında dayanıklılık bakımında görülen bu farklar Şekil: 1'de verilmiş idi; çeşitli dozların aynı tür böceği ölüme sürüklenme süreleri ise Şekil: 2'de *R. d o m i n i c a* (Fab.) örnek alınarak gösterilmiştir.

Aynı denemeler sırasında *D r o s o p h i l a m e l a n o g a s t e r* Meig. erginleri 193×10^3 r'de iki gün içinde tamamen ölmüş, 64.4×10^3 r'lik dozda ise bazıları üç hafta kadar yaşamıştır. Çeşitli böcekler ile yapılan bu denemeler sonunda böceklerin öldürülmesi için gerekli gamma radyasyonu miktarının bakterileri öldürmeğe yetecek dozdan çok küçük olduğu anlaşılmıştır. Bakterilere 10^6 r veya daha fazlasını uygulamak lâzımdır. Diğer taraftan çok yüksek dozların besin maddelerinde tad değişikliğine sebep olabileceği anlaşılmıştır (HASSET ve JENKINS, 1952).



Şekil: 2

Gamma radyasyonuna tabi tutulan *R. dominica* (Fab.) erginlerinde ölüm-radyasyon dozu eğrileri (HASSET ve JENKINS 1952).

LINDQUIST (1958)'in bildirdiğine göre COLE ve DİĞERLERİ (*) tarafından yapılan radyasyon denemelerinde *Periplaneta americana* L. (Blattidae-Orth.) larva ve erginleri 68×10^3 r'de yirmidört saat zarfında tamamen ölmüşlerdir. Aynı denemelerde ele alınan *Pediculus humanus* L. (Pediculidae-Anoplura) için ölüm meydana getiren doz 2×10^5 r'dir. *Blattagermanica* L. (Blattidae-Orth.) erginlerinin cinsiyetleri göz önünde tutularak yapılan araştırmalarda dişileri yüzde yüz öldüren doz 9×10^4 r, buna karşı erkekler için aynı doz 9.8×10^4 r'olarak tesbit edilmiştir. *Monomorium pharaonis* (L.) (Formicidae-Hym.) işçileri 21×10^4 r, kraliçesi 20×10^4 r dozundaki radyasyonda ölmüşlerdir.

Anopheles quadrimaculatus Say. (Culicidae-Dip.) adlı sivrisineğin çeşitli hayat dönemlerinde, 48 saatta % 50 ve % 100 ölüm sağlayan dozları (LD_{50} ve LD) bulmak için radyoaktif kobalt kullanılarak yapılan radyasyon araştırmalarında yumurtalar 2.6×10^3 ve 11×10^3 r, larvalar için 32×10^3 ve 120×10^3 r, pupalar için 22×10^3 ve 40×10^3 r değerindeki dozlar tesbit edilmiştir (DAVIS ve DİĞERLERİ, 1959).

Dacus dorsalis Hendel (Trypetidae-Dip.) üzerinde yapılan radyasyon denemelerinde, ancak 6 saatliğe kadar olan yumurtalar 4×10^3 r etkisi ile öldürülebilmiş ise de 24 saatlikler 36×10^3 r'den aşağı dozdaki gamma radyasyonlarından müteessir olmamışlar ve uygulamadan sonra

(*) COLE, M.M., C.H. SCHMIDT ve D.E. WEIDHAAS, (1957) Lethal effects of gamma radiation on several insects (Yayınlanmamış).

normal olarak açılmışlardır. Ancak 12×10^4 r değerindeki doz yumurta açılmasını % 46 oranına kadar düşürebilmiştir. Yalnız, açılan bu yumurtalardan çıkan larvaların ve bunu takiben pupa ve erginlerin normal gelişmelerini tamamlayarak yeni bir döl meydana getirebilmeleri için radyasyon dozunun 2×10^3 r değerini aşmaması gerekir. Daha yüksek dozlardan, meselâ $3-6 \times 10^4$ r sadece % 0.05 oranında pupa olma imkânı verir. Aynı böceğin üçüncü dönem larvaları 24×10^4 r'lik dozda % 70 pupa meydana getirebilmişler ise de bunlar ergin hale geçememiştir (**BALOACK ve DİĞERLERİ**, 1956).

Odun dokusu ve ahşap malzeme içerisinde yaşayan böceklerin radyasyon etkisi ile yapılan araştırmalar henüz sonuçlanmış değildir; bu konudaki çalışmalara devam edilmektedir. Odun maddesinin kimyasal yapısında bir değişikliğe sebep olmadan pek yüksek dozda radyasyonlar uygulanabilir ve bu suretlede derin tabakalara kadar etkide bulunularak, burada yaşayan böcekleri öldürmek mümkündür. Fakat, bugüne kadar yapılan araştırmalar o derece ümit verici olmamıştır. Araştırmacılar bu sahaya en uygun gelecek bir metod bulmak için çalışmaktadırlar. Ağaç malzeme ile yapılmış birçok yerlerde ve meselâ deniz taşıtlarında derin tabakalara kadar etkili olacak derecede kuvvetli ve fakat, kullananlar için emniyetli bir radyasyon uygulama sistemi henüz bulunamamıştır. Bununla beraber, İngilterede bu konudaki araştırmalar özellikle *Lyc tus planicollis* L. (Lyctidae-Col.) ergin ve larvaları üzerinde toplanmış bulunmaktadır. Aynı şekilde *P s o c o i d*'ler (Corredentia) ve odun tabakası içerisinde yaşayan diğer bazı böcekler üzerinde de durulmaktadır (**DICK**, 1957).

Lyc tus planicollis L. üzerinde A.B. Devletlerinde de durulmaktadır. Yapılan araştırmalar bu türün gamma radyasyonlarına oldukça dayanıklı bulunduğunu ortaya koymuştur. Denenen 64.4×10^3 r'lik dozda böceklerin hemen çoğu 7 günde ölmüş ise de geri kalanlar üçüncü hafta sonuna kadar yaşamışlardır. Aynı deneme kontrollerinin de aynı günlerde öldüğünü belirtmek durumu açıklar. Daha düşük dozlarda göze çarpacak bir ölüm görülmemiştir (**HASSET ve JENKINS**, 1952). Bu araştırmacıların sonuçları evvelce verilmiş olan, çeşitli böceklerde radyasyonla ölüm sağlama konusunda yaptıkları çalışmalarda göze çarpan bir nokta, bu türler arasında sadece *L. planicollis* L.'de geçici bir bayılma durumu görülmesidir; diğer türlerde etkiden kurtulma yoktur.

Ambar böcekleri bu tip araştırmalarda en çok ele alınan deneme hayvanlarıdır; diğer bir deyişle, radyasyon ile böcek öldürme yolu en çok ambar zararlılarına uygulamaya uygun gibi görünmekte ve bu sebeple de denemeler daha çok o tarafa yöneltilmiş bulunmaktadır. Nitekim, **CORNWELL ve BULL** (1960) *Sitophilus granarius* (L.) ve *S. oryzae* (L.) üzerinde geniş çalışmalar yapmışlardır; bu araştırmalara göre, bu türler ve diğer ambar zararlısı kın kanatlılara, evvelce yapılan denemelerin sonuçları da göz önünde tutularak, radyasyon uygulaması sonucu erginleri 24 saattan önce öldürmek için gereken dozun ürünün koku ve tadına bir etkide bulunacak kadar yüksek değerde olması gerekmektedir. Doz 10^4 rep olduğu takdirde ölüm 10-15 gün içerisinde meydana gelir. Radyasyon miktarı 6×10^3 rep ise aşağı yukarı % 90 ölüme sebep olur; 2×10^3 rep'lik doz ölüme götüren en düşük radyasyon değeridir, ve bu uygulanan erginleri 2-5 haftada öldürmüştür. Fakat, larvalar bu radyasyon miktarında daha uzun müddet yaşamıştır ve bunları erginlerinkine yakın

bir sürede öldürmek için daha yüksek dozlar gerekir. Larvaların ölümden önceki canlı kalma süresince bir miktar beslendikleri görülmüştür. Aynı denemelerde, radyasyona dayanmanın hayat süresince derece derece arttığı kanaatine ulaşılmıştır. Yumurta ve larvalara 5×10^3 rep'den yüksek doz uygulanırsa olgunlaşamazlar. Öte yandan 2×10^4 rep pupaların ancak % 20 kısmının ergin hale geçmesine imkân verir. Bu durum oldukça önemlidir; çünkü, bilindiği gibi, kimyasal savaş yolları ve özellikle fümigasyon dışındaki metodlar ile genç devreleri (yumurta ve larva) öldürmek erginleri öldürmeden çok daha zordur. Fümigasyonda bile düşük dozlar sadece erginlerin imhasını sağlayabilir; en dayanıklı dönemler yumurta ve pupadır. Araştırmacılar radyasyon uygulamasının ekin ambar böceklerine karşı tam ve kesin bir savaş yolu olduğu hükmüne varmışlardır.

Trogoderma sternale Jayne (Dermestidae-Col.) adlı ambar zararlısı üzerindeki araştırmalarda, bir defada 10^4 r'lik doz alan larvaların % 86 kısmı iki ayda ölmüştür; buna karşı aynı doz beş günde ve beş uygulamada verildiğinde ölüm oranı ancak % 28 bulunmuştur. Bu oranlar altı ay sonunda % 100 ve % 94'e yükselmiştir. Bu sonuçlara dayanarak, bölünmüş olarak verilen dozun, bir defada verilenden daha az olduğu hükmü çıkarılmıştır. Dozun bölünmesi, bir defada verilme ile aynı derecede hücrelerin tahribedildiği farzedilse bile, uygulamalar arasında bazı tamirlerin (kendi kendini tedavilerin) olabilmesi ve sonuç olarak toplam etkinin azalması söz konusudur (HOWDEN ve AUERBACH, 1958).

B) BÖCEKLERİN KISIRLAŞTIRILMASI.

Belirli dozlardaki radyasyonların dişi ve erkek böcekleri, onları ölüme sürüklemeyen, kısırlandırması, diğer bir deyimle steril hale koyması, böcekler ile savaşta yepyeni bir düşüncenin doğmasına yol açmıştır. Bütün erkekleri veya dişileri kısırlandırılmış bir böcek topluluğunun gelecek dölünün sıfıra ineceği kolayca düşünülebilir. Bireylerin sadece bir kısmının steril hale getirilmesi veya bu topluluğa dışarıdan kısır bireylerin katılması, popülasyonun azalmasına ve bu işe devam olunduğunda, uzunca bir süre sonunda da olsa, o topluluğun yok olmasına sebep olabilmek imkânını vermektedir.

Cinsiyetler arasında, radyasyon etkisi sonucu kısır hale gelme bakımından, farklılık vardır. Bu konuda dikkat çeken bir nokta, bazı türlerde erkek böceklerin, bazılarında ise dişilerin daha düşük dozlarla steril hale gelmesidir. Fakat, hemen belirtmek gerekir ki, bu konuda kesin hüküm vermeğe yeterli literatür elimizde bulunmamaktadır. Cinsiyetler arasındaki bu farklılığa örnek olarak *Calitroga hominivora* (Cqrl) (Calliphoridae-Dip.) adlı sineği alırsak, pupa döneminde radyasyon uygulama yolu ile erkekleri steril hale getirmek için 2500 röntgenlik X ışınlarının yetmesine karşı, dişilerde aynı durumu yaratmak için bunun iki katı radyasyona ihtiyaç olduğu anlaşılır (BUSHLAND ve HOPKINS, 1951). Buna karşı, *Trogoderma granarium* Evets. ile yapılan denemelerde erkekleri kısır hale getirilmesi için 15×10^3 r'lik gamma radyasyonu gerektiği halde, dişiler sadece 5×10^3 r ile steril hale gelmişlerdir (CARNEY, 1959). Fakat, aynı tür üzerindeki diğer bir çalışmada, pupalara radyasyon uygulandığında, son bildirilen dozun dişilere etkili olmadığı anlaşılmıştır. (KANSU, 1962).

Gerekli dozun düşüklüğü göz önünde tutularak, radyasyon ile böceklerin öldürülmesi yerine kısırlaştırılmasının tercih olunacağı tabiidir. Meselâ, *H a b r o b r a c o n h e b e t o r* Say. (*Braconidae-Hym.*) erkekleri sadece 5×10^3 r ile steril hale getirilebildikleri halde, aşağı yukarı 18×10^5 r bu arıları sadece bir müddet yavaş hareket eder hale koymuş, kısacası öldürememiştir (**GROSCH** ve **SULLIVAN**, 1952).

Genetik ve Sitoloji bilginlerinin yıllardan beri bildikleri, kısır erkekler ile çiftleşen dişi böceklerin (*D r o s o p h i l a* türleri üzerindeki çalışmalar) koydukları yumurtaların açılmadığı hususundan, büyük ölçüde bir savaş yolu olarak pratik sahada yararlanmak ancak 1950 yılında gerçekleşmiştir. Yukarıda da kısmen belirtildiği gibi, teorik olarak steril erkekleri bir böcek topluluğuna katmanın, dişiler tarafından konacak yumurtaların bir kısmının açılmamasına sebep olacağı bilinen bir konudur. Bu işe devam popülasyonun yok olması ile sonuçlanır. Böyle bir metodun uygulanabilmesi için bazı şartların birlikte bulunması gerekir; bunlar şöylece sıralanabilir :

- (1) Böcekler mümkün olduğu kadar kesin sınırlı (izole edilmiş) bir bölgede bulunmalıdır.
- (2) Çoğalma gücü pek yüksek olmamalıdır.
- (3) Dişilerin çiftleşme sayısı az, en iyisi sadece bir olmalıdır.
- (4) Laboratuvarda steril erginlerin kitle halinde yetiştirilmesi mümkün olmalıdır.
- (5) Bölgeye dağıtılmaları kolay ve erkekler fazla hareketli olmalıdır.
- (6) Kısır hale getirilme ömür kısalmasına ve çiftleşmeyi önleyici ya da azaltıcı bir etkide bulunmamalıdır.

Bu şartlar dışında böceğin ergin döneminde zararsız olması arzulanan bir husustur. Ayrıca böyle bir savaşa popülasyonun düşük olduğu zamanlarda girişilmelidir (**KNIPLING**, 1955).

Bu şartlara uyan *C a l l i t r o g a h o m i n i v o r a x* (Cqrl.), Amerikalı bilginler tarafından, ideal bir böcek olarak görülmüş ve bu tür ele alınmıştır. *C. h o m i n i v o r a x* (Cqrl.) larvaları A.B. Devletlerinin özellikle Güney ve Güney batı bölgelerinde sığırların (bütün sıcak kanlılarda yaşayabilir) ufak yaralarından içeri girerek, büyük yaralar açılmasına ve bu sebeple her yıl milyonlarca dolar zarara sebep olur (**FERNALD** ve **SHEPARD**, 1955). Bu türün steril erkekler salıverilmek suretile bir bölgeden silinebileceği fikri ilk olarak Dr. **E.F. KNIPLING** tarafından ortaya konulmuştur (**LINDQUIST**, 1955). **BUSHLAND** ve **HOPKINS** (1951, 1953) tarafından tesbit edildiğine göre, bu böcekleri X veya Gamma ışınları ile kısırlaştırmak mümkündür. Bu durumda steril erkekler normal dişiler ile çiftleşince açılma gücü olmayan yumurtalar konulmaktadır. Bu arada erkeklerin 21 defaya kadar, dişilerin ise sadece bir defa çiftleştiği tesbit edilen hususlar arasındadır; ve bu durum savaşın başarısı için çok önemlidir. Aynı araştırmacılara göre, kısırlaştırma için en uygun zaman ergin açılmasına iki gün kalmış pupalardır; diğer bir deyişle, 26.7°C ısıda 5 günlük pupa halindedir. **BAUMHOVER** ve **DİĞERLERİ** (1955)'nin bildirdiklerine göre çalışmalar sırasında da bu devredeki pupalar radyasyona tabi tutulmuştur ve meydana gelen erginler 24 saat içerisinde uçaklar ile uygulama alanına taşınıp dağıtılmışlardır. Bu çalışmalar sırasında radyasyon kaynağı olarak Co^{60} kullanılmış ve 2500 r erkekleri steril yapmağa yetmiştir. Kısırlaştırılan böcekler ilk olarak Florida yakınlarında **SANIBEL** ve **CAPTIVA**

isimli iki küçük adaya salıverilerek denemelere başlanmıştır. Fakat, bu adaların tamamen izole edilmiş durumda olmamaları (karaya yakın olmaları sebebiyle) 8 hafta sonunda ancak % 80 ve % 35 sterillik sağlanmasına imkân verebilmiştir (LINDQUIST, 1955). Bundan sonra, araştırmayı yürütenler tarafından deneme yeri olarak, Hollanda Antillerinden ve Venezuelaya 40 mil uzakta olan CURAÇAO adası seçilmiş ve başlangıçta tabii popülasyon kilometre kareye 260—520 böcek olarak tahmin edilmiştir. Ada 65 kilometrekare alanında olup, araştırma sırasında her hafta kilometrekareye 40 kadar (milkareye 100) steril böcek salıverilmiştir ve keçilerin yaralarında bulunan açılma kabiliyeti olmayan yumurta kümelerine dayanılarak, kısır erkeklerden bazılarının normal dişilerle çiftleştikleri kanaatine ulaşılmıştır. Nisan ve Mayıs aylarında (Yıl: 1955) açılmayan yumurta oranı % 15 kadar hesaplanmıştır; fakat bu durumda popülasyonda bir azalma beklenemezdi. Temmuz ve Ağustos aylarındaki kurak devre sonunda, haftada km²'ye 41 böcek salıverilen adanın yarıkismında % 30.6, km²'ye 173 böcek salıverilen diğer yarı kısmında % 48.9 açılmaz yumurta tesbit edilmiştir. Ağustos ayının dokuzunda, ekimin üçüne kadar bütün adaya, haftada km²'ye 168 steril erkek salıverilmesi sonunda, mevsim yağmurlarının da uygun gitmesi sonucu olarak yumurtalarda % 69—100 açılmazlık bulunmuş ve popülasyon % 99'dan daha fazla düşmüştür. Böceklerin salıverilmesine sekiz hafta devam edilmiş, ve 12 ve 13. haftalarda bulunan sadece iki açılma kabiliyetindeki yumurta kümesi hariç, hiç bir sinek uçuşu görülmediğinden sekizinci hafta sonunda kısır sineklerin salıverilmesine son verilmiştir. Bu tarihte ilk defa olarak, insanlar tarafından bir bölgede bir böceğin tamamen yok edilmesidir (BAUMHOVER ve DİĞERLERİ, 1955). Bu başarıdan sonra Güney-Doğu A.B. Devletlerinde bu böcek tarafından zarar görülen ve Curaçao adasınının 300 katı kadar bir alan kaplayan bölgede aynı metodla bir temizleme yapmak düşünülmüştür (BAUMHOVER, 1958). Bu işe ilk adım olarak da Florida'da 5200 km² tutarında bir arazide kısır erkek sinekler salıverilmek suretile denemeler yapılmıştır. Kilometre kareye haftada salıverilen erkek *C. h o m i n i v o r a x* (Cqrl.) sayısı 192 (mil kareye 500) idi. Bu araştırmada da sinekleri steril yapmak için Co⁶⁰ kullanılmış ve doz 6200—8300 r arasında değişmiştir. Erkek sineklerin salıverilmesinden sonra yapılan kontrollarda bölgenin güney ve batı kısımlarında popülasyon düşmesi görülmüştür. Deneme sırasındaki vahim salgınlara rağmen üç ay sonunda % 70 sterillik elde edilmiştir. (BAUMHOVER ve DİĞERLERİ, 1959). Bu başarılarından sonra A.B. Devletlerinde *C. h o m i n i v o r a x* (Cqrl.) zararı görülen bölgelerde, bu böceğin tamamen yok edileceğine inanmak yerinde olur.

Avustralya'da 1961 yılında *S t r u m e t a t r y o n i* (Frogg) (Trypetidae-Dip.) adlı meyva sineğine karşı, gamma radyasyonu ile steril hale konulmuş erkeklerin salıverilmesi yolu ile savaş imkânlarının aranmakta olduğu anlaşılmaktadır. Bu metod (keza çekici tuzaklar) *Ceratitis capitata* Wied. (Trypetidae-Dip) ve *S. t r y o n i* (Frogg)'nin tecrit edilmiş salgınlarına karşı değere sahiptir. Son böceğin kültür bahçeleri dışında, tabii konukçu bitkilerinin bulunduğu yerlerdeki salgınlarına karşı bu metodun yararlı olabilmesi son derece şüphelidir. Aynı şekilde, geniş alanlar söz konusu olduğunda gene yetersiz kalmaktadır (EDWARDS, 1961).

Avustralyada yapılan çalışmadan da anlaşılacağı gibi, *C. hominivorax* (Cqrl.)'ye karşı sağlanan başarı, aynı konuda başka böceklerin de ele alınmasını teşvik etmiş ve henüz aynı sonuca ulaşan geniş çalışmalar yapılamamıştır. Bu metod, meselâ bazı sivrisinekler (örnek: *Anopheles quadrimaculatus* Say.) üzerinde başarı ile uygulanabilecek gibi görülmektedir. Bu türler kışı yumurta halinde geçirmeyen ve bu sebeple, ilkbahar popülasyonu az olanlardır. Bunları kitle halinde laboratuvarında üretmek kabil olabilecektir ve eğer bu metod tek başına yeterli olmazsa diğer savaş metodları ile birleştirilebilir (DAVIS ve DİĞERLERİ, 1959).

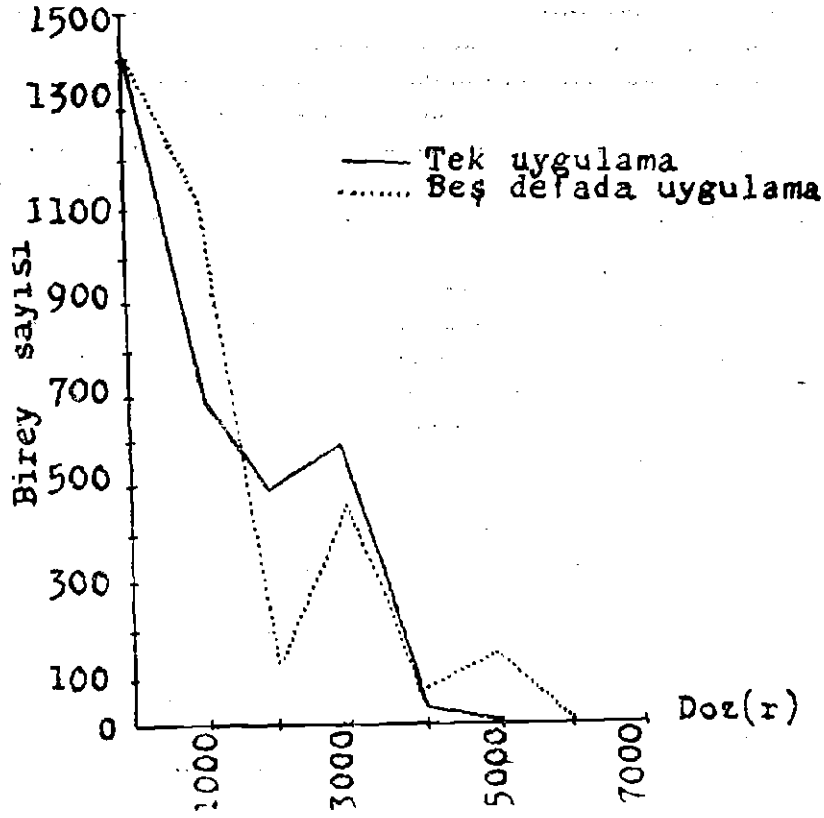
Dişi böceklerin bir defadan fazla çiftleşme davranışları, yukarıda bildirilen metodun uygulanmasına imkân vermemektedir. Meselâ, *Dacus dorsalis* Hendel, *Ceratitis capitata* Wied. ve *Dacus cucurbitae* Coq. gibi Trypetidae (Dip.) türleri ile yapılan laboratuvar araştırmalarına göre steril erkekler ile aşağı yukarı on gün bir arada bulundurulmuş normal dişi sineklerin yumurtaları açılmamakta; buna karşı, normal erkekler ile temas edebilenler döllenmiş yumurta koyabilmektedir. Bununla beraber, laboratuvar kafeslerinde yapılan, popülasyon denemelerinde dişilerin çok çiftleşmelerine ve kısırlaştırılmış erkeklerin bir müddet sonra (30—50 gün) iyileşmelerine rağmen yumurtaların açılma gücü **KISIR/NORMAL ERKEK** değeri ile ters orantılıdır. *C. capitata* Wied. ile yapılan biyoloji ve kısırlaştırma denemeleri, bunun bulaşık araziye steril erkekler salıvermek suretile bir savaşa uygun geleceğini göstermiştir (STEINER ve CHRISTENSON, 1956). Özellikle bu türün tuzak maddelerine gelme hassası kesin popülasyon tesbitinde yardımcı olmaktadır.

Birden fazla çiftleşme adetinde olan başka bir böcek *Pissodes strوبي* (Peck.) (Curculionidae-Col.) ile yapılan denemeler radyasyon dozunun artması ile (5—10—20X10³ r) hayat süresinin azalarak 33 günlük kontrollara kıyasla 12 güne kadar düştüğü görülmüştür; ayrıca beslenme faaliyeti de yarıya inmiştir. Bunlardan orta ve yüksek doza tabi tutulan erkeklerdet am kısırlık görülmüştür. En düşük doz ile steril hale konan erkekler ile çiftleşen dişilerin koydukları yumurtalarda açılma % 0,3 gibi pek düşük bir oranda bulunmuştur. Bu araştırmada elde edilen ilgi çekici bir sonuç, normal erkekler ile çiftleştirilmiş dişilerin sonradan radyasyon uygulanmış olanlar ile tekrar çiftleştirilmeleri ile ortaya çıkmıştır. Sonradan 5X10³ r değerindeki radyasyona uğramış erkekler ile çiftleşen dişilerin koydukları yumurtaların % 0,4 oranı, buna karşı 2X10⁴ r radyasyon uygulananların çiftleştikleri dişilerin koydukları yumurtaların % 13,9 oranı açılmıştır (JAYNES ve GODWIN, 1957). Araştırmacıların açıklamalarına göre, düşük dozda sterilleşmiş erkeklerin spermaları dişi tohum kapsülünde (receptaculum seminis) bulunan eski spermaları iptal etmektedir. Yüksek doz ile kısırlaştırma spermaları tamamen tahrip ettiğinden, eski (normal) spermalar görevlerini tamamlayabilmektedir. Aynı şahısların başka bir seri denemede elde ettikleri sonuçlara göre, evvelâ steril erkekler ile çiftleşen dişilerin koydukları yumurtalar açılmamakta ise de, bu dişiler daha sonra normal erkeklerle çiftleşirse koydukları yumurtalardan larva meydana gelebilmektedir. Bu sonuca göre, kısırlaştırılmış erkek böcekler kullanarak, bu türün tabii popülasyonunu yok etmek imkânsızdır. Bununla beraber, steril erkeklerin çok fazla sayıda olması halinde popülasyonun çoğalma gücü büyük ölçüde düşebilir.

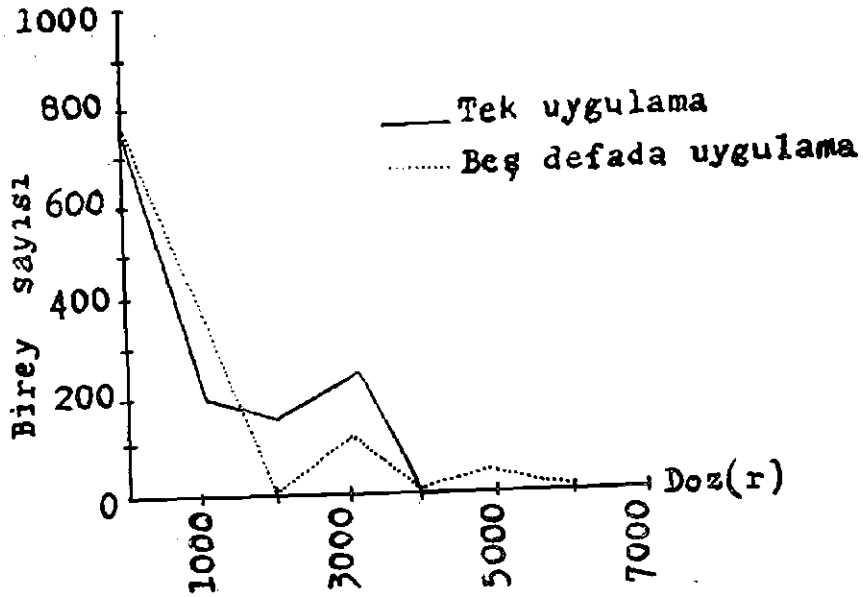
Gamma ışınlarının etkilerine ait, *Aedes aegypti* (L.) (Culicidae-Dip.) ile yapılan bir araştırmada, yumurta miktarının gerek normal dişilerin 8—15 gün evvel 3×10^4 r radyasyon uygulanmış erkekler ile çiftleşmesi sonunda ve gerekse dişilerin 2.5×10^3 röntgenlik dozdan fazla radyasyona tabi tutulması ile azaldığı görülmüştür. Yumurta açılması ise ister erkek, ister dişilerin 2.5×10^3 r'den yüksek olarak aldıkları doz ile orantılıdır; 10^4 r değerinde ise hiç yumurta açılması yoktur. Yumurtalar, radyasyona karşı, açılma öncesinde duyarlı ($LD_{50} = 8-75 \times 10^2$ r), buna karşı üç ilâ beş günlük iken en dayanıklıdır ($LD_{50} = 3-7.5 \times 10^4$ r). Ancak, 2.5×10^3 r değerden daha düşük radyasyon uygulanan yumurtalarda F_1 elde edilebilmiştir. Buna karşı, 5×10^3 r'den aşağı doz almış dişiler çoğalma gücüne sahip F_1 dölü vermişlerdir (TERZIYAN ve STAHLER, 1958). Aynı familyadan diğer bir tür, *Anopheles quadrimaculatus* Say.'un çeşitli hayat dönemlerine uygulanan radyasyonun steril yapıcı dozları üzerindeki çalışmalarda, DAVIS ve DİĞERLERİ (1959) gamma ışınlarının pupa ve ergin döneminde uygulanması ile kısırlaştırılabileceklerini tesbit etmişlerdir; aşağı yukarı $9-13 \times 10^3$ r tam bir sterillik vermektedir. Radyasyona tabi tutulmuş dişiler normal erkekler ile çiftleştiklerinde yumurta koymamışlar, normal dişiler ise radyasyona tabi tutulmuş erkekler ile çiftleştikten sonra yumurta koymuşlarsa da bunların hiçbirisi açılmamıştır. Aynı denemelerin başka bir serisinde bir kafesteki normal erkek dişi popülasyonu içerisinde 4:1:1 oranını verecek şekilde kısır erkekler ilâve edildiğinde toplam yumurta sayısında değişme olmamış ise de, bu oran 6:1:1 ve 10:1:1 olduğunda yumurta % 80 oranında azalmıştır.

Radyasyonun etkileri (öldürücü ve kısırlaştırıcı) üzerinde yapılan denemelerde, evvelce de belirtildiği gibi, ençok ambar böcekleri ele alınmıştır.

HOWDEN ve AUERBACH (1958) *Trogoderma sternale* Jayne üzerinde yaptıkları kısırlaştırma araştırmalarında, radyasyon kaynağı olarak radyoaktif kobalt kullanmışlar ve 10^3-10^4 röntgen arasında değişen 7 doz uygulamışlardır. Serilerden birinde bütün doz bir defada, diğerinde 5 defada (5 günde) verilmiştir. Bu çalışmalarda enaz beşinci dönemde olan larvalar radyasyona tabi tutulmuş ve uygulanan bütün dozlar n çoğalma gücü üzerine etkili olduğu anlaşılmıştır. Bu durum uygulamadan iki ay sonra F_1 ve altı ay sonra F_1 ve F_2 popülasyonlarının büyüklüğü üzerinde kendisini göstermiştir (Şekil: 3 ve 4). Bu dozlardan $1-4 \times 10^4$ r olanların etkisi canlı kalış süresinin azalması ve (veya) çiftleşme üzerine etkili yapı bozuklukları ile açıklanabilir. Düşük dozlarda (5×10^3 r değerinden aşağı) ileriki döllerin birey sayısı üzerinde dozun bir defada veya beş defada verilmesi arasında bir fark görülememiştir. Halbuki, 5 ve 6×10^3 r değerindeki dozlarda durum aksinedir. Bu dozlarda ve daha yukarıda bir defalık uygulamada üreme yoktur; fakat, bölümlü uygulamada 6×10^3 r ancak yeterlidir. Kısaca tek uygulamada 5×10^3 r, bölümlü uygulamada 6×10^3 r üremeyi durdurmaktadır, ve sterilize dozunun altında iki metodun popülasyon büyüklüğü üzerinde etkisi farksızdır. Bunlardan başka, 3 ve 4×10^3 r dozlarıdaki uygulamalardan sonra elde edilen birçok erginde yapı bozuklukları görülmüştür; bu bozukluklar ufalmış elitra, biçimsiz yapılı bacaklar ve pronota olarak ortaya çıkmaktadır. Özellikle bu bireylerde faaliyet azlığı görülmüştür.



Şekil: 3 — T. sternale Jay'de radyasyon uygulanmasından iki ay sonra popülasyon (F_1). (HOWDEN ve AUERBACH, 1958).



Şekil: 4 — T. sternale Jay'de radyasyon uygulanmasından altı ay sonra popülasyon (F_1 ve F_2). (HOWDEN ve AUERBACH, 1958).

Aynı cinsin başka bir türü, *Trogoderma granarium* Everts. üzerinde gamma radyasyonun kısırlaştırıcı etkisini erkek ve dişilerde ayrı ayrı gösteren iki çalışmadan birisinde **CARNEY** (1959) erkek böceklerle 5, 10 ve 15×10^3 rad'lık dozlar uygulamış ve bunların otuz adedini, otuz normal dişi ile bir arada bulundurarak meydana gelen larva sayısını etkileme esasını kabul etmiştir. Radyoaktif kobalt (^{60}Co) kaynağı kullanılan bu araştırmada, 15×10^3 rad değerindeki dozun dahi bazı bireylerin üreme kabiliyetini tamamen durduramadığı, buna karşı dişilere uygulanan 5×10^3 rad'ın bunları steril hale getirdiği anlaşılmıştır. Aynı tür üzerindeki radyasyon çalışmalarında **KANSU** (1962) erkek ve dişiler üzerindeki etkileri yukarıda bildirilen çalışma sonuçlarından farklı bulmuştur. Radyoaktif iridyum (^{192}Ir) kaynağı kullanılarak yapılan bu uygulamalarda bir günlük pupalar radyasyona tabi tutulmuş, bunlar herbiri zıt cinsiyette ve radyasyon uygulanmamış olan bir diğeri ile, ayrı ayrı çiftler olarak kültüre alınmıştır. Erkek pupalara iki seri denemede, 3— 15×10^3 r arasında değişen 7 doz uygulanmış ve sonuç olarak 6×10^3 r veya daha yukarı dozların çoğalma üzerine etkide bulunduğu anlaşılmıştır. Kullanılan en yüksek dozun erkekleri kısırlaştırmağa yeterli olduğu kanaatine varılmıştır. Dişi pupalara uygulanan en yüksek doz olan $7,5 \times 10^3$ r değerinin dahi bunları steril yapmağa yetmediği görülmüştür. Bu durumda daha yüksek dozlar kullanarak kritik değerin bulunması gerekmektedir. Radyasyonun çoğalma gücünü azaltıcı etkileri özellikle F_2 dölünde kendisini göstermektedir; uygulanan 6, 7,5 ve 10×10^3 r dozlarda elde edilen larva sayısının şahitlere oranı sırasıyla % 2,3, 2,8, 0,7'ye kadar düşmektedir. Steril yapıcı doz altındaki radyasyonların çoğalma gücünü azaltma etkilerinin kesin değerlere bağlanabilmesi için denemelerin çoğaltılması icabeder gibi görünmektedir. Aynı çalışmalarda 10^4 r'dan yukarıda elitrasi bozuk bazı erginler elde edilmiştir (*).

Sitophilus granarius (L.) larvalarına uygulanan 2×10^3 rep değerindeki doz bunlardan meydana gelecek erginlerin çoğalma güçlerini (yavru sayısı) % 50 azaltır. Bunun üç katı bir doz ise çoğalmayı % 1 gibi gayet düşük bir miktara indirir. Daha yüksek dozda çoğalma sıfıra iyice yaklaşır; 10^4 rep'de larva sayısı % 99,9 oranından daha aşağıdadır. Bundan da yukarıda, 15×10^3 rep değerinde tam kısırlık vardır (**CORNWELL** ve **BULL**, 1960).

Bracon hebetor Say. bir günlük embriyo halinde iken 6— 15×10^2 r dozda X ışınlarına maruz bırakıldıktan sonra yetiştirilip erginleri elde edilince, bunların koydukları yumurtalardan açılanların yüzde oranında düzenli bir durum görülmez. Denemelerde 18×10^2 r alan böcekler 8 günlük ergin hayatlarında sadece 3 yumurta bırakmışlardır; 21×10^2 r alanlardan sadece bir tanesi ergin hale geçebilmiş ise de 3 günlük ömründe hiç yumurta koymamıştır (**ERDMAN**, 1960).

Lycetus plannicollis L. erginleri 32×10^3 r ve daha yukarı dozda yumurta koymamakta ise de, aşağı yukarı 8 ve 16×10^3 r gibi daha düşük radyasyon alanlarda birçok yumurta görülmektedir (**HASSET** ve **JENKINS**, 1952). Aynı denemeler sırasında, *Drosophila*

(*) Bu çalışmanın türkçe tercümesi **BİTKİ KORUMA BÜLTENİ**, Cilt: 2, Sayı: 11, S. 59—64'de (Mart 1962) yayımlanmıştır.

m e l a n o g a s t e r Meig. de ele alınmış ve 64.4×10^3 r değerindeki dozun yumurtlamayı önlediği anlaşılmıştır. Bu dozun yarısı ve dörttebiri kadar radyasyon alanlar yaşama kabiliyeti olmayan birçok yumurta bırakmışlardır. Daha düşük dozda (8×10^3 r) sinekler uygulamadan dört gün sonra pekçok sayıda yumurta koymuşlardır; bununla beraber, bunların nisbeten pek azı açılmış, larvaları normal şekilde gelişmiş ve bunlardan meydana gelen erginler davranışlarında normal dışı bir durum göstermemişlerdir. Bu F_1 dölü bol sayıda F_2 dölünü meydana getirmiştir.

Böceklerin radyoaktif maddelerin etkisinde bırakılması, bazı araştırmalarda, buraya kadar sözü edilen denemelerde olduğu gibi, bir kaynaktan yayınlanan radyasyonlara maruz bırakılma dışında değişik metodlar ile de yapılabilir. Nitekim, dördüncü dönemdeki *B o m b y x m o r i L.* (*Bombycidae-Lep.*) tırtıllarına ağız yolu ile $Na H p^{32}_{04}$ halinde radyoaktif *f o s f o r* verilmiş ve bu tırtıllardan meydana gelen erkek kelebekler normal dişiler ile çiftleştirildiklerinde konan yumurtalar açılmamıştır. Buna karşı P^{32} almış tırtıllardan meydana gelen dişi kelebekler normal erkekler ile çiftleşince açılma kabiliyeti olan yumurtalar koymuşlardır. Bu olay, erkek cinsiyet hücreleri ile dişilerinkinin gelişme farklılıkları sebebiyle değişik radyasyon duyarlılığı göstermeleri şeklinde izah olunabilir. Beşinci dönem tırtıllardan bazıları bu dönemin ikinci günü, bir kısmı beşinci ve bir kısmı da sekizinci günü 3×10^3 r dozdaki gamma radyasyonuna tabi tutulduğunda bunların kelebeklerinin koymuş olduğu yumurtalardan ilk gruptakilere ait olanlarda % 60 veya daha fazla olarak bulunan döllemsizlik ikinci grupta daha az ve buna karşılık son gruptakilerde sıfır değerinde bulunmuştur (KORUGE ve NAKAJIMA, 1958).

P i s s o d e s s t r o b i (Peck) uygulanan 1 ve 2×10^4 r dozundaki gamma radyasyonu sonucu tamamen steril hale gelmiştir. Bu araştırmalar sırasında denenen en düşük doz olan 5×10^3 r uygulanan erkekler ile çiftleşen dişilerin koydukları yumurtalarda açılma % 0.3 gibi çok düşük bir oranda bulunmuştur (JAYNES ve GODWIN, 1957).

Bu bölüme son verirken, böcek olmamasına rağmen, ziraî mücadele konusu içerisine giren diğer bir Arthropod'a ait bir denemeyi kısaca gözden geçirmek yerinde olur.

T r o g l y p h u s f a r i n a e L. (Acarina) üzerinde yapılan radyasyon çalışmaları çok değişik sonuçlar vermiştir. Yumurta sayısı ve bunlarda açılma yüzdesi oranı 2×10^4 rad değerindeki gamma radyasyonunda önemli derecede düşmüş ve 4×10^4 rad dozdaki radyasyon ile bariz bir kısırlık elde edilmiştir. Bu sonuçların aksi yönde elde edilen, gayet ilgi çekici durum 5×10^3 ve 10^4 rad değerindeki radyasyonda yumurta sayısında ve konanların açılma oranında görülen artıştır (MEBILLE, 1958); yani, düşük dozlar (kısırlaştırıcıya kıyasla) yumurtlama ve açılma gücü üzerinde artırıcı bir etkiye sahiptir.

III. RADYASYONUN DİĞER ETKİLERİ.

Radyasyonun, genetik etkileri ile yeni bir savaş metodu olarak kullanılabilme imkânını ortaya koyan öldürücü ve kısırlaştırıcı etkileri dışında, diğer bazı etkilerinin de olacağı şüphesizdir.

Bu etkilerden şekil bozukluklarına ait olanlar evvelki bölümde kısaca belirtilmiş idi.

Radyasyonun böceklerin gelişme hızı üzerine olan etkisi açık olarak doza bağlı durumdadır. Düşük dozların etkisi pek az olmakta, orta dozlar da bazan gecikme ve bazı hallerde ise hızlanma göze çarpmaktadır. Yüksek dozlar büyümeyi bir müddet önler veya geciktirir. Bu dozların bir süre uzaması iri yapılı bireylerin meydana çıkmasına sebep olur. Bu şekil de iri böceklerin elde edilişi ilgi çekici bir sonuçtur. Fakat bu muhtemelen pupa dönemini geciktirmekle larva döneminin anormal uzaması sonucu, fazla beslenme ile ilgili olarak meydana çıkmaktadır (JENKINS, 1957). Bu duruma ait örnekleri HASSET ve JENKINS (1951)'in çalışmalarında bulmak mümkündür. *Aedes communis* (De Geer) (Culicidae-Dip.) larvaları $0.5 \mu\text{c p}^{32}/\text{ml}$ konsantrasyondaki yaşama ortamında gelişmesi şahitlerden biraz geri kalmış ve fakat $5.0 \mu\text{c p}^{32}/\text{ml}$ oranındaki ortamda yetiştirilenlerin pupa dönemi şahitlerden 3—4 hafta kadar bir süre geri kalmıştır. Bu dozda pupa sayıca az teşekkül etmiş ise de bunlar şahitlerden iri ve daha soluk renkli olmuşlardır.

Diğer bir araştırmada, radyumun meydana getirdiği radyasyona tabi tutulan *Bombix mori* L. tırtıllarından meydana gelen krizalitler normallerden iri olmuştur (HOFFMAN, 1942).

Bracon hebetor Say. dişileri besinsiz olarak 7 gün yaşayabilmektedirler; Çeşitli dozlardaki X ışınlarının etkileri bu sürenin değişmesine sebep olmaktadır. Uygulanan en düşük doz, $(25 \times 10^3 \text{ r})$ ömrü kısaltmış, buna karşı $5 \times 10^4 \text{ r}$ 'da bu süre 9 gün, $10.2 \times 10^4 \text{ r}$ 'da 10—12 gün olarak bulunmuş ve $18 \times 10^4 \text{ r}$ 'da şahitlerden biraz uzunca bulunmuştur. Beslenmeleri halinde $2.5—10.2 \times 10^4 \text{ r}$ 'da ömür 11—13 gün olarak tesbit edilmiş, $18 \times 10^4 \text{ r}$ 'da 7—7.5 güne düşmüştür; bu grubun şahitleri 21 gün yaşamışlardır (GROSCH, 1956).

Aynı tür arının embriyolarına dakikada 600 röntgenlik X ışınları uygulanmış ve bunların ergin oluncaya kadar geçen gelişme süreleri 600 r alanlar için 23 günden fazla olduğu halde 9, 12 ve $15 \times 10^2 \text{ r}$ alanlarda sırasıyla 16, 14 ve 8 güne inmiştir; fakat, bu ışınlar ergin dönemine geçenler oranına düzenli bir etkide bulunmamıştır (ERDMAN, 1960).

JOLY ve BIELLMANN (1958) araştırmalarında, X radyasyonlarının böceklerin deri değiştirmesi üzerine etkilerini incelemişlerdir. *Locusta migratoria* L. (Acrididae-Orth.) üzerindeki bu çalışmalarda, erginler için öldürücü dozun yarısı olan $4.7 \times 10^3 \text{ r}$ uygulanmış ve böceklerin yarısının bütün vücudu radyasyona maruz bırakılmış, diğer yarısının ise baş ve pronotumu kurşun bir levha ile korunmuştur. Sonuç olarak, erginlerin kabul edebilecekleri bu dozun larvaları öldürdüğü görülmüştür. Eğer uygulama belirli bir kritik zamandan önce yapılırsa bu durum gelecek deri değiştirmeyi önler ve fakat böcek şahitleri deri değiştirme gününden sonra da bir müddet yaşar. Kritik zamandan sonra, radyasyon gelecek deri değiştirmeye hiç etkide bulunmaz, buna karşı bundan bir sonraki deri değiştirmelere mani olur.

IV. ÖZET.

Radyoaktif maddelerin yaydıkları ışınlar (çeşitli radyasyonlar) ve bunlara ilâveten X ışınları, canlılar üzerinde genetik ile ilgili bazı etkilerde bulunmaları yanında, radyasyon dozunun fazlalığı derecesinde çoğalma gücünün düşmesine, kısırlaşmaya veya ölüme sebep olurlar. Bu etkiler-

den yararlanarak böcekleri yüksek dozlarla öldürmek ilk akla gelen imkândır. Bu sebeple, çeşitli böcekler ve özellikle ambar böcekleri için gerekli öldürücü dozların bulunması için araştırmalar yapılmaktadır; ekonomik olma durumu sağlandığı gün bu metodun geniş ölçüde kullanılması düşünülebilir.

Böcekler ile savaşta radyasyondan yararlanmanın en ilgi çekici metodu belirli bir popülasyona kısırlaştırılmış erkeklerin salıverilmesidir. Bu uygulama ile popülasyonu azaltmak ve uygulamaya devam ederek o böceği tamamen yok etmek, imkân dahilinde ise de bazı şartlara bağlıdır. Nitekim, gerekli şartları haiz bulunan **Callitroga hominivorax** (Cqrl.) adlı sineğin bu metod ile Curaçoa adasından tamamen temizlenmesi, tarihte ilk defa olarak bir böceğin bir yerde tamamen yok edilmesine imkân vermiştir. Birçok araştırmacı aynı metodun diğer böceklerle uygulanması ve çeltili böcek türlerini kısırlaştırıcı dozu ve radyasyon uygulanması için en uygun hayat döneminin bulunması üzerinde çalışmaktadır.

Bunlar dışında radyasyonlar, böceklerde yapı bozuklukları, hayat gelişmesinde aksamalar ve iri bireylerin meydana gelmesi gibi diğer bazı etkilere de sahip bulunmaktadır. Fakat, bu çeşitli etkilerin ziraî mücadele yönünden bir önemi yoktur.

TERİMLER VE AÇIKLAMALARI (*)

RÖNTGEN (r) : Bir cc kuru havada bir elektrostatik birim değerinde, — veya + elektrik taşıyan iyonlar meydana getiren X veya Gamma radyasyonları miktarıdır. Bu ifadeden de anlaşılacağı gibi röntgen enerji ile ifade edilen toplam doz birimidir, ve fakat, radyasyonun absorbe edildiği hızı göstermez. Bir röntgen tarafından meydana getirilen iyon çiftleri sayısı 1.61×10^{12} 'dir. Bu 83.7 erg'e eşittir veya bunun bir hayvan dokusunda ifade edersek 93.1 erg değerindedir.

REP (Röntgen - equivalent - physical) (r e p) : Bu da sadece X ve Gamma radyasyonları için kullanılabilen bir birimdir. Bir ortamda 93.1 erg/g'a eş bir enerji dağılışı meydana getiren radyasyon miktarıdır. Burada, dokuda absorbe edilen enerji kastolunmaktadır ve ifade erg/cm³ olarak gösterilebilir. Bu 1950 yılında kabul edilen değerdir; orijinal rep (1942 yılında kabul edilen) 1 g-r/g yani 83.7 erg/g enerji hasil eden radyasyon miktarını gösterir. Böylece yeni birim eskisinin 1.11 katı olmaktadır. Kas dokusu yoğunluğu birime çok yakın olduğu için röntgen ve rep dokuda aynı enerji absorpsiyonunu gösterir.

RAD (r a d) : Radyasyon akımı ile absorbe edilen enerji birbirine karıştırıldığından, 1953 yılında müphem olmayan rad birimi kabul edilmiştir. Bu absorbe edilen radyasyon dozunu gösterir ve eşiti 100 erg/g'dır. Röntgenden ayrılan yönü, bu dozun radyasyona uğrayan maddeye bağlı olmayışıdır. Diğer bir deyimle, radyasyon absorbe edilen her gram dokuda 100 erg meydana getiren radyasyon miktarıdır ve herhangi bir radyasyon için aynıdır. Alfa, Beta, Gamma, veya X, protonlar yahut nötronlar için kullanılabilir; fakat bunların biyolojik etkileri değişiktir.

(*) Bu kısmın hazırlanması için istifade edilen eserler :

- 1) FAIRES, R.A. ve B.H. PARKS, 1958. Radioisotope Laboratory Techniques. George Newnes Limited, London. (236 s.).
- 2) WHITEHOUSE, W.J. ve PUTMAN, J.L., 1958 Radioactive Isotopes. An Introduction to their Preparation. Measurement and use. Oxford University Press, London. (413 s.).

S U M M A R Y

A NEW METHOD TO CONTROL INSECTS: USAGE OF RADIATION.

As it is known, since the beginning of this century, X-rays has some influences on the living organisms from the genetical point of view. However, the knowledge on the effects of the different radiations on insects are newer and more important for the science of Entomology.

Sterilization and killing the insects by radiations provide us a new method to protect our crops, farm animals and their products. Especially, releasing the sterile male insects to diminish and annihilate the population of any certain species is a really interesting one of these methods. Yet some conditions are needed for this new method and the only victory of its usage is the eradication of Screw-worm (*Callitroga hominivorax* (Cprl.)) in the Island of Curaçoa.

On the other hand, the method of killing insects by radiation shows more practical usage and results; especially for stored grain insects.

Some experiments on the determination of the dosage of sterilizing and killing the insects have been conducted for practical purposes. This paper is a review on the above-mentioned methods and experiments. In this review 36 literature are cited.

L I T E R A T Ü R

- BALOACK, J.W., L.D. CHRISTENSON ve G.O. BURR, 1956. Effects of Gamma rays from Co—60 on immature stages of the Oriental Fruit Fly (*Dacus dorsalis* Hendel) and possible application to commodity treatment problems. Proc. Hawaiian Acad. Science, 1955—56, 18.
- BAUMHOVER, H., A.J. GRAHAM, D.E. HOPKINS, F.H. DUDLEY, W.D. NEW ve R.C. BUSHLAND, 1955. Screw-worm control through release of sterilized Flies. J.Econ. Ent. 48: 462—466.
- , ——— 1958. Florida screw-worm control program. Vet. Med. 53 (4): 216—219.
- , ——— C.N. NUSMAN, C.C. SKIPPER ve W.D. NEW, 1959. Field observations on the effects of releasing sterile Screw-worm in Florida. J. Econ. Ent. 52: 1202—1206.
- BUSHLAND, R.C. ve D.E. HOPKINS, 1951. Experiments with Screw-worm flies sterilized by X-rays. J. Econ. Ent. 44: 725—731.
- ve ———, 1953. Sterilization of Screw-worm flies with X-rays and gamma-rays. J. Econ. Ent. 46: 648—656.

- CARNEY, G.C., 1959. Differential response of male and female adults of *Trogoderma granarium* Everts towards sterilizing doses of Gamma-radiation. *Nature* 183: 338—339.
- CORNWELL, P.B. ve J.O. BULL, 1960. Insect control by Gamma-irradiation: An appraisal of the potentialities and problems involved. *Journal Sci. Fd. Agric. (London)* 11: 745—768.
- DAVIS, A.N., J.B. GAHAN, D.E. WEIDHAAS ve C.N. SMITH, 1959. Exploratory studies on Gamma radiation for the sterilization and control of *Anopheles quadrimaculatus*. *J. Econ. Ent.* 52: 868—870.
- DICK, W.E., 1957. Atomic energy in Agriculture; Chapter 4. Radioactive materials in the fight against pests. Butterworths Scientific Publications, London.
- EDWARDS, B.A.B., 1961. The Fruit fly problem in Australia. *Outlook on Agriculture, Vol. III, 3*: 116—122. I.C.I. Limited, London.
- ERDMAN, H.E., 1960. Adult longevity as a sensitive criterion of radiation-induced damage when 24-hour *Habrobracon* (Hymenoptera) embryos are X-rayed, *J. Econ. Ent.* 53: 971—972.
- FERNALD, H.T. ve H.H. SHEPARD, 1955. *Applied Entomology, An introductory textbook of insects in their relation to man.* New Fifth edition. Mc Graw-Hill Book Company, Inc., N.York.
- GROSCH, D.S. ve R.L. SULLIVAN, 1952. The effect of ingested Radio-phosphorus on egg production and embryo survival in the wasp *Habrobracon*. *Biol. Bulletin*, 102: 120.
- , ——— 1956. Induced lethargy and the radiation control of insects. *J. Eco. Ent.* 49: 629—631.
- HASSET, C.C. ve D.W. JENKINS, 1951. The uptake and effect of Radio-phosphorus in Mosquitoes. *Physiol. Zoöl.* 24: 257—266.
- ve ———, 1952. Use of fission products for insect control. *Nucleonics* 10 (No. 12): 42—46.
- , ——— 1956. Current status of insect control by radiation. *Science*, 124: 1011—1012.
- HOFFMAN, J. 1942. Radio-active elemente im *Bombyx morio*. *Hoppe-Seyler's Zeit. Physiol. Chem.* 276: 275—279.
- HOWDEN, H.F. ve S.I. AUERBACH, 1958. Some effects of gamma radiation on *Trogoderma sternale* Jahne. *Ann. Entomol. Soc. Am.* 51: 48—51.
- JAYNES, H.A. ve P.A. CODWIN, 1957. Sterilization of the White-Pine Weevil with Gamma radiatio. *J. Econ. Ent.* 50: 393—395.
- JENKINS, D.W., 1957. Radioisotopes in Entomology, Atomic energy and Agriculture, Edited by COMAR, C.L., *Am. Assoc. Adv. Sci., Pub.* 49: 195—229, Washington D.C.

- JOLY, P. ve G. BIELLMANN, 1958. Effects of irradiation on *Locusta migratoria* L. *Compt. rend.* 247: 243—246.
- KANSU, I.A., 1962. Preliminary experiments on the sterilization of the pupae of the Khapra beetle by irradiation with Gamma rays. *Zeit. ang. Entomologie*. Bd. 49, H.2: 224—231.
- KNIPLING, E.F., 1955. The possibilities of insect control or eradication through the use of sexually sterile males. *J. Econ. Ent.* 48: 459—462.
- KORUGE, M. ve M. NAKAJIMA, 1958. Different radiation sensitivity of the silk-worm testis to the decline of egg hatchability, with special reference to cytological and biochemical evidence. Second U.N. Int. Conf. on the Peaceful Uses of At. Ener., A/CONF 15/P/1344 (1—17).
- LEA, D.E., 1956. Actions of radiation on living cells. Cambridge, Second edition at the University Press.
- LEE, W.R., 1958. The dosage response curve for radiation induced dominant lethal mutation in the honeybee. *Genetics* 43: 480—492.
- LINDQUIST, A.W., 1955. The use of Gamma radiation for control or eradication of the Screw-worm. *J. Econ. Ent.* 48: 467—469.
- , ——— 1958. Entomological uses of radioisotopes. *Radiation Biology and Medicine, Selected Reviews in the Life Science*, Edited by GLAUS, W.D., Addison-Wesley Pub. Comp. Inc., Mass. U.S.A.
- MELVILLE, C., 1958. An apparent beneficial effect of Gamma radiation on the Flour-mite. *Nature* 188: 1403—1404.
- STANFORD RESEARCH INSTITUTE, 1951. Industrial uses of radioactive fission products. Report to the U.S. Atomic Energy Commission.
- STEINER, L.F. ve L.D. CHRISTENSON, 1956. Potential usefulness of the sterile fly release method in Fruit fly eradication programs. *Proc. Hawaiian Acad. Sci.* 1955—1956: 1—17.
- TERZIYAN, L.A. ve N. STAHLER, 1958. A study of some effects of Gamma-radiation on the adults and eggs of *Aedes aegypti*. *Naval Medical Res. Inst.*, Bethesda, Md. AD—205978: 1—13.
- TIMOFEEFF - RES, N.W. ve K.G. ZIMMER, 1938. Induction of mutation by neutrons in *Drosophila*. *Naturwissenschaften* 26, 108 ve 27, 362.
- ZIMMER, K.G. ve N.W. TIMOFEEFF - RES, 1938. Production of mutations in *Drosophila* by neutrons. *Strahlentherapie* 63, 528.