

Uzayda Tarım

Nüfusla birlikte gezegenimizin üzerinde kapladığımız alan da sürekli artıyor. Ne var ki Dünya yüzeyi sonsuz değil. Dünya'dan başka bir yerde yaşamak zorunda kalacağımız günler, insan ömrü ile kıyaslandığında uzak görünse de astronomi ölçeğinde çok da uzak sayılmaz. Bu nedenle, Dünya dışında yaşam bilim insanlarının öncelikli konuları arasında. Yaşanacak yer bulunmasının yanı sıra uzayda hayatta kalabilmemiz için gereken kaynakların, öncelikli olarak da besinlerin sağlanması önemli.

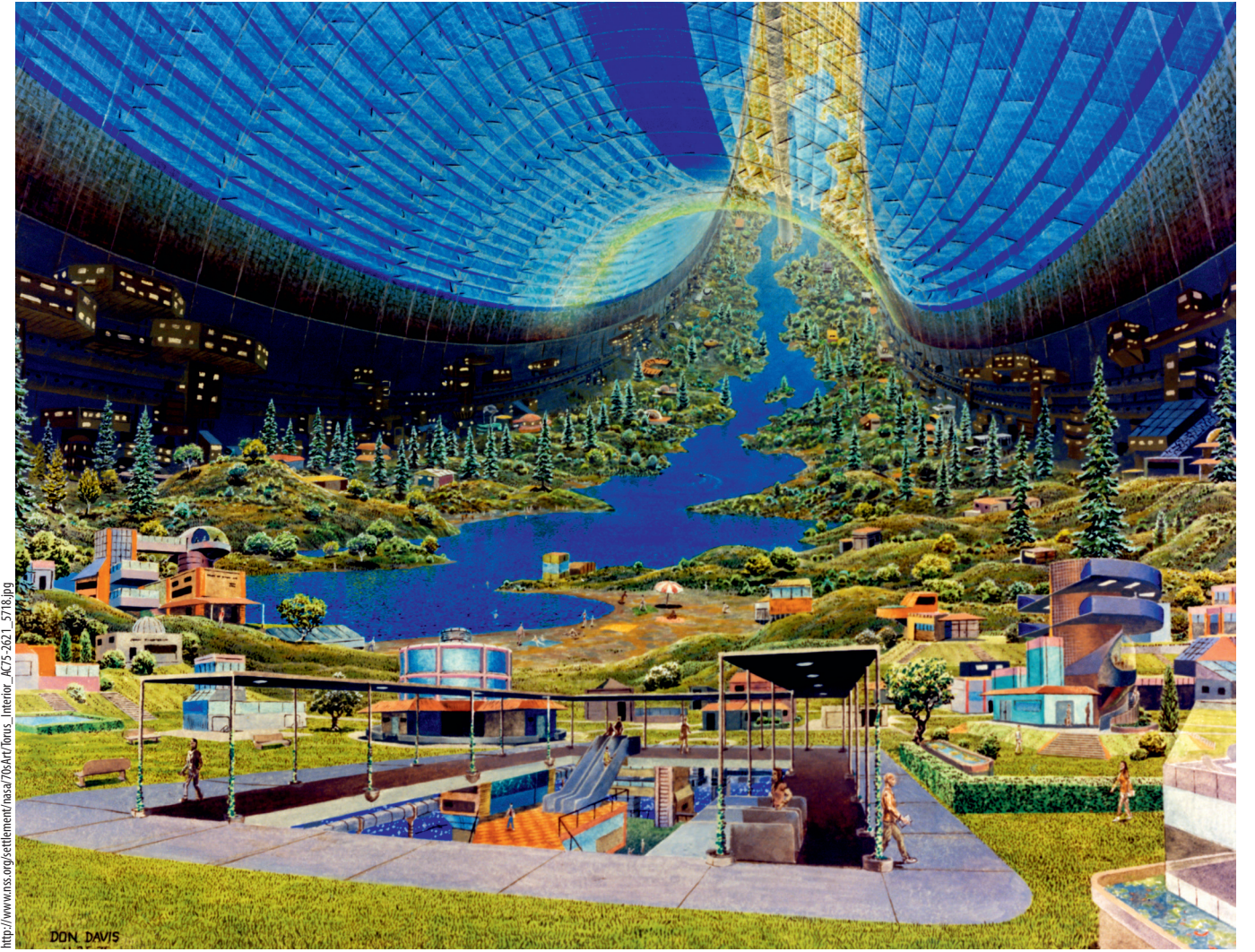


Dünya ile sürekli bir iletişim içinde kalmadan ve Dünya'daki kaynaklardan bağımsız olarak uzaydaki varlığımızı sürdürebilmemizde uzay tarımı önemli bir rol oynuyor. İlk başta basit bir süreç gibi görünse de işin sırrı detaylarda saklı.

Uluslararası Uzay İstasyonu'nda (UUI) sürdürülen birçok deney arasında uzay tarlaları da yer alıyor. İstasyondaki ilk sera, astronotların ilk defa 2000 yılında konaklamak üzere gitmesinden 2 yıl sonra kuruldu. Güvertedeki bu seraya ek bir di-

ğer düzenek olan "Avrupa Modüler Tohumlama Sistemi"nde de çeşitli deneyler yürütülüyor ve bitkiler üzerinde araştırmalar yapılıyor.

Makedonya'nın Ohrid kentindeki Bilgi Bilim ve Teknoloji Üniversitesi'nden Bratislav Stankovic "İnsanlı görevlerin süresi uzadıkça bitkilere olan ihtiyaç da artıyor; hem gıda bakımından hem de psikolojik açıdan." diyor. UUI'daki deneysel mini tarlalardan birine sahip olan Stankovic'in ekibi, ilk bitkileri yetiştirmeyi başarmış.



http://www.nasa.gov/settlement/nasa/70sArt/Interior_AC75-2621_5718.jpg

DON DAVIS

Uzayda bitki yetiştirmekle ilgili sorunları genel olarak birkaç başlık altında toplayabiliriz:

Düşük Kütleçekim

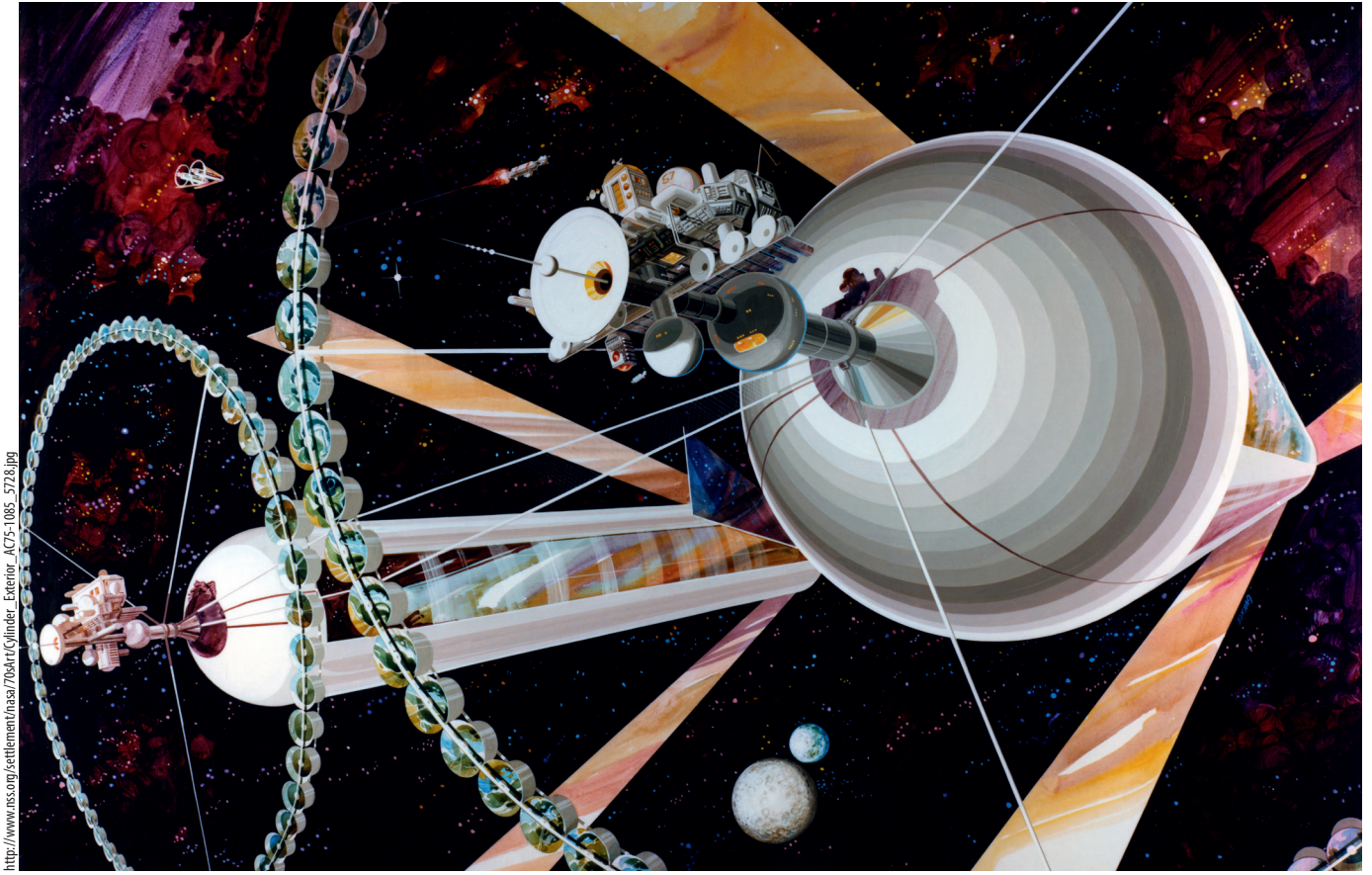
Bitkiler, köklerinin ve gövdelerinin yöneliminden yola çıkarak büyümelelerine ilişkin bilgiyi kütleçekimi sayesinde elde eder. Bu nedenle Ay ve Mars gibi kütleçekimi az olan yerlerde bulunmaları sıkıntılı bir durum. Bilim insanlarının öncelikli araştırması da bitkilerin daha az kütleçekimi olan ortamlarda da düzgün büyüebilmesi üzerine olmuştur. 1980'ler ve 1990'lar boyunca fırlatılan hemen hemen her uzay mekiğinde deneysel bitkiler vardı, ancak insan vücudunun düzgün çalışmak için kütleçekimine ihtiyacı olduğu gibi bitkilerin de kütleçekimine ihtiyacı olduğu düşünülüyor. "Mikroçekim, hücre biyokimyasını etkiliyor gibi görünüyor." diyor Stan-

kovic. Uzaydaki bitkiler garip genetik mutasyonlar geçirmiş, öngörülme- yen ve istenmeyen şekillerde büyümüş ve kimileri ya hiç yeşermemiş ya da büyüyememiş. Ayrıca sürdürülebilir uzay tarımında önemli bir rol oynayacak olan ikinci nesil döllenabilir tohum üretilmesi de sorun olmuş.

Farklı Toprak Yapısı

Kütleçekiminin azalması bitkilerin toprakla iletişimini de etkileyen bir faktör, hele ki Dünya'dakinden farklı bir toprak yapısı söz konusu ise. Dünya'dakinden daha sıkı bir toprak yapısı düşük kütleçekimi altında hava akışını engellerken, aşırı gevşek yapı da topraktaki su ve nemin bitki köklerine ulaşmasında sorun oluşturabiliyor. Bu nedenle, uzay aracındaki bitkiler için toprak da götürülmesi ve insan atığının gübre olarak kullanılması gerekiyor. Dün-

ya dışında kolonileşme başlı başına bir konu, ancak eğer bu koloniler bitki yetiştirmek ister ve ellerindeki her atığın her bir atomunu geri dönüştürmeyi beceremezlerse, ek besinlere ihtiyaç duyulacağı düşünülüyor. Stankovic'in ekibi- ne benzer şekilde Gainesville'deki Florida Üniversitesi'nden Robert Ferl ve arkadaşları UUI'nda *Arabidopsis thaliana* adında, yenilebilir ve genellikle bu tür deneylerde model olarak kullanılan bir bitki yetiştirmiş. "Bitkiler Ay'da veya Mars toprağında zaten bulunan mineraller arasından ihtiyaç duyduklarını almakta sorun yaşamayacağı için bu içeriğin götürülmesi gerekmeyecek. O nedenle o toprakların bileşimini iyi bilmek, ihtiyaç duyulan ve eksik olan mineralleri tespit edebilmek önemli." diyor Ferl. "Her ne kadar Apollo görevleri sırasında, temelde bazalt ve diğer volkanik



malzemelerden oluşan Ay regolitinde çeşitli deneyler yapılmış olsa da, bu toprağın tarıma uygun olup olmadığını söylemeye yetecek sayıda deney gerçekleştirilmemiş” diye de ekliyor. Başka araştırma grupları ise Dünya’daki volkanik toprağa benzer yapıdaki Ay ve Mars topraklarına benzer topraklar tasarlamış ve bitkileri bunlarda yetiştirmeyi denemiş. Wiegner Wamelik ve Hollanda’daki Wageningen Üniversitesi’ne bağlı Altera Araştırma Enstitüsü’ndeki arkadaşları, 2014 yılında 50 gün boyunca hiçbir besin takviyesi olmaksızın buğday, domates, tere ve hardal içeren gerçek bir salata içeriği yetiştirdiklerini açıkladı. Üstelik bu yapay toprakta yetişen bitkiler, Dünya’daki tarıma elverişsiz topraktaki kontrol bitkilerinden de iyi gelişme göstermiş.

Yapay Işıklandırma

Dünya’daki bitkilerin Güneş ışığına erişme sıkıntısı yok, ancak söz konusu uzay olduğu zaman bilim insanları bitkileri kandırmak zorunda. Büyüme kapsüllerinde kullanılacak olan ışığın türü ve diğer özellikleri birçok bakımdan

önemli, ancak özellikle kaynakların kısıtlı olduğu göz önüne alındığında hayli verimli ve etkin yöntemler kullanılması gerekiyor. Bu nedenle de verimsiz, çok enerji harcayan ve fazladan ısı üreten ampüller uzayda tercih edilmiyor. Zaten bunlara yer de yok. LED adı verilen küçük ve sürekli ışık kaynakları bu noktada büyük yarar sağlıyor. Hatta Japonya’da eski bir fabrikanın içinde yapılandırılmış sanayi ölçeğinde bir tarlada kullanılmaya

başlanan LED ışık kaynaklarıyla gece ve gündüz simülasyonu yapılarak, normal bir tarlanın iki buçuk katı hızda, günde 10.000 marul üretiliyor. Fotosentez sürecinin de dikkatle kontrol altında tutulduğu ve her birinde 18 saksı bulunan toplam 16 katlı bu tarlada 17.500 LED ışık kaynağı kullanılıyor. Bu ve benzeri yapay ışıklı iç mekân tarlalar, uzay tarımında başarılı olabileceğimizin olumlu işaretlerinden.

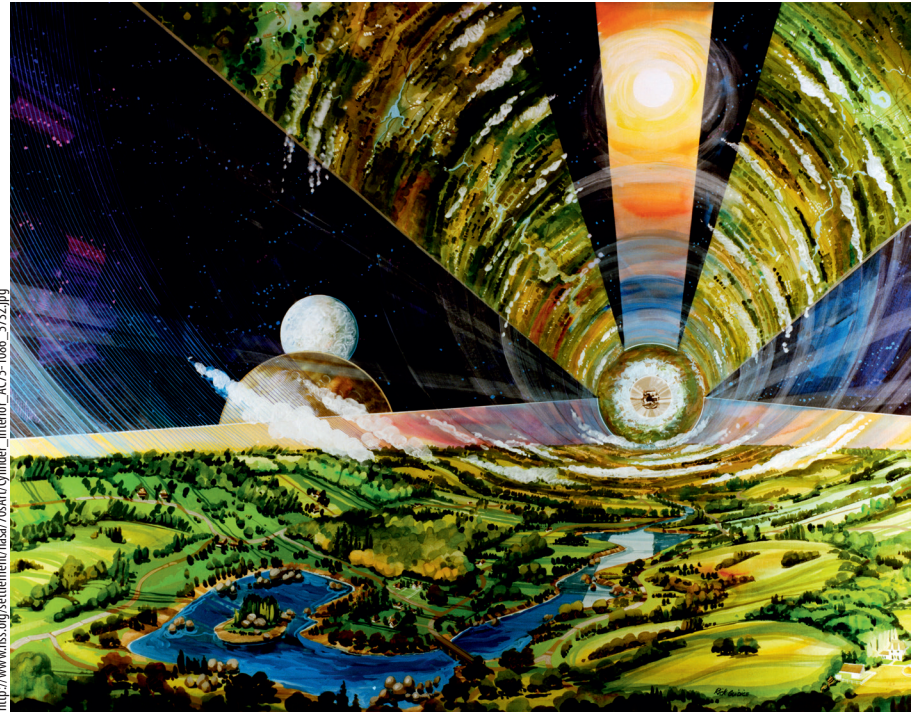


Kısıtlı Alan

İş daha da ileri götürülerek, ne yoğunlukta bir insan nüfusunun uzayda kendi kendine yetebileceği bile düşünülmüş. İşte bu noktada asteroidler girmiş devreye, özellikle de organik bileşiklerle dolu olduğu bilinen karbon yapıları C-türü asteroidler. Yeni Zelanda, Lincoln Üniversitesi'nden Michael Mautner, bu asteroidlerin bitkiler için hayli besleyici özellikte olduğunu öne sürüyor. Kendisi, C-türü asteroidlerden Dünya'ya düşen meteoroidler üzerinde yenilebilir bitkiler yetiştirmiş. Bu meteoroidlerin besin içeriğini de analiz eden Mautner, asteroidin tamamında ne kadar besin olacağını saptamış ve 200 km eninde bir uzay kayacının 10.000 kişilik bir nüfusu bir milyar yıl idame ettirebilecek kadar gübre barındıracağını hesaplamış. "Hava basıncını kontrol etmeniz ve su sağlamanız gerekecektir, ancak gerekli besinler asteroidde mevcut." diyor. "Güneş Sistemi'ndeki tüm karbon yapıdaki asteroidleri toplasak bir milyarlık nüfusa bir milyar yıl yeter" diye tahmin ediyor.

Hem Stankovic hem de Ferl, Mautner'in bu çalışmasını, uzay tarımıyla elde edilecek besinlerin uzun vadede erişilebilirliğinin anlaşılması açısından çok yararlı buluyor. "Uzayda, Güneş Sistemi'ndeki bu yoğun insan nüfusuna yetecek bollukta kaynak var. Hele ki galaksideki kaynaklar, milyarlarca yıl boyunca, milyarlarca Güneş Sistemi'ne yeter." diyor Mautner. "Ancak henüz yetişmemiş uzay marullarımıza güvenerek yola çıkamayız" diye de uyarıyor. Tabii bütün bu öngörüler, gezegenimizin selametine bağlı. Öncelikle insan ırkının Dünya'da sağ kalacağını garanti altına almalıyız ki sonraki adım uzaya açılmak olsun.

Bunlar bir yana, şimdilerde Stankovic ve Madison'daki Wisconsin Üniversitesi'nden meslektaşları, UUI'nda iki nesil boyunca tohumlanmayı mümkün kılan bir kapsül geliştirdi. Kapsül toprağın nemini, ışığı, havanın sıcaklığını, rutubeti, karbon dioksiti ve bitkilerin olgunlaşınca havaya saldığı bir hormon olan etileni kontrol altında tutuyor. Bitkilerin köklerini yayabileceği gübreli çakıllı-kumdan oluşan taban, tel bir örgü tarafından tutuluyor. Astronotlar sistemi bir kez kurduktan sonra, gerisi Wisconsin Üniversitesi'nden, uzaktan kumanda ile ayarlanıyor ve düzenli olarak kontrol ediliyor. Ferl ve arkadaşları gibi bu ekip de deneylerini *A. thaliana* üzerinde yapmış. Bitki uzayda tohum üretmekle kalmamış, aynı zamanda bu tohumların %92'si başarıyla çimlenmiş. Bir kısmı UUI'nda, bir kısmı da Dünya'da yetiştirilen iki grup bitki arasında ufak bir fark tespit edilmiş: Uzaydaki tohumların prote-



in depolaması Dünya'dakilerden biraz farklı ve bitkilerin dalları da biraz daha değişik yönlerde büyümüş. "Ancak bunlar küçük detaylar" diyor Stankovic, "önceki başarısız girişimler büyük ihtimalle uygunsuz yetiştirme koşullarından kaynaklanıyordu. Mikroçekimin bu süreçte etkin bir rolü olmadığına kanaat getirebiliriz." diye ekliyor.

Ferl ve arkadaşları ise bitkilerin çekimsiz ortamla başa çıkmak için, kök hücre duvarlarını yeniden modellemek veya yapraklarındaki ışık algısıyla ilgili genlerin proteine dönüşüm miktarını arttırmak gibi çeşitli uyum stratejileri geliştirdiğini bulmuş. "Bitkilerin bu uyum stratejilerini anlayabilirsek, uzaydaki gelişimlerinin Dünya'dakinden daha iyi olmasını bile sağlayabiliriz" diyor Ferl. Öte yandan buna gerek kalmayabilir de, zira bitkiler kendi başlarının çaresine bakıyor gibi görünüyor. Stankovic ise "Önümüzdeki beş yıl içinde Ay'da yetiştirilmiş bitkilerden tohum elde edeceğimize dair iyimser bir inancım var" diyor.

Kaynaklar:

- http://www.newscientist.com/article/mg22430004.900-asteroid-soil-could-fertilise-farms-in-space.html#.VLUK5oqsX_Y
- <http://www.dailymail.co.uk/sciencetech/article-2687674/Now-THATS-power-plant-Indoor-farm-grows-10-000-heads-lettuce-DAY-using-lights-mimic-day-night.html>
- <http://science.howstuffworks.com/space-farming.htm>
- Link, B. M., Busse, J. S., Stankovic, B., "Seed-to-seed Growth and Development of Arabidopsis in Microgravity", *Astrobiology*, Cilt 14, Sayı 10, 15 Ekim 2014.
- Ferl, R. J., Paul, A. L., "Lunar Plant Biology - A Review of the Apollo Era", *Astrobiology*, Cilt 10, Sayı 3, 6 Mayıs 2010.
- Warmelink, G. W., Frissel, J. Y., Krijnen, W. H. J., Verwoert, M. R., Goedhart, P. W., "Can Plants Grow on Mars and the Moon: A Growth Experiment on Mars and Moon Soil Simulants", *PLOS One*, 27 Ağustos 2014
- Mautner, M. N., "In situ biological resources: Soluble nutrients and electrolytes in carbonaceous asteroids/meteorites. Implications for astroecology and human space populations", *Planetary and Space Science*, Cilt 104, Bölüm B, s. 234-243, Aralık 2014.