

## ZARARLI BÖCEKLERİN POPULASYONUNUN KONTROLU İÇİN RADYASYONUN MEYDANA GETİRDİĞİ KISIRLIK

Yavuz ÇOTUK

İ.Ü. Fen Fakültesi Radyobiyojoloji Kürsüsü

Ziraatta, bilhassa pamuk ve tütün bitkisinde zararlı olan böceklerin birçoğu kelebeklerdir. Bilindiği gibi zararlarını larva devresinde iken meydana getirirler. Bu zararlıların ortadan kaldırılmasında yakın zamana kadar sadece insektisitlerden faydalanılmıştır. Fakat birçok mahsurları sebebi ile bu şekildeki kimyasal savaş yerine böceklere karşı başka silâhlar aranmış ve zamanla; ya zararlıyı düşmüne kırdırmak şeklinde biyolojik savaş metodları bulunmuş, ya da kimyasal ajanlar veya radyasyon kaynakları kullanarak, böceklerde kısırlık meydana getiren metodlar ortaya konarak geliştirilmiştir. Aynı alanda Türkiye'de de çalışmalara başlanmış ve radyasyonun böcekler üzerindeki kısırlık etkisi, Ankara Ziraat Fakültesinden Prof. Dr. Akif KANSU tarafından incelenmiştir. Bunun yanı sıra Kasım 1973 de düzenlenen TÜBİTAK bilim kongresinden öğrendiğimize göre, yine Prof. Dr. A. KANSU başkanlığındaki bir grub, Güney Anadolu'da trunçgil zararlılarına karşı avcı böcekler kullanarak bir seri biyolojik denemeye devam etmektedirler. Ayrıca son senelerde kürsümüzde başlatılan ve Güney Anadolu illerimizde yaygın bir şekilde bulunan bir pamuk zararlısının, iradiyasyonla kısırlaştırılmasını içeren çalışmamızı da buna ilave edersek, Türkiye'de de zararlılara karşı insektisitler dışında bazı uygulamalara gidildiği görülür.

Bu konuda yapılan çalışmalar göstermiştir ki; Böceklerin iyonizan radyasyona karşı bırakılması, gözle görülür değişiklikler ve ölçülebilen etkiler meydana getirmektedir. Ben burada bir böceğin somatik dokularına, canlılığına, hayat uzunluğuna ve fizyolojisine olan zararlarından çok, böcek üreme sistemi üzerine radyasyonun etkilerinden sözedeceğim. Radyasyonun siterilite meydana getirmesi böceğin üreme sisteminde oluşturduğu hücrel zararın bir neticesidir. Ve nükleus ile si-

toplazmanın her ikisi de iyonizan radyasyondan mutlak olarak zarar görmektedir. Böylece nükleus, radyasyon tecrübelerinde zarar gören yer olarak önemlidir ve ayrıca radyasyonun kalıtım materyalinde meydana getirdiği yapısal değişiklikler, hücrenin yaşaması veya ölmesi açısından önemlidir.

Kelebeklerde değişik bir kısırılık şekli olan  $F_1$  kısırılığı çalışmaları, ilk olarak *Carpocapsa pomonella* L. üzerinde PROVERBS (1962) tarafından yapılmıştır. Ve görülmüştür ki; 30.000 rad'la irradiye edilen pupaların  $F_1$  erkek dölü, irradiye edilmiş olan babalarından daha fazla kısırdırlar. Daha sonra benzer kısırılık kalıtımını COGBURN ve arkadaşları (1966) *Sitotroga cerealella* OLIVER ve *Plodia interpunctella* HUBNER de, NOTH (1968) *Trichoplusia ni* HUBNER. de, WALKER ve QUINTANA (1968) *Ostrinia nubilalis* HUBNER. de, PROSHOLT ve BARTELL (1970) *Heliothis virescens* F. de göstermişlerdir.

Ayrıca; BAUER (1967) ile NORTH ve HOLT (1968) babası irradiye edilmiş  $F_1$  larvalarının testislerinde mayoz bölünmesini araştırmışlar ve bu kısırılık kalıtımının  $F_1$  dölüne geçiş nedeni olarak, resiprokal kromozom translokasyonlarının görüldüğünü, sonuç olarakda  $F_1$  erkekleri ile birleşen normal dişilerden oluşan yumurtaların dominant letal mutasyondan (Spermatozoonun kromozom bozukluğundan) dolayı büyük ölçüde gelişemeyerek öldüklerini ileri sürmüşlerdir. Öte yandan bu yazarlar,  $F_1$  larvalarının spermatositlerinde kromozom köprülerinin de oluştuğunu saptamışlardır. Adı geçen resiprokal kromozom translokasyonları üzerinde durmak istiyorum. Böceklerin radyasyona karşı değişik duyarlılıkları LACHANCE (1967) tarafından etraflı bir şekilde tartışılmıştır. Bugünkü bilgimize göre; Radyasyon kısırılığında duyarlılık, diğer böcek gruplarına karşın kelebeklerde daha azdır. Bu dayanıklılığın esas sebebi VIRKKI (1963), BAUER (1967) ve NORTH (1967) a göre kelebeklerin holokinetik kromozoma sahip oluşlarıdır. Kromozomlar diffus sentromer yapısı ile iğ ipliklerine bağlanmışlardır. Yine LACHANCE (1967) ve NORTH, HOLT (1968) a göre monokinetik kromozoma sahip olan böceklerde örneğin Diptera'nın üreme hücrelerinde, radyasyondan sonra kopan kromozom parçaları iğ ipliklerine bağlanamadan kalacaklar ve hücre bölünmesi sürecinde anafazda, bu parçalar kaybolacaklar ve bu yüzden yavru hücrelerin çoğu ya ölecek veya zigot hasıl edebilseler bile bu canlı yaşayamayacaktır. Buna karşın holokinetik kromozomlarda kopan her bir parça ayrı bir kromozom gibi hareket ederek resiprokal kromozom kombinasyonunu oluşturacaktır.

Yine HOLT ve NORTH (1970 a, b) *Trichoplusia ni*'nin  $F_1$  dölünde, kelebeklerde bulunan iki tip sperminden; döllenenmeyi sağlayan *Eupyrene*

spermatozoon miktarında bir azalma, buna karşın sadece *Eupyrene* spermlerin dışının spermatekasına kadar taşınmasında yardımcı olan ve çok hareketli *Apyrene* spermatozoon miktarında da bir artma olduğunu ileri sürmektedirler.

BAŞKA BİR çalışmada NORTH ve HOLT (1969, 1970) steriliteye sadece irradiyasyon sonunda spermatozoonlarda ortaya çıkan kromozom bozukluklarının sebep olmadığını, hiç olmaz ise *Trichoplusia ni*'de irradiye edilmiş erkek ferden spermatozoon transferini kolaylıkla yapmadığını bu nedenle yumurtalarda fertilitenin olmadığını, buna bağlı olarak irradiye edilmiş olan erkek ile birleşen dışının bıraktığı yumurtada sayısal bir azalma meydana geldiğini ileri sürmüşlerdir.

Yapılan bu çalışmaların yanısıra ortada olan bir sorun vardır. Acaba sperm ve yumurta hücreleri, gelişimin bütün devrelerinde radyasyona karşı eşit değerde mi duyarlıdır? Pratik bir düşünceyle radyasyonun büyük dozlarının böcekleri kısırlaştırabileceği düşünülebilir. Fakat, büyük radyasyon dozları kullanıldığı zaman, böceğin ömrünün kısılması, ve canlılığının azalması gibi problemler ortaya çıkmaktadır. Bu nedenle, sterilite deneylerini olabildiğince az somatik zarar başarıya götürmektedir. Birçok araştırmacılar da yazılarında; radyasyon dozu kullanmada doğru ve yanlış zamanlar olduğunu göstermişlerdir.

Başarılı bir sterilite için, iki yolun var olduğu bilinmektedir. 1 — Sperm veya yumurta hücrelerinin gelişimini durdurmak, hattâ bu sistemi inhibe etmek. 2 — Bu sistemin faaliyetini durdurmamak, fakat oluşan gametlerin kalıtım materyalinde dominant letal değişikliklere sebep olmak. Söz konusu değişiklikler irradiye edilmiş böceklerde veya onların yavrularında embriyonik gelişimi olanaksız bırakacaktır.

BUSHLAND ve HOPKINS'in (1953) *Cochliomyia hominivorax* üzerindeki ilk araştırmaları göstermiştir ki, larva ve genç pupalar radyasyondan şiddetle zarar görmüşlerdir. Bu hayvanların 7500 R. lık bir dozla irradiye edilmiş olan yaşlı pupalarından elde edilen dişiler, yumurta meydana getirmemekte, erkeklerde dominant letal karakterlere sahip hareketli spermler oluşmaktadır. Yeni çıkmış dişiler aynı şekilde ve 2500 R. lık bir dozla steril edilebilmişlerdir. Öte yandan 24 saatlik dişilerin ovaryum gelişimi ve yumurta üretimi aldıkları 8000 R. karşın zarar görmemiştir. Ergin dişilerin ovaryum gelişimi hernekadar kolayca durdurulamamışsa da, şekillenmiş veya şekillenmekte olan yumurta hücrelerinde dominant letal değişiklikler oluşturularak sterilite yine başarılabilmiştir. Böylece yumurta meydana getirilse bile embriyolar gelişemeyeceklerdir.

Aynı böcekle çalışan LACHANCE (1962) ın bulgu ve düşünceleri

şöyledir: Yumurtalarda, farklı gelişim sürecindeki dominant ölüm oranlarını saptamak amacı ile irradiye edilmiş ergin dişiler bakir erkeklerle çiftleştirilerek, kuluçka verme yüzdeleri alınmış ve yaşı 24, 48 ve 72 saatlik devrelerinde dişilerin radyasyona tamamen dirençli oldukları görülmüştür. Böylece yumurtaların büyük bir bölümü bırakılmış ve fertlilite oranı yüksek olmuştur. Radyasyonun büyük dozlarında ise; normal sperm ile döllenmiş yumurtaların yaşamadığı görülmüştür. Diğer yandan 4 ve 5 günlük dişilerin radyasyona fazlasıyla duyarlı olduğu görülmüş ve tam bir sterilite düşük dozlarla başarılabilmiştir. Böylece *C. hominivorax* dişilerinde radyasyon hassasiyetindeki büyük değişiklikler 3. ve 4. günler arasında görülmektedir. Sonuç olarak; bu konudaki araştırmalarda, 4 günlük dişilerin 3 günlüklere nazaran 6 kere daha duyarlı, buna karşılık 5 günlük dişilere nazaran daha dirençli (daha az duyarlı) olduğu bulunmuştur.

Görülmektedir ki, irradiye edilen pupa, genç ve yaşlı dişilerin ovaryum gelişimini durduran radyasyon dozlarında büyük farklar vardır ve sonuçta bu farklı dozlar, irradiye edilen dişilerin yumurtalarında aynı miktarda dominant letal değişikliklere sebep olabilmektedir. Ayrıca aynı araştırmacının çalışmaları göstermiştir ki; yumurtanın gelişimine bağlı olan morfolojik farklar, radyasyon duyarlılığındaki farkları oluşturmaktadır. Şöyle ki; 3 günlük yumurtanın nükleusu mayotik bölünmenin profazındadır. 4 günlük dişininki metafazda ve 5 günlük dişininki ise anafazdadır. Bu durumun bitki ve diğer hayvan gruplarında da benzer şekilde olduğu aynı yazıda belirtilmektedir.

Böcek kısırılığında hedef; bilindiği gibi hayvanın genital sistemidir. Farklı böcek gruplarında karşılaşılan farklı yapılar, bu konuda çalışanlar için ayrı bir problem olmuştur. Üzerindeki çalışmalardan sözettiğim *C. hominivorax* dişilerindeki 2 ovaryumdan her biri 100 ün üzerinde ovariole sahiptir. Ve herbir yumurta gelişimini ayrı bir ovariolde tamamlar. Böylece irradiye edilen dişilerin yumurtalarını aynı gelişme fazında yakalamak mümkündür. Lâkin birçok böceklerde de ovariooller gelişimin bütün devrelerinde olgun yumurtadan oogonial hücrelere kadar değişik gelişim devrelerindeki yumurta hücrelerine sahiptirler. *Habrobracon juglandis* (ASHMEAD) isimli eşek arısı böyle bir türdür. Ve genital sistemi şekil olarak *C. hominivorax*'dan çok farklıdır. GROSCH ve SULLIVAN (1954) a göre bu spesiyenin dişisi 2 ovaryuma ve her bir ovaryumda 2 ovariole sahiptir. Dişi bir defada büyük bir kütle halinde yumurtalarını bırakmak yerine, yaklaşık 3 hafta içinde, günde 20 yumurta bırakmaktadır. Yapılan tecrübelerde; radyasyonun büyük dozlarından sonra sterilite, yumurtlamaya başladıktan 4 gün sonra başlamıştır. Yani ışınlamadan önce şekillenmiş yumur-

talardan sonra bırakılan yumurtalar sterilidir. Radyasyonun küçük dozları ile geçici sterilitenin bir başka şekline rastlanmıştır. Işınlamadan önce teşekkül etmiş olan yumurtalar yine bırakılmıştır. Fakat bu sefer dişiler steril olmuşlardır ve bu sterlite 1 hafta sürmüştür. Sonradan olgunlaşan yumurtalar yeniden bırakılmaya başlanmıştır. Bu çalışma sonunda; irradiye edilmiş dişilerde oogonial hücelere dönüşümün direnç kazanmasının bu dişileri steril bıraktığı kanısına varılmıştır. Ayrıca, gerek *C. hominivorax* ve gerekse *H. juglandis*'deki bu ovaryum farklılığına rağmen, her iki sipesiyenin benzer mayotik devrelerindeki yumurta nükleusları üzerine, radyasyon etkilerinin tamamen aynı olduğu anlaşılmıştır. LACHANCE (1962) bu konuda 2 sonuca ulaşmıştır. 1 — Şayet ışınlama endomitotik gelişmenin hassas periyodunda yapılmış ise, yumurta gelişimi kolayca durdurulabilmektedir. 2 — Bu periyoddan sonra yumurtalar farklılaştığında, onların gelişimi büyük dozlarla da kolayca durdurulamaz. Ancak bırakılmış olan yumurtaların kuluçka vermesi veya vermemesi ışınlama anındaki nükleusun mayotik devresine bağlı olacaktır.

Işınlandırmada, erkek böceklerde de gelişimin farklı devrelerinin radyasyon duyarlılıkları farklıdır. Gelişmemiş spermatogonial hüceler, spermatidler ve gelişmiş spermiler irradiye edildikleri zaman, sonuçlarında büyük farklar görülmektedir. LACHANCE (1962) a göre *C. hominivorax* erkekleri yaşlı pupada irradiye edildikleri zaman, 2500 R. lik bir doz, takriben bütün spermatoidlerde dominant letal değişiklikler oluşturmaktadır. Buna rağmen genellikle olgun spermilere sahip olan 24 saatlik ergin erkekler irradiye edildiği zaman 5000-6000 R. lik dozlar bile % 100 dominant letaliteyi sağlayamamaktadır. Bu konuda ERÇELİK ve HOLT (1972) un bulgularında da aynı farklılık göze çarpmaktadır. Gelişimin değişik devrelerinde irradiye edilmiş lahana kelebeklerinin yumurtalarında kuluçka verme oranlarına bakılırsa 5000 R. geç pupada bu değeri % 85.3'e, erken pupada ise % 77.2 ye düşürmüştür.

Böylece erkek böceklerle de yapılan radyasyon çalışmalarında sterilitenin başarılabilmesi literatüre göre 3 şarta bağlıdır. 1 — Canlı ve hareketli fakat dominant letal değişikliklere sahip gametler meydana getirmek. 2 — Spermilerin aktivasyonunu durdurmak. 3 — Spermatozoon oluşumunu önlemek için gelişmemiş hücrelerin gelişimini durdurmak.

Bunlara rağmen; gametlerde veya fertlerde meydana getirilen sterilit ile de problem çözülememektedir. Böcek popülasyonunun kontrolünde bir başka sorunda üreme biyolojisi ile ilgili olarak, türün monogam veya poligam oluşundan çıkmaktadır. Örneğin tür monogam ise

ve bir dişi, bir steril erkekle birleştikten sonra bir daha çiftleşmeyecekse, erkeklerde sperm gelişiminin durdurulması veya inaktif sperm meydana getirilmesi populasyonun kontrolü için etkin olacaktır. Fakat poligam bir türün dişisi, motil sperm transferi olmamış bir birleşmeden sonra, tekrar bir başka erkekle çiftleşirse ve bu erkek ışınlandırılmamış normal bir erkek ise harcanan bütün çabaların neticesi başarısızlık olacaktır.

Aynı konuda VON BORSTEL (1960) in hesapları problemi bir dereceye kadar çözümlenmektedir. Buna göre: 10 erkek ve 10 bakir dişiden hazırlanmış bir böcek populasyonu düşünelim. Ayrıca 90 adet irradie edilmiş erkek, bu populasyon içine konsun. Bu denemede dişilerin sadece bir defa çiftleştiklerini düşünelim. Böylece tamamen rastlantılar çerçevesi içinde mevcut ihtimal, dişilerin 9'u irradie edilmiş erkeklerle birleşecek ve kısır döl verecektir. 1'i normal erkekle birleşecek ve normal döl verecektir. Ancak bir dişinin yumurtalarının % 100'ü, dolayısıyla bütün dişilerin yumurtalarının % 10'u daha uzun ömürlü olacaktır. Bu örnekte, fertlerin ya da yumurtaların steril oluşu neticeyi değiştirmeyecektir. Aynı deneyin ikinci tekrarında dişilerin 1 defa değil, 10 defa çiftleştiklerini düşünelim. Her bir dişi 10 erkekle birleşecektir. Bunların 9'unun spermleri dominant letaliteye sahiptir, 1 tanesi ise normal sperme sahiptir. Bu takdirde her bir dişiden alınan yumurtaların % 10'u, dolayısıyla bütün dişilerden alınan yumurtalarında % 10'u yaşayacaktır. Böylece populasyonda poligami olduğu halde sonuçta, tam bir monogami kaidesi görülmektedir. Buna karşılık ışınlandırılmış erkekler steril iseler, bütün dişilerden elde edilen yumurtaların % 100'ü uzun ömürlü olacaktır. Bu örneğe göre öyle görülmektedir ki, radyasyonun başarısı erkek kısırlığı değil, spermde meydana getirilen dominant letalitedir.

Böylece, radyasyonun böceklerde oluşturduğu kısırlığa tesir eden faktörlerin başında biyolojik değişiklikler gelmektedir. Bunlar, böceğin üreme dokusunun gelişimine ve türüne bağlı olan değişikliklerdir. Diğer yandan, araştırmacının kontrolündeki radyasyon tecrübesi üzerine etki eden bir bölüm fiziksel değişikliklerde vardır ki, bazen şiddetle sonuçlar üzerine etki ederler. Hiç şüphe yokki radyasyon dozu, alınacak biyolojik zararın miktarını arttırmak için araştırılmaktadır. Böcekleri radyasyon dozlarından geniş zaman aralıklarında da etkilenmelerine rağmen bu dozun verilmiş süresinin uzunluğu veya kısalığı ayrı sonuçlar vermektedir. Bazı araştırmacılar radyasyon dozunun 5 dakikada alınmasıyla tam bir sterilite elde edilebileceğini, fakat aynı dozun 1 saatin üzerinde alınması halinde bunun olamayacağını ileri sürmektedirler. Ayrıca GROSCH ve SULLIVAN (1954) tarafından yapılan çalışmalar

göstermiştir ki, 8 dakikada 5000 R. lik doz aldığı zaman *B. hebetor* dişilerinde sürekli bir sterilite elde edilebilmiştir, fakat aynı doz 50 dakikada alındığında sonuç; sürekli steriliteyi vermemektedir.

Işınlama esnasında atmosferin durumu da yine önemli bir konudur. Bilindiği gibi bazı gazlar radyasyondan koruyucu, bazıları bu etkiyi kuvvetlendirici yönde iş görmektedirler.

Diğer bir fiziksel değişken olan ısı ise, LACHANCE (1962) a göre sonuca endirekt olarak tesir eden bir ajandır. Radyasyonun zararına karşı hücrelerin recovery kabiliyetine tesir etmektedir.

Anlatılanlarla konu, temel biyolojiden büyük ölçüde faydalanmaktadır. Herhangi bir böceğin üreme biyolojisini veya potansiyelini değiştirebilmek için, her şeyden önce onun fizyolojisini, ekolojisini, sitolojisini ve üreme biyolojisini özellikle incelemek gerekir. Ancak, radyasyon bu bilgilerle donatılırsa, herşeyden evvel ülke açısından güzel bir silâh kurulmuş olacaktır kanısındayım.

#### LİTERATÜR

- BAUER, H. (1967) : Die Kinetische Organization der Lepidopteren Chromosomen. Chromosoma (Berl.) 22, 102-125.
- VON BORSTEL, R.C. (1960) : Population Control by release of irradiated males. Science 131 (3403) : 878-882.
- BUSHLAND, R.C., and HOPKINS, D.E. (1953) : Sterilization of strew-worm flies with x-rays and gamma-rays. J. Eco. Ent. 46 (4) : 648-656.
- COGBURN, R.R., TILTON, E. W., BURKHOLDER, W.E. (1966) : Gross effects of gamma radiation on the indian-meal moth and the Angoumis grain moth. J. Eco. Ent. 61 477-483.
- ERÇELİK, T.M., HOLT, G.G. (1972) : Sterility Inherited by progeny of male Cabbage loopers Irradiated in various stages of development. Ent. Soc. A. Environmental Ento. 1,5.
- GROSCHE, D.S., and SULLIVAN, R.L. (1954) : The quantitative aspects of permanent and temporary sterility induced in female *Habrobracon* by x-rays and beta radiation. Rad. Res. 1 : 292-320.
- HOLT, G.G., NORTH, D.T. (1970 a) : Spermatogenesis of the Cabbage looper, *Trichoplusia ni*. (Lepidoptera, Noctuidae). Ann. Ento. Soc. Am. 63, 501-507.
- HOLT, G.G., NORTH, D.T. (1970 b) : Effects of the irradiation on the mechanisms of the sperm transfer in *Trichoplusia ni*. J. Insects Physiol. 16, 2211-2.
- LACHANCE, L. E. (1962) : Effects of Radiations on Insects. Proceedings north central branch-E.S.A. Vol. 17.
- LACHANCE, L.E. (1967) : The Induction dominant lethal mutation in Insects

- by ionizing radiation and chemicals-as related to the steril-male technique of insect control. In: Genetic of insect vectors of diseases (J.W. Wright and R. Pal, eds.) (Chap. 21, P. 617-650). Amsterdam: Elsevier (1967).
- NORTH, D.T. (1967) : Radiation-Induced male sterility exhibited in the P<sub>1</sub> and F<sub>1</sub> generation in Lepidoptera. *Radiat. Res.* 31, 615.
- NORTH, D.T., HOLT G.G. (1968) : Genetic and cytogenetic basis of radiation induced sterility in the male Cabbage looper, *Trichoplusia ni*. In: Isotopes and Radiation in Entomology. (Symposium Nov. 1967), P: 391-403. Vienna: International Atomic Energy Agency.
- NORTH, D.T., HOLT, G.G. (1968) : Inherited sterility in the progeny of irradiated male Cabbage looper. *J. Econ. Entomol.* 61, 928-931.
- NORTH, D.T., HOLT, G.G. (1969) : Population suppression by transmission of inherited sterility to progeny of irradiated Cabbage loopers, *Trichoplusia ni*. *Can. Entomol.* 101, 513-520.
- NORTH, D.T., HOLT, G.G. (1970) : Radiation studies of sperm transfer in relation to competitiveness and oviposition in the Cabbage looper and corn earworm presentation at Lep Panel, Vienna, Austria (IAEA) June 1-5.
- PROSHOLD, F.L., BARTELL, J.A. (1970) : Inherited sterility in progeny of irradiated male tobacco budworms: Effects on reproduction, developmental time, and sex ratio. *J. Econ. Entomol.* 63, 280-285.
- PROVERBS, M.D. (1962) : Progress on the use of induced sexual sterility for control of the codling moth, *Carpocapsa pomonella* L. *Proc. Entomol. Soc. Ontario* 92, 5-11.
- VIRKKI, N. (1963) : Gametogenesis in the sugarcane borer moth, *Diatraça saccharalis* (F.) Crambidae. *J. Agr. Univ. P. R.* 47, 10-37.
- WALKER, D.W., and QUINTANA, V. (1968) : Inherited partial sterility among Survivors from irradiation - eradication experiments. *J. Econ. Entomol.* 65, 408-411