Tütün hücrelerine yeşil floresans ile bağlanan Golgi aygıtının mikroskopta görüntüsü (A.R.Memon)

BİTKİLERE GEN AKTARIMI

Son yıllarda, biyoteknoloji ve genetik mühendisliğindeki tekniklerde önemli gelişmelerin olması, farklı canlılar arasında da gen aktarımına olanak sağladı. Böylece insanlar tarımda, gıda teknolojisinde, ekolojide yaşamı tehdit eden pek çok sorunun çözülmesini sağlayabilecek anahtarlara, bitkilere gen aktarımı yaparak sahip oldular. Artık çiftçinin zor ve olumsuz koşullarda daha fazla ürün almasına yardımcı olacak tohumların üretimi konusunda araştırmalar yapılıyor. Bitki, alg ve mikroorganizmalar kullanılarak petrol-hidrokarbon kaynaklı kirliliğin ortadan kaldırılması konusunda çalışmalar var. Fitoremediasyon (bitkilerle temizlik) yöntemiyle toprak ve sudan ağır metal kirliliğinin temizlenmesi, yani çevre kirliliğine yol açan unsurların bitkiler kullanılarak giderilmesi söz konusu. Yine bitkilerin sıcaklık ve kuraklık stresine karşı geliştirecekleri savunma mekanizmaları üzerinde ciddi çalışmalar yapılıyor. Gen aktarımı yapılmış organizmalar dünya ticaretine de girdi. İnsanların genel olarak "Genetiği Değiştirilmiş Organizmalar - GDO" olarak tanıdığı tarımsal ürünler oldukça dikkat çekiyor ve hızla artan dünya nüfusunu doyuracak kaynaklar olarak görülüyor.

Dünya çapında bilimsel çalışmalarıyla tanınan biliminsanlarımızın kaleminden, bilimin tarafsızlığıyla konuyu bilginize sunuyoruz....

GENETİĞİ DEĞİŞTİRİLMİŞ ORGANİZMALAR

Çiftçiler yüzyıllar boyunca yetiştirdikleri bitkilerin genetik özelliklerini değiştirmeye çalışmışlar, hızlı büyüme ve büyük tohum gibi özelliklerin eldesi için yabani türleri ıslah amacıyla kullandılar. Diğer taraftan biliminsanları da bu konuda araştırmalarını sürdürdü ve bilimsel çalışmaların sonucunda bitkilere gen aktarımı gerçekleştirildi. Genetiği değiştirilmiş organizmaların (GDO) dünya ticaretine girmesiyle genetik olarak değiştirilmiş tarımsal ürünler daha çok dikkat çekmeye başladı. 1953 yılında genetik bilgiyi taşıyan, yaşamın şifresi DNA molekülünün keşfedilmesi, yaşam bilimlerinde bir devrim olarak kabul edilir. 1980'li yıllarda başlayan gen mühendisliği (rekombinant DNA teknolojisi olarak da anılan) çalışmalarıyla DNA molekülünün farklı parçaları birleştirilerek yeni özellikler kazandırılmış organizmalar elde edilmeye başlandı. Gen mühendisliği yöntemleri kullanılarak bir DNA parçasının bir canlıdan başka bir canlıya aktarma işlemi yapılabilmekte. Gen mühendisliği yöntemleriyle oluşturulan genetiği değiştirilmiş bir organizma (GDO, GMO ya da transgenik), yapısında doğal koşullarla sahip olamayacağı ya da doğal koşullarla çok uzun bir zaman dilimi içinde düşük olasılıkla kazanabileceği DNA parçaları taşır. Artık doğada uzun yıllar sürecinde oluşan genetik değişimler, gen mühendisliği yöntemleriyle çok daha kısa süreçlerde gerçekleştirilmekte.

Canlıların özelliklerini belirleyen ve sonraki nesillere aktarılan kalıtım materyali DNA'dır ve üzerinde bulunan genetik şifre evrenseldir. İnsan, hayvan, bitki ve böcekte bulunan DNA bilgisi aynı harflerle yazılır ve canlılardaki genetik çeşitlilik bu harflerin farklı dizilimiyle ortaya çıkar. Genetik şifrenin tüm canlı türlerinde aynı harflerle yazılması, farklı türler arasında yapılan gen aktarımlarında, aktarılan genlerin anlamlı şekilde ifade edilmesini sağlar.

DNA diziliminin bir bölümü değiştirilen canlı bitki, hayvan ya da mikroorganizma olabilir. Gen aktarım sürecinde, aktarılmak istenilen özel DNA parçası, bulunduğu canlının DNA'sından özel DNA kesim enzimleriyle kesilir ve genellikle vektör adı verilen taşıyıcı bir DNA molekülüne (plazmit ya da virus) eklenir. Vektör üzerinde aktarılacak DNA bölgesinin yanısıra, aktarılan geni alan bireylerin seçimini sağlayacak antibiyotik direnç bölgesi ve aktarılan DNA'nın işlevsel hale gelmesini sağlayacak bazı özel gen bölgeleri bulunur. İşte bir canlı türüne başka bir canlı türünden gen nakli ya da mevcut genetik yapıda oluşturulan değişikliklerle yeni genetik özellikler kazandırılmasını sağlayan bu moleküler biyoloji teknikleri, öncelikle tıp ve tarım alanlarında yeni bir çığır açtı. Özellikle tıp alanındaki gelişmeler sonucunda hastalıkların tanı ve tedavisinde büyük ilerlemeler oldu. Günümüzde şeker hastalarının kullanmakta olduğu insülin, gen mühendisliği teknolojisiyle bakterilerde üretilmekte. Zayıflatılmış hastalık etmenlerinin (virus ya da bakteri) hastalara verilmesiyle yapılan aşılamalar da bu teknikle oluşturulan programlanmış bakteri ve hücrelerde üretilmekte. Birçok hastalık tedavisinde kullanılan ilaçlar (insülin, interferon, interlökinler, çeşitli hormonlar) rekombinant (yeni bileşim) DNA teknolojisi yoluyla daha az riskli ve ucuz maliyetle elde ediliyor. Ayrıca genetik mühendisliği uygulamalarıyla üretilen, hepatit B, kuduz gibi son kuşak aşılar, hiçbir risk olmadan hastalarda kullanılıyor. Tıp alanında piyasaya sürülen, genetik mühendisliğiyle oluşturulmuş bu rekombinant ürünlerde uygulama öncesi ayrıntılı toksisite ve alerji testleri de yapılmakta. Sonuç olarak gen mühendisliği tekniklerinin insanlığa yararlı amaçlara hizmet etmesi ve beklentileri doğru yönde karşılaması için kontrollu olarak kullanılması gerekiyor.

Genetiği değiştirilmiş mikroorganizmalar (bakteri ve funguslar) yirmi

yılı aşkın bir süredir gıda endüstrisinde de kullanılmakta. Bu organizmalardan izole edilen enzimler, peynir, ekmek, bira, şekerleme, birçok vitamin, gıda katkısı, sabun ve deterjan yapımında kullanılmakta. Amerika'da üretilen birçok peynirde dana midesinden izole edilen "renet"in yerini, genetik olarak değiştirilmiş bakterilerden izole edilen "kimozin" enzimi aldı. Ayrıca tedavi amacıyla kullanılmakta olan birçok madde (insulin, büyüme hormonu, aşılar) genetik olarak değiştirilmiş bakterilerler kullanılarak elde edilmekte.

Hayvanlarda gen aktarım uygulamaları 1980'de fareler üzerinde başlatıldı. Bu konuyla ilgili çalışmalar, insan hastalıklarının transgenik hayvan modellerinde incelenmesi, sütünde insan proteinleri üreten çiftlik hayvanlarının oluşturulması, hastalıklara dayanıklı ve verim özellikleri iyileştirilmiş hayvanların oluşturulmasına yönelik.

Gen mühendisliği yöntemlerinin tarımsal uygulamalarına bakıldığındaysa özellikle ekonomik önemi olan bitkilere yapılan gen aktarımlarıyla kazandırılan yeni özellikler; patojen ve yabancı ot ilaçlarına direnç kazandırılması, üründe artış, alerjik etkide azalma, daha uygun koşullarda saklanma özelliği, zenginleştirilmiş lezzetler, yağ, protein ve mineral açısından daha sağlıklı ürünler olarak sayılabilir. Farklı genlerin bitkilere aktarımıyla bakteriyel, viral ve mantari hastalıklara, çeşitli çevresel etmenlere (kuraklık, tuzluluk) karşı dayanıklı bitkiler oluşturulabilmekte. Ayrıca, tahılların besin kalitesinin artırılması, aşı ve antibiyotik gibi ilaç endüstrisinde kullanılan ajanların bitkilerde üretimi gen aktarımıyla sağlanabilmekte. Tarımsal alanda yapılan ilk gen mühendisliği uygulamaları; zararlılara, yabancı ot ilaçlarına ve viral bitki hastalıklarına dayanıklılık kazandırma yönünde oldu. Ticari olarak en fazla ekimi yapılan ürünler, *Bacillus thuringiensis* adlı bakteriden gen aktarılarak oluşturulmuş böcek zararlılarına dayanıklı mısır ve pamuk bitkileri. Yabancı ot ilaçlarına (herbisitlere) dayanıklılık kazandırılan ve ticari üretime sokulan soya, pamuk, mısır, kolza ve çeltiğin yanı sıra, buğday ve şeker pancarında da benzer özelliklere ait çalışmalar devam etmekte. Patates, çeltik, mısır ve kabakta viral bitki hastalıklarına dayanıklılık sağlanmış olup;

domates ve muz üzerinde de bu yönde çalışmalar sürdürülmekte. Hastalık ve zararlılara dayanıklı genlerin aktarılmasıyla ilaçlama maliyetleri azaltılmakta, bitki strese girmediği için verimde artış sağlanmakta. Yabancı ot ilaçlarına dayanıklılığın kazandırılması sonucu uygun ilaç uygulamasıyla tüm yabancı otlar ölürken transgenik bitki canlı kalmakta, ilaçlama sayısı azaltılmakta, ilaçlama masrafları düşürülürken ilaçlama dozundaki azalma nedeniyle çevre bir ölçüde korunmakta.

Bitkilerde gen aktarım çalışmaları 1980'lerin başında başladı ve farklı özellikler taşıyan birçok genin aktarımı yapıldı. Böceklere karşı dirençli ilk ticari pamuk, mısır ve soyanın tarla ekimleri 1996 yılında gerçekleştirildi. Yeni dönem olarak anılan 2010 yılı ürünlerindeyse hastalıkların tedavisinde kullanılacak maddelerin biyoteknolojik yolla bitkilerde üretimiyle ilaçlı tedavi masraflarının azaltılması hedefleniyor.

ABD'de genetik olarak değiştirilmiş 12 farklı bitki ticari olarak onaylandı ve genetiği değiştirilmiş bitkilerden üretilen ürünlere etiket koyma zorunluluğu da yok. Örneğin genetiği değiştirilmiş mısırın, mısır şurubu, patlamış mısır, mısır nişastası gibi birçok türevi bulunmakta. Genetiği değiştirilmiş ürünlerle ilgili olarak Avrupa ülkelerinin yasal düzenlemelerine bakıldığındaysa, ülkelerin çoğunun biyogüvenlik sistemi kapsamında genetiği değiştirilmiş ürünlerle ilgili yasaları oluşturdukları görülmekte. Avrupa'daki yasal düzenlemeler ve tüketici hakları kapsamında GDO'ların işlenmiş gıda ürünlerinde kullanılmasında bazı kurallar uygulanmakta. GDO içeriği % 0,9 olan ürünlerde etiketleme zorunluluğu getirildi. Japonya'da etiketleme sınırı %5 olarak belirlendi ve Amerika Birleşik Devletleri'ndeyse etiketleme uygulanmamakta.

Genetiği değiştirilmiş ürünlerin analizleri genellikle DNA ve protein düzeyinde yapılmakta. Bu analizler ülkemizde belirli araştırma merkezlerinde ve üniversitelerin ilgili laboratuarlarında yapılmakta. Genetiği değiştirilmiş bir ürünün analizinde üç temel aşama söz konusu:Test edilecek materyalden örnek alınıp, örnek homojenize edilerek ilgili analiz için gerekli saflaştırma yapılıyor ve saflaştırılan DNA ya da proteinden analiz yapılıyor. Herbisitlere karşı direnç geni taşıma olasılığı olan tohumlardaysa bu yöntemlere ek olarak herbisit testleri de yapılmakta.

1996 yılında 1,7 milyon hektar olan transgenik ürün ekim alanları, 2006 yılında 102 milyon hektara ulaştı. Transgenik ürünlerin ekimini yapan 22 ülke ABD, Arjantin, Kanada, Brezilya, Hindistan, Çin, Paraguay, Güney Afrika, Uruguay, Filipinler, Avustralya, Romanya, Meksika, Ispanya, Kolombiya, Fransa, Iran, Honduras, Çek Cumhuriyeti, Portekiz, Almanya ve Slovenya. İlk sıralarda yer alan sekiz ülkenin ekim alanı bir milyon hektardan fazla. 2006 yılında en fazla ekimi yapılan transgenik ürünler arasında böcek ve yabancı ot ilacına dirençli bitkiler gelmekte. Soya 58,6 milyon hektar ekim alanıyla birinci sırada yer almakta ve tüm biyoteknolojik ekim alanlarının %57'sini kaplamakta. Pamuk 13.4 milyon hektar ekim alanıyla tüm biyoteknolojik ekim alanlarının %13'ünde, kanola 4.8 milyon hektarla tüm biyoteknolojik ekim alanlarının 5%'inde ekildi (ISAAA;Uluslararası Tarım-Biyoteknoloji Uygulamaları Kuruluşu, 2007).

GDO'lar Neden Yararlı? Neden Riskli?

GDO'lar doğada yetişen diğer ürünlerden farklı olarak kendi türlerine ait olmayan genleri taşıdıklarından, haklarında olumlu ve olumsuz yaklaşımlar var. Oysa evrim süresince doğa, genetik mühendisi rolüyle GDO'lar oluşturmuş ve oluşturmaya da devam etmekte. Yani canlılar ve ekosistem gen aktarımına yabancı değil.

Ancak yine de bazı riskler söz konusu olabilir. Bunlardan biri, transgenik bitkilerin antibiyotik direnci yaratma olasılığı. Bu risk, transgenik ürün-

lerde bulunan antibiyotik direnç geninin diğer bitkilere, insan ya da hayvanlara aktarımı sonucu aktif olma olasılığını ortaya koymakta. Genetiği değiştirilmiş bitkiler, geleneksel olarak yetiştirilen formlarından farklı olarak antibiyotik direnç geni taşıdıklarından risk oluşturma potansiyelleri yüksek olarak algılanmakta. Antibiyotik direnç genleri, gen aktarımları sırasında transgenik hücrelerin seçiminde işaret olarak kullanılmakta ve kanamisin geni genetiği değiştirilmiş bitkilerin oluşturulmasında uzun yıllar antibiyotik direnci sağlayan işaret geni olarak kullanıldı. Transgenik bitkilerde kullanılan antibiyotik genlerinin tüketilen gıdalardan insan ve hayvanların sindirim sistemindeki hücrelere ya da bakterilere aktarımı, sindirim sistemindeki bazı zararlı mikroorganizmaların daha dirençli hale gelmesi gibi olasılıkların sonu olmayan tartışmalara neden olmasına karşın, bu konuda bilimsel bir bildiri ortaya çıkmış değil. Dünya Sağlık Örgütü (World Health Organization; WHO) ve Birleşmiş Milletler Gıda ve Tarım Örgütü (Food Administration Organization; FAO) ve Avrupa Gıda Güvenliği Birliği (The European Food Safety Authority; EFSA) tarafından yapılan toplantılarda bu risklerin gerçekleşme olasılıkları tartışıldı, düşük de olsa risklerin ortaya çıkabileceği belirtildi. Bu duruma çözüm olarak son yıllarda oluşturulan transgenik ürünlerde bilim insanları antibiyotik direnç geni kullanılmayan gen aktarım yöntemlerini geliştirmeye yöneldiler.

Transgenik ürünlerin kontrolsüz olarak ekimi sonucu yabani türlere ya da geleneksel ürünlere gen kaçışı, yabancı ot olma olasılığı gibi çevresel riskler de bu ürünlerin tartışılmakta olan olası riskleri arasında yer almakta. Diğer yandan transgenik ve geleneksel tahıllarda gen kaçışı olasılığı aynı. (ICSU, Nuffield Council, GM Science Review Panel). Bilim insanları, transgenik tarım ürünlerinin olası riskleri konusunda farklı görüşlere sahip olmalarına karşın, çevrede oluşabilecek beklenmeyen risklerin ortaya çıkma olasılığına karşı ürün bazında risk değerlendirmesi yapılması konusunda birleşmekteler. Transgenik ürünlerin çevresel etkilerinin tür, özellik ve ekosistem bazında bilimsel olarak değerlendirilmesi konusunda yaygın bir görüş var. Transgenik organizmaların çevre üzerindeki etkilerinin değerlendirilmesi kapsamında henüz uluslararası bir rehber ya da standart oluşturulmadı (ISCU). Bilim insanları, çevresel risklerin değerlendirilmesi için farklı ekosistemlerde uluslararası ve bölgesel yöntemlerin, standartların oluşturulması konusunda fikir birliğine vardılar (ISCU FAO 2004).

Transgenik ürünlerle ilgili söz konusu endişelerin giderilmesi yoğun bilimsel araştırmaların yanısıra uygulama sonuçlarının izlenmesiyle zaman içinde olacak. Daha önce de vurguladığımız gibi genetiği değiştirilmiş tarımsal ürünlerin söz konusu riskleri hakkında şu ana kadar bilimsel olarak tanımlanmış bir risk ortaya çıkmadıysa da, genetiği değiştirilmiş organizmaların üretimi, çevreye salınması ve tüketimi gibi aşamalarda risk değerlendirme/risk analizi çalışmaları kesinlikle gözardı edilmemeli. GDO'ların neden olacağı varsayılan alerji ve toksisite riskleri geleneksel olarak yetiştirilen bazı tarım ürünlerinde (fıstık, çilek alerjisi gibi) zaten bulunmakta. Alerji yapıcı proteinlere sahip organizmalardan aktarılan genlerle alerji ve toksisiteye neden olan moleküllerin transgenik ürünlere aktarımı söz konusu olabilir.

Uluslararası olarak yapılan toplantı ve anlaşmalarıyla GDO'ların kullanımına ve ticaretine ilişkin bazı kurallar ortaya konuldu. 29 Aralık 1993 tarihinde yürürlüğe girmiş olan Biyoçeşitlilik Sözleşmesi ülkelerin kendi biyolojik çeşitlilikleri üzerinde söz sahibi olmalarını kabul ediyor. Türkiye'nin de aralarında bulunduğu 156 devlet bu sözleşmeyi imzalamakla kendi sınırları içindeki bitki, hayvan ve mikrobiyolojik yaşamın çeşitliliğinin tam olarak korunmasının sorumluluğunu üstleneceklerini, biyolojik kaynakları sürdürülebilir kullanacaklarını ve biyolojik çeşitlilikten sağlanan faydaları eşit olarak paylaşmanın yollarını arayacaklarına dair taahhütlerde bulundular. Sözleşmenin özünde, gelecek nesillerin doğal kaynaklara olan gereksinimlerinden ödün vermeden istikrarlı ve sürdürülebilir gelişim kavramını oluşturmak yatıyor.

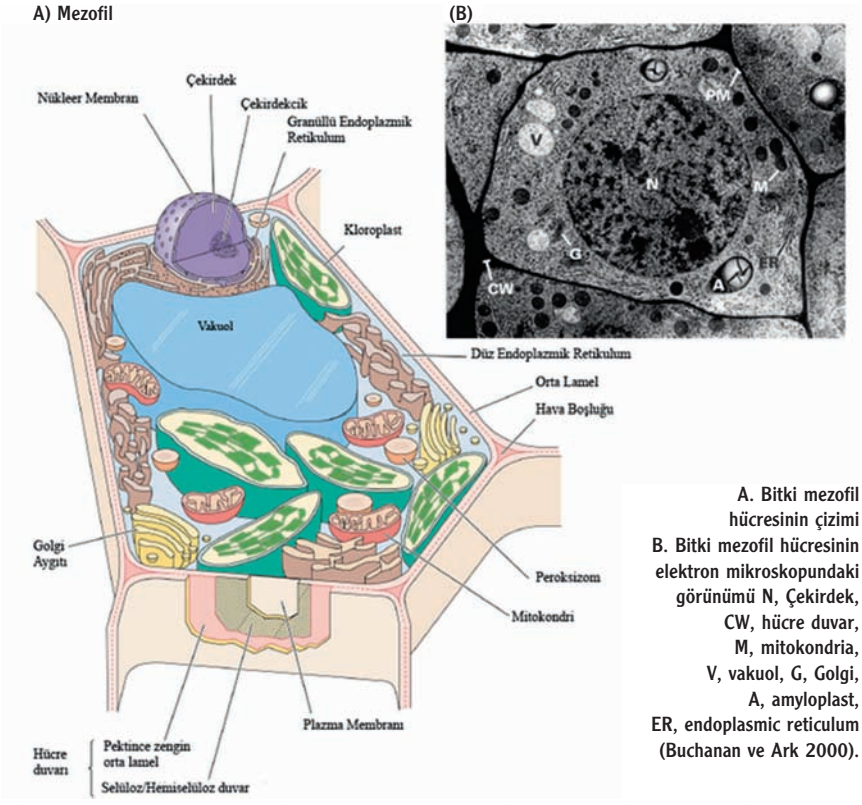
Biyoçeşitlilik Sözleşmesi'nin tamamlayıcısı olan ve ülkemizde 25 Ocak 2004 tarihinde yürürlüğe giren "Cartagena Biyogüvenlik Protokolü"'yse biyoçeşitliliğin, genetiği değiştirilmiş organizmaların olası zararlarından korunma yollarının yanısıra bilgilendirmeyi de öngörmekte. Protokol, insan, hayvan sağlığı ve çevre üzerindeki riskler de göz önünde bulundurularak, biyolojik çeşitliliğin korunması ve sürdürülebilir kullanımı üzerinde olumsuz etkilere sahip olabilecek tüm değiştirilmiş canlı organizmaların sınır ötesi hareketi, transit geçişi, işlenmesi ve kullanılması konularını kontrol altında tutmayı hedeflemekte. Bu nedenle farklı boyuttaki bu tip sorunların küresel olarak ele alınması ve çözüm üretilmesi gerekiyor.

Doç. Dr. Tijen Talas Oğraş
TÜBİTAK Marmara Araştırma Merkezi (MAM)
Gen Mühendisliği ve Biyoteknoloji Enstitüsü (GMBE)

Kaynaklar:
www.jrc.cec.eu.int
www.biodiv.org/biosafety
www.geo.pie.cornell.edu
www.efsa.eu.int

GEN AKTARIMI YAPILMIŞ BİTKİ TEMİZLEYECEK, ENERJİ ÜRETE STRESİNİ ORTAD

Atık su ve kirletilmiş toprakların zehirli metaller, petrol hirokarbonları ve diğer organik mikrokirleticilerden biyo- ve fitoremediasyon (bitkilerle temizlik) yöntemleriyle temizlenmesi; biyoenerji üretimi için yeni bitkilerin bulunması; bitki hücrelerindeki protein hareketlerinin ve hücre içindeki konumlarının incelenmesi; *Medicago truncatula, Medicago sativa* (yonca) ve diğer önemli baklagillerde azot tutulmasını sağlayan nodüllerde bitki-bakteri simbiyotik ilişkisinin kurulması ve nodüllerin işlevsel hale getirilmesinde olası etkiye sahip bazı önemli GTP-bağlayan proteinlerin incelenmesi; bazı tarla bitkilerinde kuraklık, sıcaklık ve ağır metallerle tetiklenen gen anlatımının incelenmesi... Bu konuların tamamı TÜBİTAK MAM Gen Mühendisliği ve Biyoteknoloji Enstitüsü Bitki Moleküler Genetiği Laboratuarı'nda, ulusal ve uluslararası platformda, özellikle Almanya, Fransa ve İngiltere ile ikili projelerle yapılıyor. Bunların yanısıra AB 7. Çerçeve Programı kapsamında önerilmiş yeni projeler de sözkonusu. Bu çalışmalar sonucunda kirlenmiş toprakları temizleyecek, enerji üretebilecek, sıcaklığa ve kuraklığa dayanıklı bikiler üretilebilecek. Bunlara ek olarak, bitkiler havadaki azotu daha yüksek oranda tuttuğu için azotlu gübrelere ihtiyaç duymayan, yüksek protein içerikli baklagiller üretmek de mümkün olabilecek.



A. Bitki mezofil hücresinin çizimi
B. Bitki mezofil hücresinin elektron mikroskopundaki görünümü N, Çekirdek, CW, hücre duvar, M, mitokondria, V, vakuol, G, Golgi, A, amyloplast, ER, endoplasmic reticulum (Buchanan ve Ark 2000).

Rhizobium-Baklagil Simbiyozunda Rol Alan Önemli GTP-Bağlayan Proteinler

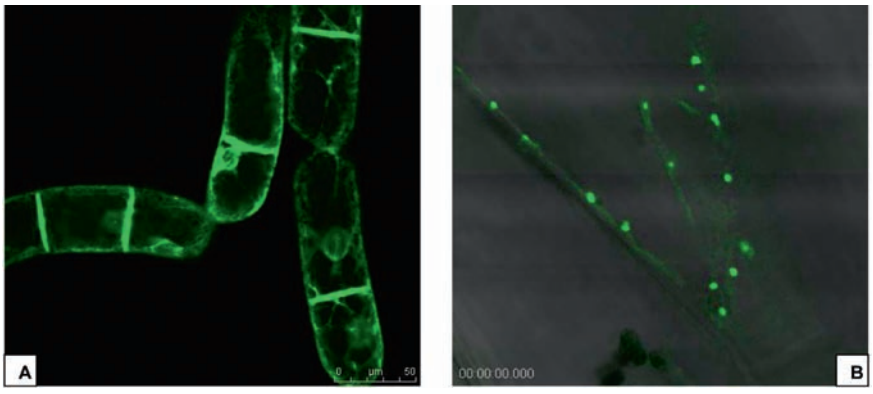
Hücreler, içlerinde birçok molekülün sürekli bir devinim halinde bulunduğu dinamik yapılardır. Bu hareketin başrol oyuncuları da, yaşamın temel taşlarından biri olan proteinler. Proteinler hücre içinde "vezikül" adı verdiğimiz küçük keselerle taşınıyorlar. Hücrenin farklı bölümleri arasında taşımayı sağlayan farklı veziküller var. Bu veziküllerin oluşumunda, vezikül türüne göre değişen çeşitli proteinler kullanılmakta. Bu proteinlerin yapılarının ve aminoasit dizilerinin farklı ökaryotik (çekirdekli hücre) türlerde yüksek oranda benzerlik göstermesi bu hücresel hareketin milyonlarca yıldır korunmuş, değişmeyen bir akış olduğunu göstermekte.

TÜBİTAK MAM Gen Mühendisliği ve Biyoteknoloji Enstitüsü Bitki Moleküler Genetiği Laboratuarı da özellikle, endoplazmik retikulum ve golgi cisimciği arasında 7 alt üniteden oluşan COPI (kaplama proteini I) ve 4 alt üniteden oluşan COP II (kaplama proteini II) vezikülleri aracılığıyla gerçekleşen protein taşımasıyla ilgilenmekte. Bu taşıma keselerinin oluşumunda, GTP molekülüne bağlı ve bu molekülün yapısal değişime uğramasıyla şekil değiştirebilen ARF1 (ADP-ribosylation Factor) ve SAR1 (Secretion Associated Ras) proteinleri anahtar rol oynamakta. ARF ve SAR proteinlerinin diğer proteinlerle ilişkilerinin incelenmesi amacıyla bu proteinler ve bağlantıda oldukları diğer proteinler, denizanasından alınan floresan proteinlerle (yeşil, sarı veya kırmızı) işaretlenip, floresan mikroskop ve üç boyutlu floresan görüntü elde edilebilen konfokal mikroskop teknikleriyle inceleniyorlar.

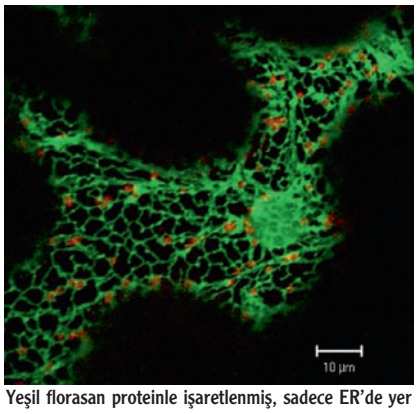
Arabidopsis thaliana (hardal) genomunda farklı dokularda farklı amaçlarla kullanılan toplam 12 farklı ARF ve SAR geni bulunmakta. Baklagil bitkilerinde özellikle *Medicago truncatula* (fıçı yoncası), *Lotus japonica* ve bezelyede ARF ve SAR genlerinin varlığı tespit edilmiş. Laboratuarda bu konuyla ilgili çalışmalar bezelye ve model bir baklagil bitkisi olan *Medicago truncatula*'da devam etmekte.

Medicago sativa (yonca) ve *Medicago truncatula* bitkilerinin büyüme ve

İLER... KİRLENMİŞ TOPRAKLARI EBİLECEK, SICAKLIK-KURAKLIK DAN KALDIRACAK



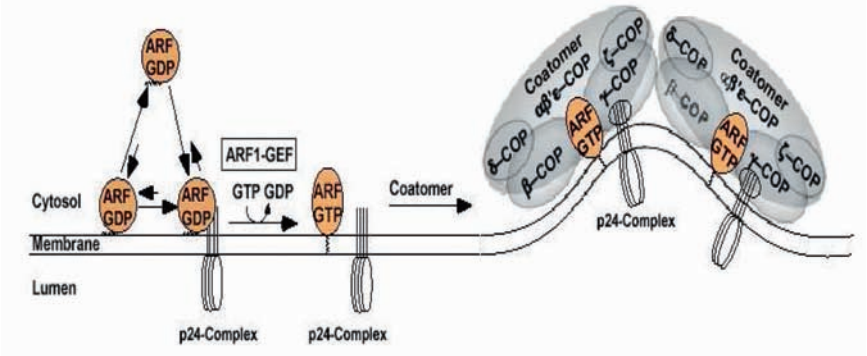
A. Tütün BY2 hücrelerinde endoplazmik retikulumun (ER), sadece ER'de yer alan N-HDEL proteininin florasan olarak işaretlenmesi (N-HDEL-GFP) ile görüntülenmesi B. Golgi aygıtının sadece Golgi'de yer alan N-ST proteininin florasan olarak işaretlenmesi (N-ST-GFP) ile görüntülenmesi (Memon, A.R. yayınlanmamış veri)



Yeşil florasan proteinle işaretlenmiş, sadece ER'de yer alan bir proteinle; kırmızı florasan proteinle işaretlenmiş, sadece Golgi'de yer alan bir proteinin (Mannosidase II) birlikte görüntülenmesi (Runions, J).

gelişiminde GTP bağlayan ARF1 ve SAR1 proteinlerin etkisi konusunda çalışılmakta. Bu bitkilerin, kök hücrelerini enfekte ederek "nodül" adı verilen yapıların oluşumunu sağlayan ve "rhizobium" adı verilen bir bakteriyle simbiyotik (ortak yaşam) ilişkisi var. Nodüllerde bitkinin kullanabileceği formdaki azotun atmosferden tutulması sağlanır. ARF1 ve SAR1 proteinlerinin bitki-bakteri simbiyotik ilişkisinde ve peribakteroid (bakterilerin lokalize olduğu bölge) oluşumunda önemli rol oynadığı Medicago truncatula ve bezelye bitkisinin kök nodüllerinde ARF1 ve SAR1 varlığı DNA ve protein düzeyinde ilk kez bu laboratuarda gösterildi. Ayrıca bu önemli genlerin RNA düzeyinde anlatımları "real time PCR" adı verilen ve farklı genlerin anlatım düzeylerinin karşılaştırılmasına olanak sağlayan bir yöntemle incelenmekte.

Bu konu, uluslararası alanda da ilgi görmekte. Konu ile ilgili Heildelberg Üniversitesi ve Strasbourg'daki Louis Pasteur Üniversitesi'yle ikili işbirliği sağlandı. Aynı zamanda bu konuyla ilgili çalışan araştırmacıların eğitimi için yine uluslararası destekli bir Marie Curie projesi gönderildi. Bu proje, başta Almanya'daki Bielefeld Üniversitesi olmak üzere Avrupa'da bulunan beş farklı üniversitenin katılımıyla hazırlandı ve kabul aşamasında. Bunun yanında Avrupa Birliği 7. Çerçeve Programı kapsamında biyoenerji üretimi için yoncanın (Medicago sativa) verimliliğinin artırılması konusunda bir proje önerisi verildi. Bu proje Münih Üniversitesi ve diğer 5 Avrupa ülkesiyle işbirliği yapılarak hazırlandı.



Proteinlerin Golgi'den ER'ye taşınmasını sağlayan COP I vezikülünün oluşumu ve ARF proteininin vezikül oluşumundaki rolü. Çözünür durumdaki ARF1, GDP molekülüne bağlıdır. Protein GTP molekülüne bağlandığı zaman aktif hale geçer ve Golgi membranına bağlanır. Bu bağlanma sonucunda COP I vezikülünün oluşumunda rol oynayan diğer proteinler de membrana bağlanarak vezikülün oluşmasını sağlar (Gommel ve Ark 2001).

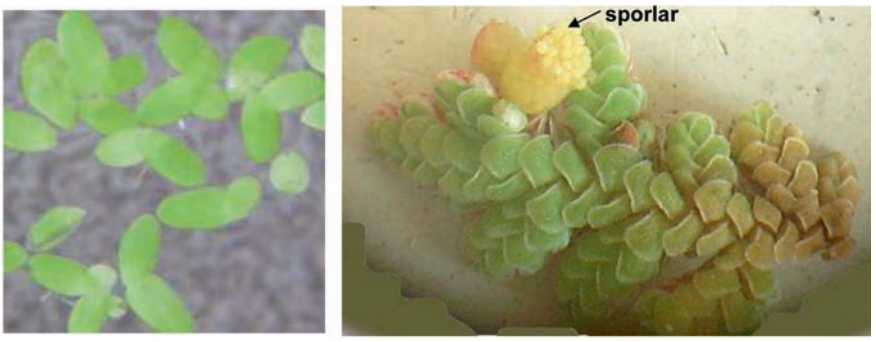
Bitki, Alg ve Mikrooganizmalarla Petrol Hidrokarbon Kaynaklı Kirliliğin Ortadan Kaldırılması

Siyah altın olarak da adlandırılan petrol, ülkemizin köprü görevini üstlendiği Türk Boğazlar Sistemi ve petrol boru hatları yoluyla başta Avrupa olmak üzere tüm dünyaya dağıtılmakta. Ülkemizin bu stratejik konumu ekonomiye büyük katkılar sağlamasına karşın; kara tanker taşımacılığı ve petrol boru hatlarının geçtiği tarım alanları, petrol ve/veya petrol türevlerinin kirlilik tehdidi altında. Kullanılabilir toprak ve su alanlarına bir kaza sonucu petrol dökülürse besin zinciri olumsuz etkilenecek. Bu durum insan ve hayvan sağlığı için büyük bir risk oluşturuyor. Petrol kirliliğinin insan sağlığı açısından en önemli etkisiyse kimyasal kaynaklı akciğer iltihabı. Daha seyrek görülen etkileri arasında kalp-damar hastalıkları, akciğer, karaciğer, böbrek ve dalak damarlarında ortaya çıkan sorunlar sayılabilir.

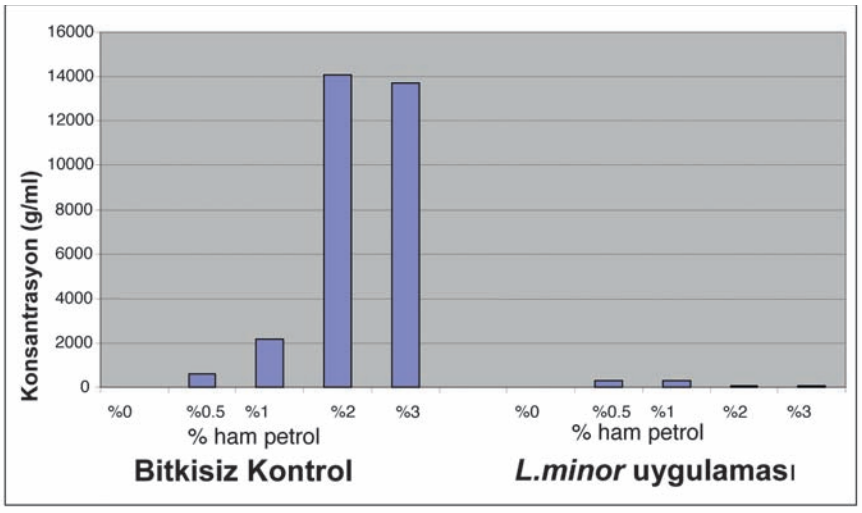
Dünyada pek çok örneğine rastladığımız (Alaska'da Exxon Valdez ve Amaco Cadiz, İspanya'da Prestige ve Fransa'da Erika) büyük çaplı tanker kazalarının benzerlerine Türk Boğazlar Sistemi'nde yakın tarihe kadar çok sık rastlandı. Geçtiğimiz günlerde Karadeniz'e bağlandığı Kerç Boğazı dışında bir gölü andıran Azak Denizi'nin, Ukrayna açıklarında meydana gelen fuel oil yüklü Volganeft-139 tankerinin fırtına sonucu ikiye bölünmesi sonucunda, Karadeniz bir çevre felaketiyle daha yüz yüze geldi. Bu kaza sonucunda 30.000 kadar kuş ve sayılamayacak kadar balık öldü ve zarar ekolojik bir katliam denilebilecek boyutlara ulaştı. Yakın zamanda gerçekleşen bu kaza petrol kirliliği ve sonucunda oluşacak çevre sorunlarının, ekosistem ve insan sağlığını olumsuz yönde etkilemeden, çabuk ve etkin bir şekilde temizlenmesinin önemini bir kez daha gündeme getirdi.

Doğada ortama dökülen petrol kendiliğinden parçalanabilmekte. Oluşumu kadar olmasa da, bu oldukça uzun bir zaman almakta. Oysa "biyoremediasyon" denilen bir teknikle bu süreç hızlandırılabilmekte. Bazı bitki ve mikroorganizmaların, organik kirleticileri ayrıştırarak daha az zararlı bileşikler haline getirmelerinden yararlanan biyolojik iyileştirme çalışmaları biyoremediasyon (biyolojik temizleme) olarak adlandırılmakta. Kirleticilerin ortamdan uzaklaştırılması bitkiler aracılığıyla yapılırsa, bu olay fitoremediasyon (bitkilerle temizleme) adını almakta. Bu çalışmalar sonucu, çevre kirleten kimyasallar daha hızlı bir şekilde ortamdan uzaklaştırıldığı için hem zararlı etkilerinden çabuk kurtulmuş olunuyor, hem de sözkonusu yöntemler diğer arıtma yöntemlerinden daha ucuz oldukları için ekonomik olarak yarar sağlanıyor.

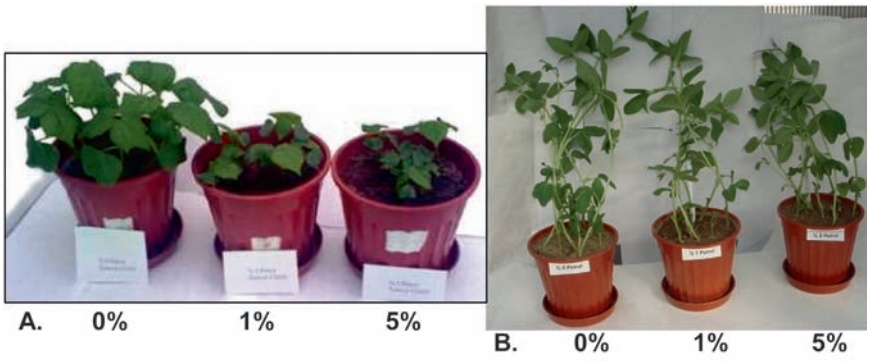
2006 yılı içinde çevredeki petrol kirliliğinin temizlenmesi konusunda TÜBİTAK 1007 kodlu Kamu Kurumları Araştırma ve Geliştirme Projelerini Destekleme Programı kapsamında desteklenen "Bitki alg ve mikroorganizmalar kullanılarak petrol hidrokarbonlarıyla kirlenmiş alanların iyileştirilmesinin araştırılması" başlıklı bir proje başlatıldı. Bu araştırmanın temel amacı, çevredeki petrol kaynaklı kirliliğin temizlenmesi için kullanılabilecek bitki, alg ve bakteri türlerinin seçilmesi ve seçilen türlerin petrol tanker kazaları gibi acil durumlarda kullanımının sağlanmasıydı. Bu proje kapsamında, Marmara Denizi ve Batman rafinerisi yakınlarındaki kirlenmiş bölgelerden bazı önemli bakteri türleri yalıtıldı. Bunlar arasından Vibrio, Pseudomonas ve Bacillus'un bazı türleri petrolü kısa sürede parçalayabilen, kayda değer türler. Çeşitli tarla bitkileri kullanılarak petrolle kirlenmiş toprakta çalışmalar yapılmış ve bu çalışma sonucunda bakla, ayçiçeği, mısır ve pamuğun bu alanları temizlemek amacıyla en uygun aday oldukları, son derece yüksek petrol derişimlerinde bile gelişimlerini sürdürebildikleri görülmüş. Güneydoğu Anadolu Bölgesi'nde, pamuk bitkisinin yaygın olarak yetiştirildiği gözönüne alınırsa, petrolle kirlenmiş toprakların temizlenmesinde bu bitkinin kullanılması avantaj sağlayacaktır. Kirliliğin bulunduğu tatlı su alanlarında temizliği sağlamak amacıyla kullanılabilecek en uy-



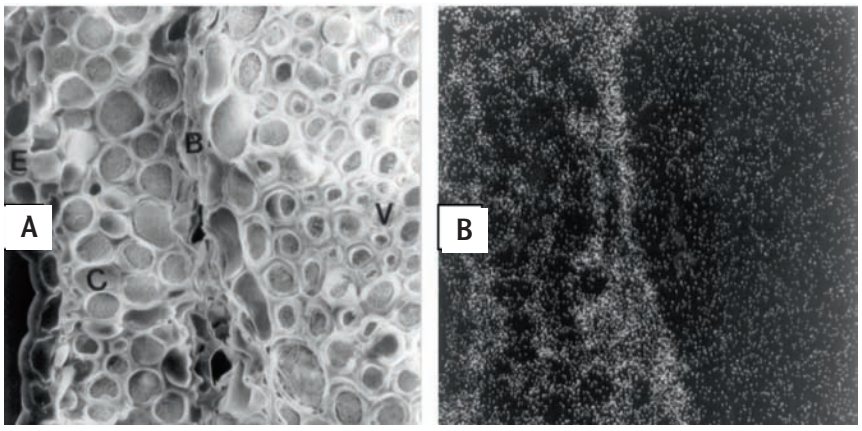
Hogland solüsyonunda *Lemna minor* bitkisi (sol) *Azolla filiculoides* bitkisi ve sporları (sağ) (Köseoğlu, Unlu, Pelitli, ve Memon 2007).



Bir hafta petrol uygulaması sonunda bitkisiz kontrol (sol) ve Lemna minor bitkisinin bulunduğu yetiştirme ortamlarından (sağ) ölçülen petrol miktarları. Grafik bitkinin varlığında petrol miktarının ciddi oranda azaldığını göstermektedir (Köseoğlu, Unlu, Pelitli, ve Memon 2007).



Farklı konsantrasyonlarda petrol uygulanan A. pamuk bitkisi (Tamcot CD3H ırkı) ve B. Bakla (Erol, Ertekin, Unlu, and Memon 2007).



A. Mangan biriktiren bitkinin (*Acanthopanax sciadophylloides*) yaprak dokusu; B. Bitki yaprağında biriken manganın X ışınlarıyla görüntülenmesi (Memon ve Ark 1981).

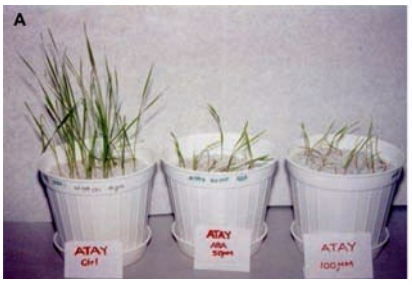
gun adayın, bir tatlı su bitkisi olan *Lemna minor* olduğu yapılan çalışmalarla anlaşılmış bulunuyor.

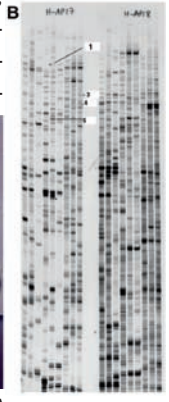
Toprak ve Sudan Fitoremediasyon Yöntemiyle Ağır Metal Kirliliğinin Temizlenmesi

Fitoremediasyon (çevre kirliliğinin bitkiler kullanılarak giderilmesi) ve çevre temizliği dünyada son derece önemli bir teknoloji. Kirliliğin bulunduğu alanların temizlenmesi, gıda güvenliğinin iyileştirilmesi ve yenilenebilir enerji kaynaklarının geliştirilmesine yönelik etkin ve çevre dostu çözümler bu teknoloji kullanılarak sunulmaya başlandı. Bu çalışmalar sürdürülebilir toprak kullanımının sağlanması için son derece önemli gelişmeler. Bu kapsamda, Güneydoğu Anadolu Bölgesi'nde Ergani'deki maden yatakları çevresinden yaklaşık 30 bitki türü toplandı ve bu bitkilerin kök ve gövdelerinde demir, mangan, bakır, çinko, krom, kobalt, nikel ve kurşun birikimleri incelendi. Bu bitkiler arasında metal topladığı belirlenen 4 bitki türü tespit edildi. Bu çalışma, fitoremediasyon için kullanılacak "süper metal akümülatör" bir bitki geliştirilmesi konusunda önemli bir adım. Halen, metal birikimi ve toleransında rol oynayan genlerin tespit edilmesiyle ilgili çalışmalar devam etmekte. Bununla birlikte metalle kirlenmiş suların temizlenmesi amacıyla tatlı su bitkilerinden *Lemna minor, Lemna gibba* ve *Azolla filiculoides*'in potansiyelleri değerlendirmekte. Bu çalışmalar, Türkiye ve çevre ülkelerdeki çevre kirliliğinin temizlenmesi konusunda önemli bir adım olacak. Bu çalışma uluslararası platformda "COST 859 - Phytotechnologies to promote sustainable land use management and improve food chain safety" (Devamlı toprak kullanımını ve gıda güvenliğini iyileştirmede fitoteknolojiler) kapsamında bir projeyle desteklenmekte.

Sıcaklık ve Kuraklık Stresi

Bitkiler, yer değiştirebilen canlılar olmadıklarından, çevreden gelen streslere karşı etkin uyum ve savunma mekanizmaları geliştirmek zorundalar. Sıcaklık, kuraklık gibi suyla ilgili streslere karşı bitkinin kendini korumak için geliştirdiği savunmada kilit rol oynayan bir hormon var: absisik asit (ABA). "Stres hormonu" olarak da bilinen ABA, bitkilere dışarıdan verildiğinde, bitki su stresi varmış gibi davranıyor. TÜBİTAK MAM Gen Mühendisliği ve Biyoteknoloji Enstitüsü Bitki Moleküler Genetiği Laboratuarı da yürütülen bir projeyle; su stresi mekanizmasının çözülmesi amacıyla ABA ile anlatımı değişen genlerin mRNA düzeyinde tespit edilmesi üzerine çalışılıyor. Bu çalışma kapsamında, MAP kinaz, γ-Tip, expansin ve germin benzer protein gibi bazı genlerin anlatımının ABA uygulamasıyla değiştiği tespit edildi. Ayrıca, bu genlerin karakterizasyonu ve buğdayda mRNA ve protein düzeylerinde regülasyonu üzerine çalışmalar da devam etmekte. Buğdayın yanısıra pamuk, tütün ve hardal türlerinde de kuraklık ve metalle bağlantılı gen anlatımı üzerine çalışmalar yapılmakta. Bu çalışmalarda serbest radikallerin zararlarından korunmak için bitki tarafından üretilen ve güçlü bir antioksidan olan "glutatiyon" molekülü üzerine odaklanmış bulunuluyor.





A. Kuraklığa hassas Atay 85 buğday bitkisine ABA (50 uM ve 100 uM) uygulaması. B. ABA ile anlatımı değişen genlerin mRNA farklılık gösterim tekniği ile belirlenmesi. İşaretli bölgelerde kontrolleriyle karşılaştırıldığında farklı anlatım yaptığı belirlenen genler görülmekte (Keskin ve Memon 2006).

Prof Dr. Abdulrezzak Memon
TÜBİTAK MAM Gen Mühendisliği ve Biyoteknoloji Enstitüsü

Kaynaklar

Aniento, F., Helms, B. J., and Memon, A.R. 2003. How to make vesicles: coat protein-membrane interaction. Annual Plant Reviews, Blackwell Press, pp. 36-62.

Memon, A. R. 2004. The role of ADP-ribosylation factor and Sar1 in vesicular trafficking in plants. Biochim. Biophy. Acta (Biomembrane) 1664: 9-30.

Vernoud, V.,Horton, A.C.,Yang, Z., and Nielsen, E.,2003. Analysis of small GTPase gene superfamily of Arabidopsis. Plant Phys. 131: 1191-1208.

Memon, A.R, Clark, G.B. and Thompson Jr.,G.A.1993. Identification of an ARF type low molecular mass GTP binding protein in pea (Pisum sativum). Biochem., Biophys. Res. Comm. 193:809-813.

Memon, A.R., Keskin, B. C. and Yuca, E. 2003. Expression of ARF1 and SAR1 low molecular weight GTP-binding proteins at different developmental stages in pea. "Plant Biology 2003 Meeting" American Society of Plant Biologists (25-30 July2003, USA).

Densow, H., Memon, A. R., Yuzbasioglu, E., Fricke, M, and Niehaus, K. 2007. Localization of structural and regulatory components of COP1-coated vsicles in Medicago truncatula cv Jemalong root cells. Plant Physiol (in press).

Memon, A. R. and Moore, I 2005. Regulation of ARF1-GTP binding protein in vesicular trafficking in tobacco leaves. Protein Targetting and vesicular Trafficking, American Society of Plant Biologists, USA

Memon, A. R., Yuca, E., and Keskin, B. C. 2003. Factors regulating the expression and function of the ARF and SAR families of GTP-binding proteins in Medicago truncatula. Symposium, Membrane Trafficking in Plants, Society for Experimental Biology,23-26 August 2003, University of Glasgow, Glasgow, U. K., pp16

Buchanan, B.B., Gruissem, W., and Jones, R. L. 2000. Biochemistry and Molecular Biology of Plants.American Society of Plant Physiologists, Rockville, Maryland.

Gommel, D. U., Memon, A.R., Heiss, A., Lottspeich, F., Pfannstiel, J., Lechner, J., Reinhard, C., Helms, J. B., Nickel, W. and Wieland, F. T. 2001. Recruitment to Golgi membranes of ADP-ribosylation factor 1 is mediated by the cytoplasmic domain of p23. EMBO Journal 20: 6751-6760

Memon, A.R., Altuğü, G, Unlu, S., Ertekin, O, Yıldızhan, Y., Erol, Ç, Köseoğlu, T., Pelitli, V. Ve Kurtoğlu, H. 2007. Bitki, alg ve mikrooganızmalar kullanarak petrol hydrokarbon kaynaklı kirlilik ortadan kaldirmak. 2. Proje Rapor, KAMAG, TUBITAK.

Memon, A. R., Aktoprakligıl, D., Özdemir, A., and Vertii, A. 2000. Gene expression of heavy metal stress protein in plants. Turkish J. Botany 25, 111-121.

Bıçakçı, E. and Memon, A. R. 2005. An efficient and rapid in vitro regeneration system for metal resistant cotton. Biologia Plantarum 49: 415-417

Yildizhan, Y., Demirel, U., and Memon, A. R. 2006. Development of in vitro regeneration system for a metal accumulator plant Brassica nigra. 31st FEBS Congress, FEBS J. 273, Sppl. 1. June 2006, pp292.

Kaplan, E., Kösesakal, T. and Memon, A. R. 2007. Phytoaccumulation of cadmium in Lemna minor and Azolla filiculoides .COST 859. Phytotechnologies to promote sustainable land use and improve food safety- Exploiting "genomics, proteomics and metabolomics" 30 May-June 1, 2007, Vilnius, Lithuania pp156.

Memon A.R.,Chino, M., Takeoka, Y., Hara, K., and Yatazawa, M.1980.Distribution of manganese in leaf tissues of manganese accumulator: Acanthopanax sciadophylloides as revealed by electron probe X-ray microanalyzer. J. Plant Nutr., 2: 457-477.

Keskin, B. C. and Memon, A. R. 2005. Buğdayda (Triticum aesativum,L.) Absisik Asit ile İlişkili Genlerin Belirlenmesi. XIV. Ulusal Biyoteknoloji Kongresi, 31- Ağustos- 2 Eylül 2005, ESKİŞEHİR, pp64

BUĞDAYDA SARI PAS HASTA
MOLEKÜLER İŞARETLEYİ

Buğdayda DNA Parmakizi çalışmaları

Türkiye 9,4 milyon hektar buğday ekim alanı ve 19 milyon ton buğday üretimiyle dünyanın ilk 8 büyük buğday üreticisi arasında ve bu nedenle buğday ülkemiz tarımında en önemli bitkiler arasında yer almakta. Bununla birlikte artan nüfusun besin ihtiyacını karşılayabilmek için makarna ve ekmeğin hammaddesi olan buğday üretimimizin ve buna paralel olarak verimin artırılması gerekmekte. Türkiye'de buğday verimini sınırlandıran etmenler arasında pas hastalıkları önemli yer tutuyor ve ülkemizin buğday üretimi yapılan bütün bölgelerine yayılmış durumda. Bununla beraber bazı pas türleri iklim isteklerine bağlı olarak bazı bölgelerde daha yaygın durumdalar. Örneğin sarı pas; İç ve Doğu Anadolu, kahverengi pas; sahil bölgeleri, kara passa Güney, Batı ve İç Anadolu bölgelerinde yaygın. *Puccinia striiformis* f.sp. tritici adlı mantarın neden olduğu sarı pas hastalığı yurdumuzda %50'lere varan, önemli derecede ürün kaybına neden olmakta. Epidemi (salgın) yıllarında ve erken enfeksiyonlarla, duyarlı çeşit ekildiğinde ürün kaybı %80'lere kadar ulaşmakta ve hatta çeşitlerin tamamen üretimden kaldırılmasına neden olmakta. Sarı pas tahılların yaprak, sap ve başaklarında görülse de, esas ortaya çıktığı yer yapraklar. Hastalığın şiddetli olduğu yıllarda sporlar başakların kavuz ve kılçıkları üzerinde de görülebiliyor. Ülkemizde bu hastalıkla mücadele, kimyasal (fungusit: mantar öldürücü, herbisit:ot öldürücü) kullanımı ve hastalıksız tohum ekimiyle sınırlı. Ancak hastalık yapıcıların konağa kolay uyum sağlamaları bu çözümleri geçici kılıyor. Ülkemizde birçok tarımsal araştırma kuruluşu, üniversite ve diğer kuruluşlarda, buğdayda hastalıklara dayanıklılıkla ilgili ıslah çalışmaları yapılıyor. Bu çalışmalar yapılırken ıslah materyali tarla ve sera koşullarında bitkilere hastalık bulaştırılarak ve sonuçta hastalık etmenine karşı verdikleri yanıta göre test ediliyor. Bu yöntemle başarılı sonuçlar alınsa da, çevre koşulları nedeniyle bu her zaman mümkün olmuyor. Ayrıca, bu çalışmalar zaman alıyor ve hata payları da yüksek. Gelişmiş ıslah programlarında bu yöntemlerin yanında, modern biyoteknolojik yöntemler kullanılarak materyal daha kesin olarak, daha kısa sürede ve bitki gelişiminin erken dönemlerinde test edilebiliyor.

Bitki Biyoteknolojisi Laboratuvarı'nda bulunan DNA dizi analiz ve ekspresyon Sistemi (GeXp GenomeLab, Beckman Coulter)

Bitki hastalıkları ve kuraklık, tuzluluk gibi çevresel stres etmenlerine dayanıklılık sağlayan üstün nitelikli tahıllar (başta buğday olmak üzere) geliştirilmesi, yabani ve kültüre alınmış bitki gen kaynaklarında genetik çeşitliliğin robotik sistemler kullanarak DNA düzeyinde belirlenmesi ve bu kaynakları koruma altına almak üzere DNA parmak izlerinin çıkartılması gibi alanlarda projeler yürüten TÜBİTAK MAM Gen Mühendisliği ve Biyoteknoloji Enstitüsü Bitki Biyoteknolojisi Laboratuarı'nda bu konuda da bir çalışma yapılıyor. Tarım ve Köyişleri Bakanlığı'nın müşterisi olduğu ve TÜBİTAK Kamu Araştırmaları Programı tarafından desteklenen "Kışlık Ekmeklik Buğday (*Triticum aestivum* L.)'da Sarı Pas Hastalığına Dayanıklılık İçin Moleküler Markörlerin Geliştirilmesi" başlıklı bu proje, Tarım ve Köyişleri Bakanlığı Araştırma Enstitüleri'nden Anadolu Tarımsal Araştırma Enstitüsü ve Tarla Bitkileri Merkez Araştırma Enstitüsü ile ortaklaşa yürütülmekte. Proje, yurdumuzda tarımı yapılan buğday çeşitlerinde sarı pas hastalığına dayanıklılık kaynağıyla genetik olarak bağlantı gösteren moleküler markör/ler (DNA bölgeleri, moleküler belirteç) bulmayı amaçlamakta. Projede, elde edilen markör/lerin varlığı dayanıklı DNA karışımlarını oluşturan her bir bireyde doğrulanırken, duyarlı DNA karışımını oluşturan her bir bireyde bulunmadığı belirlenecek. Moleküler markör/ler elde edildikten sonra klonlanıp dizileri belirlenecek, gen bankasından bilinen genlerle ilişkili olup olmadığı araştırılacak. Bu çalışmalarla buğday bitkilerinin fide ve ergin dönemde sarı pas hastalığına dayanıklılık açısından moleküler düzeyde doğru bir biçimde ve kısa sürede "Polimeraz Zincir Reaksiyonu" yöntemine dayanan DNA markörleriyle taranması mümkün olacak. Bunun yanında yeni gen kaynakları ve ıslahta

LIĞINA DAYANIKLILIK İÇİN CİLERİN GELİŞTİRİLMESİ

kullanılan dayanıklı materyalin hangi genleri taşıdığı belirlenip, bu genlerin tek bir genotipte toplanmasını (gen piramitleme) sağlayacak moleküler ve klasik düzeydeki ıslah çalışmaları başlatılacak.

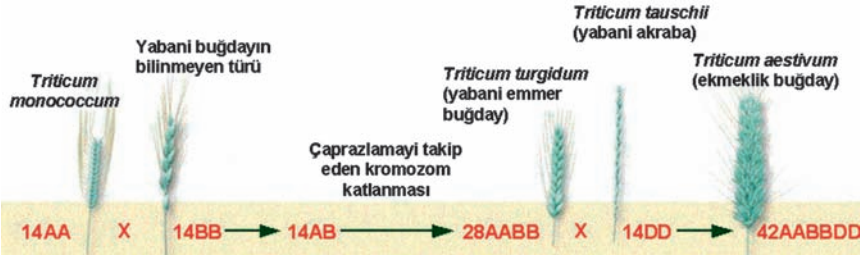
Moleküler markörlerin yanı sıra morfolojik markörler (tohum büyüklüğü, yaprak mumsuluğu vb.) sayılarının çok az oluşu yanında, çevreden ve diğer lokuslardan etkilenmeleri nedeniyle fazla kullanılmamakta. Protein markörleri de çabuk, güvenilir ve tekrarlanabilir olmalarına rağmen sayıca çok azlar. Ayrıca genomun yalnızca 'anlatım' yapan kısımlarını temsil ediyorlar. Projede kullanılmakta olan DNA markörleriyse genomun her noktasını temsil etme yeteneğine sahipler, sayıca çoklar ve çevre koşullarından da etkilenmiyorlar. Günümüzde DNA markörleriyle yapılan bağlantı haritaları birçok kültür bitkisi için geliştirilmiş olup arzulanan genlerin doğrudan takibi ve seçimi bu sayede mümkün oluyor.

Projede bugüne kadar yapılan çalışmalar sonucunda, dayanıklı bitkileri seçmeyi sağlayan DNA markörleri elde edilmeye başlandı. Böylelikle ülkemizdeki buğday çeşitlerinin sarı pas dayanıklılık gen kaynakları açısından değerlendirilmesi mümkün olacak ve proje çıktıları doğrudan bitki ıslahı programlarında kullanılmak üzere bitki ıslahçılarına sunulacak.

Tuz Stresine Dayanıklılıkta Yeni Gen Kaynakları Belirlenmesi

Bitkisel üretimde beklenen verimin alınmasını engelleyen önemli unsurlardan biri de tuzluluk sorunu. FAO raporlarına göre gelecek 25 yılda tuzluluk sorunu yüzünden dünyada % 30 oranında alan kaybedilecek ve eğer gerekli önlemler alınmazsa bu oran 2050 yılına kadar % 50'ye ulaşacak.Türkiye'deyse 2-2,5 milyon hektar işlenen arazi, tuzluluk sorununun etkisi altında. Tuz stresi, tuz konsantrasyonu ve bitkinin dayanıklılığına göre büyümeyi

Buğdayın evolüsyonu.



engellemekte; nekroz (doku ölümü), kloroz (sararma), döllenme bozukluklarına, kalitenin düşmesine ve ürün kayıplarına neden olmakta. Özellikle Güneydoğu Anadolu Projesi'yle önem kazanan Şanlıurfa ve Harran ovalarındaki arazilerle buğdayın en geniş ekim alanının olduğu Orta Anadolu Bölgesi tuzlanma tehlikesiyle karşı karşıya. Tuzluluğun dünyada tarımsal üretimi engelleyen en büyük sorunlardan biri olmasına ve genetik kaynaklar arasında tuza dayanıklılık bakımından farklılıklar olmasına rağmen, dayanıklı genotip sayısı sınırlı ve tuza karşı dayanıklılığın mekanizması henüz tam olarak anlaşılmış değil. Bu nedenle tuza dayanıklılık sağlayacak mevcut genetik potansiyelin değerlendirilmesi önemli ve tuz stresine karşı dayanıklı bitki geliştirmeye yönelik araştırmalar bitki ıslahçılarının en önemli hedefleri arasında.

TÜBİTAK MAM Gen Mühendisliği ve Biyoteknoloji Enstitüsü Bitki Biyoteknolojisi Laboratuarı'nda üzerinde çalışılan bir diğer proje de bu soruna çözüm getirecek. Bu, TÜBİTAK Temel Bilimler Araştırma Grubu tarafından desteklenen ve Sabancı Üniversitesi Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi'yle ortaklaşa yürütülen "*Aegilops tauschii*'de Tuz Stresine Dayanıklılığı Sağlayacak Yeni Gen Kaynaklarının Belirlenmesi ve Fizyolojik, Moleküler Karakterizasyonu" başlıklı proje. Bilindiği gibi buğday, gelişmiş ve özellikle gelişmekte olan ülkelerde tüketilen en önemli gıda kaynaklarından biri. Kültüre alınmış buğday'ın (*Triticum aestivum*) yabani, atasal formlarından biri olan (diploid D genom vericisinin) *Aegilops tauschii*'nin, tuzluluğa dayanıklılıkta rol alan genleri içerdiği biliniyor ve bu projede materyal olarak kullanılmakta. Bu kapsamda, öncelikle *Aegilops tauschii* bitkileri sera koşullarında tuz stresine maruz bırakılmakta ve bitkilerin Na^+, K^+, Ca^{+2} alımlarına ve Na^+/K^+, Na^+/Ca^{+2} oranlarına bakılarak en dayanıklı bitkiler belirlenmekte. Ayrıca tuz stresine dayanıklılığı farklı olan seçilmiş genotiplerde, tuzluluk stresinde ortaya çıkan ve reaktif oksijen türevlerini yok eden antioksidatif enzim ve bileşikler Sabancı Üniversitesi Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi'nde analiz edilmekte. Bu çalışmaları takiben tuz stresine dayanıklı olarak seçilen bitkilerde, bu stres altında anlatımı olan ve tuza dayanıklılığı sağlayan genler belirlenecek. Böylelikle tuz stresine duyarlı olan diğer buğday genotiplerinin iyileştirilmesi amacıyla ıslah çalışmalarında kullanılabilecek yeni genler ortaya çıkacak. Ayrıca proje kapsamında bu gen kaynaklarının yüksek verimli, ama tuzluluğa duyarlı olan çeşitlere aktarılmasına yönelik klasik ve moleküler düzeydeki ıslah çalışmaları da başlatılacak.

Dr. Ahu Altınkut Uncuoğlu
TÜBİTAK, MAM, GMBE
Bitki Biyoteknolojisi Laboratuarı

Kaynaklar

Altınkut A. and N. Gözükırmızı. 2003. Search for Microsatellite Markers Associated With Water Stress Tolerance in Wheat Through Bulked Segregant Analysis. Molecular Biotechnology, 23:97-106.

Altınkut, A., Kazan, K., Gözükırmızı, N. 2003. AFLP Marker Linked to Water-StressTolerant Bulks in Barley (Hordeum vulgare L.) Genetics & Molecular Biology, 26, 1:77-82.

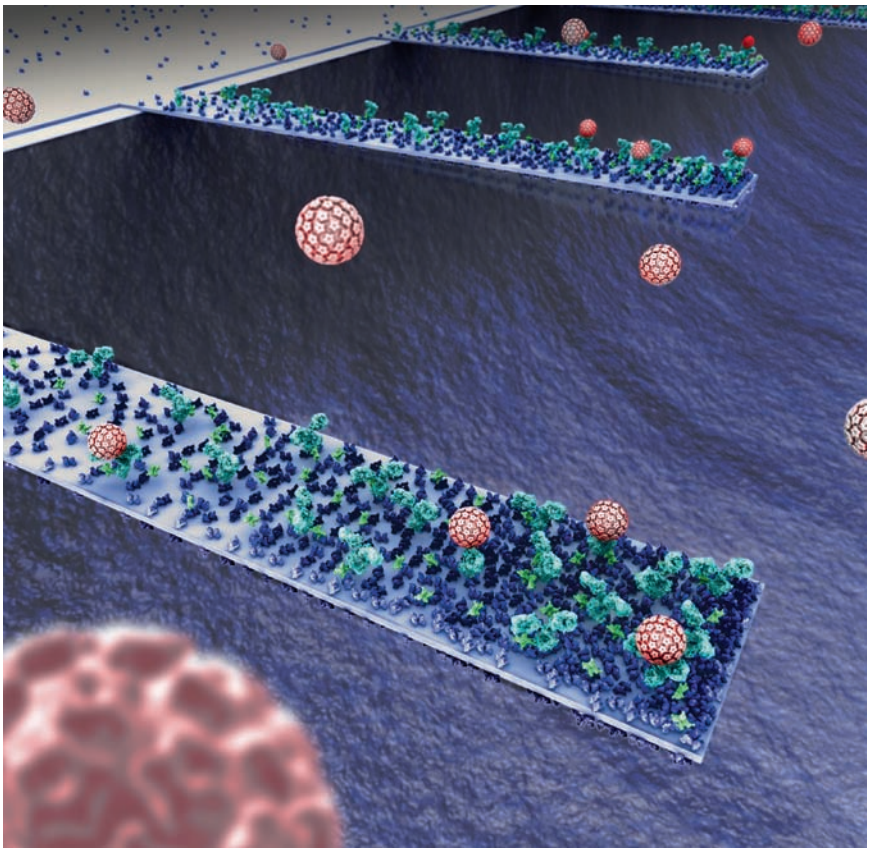
Altınkut-Uncuoğlu ve ark., (2007). Kışlık Ekmeklik Buğday (Triticum aestivum L.)'da Sarı Pas Hastalığına Dayanıklılık İçin Moleküler Markörlerin Geliştirilmesi. 3. Proje Gelişim Raporu, KAMAG, TÜBİTAK.

Yıldırım ve ark., 1999. Orta Anadolu'da Hububat Tarımının Sorunları ve Çözüm Yolları Sempozyumu s. 158-163.

Bolat ve ark., 1999. Orta Anadolu'da Hububat Tarımının Sorunları ve Çözüm yolları Sempozyumu.

Zeybek ve Fahri, 2004. Pakistan J.I of Biol. Sci., 7(11)1967-1971.

NANOTEKNOLOJİ



Nanoteknoloji alanında yürütülecek araştırmalara yapılacak harcamalar, tarımsal güvenlik, çevre korunması, besin ve su güvenliği bakımından daha iyi bir dünya sağlama potansiyelini bizlere sunacak. Nanoteknoloji, genetiği değiştirilmiş ürünlerin yol açabileceği olumsuzluklara çözümler sunan bir teknoloji. Bu teknoloji önümüzdeki 5 yıl içinde tarımsal ürünlerin, üretim süresince çeşitli çevresel koşullarda uzaktan ve sürekli izlenmelerini sağlayacak. Patojen (hastalık yapıcı) ya da kontaminantların (kirleticilerin) teşhisinde sinyallerin çoğaltılması için nükleik asit mühendisliği temelli problar (uçlar) ve yöntemler geliştirilecek. Besin işleme sırasında kullanılabilecek, patojen ya da yabancı maddelerin teşhisi için hızlı biyoalgılayıcılar; tarlada patojenlerin (virüsler, kimyasallar) teşhisi için daha hızlı biyoalgılayıcılar; protein ve genetiği değiştirilmiş organizmaların (GMO'lar) teşhisi için hızlı biyoalgılayıcılar elimizin altında olacak. Sonrasında, yani önümüzdeki 5-15 yıl içinde besin işleme zinciri süresince (örneğin kritik kontrol noktalarında) patojenlerin, kirleticilerin ve toksinlerin (zehirlerin) tanımlanması ve kontrolü mümkün olabilecek. Yeni algılayıcı sistemleriyle tarımsal sistemlerde hızlı tepki (tarladan-masaya güvenliğin gerçekleştirilmesi) sağlanacak. Veterinerlik için geliştirilmiş araçlar (teşhis, tedavi ve önleme için) ortaya çıkacak. Besinlerin işleme sırasında ya da tarlada üretimleri sırasında karışan patojenlerin, virüslerin, kimyasalların, proteinlerin ya da GMO'ların el-tipi algılayıcılarla tayini mümkün olacak. Tek kullanımlık algılayıcılar da geliştirilecek; dahası, ömrü dolan algılayıcılar için, besin ve çevresel güvenlik bakımından, tüketicinin korunması gerçekleşecek. Bu biyogüvenliği bize sağlayacak nanoteknoloji ve biyouygulamalarına geçmeden önce, bu teknoloji hakkında kısaca bilgilenelim.

Nanoteknoloji, moleküler düzeyde, genellikle atomlardan yola çıkılarak ulaşılan nanometre boyutlarında işlevsel yapılarda çalışmaya, araç oluşturma ve işletmeye olanak veren ilgi çekici ve hızla gelişen bir teknoloji. Doğa nanoteknolojik becerilerini milyonlarca yıldır sergilemekte. Atom ve moleküllerin dizilimiyle, biyolojik sistemler sulu kimya ve elektrokimyayı tek bir canlı sisteminde birleştirmekte. Bizler doğanın kendi kendine çoğalma, kontrol etme ve onarma sistemlerinin kullandığı nanoölçekli yöntemleri anlamada henüz bir göz atma aşamasındayız. İşte, aşağıda belirtilen konularda gerçekleştirilen çalışmalar, özellikle tarım ve gıda alanlarında önemli uygulamalarıyla biyogüvenlikte önemli aşamalar elde etmemizi sağladı.

Boyut (nm)	Örnekler	Terminoloji
0,1 – 0,5	Belirli kimyasal bağlar	Moleküler/atomik
0,5 – 1,0	Küçük moleküller, zeolitlerdeki gözenekler	Moleküler
1 - 1000	Proteinler, DNA, mezogözenekler, inorganik nanoparçacıklar	Nano
$10^{(3)}$ - $10^{(4)}$	Mikroakışkan kanallar, MEMS, silikon çip üzerindeki araçlar, canlı hücreler	Mikro
> $10^{(4)}$	Normal yığın malzeme	Makro

Makrodan moleküler ölçeğe karşılaştırma. "Nano" genellikle 1-1000 nanometre (nm) aralığında bir boyuta karşılık gelmekte. Karşılaştırma olarak, görünür ışığın dalga boyu 400-700 nm arasındadır. Canlı bir hücre de mikron boyutlarındadır (birkaç bin nanometre).

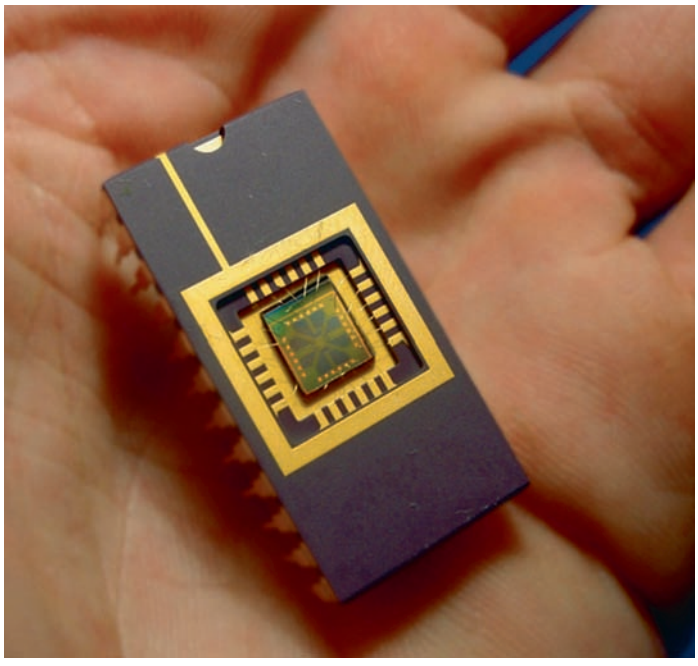
VE BİYOGÜVENLİK

Mikroakışkanlar

İnsanlar sıvıları makro ölçekte iş yapmada kullanırlar. Örnek olarak, nehirler ve kanal havuzları, insanları taşıyan gemileri hareket ettirirler. Mikro ölçekte bu sıvıların mikron boyutlu kanallarda hareketi, hassas mikroskopik hücreler etrafından sıvı ortamın kontrollü, kesin hareketine olanak verir. Mikroskopik ölçekte, mikro kanallardaki sıvıların viskoz özellikler sergiledikleri, yani akışkanlığa karşı direnç kazandıkları ve sudan çok melas gibi hareket ettikleri görülür. Mikroakışkanlar günümüzde hayvan biliminde, hayvanların üremesi için kullanılan geleneksel in vitro (canlı dışında; laboratuar ortamında) dölleme işlemlerini önemli ölçüde basitleştirdi. Mikroakışkanlar aynı zamanda, küçük örneklerde analiz ve kimyasal hesaplamalara olanak veren hassas minyatürize "çip-üzerinde-lab" teknolojisinin entegre bir parçası. Mikroakışkanlar nanoteknolojiden daha büyük ölçekli; fakat nanoteknolojinin "kuru" dünyasıyla biyolojinin "ıslak" dünyasının birleştirilmesi kesin olarak mikroakışkan tekniklerinin kullanımını içeriyor.

BioMEMS

Mikroboyutlu makineleri yapma yöntemleri, ya da mikroelektromekanik sistemler (MEMS), halihazırda oturmuş sistemler. Tamamıyla işlevsel pompalar, rotorlar, algılayıcılar ve kollar mikro ölçekte mevcutlar. Mikrodan nano ölçekli MEMS araçlara geçiş, halen yeni mühendislik yaklaşımlarını gerektiriyor. Ancak, mikroakışkanlarda olduğu gibi, mevcut MEMS teknolojisinin biyolojik sistemlerle entegrasyonu, işlevlerini nanoölçekte ya da nanoparçacıklarla gerçekleştiren (yabancı parçacıkların yakalanması ya da ilaçların özel bölgelere salınması gibi) yeni bir makine sınıfıyla sonuçlanabilir: "bioMEMS". Günümüzde bir posta pulundan daha küçük biyoçiplerle yalıtılmış kanallar ve oyuklar, tayin için elektrotlar, bağlayıcılar ve akışkan girdi/çıktı yuvaları içerirler. BioMEMS makro ve nanodünyalar arasında olduğu kadar biyolojik ve elektromekanik teknoloji dünyalarında da bir arayüzey.



Nükleik Asit Biyomühendisliği

Günümüzde nanoteknoloji araçlarının çoğu silikon ya da diğer yapılardan, küçük bloklar alıp sonuç yapının elde edilmesi gibi, işlenerek elde edilir. Nükleik asit biyomühendisliğiyse zıt uçtan üretim yapar. Nükleik asit mühendisliği DNA moleküllerini yapı taşı olarak kullanır ve daha büyük birimleri oluşturmak üzere, özgül olarak şekillendirilmiş yapılar oluşturur. Bu temel yapıtaşlarından tasarlanacak nanoteller ve nanozarlar, yeni malzemelerin geliştirilmesi ve tarım-besin sistemleri için sayısız uygulama alanı bulan bir platform teknolojisine kavuşmamızı sağlayacak.

Akıllı Tedavi Salım Sistemleri

Makroölçekte, posta servisi gibi dağıtım sistemleri, parçaları dağıtmak üzere kabul eder, paketler ve paketin dışına gerekli dağıtım bilgilerini yazar; motorize ya da insan taşıyıcılar paketi bir yerden diğerine taşır. Nanoölçekte "akıllı tedavi dağıtım-salım sistemlerinin" geliştirilmesi moleküler düzeyde benzer yaklaşımları uygular. Örneğin, akıllı ilaç salım sistemleri hayvanlarda, dağıtılacak ilaçların küçük, yalıtılmış paketlerini içerir. Paketler hayvanın vücudu içinde istenen yere, örneğin enfeksiyon bölgesine ulaşana kadar açılmaz. Bu sayede, aksi halde mümkün olmayacak, daha az miktarlarda antibiyotik kullanılır. Paketin dışındaki moleküler kodlu "adres etiketi" paketin vücutta doğru yere teslim edilmesini sağlar. Nano ve mikroölçekli mekanik sistemler bu tür bir sistemde taşıyıcı rolü oynarlar. "Akıllı" salım sistemleri aynı zamanda "yerinde" kimyasal teşhis ve kendiliğinden düzenlenmeyle, gerektiğinde besini ya da ilacı salmak için karar verme yeteneğine sahip olacak. Akıllı salım sistemlerinin uzaktan harekete geçirilmesi ve izlenmesi ziraat çalışanlarına antibiyotik ve pestisit kullanımını azaltmada yardımcı olacak.

Nanobiyoişleme

Biyoişleme doğal biyolojik işlemlerin belirli bir hammaddeden, bitki ya da hayvan atıklarından kompost malzeme gibi, istenen bir bileşik oluşturma işlemidir. Biyoişlemenin hedeflerine daha yüksek etkinlikle ulaşmak için nanoölçek teknolojisi kullanılır. Moleküler probların kullanımı ya da bir beslemede var olan mikropların hızlı teşhisine olanak veren araçlar biyoişlemenin etkinliğini artırır.

Biyoanalitik nanoalgılayıcılar

Çok küçük miktarlarda kimyasal kirletici, virüs ya da bakterinin tarım ya da besin sistemlerinde teşhisi, kimyasal, fiziksel ya da biyolojik araçların nanoölçekte algılayıcıyla birleştirilmesiyle gerçekleştirilir. Biyoanalitik nanoalgılayıcılar, algılayıcının bir kısmı olarak biyolojiden yararlanabilir ya da biyolojik örnekler için kullanılabilir.

Nanomalzemeler

Nanomalzemeler, nanoteknolojiyle yeni yaratılmış malzemeler ya da toprakta bulunan nanoparçacıklar gibi (kil, zeolit, imogolit, demir ve mangan oksitler) diğer yapıları ya da kimyasal tepkimeleri kontrol eden ve katalizleyen nanoölçekte doğal malzemeler olabilirler. Malzemeler genellikle birçok boyut ölçeğinde parçacıklardan oluşur. Nanoölçekte parçacıkların şekil, yapı ve yığılması makroölçekte malzemenin özelliklerini belirler. Nanoparçacıklar kompozit malzemelere, geçirgenlik ya da daha düşük ağırlıkla daha yüksek güç gibi özellikler kazandırarak uygulama alanı bulur. Giyenin yaşamsal işaretlerini izlemeye olanak veren "akıllı dokumalar" nanoparçacıkların bazı potansiyel kullanımlarına örnek olarak verilebilir.

Biyoseçici Yüzeyler

Yüzeyler, birçok kimyasal ve biyolojik tepkimenin gerçekleştiği konum ve çevrelerdir. Biyoseçici yüzeyler, spesifik organizmaların ya da moleküllerin bağlanması ya da taşınması azaltılmış ya da kolaylaştırılmış yüzeyler olabilir. Biyoseçici yüzeyler biyoalgılayıcı, detektör, katalizör geliştirmede, biyomolekül karışımlarının ayrılması ya da saflaştırılmasında olduğu kadar, besinlerin paketlenmesi ve işlenmesinde de önemlidir.

Patojen ve Kirletici Tayininde Nanoalgılayıcılar

Günümüzde algılayıcılar sıcaklık, hava durumu verileri, hava, deniz ve kara taşımacılığı için veriler, kimyasal kirleticiler, otomobillerdeki hava yastıklarının salımlarındaki yavaşlamanın izlenmesi ve sayısız diğer birçok değişken için kullanılıyor. Biyolojik organizmalar da çevreyi algılama yeteneğine sahipler. İnsanlar çevrelerini görerek, dokunarak, tadarak, koklayarak ve duyarak algılarlar. Örneğin, insan kulağı, sıvının titreşimlerle oluşan makrohareketini kimyasal/elektrik sinyaller haline dönüştürmek için nanoyapıları kullanır. Canlı organizmalarda algılayıcılar makroölçekten mikro (sinir hücreleri) ve nano ölçeğe (burnumuzda almaçlara bağlanan moleküller) kadar geniş bir aralıkta çalışırlar. Biyoloji ve nanoölçekli teknolojiyi algılayıcılarda birleştirmek, olası sorunların algılanması için artırılmış duyarlılık ve dolayısıyla önemli derecede azaltılmış yanıt süreleri ortaya koymak gibi ilgi çekici bir sonuca sahiptir. Örneğin, virüs çoğalmadan ve bitki ya da hayvanlarda belirtiler gözlenmeye başlamadan çok önce tek bir virüsü teşhis edebilecek bir biyoanalitik nanoalgılayıcı düşünün. Biyoanalitik nanoalgılayıcıların potansiyel uygulamaları için bazı örnekler patojenlerin, kirleticilerin, çevresel özelliklerin (ışık/karanlık, sıcak/soğuk, ıslak/kuru), ağır metallerin ve parçacıkların ya da alerji etkenlerinin teşhisi olabilir. Daha birçok önemli sorun halen beklemededir. Örneğin, tek bir virüsü ya da diğer bir yabancı parçacığı teşhis etme özelliği sağlasak da, yabancı parçacığı herhangi bir anda teşhis edileceği noktaya getirmek hâlâ önemli bir sorundur. Biyoalgılayıcıların istenen özellikleri; küçük, taşınabilir, hızlı tepki ve işlem (örneğin real time) süreli, özgül, kantitatif, güvenilir, doğru, tekrar edilebilir, sağlam ve kararlı olmalarıdır.

Biyoanalitik nanoalgılayıcılarla ilgili spesifik hedefler; 1) patojen, besin ve kirletici teşhis sistemlerinin geliştirilmesi 2) nanoölçekli algılayıcı mekanizmalarının temel araştırma ve modellemeyle tam olarak anlaşılması olabilir.

Teşhis Sistemleri (patojen, besin eksikliği ya da kirlenme):

• **Örnek alınması:** Özel bileşenlerin örneklenmesi için (havadan, bitki ve hayvan organizmasından, sudan, topraktan) nanosistemlerinin geliştirilmesi.

• **Patojen teşhisi:** Sistematik yaklaşımla, eşzamanlı patojen teşhisi ve konumlandırılması için yöntemler geliştirilmesi, nanoteknoloji mikroelektromekanik sistemler (MEMS), kablosuz iletişim, çip tasarımı ve tarımsal güvenlik uygulamaları (ekonomik, tarımsal terörizm, tarımsal adli tıp) ve besin güvenliği için moleküler biyolojinin bütünleştirilmesi.

Temel araştırma ve mekanistik modelleme:

En iyi nanoalgılayıcıları geliştirmek için, nanoölçekte algılama yaparken işleyen temel yolların anlaşılması gereklidir. Aşağıdaki alanlar optimal nanoölçekli algılayıcı geliştirilmesi için daha fazla bilgi gerektiren alanlar olarak belirlenmiştir.

• Nanoalgılayıcıların, ilgilenilen patojen ya da kimyasalı yakalaması ve tutması için yeni yollar gereklidir (kimyasal, biyolojik ya da elektriksel yakalama yöntemlerine dayalı yeni immobilizasyon teknikleri).

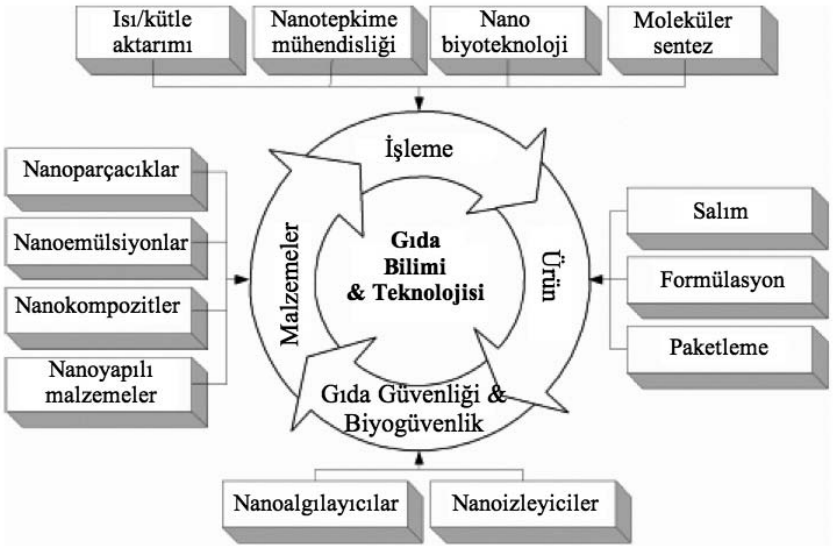
• Algılayıcıların patojenleri ya da bulunması gereken kimyasalı "tanıması" için yeni yöntemler gereklidir. Yeni tanıma mekanizmalarının geliştirilmesi konusunda en umut verici gelişmeler nanobiyomalzeme, biyomimetikler, karbon nanotüpler, moleküler baskılanmış polimerler (MIP) ve rekombinant/genetik mühendisliği biyoalgılayıcılar üzerine yürütülen araştırmalardan sağlanmaktadır.

• Algılayıcıların patojen ya da ilgilenilen kimyasalı tanıdığında sinyal göndermesi için (sinyal "iletimi" olarak adlandırılır) yeni yöntemler gereklidir. Yeni iletim mekanizmalarının geliştirilmesi için bazı umut verici yöntemler mekanik, impedans, piezoelektrik, optik, elektrokimya, DNA nanodevreleri ve DNA direnç/fotolitografi tekniklerdir.

• Yukarıdaki iki basamak (tanıma ve sinyal iletimi) birlikte çalışmak üzere entegre edilmelidir. Tanıma elemanı ve iletici arasında yeni entegrasyon mekanizmaları için umut verici gelişmeler kendiliğinden oluşan tekli tabakalar (SAM) ve yönlendirilen/güdümlü oluşumların kullanıldığı nanoteknoloji yöntemlerinden gelir.

Nanoteknolojinin Tarım ve Gıda Alanlarındaki Uygulamaları

Yeni gelişen bir teknoloji olarak nanoteknoloji, tarım ve gıda alanların-



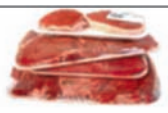
Nanoteknolojinin gıda biliminde uygulamaları.

da devrim yaratacak. Bu kökten değişimde "tarım ve gıda alanlarında neler olacak?" sorusuna verilecek yanıt, devrimi iyice algılamamızı sağlayacak. İşte tarım ürünleri ve gıdaların güvenliği, hastalık tedavisi için salım sistemleri, moleküler ve hücresel biyoloji için yeni araçlar, patojen teşhisi ve çevre korunması, nanoteknolojinin tarım ve gıda alanlarında önemli bağlantısını gösteren bazı örnekler. Gelişmekte olan bu teknoloji sayesinde, gıda ürünlerinin üretimi, işlenmesi ve taşınması daha güvenli olacak, patojen ve kirleticilerin teşhisi için nanoalgılayıcıların geliştirilmesi ve kullanılması da daha güvenli üretimi ve ürünlerini bizlere sunacak.

Nanoaraçların geliştirilmesi, tarihsel çevresel kayıtların tutulmasına olanak verecek ve özel taşımaların gerçekleşmesini sağlayacak. Algılama, konumlandırma, rapor etme ve uzaktan kumanda özelliklerini birleştiren "akıllı sistemler"le etkinlik ve güvenlik artacak. Yani nanoteknoloji tarım ve gıda sistemlerinin güvenliği, besin kaynağının dikkatli izlenmesi ve korunması için kritik öneme sahip bir teknoloji olarak yanıbaşımızda ve geliştirilmeyi bekliyor. Tarımda, yüksek verimde ürün üretmek, besin işleme, besin güvenliği, depolama, dağıtım ve çevresel konular uzun zamandır hedefteki konulardı. Nanoteknoloji bu önemli hedefler için yeni bir araç oluşturuyor.

Günümüzde ziraatçilikte, bir bitki ya da hayvan bir hastalıkla enfekte olduğunda, organizmada belirtilerin görülmesi ve hastalığın tanımlanması için günler, haftalar ya da aylar geçer. Bu süre içinde enfeksiyon tüm organizmaya yayılarak tüm tarlanın yok edilmesine yol açabilir. Nanoteknoloji bir virüs ya da hastalık-enfekte edici parçacıkla aynı ölçekte çalıştığından, erken teşhis ve yok etme olanağı sunuyor. Nanoteknolojiyle, akıllı tedavi salım sistemlerinin, makrobelirtiler görülmeden çok önce etkinleşme olanağı sağlanır. Örneğin, akıllı tedavi salım sistemi hayvana yerleştirilebilen minyatür bir araç olabilir. Yangı gelişmeden uzun süre önce, entegre algılama, izleme ve kontrol sistemi hastalığın varlığını teşhis eder ve hedefli tedavi salım sistemini harekete geçirir. Akıllı tedavi salım sistemleri ilaçlar, pestisitler, besinler, probiyotikler ve implante edilebilir hücre biyoreaktörleri gibi biyoloji ve biyoaktif sistemler için geliştirilmiştir.

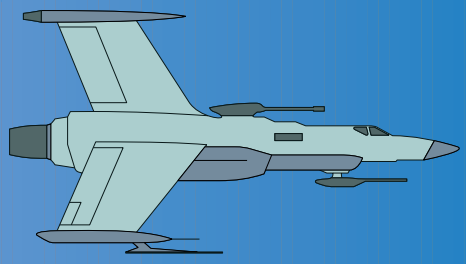
Ziraatte, temel yaşamsal işlemler moleküler ve hücre biyolojisinden kazanılır. Moleküler ve hücresel biyoloji için yeni araçlar, belirli moleküllerin ayrılması, tanımlanması ve ölçülmesi için gereklidir. Bu nanoteknolojiyle olasıdır ve zirai araştırmalarda büyük üstünlük sağlar.

			
Tarım	**Besin İşleme**	**Besin Paketleme**	**Katkılar**
• Enzim/substrat ilişkilerini belirlemek için tek bir molekül teşhisi • Pestisitlerin, gübrelerin ve diğer tarım kimyasallarının daha etkin salımı için nanokapsüller • Büyüme hormonlarının kontrollü olarak salınması • Toprak koşulları ve ürün gelişiminin nanoalgılayıcılarla izlenmesi • Özgünlüğün korunması ve izlenmesi için nanoçipler • Hayvan ve bitki patojenlerinin teşhisi için nanoalgılayıcılar • Aşı salımı için nanokapsüller • Bitkilere DNA salımı için nanoparçacıklar (hedefli genetik mühendisliği)	• Besin değeri olan standart bileşenlerin biyoyararlanımını artırmak çin nanokapsüller • Nanoenkapsüle edilmiş lezzet artırıcılar • Jelleştirici ve viskozlaştırıcı ajan olarak nanotüp ve nanoparçacıklar • Bitki temelli steroidlerle et kolesterolünün yer değiştirmesi için nanokapsül infüzyonu • Besinlerden patojenlerin ya da kimyasalların uzaklaştırılması için seçici nanoparçacıklar • Besinlerin daha iyi dağılması için nanoemülsiyonlar ve parçacıklar	• Kimyasalları ya da gıda patojenlerini teşhis etmek için floresan nanoparçacıklara bağlı antibadiler • Sıcaklık, nem ve zaman izlemesi için biyobozunur nanoalgılayıcılar • Bozulmanın ve oksijen absorpsiyonunun önlenmesi için koruyucu malzeme olarak nanokiller ve nanofilmler • Etilen tayini için elektrokimyasal nanoalgılayıcılar • Nanoparçacıklarla antimikrobiyal ve antifungal yüzey kaplama (gümüşi magnezyum, çinko) • Silikat nanoparçacıklarla daha hafif, güçlü ve daha çok ısıya dayanıklı filmler • Folyoların modifiye edilmiş geçirgenlik davranışları	• Besin absorpsiyonunun artırılması için nanoboyutlu tozlar • İlaç taşıyıcı olarak selüloz nanokristal kompozitler • Değerli besinlerin daha iyi absorpsiyonu, kararlılığı ya da hedefli salım için nanoenkapsülasyon • Besinlerin renkleri ve tadları etkilenmeden hücrelere etkin dağılımı için nanospiraller • Aktif molekülleri daha iyi absorpsiyon için nanodamlacıklara dönüştüren vitamin spreyleri

Nanogıda uygulamalarına örnekler.

Doç.Dr. Handan Yavuz
Prof. Dr. Adil Denizli
Hacettepe Üniversitesi
Biyokimya Anabilim Dalı

Kaynak:
1. Nanoscale science and engineering for agriculture and food systems, A report submitted to cooperative state research, Education and extension service, National planning workshop, Ed: C.J. Rutzke, September 2003.
2. Functional materials in food nanotechnology, J. Weiss, P. Takhistov, J. McClements, J. Food Science, Vol 71, Nr: 9, pp R107, 2006.



Bilim ve Teknik

Yıldız Takımı

Bölümüyle, Artık

İlköğretimde!

"6-7-8. Sınıflar!

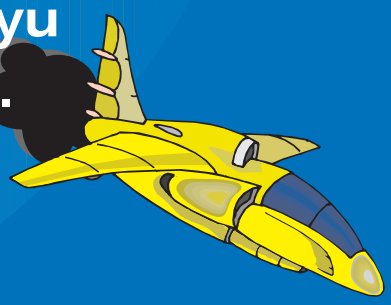
Gökbilim

Teknoloji ve Tasarım

Birlikte Deneyelim...

Ergenliğe Adımlar

Spor

Eğlenceli Matematik"

ve daha birçok ilginç konuyu dergimizde bulacaksınız...