



## Üniversitelerin Önemi

Yeni bir akademik yılın başlangıcı aşağıdaki iki sorunun sorulması ve yanıtlarının aranması için iyi bir olanak oluşturmaktadır, "Bir üniversitenin o ülke için gerekliliğini saptayan belli özellikler nelerdir? Diğer bir deyişle, neden bir ülke üniversiteler olmaksızın başta ve savaşta etkili olamaz veya ahenkli ve uygar bir toplum oluşturamaz. İkinci olarak, "Neden ki barbar ve totaliter devletler her zaman üniversiteleri kontrol etmek ve onlara baskı uygulamak isterler? Ben bunlara, her ikisi de birbirinden nitelik olarak farklı ama birbirini tamamlayan ve benim inancımı yansıtan iki yanıt vereceğim.

İlk yanıtım en güzel ifadesini 1878 ile 1967 yılları arasında yaşayan büyük İngiliz şairi John Masefield'de bulabilirsiniz. Masefield uzun yıllar İngiltere Krallığı'nın resmi şair-i a'zamlığını yapmış; yani devlet törenleri için şiir yazmıştır. Kendisine 25 Haziran 1946 tarihinde son 15 yıldır rektörlüğünü yaptığım Sheffield Üniversitesi tarafından bir onur ünvanı verilmişti. Bu nedenle düzenlenen törende yaptığı kısa konuşmayı size şimdi aktaracağım. Ancak, bu tarihin İkinci Dünya Savaşı'nın bitiminden sonraki ilk akademik yılın sonu olduğu ve o günlerde ülkemizin çok kötü koşullar altında olduğunu hatırlatmak isterim. O yıllarda İngiltere'de iyi olarak halkın moralinden başka belki de hiçbir şey yoktu. Savaşta birçok genç insan ölmüş; altı yıl süren seferberlikte, yiyecek, her türlü mal karneye bağlanmış ve ülke özetle ekonomik olarak iflas etmişti. İsviçre, İsveç, İspanya ve Portekiz dışındaki tüm Avrupa ülkelerinde de benzer koşullar vardı. Üniversiteler kaynak kıtlığı içinde, fakat ayaktaydılar. Masefield, üniversitelerin tüm insanlar için ve uygarlık bakımından önemlerini şu sözlerle dile getirdi:

"Bir üniversiteden daha büyük olan çok az dünyevi olay vardır. Barajların yıkıldığı ve sellerin felaket getirdiği, geleceğin karanlık görüldüğü, her sağlanırsın kaygan bir zemin haline geldiği, silinmiş sınırlar ve çökmiş değerlerin egemen olduğu bu günlerde nerede bir üniversite varsa, o orada ayakta durmakta ve parlamaktadır. Aynı üniversiteler ve insanları tam ve adil sorgulamaya açık özgür düşüncesi insan sorumlularına bilgelik getirmeye devam edebilecektir.

Bir üniversiteden daha güzel olan çok az dünyevi olay vardır. Oyle bir yer ki, himaya cehaletten nefret edenleri bilgilendirmek, geçiği algılayanlar ise başkalarına da bu geçiği göstermek için çaba harcıyor. Öğrenciler ve araştırmacılar bilgiyi ararken birbirleriyle kecnellenmiş olarak fikirleri tüm incelemeleri değerlendirirler. Sıkıntı içinde, veya sınırlı düşünmelerde kucaklarını açar ve nihayet düşünce ve öğretinin vakarını en üst tırup ve bütün bunlar için mihenk taşları oluştururlar.

Bir üniversiteden daha dayanıklı olan çok az dünyevi olay vardır. Dinler tarihten ayrılabiliyor veya ayrılıp düşüncelerle sarsılabilir, hükümler yıkılabilir veya devrilebilir; fakat üniversite yüzyıllar boyunca devam eder. Yaşam nehri üniversitelerden geçer ve düşünmeler araştırma, hiçbir zaman ölmeyecek olan yeni fikir üretmek ana amacı etrafında birleşir."

Şairce olan bu sözler dokunaklıdır ve bize üniversitelerin aydınlık, özgürlük ve öğreti yerleri olması gerektiğini hatırlatır. Gene bu sözler bize üniversitelerin insan bilgisinin ve deneyiminin tüm alanlarını incelemek için özgür olmaları koşulunu vurgular. Ancak bu uğraş ve niyetin ana amacı ciddi olarak bilgiyi geliştirmek, başkalarına yaymak, sistematize etmek veya yeniden değerlendirerek tüm toplumun gereksinimlerine uygulamak olmalıdır. Üniversitenin görevi sonuç ne olursa olsun doğruyu aramaktır. Eğer "doğru seni özgür kılacaktır" deyişi gerçeği yansıtır, onu arayanların özgür olmadığı koşullarda bu doğruya erişilemeyeceği aynı şekilde açıktır. Bu düşünce ve ifade özgürlüğü, adaletin yücelmesiyle hukukun üstünlüğü, özgür, uygar ve ahenkli bir toplumu tanımlar. Aynı kavramlar barbar ve totaliter devletlerin ortadan kaldırmaya çalıştıkları haklardır. Bu nedenle üniversitelere güvenmezler ve kontrol altına almaya çalışırlar.

Her kuşak, kendi öğrenmekle birlikte, kendisinden sonraki kuşaklara bilgi birikimini, önemsendiği değerleri ve bilgeliği aktarmaya çalışır. Bunların herbirinin mükemmel olmadığını ve mükemmelleştirilmeyeceğini bilse de, kendisinden sonraki kuşakların daha iyisini yapabileceklerine inancı vardır. Bu basit nedenden dolayı üniversite genç ve yaşlıların birlikte öğrendikleri bir topluluk olmalıdır. Üniversitenin gücünün büyük bir kısmı gençlerle yaşlıların biraraya getirerek, öğretinin geniş hayal gücü içinde bilgi ile yaşam sevinci arasındaki ilişkiyi korumaktan kaynaklanır.

İlk başta sorduğum sorulara vereceğim ikinci yanıt ise, şüpheli olmayacak. Bu yanıt tümüyle akılcı ve maddeci olup, bir bilimadamı olarak ülkem yöneticileri ve bilimle yakından ilişkili olmaktan kaynaklanmaktadır. Bu görüşün temelini çok sade bir gerçek olan, insan tününün başarısının tümüyle insan beyninin üstün gücünden kaynaklandığı düşüncesi oluşturmaktadır. Beyinleri sayesinde ki insanlar sınırlı fiziksel güçlerini araç kullanımıyla artırırlar. Bu araç ve gereçler önceleri deneme-yanılma; yani ampirik yöntemlerle geliştirilmekteydi ve kaldırarak ile tekerlek kadar basitler. Güç kaynakları ise salt insan gücüyü. Fakat artık bilim, insan gücünü geliştirmek için ampirik yöntemleri kullanmayı aşmıştır. Radar, penisilin, nükleer güç, lazerler, moleküler tıp ve gen terapisi, mühendislik, teknoloji, tıp, tarımdaki gelişmeler yetenekli ve eğitilmiş beyinlerin yeni fikirler oluşturmaları, yeni deneyler yapmaları ve insanlara fikirlerini geliştirecek ve sınyacak bağımsızlık, zaman

ve kaynakları vermekle sağlanmaktadır. Burada günümüzde insanlığın aklını bilgisayarlar yardımcı güçlendirdiğini ve aynı bilgisayarların elektronik gereçlerle beraber her türlü aracı yönetebilecek aşamaya geldiğini belirtmeliyim.

Bir ülkenin günümüzün modern bilim ve teknoloji dünyasında başarılı olabilmesi için fen, mühendislik ve teknoloji konularında bilgili ve bu alanlardaki gelişmelerin bilincinde olan ve bu gelişmelerin kendi ülkesinin yararına nasıl kullanılabileceğini bilen yeterli sayıda insana sahip olması gerekmektedir. Bilimadamları, mühendisler ve teknik elemanlar icat, yenilik ve yeni bilginin uygulanması süreçlerinin oksijenini oluştururlar. Hepsini üniversitelerde eğitilmişlerdir. Daha önce de belirttiğim gibi üniversiteler, gerçeği izlerken, bu genç dimağların merak ve hayal güçlerini uyarmalıdır. Kanımca, bu ancak, üniversitelerde temel bilimlerdeki araştırmalara çok önem verilmesiyle olur. Temel bilim araştırmalarından ise şunu anlıyorum: Sonuçların pratik geçerliliğini hiç düşünmeden sadece yeni bilgi edinmek için yapılan çalışmalar. Faal olarak araştırma yapmayan veya araştırmayla ilgilenmeyen bir öğretim görevlisi öğrencilerini hiçbir zaman bilgisiyyle heyecanlandıramaz. Hintli mistik Rabindranath Tagore'un dediği gibi: "Kendi beyni merak ateşiyle yanmayan başka beyinleri aydınlatabamaz". Tüm bunlara ek olarak bir ülkede bilim, mühendislik ve teknoloji konularında iyi eğitilmiş ve bu dallarda araştırma yapan insanlar olmazsa, o ülke başka ülkelerde aynı alanda yapılan çalışmalarla izleyemez, onlardan yararlanamaz. Diğer bir deyişle bilgi denizine katkısı olmayanların uluslararası bilgi denizinde avlanmaları olanaksızdır. Bu temel bilim araştırmalarını parasal destek vermek doğrudan hükümetin görevidir. Çünkü bu çalışmalar kişinin değil, sonunda toplumun çıkarları için yapılmaktadır. 1950'lere kadar çoğu devlet gereksinim duyduğu temel araştırmaları destekliyordu. Bu tarihten sonra deneysel araştırmaların maliyetleri çok yükseldi. Örnek olarak parçacık fiziği, astronomi ve kromozom araştırmalarını verebiliriz. Maliyetlerdeki bu artışın anlamı bilimadamlarının gerek kendi gerekse de başka ülkelerdeki pahalı olanakları diğer bilimadamlarıyla paylaşmalarının kaçınılmaz olduğudur. Dünyadaki en güçlü ve büyük ekonomisi olan Amerika Birleşik Devletleri bile bu durumu son zamanlarda kabullenmek zorunda kaldı ve süperiletken süperhızlandırıcılarla ilgili araştırmasına dış yardım olmadan devam etmeme kararını aldı. Aynı amaçla Avrupa Topluluğu'nda Framework Programmes gibi tamamen bilimsel amaçlar için işbirliğine yönelmiş ve gelişmiş ül-



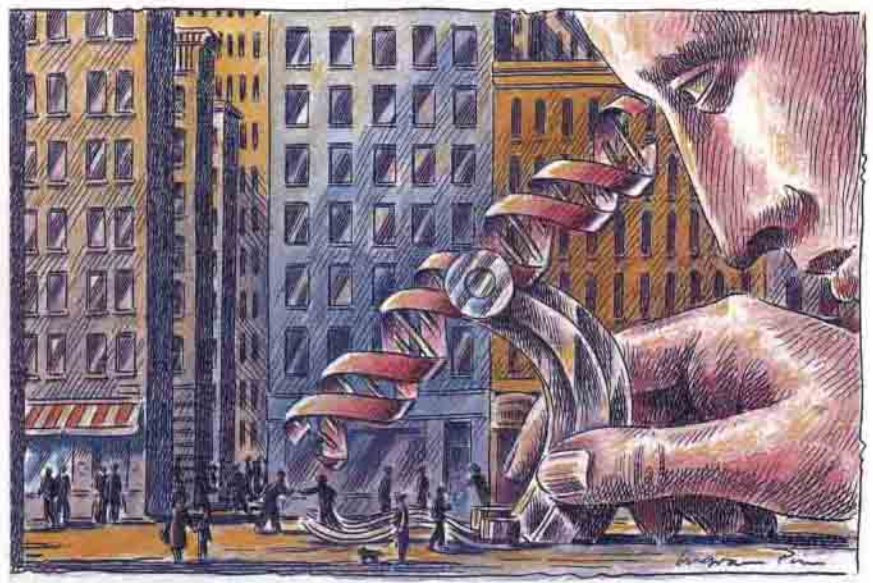
L.Ö. 1994-1995

Akademik Yılı Açılış Töreni  
(Ekim 1994) Konuşması

Not: Lord Dainton 1914'te doğdu. Yüksek öğrenimini Cambridge ve Oxford Üniversiteleri'nde tamamladı. 1950'de fizikokimya profesörü oldu. 1965-1970 yılları arasında Norwingham Üniversitesi "vice-chancellor"lığını yaptı. 1979'dan beri Sheffield Üniversitesi "chancellor"lığı görevini sürdürmektedir. 1965-1970 yılları arasında Leeds Üniversitesi ve 1970-1973 yılları arasında Oxford Üniversitesi'nde fizikokimya profesörü olarak ders verdi.

Ulusal ve uluslararası birçok önemli ödül ve onursal ünvan sahibi olan Lord Dainton ayrıca uzun yıllar "University Grants Committee", "British Museum" ve "British Library" gibi İngiliz bilim, eğitim ve kültür hayatının çok önemli kurumlarının yönetim kurullarında üye veya başkan olarak görev yaptı.

"Zincir Reaksiyonları", "Fotokimya ve Reaksiyon Kinetiği", "İngiltere'de Üniversite Seçimi" ve "Ulusal Sağlık Hizmetleri ve Üniversiteler" adlı yapıtları bulunan Lord Dainton, tüm uğraşları arasında sağlık hizmetlerine ayrı bir önem vermektedir.



## Kromozomlarda Telomer Bölgeleri

Telomer kavramı, 1930'lu yıllardan bu yana bilinmektedir. Bu yıllarda Hermann J. Müller Drosophila melanogaster ve Barbara Mc Clintock Zea mays kromozomları üzerinde çalışmışlardır. Müller, X radyasyonundan sonraki yapı değişiklikleri ve bu değişikliklerin görülme sıklığını incelemiştir. Çalışmalarının sonucunda ise, terminal bölgelerdeki delesyonların ve inversiyonların ender görüldüğünü bildirmiştir. Bu bilgilerden sonra kromozom bütünlüğünü sağlayan özel terminal yapıların varlığı kabul edilmiştir. Araştırmalar ilerledikçe kırık uçlu kromozomların daha kolay birleştiği ve normal kromozomların telomer yapılarının kararlı olduğu, ne künk kromozomların uçları ile ne de diğer telomerlerle birleşmediği görülmüştür.

Telomerlerin organizmada az miktarda bulunması nedeni ile (total DNA'nın yaklaşık %0.03'ü telomerik DNA'dır) bunların fonksiyonlarının ve sentezlerinin anlaşılması ancak yakın zamanlarda başarılı olmuştur. Bu alandaki çalışmalar daha sonraları kısa, doğrusal DNA'ları olan silli protozoalar üzerinde yoğunlaşmıştır. Şu anda ise, telomerlerin yapı, fonksiyon ve sentez mekanizmaları, protozoalarda, küf mantarlarında, bitki ve hayvan hücrelerinde incelenmektedir.

### Telomer Nedir?

Telomerler, kromozomların DNA ve protein içeren terminal (uç) bölgeleridir. Diğer kromozomal DNA dizilerinden hem yapısal hem de fonksiyonel olarak farklıdır. Telomer sentezinden revers transkriptaz (telomerase veya telomer terminal transferaz) enzimi sorumludur.

Telomerase enzimi ile gerçekleştirilen telomer sentezi, kromozomun uç bölgesinin bütünlüğünün korunumu için gereklidir. Telomer içermeyen kırık uçlar disentrik, halkalı veya diğer kararsız kromozom yapıları oluşturacak şekilde uç uca eklenebilirler. Bu kararlı ve kararsız yapılar arasındaki farklılıklar, telomerlerin normal kromozom uçlarındaki özel yapıları olduğunu ve bu yapıları olmadığı zamanlarda kromozomların dayanıksız olduğunu göstermiştir. Telomerler, DNA replikasyonunun düzensizliği konusunda sentromer bölgeleri ile aynı derecede önemlidir; ayrıca interfaz çekirdeğinin üç boyutlu yapısının kurulması ile de ilgili olabilirler.

Hücre içinde telomerler çekirdek zanna yakın konumda olup ve sentromerlerle 180° açı oluşturur-

lar. Telomerler bir yandan da homolog kromozomlarla, homolog olmayan kromozomlar arasında geçiş sağlarlar. Örneğin, birinci mayotik bölünmenin profazında, kromozomlar demet haline gelirler ve çekirdek zarının yanında kümeleşirler.

DNA'nın her bir ipliğinin 5' ucundaki terminal bazların kaybı olmadan replikasyonunu sağlayan yapıların, telomer olduğu bilinmektedir. Ayrıca telomerler, incelenen tüm ökaryotik hücre kromozomlarında oldukça iyi korunmuştur. Doğrusal yapıdaki viral terminal bölgelerinden plazmit ve mitokondri DNA'larından oldukça farklı yapılarıdır. Bu nedenle ökaryotik hücrelere ait telomerleri, diğer organizmaların DNA uçlarından ayrı incelemek gerekmektedir.

### Telomerik Dizilerin Düzenlenmeleri

Alanlarında önemli evrimsel farklılıklar bulunan ökaryotik organizmaların telomer bölgelerindeki DNA dizileri ve yapıları benzerdir. Bu telomer bölgeleri, oldukça basit olan ve arka arkaya tekrar eden "tandem repeat" adı verilen diziler içerir. DNA ipliklerinden bir tanesi guanin yönünden zengindir, 5' → 3' ucuna doğru uzar ve sitozin yönünden zengin olan karşı iplikten 12 - 16 nükleotid kadar daha uzundur. Bu dışarıya doğru uzantı yapan tek iplik kendi üzerinde kıvrılıp, Watson-Crick eşleşmesi göstermeyen, saç tokası şeklinde ve guanozin - guanozin eşleşmesi yapan bir yapı oluşturur.

Telomer bölgelerinde bir anlamda düzenli bir düzensizlik olduğu söylenebilir. Bu farklı yapılar tek iplikli kırılmaları neden olabilir. Sonuçta, DNA'daki açık noktalarla çalışabilen ligaz enzimi bağlanamaz ve bu bölgelerin nükleazlar tarafından tanınması önlenir. Saç tokası yapısı ve telomerik dizisi olmayan kırık uçlu kromozomlar, serbest DNA uçları ile birleşebilirler. Bu yapı aynı zamanda ekzonükleolitik yıkıma da duyarlıdır. Elizabeth Blackburn, telomerlerin telomerik proteinleri sayesinde yıkımdan kurtulduklarını savunmaktadır; böylece, telomerlerin kendilerine özgü yapılarının sayesinde disentrik kromozomların oluşması, füzyon meydana gelmesi ve kromozomun alt telomerik bölgelerinden genetik bilgi kaybı önlenmiş olur.

Telomerik diziler tanımlanırken iki nokta üzerinde durmakta fayda vardır: Bu diziler kromozomların uç noktalarında bulunmalıdır; doğrusal DNA molekülüne dayanıklılık sağlamalıdır.

Belirli yönlerden farklı olan türde organizmaların telomer dizileri arasında benzerlikler vardır. Bu diziler, şu genel formül ile yazılabilir: C<sub>n</sub> (AT)<sub>m</sub> (n 1'den büyüktür ve m, 1-4 arasındadır).

kelerin daha az gelişmişlere destek verebilecekleri sistemler kurulmuştur. Bu tür işbirliği sosyal birlikteliği de geliştirir ve kanıca aynı sürecin sürdürülmesi ve güçlendirilmesi gerekir.

Üniversiteler hakkında anlattıklarım size Batılı tanımlar ve Batı koşullarıyla sınırlı kalıyor gibi gelebilir. Evrensel ve modern üniversite kavramının son birkaç yüzyıldır Batı Avrupa ve Kuzey Amerika'da geliştiği de doğrudur. Bu kadar dar bir görüşte olduğum izlenimini almanızı istemem. Batı Avrupa'nın Türkiye'yi de içeren Küçük Asya ve Akdeniz'in doğusunda yer alan ülkelere ne kadar çok şey borçlu olduğunu iyi biliyorum. Hatırlanamayacak kadar eski zamanlardan beri ülkelerin okulları, okulların da hocalara ve aynı hocaların "seminerlere" gereksinimi oldu. Ancak M.Ö. beşinci yüzyılda, eski Yunan'da bir "sofistler" sınıfı ortaya çıktı. Bu sofistler, fiziksel bilimler, konuşma sanatı, dilbilim ve matematik gibi yeni veya kendi geliştirdikleri konularda öğretmenler sundular. Öğrencilerin onları dinlemeye gelmek için seyahat edecek paraları ve zamanları olması gerekirdi. Diğer bir bilim merkezi ise, Euclid'in geometri, Eratosthenes'in astronomi üzerinde çalıştığı ve birçok başka tanınmış bilimadaminin bulunduğu İskenderiye (Mısır) idi.

Milattan sonra beşinci yüzyılda Roma İmparatorluğu çöktüğü zaman Yunan öğretisinin bu gelenekleri İstanbul (Constantinople)'daki Bizans İmparatorluğu'nda sürdürüldü. Gene İstanbul'da devlet tarafından desteklenen bir üniversite M.S. 425 yılında kuruldu ve buradan, sanat ve bilimin çoğunu eski Yunan'dan almış olan Müslümanlar, hem bilim hem de inançlarını Orta Doğu, Kuzey Afrika ve İspanya'ya yaydılar.

Elde edilen bilgiyi korumak ve gelecek kuşaklara aktarmak için ortaya çıkan kitaplık fikrini ve kitaplıkları da dünyanın bu bölgesine borçluyuz. Kitaplıkların benim kalbimde ayrı bir yeri var. İngiltere'deki birkaç büyük kitaplığın birleşmesinden doğan İngiliz Kütüphanesi'nin kurulmasıyla görevlendirilmişim ve aynı kitaplığın yönetim kurulunun da yedi yıldır başkanı bulunmaktayım. Ayrıca yaşamım boyunca kitaplarla ilgilendim.

Bu kısa konuşmamda yalnızca bilginin, bilgeliğin önkoşulu olmasına değil, aynı zamanda üniversitelerin insanların kültürel ve bedensel iyilikleri açısından önemine olan derin inancımı size yansıtabildiğimi umuyorum.

Lord Dainton



Telomer bölgesinin kararlılığının sağlanabilmesi için, bu tekrarlayan dizilerden, maya ve sili canlılarda birkaç yüz baz çifti kadar ve omurgalılarda birkaç bin baz çifti kadar bulunması gereklidir.

#### Telomerik Proteinler

Kromozomal DNA'nın en uçtaki yapıları ile etkileşen kısımlar telomeraz enzimi ve telomer yapısal proteinlerdir. Telomerik DNA birçok türde tanımlanabildiği halde, telomerik yapısal proteinler sadece birkaç türde tanımlanabilmiştir. Silli *Oxytricha*'nın telomeraz enziminin proteini 55Kd'luk ve 41Kd'luk alt birimlerden oluşmaktadır. Bu protein guanince zengin ve daha uzun olan ipliği güçlü ama kovalent olmayan bağlarla tutunurlar. İkili sarmal DNA ile bağ yapamazlar. Sadece 55Kd'luk alt biriminin geni klonlanıp dizi analizi yapılmıştır. Bu diziler histon 1(H1)'in amino asit dizileri ile benzerlik göstermektedir. Telomere bağlanan proteinler baz dizilerine özgüllük göstermektedirler; ayrıca telomere bağlanmaları telomerik DNA'nın kimyasal değişikliklere ve nükleazlara karşı korunmasında önemli olabilir. Bu proteinlerin, in vivoda başlık görevi görerek telomerik uçları koruduğu düşünülmektedir.

#### Telomer Uzunluğu ve Telomer Kaybı

Ortalama telomer uzunluğunu etkileyen değişik birçok genetik ve fizyolojik faktör vardır. Dengeleyici bir mekanizma olmasaydı yarı korumalı (semikon-servatif) DNA replikasyonu sonucunda kromozomlar giderek uç kısımlarından kısılacaklardı. Hücre kültüründeki ölü hücelere ait telomerlerin birinci jenerasyon başında 65 bp kadar kısaldığı bildirilmektedir. İnsana ait germ dizisi hücrelerinin kromozomal uçlarında 10 Kb'lık telomerik AGGGTT tekrarları vardır. Telomer uzunluğu ile yaş arasındaki ilişkiyi aydınlatmak amacı ile farklı yaşlardaki insanlara ait hücrelerde, insan fibroblastlarının primer kültürlerinde ve bazı kanser hücrelerinde çalışmalar yapılmış, telomer uzunluğunun artan hücre bölünme hızı veya yaşı ile azaldığı anlaşılmıştır. Ölümsüz HeLa doku kültürü hücrelerinde de telomeraz aktivitesi saptanmaktadır. Aynı bulgular maya, *Tetrahymena* hücreleri ve insan germ dizisi hücreleri içinde geçerlidir. İnsan somatik hücrelerinde ise, telomeraz enzimi aktivitesi tesbit edilememiş ve bu hücrelerin telomerlerinin daha kısa olduğu görülmüştür. Tek istisna, fare telomerleri için bilinmektedir; farenin telomerleri, insan telomerlerinin 5-10 katıdır ve yaşı ile genç fare hücrelerinin telomer uzunlukları arasında dikkate değer farklılık yoktur. 1973 yılında Olovnikov adlı bir araştırmacı, telomer kısalmasının ileride hücre ölümüne yol açabileceğini, somatik hücrelerde çoğalmayı sınırlayıp hücre yaşlanmasına neden olabileceğini bildirmiştir. Daha sonra yapılan araştırmalar Olovnikov'un doğru düşündüğünü göstermiştir.

Kanser vakalarında, hücrenin telomer uzunluğu ve telomeraz aktiviteleri incelendiğinde bazı önemli bulgular elde edilmiştir. Örnek olarak in vivoda tümör oluşumu ve telomeraz aktivitesinin birbiri ile ilişkili olduğuna dair ip uçları vardır. İyi huylu tümörlerde telomeraz aktivitesi yoktur ve telomerleri kısalдықça erken evrelere geri dönmektedirler. Daha saldırgan seyreden metastatik tümörlerde ise, yüksek telomeraz aktivitesi gösterilmektedir. Telomeraz inhibitörü ilaçlar tümörlere karşı etkili ajanlar olarak önerilebilir.

Sonuç olarak telomer bölgeleri, kromozom uçlarındaki birkaç kilobazlık tekrarlayan baz dizileridir. Kromozomlara ait uç bölgelerinin aynı kromozomun diğer ortaya yakın bölgeleri ile veya başka kromozom uçları ile birleşmelerini önleyen yapılarıdır. Telomer bölgelerinin replikasyonundan telomeraz enzimi sorumludur.

DNA replikasyonu sonucu telomer dizilerinde kayıp olduğu taktirde telomeraz enzimi bu bozukluğu düzeltebilir. Düzeltilmediğinde ise, telomer bölgelerinin koruyuculuğu kaybolur. Son yıllarda telomer bölgelerinin yapılarının ve telomeraz aktivitesinin hücre yaşlanması ve kanser gelişimi üzerinde etkili olduğu görülmüştür. Gelecekteki çalışmaların da bu konular üzerinde aydınlatıcı olacağı düşünülmektedir.

Meltem Çevik Arıkan, Gülay Bulut  
Dokuz Eylül Üniv. Tıp Fak. İzmir

#### Kaynaklar

- Adamson J.A.D. Significant Telomere Shortening in Childhood Leukemia. *Cancer Genet Cytogenetics* 61, 1992.  
Blackburn E.H. Telomeres and Their Synthesis. *Science* 249, 1990.  
Blackburn E.H. Structure and Function of Telomeres. *Nature* 350, 1991.  
Counter M.C. Telomere Shortening Associated With Chromosome Instability is Arrested in Immortal Cells Which Express Telomerase Activity. *The EMBO Journal* 11(5), 1992.  
Cross H.S. Cloning of Human Telomerases by Complementation in Yeast. *Nature* 338, 1989.  
Hastie N.D. Human Telomeres: Fusion and Interstitial Sites. *Trends in Genetics* 5(10), 1989.  
Wright E.W. Telomere Positional Effects and The Regulation of Cellular Senescence. *Trends in Genetics* 8(6), 1992.  
Zahler A.V. Telomer Terminal Transferase Activity in *Hypotrichous ciliate*, *Oxytricha nova* and A Model for Replication of The Ends of Linear DNA molecules. *Nucleic Acid Research* 16(14), 1988.  
Zakian A.V. Structure and Function of Telomeres. *Annual Review Genetics* 23, 1989.

## Mekanik Uyarma Bitkilerde Sap Uzamasını Neden Engeller?



Çevremizdeki florada bazı çiçeklerin, ağaç ve fidanların, kültürünü yaptıığımız bitkilerin diğerlerine göre daha kısa boylu, bodur, cüceleşmiş, çok dallanmış, adeta çalılışmış, yaprak sayısı fazla ya da açık renkli veya koyu renkli olduğunu görürüz. Buna neden olan etkenleri iklim ve toprak faktörleri içinde ararken, bitkilerdeki bu morfolojik ve fizyolojik değişikliğe mekanik uyarmanın neden olduğunu ilk aşamada göremeyiz; oysa aşırı rüzgarlı yerlerde ağaç, fidan ve çiçeklerde bodurlaşma, tek tarafa (rüzgarın aksi

yönde) doğru aşırı dallanma ya da çalılışma ve yatık büyüme sıkça görülür. İşte rüzgarın buradaki etkisi, bitkiler tarafından mekanik uyarı olarak algılanmaktadır. Mekanik uyarıya tepkinin sonucu olarak bitkiler, morfolojik ve fizyolojik değişime uğrarlar.

Bu konudaki doğal örnekleri çevremizde görmek olasıdır; ancak bazı ülkelerin çok eski yetiştirme yöntemlerinde mekanik uyarının etkilerinden yararlanıldığı da bilinmektedir.

Japonya'da Honshu'nun Kuzeydoğusunda yer alan Tohoku bölgesinde ve Nagano ilinde, eski zamanlardan beri çiftçiler geleneksel bir tarım tekniğini korumuşlardır. Her sabah bir bambu süpürgesi veya çubuğu ile çeltik fideciklerinin yapraklarındaki çiğ damlacıklarını düşürmüşler, uzaklaştırmışlardır. Bu tıpkı bir annenin vücut temasıyla bebeğini sağlıklı yetiştirmesi gibidir. Mekanik uyarıma çeltik fidelerinin aşırı boylanma ile büyümesini önlemiş; böylece çiftçiler kısa boylu-sağlam sapa ve sağlıklı çeltik fidelerine sahip olmuşlardır.

Konu üzerindeki ilk bulgular, evolüsyon teorisine kavuşan İngiliz doğa bilimcisi Charles Darwin (1881) tarafından açıklanmıştır. Darwin, bezelye köklerinin su akışına karşı eğilim gösterdiklerini bulmuştur. M.J. Jaffe (1973), mekanik uyarmanın birçok bitki üzerine etkilerini açıklamak üzere bir seri araştırmalar yürütmüştür. Araştırmacı bu fenomeni "Thigmomorphogenesis - thigmomorfogenez", ya da mekanik uyarmanın morfogenezi (organizmaların biçim ve yapılarının gelişip oluşması, değişmesi) olarak isimlendirmeyi önermiştir. Sonraları kendisi ve onun grubundaki araştırmacılar (1975) tarafından, thigmomorfogenez üzerine bitki hormonlarından biri olan ethylene (etilen)'nin neden olduğu açıklanmıştır.

Bu gerçeğin açıklanmasından sonra mekanik uyarıma, kültür bitkileri arasında Japonya'da geniş çapta kullanılmaya başlanmıştır. Sağlıklı çeltik ve şekerpancarı fidesi yetiştirilmede, arpa ve buğdayın çignenmesinde, bonsai (bonsay - saksıda yetiştirilmiş bodur ağaç) ve benzeri üretimlerde bu teknoloji kullanılmaktadır.

Japonya'nın en soğuk bölgesi Hokkaido Adası'nda çiftçiler genç şekerpancarı fideciklerine aşırı büyümeyi önlemek için, yaklaşık bir aylık fide yetiştirme döneminde günde bir kez mekanik uyarıda bulunurlar. Böylece dikimden sonra soğuk rüzgarların neden olduğu kurumalar ve aşırı büyüme önlenir. Mekanik uyarılmış şekerpancarı fideciklerinde dikim sonrası sararık kurumunun hemen hemen hiç olmadığı, bitkilerin aşırı büyümedikleri, dikim makinesinde sıkışmaya neden olmadıkları, yerel olarak uygulanan dikim metodunda ise soğuk rüzgarlardan dolayı fideciklerde yaklaşık %6 oranında sararma-kuruma meydana geldiği bildirilmektedir. Mekanik uyarmanın genç şekerpancarı bitkilerindeki ethylene ve abscisic asit içeriğini artırdığı, böylece bitkilerin kuraklığa ve soğuğa toleransının arttığı kabul edilmektedir.



Bu teknolojiyle; bitkilerin büyüme ve gelişmelerinde, biyolojik fonksiyonlarında bitkilere mekanik uyarı verilmektedir. Bunun için pahalı araçlar gerekmez; bu tekniğe basitçe insancıl çevre tekniği diyebiliriz; ayrıca bu teknik gelişmekte olan ülkelerde kolaylıkla uygulanabilir, iş gücü emebilir ve çok da ilgi çekebilir.

#### Mekanik Uyarı ve Bitkilerde Fizyolojik Değişiklikler

Bitkilerde büyümeyi özendirilen hormonlar (auxins, gibberellins ve cytokinins) yanında, büyüme engelleyen hormonlarda (abscisic acid ve ethylene) vardır. Büyüme engelleyicilerden olan ethylene normal sıcaklıkta gaz halinde bir hormon olup, öteki hormonların aksine çok basit bir yapıya sahiptir. Ethylene bitkilerde çeşitli büyüme fenomenleri ortaya koyar, bitki fizyolojisinde; dormansinin kırılması, apikal üstünlük (kök ve sapta meristem büyüme üstünlüğü), büyümenin önlenmesi ya da teşvik edilmesi, yatay büyümenin-dallanmanın teşviki, yaprak veya meyve oluşumunun son bulması, erkek çiçeklenmenin teşviki, meyvede olgunlaşmanın teşviki, hücrede klorofilin bozulması, erkek çiçeklerde dişileşme, solunumun ve protein sentezinin teşviki, allelopati ve yaşlanmanın özendirilmesi gibi birçok fonksiyona sahiptir.

#### Mekanik Uyarı ve Ethylene Oluşumu

Mekanik uyarı, bitkilerde sap uzamasını niçin engeller? Mekanik uyarıların ve ethylene gelişiminin neden olduğu büyüme durgunluğu ve aralarındaki ilişkileri araştırmak üzere, Hiraki ve Ota (1975) beyaz çan çiçeklerini kullanmışlardır.

Matsukawa ve Kashiwagi'nin elde ettiği sonuçlar gibi, bitkilerdeki sap uzaması belirgin düzeyde engellenmiş ve mekanik uyarıdan sonra, yapraklar epinasti (epynasty-bitkide üst yaprakların veya bazı organların daha hızlı büyümesi, yaprak ayasının kıvrılması) göstermişlerdir. Aynı zamanda kontrol bitkilerine nazaran, uyarı verilen zambak bitkilerinde daha çok ethylene üretilmiştir. Zambaklar kontrollü bir odada (growth chamber-phytotron) yetiştirildiğinde; bitkilerde ethylene yoğunluğunun daha fazla, yaprakların daha koyu olduğu ve tipki mekanik uyarı verilmiş yapraklarda epinasti gözlenmiştir. Bu sonuçlar göstermiştir ki, bitkilerde ethylene üretimi mekanik uyarı ile artmakta ve artan ethylene (büyüme düzenleyici hormon) üretimi de sap büyümesini engellemektedir.

#### Mekanik Uyarı ve Büyümenin Kontrolü

Neel ve Harris (1971), asma omcalarında iki yana fazlaca sallanmanın büyümeyi önlediğini, seyrek olarak yetiştirilen genç asma bitkilerinin uzaması kontrol edildiğinde, dikimden sonra bunların bir destekle sabitlenmesi halinde daha iyi geliştiklerini belirlemişlerdir. Araştırmacılar bu fenomenin nedeni olarak, mekanik uyarmanın tizgarla verildiğini ileri sürmüşlerdir. Daha sonra mekanik uyarmanın bitki büyümesine etkilerini araştırmak üzere, genç amber (anber-Liquidamber sp.) ağaççıklarına titreşim verecek bir deneme yürütmüşlerdir.

Bu çalışmada genç amber fidanları birer saksıya dikilerek, bitki sapının orta kısmına her sabah 30 saniye elle tutularak titreşim (vibrasyon) uygulanmıştır. Mekanik uyarıya devam ettiklerinin 27'ci günün-

de, bitkilerde büyümenin görünebilir oranda etkilendiğini ve yaz ortasında bitkilerin büyüme noktasında dormant (durgun) tomurcukların oluştuğunu saptamışlardır.

Araştırmacılar aynı denemeyi mısır bitkisinde de yapmışlar ve hergün bitki sapına 30 saniye titreşim vermişlerdir. Uygulamadan 25 gün sonra, bitki büyümesi ile ilgili olarak kontrole göre bitki boyunda %50 azalma (gerileme), yaprak sayısında %30 azalma ve yaprak ayası uzunluğunda %15 küçülme belirlenmiştir. Matsukawa ve Kashiwagi (1971), beyaz boru çiçeği ve öteki zambakların üst yapraklarına elle veya plastik elbise fırçası ile dokunulduğunda, büyümenin yaklaşık %50 düzeyinde engellendiğini bildirmişlerdir. Araştırmacılar yürüttükleri denemelerin başlangıcında ilginç bir fenomeni ortaya koymuşlardır: Fukuoka ilindeki Sebzeçilik Araştırma İstasyonu'nda bulunan seralarda, ziyaretçilerin geçtiği yere yakın zambaklarda genellikle büyümenin etkilendiğini gözlemişlerdir. Ayrıca 70 günlük mekanik uyarıdan sonra; zambaklarda çiçeklenmenin etkilenmediğini, buna karşılık bitki boyunun kontrol bitkilerinin yaklaşık yarısına ulaşabildiğini, yaprak sayısı, sap çapı özelliklerinin ise bir dereceye kadar etkilendiğini belirlemişlerdir.



Chong ve Ota (1980), mekanik uyarı yapılmış çeltik bitkilerinde yalnızca daha fazla ethylene üretimi değil, aynı zamanda abscisic asit içeriğinin de arttığını saptamışlardır. Jaffe'nin bildirdiğine göre, snap fasulyesine mekanik uyarı verildiğinde, bitkiler toprak kuraklığına belirgin bir dayanıklılık göstermişlerdir. Araştırmacı ayrıca, mekanik uyarıya duyarlılık ve düşük sıcaklığa tolerans arasında bir ilişki olduğunu; soya fasulyesi ve snap fasulyesinin mekanik uyarıya duyarlı olduğunu ve bu nedenle büyümelerinin azalma eğilimi gösterdiğini, mekanik uyarıya duyarlı olmayan şeker mısır ve mungo fasulyesine göre, mekanik uyarıyla soya ve snap fasulyesinde düşük sıcaklığa toleransın arttığını bildirmiştir.

Yun ve Ota (1991), çığnmeden sora yapraklarında ethylene üretimini ölçmüşlerdir. Çığneme 3'cü ve 6'cı yaprak görüldükten sonra iki kez yapılmıştır. Yapılan tüm yaprak ölçümlerinde, çığnemiş yapraklardaki ethylene miktarı kontrol parsellerine göre daha fazla bulunmuştur. Mekanik uyarı teknolojisinin teorisi ve uygulaması konusunda en son örneklerden biri aşağıda özetlenmiştir.



Ota ve vd. (1994), mekanik uyarıların ve sıklığının büyüme etkisini belirlemek üzere denemelerini üç renkli amarant (*Amaranthtricolor*) ve yeşil biber (*Capsicum sp.*) sebzelerinde yürütmüşlerdir. Bir kontrol (uyarısız) olmak üzere 3 parsel A.tricolor için kullanılmış, parsel A'daki bitkiler günde bir kez, parsel B'deki bitkiler ise günde iki kez uyarılmıştır. Yeşil biber için ise bir kontrol (uyarısız), diğeri günde bir kez uyarılmış olmak üzere 2 parsel ayrılmıştır.

A.tricolor'da günde iki kez uyarılmış bitkilerin (parsel B), bir kez uyarılan (parsel A) bitkilere göre, boy olarak daha az geliştiği, büyümenin engellendiği belirlenmiştir. Yeşil biberde ise, mekanik uyarı bitki boyunu engellememiş ancak, dal sayısını ve çiçek sayısını artırarak meyve veriminin artmasını sağlamıştır.

Yukarıda açıklandığı gibi bitkiler mekanik uyarı aldıklarında, ethylene üretimlerini arttırmaktadırlar. Mekanik uyarı yapılmış üç renkli amarant bitkilerinin yapraklarında; klorofil içeriği, şeker konsantrasyonu ve vitamin C (askorbik asit) içeriği, bunların kontrollerine göre daha yüksek bulunmuştur. Ayrıca mekanik uyarı yapılmış bitkilerin yapraklarında, daha çok stroma ve sonuçta birim alanda fotosentez oranının yükseldiği belirlenmiştir.

Araştırmacı ve grubundakiler şimdilerde çeşitli bitkilerdeki en uygun yetiştirme tekniklerini geliştirebilmek için bitkilerin mekanik uyarıya tepkilerini daha detaylı incelemektedirler. Bu çalışmada, fide yetiştirme döneminde mekanik uyarmanın yapraklı ve meyveli sebzelerde, homojen ve sağlıklı fide üretimini artırmada yardımcı olduğu ve sonuçta onların veriminin arttığı belirlenmiştir. Büyümenin sonraki dönemlerinde, kök inceliği önemli olan kök sebzelerinde de mekanik uyarı iyi bir etki yapmıştır.

Japonya'da yaşlı çiftçiler kendi deneyimlerinden elde ettikleri sonuçlarla, mekanik uyarıyı kullanarak oldukça etkili yetiştirme yöntemleri bulmuşlardır. Bugün birçok bilimadamı bitkilerin mekanik uyarılara tepkilerini araştırmaktadır.

H.Yavuz Emekiller

A.Ü.Ziraat Fak. Tarla Bitkileri Böl. Ankara

Kaynak

Ota, Y. Technology of Mechanical Stimulation: Its Theories and Applications: Farming Japan, 1994.  
Wareing, P.F., and I.D.J. Phillips. The Control of Growth and Differentiation in Plants. England, 1978.