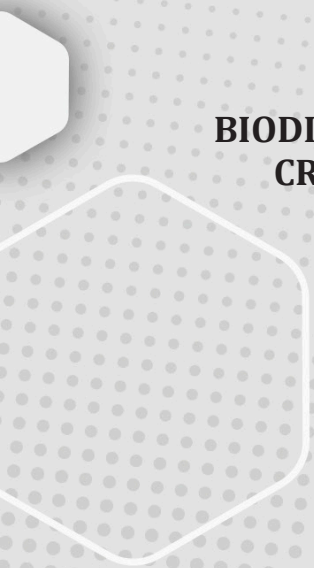


**TARIMSAL ÜRÜNLERDE BİYOÇEŞİTLİLİĞİ KORUMA
STRATEJİLERİ: UZUN SÜRELİ DEPOLAMA İÇİN
BİYOTEKNOLOJİDEN YARARLANMA**

**BIODIVERSITY CONSERVATION STRATEGIES IN AGRICULTURAL
CROPS: HARNESSING BIOTECHNOLOGY FOR LONG-TERM
STORAGE**

**Ekrem GÜREL
Dipul Kumar BISWAS
Sarah JORJANI
Nour ALAWAD
Ömer Can ÜNÜVAR
Mehmet ÖRGEÇ
Songül GÜREL**



TARIMSAL ÜRÜNLERDE BİYOÇEŞİTLİLİĞİ KORUMA STRATEJİLERİ: UZUN SÜRELİ DEPOLAMA İÇİN BİYOTEKNOLOJİDEN YARARLANMA

***Ekrem GÜREL, Dipul Kumar BISWAS, Sarah JORJANI, Nour ALAWAD,
Ömer Can ÜNÜVAR, Mehmet ÖRGEÇ, Songül GÜREL***

Bolu Abant İzzet Baysal Üniversitesi

Özet

Bitki genetik kaynakları tüm gen varyasyonları dahil olmak üzere tarım amaçlı kullanılan bitki türleri ve ilgili türlerin yabani akrabalarının genetik materyalinin tamamını kapsamaktadır. Bu kaynaklar tarım ürünlerinin direnç ve toparlanma kapasitesinin ve kalitesinin artırılmasında hayati önem arz etmektedir. Artan nüfus ve küresel iklim değişikliği ilgili genetik kaynaklara olan talebin de artmasına neden olacaktır. Bazı değerli genetik kaynaklar çevresel etkiler ve genetik erozyon sebebiyle halihazırda yok olmuştur. Genetik çeşitliliğin korunması sürdürülebilir gıda güvenliği ve dolayısıyla ekosistem için zorunludur. Etkili koruma sağlayabilmek amacıyla hem in-situ hem de ex-situ yöntemlerin tamamlayıcı yaklaşımlar ile birleştirilmesi önerilmektedir ve bu genetik kaynaklar biyoçeşitliliği sürdürmek amacıyla biyoteknolojik yaklaşımlar kullanarak yerel çeşitler, doğal türler ve modern türler ile çeşitlendirilmelidir. Ayrıca dondurarak muhafaza (cryopreservation), yeni nesil dizileme teknolojileri, moleküler markörler, genetik depolama ve in vitro kültür gibi biyoteknolojik yöntemlerdeki ilerlemeler nadir ve nesli tükenmekte olan türlerin karakterize edilmesi ve korunmasına yardımcı olmaktadır. Bu çalışma bitki genetik kaynaklarının çeşitliliğinin korunması ve sürdürülebilir küresel gıda güvenliğinin sağlanması için son zamanlarda atılan adımların altını çizmek amacıyla kaleme alınmıştır.

Anahtar Kelimeler

Biyοçeşitlilik, Genetik kaynaklar, Sürdürülebilir tarım, Gıda güvenliği

BIODIVERSITY CONSERVATION STRATEGIES IN AGRICULTURAL CROPS: HARNESSING BIOTECHNOLOGY FOR LONG-TERM STORAGE

***Ekrem GÜREL, Dipul Kumar BISWAS, Sarah JORJANI, Nour ALAWAD,
Ömer Can ÜNÜVAR, Mehmet ÖRGEÇ, Songül GÜREL***
Bolu Abant İzzet Baysal University

Abstract

Plant genetic resources (PGRs) encompass the entire genetic material found in crop species and their wild relatives, including all gene variations. These resources are of vital importance in increasing the resistance and resilience capacity and quality of agricultural products. Increasing population and global climate change will lead to an increase in the demand for these genetic resources. Some valuable genetic resources have already been lost due to environmental impacts and genetic erosion. Preserving genetic diversity is essential for sustainable food security; therefore, the ecosystem. To achieve effective conservation, it is advisable to combine both in-situ and ex-situ conservation methods as complementary approaches, and these genetic resources should be diversified with local varieties, natural species and modern species using biotechnological approaches in order to maintain biodiversity. Additionally, progress in biotechnological methods such as cryopreservation, next-generation sequencing technologies, molecular markers, genetic storage and in vitro culture helps characterize and preserve rare and endangered species. This study was written to underline the steps taken recently to protect the diversity of plant genetic resources to ensure sustainable global food security.

Keywords

Biodiversity, Genetic resources, Sustainable agriculture, Food security

1. GİRİŞ

Bitki biyoçeşitliliğinin korunması sürdürülebilir tarım faaliyetlerinin devamı için önümüzde duran en önemli hususlardan biridir. İnsan kaynaklı faaliyetler (toprağın yanlış kullanımı, kontrolsüz gübre kullanımı, iklim değişikliğini hızlandırıcı etkiler), yerli olmayan türlerin yayılımı ve süregelen yabancı ot sorunları bitki çeşitliliği üzerinde ciddi etkilere sebep olmaktadır. Bu etkiler nesli tükenme tehlikesinde olan türlerin günbegün artan sayısında da gözlemlenmektedir. Daha birçok etkiyle karşı karşıya kalan ve zengin doğal kaynak deposu olmasının yanında ekosistem açısından hayati önem taşıyan bitki biyoçeşitliliğinin korunması elzemdir.

Bir türün veya popülasyonun üyeleri arasında var olan genetik düzeydeki farklılıkların tümüne genetik çeşitlilik denmektedir ve bu çeşitlilik kalıtım sürecinde genetik materyallerinin değişime uğraması, mutasyonlar, göç yoluyla gen akışı ve zaman içinde gerçekleşen rastgele genetik değişiklikler gibi faktörler ile meydana gelmektedir (Bhandari vd., 2017; Minter vd., 2022). Bu çeşitlilik DNA dizilerinde, epigenetik modellerde, protein yapılarında, fizyolojik özelliklerde ve fiziksel özelliklerde farklılıklar olarak kendini gösterir. Bitki ve hayvan ekosistemlerinin genetik bileşimi üreme sürecine katılan bireylerin taşıdığı genetik materyalle şekillenmektedir. Genetik çeşitlilik popülasyonların seçimini ve evrimini yönlendirmede çok önemli bir rol oynar. Mahsul türleri söz konusu olduğunda bu seçim doğal olarak gerçekleşebilir ve/veya popülasyon içindeki mevcut varyasyona bağlı olarak insan müdahalesinden etkilenebilir (Govindaraj, Vetriventhan, & Srinivasan, 2015; Hasan & Abdullah, 2015). Bilindiği üzere genetik çeşitlilik biyotik (zararlı böcekler, mikroorganizmalar vb.) ve abiyotik (kuraklık, sıcaklık, pH vb.) stres kaynaklarına karşı bitkilerin direnç (resistance) ve toparlanma kapasitelerini (resilience) güçlendiren bir genetik materyal mühimmatı oluşturduğu için büyük öneme sahiptir. Çeşitli çevresel değişim zamanlarında ürün çeşitliliğinin korunmasına olanak sağlar ve türlerin yok oluşunu engeller. Genetik çeşitlilik ekosistem hizmetlerine sunduğu katkıların yanında çiftçi için de büyük önem arz etmektedir. Çeşitli streslere dayanıklı türlerin varlığı ve melez türlerin doğal ve/veya yapay oluşumu tarımsal sürdürülebilirliği arttırmaktadır (Joshi vd., 2023; Romesh Kumar Salgotra & Chauhan, 2023a).

Bitki biyoçeşitliliğinin korunması in-situ (doğal ortamında) veya ex-situ (doğal ortamının dışında; tohum bankaları, saha gen koleksiyonları, botanik bahçeleri vb.) yaklaşımlarla gerçekleştirilmektedir. İki koruma yöntemi de birbirini tamamlayan nitelikte olup koruma için farklı seçenekler sunmaktadır (Cruz-Cruz, González-Arno, & Engelmann, 2013; Mounce, Smith, & Brockington, 2017). Uygun stratejinin seçimi türün özelliklerine ve seçilen tekniklerin uygulanabilirliğini de içeren çeşitli faktörlere bağlıdır. Bazı durumlarda

ex-situ koruma belirli türlerin yok olmasını önlemek amacıyla uygulanabilecek geçerli tek stratejidir. Örneğin botanik bahçeleri bitki çeşitliliğinin korunması ve kapsamlı çalışmalara zemin hazırlamasından dolayı ex-situ çalışmalarda önemli rol oynamaktadırlar (Dulloo, Hunter, & Borelli, 2010; Rajpurohit & Jhang, 2015; Mondal, 2016). Özellikle bitki biyoteknolojisindeki in-vitro yetiştirme ve moleküler biyoloji alanındaki gelişmeler bitki çeşitliliğinin korunması ve kontrolünün arttırılması için önemli araçlar sunmuşlardır. Bu yöntemler kısa, orta ve kalıcı koruma çabaları da dahil olmak üzere dirençli bitkilerin ve genetik değişkenliğin korunmasına olanak tanımaktadırlar (Radhika, 2018; Kulak vd., 2022; Romesh Kumar Salgotra & Chauhan, 2023a).

Bu çalışma artan dünya nüfusu ve küresel iklim değişikliğinin getirdiği sorunlar göz önünde bulundurularak bitki genetik kaynaklarının korunması ve sürdürülebilir kullanımına ilişkin kritik küresel kaygıya kısa ve öz bir bakış sunmaktadır.

2. BİTKİ GENETİK KAYNAKLARININ ÇEKİRDEK (GERMPLAZM) KOLEKSİYONU

Bitki türlerinin genetik çeşitliliği biyoteknoloji, orman, tarım ve bahçecilik gibi ekolojik ve küresel ekonomi üzerinde hayati bir etkiye sahiptir. İklim değişikliği, çevresel stres, bozulmuş topraklar ve azalan biyolojik çeşitlilik sorunları küresel düzeyde önem arz eden zorluklar olarak ortaya çıkmıştır (Karamatlou vd., 2023; Zhu vd., 2022). Bu nedenle tarımsal sistemlerin sürdürülebilirliğini korumak küresel gıda güvenliği açısından kritik bir rol oynamaktadır. Genetik çeşitliliği kullanarak değişen çevre koşullarından kaynaklanan biyotik ve abiyotik stres kaynaklarına karşı direnç elde etmek önemlidir (Salgotra & Chauhan, 2023). Ayrıca Leipzig Bildirisi'nde (Virchow, 2003) genetik savunmasızlığı ve zorlu koşullarda gıda sıkıntılarını önlemek amacıyla tohum ve bitkilerin korunması önerilmiştir. Mahsullerin yabani akrabaları, nadir mahsul türleri ve bitki genetik kaynaklarının yerel çeşitlerinin arzu edilen tarımsal özelliklerin önemli kaynakları olduğu gösterilmiştir. Bitki genetik kaynaklarının korunması ve omik(s) verilerine erişimin sağlanması, gelişmiş moleküler ıslah teknikleri yoluyla ürün çeşitlerinin geliştirilmesi için çok önemlidir (Renzi vd., 2022; Romesh Kumar Salgotra & Chauhan, 2023b). Yeni bitki çeşitlerinin geliştirilmesinde genetik kaynakları korumanın ve kullanmanın avantajı küçümsenemez. Çünkü bazı türlerin genetik çeşitliliği azalmış ve/veya türler yok olma eğiliminde olduğu için son zamanlarda birçok ülke genetik kaynakların önemini anlamaya başlamış ve bu durum birçok genetik kaynak bankasının kurulmasına yol açmıştır (Deng vd., 2015). Genel olarak belirli yöntemler kullanılarak seçilen tüm germ plazma kaynağının bir alt kümesi olan bir çekirdek koleksiyon tüm kaynağın genetik çeşitliliğini mümkün olan en az sayıda örnekle temsil etmeyi amaçlar (Marshall & Brown, 1975). Bir çekirdek koleksiyonun oluşturulması veri güvenilirliğini, moleküler işaretleyici fenotip ilişkileri çalışmalarını, genotip basitleştirmesini, germ plazma kullanımında artan yeterliliği ve ayrıca gelişmiş yetiştirme süreçlerini artırmıştır (Mahmoodi vd., 2019). Çekirdek koleksiyonların inovasyon süreçleri

seçim yöntemleri, çekirdek boyutunun belirlenmesi ve analitik yöntemleri kapsayan farklı bakış açıları ile kapsamlı araştırmalara konu olmuştur. Çekirdek koleksiyon fikri yirmi yılı aşkın bir süre önce Frankel tarafından ortaya atıldığından bu yana çekirdek koleksiyonların hem teorik hem de pratik yönlerini kapsayan ciddi miktarda araştırma yapılmıştır. Bitki genetik kaynaklarının kullanımını artırmak için çekirdek koleksiyonlarının oluşturulması gıda ve tarım alanında koruma ve kullanma konusundaki küresel stratejiye göre önemli aşamalardan biri olarak önerilmiştir. (FAO, 1996). Bir çekirdek koleksiyon oluşturma süreci tipik olarak dört temel adımı içermektedir.

1. Verilerin toplanması ve düzenlenmesi,
2. Girdilerin sınıflandırılması,
3. Örneklem stratejilerinin oluşturulması,
4. Çekirdek setin incelenmesi ve değerlendirilmesi (Odong vd., 2013).

Fenotipik özellikler ve moleküler markörler çekirdek koleksiyon oluşturmak için kullanılan verilerin çoğunluğunu oluşturur. Tarımsal ve morfolojik özellikler de fenotipik niteliklere dahil edilir (Liu vd., 2020). Genetik çeşitliliği araştırmak için germplazm taraması alanında moleküler markörler daha sık kullanılmaktadır (Rao, 2004).

3. GENETİK ÇEŞİTLİLİĞİ ETKİLEYEN FAKTÖRLER

Genetik çeşitlilik birçok faktörün etkisi ile değişikliğe uğramaktadır. Popülasyonun büyüklüğü, genetik göç, seçilim, gen akışı ve mutasyon çeşitliliği etkileyen ana faktörlerdir. Hem doğal hem de yapay seçilimin zaman içinde üstün genotiplerin desteklenmesi üzerinde önemli bir etkisi vardır ve bu da popülasyondaki gen ve genotipik frekanslarda gözlemlenebilir değişikliklere neden olur. Evrim süreci boyunca bitki türlerinin morfolojisi, fizyolojisi ve biyokimyasal özelliklerinde bir dizi değişiklik yaşanmaktadır. Bu değişimler bitkiler evcilleştirilmeye tabi tutulduğunda farklı yollar izleyebilmektedir (Kantar vd., 2017; Smýkal vd., 2018; Romesh Kumar Salgotra & Chauhan, 2023a). Çok sayıda bitki çeşidi hastalıklara ve zararlılara karşı savunmasız hale gelme tehlikesiyle karşı karşıya kalabilmektedir ve yabani bitki türlerinden genetik materyalin kullanılması dayanıklılığı artırmaya yönelik olası bir yaklaşım olarak ele alınabilir. (Romesh Kumar Salgotra, Thompson, & Chauhan, 2021). Yetiştiriciler evcilleştirme sürecinde tercihlerine göre arzu edilen özellikleri seçmişlerdir (Ross-Ibarra, Morrell, & Gaut, 2007). Ancak yetiştiriciler genellikle maksimum verim, biyotik ve abiyotik stres direnci, geniş adaptasyon yeteneği, azaltılmış tohum kaybı, daha büyük tohum boyutu, erken olgunlaşma ve arzu edilen kalite özellikleri gibi özelliklere sahip ürün çeşitlerine öncelik vermektedirler (Romesh Kumar Salgotra & Chauhan, 2023a). Genetik çeşitliliği etkileyen temel faktörler sonraki bölümlerde ayrıntılı olarak ele alınacaktır.

3.1. Popülasyon büyüklüğü

Sabit popülasyonların darboğazdaki popülasyonlardan daha yüksek çeşitliliğe sahip olması nedeniyle tür çeşitliliğindeki farklılıkları açıklamada popülasyon büyüklüğünün önemli bir rol oynadığı sıklıkla kabul edilmektedir. Nötr bir modelde genetik çeşitlilik yeterli popülasyon büyüklüğüne ve mutasyon oranına bağlıdır (Hague & Routman, 2016; James, 2022). Hague ve Routman'a (2016) göre popülasyon büyüklüğü genetik çeşitliliği etkiler; yüksek yoğunluklu türlerin çeşitliliği daha yüksek olma eğilimi gösterir. Tam zıttı düşünüldüğünde, eğer popülasyon büyüklüğü önemli bir faktör olarak kabul edilmez ise çeşitlilik popülasyon büyüklüğünden bağımsız olarak değişecektir. Bulgular genetik çeşitliliği popülasyon büyüklüğüne bağlayan nötr modellerle uyumlu olup özellikle genetik göçe duyarlı küçük popülasyonlarda çeşitliliğin korunmasındaki önemini vurgulamaktadır (Amos & Harwood, 1998; Hague & Routman, 2016).

3.2. Mutasyonlar

Mutasyonlar DNA'da meydana gelen değişimler ile ortaya çıkan kalıtsal süreçlerdir. Tarımsal ürünlerin özelliklerini etkileyen genetik çeşitliliğin kökeni olarak anılabilirler. Mutasyonlardan kaynaklanan genetik çeşitlilik ilgili bitkinin özelliklerinin çeşitli yönlerini olumlu, olumsuz veya nötr olarak etkileyebilir. DNA mutasyonları, seçim ve genetik göç ile birlikte çalışarak popülasyonlar içindeki alel frekanslarındaki değişiklikler için en önemli katalizörden biridir. Tarımın başlangıcından bu yana mutasyonlar gıda güvenliğinin sağlanmasında hayati önem taşıyan genetik varyasyonların oluşmasında önemli bir rol oynamıştır (Mir vd., 2020). Mutasyon oranları çevresel koşullardaki değişimlere ve/veya belirli bir coğrafi bölgedeki insan popülasyonlarının sosyo-ekonomik dinamikleriyle örtüşen demografik kalıplardaki değişikliklere doğrudan tepki olarak hızlandırılmış ilerleme sergiler (Anderson, Willis, & Mitchell-Olds, 2011). Stresle tetiklenen mutajenez bitkilerde adaptif evrim sürecini hızlandıran çeşitli dış uyaranların uygulanmasının bir sonucu olarak karakterize edilmiştir. Mutajenez bitki stresinin kontrol edilebilmesi için yaygın bir araçtır ve mutasyonları tetiklemek için fiziksel (gama radyasyonu) ve kimyasal (EMS) mutajenez gibi teknikler kullanılmaktadır (Bhoi vd., 2022). Stres kaynaklı mutajenez bitkiler çeşitli çevresel streslerle karşılaştıkları durumlarda ortaya çıkmaktadır ve olası genetik çeşitliliklere zemin hazırlar. Bu değişiklikler genetik materyalde olan eklemeler, çıkarmalar, kopya sayılarındaki değişimler, büyük kromozomal düzenlemeler gibi çeşitli yollarla gerçekleşebilmektedir (Lukačšinová, Novak, & Paixão, 2017; Maharjan & Ferenci, 2017). Bitki yetiştiricileri önceleri yeni mahsul çeşitleri geliştirmek amacıyla genetik çeşitliliğin birincil kaynağı olarak spontan mutasyonlara güveniyorlardı. Modern teknolojiler ise bu süreci hızlandırmak amacıyla kasıtlı mutajenez yöntemini geliştirmiştir. Mutasyonlar mahsul türlerindeki genetik çeşitliliği kasıtlı olarak manipüle ederek biyotik ve abiyotik strese karşı direnç ve toparlanma kapasitesini arttırmanın yanında çeşitli tarım ürünlerinin besin değeri gibi özelliklerini geliştirmek amacıyla kullanılan bir yaklaşım halini almıştır (Shu vd., 2012; Salgotra & Chauhan, 2023).

3.3. Seçilim

Seçilim belirli özellikleri diğerlerine tercih ederek genetik çeşitliliği etkileyebilen ve bir popülasyondaki alel frekanslarında değişikliklere yol açabilen bir süreçtir. Doğal ve yapay seçim mekanizmaları bitki türlerinin gözlemlenebilir fenotipik özelliklerini etkilemektedir. Bu fenotipik özelliklerin ortaya çıkışı hem kalıtsal hem de kalıtsal olmayan faktörlerden etkilenir; ayrıca genotip ile çevre arasındaki etkileşim önemli bir rol oynamaktadır (Pham & McConnaughay, 2014). Bitki popülasyonunda genetik çeşitliliğin varlığı geliştirilmiş genotiplerin seçimi için esastır. Doğal olmayan seçim popülasyonda önemli bir genetik çeşitlilik rezervuarı mevcut olduğunda en başarılı yöntemlerden biridir (Salgotra & Chauhan, 2023; Salgotra & Stewart, 2020). Bir genotipin kalitesinin arttırılması popülasyondaki mevcut genetik çeşitliliğin boyutuna ve çeşitli bileşenler arasındaki ilişkilere bağlıdır. Örneğin, verim özellikleri ile diğer bitki özellikleri arasındaki korelasyonun derecesi birden fazla özelliğin aynı anda seçilmesine olanak sağlar. Bitki yetiştiricileri ürün çeşitlerinin genetik verim potansiyelini optimize etmek için popülasyon içindeki genetik çeşitlilik yelpazesinden yararlanarak seçim süreçlerini geliştirebilirler (Swarup vd., 2021). Bu yaklaşım aynı zamanda hibridizasyon uygulamaları için üstün anaç seçimini de kolaylaştırır. Sonuç olarak, bir popülasyondaki genotip seçiminin etkinliği mevcut genetik çeşitliliğin düzeyi ile yakın ilişki içindedir (Salgotra & Chauhan, 2023). Genetik çeşitlilik gelişmiş agronomik özelliklere sahip yeni çeşitlerin geliştirilmesi için çok önemlidir ve genetik çeşitliliği etkileyen faktörlerin anlaşılması bitki genetik kaynaklarının korunması ve kullanılması için esastır.

3.4. Göç

“Göç” genetik materyalin özellikle alellerin farklı türler arasında veya bir tür içindeki çeşitli popülasyonlar arasında transferini ifade eder. Bu genetik değişim polenin hareketi, tohumların yayılması ve rizomlar gibi etkenler ile ve çeşitli bitkisel çoğalma biçimlerinin kullanılması gibi mekanizmalar yoluyla gerçekleşmektedir. Göçün meydana gelme hızı üreme döngüleri ve hem tohumların hem de polenin yayılma düzenleri gibi faktörlerden etkilenmektedir. Ayrıca göç germ plazmanın bir coğrafi bölgeden diğerine kasıtlı olarak aktarılması olarak da gerçekleşebilir ve polen ve tohum değişimi yoluyla iki veya daha fazla alelin harmanlanmasına yol açabilir. Göçü etkileyen faktörlerin anlaşılması bitki genetik çeşitliliğinin korunması ve kullanılması açısından önemlidir.

3.5. Gen akışı

“Gen akışı” terimi polenlerin, tohumların, transgenlere sahip canlı bitkilerin veya değiştirilmiş DNA dizilerinin hareketi sonucu bir grup bitki geninde meydana gelen değişiklikleri ifade eder. Alternatif olarak gen göçü olarak da adlandırılan gen akışı genetik materyalin bir popülasyondan diğerine hareketi olarak da açıklanabilir. Genetik materyalin

değişimi aynı türün iki popülasyonu arasında nesilden nesile aktarılan genlerin mirası yoluyla mümkün olan bir süreç olan göç mekanizması yoluyla gerçekleşebilir (Choudhuri, 2014). Bir popülasyonda meydana gelen gen akışı genetik çeşitliliği artırma potansiyeline sahiptir. Tersine düşünülüğünde, genetik olarak farklı popülasyonlar arasında gen akışı gerçekleştiğinde bu popülasyonlar arasındaki genetik farklılıkları azaltma eğilimi gösterir. Gen akışının kapsamı popülasyonların fiziksel yakınlığından etkilenebilir; fiziksel engeller, gen akışını kısıtlayan bir rol oynar. Ek olarak, bu popülasyonlardaki bireyler arasındaki üreme davranışlarındaki uyumsuzluklar da bir bariyer görevi görerek gen alışverişini engelleyebilir (Choudhuri, 2014).

3.6. Genetik kayma

“Genetik kayma” bir popülasyondaki genlerin ve alellerin frekanslarının rastgele örnekleme hataları nedeniyle nesiller boyunca değiştiği bir süreçtir. Alel frekanslarındaki bu tesadüfi değişiklikler sonuçta birbirini izleyen nesiller boyunca genetik çeşitlilikte kaymalara yol açar. Üreme sırasında her polen tanesi kendine özgü bir alel çeşitliliği taşır ve böcekler, rüzgâr, insanlar veya diğer çeşitli ajanlar tarafından uyumlu çiçeklerle potansiyel olarak melezleşmek üzere taşınabilir. Bu melezleşme süreci büyük oranda tesadüfen belirlenmektedir. Sonuç olarak her üreme döngüsünde bu stokastik olayların bir sonucu olarak mahsul türleri içindeki genetik çeşitlilik azalır (Salgotra & Chauhan, 2023). Genetik sürüklenmeye yinelenen küçük popülasyon boyutları, “darboğazlar” adı verilen popülasyon boyutunda ciddi azalmalar ve az sayıda bireyden yeni bir popülasyonun başladığı kurucu olaylar neden olmaktadır.

4. BİTKİ KORUMA TEKNİKLERİ; DEPOLAMA

Paha biçilemez bitki genetik kaynaklarının kaybını durdurmak için uygun politikaların uygulamaya konulması büyük önem taşımaktadır. In-situ, ex-situ koruma ve biyoteknolojik yaklaşımlar biyolojik çeşitliliği korumak için kullanılabilecek tekniklerden yalnızca birkaçıdır. Bu bölüm altında in-situ ve ex-situ korumadan kısa bir şekilde bahsedilecektir.

4.1. In-situ koruma

In-situ koruma genetik kaynakların kendi doğal ekosistemleri içerisinde muhafaza edilmesi olarak tanımlanır. Bu strateji türlerin doğal ortamlarında varlıklarını sürdürmelerini sağlayarak genetik çeşitliliklerinin ve ekolojik önemlerinin korunmasına yardımcı olmaktadır (Pandotra & Gupta, 2015). Bitki türlerinin doğal evrimi yerinde korumada minimum insan etkisi ile gerçekleşmektedir ve öncelikle ormanlarda yabani bitkilerden yararlanır. Bu yöntem hayvanlardaki genetik çeşitliliği desteklemektedir (Hammer & Teklu, 2008; Ogwu, Osawaru, & Ahana, 2014). Genetik rezerv koruma çerçevesinde genetik çeşitliliğin aktif ve sürekli olarak korunması için belirli bir bölge belirlenmekte olup ve bu

durum orman rezervleri gibi bölgelerde de sıklıkla uygulanmaktadır. Öte yandan, çiftlikte koruma ile yerel çeşitler sürdürülebilir bir şekilde yetiştirilebilmektedir. Dahası, üreticiler bilinçli olarak yabani akrabaları ve daha az yetiştirilen çeşitleri mevcut tarım sistemleri içinde korumaktadırlar. Çiftçiler ekim için uygun türleri seçmekte ve bu da devam eden bir evrim süreciyle sonuçlanmaktadır. Yerinde koruma tekniği farklı genotiplerin doğal çapraz tozlaşmasına izin vermektedir ve bu da yüksek sayıda alel içeren popülasyonların gözlemlenmesiyle sonuçlanmaktadır (Ogwu vd., 2014; Ramya vd., 2014).

İklim değişikliğinin etkileri sonucunda tarımsal ve yabani çeşitliliğin korunması giderek daha önemli hale gelmiştir ve bu etkileri azaltmak için çeşitli çalışmalar devam etmektedir. 1992 yılında Rio de Janeiro’da Biyolojik Çeşitlilik Sözleşmesi’nin imzalanmasından bu yana dünya çapında hayati bir sorun olarak biyolojik çeşitliliğin korunmasının önemi büyük ölçüde artmıştır (Salgotra, Sharma, & Pandotra, 2019). In-situ koruma yönteminin maliyet, alan kısıtlamaları, bakım gereklilikleri ve yangın, sel gibi doğal afetlere açık olması sebebiyle bazı dezavantajları vardır. Bu sebeple ex-situ koruma çeşitliliğin korunmasına yönelik uygulanan diğer bir stratejidir (Ramya vd., 2014). Biyoçeşitliliği değişen iklim şartları ve değişen tarım yöntemlerinin oluşturduğu risklerden korumak için hem in-situ hem de ex-situ koruma yaklaşımlarının çağı yakalaması gerekecektir.

4.2. Ex-situ koruma

Bitki genetik kaynaklarının ex-situ korunması çoğunlukla yerel çeşitlerin daha verimli çeşitlerle değiştirilmesinden kaynaklanan tarımsal biyoçeşitliliğin hızlı kaybına yanıt olarak yirminci yüzyılın ortalarında başlamıştır (Wouw vd., 2010). Ex-situ koruma yaklaşımları saha gen bankalarının güncel tutulması, tohum bankalarının korunması ve botanik bahçelerinde bitki yetiştirilmesi gibi zaman içinde test edilmiş prosedürleri içermektedir. Bununla birlikte in vitro depolama ve dondurarak muhafaza gibi biyoteknolojik teknikler, organlar ve tohumlar gibi biyolojik unsurların geleneksel yollarla muhafaza edilmesinin pratik olmadığı durumlarda bu tür bitki kaynaklarının muhafaza edilmesi için alternatif yaklaşımlar sunmaktadır (Ramya vd., 2014).

Tohum muhafazasında iki yaklaşım vardır: temel (baz) toplama ve aktif toplama. Uzun süreli depolama için tohum örneklerinin elde edilmesi ve saklanması işlemi baz toplama olarak bilinir. Tohumlar zaman içinde yaşayabilirliği en üst düzeye çıkarmak için -18 ila -20 °C arasındaki sıcaklıklarda depolanır (Díez vd., 2018). Temel toplama yönteminde depolanacak tohumların nem içeriğinin bitki türüne göre değişen bir aralık olan %3 ile %7 arasında olması gerekir. Bunun tersine tohum numuneleri aktif toplama prosedüründe hemen kullanılmak üzere ayrılır. Bu depolanan tohumların daha uzun bir süre (çoğunlukla 10 ila 20 yıl) saklanması amaçlanır ve minimum %65 canlılığa sahip olmalıdır. Bu aktif toplama yaklaşımında nem içeriği türler arasında farklılık gösterir. Ek olarak depolama süresi bu teknikleri üç temel kategoriye ayırır:

1. Tohum numunelerinin temel toplama tesislerinde -18 ila -20°C sıcaklıklarda tutulmasını içeren *uzun süreli depolama*,
2. Tohum numunelerinin 0 °C ile 10 °C arasındaki sıcaklıklarda ve %20-30 bağıl nemde 5 yıla kadar saklanmasını içeren *orta vadeli depolama* ve
3. Tohum numunelerinin 20 °C ile 22 °C arasındaki sıcaklıklarda 1 ila 18 ay süreyle saklanmasını içeren *kısa süreli depolama*. Bu tür kısa süreli depolama uygulandığında tohumlar zarar görmeden iki yıla kadar saklanabilir (Long vd., 2003).

Tohumların su içeriği ve düşük sıcaklıkta saklanması önem arz etmektedir. Vejetatif olarak çoğaltılan dayanıklı tohumların ve bitki türlerinin geleneksel tohumlarının korunması için tipik olarak kullanılan düşük sıcaklıklara pek uygun olmadığını belirtmekte fayda vardır. Bu yaklaşım orman ve ağaç türlerinin korunması için çok önemlidir. Ex-situ koruma yenilikçi genlerin ve alellerin korunarak ürün iyileştirme projelerinde uzun vadeli kullanılmasını sağlamaktadır (Díez vd., 2018).

Ex-situ koruma tekniklerinin dezavantajı olarak vahşi doğada görülen doğal varyanstan daha küçük bir coğrafi aralığa sahip olması verilebilir (L. Withers & Engelmann, 1997). Ex-situ koruma yöntemlerinin doğada bulunan genetik çeşitliliğin tamamını koruma konusunda sınırlamaları olsa da, bitki genetik kaynaklarının korunmasında hala hayati bir rol oynamaktadır. Genetik kaynakların kaybı in-situ ve ex-situ koruma tekniklerinin birleştirilmesiyle durdurulabilir. Küresel gıda güvenliğine katkıda bulunan yeni, daha iyi adapte olmuş ürün çeşitleri yaratmak ve yaygınlaştırmak için ürünlerde mevcut olan genetik çeşitliliğin kullanılması esastır.

5. TARIMI İYİLEŞTİRMEYİ İLERLETMEDE BİTKİ GENETİK KAYNAKLARI

Biyoteknolojideki ilerlemeler genetik kaynakların korunması ve kullanılmasına yönelik umutların yeşil kalmasında yardımcı olmaktadır. In-vitro yetiştirme ve dondurarak saklama gibi teknikler, özellikle tohum veya organ olarak korunması zor olan türler için genetik kaynakların toplanması ve korunması sürecini basitleştirmiştir (Rao, 2004). Hücre ve doku kültürü yöntemlerinden yararlanılarak bitki genetik kaynaklarının hızlı ve kısa sürede çoğaltılması, etkin bir şekilde korunması ve taşınması sağlanmaktadır. Son zamanlarda doku kültürü yöntemleri virüsler gibi sistemik hastalıkları ortadan kaldırmak ve güvenli germ plazma değişimini sağlamak için yaygın olarak kullanılmaktadır (Rao, 2004; R. K. Salgotra & Chauhan, 2023). Ek olarak moleküler biyolojideki ilerlemeler (PCR ve ELISA) tohum sağlığının değerlendirilmesi ve patojene özgü tekniklerin geliştirilmesine olanak sağlamıştır (Rao, 2004). Kısa ve uzun vadede bitki genetiğinin korunmasını sağlayan ve geleneksel yöntemler ile mümkün olmayan biyoteknolojik yöntemler alt bölümlerde açıklanmıştır.

5.1. In-vitro kültür

In-vitro kültür tekniklerinde kallus oluşumu tohum, yaprak, yumru, sürgün ve boğum gibi çeşitli eksplantlardan başlatılır ve bu bölgeler tüm bitkinin yenilenmesi için başlangıç noktası görevi görürler (R. K. Salgotra & Chauhan, 2023). Her biri bitki çoğaltma, koruma ve araştırmada belirli amaçlar için tasarlanmış çeşitli in-vitro bitki kültürü yöntemi vardır. *Mikro çoğaltma, Somatik Embriyogenez, Kallus Kültürü, Embriyo Kültürü, Anter Kültürü, Protoplast Kültürü, Süspansiyon Kültürü, Kök Kültürü, Organ Kültürü ve Sürgün Kültürü* en sık kullanılan yöntemlerden bazılarıdır. In- vitro teknikler kapsamında kültürlerin oluşturulması ve bitki genetik materyalinin çoğalmasının yeterli düzeye ulaşmasıyla birlikte etkin bir muhafaza yaklaşımının uygulanması gerekli hale gelmektedir. Bu yöntemde istenen germ plazma bitki dokusu kültürü koşulları altında alt kültürlemeyle birlikte 1 ila 15 yıl arasında değişen süreler boyunca bir besin ortamında tutulur. Büyüme hızı sıcaklığın düşürülmesi veya fotoperiyodun kısaltılması gibi çeşitli yöntemler kullanılarak azaltılabilir. Soğuğa dayanıklı bitki türleri için sıcaklıkların 0 ila 5 °C arasında tutulması sıklıkla büyümelerini yavaşlatır; tropikal bitki türleri için ise 15-20 °C aralığı kullanılır ve ayrıca fidelerin büyümesini yavaşlatmak için oksijen seviyesi kontrol altında tutulur (L. A. Withers & Engelmann, 1997).

5.2. Dondurarak muhafaza (Cryopreservation)

Dondurarak muhafaza yöntemi bitki türlerinin uzun süreli, uygun maliyetli ve güvenli bir şekilde korunmasını sağlamaktadır. İki yeni dondurarak muhafaza tekniği DNA'nın korunmasında etkilidir. Buz kristali oluşumundan kaynaklanan hücre hasarını azaltmaya odaklanmaktadır. Yöntemlerden biri, dondurularak indüklenen dehidrasyon ve vitrifikasyon teknikleri kullanılarak su içeriğini çıkarmak için dondurulabilen bir kriyoprotektan karışımı kullanılarak hücre sel suyunun vitrifikasyonunu içerir (Sakai, Kobayashi, & Oiyama, 1990). Vitrifikasyon sırasında sıvı fazın doğrudan amorf faza dönüştürülmesiyle kristalize buz oluşumu önlenir (Fahy vd., 1984). İkincisi; numunelerin dehidre edilmiş bir aljinat jeli içinde kapsüllenmesini içermektedir (Pence, 2002). Dondurarak muhafaza bitki dokusunun sıvı nitrojen kullanılarak çok düşük sıcaklıklarda (-196 °C) korunmasını içerir. Bu yöntem inatçı tohumlarda ve vejetatif olarak çoğaltılan bitki materyalinde metabolizma ve hücre bölünmesi dahil olmak üzere hücre sel aktivitelerin durma noktasına geldiği bir yöntemdir ve dolayısıyla bitki türlerinin uzun süreli depolanmasına olanak tanır (Ramesh Kumar Salgotra & Chauhan, 2023b). Bu teknikte uzun depolama süresi sonrasında yüksek canlılık oranlarına sahip olmaları ve virüs içermeyen bitki materyalleri olmaları nedeniyle yalnızca meristem kültürleri veya sürgün apeksleri önerilmektedir (Scowcroft, 1984). Dondurarak muhafaza işleminde hızlı dondurma başlamadan önce dokulardaki tüm dondurulabilir su içeriğinin fiziksel yollarla veya ozmotik dehidrasyon yoluyla ortadan kaldırılması esastır (Kaviani, 2011).

5.3. Gen bankaları

Biyolojik araştırmalarda genomik teknolojinin giderek daha fazla benimsenmesi genetik kaynak koleksiyonlarının kullanımı konusunda bir değişime yol açmakta ve araştırmacıların DNA bankaları kurmaya olan ilgisini artırmaktadır. Çeşitli kurumlarda farklı amaçlarla tutulan herbaryum tabakaları, hücre kültürleri ve germ plazma gibi örneklerin DNA dizilimi bitki türlerinin gen fonksiyonu, evrimi, taksonomisi ve epidemiyolojisinin incelenmesine yeni bir yaklaşım sunmaktadır. Ayırt edici genetik dizilerden veya DNA barkodlarından oluşan bir kütüphanenin oluşturulması yoluyla dizi verilerine erişim için tek tip bir yöntem altında çeşitli depoları birleştirmek mümkün olabilir. DNA depolama potansiyel olarak gelecekteki gıda güvenliği için paha biçilmez olabilecek yeni genleri veya alelleri barındırarak, bu kaynakların genetik çeşitliliğini korumak için en umut verici seçeneklerden biri olarak kendini göstermektedir. Bir gen bankasında bireysel genleri veya genotiplerin tamamını kapsayan genomik parçalar bir DNA kütüphanesinde veya bir DNA örnekleri koleksiyonunda korunur. Bu genetik bilgi DNA, RNA ve cDNA formlarında saklanabilir. DNA koruması özellikle genetik materyallerin korunmasının zor olduğu veya yabani popülasyonların azalması veya iklim değişikliği gibi faktörler nedeniyle tehdit altında olduğu durumlarda bitki genetik kaynaklarının korunmasına yönelik alternatif bir yaklaşım olarak ortaya çıkmaktadır. Kısa ve orta süreli depolama için DNA formundaki genetik materyal -20 °C'de 2 yıla kadar saklanabilir. Sıvı nitrojen gibi daha soğuk depolama teknikleri kullanılarak genetik materyal çok daha uzun süreli saklanabilmektedir (E. Dulloo, Nagamura, & Ryder, 2006).

Uluslararası Bitki Genetik Kaynakları Enstitüsü (International Plant Genetic Resources Institute) genetik bilginin standartlaştırılması ve bitki DNA'sının kaynağının tanımlanmasının ve daha sonraki kullanımının izlenmesi için değerli bir çerçeve sunmuştur. Sonuç olarak, DNA bankaları popülasyonlardaki genetik çeşitliliği ve göreceli değişiklikleri değerlendirmek veya fenotipik özellikler morfolojik tanımlamayı zorlaştırdığında örnekleri tanımlamak için kullanılabilecek referans dizilerinin depoları olmaya hazırdır (R. K. Salgotra & Chauhan, 2023).

5.4. Dijital depolar

DNA depoları günümüzde birçok zorlukla karşı karşıyadır. Gelecekteki uygulamalar için uygun materyaller üretmelidirler, aynı zamanda genetik kaynaklara olan kullanıcı talepleri ile bu materyalleri ex-situ koleksiyonlardan verimli bir şekilde temin etme kapasiteleri arasında denge kurmalıdırlar. Birçok gen bankası edinilen materyale göre karakterize edilen ve mevcut hedeflere dayalı olarak dağıtılan kısa vadeli koleksiyonlar ile gelecekteki retrospektif veya popülasyon tarama çalışmaları için veya gelecekte kullanılamama riski yüksek olduğu için örneklerin depolandığı uzun vadeli koleksiyonlar arasında ayrım yapar.

Bu bankalar genellikle kısa vadeli ve uzun vadeli hedefleri ele almak için numuneleri alt örneklem gibi stratejiler kullanır. Genellikle uzun vadeli hedefler operasyonel organizasyon ve depo tasarımı üzerinde odaklanmıştır. Bu süreç materyalin referansları, kullanılabilirliğinin tahmini süresi, bankanın kapasitesi (saklanan veri toplam hacmi dahil) ve şirketin saklama, işleme ve dağıtım için uygun prosedürleri sunma taahhüdü gibi yönleri içermelidir (Walters & Hanner, 2006). Dijital Dizi Bilgisi uluslararası hedefleri destekleyebilecek araştırma uygulamalarını yönlendirmede çok önemli bir rol oynar. Dijital dizi bilgisi fikri ek endişelere yol açarak kısıtlamaların artmasına ve hem genetik kaynaklara hem de dijital dizi bilgilerine erişimin kısıtlanmasına yol açmıştır. Ancak bilgilere ilişkin fayda paylaşımı düzenlemelerinin belirlenmesi, açık uluslararası düzenlemelerin ve yönetim çerçevelerinin bulunmaması nedeniyle engellenen karmaşık bir zorluktur. Bu da dijital dizi bilgilerinin kamuya açık ve ücretsiz olarak erişilebilir hale getirilmesi konusunda bir isteksizlik yaratmıştır (R. K. Salgotra & Chauhan, 2023).

6. BİYOLOJİK ÇEŞİTLİLİĞİN VE GIDA GÜVENLİĞİNİN KORUNMASINDA BİTKİ KAYNAKLARININ ÖNEMİ

Gıda için yetiştirilen mahsul türlerinde bulunan gen varyantlarının tümü ve bunların yabani akrabaları bitki genetik kaynaklarına dahil edilmektedir. Dünya nüfusu artmaya devam ettikçe genetik kaynaklara olan talebin de artması beklenmektedir. Bu nedenle uzun vadeli gıda güvenliğinin garanti altına alınabilmesi için bu paha biçilemez kaynaklarda bulunan genetik çeşitliliğin korunması ve muhafaza edilmesi şarttır. Ne yazık ki çevresel değişiklikler ve genetik tükeniş nedeniyle bazı genetik kaynaklar çoktan kaybedildi. Bu temel bitki genetik kaynakları arasında yerel türler, yabani akrabalar, yabani türler, genetik stoklar, geliştirilmiş yetiştirme materyalleri ve mevcut çeşitler yer almaktadır ve bunların tümü biyolojik çeşitliliğin korunmasında kritik öneme sahiptir (Romes Kumar Salgotra & Chauhan, 2023c). Bitki genetik kaynakları özellikle yeni türler geliştirmeyi amaçlayan girişimlerde ürün çeşitlerini geliştirmek için vazgeçilmezlerdir. Ek olarak evrimsel biyoloji, sitogenetik, biyokimya, fizyoloji, filogenetik, ekolojik çalışmalar, patoloji, moleküler araştırmalar ve daha fazlasını kapsayan çeşitli bilimsel araştırmalar da önemli bir değere sahiptirler. Bitki genetik kaynakları geleneksel çeşitler, yerel çeşitler, modern yetiştirme hatları ve kültür türlerinin hem evcilleştirilmiş hem de yabani akrabaları dahil olmak üzere çok çeşitli bitki kaynaklarını kapsamaktadır (Ulukan, 2011). Gelecekteki gıda güvenliği ihtiyaçlarını karşılamak için elimizdeki eşsiz bitki genetik kaynaklarının yanı sıra germ plazma ile bağlantılı geleneksel bilgilerin sorumluluk çerçevesinde korunması ve kullanılması kritik öneme sahiptir. Özellikle in-vitro kültür teknikleri, dondurarak saklama, moleküler biyoloji ve biyoteknoloji gibi alanlardaki ilerlemeler bitki genetik kaynaklarının korunması, kullanılması ve yönetiminin iyileştirilmesi için yeni yollar açmıştır.

Biyoçeşitlilik gelişen biyoekonomi açısından kritik öneme sahiptir. 21. yüzyıl biyo-bilim ve biyo-teknolojide kaydedilen kayda değer ilerlemenin yönlendirdiği bir biyoekonomi ile karakterize edilen bir dönem olmaya hazırlanmaktadır (R. Salgotra vd., 2019). Sonuçta tarımsal biyoçeşitliliği korumanın ve teşvik etmenin temel amacı tarımsal biyo-kaynakların uzun vadede sürdürülebilir kullanımını kolaylaştırmaktır.

Hiçbir koruma tekniği kusursuz olmadığından hem in-situ hem de ex-situ koruma yöntemlerinin birbirini tamamlayıcı şekilde bir araya getirilmesi ve uygulanması gerekmektedir. Bu yaklaşım bitki genetik kaynaklarının etkili bir şekilde korunmasıyla ilgili çeşitli zorlukların üstesinden gelmeye yardımcı olur. Ayrıca disiplinler arası çalışmalar biyoçeşitlilik kaybının sebeplerini netleştirmede ve kaybı minimize etme yolunda önem kazanacaktır. Bu sebeple biyolog, kimyager, biyoteknolog ve çeşitli mühendislik alanlarının birlikte çözüm aramaları hayati önem taşımaktadır.

7. ETİK HUSUSLAR VE ÇEVRESEL ETKİLER

Genetik kaynakların sürdürülebilir bir şekilde korunması ve kullanımının yanı sıra ilgili biyoteknolojilerin yönetimi teknik zorluklar ortaya çıkartabilir. Bu zorlukların önemli sosyal, politik, kültürel, hukuki ve etik sonuçları olabilir. Sürecin kötü yönetilmesi insanlığın geleceğini tehlikeye atabilir. Tarımsal örneklemin toplanması, incelenmesi ve uygulanmasına ilişkin etik hususlar büyük önem taşımaktadır. Adil ve hesap verilebilir uygulamaların sağlanması gerekmektedir. Bitki kaynaklarının korunmasının merkezinde adil erişim, yerel girdilerin tanınması ve bu kaynakların sorumluluk ile kullanımı gibi hususları kapsayan etik hususlar yer alır. Bu etik ilkeler bitki genetik kaynaklarının sürdürülebilir ve etkili bir şekilde korunmaması/yönetilmemesinin çevresel sonuçlarıyla yakından bağlantılıdır. Etik müzakereler yerel toplulukların ve geleneksel çiftçilerin ilgili genetik kaynakların geliştirilmesinde ve üretiminde oynadıkları rolleri çerçeveleyen uluslararası anlaşmalar ve yasal düzenlemeler gerektirmektedir (Engels et al., 2011; Esquinás-Alcázar, 2005).

Ayrıca bitki genetik kaynakları ve ilgili bilgiler için bir temelin oluşturulması birçok girişimin başarısı için kritik öneme sahiptir. Uluslararası anlaşmalar ve sözleşmeler biyolojideki özellikle de biyoteknolojideki hızlı ilerlemelerle desteklenen bitki gen kaynakları ve geleneksel bilginin edinilmesi için yeni yollar açmıştır. İngilizce olarak isimlerini paylaşacağımız bazı kurumlar ve örgütler biyolojik çeşitliliğin korunmasını çerçeveleyen bazı katı kurallar ortaya koymuşlardır. Bunlar “Convention on Biological Diversity (CBD)”, “the World Trade Organization (WTO)” ve “the Agreement on Trade-Related Aspects of Intellectual Property Rights (TRIPS)” olarak verilebilir (R. Salgotra vd., 2019).

Yarım asırlık koruma çabalarına rağmen genetik materyalin uzun vadede korunması konusundaki kalıcı zorluk hâlâ önemini korumaktadır. Gen bankalarının uzun vadede sürdürülebilirliğinin sağlanması önemli bir mali destek olmadan belirsizlik taşımaktadır.

Germ plazmanın korunmasına yönelik tehditler ve gen bankalarındaki genetik bozulma riski çoğu zaman hafife alınmaktadır. Gen bankasının sürdürülebilirliğine yönelik çok sayıda tehdidin etkili bir şekilde ele alınması insanlığın gelecek nesillerine istikrarlı bir gıda tedariki sağlanması açısından hayati öneme sahiptir (Fu, 2017).

Çevre açısından bakıldığında bu kaynakların korunması biyolojik çeşitlilik, ekosistem hizmetleri, iklim değişikliğinin etkilerinin azaltılması ve dünyamızın genel sağlığı açısından kritik öneme sahiptir. Eş zamanlı olarak bilim ve teknolojiadaki gelişmeler tarımda genetik kaynakların toplanması, korunması ve kullanılması olanaklarını genişletmiştir. Bu gelişmeler küresel tarımsal genetik kaynak yönetimi politikalarında değişime duyulan ihtiyacın altını çizmektedir. Ayrıca koleksiyonların dijital genetik dizilere indirgenmesine yönelik ilginin artmasına rağmen tohumlar ve dokular gibi fiziksel örnekler DNA kodlarının ötesinde bir öneme sahip olabilmektedir. Gelecekteki araştırmacıların bu koleksiyonlarda bugün tam olarak anlamadığımız ve basitçe tahmin edemeyeceğimiz ekstra değerler bulmaları muhtemeldir (Gollin, 2020). Genel olarak etik ve çevresel konuların dengelenmesi bitki kaynaklarının etkili ve sorumlu bir şekilde korunması açısından kritik öneme sahiptir.

8. SONUÇLAR VE DEĞERLENDİRME

Gıda üretimi, ürün çeşitlendirmesi, iklime dirençli tarıma yönelik artan ihtiyacı karşılamak ve gelecekte gıda tedarikini güvence altına almak için bitki genetik kaynaklarını sistematik olarak araştırmak, toplamak, korumak ve akıllıca kullanmak çok önemlidir. Genetik kaynakların sürdürülebilir kullanımı gıda üretimi, iklime dirençli tarım ve ürün çeşitliliğine yönelik giderek artan gereksinimlerin karşılanması ve aynı zamanda gelecekteki gıda güvenliğinin sağlanması açısından da önem arz etmektedir. Önemli zorluklar arasında kaynak koleksiyonlarına erişimin arttırılması, bilgi erişilebilirliğinin genişletilmesi ve daha geniş tarım ve hayvancılık topluluğundan gelen artan talebin karşılanması yer almaktadır. Ulusal ve uluslararası çabalar koruma uygulamaları ve sürdürülebilir kullanım yoluyla genetik çeşitliliğin korunmasına öncelik vermelidir. Nadir ve nesli tükenmekte olan bitki türlerini korumak için genetik erozyonun etkin bir şekilde izlenmesi ve genetik çeşitliliğin hassasiyetinin değerlendirilmesi büyük önem taşımaktadır. Hem in-situ hem de ex-situ yöntemler mahsullerin ve biyolojik çeşitliliğin korunması için hayati önem taşıyan tamamlayıcı yaklaşımlardır. Biyoteknolojik araçlar çeşitli in-vitro kültür tekniklerinin uygulanması yoluyla genetik kaynakların korunmasına yönelik yeni olanaklar sunmaktadır. Bu teknikler genetik kaynakların korunmasına ve gelecekte kullanım için canlılıklarının korunmasına yardımcı olur. Alel/gen madenciliği yoluyla yabani türlerde ve mahsulün yabani akrabalarında değerli özelliklerin keşfedilme potansiyeli son derece umut vericidir. Sonuç olarak; bitki genetik kaynaklarının etkili bir şekilde kullanılması halihazırda mahsul verimliliğini engelleyen sınırlamaların üstesinden gelme potansiyeline sahiptir. Yüksek verimli genotipik ve fenotipik yöntemlerin benimsenmesi genetik kaynakların sürdürülebilir bir şekilde kullanılmasını sağlamak ve sonuçta artan dünya nüfusu için gıda güvenliğini sağlamak için gereklidir. Kaynakların sürdürülebilir kullanımının sağlanması, pestisitlerin zararlı etkilerinin azaltılması ve hem olumlu hem de stresli koşullarda bitki büyüme ve gelişiminin desteklenmesi açısından hayati önem taşımaktadır.

KAYNAKLAR / REFERENCES

- Amos, W., & Harwood, J. (1998). Factors affecting levels of genetic diversity in natural populations. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 353(1366), 177-186.
- Anderson, J. T., Willis, J. H., & Mitchell-Olds, T. (2011). Evolutionary genetics of plant adaptation. *Trends in genetics : TIG*, 27(7), 258-266. doi: 10.1016/j.tig.2011.04.001
- Bhandari, H. R., Bhanu, A. N., Srivastava, K., Singh, M. N., & Shreya, H. A. (2017). Assessment of genetic diversity in crop plants-an overview. *Adv. Plants Agric. Res*, 7(3), 279-286.
- Bhoi, A., Yadu, B., Chandra, J., & Keshavkant, S. (2022). Mutagenesis: A coherent technique to develop biotic stress resistant plants. *Plant stress*, 3, 100053.
- Choudhuri, S. (2014). Chapter 2—Fundamentals of Molecular Evolution: The opinions expressed in this chapter are the author's own and they do not necessarily reflect the opinions of the FDA, the DHHS, or the Federal Government. İçinde S. Choudhuri (Ed.), *Bioinformatics for Beginners* (ss. 27-53). Oxford: Academic Press. doi: 10.1016/B978-0-12-410471-6.00002-5
- Cruz-Cruz, C. A., González-Arnao, M. T., & Engelmann, F. (2013). Biotechnology and conservation of plant biodiversity. *Resources*, 2(2), 73-95.
- Deng, S. C., Tian, Y. P., Li, Y. Y., Duan, Z. F., Jiang, H. B., Bao, Y. X., Wang, Y. G. (2015). Research progress of core germplasm of tea tree resources. *Chin Agric Sci Bull*, 31(16), 121-126.
- Díez, M. J., Rosa, L. D. la, Martín, I., Guasch, L., Cartea, M. E., Mallor, C., Casañas, F. (2018). Plant Genebanks: Present Situation and Proposals for Their Improvement. the Case of the Spanish Network. *Frontiers in Plant Science*, 9. doi: 10.3389/fpls.2018.01794
- Dulloo, E., Nagamura, Y., & Ryder, O. (2006). III. DNA storage as a complementary conservation strategy. *DNA banks—providing novel options for genebanks*, 11.
- Dulloo, M. E., Hunter, D., & Borelli, T. (2010). Ex situ and in situ conservation of agricultural biodiversity: Major advances and research needs. *Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca*, 38(2), 123-135.
- Engels, J. M. M., Dempewolf, H., & Henson-Apollonio, V. (2011). Ethical Considerations in Agrobiodiversity Research, Collecting, and Use. *Journal of Agricultural and Environmental Ethics*, 24(2), 107-126. doi: 10.1007/s10806-010-9251-9
- Esquinás-Alcázar, J. (2005). International Treaty on Plant Genetic Resources for Food and Agriculture and Other International Agreements on Plant Genetic Resources and Related Biotechnologies. İçinde J. Cooper, L. M. Lipper, & D. Zilberman (Ed.), *Agricultural Biodiversity and Biotechnology in Economic Development* (ss. 445-455). Boston, MA: Springer US. doi: 10.1007/0-387-25409-9_20
- FAO (1996). Global Plan of Action for the Conservation and Sustainable Utilization of Plant Genetic Resources for Food and Agriculture. *FAO, Rome*.
- Fu, Y.-B. (2017). The Vulnerability of Plant Genetic Resources Conserved Ex Situ. *Crop Science*, 57(5), 2314-2328. doi: 10.2135/cropsci2017.01.0014

- Gollin, D. (2020). Conserving genetic resources for agriculture: Economic implications of emerging science. *Food Security*, 12(5), 919-927. doi: 10.1007/s12571-020-01035-w
- Govindaraj, M., Vetriventhan, M., & Srinivasan, M. (2015). Importance of Genetic Diversity Assessment in Crop Plants and Its Recent Advances: An Overview of Its Analytical Perspectives. *Genetics Research International*, 2015, 431487. doi: 10.1155/2015/431487
- Hague, M. T. J., & Routman, E. J. (2016). Does population size affect genetic diversity? A test with sympatric lizard species. *Heredity*, 116(1), 92-98. doi: 10.1038/hdy.2015.76
- Hammer, K., & Teklu, Y. (2008). Plant Genetic Resources: Selected Issues from Genetic Erosion to Genetic Engineering. *Journal of Agriculture and Rural Development in the Tropics and Subtropics (JARTS)*, 109(1), 15-50.
- Hasan, M., & Abdullah, H. M. (2015). Plant genetic resources and traditional knowledge: Emerging needs for conservation. *Plant genetic resources and traditional knowledge for food security*, 105-120.
- James, F. (2022). Genetic Diversity: Importance, Conversation and its Factors. *Hereditary Genetics: Current Research*, 11(5), 0-1. doi: 10.35248/2161-1041.22.11.225
- Joshi, B. K., Ghimire, K. H., Neupane, S. P., Gauchan, D., & Mengistu, D. K. (2023). Approaches and Advantages of Increased Crop Genetic Diversity in the Fields. *Diversity*, 15(5), 603. doi: 10.3390/d15050603
- Kantar, M. B., Nashoba, A. R., Anderson, J. E., Blackman, B. K., & Rieseberg, L. H. (2017). The Genetics and Genomics of Plant Domestication. *BioScience*, 67(11), 971-982. doi: 10.1093/biosci/bix114
- Karamatlou, I., Navabpour, S., Nezhad, K. Z., Mariotti, R., Mousavi, S., & Hosseini-Mazinani, M. (2023). Cold stress resilience of Iranian olive genetic resources: Evidence from autochthonous genotypes diversity. *Frontiers in Plant Science*, 14, 1140270.
- Kaviani, B. (2011). Conservation of plant genetic resources by cryopreservation. *Australian Journal of Crop Science*, 5(6), 778-800.
- Kulak, V., Longboat, S., Brunet, N. D., Shukla, M., & Saxena, P. (2022). In Vitro Technology in Plant Conservation: Relevance to Biocultural Diversity. *Plants*, 11(4), 503. doi: 10.3390/plants11040503
- Liu, Y., Geng, Y., Xie, X., Zhang, P., Hou, J., & Wang, W. (2020). Core collection construction and evaluation of the genetic structure of Glycyrrhiza in China using markers for genomic simple sequence repeats. *Genetic Resources and Crop Evolution*, 67, 1839-1852.
- Long, C.-L., Li, H., Ouyang, Z., Yang, X., Li, Q., & Trangmar, B. (2003). Strategies for agrobiodiversity conservation and promotion: A case from Yunnan, China. *Biodiversity & Conservation*, 12(6), 1145-1156. doi: 10.1023/A:1023085922265
- Lukačšínová, M., Novak, S., & Paixão, T. (2017). Stress-induced mutagenesis: Stress diversity facilitates the persistence of mutator genes. *PLoS Computational Biology*, 13(7), e1005609. doi: 10.1371/journal.pcbi.1005609

- Maharjan, R. P., & Ferenci, T. (2017). A shifting mutational landscape in 6 nutritional states: Stress-induced mutagenesis as a series of distinct stress input–mutation output relationships. *PLOS Biology*, 15(6), e2001477. doi: 10.1371/journal.pbio.2001477
- Mahmoodi, R., Dadpour, M. R., Hassani, D., Zeinalabedini, M., Vendramin, E., Micali, S., & Nahandi, F. Z. (2019). Development of a core collection in Iranian walnut (*Juglans regia* L.) germplasm using the phenotypic diversity. *Scientia Horticulturae*, 249, 439-448.
- Marshall, D. & Brown, Anthony. (1975). Optimum sampling strategies in genetic conservation. *Crop genetic resources for today and tomorrow*, 53-80.
- Minter, M., Nielsen, E. S., Blyth, C., Bertola, L. D., Kantar, M. B., Morales, H. E., ... Leigh, D. M. (2022). *What is genetic diversity and why does it matter?*
- Mir, A. S., Maria, M., Muhammad, S., Ali, S. M., Mir, A. S., Maria, M., ... Ali, S. M. (2020). Potential of Mutation Breeding to Sustain Food Security. İçinde *Genetic Variation*. IntechOpen. doi: 10.5772/intechopen.94087
- Mondal, P. (2016). Conservations of biodiversity: In-Situ conservation and Ex-Situ conservation. *Your Article Library*.
- Mounce, R., Smith, P., & Brockington, S. (2017). Ex situ conservation of plant diversity in the world's botanic gardens. *Nature Plants*, 3(10), 795-802.
- Odong, T. L., Jansen, J., Van Eeuwijk, F. A., & van Hintum, T. J. (2013). Quality of core collections for effective utilisation of genetic resources review, discussion and interpretation. *Theoretical and Applied Genetics*, 126, 289-305.
- Ogwu, M. C. , Osawaru, M. E., & Ahana, C. M. (2014). Challenges in conserving and utilizing plant genetic resources (PGR). *International Journal of Genetics and Molecular Biology*, 6(2), 16-23. doi: 10.5897/IJGMB2013.0083
- Pandotra, P., & Gupta, S. (2015). *Biotechnological Approaches for Conservation of Plant Genetic Resources and Traditional Knowledge*. doi: 10.1007/978-981-10-0060-7_7
- Pence, V. C. (2002). *In vitro collecting techniques for germplasm conservation*. Bioversity International.
- Pham, B., & McConnaughay, K. (2014). Plant Phenotypic Expression in Variable Environments. İçinde R. K. Monson (Ed.), *Ecology and the Environment* (ss. 119-141). New York, NY: Springer. doi: 10.1007/978-1-4614-7501-9_16
- Radhika, V. (2018). Role of biotechnology in conservation and utilization of agricultural biodiversity. *Current Science*, 115(11), 2019-2024.
- Rajpurohit, D., & Jhang, T. (2015). In situ and ex situ conservation of plant genetic resources and traditional knowledge. *Plant genetic resources and traditional knowledge for food security*, 137-162.
- Ramya, A. R., Rajesh, V., P.Jyothi, & G.Swathi. (2014). A review on in situ and ex situ conservation strategies for crop germplasm. *International Journal of Applied Biology and Pharmaceutical Technology*, 5.

- Rao, N. K. (2004). Plant genetic resources: Advancing conservation and use through biotechnology. *African Journal of biotechnology*, 3(2), 136-145.
- Renzi, J. P., Coyne, C. J., Berger, J., von Wettberg, E., Nelson, M., Ureta, S., Brus, J. (2022). How could the use of crop wild relatives in breeding increase the adaptation of crops to marginal environments? *Frontiers in Plant Science*, 13, 886162.
- Robledo-Arnuncio, J. J., Klein, E. K., Muller-Landau, H. C., & Santamaría, L. (2014). Space, time and complexity in plant dispersal ecology. *Movement Ecology*, 2(1), 16. doi: 10.1186/s40462-014-0016-3
- Ross-Ibarra, J., Morrell, P. L., & Gaut, B. S. (2007). Plant domestication, a unique opportunity to identify the genetic basis of adaptation. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 104(suppl_1), 8641-8648. doi: 10.1073/pnas.0700643104
- Sakai, A., Kobayashi, S., & Oiyama, I. (1990). Cryopreservation of nucellar cells of navel orange (*Citrus sinensis* Osb. Var. *Brasiliensis* Tanaka) by vitrification. *Plant Cell Reports*, 9(1), 30-33.
- Salgotra, R., Sharma, M., & Pandotra, P. (2019). Biotechnological interventions for sustainable conservation of plant genetic resources in the scenario of climate change. *Natural Resources Conservation and Research*, 1. doi: 10.24294/nrcr.v2i1.754
- Salgotra, Romesh K., & Stewart, C. N. (2020). Functional Markers for Precision Plant Breeding. *International Journal of Molecular Sciences*, 21(13), 4792. doi: 10.3390/ijms21134792
- Salgotra, Romesh K., Thompson, M., & Chauhan, B. S. (2021). Unravelling the genetic potential of untapped crop wild genetic resources for crop improvement. *Conservation Genetics Resources*, 1-16.
- Salgotra, Romesh Kumar, & Chauhan, B. S. (2023a). Genetic diversity, conservation, and utilization of plant genetic resources. *Genes*, 14(1), 174.
- Salgotra, Romesh Kumar, & Chauhan, B. S. (2023b). Genetic diversity, conservation, and utilization of plant genetic resources. *Genes*, 14(1), 174.
- Salgotra, Romesh Kumar, & Chauhan, B. S. (2023c). Genetic Diversity, Conservation, and Utilization of Plant Genetic Resources. *Genes*, 14(1), 174. doi: 10.3390/genes14010174
- Scowcroft, W. R. (1984). *Genetic variability in tissue culture: Impact on germplasm conservation and utilization*.
- Shu, Q.-Y., Forster, B. P., & Nakagawa, H. (2012). *Plant mutation breeding and biotechnology*. Cabi.
- Smýkal, P., Nelson, M. N., Berger, J. D., & Von Wettberg, E. J. B. (2018). The Impact of Genetic Changes during Crop Domestication. *Agronomy*, 8(7), 119. doi: 10.3390/agronomy8070119
- Swarup, S., Cargill, E. J., Crosby, K., Flagel, L., Kniskern, J., & Glenn, K. C. (2021). Genetic diversity is indispensable for plant breeding to improve crops. *Crop Science*, 61(2), 839-852. doi: 10.1002/csc2.20377
- Ulukan, H. (2011). Plant Genetic Resources and Breeding: Current Scenario and Future Prospects. *Int. J. Agric. Biol.*, 13(3).

- Virchow, D. (2003). Leipzig declaration on conservation and sustainable utilization of plant genetic resources for food and agriculture. *Efficient Conservation Of Crop Genetic Diversity: Theoretical Approaches And Empirical Studies*, 15-17.
- Walters, C., & Hanner, R. (2006). IV. Platforms for DNA banking. *DNA banks—providing novel options for genebanks*, 25.
- Withers, L. A., & Engelmann, F. (1997). In vitro conservation of plant genetic resources. *Biotechnology in Agriculture. Marcel Dekker Inc. New York*, 57-88.
- Withers, L., & Engelmann, F. (1997). In Vitro Conservation of Plant Genetic Resources. İçinde A. Altman, *Agricultural Biotechnology* (ss. 57-88). CRC Press. doi: 10.1201/9781420049275.ch4
- Wouw, M. van de, Kik, C., Hintum, T. van, Treuren, R. van, & Visser, B. (2010). Genetic erosion in crops: Concept, research results and challenges. *Plant Genetic Resources*, 8(1), 1-15. doi: 10.1017/S1479262109990062
- Zhu, P., Burney, J., Chang, J., Jin, Z., Mueller, N. D., Xin, Q., ... Ciais, P. (2022). Warming reduces global agricultural production by decreasing cropping frequency and yields. *Nature Climate Change*, 12(11), 1016-1023.

Yazarlar Hakkında / About Authors

**Prof. Dr. Ekrem GÜREL | Bolu Abant İzzet Baysal Üniversitesi |
gurel_e[at]ibu.edu.tr | ORCID: 0000-0001-6262-2866**

1987 yılında Ankara Üniversitesinden mezun olmuş ve aynı yıl TÜBİTAK'ın yurtdışı bursunu kazanarak, doktorasını İngiltere'de (University of Leeds) 1992'de tamamlamıştır. 1992-1995 yılları arasında Şeker Enstitüsünde (Ankara) çalışmış, 1995'den itibaren ise Bolu Abant İzzet Baysal Üniversitesinde çalışmaktadır. İki TÜBİTAK yurtdışı doktora sonrası burs olmak üzere (University of California Berkeley, ABD; University of Queensland, Avustralya), çok sayıda bilimsel burs ve ödül kazanarak birçok ülkede mesleki çalışma yürütmüştür. 2012-2018 yılları arasında uluslararası bir dergi olan Turkish Journal of Biology'nin (TÜBİTAK) Başeditörlük görevini yürütmüştür. Uzmanı olduğu bitki biyoteknolojisi alanında, 102'si uluslararası olmak üzere, toplam 183 adet bilimsel eser yayınlamıştır. Çok sayıda ulusal ve uluslararası araştırma projesinde yürütücü veya araştırmacı olarak görev almıştır.

**Prof. Dr. Ekrem GÜREL | Bolu Abant İzzet Baysal University |
gurel_e[at]ibu.edu.tr | ORCID: 0000-0001-6262-2866**

He graduated from Ankara University in 1987 and in the same year, he won a TÜBİTAK international scholarship and completed his PhD in England (University of Leeds) in 1992. He worked at the Sugar Institute (Ankara) between 1992 and 1995, and since then has been working at Bolu Abant İzzet Baysal University. He has carried out professional work in many countries by winning numerous scientific scholarships and awards, including two TÜBİTAK overseas postdoctoral scholarships (University of California Berkeley, USA; University of Queensland, Australia). Between 2012 and 2018, he served as the Editor-in-Chief of the Turkish Journal of Biology (TÜBİTAK), an international journal. He has published a total of 183 scientific works, 102 of which are international, in the field of plant biotechnology, in which he is an expert. He has worked as a manager or researcher in many national and international research projects.

Dipul Kumar BISWAS | Bolu Abant İzzet Baysal Üniversitesi |

dipul.biswas[at]gmail.com | ORCID: 0000-0002-0520-1931

Dipul Kumar Biswas Hindistan'ın Kanpur şehrinde bulunan Chhatrapati Shahu Ji Maharaj Üniversitesi'nde Biyoloji alanında lisans eğitimini tamamlamış ve yüksek lisans tezini Biyoteknoloji ve Bitki Moleküler Biyoloji alanında "*Catharanthus roseus*' tan Saçak Köklerin İndüksiyonu ve Moleküler & Fitokimyasal Karakterizasyonu" başlığıyla Sam Higginbottom Tarım, Teknoloji ve Bilim Üniversitesi'nde tamamlamıştır. Şu anda Bolu Abant İzzet Baysal Üniversitesi, Biyoloji Bölümü, Bitki Biyoteknolojisi Laboratuvarında doktora çalışmasını "*Metal Nanoparçacıkların Digitalis ferruginea* L. subsp. *ferruginea*'da Biyobirikimi ve Taşınımı ile Bitki Büyüme Parametreleri, Sekonder Metabolit Sentezi ve Gen İfadeleri Üzerindeki Etkileri" başlıklı TÜBİTAK projesi altında sürdürmektedir.

Dipul Kumar BISWAS | Bolu Abant İzzet Baysal University |

dipul.biswas[at]gmail.com | ORCID: 0000-0002-0520-1931

Dipul Kumar Biswas has accomplished his graduation in the subject of Biology at the Chhatrapati Shahu Ji Maharaj University, Kanpur, India, and completed his master's thesis in the field of Biotechnology and Plant Molecular Biology on "Induction of Hairy Roots from *Catharanthus roseus* and its Molecular and Phytochemical characterization" at the Sam Higginbottom University of Agriculture, Technology and Sciences, Allahabad, India. At present, he is joined as a Ph.D. student at the Bolu Abant İzzet Baysal University, Department of Biology, Plant Biotechnology Laboratory and he is studying his PhD on "Exposure of nanoparticles on *Digitalis ferruginea* L.: bioaccumulation and transport mechanism of the nanoparticles, effects on plant growth parameters, plant metabolites, and gene expressions".

Sarah JORJANI | Bolu Abant İzzet Baysal Üniversitesi |

gorjanisarah[at]gmail.com | ORCID: 0000-0002-9101-7689

Sarah Jorjani, Bolu Abant İzzet Baysal Üniversitesi Biyoloji Bölümünde doktora yapmaktadır. İran'ın Gorgan şehrinde bulunan İslamic Azad Üniversitesi'nde 2011 yılında Bitki Biyolojisi alanında yüksek lisans derecesini tamamlamıştır. Bu dönemde alglerin ekofizyolojisi üzerine çalışma ilgisini çekmiştir. Bu ilgi, Sarah'ı tez çalışması olan "*Hapalosiphon fontinalis* (C. Agardh) Bornet adlı toprak siyanobakterinin morfolojik değişiminin pH ve karbon dioksitin son derece sınırlı ışık yoğunluğunun birleşik etkileri üzerinde incelenmesi"ne yönlendirmiştir. Doktora çalışması ise bazı nanoparçacıkların şeker pancarı büyüme parametreleri, fizyolojik ve biyokimyasal özelliklerine olan etkisi üzerine odaklanmaktadır.

Sarah JORJANI | Bolu Abant İzzet Baysal University |

gorjanisarah[at]gmail.com | ORCID: 0000-0002-9101-7689

Sarah Jorjani is a PhD student in the biology department at Bolu Abant Izzet Baysal University. She completed her MSc degree in the field of Plant biology in 2011 at Islamic Azad University of Gorgan, Iran. Studying about ecophysiology of algae was her interest in this period. It led Sarah to work on her thesis "Studying of Morphological variation of soil cyanobacterium, *Hapalosiphon fontinalis* (C. Agardh) Bornet at combination effects of pH and carbon dioxide at the extremely limited irradiance". Her PhD study is focused on the effect of some nanoparticles on sugar beet growth parameters, physiological, and biochemical characteristics.

Nour ALAWAD | Bolu Abant İzzet Baysal Üniversitesi |

alawad.nur[at]gmail.com | ORCID: 0000-0002-3210-0079

Nour Alawad lisans derecesini Halep Üniversitesi, Biyokimya Bölümü'nden aldı ve yüksek lisans derecesini Bolu Abant İzzet Baysal Üniversitesi, Bitki Biyoteknolojisi Laboratuvarında tamamladı. Bitkilerle ilgili nanoteknoloji ve biyolojik uygulamalarını incelemek konusuna ilgi duymaktadır.

Nour ALAWAD | Bolu Abant İzzet Baysal University |

alawad.nur[at]gmail.com | ORCID: 0000-0002-3210-0079

Nour Alawad received her bachelor's degree from the University of Aleppo, Department of Biochemistry, and has got master's degree at Bolu Abant İzzet Baysal University, in the laboratory of Plant Biotechnology. She is interested in studying nanotechnology and its biological applications with plants.

**Dr. Ömer Can ÜNÜVAR | Bolu Abant İzzet Baysal Üniversitesi |
omercanunuvar[at]gmail.com | ORCID: 0000-0001-8711-6169**

Dr. Ömer Can Ünüvar, Bolu Abant İzzet Baysal Üniversitesi'nde kimya alanında lisans derecesi almıştır ve yüksek lisans tezini, istilacı bir alg olan *Caulerpa cylindracea*'da alternatif oksidaz kodlayan genlerin tanımlanmasıyla ilgili olarak biyokimya ve moleküler biyoloji alanında tamamlamıştır. Biyokimya alanında doktora derecesi almış ve "*Triticum monococcum* ssp. *monococcum* ile ilişkili yeni bakterilerin tanımlanması ve biyokimyasal karakterizasyonu" üzerine çalışmıştır. Şu anda Bolu Abant İzzet Baysal Üniversitesi, Bitki Biyoteknolojisi laboratuvarında doktora sonrası araştırmacı olarak görev yapmakta ve çalışmalarını "Metal Nanoparçacıkların *Digitalis ferruginea* L. subsp. *ferruginea*'da Biyobirikimi ve Taşınımı ile Bitki Büyüme Parametreleri, Sekonder Metabolit Sentezi ve Gen İfadeleri Üzerindeki Etkileri" başlıklı TÜBİTAK projesi altında sürdürmektedir. Aynı zamanda çevre, ekoloji, bilim ve yerel kültüre odaklanan sosyal çalışmalarda da yer almaktadır.

**Dr. Ömer Can ÜNÜVAR | Bolu Abant İzzet Baysal University |
omercanunuvar[at]gmail.com | ORCID: 0000-0001-8711-6169**

Dr. Ömer Can Ünüvar earned a bachelor's degree of science in chemistry at Bolu Abant İzzet Baysal University and finished his master's thesis in the field of biochemistry and molecular biology about the identification of alternative oxidase encoding genes in invasive algae; *Caulerpa cylindracea*. He has got Ph.D. degree in Biochemistry and studied "Identification and biochemical characterization of novel bacteria associated with *Triticum monococcum* ssp. *monococcum*". He is a post-doctoral researcher in the Plant Biotechnology Laboratory of Bolu Abant İzzet Baysal University and working on "Exposure of nanoparticles on *Digitalis ferruginea* L.: bioaccumulation and transport mechanism of the nanoparticles, effects on plant growth parameters, plant metabolites, and gene expressions" as a part of TÜBİTAK project. At the same time, he is taking part in social studies that focused on the environment, ecology, science, and local culture.

Mehmet ÖRGEÇ | Bolu Abant İzzet Baysal Üniversitesi |

mehmetorgec[at]gmail.com | ORCID: 0000-0002-9446-7538

Mehmet Örgeç, Bolu Abant İzzet Baysal Üniversitesi Biyoloji Bölümü'nden mezun olmuş ve yüksek lisans tezini *Triticum monococcum* ssp. *monococcum* (einkorn) buğdayının in vitro üretimi konusunda bitki biyoteknolojisi alanında tamamlamıştır. Şu anda doktora çalışmasını Bolu Abant İzzet Baysal Üniversitesi Bitki Biyoteknolojisi Laboratuvarı'nda sürdürmektedir. Mevcut araştırması, kloroplast dönüşüm teknolojisi kullanarak genetik mühendislik üzerine odaklanmaktadır. "Şeker Pancarında Hibrit Tohum Üretiminde Kullanılacak Sitoplazmik Erkek Kısır Bitkilerin Transplastomik Transformasyon Yöntemiyle Elde Edilmesi" adlı TUBİTAK 1001 projesinde çalışmaktadır.

Mehmet ÖRGEÇ | Bolu Abant İzzet Baysal University |

mehmetorgec[at]gmail.com | ORCID: 0000-0002-9446-7538

Mehmet Örgeç graduated from the Department of Biology at Bolu Abant İzzet Baysal University and finished his MSc thesis in the field of plant biotechnology about in vitro propagation of einkorn (*Triticum monococcum* ssp. *monococcum*) wheat. He is currently carrying out his PhD studies on plant biotechnology at Bolu Abant İzzet Baysal University, Plant Biotechnology Laboratory. His current research focuses on genetic engineering via using chloroplast transformation technology. He is working on a TUBİTAK 1001 project entitled 'Production of Cytoplasmic Male Sterile Plants to be Used in Hybrid Seed Production in Sugar Beet by Transplastomic Transformation Method'.

Prof. Dr. Songül GÜREL | Bolu Abant İzzet Baysal Üniversitesi |

songul.gurel[at]ibu.edu.tr | ORCID: 0000-0003-2379-5363

Lisans ve yüksek lisans derecelerini Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesinden, doktora derecesini ise Orta Doğu Teknik Üniversitesi Biyoloji Bölümünden almıştır. 1992-2018 yılları arasında Şeker Enstitüsünde (Ankara) şeker pancarı ıslahı üzerine çalışmış, sonrasında ise Bolu Abant İzzet Baysal Üniversitesi Biyoloji Bölümünde çalışmaya başlamıştır. Uzmanı olduğu bitki ıslahı ve biyoteknolojisi alanında, 42'si uluslararası olmak üzere, toplam 78 adet bilimsel eser yayınlamıştır. Çeşitli ulusal ve uluslararası araştırma projesinde yürütücü veya araştırmacı olarak görev almıştır.

Prof. Dr. Songül GÜREL | Bolu Abant İzzet Baysal University |

songul.gurel[at]ibu.edu.tr | ORCID: 0000-0003-2379-5363

She received her BSc and MSc degrees from Ankara University, Faculty of Agriculture and her PhD degree from the Middle East Technical University, Department of Biology. She worked at the Sugar Institute (Ankara) between 1992 and 2018 on sugar beet breeding, and then started working at the Biology Department of Bolu Abant İzzet Baysal University. She has published a total of 78 scientific works, 42 of which are international, in the field of plant breeding and biotechnology, in which she specializes. She has worked as a manager or researcher in several national and international research projects.