



BİYOTEKNOLOJİ VE BİYOÇEŞİTLİLİK İLİŞKİSİ

THE RELATION OF BIOTECHNOLOGY AND BIODIVERSITY

Hatice GÜLEN

BİYOTEKNOLOJİ VE BİYOÇEŞİTLİLİK İLİŞKİSİ

Hatice GÜLEN
İstinye Üniversitesi

Özet

Biyoteknoloji günlük hayatımızın bir parçası olmaya başlamış olsa da geleneksel uygulamaları oldukça eskiye dayanır. Biyoteknoloji, insanlığın yararına ürünler sağlamak amacıyla canlı organizmalarda değişiklik ve iyileştirmelere olanak tanıyan çeşitli teknikleri ve uygulamaları kapsar. Dolayısıyla biyoteknolojinin uygulama alanlarından birisi de, biyolojik çeşitliliğin korunması, değerlendirilmesi ve kullanılmasıdır. Biyoçeşitlilik, genel anlamıyla türler ve ekosistemler arasında ve içerisinde canlı organizmalardaki farklılık şeklinde tanımlanır. Her ne kadar geleneksel veya doğal yollardan biyoçeşitliliğin arttırılması söz konusu olsa da günümüzde biyoteknoloji sayesinde ıslah çalışmalarında daha kısa sürede etkili sonuçlara ulaşmak mümkün olmuştur. Bununla birlikte artan nüfus, yaşlanan toplum, yok olan doğal kaynaklar buna karşın yeni kaynak arayışları ve küresel tehditler 'biyoekonomi' kavramını doğurmuştur. Biyoekonomi, çeşitli biyolojik kaynakları üreten, yöneten ve kullanan tüm sektörleri kapsamakla birlikte tarımın öncü role sahip olduğu bilinmektedir. 2030 yılında biyoekonominin en önemli unsurlarından birinin biyoteknolojik uygulamaların disiplinlerarası entegrasyonu olacağı tahmin edilmektedir. Bu nedenle ülkeler, mevcut biyolojik kaynaklarını biyoteknolojiden yararlanarak tanımlayan, koruma altına alan ve gen bankaları oluşturarak bu kaynakların güvenli bir şekilde kullanımını sağlayan sistemler geliştirmektedir. Zengin biyoçeşitliliğiyle dünyanın sayılı ülkeleri arasında yer alan ülkemizde de benzer şekilde ulusal stratejiler ve eylem planlarının oluşturulması, teknolojik ilerlemelerin önünün açılması ve desteklenmesi kritik öneme sahiptir.

Anahtar Kelimeler

Biyoteknoloji, Biyoçeşitlilik, Biyoekonomi, Gen bankası, Genetik barkodlama

THE RELATION OF BIOTECHNOLOGY AND BIODIVERSITY

Hatice GÜLEN
İstinye University

Abstract

Although biotechnology has begun to become a part of our daily lives, its traditional applications date back to ancient times. Biotechnology encompasses a variety of techniques and practices that enable modifications and improvements in living organisms to provide products for the benefit of humanity. Therefore, one of the application areas of biotechnology is the conservation, evaluation and utilization of biological diversity. Biodiversity is broadly defined as the variation in living organisms between and within species and ecosystems. Although it is possible to increase biodiversity through traditional or natural ways, today, thanks to biotechnology, it has become possible to achieve effective results in breeding studies in a shorter time. However, increasing population, aging society, disappearing natural resources, search for new resources and global threats have given rise to the concept of 'bioeconomy'. Although bioeconomy covers all sectors that produce, manage and use various biological resources, it is known that agriculture has a leading role. It is estimated that one of the most important elements of the bioeconomy in 2030 will be the interdisciplinary integration of biotechnological applications. For this reason, countries are developing systems that identify and conserve their existing biological resources by using biotechnology and ensure the safe use of these resources by creating gene banks. Similarly, in Türkiye, which is among the few countries in the world with its rich biodiversity, creating national strategies and action plans, paving the way for and supporting technological advances is of critical importance.

Keywords

Biotechnology, Biodiversity, Bioeconomy, Gene bank, Genetic barcoding

1. GİRİŞ

Saygın fizikçi Freeman Dyson, 2007 yılında New York Review of Books'ta yayınlanan bir makalesinde şöyle yazmıştır: “Yirminci yüzyılın fizik yüzyılı, yirmi birinci yüzyılın ise biyoloji yüzyılı olacağını söylemek, kabul edilen bilgeliğin bir parçası haline geldi” (Dyson, 2007). Sentetik biyoloji ve genom mühendisliği gibi en ileri biyoteknolojiler, sağlığı geliştirme ve hastalıkları tedavi etme, gıda güvensizliğini ele alma, iklim değişikliğini hafifletme, biyo-savunmayı güçlendirme yeteneğimizi geliştirme fırsatları sunuyor ve son yıllarda daha fazla hissettiğimiz gibi, gelecekteki salgınlarla mücadele etme imkanları oluşturuyor.

Biyoloji bilim alanıyla yakından ilişkili olan biyoteknolojinin çok çeşitli kaynaklarda farklı şekillerde tanımları yer almaktadır. Birleşmiş Milletler Gıda ve Tarım Örgütü (FAO)'nun Biyoteknoloji ve Genetik Mühendisliği Sözlüğündeki açıklama en yalın tanımlama olarak kabul görmüştür (FAO, 1999). Buna göre biyoteknoloji, biyolojik süreçlerin veya organizmaların insanlığa fayda sağlayan malzeme ve hizmetlerin üretimi için kullanılmasıdır. Ekonomik Kalkınma ve İş Birliği Örgütü (OECD) kaynaklarında ise, daha geniş bir şekilde biyoteknoloji, bilgi, mal ve hizmet üretimi amacıyla canlı veya cansız materyalleri değiştirmek için bilim ve teknolojinin canlı organizmalara, bunların parçalarına, ürünlerine ve modellerine uygulanması olarak tanımlanmıştır (OECD, 2021). Buna göre biyoteknoloji, ekonomik açıdan önemli bitki ve hayvanların özelliklerinin iyileştirilmesine ve çevreye etki edecek mikroorganizmaların geliştirilmesine yönelik tekniklerin kullanılmasını içermektedir. Ek olarak aynı sözlükte biyoteknoloji için hormonlar, aşılar veya monoklonal antikorlar gibi yeni ürünler üretmek için canlı organizmaların özelliklerle moleküler genetik düzeyde bilimsel manipülasyonu şeklinde açıklamaya yer verilmiştir.

Her ne kadar 20. y.y.'ın ikinci yarısından sonra bilim ve teknolojiye gelişmelerle biyoteknoloji her alanda yaygınlaşmaya başlamış ve 21.yy. ile birlikte günlük hayatımızın bir parçası haline gelmiş olsa da biyoteknolojinin bilinen tarihi çok daha eski dönemlere uzanmaktadır. Dolayısıyla biyoteknolojinin tarihsel gelişimini üç ana dönemde tanımlamak mümkündür.

1. Geleneksel biyoteknoloji, neredeyse insanlık tarihi kadar eski olup milattan önceki dönemlerde yaygın olarak uygulama alanı bulmuş olan temelde fermantasyon teknolojilerine dayanmaktadır. Bu dönem için ekmek, şarap, bira, peynir yapımı gibi örnekler verilebilir.
2. Ara dönem biyoteknolojisi 19.yy'da yoğunluk kazanmış olup temelde biyolojik sistemlerin endüstride kullanımını ve yaygınlaşmasını sağlamıştır. Bu dönemde aşı ve antibiyotik geliştirme, enzim, protein, karbonhidrat, organik asitler vb. uygulama örneklerine rastlanmaktadır.

3. Modern biyoteknoloji dönemi ise, 20.yy'ın ikinci yarısında başlayarak günümüze kadar büyük bir hızla devam eden genel olarak moleküler genetik ve rekombinant DNA teknolojisine dayanır. Genel olarak mutant veya transgenik organizmaların geliştirilmesi (mikrobiyoloji, biyoloji, biyokimya, insan ve hayvan sağlığı, hayvan ıslahı, tarım, çevre vb.) ve biyoinformatik çalışmalara (genom kitaplığı/Gen Bankası Biyoteknolojik aşılar, proteinler, enzimler, antibiyotikler, hormonlar, sitokinler, monoklonal antikorlar, teşhis koruma ve tedavi araştırmalarında kullanılan diagnostik maddeler ve kimyasallar vb.) ait uygulamaları kapsamaktadır.

Günümüzde tüm sektörlerde etkin olarak kullanılan biyoteknolojinin uygulama alanları tıbbi biyoteknoloji, tarımsal biyoteknoloji, endüstriyel biyoteknoloji ve su ürünleri biyoteknolojisi şeklinde 4 başlıkta toplamaktadır. Tıbbi biyoteknoloji genel olarak aşı, antikor ve ilaç geliştirilmesi, genetik hastalıkların tespit ve tedavisi, bakteriler sayesinde hormon üretilmesi (insülin), bulaşıcı hastalıklara karşı protein üretilmesi, çeşitli hastalıkların tedavisinde genetik ürünlerin elde edilmesi (Kanser, AIDS, Lösemi vb.), gen tedavisi, genetik hastalıklarda kök hücrelerin kullanılması gibi alanları kapsamaktadır. Tarımsal biyoteknoloji yaygın olarak verimliliğin ve kalitenin artırılması, biyotik/abiyotik streslere dayanıklı/toleranslı bitkilerin geliştirilmesi, bitkisel ve hayvansal hastalıkların tanınması, nitelikli tohum, genetik kaynakların korunması, gen bankalarının oluşturulması konularını kapsamaktadır. Endüstriyel biyoteknoloji genel olarak metabolit üretimi, mikroorganizma geliştirilmesi ve üretilmesi, enzim ve protein geliştirilmesi ve üretimi, geri dönüşüm, arıtma, biyoenerji, biyogübre vb. çevre dostu sürdürülebilir çözümler geliştirilmesi konularında çalışmalar yapmaktadır. Su ürünleri biyoteknolojisi ise, deniz ürünleri, ilaç hammaddeleri, deniz mikroorganizmaları, biyosensörler gibi alanları kapsamaktadır.

İstatistiklere göre 2050 yılında dünya nüfusunun 9,3 milyara ulaşması beklenmektedir (UN, 2011). Dolayısıyla artan nüfus, yaşlanan toplum, yok olan doğal kaynaklar buna karşın yeni kaynak arayışları, büyüyen enerji ihtiyacına karşı verimlilik arttırıcı çalışmalar, iklim değişikliği ve artan çevresel kaygılar, daha uzun sağlıklı yaşam arzusu, gıdada değişen tüketici davranışları ve tercihleri, sürdürülebilir ekonomik büyüme vb. faktörler 'biyoekonomi', 'döngüsel ekonomi' ve 'yeşil ekonomi' kavramlarını ortaya çıkartmıştır. Biyoekonomi, biyoteknolojinin ekonomik çıktısının (ürünün) önemli bir payına katkıda bulunması olarak tanımlanmaktadır (OECD, 2009). Biyoekonomi, tarım, gıda, ormancılık, su ürünleri başta olmak üzere çeşitli biyolojik kaynakları üreten, yöneten ve kullanan tüm endüstri ve sektörleri kapsamaktadır. Biyoteknoloji sektörlerine göre yapılan Ar-Ge harcamalarının payı tarım sektöründe 2003 yılında %4 iken 2030 yılı tahminine göre bu oranın %36 olması beklenmektedir (Tablo 1).

Biyoekonominin 2030 yılında içereceği üç muhtemel unsurun: genler ve karmaşık hücre süreçleri hakkında ileri düzeyde bilgi, yenilenebilir biyokütle ve biyoteknoloji uygulamalarının sektörler arası entegrasyonu olacağı tahmin edilmektedir. Bu gelişmeler doğrultusunda biyoekonomi ve biyoteknoloji alanlarında faaliyet gösteren firmaların sayıları da artmaktadır. Dünyada veri tabanına kayıtlı olan biyoteknoloji firma sayısı 2019 yılı itibarıyla 53.654'e ulaşmıştır. Ülkesel sıralamada ise ABD birinci sırada yer almaktadır (BIOTECH GATE, 2019).

Dünyada kırktan fazla ülkede biyoekonomi stratejisi belirlenmiştir. Küresel işbirliğini sağlamak için 2017 yılında Uluslararası Biyoekonomi Forumu (IBF) Avrupa Komisyonu ve Kanada'nın başkanlığında kurulmuştur. Ayrıca faaliyet gösteren pek çok forum, konsey, komite bulunmaktadır. Türkiye'de ise ilk kez 2013 tarihinde Gıda Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı Tarımsal Araştırmalar ve Politikalar Genel Müdürlüğü (TAGEM) tarafından düzenlenen Biyoekonomi Çalıştayında konunun Türkiye açısından önemi ortaya konularak farkındalık oluşturulmuştur. Bu çalıştayda biyoekonomi yönlendirme kurulunun kurulması, paydaş kurum ve kuruluşların ve rollerinin belirlenmesi, ülkesel biyoekonomi stratejisinin oluşturulması için çalışma grubu kurulması, envanter çalışmalarının başlatılması, Türkiye'nin tematik önceliklerinin belirlenmesi, strateji hazırlanması ve izlenmesine karar verilmiştir (TAGEM, 2013).

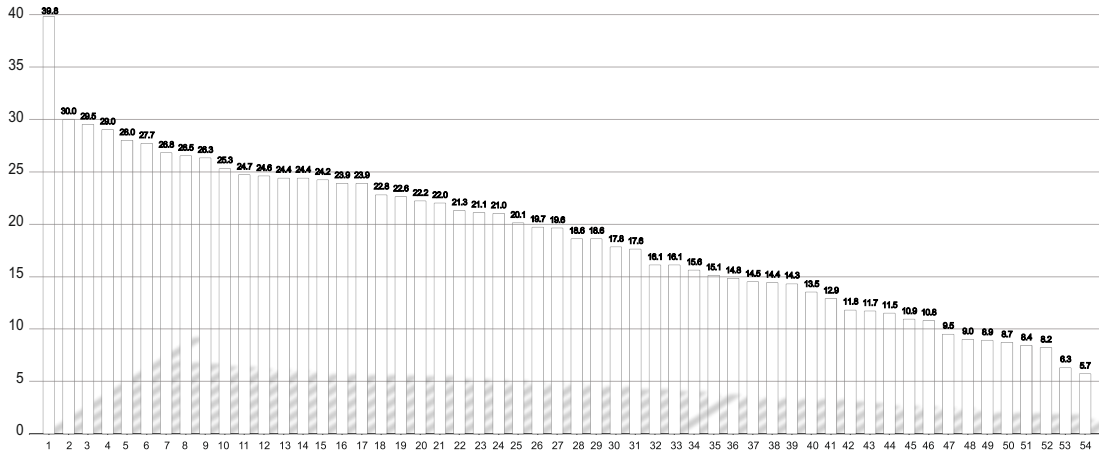
Endemik bitki bakımından zengin olan ülkemiz, bu zengin biyoçeşitliliğin sürekliliğini sağlayarak etkili ve verimli kullanımı/faydalanılması hakkında yasal düzenlemelerini ve teknolojik altyapı ve insan kaynağını oluşturmali ve biyoçeşitlilik korunabilmelidir. Bunun için de etkili bir biyoekonomi stratejisinin belirlenmesi ve dünya genelindeki güncel gelişmelere ayak uydurması gerekmektedir (Arisoy & Avcı, 2020).

Tablo 1. OECD Ülkelerinde Geleceğin Biyoteknoloji Pazarı ve AR-GE Harcamaları (OECD, 2009)

Sektörler	OECD ülkelerinde geleceğin biyo-teknoloji pazarlarına yapılan Ar-Ge harcamalarının payı (%) (2003)	OECD ülkelerinde 2030 yılındaki biyoteknoloji brüt katma değeri içerisinde tahmini sektör payları (%) (2030)
Sağlık	87	25
Tarım	4	36
Sanayi	2	39
Diğer	7	-
Toplam	100	100

Bilindiği üzere birleşmiş milletler sürdürülebilir kalkınma hedeflerinin ana prensibini doğal kaynakların sürdürülebilir kullanımı ile ekonomik büyüme oluşturmaktadır. Dolayısıyla biyoekonomiler, ülkesel ve bölgesel farklılıklar göstermektedir. Bunun temellerini, doğal kaynakların çeşitliliği, orman alanları ve doğal bitki örtüsü, tarımsal ürünler ve atıkları, atık toplama ve değerlendirme süreçleri, yerel altyapı, toplumsal farkındalık ve ulusal politikalar oluşturur. Her ülke kendi koşullarına ve sahip olduğu bahsi geçen temel unsurlarına göre ulusal biyoekonomi politikalarını oluşturmaktadır. Amerika Birleşik Devletleri, Japonya, Almanya, Finlandiya özel biyoekonomi stratejileri veya Kanada, Çin, Hindistan, Rusya, Avustralya biyoekonomiyle ilgili stratejiler geliştirmişken, yakın ve orta doğu ülkeleriyle, Afrika kıtasının büyük bölümü ve Balkanlar ile doğu Avrupa ülkelerinde biyoekonomi stratejisiyle ilgili herhangi bir çalışmanın henüz yapılmadığı görülmektedir. Türkiye, İtalya ve İspanya'da ise özelleştirilmiş stratejiler geliştirilme aşamasındadır (German Bioeconomy Council, 2018).

Eğitim ve araştırma anlamında biyoteknoloji alanında faaliyet gösteren kurum ve kuruluşların, araştırma merkezlerinin sayısının her geçen gün artması, bu birimlerde biyoteknoloji odaklı araştırma projelerinin yürütülmesi biyoteknoloji ekosisteminin oluşmasına önemli katkılar yapmaktadır. Ayrıca günümüzde hemen her alan biyoteknoloji ile ilintili olabilmekte, bu da disiplinlerarası çalışmaları tetiklemektedir. Böylelikle makale, patent, ticari ürün gibi etki değeri yüksek çıktılara ulaşılabilir. Bu da ülkelerin biyoteknolojide ulaşabilecekleri küresel etkiyi oluşturmaktadır. Scientific American WorldView raporunda (SAWV, 2016) yer verilen bu ölçeklendirmede verimlilik, fikri mülkiyet hakları, araştırma yoğunluğu, girişimci desteği, eğitim/beşerî sermaye, alanla ilgili kurumlar, politika ve istikrar başlıklarıyla 7 parametre değerlendirmeye alınmaktadır. Değerlendirme sonuçlarına göre Türkiye'nin biyoteknoloji ekosistemindeki mevcut durumu oldukça yetersizdir. Biyoteknoloji ekosisteminin gelişmişliği anlamında dünya genelinde değerlendirmeye alınan toplam 54 OECD ülkesi arasında Türkiye, 46. sırada yer almıştır. (SAWV, 2016). Rapora göre Türkiye'deki biyoteknoloji ekosistemindeki faaliyetler en fazla temel bilimler özellikle fizik, ikinci kimya, üçüncü çevre bilimleri, dördüncü olarak da yaşam bilimlerinde yoğunlaşmıştır (Şekil 1).



Şekil 1: Biyoteknoloji Ekosisteminin Gelişmişliği (Scientific American WorldView-SAWV Scorecard, 2016'dan uyarlanmıştır). Ülkelerin sıralaması: 1-ABD, 2-Singapur, 3-Danimarka, 4-Yeni Zelanda, 5-Avustralya, 6-İsviçre, 7-Finlandiya, 8-İngiltere, 9-İsveç, 10-Kanada, 11-Honkong, 12-Almanya, 13-İsrail, 14-Hollanda, 15-Japonya, 16-İrlanda, 17-Fransa, 18-Avusturya, 19-Norveç, 20-Belçika, 21-Lüksemburg, 22-İzlanda, 23-Taivan, Çin, 24-Güney Kore, 25-Estonya, 26-Birleşik Arap Emirliği, 27-Malezya, 28-Katar, 29-İspanya, 30-Çek Cumhuriyeti, 31-Portekiz, 32-Şili, 33-Litvanya, 34-Slovak Cumhuriyeti, 35-Güney Afrika, 36-Polonya, 37-Macaristan, 38-İtalya, 39-Latvia, 40-Suudi Arabistan, 41-Çin, 42-Yunanistan, 43-Meksika, 44-Rusya, 45-Tayland, 46-Türkiye, 47-Brezilya, 48-Porto Riko, 49-Hindistan, 50-Filipinler, 51-Kuvait, 52-Endonezya, 53-Ukrayna, 54-Arjantin

Biyoteknoloji endüstrisinde özellikle Asya'daki ülkelerde büyük gelişmeler ve ilerlemeler söz konusu olmakla birlikte Amerika Birleşik Devletleri lider konumunu sürdürmektedir. Dünya genelinde biyoteknolojinin geliştirilmesi yönünde stratejik kararlar alındığı, yasal düzenlemeler yapıldığı, araştırmalarda öncelikli alan olarak ilan edildiği, alana özel araştırma çağrılarının açıldığı ve araştırma fonlarının tanımlandığı görülmektedir. Bu alanda nitelikli insan kaynağı yetiştirilmesine yönelik ise yeni eğitim programlarının sayısının yıllar içinde arttığı ve çeşitlendiği dikkat çekicidir. Ülkemizde ise TÜBİTAK başta olmak üzere araştırma fonu sağlayıcı kuruluşların bu alanı önceliklendiren ve farkındalık yaratan girişimleri özellikle son yıllarda artmaya başlamıştır. T.C. Cumhurbaşkanlığı Strateji ve Bütçe Başkanlığı Kalkınma Planlarından 7. Kalkınma Planında (1996-2000) öncelikli alanlar arasında biyoteknolojiye ilk kez yer verilmiştir. Bunun devamındaki kalkınma planlarında Biyoteknoloji yer almaya devam etmiş, en geniş haliyle ise 11. Kalkınma Planında (2019-2023) 4 ayrı madde numarasıyla var olmuştur (Madde 24, 355, 364.4, 416.2). Bunlardan özellikle 416.2 numaralı maddede "Araştırma enstitülerinde hayvan ve bitki ıslahı, biyoteknoloji ve biyoçeşitliliğin korunması alanları öncelikli olmak üzere yürütülen çalışmalar kamu, üniversite ve özel sektör işbirliği çerçevesinde desteklenecektir" ifadesiyle "Biyoteknoloji ve Biyoçeşitliliğin korunması" birlikte anılmıştır (SBB, 2019).

2. BİYOÇEŞİTLİLİĞİN ARTTIRILMASINDA BİYOTEKNOLOJİK ARAÇLAR

2.1. Biyoçeşitlilik için Biyoteknoloji

Biyolojik çeşitlilik (biyoçeşitlilik) en yalın haliyle canlı organizmalar arasındaki değişkenlik olarak tanımlanmaktadır. Türler ve ekosistemlerin her birinin içindeki ve birbirleri arasındaki çeşitliliğe işaret edebilir. Biyoçeşitlilik aynı zamanda, yaklaşık 10.000 yıl önce tarımın başlangıcından bu yana evcilleştirilen ve yetiştirilen tüm bitki ve hayvan türlerinin kaynağı, tarımın da temeli olarak kabul edilmektedir (Cooper vd., 2005) . Örneğin mısır ve buğday gibi ürünler insanlar tarafından tüketilmeyen yabani bitki türleri iken yıllar içerisinde kültüre alınma sonucunda önemli bir besin kaynağı haline gelmiştir. Günümüze kadarki evrim süreci içinde bir kısım türler değişen koşullara göre yaşamını idame ettirmek için farklılaşırken bir kısmı da kültüre alınma sonucunda farklı kullanım amacına ve tüketim tercihlerine cevap verebilmek adına hedefe yönelik yapılan uygulamalarla farklılaştırılmış ve böylece çok farklı genetik özelliklere sahip yeni çeşitler ekosisteme kazandırılmıştır. Gregor Mendel'in 1860'lı yıllarda ortaya koyduğu keşiflerle ilerleyen ve klasik ıslah olarak bilinen uygulamalardan günümüze kadar ıslah çalışmalarındaki gelişmeler pek çok yeni çeşitlerin kültüre kazandırılmasını sağlamıştır. Özellikle 1950'li yıllardan sonra bu tür çalışmalarda kullanılan en etkili araçlardan birisi biyoteknoloji olmuştur. Bu anlamda biyoteknoloji ile klasik ıslah birbirlerine rakip ya da birbirinin alternatifi olmayıp aksine birbirini tamamlayan yöntemlerdir. Dolayısıyla biyoteknoloji günümüzde özellikle önemli ürünler için biyolojik çeşitliliğin korunması, değerlendirilmesi ve faydalanılması amacıyla kullanılmaktadır (Singh, 2000).

2.2. Biyoçeşitliliğin Korunmasında Biyoteknoloji

Günümüzde dünyanın farklı yerlerinde hızlı bir şekilde belirli türlerin, tür gruplarının kaybı (yok olması) veya belirli canlı tür ve/veya çeşitlerinin sayısında azalma (tehlikeye girme) yaşanmaktadır. Bu kayıpların genellikle ekosistem veya habitatteki bozulma veya yıkımın belirtileri olduğu rapor edilmiştir (Amman, 2005). Birleşmiş Milletler Gıda ve Tarım Örgütü'nün raporuna göre, tarımsal pek çok ürünlerdeki genetik çeşitliliğin yaklaşık dörtte üçünün son yıllarda çeşitli sebeplerle zarar gördüğü, kaybolduğu veya risk altında olduğu tahmin edilmektedir (FAO, 2019)

DNA Bankaları: DNA bankası, biyolojik çeşitlilik için genetik kaynakların korunmasında kullanılan etkili, basit ve uzun vadeli bir yöntemdir. Geleneksel tohum veya tarla gen bankalarıyla karşılaştırıldığında, DNA bankaları genetik bilginin doğal ortamda açığa çıkma riskini azaltır. Bu yöntemle depolama, canlı organizmanın en küçük biriminin yani DNA'nın kullanılması esasına dayanır. Böylece DNA'nın kararlı yapısı bozulmadan soğuk depoda veya dondurularak uzun süre muhafaza edilir. İhtiyaç halinde DNA'dan organizmanın tamamının elde edilebilmesi için bu genetik materyalin biyoteknolojik yöntemlerle uygulamaya aktarılması gerekir (de Vicente & Andersson, 2006).

Doku kültürü teknikleri aynı zamanda bitki biyoçeşitliliğinin korunması açısından da değerlidir (Reed, vd., 2011). Bu teknikler temelde 3 adımı içerir: (i) kültürün başlatılması, (ii) kültürün sürdürülmesi ve çoğaltılması, (iii) depolanması. Depolama orta vadeli olarak kabul edilen birkaç aydan birkaç yıla kadar kültürde yavaş büyüme stratejilerinin uygulanmasından ibarettir. Belirsiz depolama daha uzun süreye işaret eder, bunun için kriyoprezervasyon yöntemi uygulanır. Kriyoprezervasyonda bitki dokuları işlenerek yapay tohum haline getirilir ve büyümeyi engellemek için çok düşük sıcaklıklarda muhafaza edilir. Kriyoprezervasyon, diğer muhafaza yöntemlerine göre rejenerasyon sürecinde %20'ye varan artışa olanak verir (Paunescu, 2009).

Dünya genelinde başta Uluslararası Pirinç Araştırma Enstitüsü, Güney Afrika Ulusal Biyoçeşitlilik Enstitüsü ve Japonya'daki Ulusal Tarımsal Biyolojik Bilimler Enstitüsü olmak üzere çok sayıda DNA bankası mevcuttur. Gen bankalarının veri tabanları, bilgi teknolojileri, coğrafi bilgi sistemleri (GIS) ve DNA işaretleyici (genetik barkodlama) teknolojisindeki ilerlemelerle zenginleştirilmiştir. Bu teknolojiler aracılığıyla elde edilen biyoçeşitliliğin DNA değerlendirmesine ilişkin bilgiler, özellikle yabani türlerde bulunan önemli genlerin araştırılmasına yardımcı olur. DNA koleksiyonlarındaki bilgilere açık erişim için bazı veri tabanları oluşturulmuştur. Global Biodiversity Information (www.gbif.net), Species 2000 (www.species2000.org) bunlara örnek olarak gösterilebilir (Hodkinson, vd., 2007).

2.3. Genetik Çeşitliliğin Değerlendirilmesinde Biyoteknoloji

Germplazm, yeni bitkilerin oluşabileceği canlı dokuları anlamına gelir, germplazma ise türün genetik yapısı hakkındaki bilgiyi içerir. Bu, bir bitkinin tamamı olabileceği gibi bitkinin yaprak, gövde, polen gibi bir kısmı ya da sadece birkaç hücresi de olabilir. Bu konuda çalışan araştırmacılar hastalıklara, sürekli gelişen zararlılara ve çevresel streslere karşı dayanıklı, daha iyi verimli ve kaliteli yeni çeşitlerin nasıl geliştirilebileceğinin yollarını bulmak için bitki genlerinin çeşitliliğini fiziksel, genetik, ekonomik, biyokimyasal, fizyolojik, patolojik ve entomolojik özellikler bakımından değerlendirir. Bu araştırmaların temelini moleküler markörler oluşturur.

Moleküler markörler: Genetik çeşitliliğin belirlenmesinde, tür ve çeşit tespitinde ve genetik haritaların oluşturulmasında yaygın olarak kullanılmaktadır. Moleküler markörler, bir kromozomdaki spesifik genlere yakından bağlı bir DNA segmenti oluşturan kısa diziler veya nükleik asit dizileridir. Dolayısıyla eğer işaretleyiciler mevcutsa ilgili spesifik gen de mevcut demektir. Tek nükleotid polimorfizmleri (SNP'ler) gibi işaretleyici destekli seçim (MAS), yeni çeşit geliştirme çalışmalarında tüm genomu yayılmış binlerce işaretleyici içeren genotipleme dizileri tasarlamak için yaygın olarak kullanılmaktadır (Ganal vd., 2012; Ipek vd., 2016). Dolayısıyla çeşitli ıslah programlarında kullanılma olanağı mevcuttur. Bitkisel uygulamalarda seçilen bitkilerde istenilen özellikler gözlemlendikten sonra bu genotipler

modern veya geleneksel ıslah yöntemleriyle mevcut çeşitlere dahil edilir. İstenilen özelliğe sahip olarak geliştirilen bitkiler, tarımsal özelliklerinin değerlendirilmesi örneğin hastalıklara veya zararlılara karşı dayanıklılık için arazi koşullarında test edilebilir. Seçilen bitkiler geleneksel yollarla veya doku kültürü gibi biyoteknolojik tekniklerle çoğaltılabilir. Genomik, proteomik ve metabolomik araştırmalardaki son gelişmeler, ıslah çalışmalarının yanısıra farmasötik, nutrasötik, tarım ve çevre sektörlerinde biyolojik ürün ve moleküllerin araştırılması, tanımlanması ve ticari kullanımı için de büyük imkanlar sunmaktadır (Roca vd., 2004).

2.4. Biyoçeşitliliğin karakterizasyonu ve tanımlanması

Nesli tükenmekte olan ürün çeşitlerine yönelik etkili koruma programları oluşturmak için bunların genetik akrabalıklarını ve diğer akrabalarından uzaklıklarını değerlendirmek önemlidir.

Son yıllara kadar ticari üretimde kullanılan yerel çeşitlerin ve genotiplerin çoğu, fenotipik karakterler ve morfolojik tanımlayıcılar kullanılarak karakterize edilmiştir. Ancak morfolojik ve fenotipik karakterler ile fizyolojik özellikler çevreden etkilenebilir, bu da karakterizasyonu belirsiz hale getirir. Bu nedenle yabani türler dahil yetiştirilen çeşitlerin birçoğunun aslına doğruluğu hakkında karışıklığa sebep olmaktadır. Moleküler tekniklerin gelişmesiyle birlikte günümüzde çevresel faktörlerden etkilenmeyen DNA tabanlı markörlerle elde edilen daha güvenilir bilgilerle genotiplerin karakterizasyonu ve tanımlanması yapılabilmektedir (Wünsch & Hormaza, 2002; Gulen vd., 2010). Bu tür bilgiler, genellikle elektroforez tekniği sayesinde gerçekleştirilen DNA profili oluşturma yoluyla elde edilebilir. DNA profili diğer bir deyişle parmak izi oluşturma, DNA'nın kısa ardışık tekrarlar (STR'ler) adı verilen bir dizininin tekrarlanan bölümlerini içerir. Organizmalar, her ebeveynden farklı sayıda tekrarlanan diziyi miras alır ve bir STR içindeki tekrar sayısındaki değişiklik, farklı uzunluklarda DNA'ya yol açar. DNA üzerinde hedeflenen STR bölgeleri polimeraz zincir reaksiyonu (PCR) yoluyla çoğaltıldıktan sonra farklı elektroforez sistemleri yardımıyla ayrıştırılıp biyoinformatik yazılımlar aracılığıyla analizlenir ve yorumlanır. Bu konuda en yaygın olarak kullanılan tekniklerden birisi PCR bazlı bir DNA parmak izi olan güçlendirilmiş parça uzunluğu polimorfizmidir (AFLP) (Vos vd., 1995). AFLP tekniği önceden herhangi bir dizi bilgisi gerektirmez, sağlam ve tekrarlanabilir olarak kabul edilir. Tek bir reaksiyonda 100'den fazla markörün analiz edilebilmesi mümkündür. Diğer yaygın kullanıma sahip sistem ise, tek dizi tekrarları (SSR'ler) veya mikrosatellitlerdir. SSR'ler çoğunlukla DNA'nın kodlamayan bölgelerinde bulunur ve bunlar, DNA'nın kodlayan bölgelerine göre mutasyonları daha hızlı biriktirebilir (Struss vd., 2003). Geliştirilen primerlere sahip AFLP ve SSR markör sistemleri, ülkemizin de içinde bulunduğu pek çok bölgedeki bitki türünün genetik karakterizasyonu ve tanımlanması için genom analizlerinde başarıyla uygulanmıştır (Dirlewanger vd., 2002; Wünsch & Hormaza, 2002; Gulen vd., 2010; Ipek vd., 2011; Gülmez vd., 2022; İslam vd., 2023).

Proteinler ise diğer önemli moleküler markör olarak genotiplerin özellikle fizyolojik anlamda var olan ve geliştirilebilecek potansiyeldeki özelliklerinin doku-spesifik olarak hücresel düzeyde anlaşılmasında önemli rol oynar. Bir hücredeki proteinlerin tamamına proteom denir ve proteinlerin nasıl çalıştığı ve bir araya geldiğiyle ilgili çalışmaya proteomik denir. Proteomik, gen aktivitesinin son ürünlerine, yani benzersiz genetik aktivitelerden oluşan protein modellerine dayanır. İki boyutlu akrilamid jel elektroforezi (2DE) aracılığıyla, karmaşık protein yapıları, her proteinin spesifik yük ve moleküler ağırlık kombinasyonuna göre sıralanır. Sonrasında protein bantları dijital sistemlerde görüntülenip analizlenir (Gülen vd., 2002; Cansev vd., 2009; Kesici vd., 2020). Bunlara ek olarak günümüzde gelişen transkriptom çalışmaları olarak da bilinen genom dizileme teknikleriyle (RNASeq) bir organizmanın tüm genetik karakterizasyonu yapılabilmektedir (Guerra vd., 2015).

Genetik barkodlama: “DNA barkodu” olarak adlandırılan kısa ve standardize edilmiş DNA dizileri (bir ya da birkaç standart gen bölgesi) aracılığıyla türlere kimlik kazandırılması olarak tanımlanabilmektedir. Kullanımı başlıca; taksonomi, ekoloji, koruma biyolojisi, adli bilimler, tarım, ormancılık ve süs bitkileri, gıda alanlarında yoğunlaşmıştır. Günümüzde organizma düzeyinde kimliklendirme için yaygın olarak kullanılmaktadır. Yöntemin fragmanlarla çalışıyor olması, organizmanın yaşamının tüm evrelerinde çalışılabilmesini olanaklı kılmıştır (Guo vd. 2022). Çalışmalarda fragman olarak prokaryotlarda 16S rRNA Floyd vd. (2002); hayvanlarda sitokrom c oksidaz I (COI) mitokondriyal gen bölgesi Hebert vd. (2003); bitkilerde matK (maturaz K) ve rbcL (ribuloz-1, 5-bisfosfat karboksilaz oksijenaz büyük alt ünite) kloroplast gen bölgeleri (Parveen vd., 2012); mantarlarda 28S nuclear ribosomal large subunit rRNA gene bölgesi (Horn vd., 2020) kullanılabilmektedir.

Genetik barkodlamanın uygulama alanları (i) insan hastalık vektörlerinin kimliklendirilmesi, (ii) bitki patojenlerinin kimliklendirilmesi, (iii) tehlike altındaki türlerin kimliklendirilmesi, (iv) istilacı türlerin kimliklendirilmesi şeklinde özetlenebilir (Guo vd., 2022).

2.5. Biyoçeşitliliğin Kullanımında Biyoteknoloji

Günümüzde kültürü yapılan türlerin çoğu, yabani atalarından gelen doğal özelliklerini kaybetmiştir. Bu üstün özellikler arasında zorlu çevre koşullarına dayanıklılık, çeşitli toprak ve iklim koşullarına uyum, zararlılara ve patojenlere karşı dayanıklılık yer alıyor. Bu önemli özelliklerden kültür çeşitlerinde yararlanmak için bu özellikleri düzenleyen (kontrol eden) genlerin belirlenmesine yönelik çok sayıda bilimsel araştırmalar yürütülmektedir. Bitkilerin bu gelişmiş genetik değişikliklerini oluşturmak için geleneksel yöntemlerle birlikte modern biyoteknolojik teknikler uygulanabilmektedir.

Bitki ıslahında benimsenen en yaygın geleneksel yöntem üstün özellikteki bireylerin tespit edilerek seçilmesinden oluşan seleksiyon ıslahıdır. Benzer yaklaşımla farklı bireylerdeki özelliklerin bir araya toplanması esastan hareketle melezleme veya hibrit adı verilen

daha gelişmiş bir genotip elde etmek için arzu edilen özelliklerdeki ebeveynlerin (aynı türün saf ırkları) melezlenmesi yöntemi geliştirilmiştir. Bu uygulamalarda ebeveyn olarak yabancı türlerden veya saf ırkların üstün niteliklerinden yararlanılır. Klasik melezleme yönteminde genomdaki karakterler baskın veya çekinik olma özelliklerine göre yavru bireylerde tesadüfi dağılım göstermekte bu nedenle de istenilen karakterlerin sahip olduğu yeni tiplerin elde edilmesi uzun süreli bir dizi melezleme çalışmalarını gerektirmektedir. Bu nedenle moleküler markör destekli seçim (MAS) daha etkili ve kısa sürede sonuç alınmasını sağlamaktadır. Bu yöntemle belli karakterleri kontrol eden genlerin kromozomlar üzerindeki yerlerinin belirlenmesi amacıyla melez bireylerde bağlantı (QTL - Kantitatif karakter lokusu) ve ilişkilendirme (Association) haritalama çalışmaları yapılabilmektedir (İpek vd., 2016). Örneğin don stresi ile birlikte ifadesi değişen genlerin belirlenmesi amacıyla, diğer yaklaşımlara göre daha üstün özelliklere sahip, don stresine toleransı sağlayan patentlenebilir genlerin tespit edilmesi için RNA dizileme teknolojisi kullanılarak transkriptom profillemeye çalışması gerçekleştirilmiştir (Guerra vd., 2015).

Öte yandan abiyotik ve biyotik stres faktörlerine dayanıklılık özelliklerinin çoklu/bağılantılı genler tarafından düzenleniyor olması sebebiyle geleneksel ıslah çalışmalarıyla etkili sonuca ulaşmak neredeyse imkânsız olmaktadır. Bu nedenle belirlenen hedef genin biyoteknolojik yöntemlerle aktarılmasıyla genetiği değiştirilmiş organizma (GDO) veya transgenik olarak adlandırılan yeni bireylerin elde edilmesi yoluyla etkili sonuca ulaşılabilir. 1984 yılında ilk transgenik tütün bitkisi elde edildikten sonra bu alandaki gelişmeler hız kazanmıştır (Horsch vd., 1985). Gen transferinin yapılabilmesi için öncelikle genin tanımlanması gerekmektedir. Sonrasında kimyasal, fiziksel ve biyolojik yöntemlerle genin bitki hücrelerine girişi sağlanmaktadır. Bu amaçla çeşitli kimyasallar, kullanıldığı gibi fiziksel olarak elektroporasyon, mikroenjeksiyon, partikül bombardıman yöntemi; biyolojik olarak virüs veya bakteri gibi mikroorganizmalar kullanılmaktadır (Lemaux, 2008). Bitkilerde *Agrobacterium tumefaciens* aracılığıyla gen aktarımı en yaygın kullanılan yöntemdir. Bu yöntemle çok farklı üstün özelliklere sahip yeni bitki çeşitleri geliştirilmesi mümkün olmuştur (Hwang vd., 2017; Nonaka vd., 2017; Aliu vd., 2022). Ticari olarak kullanılan transgenik bitkilerin herbisitlere dayanıklı, zararlı böceklerle dayanıklı ve hastalıklara dayanıklı çeşitler olmak üzere üç başlık altında yoğunlaştığı görülmektedir.

3. BİYOÇEŞİTLİLİK EKSENİNDE BİYOTEKNOLOJİ UYGULAMALARININ POTANSİYEL RİSKLERİ

Biyoteknolojideki gelişmeler özellikle de GDO'lar pek çok soruyu ve riski de beraberinde getirmiştir. Potansiyel endişe oluşturan riskler aşağıda 4 maddede toplanmıştır.

- 1) *Doğada dayanıklı türlerin ortaya çıkması ve türler arası gen alışverişi*: En önemli endişeler biyoteknolojik çalışmalar sonucu geliştirilen GDO'lar sonucu doğada dayanıklı genotiplerin ortaya çıkabilme ve doğadaki türler arasında gen alışverişi olasılığı hakkındadır. Bu durumun gerçekleşme potansiyeli uygulamadan önce

değerlendirilir ve ürün ekildikten sonra da takibi yapılır. Ayrıca uygulamada arazi çevresine geleneksel çeşitlerin de bulundurulması suretiyle diğer organizmalarla olan doğal dengenin korunması sağlanmaktadır. Dolayısıyla biyogüvenlik düzenlemelerin gerektirdiği gibi, GDO'lu ürünlerin hem piyasaya sürülmeden önce hem de ticarileştikten sonra ürün bazında uzun süreli değerlendirmelerinin yapılması önemlidir.

- 2) *Tek tip üretim ve gıda güvenliği*: Biyoteknolojik uygulamalarla ilgili diğer bir endişe ise, belli bir amaca yönelik tek tip üretim yapılması olasılığı, uzun vadede gıda güvenliği açısından bir tehdit oluşturma potansiyeli hakkındadır. Dünyada 2050 yılında fosillerden oluşturulan enerji kaynaklarının önemli ölçüde tükeneceği düşünülmektedir. Bu durum, yenilenebilir biyolojik kaynakların kullanım ve idaresini gözden geçirme ihtiyacını doğurmuştur. Özellikle Avrupa ekonomisi büyük ölçüde fosil kaynaklara bağımlıdır ve bunun tükenmesi, petrol sonrası yeni bir döneme geçiş yapılacağını göstermektedir. Smolker (2008)'e göre insanoğlu fosil yakıt enerjisini bitki biyokütle enerjisi (biyoenerji) ile ikame edemezse (ki buna mahkûm) mevcut durumun devamı için enerji tüketiminde kısıtlama kaçınılmaz olacaktır. Dolayısıyla çok iyi planlanmış biyoekonomi stratejilerine ihtiyaç vardır. Biyoekonominin lokomotifinin tarım sektörü olacağı öngörülmektedir. Dolayısıyla tarım odaklı sürdürülebilir kalkınma için dünya genelinde azalan enerji kaynaklarına karşın her geçen gün yeni keşiflerle gelişen biyoenerji, önemli bir kaynak oluşturmaktadır. Bu anlamda sınırlı miktarda olup gittikçe azalan nitelikli tarım alanlarında, gıda ve yem üretiminin yanısıra biyoenerji üretilebilecek türden bitki yetiştiriciliğinin de yapılacak olması gıda ihtiyacı ile enerji ihtiyacını karşı karşıya getirme riski taşımaktadır.
- 3) *Biyçeşitlilik kaybı*: Biyoteknolojideki gelişmeler, üreticiler ve gelişmekte olan ülkeler açısından genetik kaynakların kaybına ilişkin korkuları artırmıştır. Bu durum, tarımsal biyoçeşitliliğin korunmasıyla ilişkili bazı politikaların ve yasal düzenlemelerin yapılmasını gerektiriyordu. Bu ihtiyaca cevap vermek için oluşturulan politikalardan biri, 29 Ekim 2010 tarihinde Japonya'nın Nagoya kentinde düzenlenen Taraflar Konferansı'nın 10. toplantısında kabul edilen Biyolojik Çeşitlilik Sözleşmesi'dir. Nagoya Protokolü olarak adlandırılan bu protokol aracılığıyla, biyoteknoloji endüstrisinin genetik kaynaklara erişimi yönetmesi ve faydaların adil ve eşit paylaşımını sağlaması için yasal bir çerçeve oluşturulmuştur (UN, 2011).
- 4) *Genetik kaynaklara erişim*: Biyoteknolojide yaşanan hızlı gelişme bu alanda geri kalmış ülkelerde dışa bağımlılığı arttıracak olup endişe ile karşılanmaktadır. Bu konuda yapılan çalışmalar sonucu "canlı organizmaların ve parçalarının patentlenebilir olarak görülmesi" genetik kaynaklara erişimi sınırlandıracak

veya maliyetli hale getirecektir. Örneğin, ıslah çalışmalarında belirli özellikleri iyileştirmek için kullanılan genler, patent hakkı ödenerek kullanılmaktadır. Bunun için yasal düzenlemeler, uluslararası anlaşmalar yapılmasının yanısıra ulusal yönetmelikler, kanun ve düzenlemeler önemli hale gelmektedir. Bu nedenle ulusal materyallere sahip çıkılması adına genetik tanımlamaların yapılması, koruma altına alınması, ulusal gen bankalarının oluşturulması oldukça önemlidir.

4. SONUÇ VE ÖNERİLER

Biyoteknoloji, içinde bulunduğumuz yüzyılın en önemli teknolojilerinden birisi olarak adlandırılmaktadır. Özellikle tarım ve tıp alanlarında çiftçiler ve toplumun tüm bireyleri için oldukça geniş bir yelpazede değer bulmuş, her geçen gün de yeni bir uygulama alanı ve ürünle etkisini arttırmaya devam etmektedir. Biyoteknoloji uygulamaları değerlendirildiğinde biyoçeşitliliğin arttırılmasından mevcut canlıların tanımlanması, korumaya alınması ve uzun süreli muhafaza edilmesine varan etkisini görmekteyiz. Gen bankalarının oluşturulması sayesinde bu materyallerin ıslahçıların kullanımına sunulması neticesinde biyoçeşitlilikten sadece günümüzde değil gelecekte de yararlanabilme olanağı oluşmaktadır. Ayrıca mevcut bilgilerimize önemli katkılar yaparak bu alanda ilerleme fırsatları sunmaktadır. Bu bilgiler, artan nüfus, küresel iklim değişiklikleri, azalan doğal kaynaklar gibi çevresel kısıtlar/tehditler altında bizlere biyoçeşitlilik konusunda daha fazla etki yapabilme imkânı vermektedir. Bunun için de dünya genelindeki strateji ve politikalarla uyumlu bir şekilde ülkesel stratejilerin ve eylem planlarının oluşturularak bu alandaki teknolojik ilerlemelerin önünün açılması ve desteklenmesi kritik öneme sahiptir. Bu anlamda;

- Genetik kaynakların toplanması, incelenerek envanterinin çıkarılması,
- Gen kaynaklarının modern biyoteknoloji yöntemleri ile korunması, değerlendirilmesi, karakterize edilmesi,
- Canlılığının uzun süre muhafaza edilmesi ve etkin bir şekilde ıslahçıların kullanımına açılması,
- Biyoçeşitlilik hakkında özellikle 'biyoteknoloji stratejisi ve eylem planı', 'biyogüvenlik yasası', 'biyoekonomi stratejisi' gibi yasal düzenlemelerin ülkesel kaynaklar ve teknolojik gelişmeler doğrultusunda oluşturulması, periyodik olarak gözden geçirilmesi

son derece önemlidir. Dolayısıyla Biyoçeşitlilik konusunda doğayla barışık, sürdürülebilir çözümler için hedefimiz bütünsel ve bütünlük bir yaklaşımla biyoteknolojinin sunduğu imkanları sadece kullanmak/uygulamak değil aynı zamanda bu teknolojiyi geliştirmek olmalıdır.

KAYNAKLAR / REFERENCES

- Aliu, E., Lee, K. & Wang, K. (2022). CRISPR RNA-guided integrase enables high-efficiency targeted genome engineering in *Agrobacterium tumefaciens*. *Plant Biotechnology Journal*, 20, 1916–1927.
- Amman, K. (2005). *Effects of Biotechnology on Biodiversity: Herbicide-Tolerant and Insect-Resistant GM Crops*. K. Amman (Ed.). *Trends in Biotechnology* DOI:10.1016/j.tibtech.2005.06.008.
- Arısoy, H. & Avcı, Y. (2020). Türkiye'nin biyoekonomi politikalarının tarımsal açıdan değerlendirilmesi. *Iğdır Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 10(4), 2999-3009.
- BIOTECH GATE (2019). BIOTECH GATE Global Database. www.biotechgate.com adresinden alınmıştır (Erişim Tarihi: 19.09.2023).
- Cansev, A., Gulen, H. & Eris, A. (2009). Cold-hardiness of olive (*Olea europaea* L.) cultivars in cold-acclimated and non-acclimated stages: Seasonal alteration of antioxidative enzymes and dehydrin-like proteins. *Journal of Agricultural Science*, 147: 51-61.
- Cooper, L.M., Lipper, L.M. & Zilberman, D. (2005). Agricultural Biodiversity and Biotechnology in Economic Development. *Natural Resource Management and Policy*, DOI:10.1007/b107322.
- de Vicente, M.C. & Andersson, M.S. (2006). DNA banks—providing novel options for genebanks? Topical Reviews in Agricultural Biodiversity. *International Plant Genetic Resources Institute*, ISBN-10: 92-9043-702-2.
- Dirlewanger, E., Cosson, P., Tavaud, M., Aranzana, J., Poizat, C., Zanetto, A., Arús, P. & Laigret, F. (2002). Development of microsatellite markers in peach [*Prunus persica* (L.) Batsch] and their use in genetic diversity analysis in peach and sweet cherry (*Prunus avium* L.). *Theoretical and Applied Genetics*, 105(1): 127-138.
- Dyson, F. (2007). Our biotech future. The New York Review. <https://www.nybooks.com/articles/2007/07/19/our-biotech-future/> adresinden alınmıştır (Erişim Tarihi: 25.11.2023).
- FAO (1999). Glossary of Biotechnology and Genetic Engineering. *FAO Research and Technology Paper*.
- FAO (2019). *The State of the World's Biodiversity for Food and Agriculture*, J. Bélanger & D. Pilling (eds.). FAO Commission on Genetic Resources for Food and Agriculture Assessments. Rome. 572 pp. <http://www.fao.org/3/CA3129EN/CA3129EN.pdf> adresinden alınmıştır (Erişim Tarihi: 25.11.2023).
- Floyd, R., Abebe, E., Papert, A. & Blaxter, M. (2002). Molecular barcodes for soil nematode identification. *Molecular Ecology*, 11, 839-850.
- Ganal, M.W., Polley, A., Graner, E.M., Plieske, J., Wieseke, R., Luerksen, H. & Durstewitz, G. (2012). Large SNP Arrays for Genotyping in Crop Plants. *Journal of Bioscience*, 37(5), 821-8.
- German Bioeconomy Council. (2018). Bioeconomy Policy (Part III): Update Report of National Strategies Around the World. https://bioekonomierat.de/fileadmin/Publikationen/berichte/GBS_2018_Bioeconomy-Strategies-around-the-World_Part-III.pdf [10.12.20] adresinden alınmıştır (Erişim Tarihi: 18.09.2023).

- Guerra, D., Lamontanara, A., Bagnaresi, P., Orrù, L., Rizza, F., Zelasco, S., Beghè, D., Ganino, T., Pagani, D., Cattivelli, L. & Mazzucotelli, E. (2015). "Transcriptome changes associated with cold acclimation in leaves of olive tree (*Olea europaea* L.)". *Tree Genetics & Genomes*, 11:113.
- Gulen, H., Arora, R., Kuden, A., Krebs, S.L. & Postman, J. (2002). Peroxidase isozyme profiles in compatible and incompatible pear/quince graft combinations. *Journal of American Society for Horticultural Science*, 127(2), 152-157.
- Gulen, H., Ipek, A., Ergin, S., Akcay, M.E. & Eris, A. (2010). Assessment of genetic relationship among 29 introduced and 49 local sweet cherry accessions in Turkey using AFLP and SSR markers. *Journal of Horticultural Science & Biotechnology*, 85(5), 427-431.
- Guo, M., Yuan, C., Tao, L., Cai, Y. & Zhang, W. (2022). Life barcoded by DNA barcodes. *Conservation Genetics Resources*, 14: 351-365.
- Gülmez, M., Budak, M., Korkmaz, E.M., Hastaoğlu Örgen, S. & Başbüyük, H.H. (2022). Characterization and taxonomic utility of ITS2 in *Dolerus* Panzer, 1801 (Hymenoptera: Tenthredinidae). *Turkish Journal of Entomology*, 46(1), 13-23.
- Hebert, P.D., Ratnasingham, S. & deWaard, J.R. (2003). Barcoding animal life: cytochrome c oxidase subunit 1 divergences among closely related species. *Proceeding of Biological Science*, 270, 96-99.
- Hodkinson, T.R., Waldren, S., Parnell, J., Kelleher, C., Salamin, K. & Salamin, N. (2007). DNA banking for plant breeding, biotechnology and biodiversity evaluation. *Journal of Plant Research*, 120, 17-29.
- Horn, I.R., Verleg, P.A., Ibrahim, N.Z., Soeleman, K., van Kampen, F., Ruesen, M.O., Reulen, N.M., Breij, H., Bakker, R.J. & Gravendeel, B. (2020). Mushroom DNA barcoding project: Sequencing a segment of the 28S rRNA gene. *Biochemical and Molecular Biology Education*, 48(4), 404-410.
- Horsch, R.B., Fry, J.E., Hoffmann, N.L., Eichholtz, D., Rodgers, S.G. & Fraley, R.T. (1985). A simple and general method for transferring genes into plants. *Science*, 227, 1229-1231.
- Hwang, H., Yu, M. & Lai, E. (2017). "Agrobacterium-Mediated Plant Transformation: Biology and Applications," The Arabidopsis Book. Published By: The American Society of Plant Biologists. URL: <https://doi.org/10.1199/tab.0186>
- Ipek, A., Gulen, H., Akcay, M.E., Ipek, M., Ergin, S. & Eris, A. (2011). Determination of self-incompatibility groups of sweet cherry genotypes from Turkey. *Genetic and Molecular Research*, 10(1), 253-260.
- Ipek, A., Yilmaz, K., Sıkıcı, P., Aktepe Tangu, N., Öz, A. T., Bayraktar, M., İpek, M. & Gülen, H. (2016). SNP discovery by GBS in olive and the construction of a high-density genetic linkage map. *Biochemical Genetics*, 54, 313-325.
- İslam, A., Orta, H., Aka Kaçar, Y. & Dönmez, D. (2023). Genetic diversity of cherry laurel (*Laurocerasus officinalis* Roemer) by SSR markers. *Journal of Agricultural Sciences (Tarım Bilimleri Dergisi)*, 29(1): 239-248. DOI: 10.15832/ankutbd.930258

- Kesici, M., Ipek, A., Ersoy, F., Ergin, S. & Gulen H. (2020). Genotype-dependent gene expression in strawberry (*Fragaria x ananassa*) plants under high temperature stress. *Biochemical Genetics*, 58(6), 848-866
- Lemaux, P.G. (2008). Genetically Engineered Plants and Foods: A Scientist's Analysis of the Issues (Part I). *Annual Review of Plant Biology*, 59:771-812.
- Nonaka, S., Someya, T., Zhou, S., Takayama, M., Nakamura, K. & Ezura, H. (2017). An *Agrobacterium tumefaciens* strain with gamma-aminobutyric acid transaminase activity shows an enhanced genetic transformation ability in plants. *Scientific Report*, 7, 42649.
- OECD (2009). The bioeconomy to 2030. Designing a policy agenda. Organization for Economic Co-operation and Development, http://biotech2030.ru/wpcontent/uploads/docs/int/The%20Bioeconomy%20to%202030_OECD.pdf adresinden alınmıştır.
- OECD (2021). Key Biotechnology Indicators, <http://oe.cd/kbi>; and OECD, Main Science and Technology Indicators Database, www.oecd.org/sti/msti.htm adresinden alınmıştır (Erişim Tarihi: 25.11.2023).
- Parveen, I., Singh, H.K., Raghuvanshi, S., Pradhan, U.C. & Babbar, S.B. (2012). DNA barcoding of endangered Indian Paphiopedilum species. *Molecular Ecology Resource*, 12, 82-90.
- Paunescu, A. (2009). Biotechnology for Endangered Plant Conservation: A Critical Overview. *Romanian Biotechnological Letters*, 14, 4095-4103.
- Reed, B., Sarasan, V., Kane, M., Eric Bunn, E., & Pence, V. (2011). Biodiversity Conservation and Conservation Biotechnology Tools. *In Vitro Cellular and Developmental Biology-Plant*, 47, 1-4.
- Roca, W., Espinoza, C. & Panta, A. (2004). Biotechnology: Tools for Agricultural Applications of Biotechnology and the Potential for Biodiversity Valorization in Latin America and the Caribbean. *AgBioForum*, 7(1&2), 13-22.
- SAVV (2016). A Global Biotechnology Perspective Report. Across the Universe. The 8th. Annual WorldView Scorecard: Biotech's Deepest Dive to Date. https://static.scientificamerican.com/wv/assets/2016_SciAmWorldView.pdf adresinden alınmıştır (Erişim Tarihi: 25.11.2023).
- SBB (2019). Türkiye Cumhuriyeti Cumhurbaşkanlığı Strateji ve Bütçe Başkanlığı, On Birinci Kalkınma Planı (2019-2023). https://www.sbb.gov.tr/wp-content/uploads/2022/07/On_Birinci_Kalkinma_Planı-2019-2023.pdf adresinden alınmıştır (Erişim Tarihi: 18.09.2023).
- Singh, R.B. (2000). Biotechnology, Biodiversity, and Sustainable Agriculture: A Contradiction. http://www.bic.searca.org/seminar_proceedings/bangkok-2000/H-plenary_papers/singh.pdf adresinden alınmıştır (Erişim Tarihi: 25.11.2023).
- Smolker, R. (2008). The New Bioeconomy and the Future of Agriculture. Dialogue: Development, 51, 519- 526, https://secure.palgrave-journals.com/development/.../dev_200867a.htm adresinden alınmıştır.

- TAGEM (2013). Biyoekonomi Çalıştay Raporu. T.C. Gıda Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı, Tarımsal Araştırmalar ve Politikalar Genel Müdürlüğü, https://kutuphane.tarimorman.gov.tr/pdf_goster?file=69b23fb501bc08c2802f7d87869202a7#book/ adresinden alınmıştır (Erişim Tarihi: 18.09.2023).
- Thieman, W.J. & Palladino, A. (2013). *Introduction to Biotechnology*. 3rd. Edition. Pearson ISBN-13: 9780137533220, 400pp.
- UN (2011). Nagoya Protocol on Access to Genetic Resources and the Fair and Equitable Sharing of Benefits Arising from their Utilization to the Convention on Biological Diversity. Secretariat of the Convention on Biological Diversity, United Nations Environmental Programme ISBN: 92-9225-306-9. <https://www.cbd.int/abs/doc/protocol/nagoya-protocol-en.pdf> adresinden alınmıştır (Erişim Tarihi: 25.11.2023).
- Vos, P., Hogers, R., Bleeker, M., Reijans, M., van de Lee, T., Hornes, M., Frijters, A., Pot, J., Peleman, J. & Kuiper, M. (1995). AFLP: a new technique for DNA fingerprinting. *Nucleic Acids Research*, 23(21), 4407-14.
- Wünsch, A. & Hormaza, J.I. (2002). Cultivar identification and genetic fingerprinting of fruit tree species using DNA markers. *Euphytica*, 125(1), 59-67.

Yazar Hakkında / About Author

Prof. Dr. Hatice GÜLEN | İstinye Üniversitesi |

hatice.gulen[at]istinye.edu.tr | ORCID: 0000-0001-7586-3108

1967 yılında Adana'da doğan Hatice Gülen, Çukurova Üniversitesi Ziraat Fakültesi Bahçe Bitkileri Bölümünde Lisans (1988), Yüksek Lisans (1992), doktora (2000) eğitimini tamamladı. 1998-1999 yıllarında TÜBİTAK burslusu olarak West Virginia Üniversitesinde (ABD) doktora çalışmalarını bitki moleküler fizyolojisi konusunda yürüttü. Yunanistan'da; İsrail'de ve Amerika'da bitki genetiği ve biyoteknolojisi konularında çalışmalar yaptı. 2000 yılında çalışmaya başladığı Uludağ Üniversitesinde 2005 yılında Doçent, 2011 yılında Profesör unvanlarını aldı. 2013-2016 yıllarında Moleküler Biyoloji ve Genetik Lisansüstü ve Lisans Programlarının kurulmasında görev aldı. 2011-2015 yıllarında Ziraat Fakültesi Dekan Yardımcılığı, kalite ve akreditasyon süreçlerinin koordinasyonunda; Rektörlükte kalite çalışmalarında görev yaptı. 2016 yılından sonra akademik çalışmalarına İstanbul Bilgi Üniversitesinde devam etti. Genetik ve Biyomühendislik Bölümünde Bölüm Başkanlığını ve Fakültede akreditasyon çalışmalarını yürüttü. 2021 yılında İstinye Üniversitesi'nde Rektör Yardımcısı olarak göreve başladı. Son yıllarda yeşil biyoteknolojiyle ilgili disiplinlerarası projeler yürütmektedir. MÜDEK Program Akreditasyonu ve YÖKAK değerlendircisidir. Danışmanlığında yürütülen yüksek lisans ve doktora tezleri, makaleleri, 3 ulusal, 1 uluslararası patenti vardır.

Prof. Dr. Hatice GÜLEN | Istinye University |

hatice.gulen[at]istinye.edu.tr | ORCID: 0000-0001-7586-3108

Hatice Gülen, born in Adana in 1967, graduated from Çukurova University, Faculty of Agriculture, Department of Horticulture in 1988. She had MSc degree in 1992, Ph.D. degree in 2000 after she carried out her thesis on plant molecular physiology at West Virginia University (USA) as a TUBITAK scholar between 1998-1999. She studied plant genetics and biotechnology in Greece, Israel and USA. She started working at the Uludağ University in 2000 and became an Associate Professor in 2005 and Professor in 2011. She took an active role in the establishment of the Molecular Biology and Genetics graduate and undergraduate programs between 2013-2016. She served as the Vice Dean of the Faculty of Agriculture, coordinated accreditation process and took place in quality studies at the Rectorate. She continued her academic studies at Istanbul Bilgi University after 2016 as head of the department of Genetics and Bioengineering. She has been involved in many interdisciplinary projects related to green biotechnology. She is a MÜDEK Accreditation evaluator and YÖKAK evaluator. She has supervised graduate thesis and published many papers. She holds 3 national and 1 international patents.

