

# BİTKİ BİYOTEKNOLOJİSİNDE GÜNCEL UYGULAMALAR VE DEĞERLENDİRMELER

Editörler

Güngör YILMAZ & Tünay KARAN



LIVRE DE LYON

Natural Sciences

2023

# **BİTKİ BİYOTEKNOLOJİSİNDE GÜNCEL UYGULAMALAR VE DEĞERLENDİRMELER**

**Editörler**

**Güngör YILMAZ & Tünay KARAN**



**LIVRE DE LYON**

**Lyon 2023**



# **BİTKİ BİYOTEKNOLOJİSİNDE GÜNCEL UYGULAMALAR VE DEĞERLENDİRMELER**

**Editörler**

**Güngör YILMAZ & Tünay KARAN**



**LIVRE DE LYON**

**Lyon 2023**

## **Bitki Biyoteknolojisinde Güncel Uygulamalar ve Değerlendirmeler**

**Editors** • Prof. Dr. Güngör YILMAZ • Orcid: 0000-0003-0070-5484

Assoc. Prof. Dr. Tünay KARAN • Orcid: 0000-0002-9114-8400

**Cover Design** • Motion Graphics

**Book Layout** • Motion Graphics

**First Published** • December 2023, Lyon

**ISBN:** 978-2-38236-635-6

**copyright** © 2023 by **Livre de Lyon**

All rights reserved. No part of this publication may be reproduced, stored in a retrieval system, or transmitted in any form or by any means, electronic, mechanical, photocopying, recording, or otherwise, without prior written permission from the Publisher.

**Publisher** • Livre de Lyon

**Address** • 37 rue marietton, 69009, Lyon France

**website** • <http://www.livredelyon.com>

**e-mail** • [livredelyon@gmail.com](mailto:livredelyon@gmail.com)



LIVRE DE LYON

# ÖNSÖZ

Değerli okurlar;

**Bitki Biyoteknolojisinde Güncel Uygulamalar ve Değerlendirmeler** adlı bu kitapta yer alan bölümler alanında uzman değerli akademisyenler tarafından hazırlanmıştır. Bitki biyoteknolojisinin geleceği ve bitki genetik kaynaklarının korunması bölüm olarak ele alınmıştır. Kitapta kenevir bitkisinin in vitro doku kültürü çalışmaları, kenevir ıslahında moleküler teknikler, kannabinoidler ve terapötik etkileri hakkında bilgiler ve uygulamalar verilmekle birlikte transgenik bitki türleri, bitki doku kültürü çalışmaları, sekonder metabolit üretim teknikleri ve metalik nanopartiküllerin yeşil sentezi gibi güncel araştırmalardan da bahsedilmektedir. Ayrıca bitkilerdeki gelişmiş ekstraksiyon teknikleri, bitkisel protein tozu üretimi ve gıdalarda mikroenkapsülasyon çalışmaları mevcuttur. Son olarak da Veteriner Hekimlikte tedavi amaçlı kullanılan tıbbi ve aromatik bitkiler anlatılmıştır.

Kitap, bitki biyoteknolojisinin gıda, tıp, veteriner, ziraat, mühendislik, kimya gibi pek çok alan ve sektörde güncel araştırmalar ve bulgular ışığında harmanlanarak okuyucuya ve araştırmacılara sunulmuştur.

Kitabın oluşturulmasında emeği geçen ve katkı sağlayan tüm yazarlara ve yayın ekibine teşekkür ederiz.

Mesleki saygılarımızla  
**Prof. Dr. Güngör YILMAZ**  
**Doç. Dr. Tünay KARAN**



# CONTENTS

|  |     |
|--|-----|
| <b>ÖNSÖZ</b>   | I   |
| <b>BÖLÜM I.</b> BİTKİ BİYOTEKNOLOJİSİNİN GELECEĞİ VE BİTKİ GENETİK KAYNAKLARININ KORUNMASI<br><i>Sevgi DURNA DAŞTAN</i>                          | 1   |
| <b>BÖLÜM II.</b> KENEVİR ISLAHINDA MOLEKÜLER TEKNİKLERİN KULLANIMI<br><i>Ahmad ALSALEH &amp; Muhsin İbrahim AVCI &amp; Güngör YILMAZ</i>         | 17  |
| <b>BÖLÜM III.</b> KENEVİR BİTKİSİNDE İN VİTRO DOKU KÜLTÜRÜ ÇALIŞMALARI<br><i>Saber DELPASAND KHABBAZI &amp; Güngör YILMAZ</i>                    | 61  |
| <b>BÖLÜM IV.</b> TRANSGENİK BİTKİ TÜRLERİ İÇİN İLGİLİ KARAKTER VE GENLER: İŞARET GENLERİ VE PROMOTÖRLER<br><i>İnanç BARAL &amp; Taner DAŞTAN</i> | 79  |
| <b>BÖLÜM V.</b> BİTKİ DOKU KÜLTÜRÜ: BİTKİ GELİŞİMİNİN YÖNLENDİRİLMESİ<br><i>Dilek ARSLAN ATEŞŞAHİN &amp; Şeyda KAYA</i>                          | 109 |
| <b>BÖLÜM VI.</b> BİTKİLERDE GELİŞMİŞ EKSTRAKSİYON TEKNİKLERİ<br><i>Ferda ESER</i>  | 131 |
| <b>BÖLÜM VII.</b> ASMADA BULUNAN SEKONDER METABOLİTLER VE İN VİTRO KOŞULLARDA ÜRETİM TEKNİKLERİ<br><i>Emine Sema ÇETİN</i>                       | 149 |



- BÖLÜM VIII.** BİYOTEKNOLOJİK YÖNTEMLERLE BİTKİ BAZLI  
PROTEİN TOZU ÜRETİMİ 169  
*Fadime SEYREKOĞLU*
- BÖLÜM IX.** BİTKİSEL GIDALARDA MİKROENKAPSÜLASYON  
UYGULAMALARI 189  
*Şeyda ÖZTÜRK & Cemalettin BALTACI*
- BÖLÜM X.** SALVIA CİNSİ BİTKİ EKSTRATLARI KULLANILARAK  
METALİK NANOPARTİKÜLLERİN YEŞİL SENTEZİ 211  
*Ramazan CEYLAN & Tünay KARAN*
- BÖLÜM XI.** VETERİNER HEKİMLİKTE TEDAVİDE KULLANILAN  
BİTKİLER 231  
*İmran GARİP*

# BÖLÜM I

## BİTKİ BİYOTEKNOLOJİSİNİN GELECEĞİ VE BİTKİ GENETİK KAYNAKLARININ KORUNMASI

### *Future of the Plant Biotechnology and Conservation of Plant Genetic Sources*

SEVGI DURNA DAŞTAN\*

*\*(Prof. Dr.) Sivas Cumhuriyet Üniversitesi,  
Fen Fakültesi, Biyoloji Bölümü, Sivas, Türkiye  
E-mail: sdurna@cumhuriyet.edu.tr  
ORCID: 0000-0003-4946-5602*

#### Özet

**B**itki genetik kaynaklarının korunması, biyoçeşitliliğin sürdürülmesi ve genetik çeşitliliğin gelecek nesiller için devam ettirilmesi açısından kilit bir öneme sahiptir. Önerilen stratejiler, in situ ve ex situ koruma çabalarını bütünlük içinde birleştiren, yeni teknolojileri kullanan ve koruma stratejilerinde genetik çeşitliliği, bağlantıyı ve sürdürülebilirliği vurgulayan bütünlükçü, disiplinler arası bir yaklaşımı içerir. İn situ koruma çabaları, bir türün ve onun genlerinin doğal yaşama ortamlarında korunmasını, rasgele eşeyli üreme sonuçlarını entegre ederek, ve genetik temsilciliği artırmak için detaylı örnekleme yapılmasını ve yeni bireylerin eklenmesini gerektiren bir süreci içerir. Bu stratejiler, genetik erozyonla mücadele etmek ve sürdürülebilir tarımı teşvik etmek için temel öneme sahiptir ve Birleşmiş Milletler Sürdürülebilir Kalkınma Hedefi 2.5'e uygun olarak tarımsal biyoçeşitlilik ve gıda güvenliği üzerine odaklanmaktadır. Bitki türleri için “Reintroduction; yeniden tanıtmaya” biyolojisinin, biyoçeşitliliğin korunması için temel bir araç olarak kurulması ve “reintroduction” çabalarında genetik çeşitliliğin öneminin, gelecekteki bitkisel çeşitliliği koruma çabalarını şekillendirmesi beklenmektedir. Yerel bitkisel

çeşitliliklerin genetik yapısını ve tarla bitkisi popülasyonlarının çeşitliliğini anlamak, yerel çiftçileri içeren stratejilerin oluşturulması için kritiktir. Bu yaklaşım, yerel bitkisel çeşitlilik genetik kaynaklarının genetik bütünlüğünün iyileştirilmesini ve korunmasını kolaylaştırır. Bitki genetik kaynaklarının (BGK, PGR) ex situ korunması kapsamında yaşanan hassasiyet, gelecek nesiller için bitki çeşitliliğini korumak için sağlam koruma stratejilerine duyulan ihtiyacı vurgular. Bu stratejilere ek olarak, in vitro kültür teknikleri, bitki genetik kaynaklarının korunması için etkili biyoteknolojik yaklaşımlar olarak hizmet veren pratik alternatifler sunar. Koruma uzmanları, biyolojik çeşitliliği kapsamlı bir şekilde korumak ve yönetmek amacıyla in situ ve ex situ yöntemleri “Entegre Koruma Stratejisi” olarak birleştirmektedir ve bu yaklaşım ile, etkili koruma için genetik çeşitliliği, bağlantıyı ve sürdürülebilirliği sağlamayı amaçlamaktadırlar. Kısaca bitki genetik kaynaklarının korunması için önerilen bütünlükçü stratejiler, etkili bir koruma için genetik çeşitliliği, bağlantıyı ve sürdürülebilirliği temin etmeyi amaçlayan geniş bir entegre bir yaklaşımı içermektedir.

**Anahtar Kelimeler:** bitki, biyoteknoloji, gelecek perspektifi, genetik kaynak, koruma

### **Abstract**

Plant genetic resources (PGR) conservation is pivotal for maintaining biodiversity and ensuring the availability of genetic diversity for future generations. The proposed strategies encompass a holistic, interdisciplinary approach, integrating in situ and ex situ conservation efforts, utilizing new technologies, and emphasizing genetic diversity, connectivity, and sustainability in conservation strategies. In situ conservation efforts involve preserving a species and its genes in their natural habitat, integrating the consequences of random and unmanaged sexual reproduction, a process that requires detailed sampling and addition- introduction of new individuals to enhance genetic representativeness. These strategies are fundamental for addressing genetic erosion and promoting sustainable agriculture, aligning with the United Nations Sustainable Development Goal 2.5, which focuses on agricultural biodiversity and food security through seed banks. The establishment of plant reintroduction biology as a key tool for biodiversity conservation and the acknowledgment of the importance of genetic diversity in reintroduction efforts are anticipated to shape future conservation endeavors. Understanding the genetic structure of landraces and the diversity of on-farm plant populations is crucial for formulating strategies involving local farmers. This approach facilitates the improvement and safeguarding of the genetic integrity of landrace genetic resources.

The vulnerability of PGR conserved ex situ underscores the need for robust conservation strategies to safeguard plant diversity for future generations. In addition to these strategies, in vitro culture techniques offer practical alternatives for PGR conservation, serving as efficient tools for biotechnological approaches. Conservationists are increasingly combining in situ and ex situ methods into an “Integrated Conservation Strategy” to protect and manage biological diversity comprehensively. Finally, the holistic strategies proposed for the conservation of PGR encompass a broad, integrated approach, aiming to ensure genetic diversity, connectivity, and sustainability for effective conservation.

**Keywords:** plant, biotechnology, conservation, future perspective, genetic source

## 1. Giriş

Geçmişten günümüze bir bütün olarak bakıldığında alan olarak bitki biyoteknolojisi, son yıllarda çeşitli uygulamalara yönelik umut verici perspektifler sunarak önemli adımlar atmıştır. Genetik mühendisliği ve biyoteknolojideki ilerlemeler, süs bitkilerinde çiçeksel özellikleri geliştirmede etkili olmuştur (Noman vd., 2017). Ayrıca, tarımda nano-biyoteknolojinin kullanımı, bitki büyümesini ve stres toleransını artırmada potansiyel göstermiştir (Zhao vd., 2020). Gıda çalışmaları olarak baklagillerin genetik iyileştirmesi de odak noktası olmuş olup, son yıllarda bitki biyoteknolojisi ve ilgili moleküler yöntemlerin ıslahta uygulanmasında ilerlemeler kaydedilmiştir (Punia vd., 2022). CRISPR/Cas stratejilerinin ortaya çıkması, bitki verimini artırmaya ve sürdürülebilir tarımsal üretimi güçlendirmeye katkıda bulunmuştur (Maximiano ve Franco, 2022). Ayrıca, bitki biyoteknolojisi, biyoenerji üretiminde önemli gelişmelere yol açarak bitki üretkenliği ve kalitesinde önemli artışlara neden olmuştur (Davies vd., 2010). Dahası, bitki sekanslarından türetilen ifade elemanlarının keşfi, gen ifadesini düzenleme ve bitki biyoteknoloji özelliklerini optimize etme konusunda yeni fırsatlar yaratmıştır (To vd., 2021).

Bu fırsat ve gelişmeler, bitki biyoteknolojisinin çeşitli tarımsal ve çevresel zorluklarla başa çıkma potansiyelini vurgulamaktadır. Genom düzenleme gibi yenilikçi teknolojilerin entegrasyonu, bitki biyoteknolojik uygulamaların kapsamını ve karmaşıklığını genişletmiştir (Watanabe vd., 2021). Ayrıca, bilim ile toplum arasındaki diyalog, bitki ıslahındaki teknolojik yenilikleri takip etmede esaslı hale gelmiş, etkili iletişim ve işbirliğinin gerekliliğini vurgulamıştır (Benard vd., 2009). Genel olarak, bitki biyoteknolojisi alanındaki mevcut gelişmeler, sürdürülebilir tarım ve çevre yönetimi için umut verici olanaklar sunan dinamik ve evrilen bir manzaranın yansımasıdır.

Bitki biyoteknolojisi alanının geleceğine dair bir genel bakış sunulmasından önce mevcut literatür uyarınca bitki biyoteknolojisi araştırmalarında gelinen durumun genel olarak incelenmesi ve mevcut halde bitki gen kaynaklarının korunması konusundaki literatürdeki eğilimlerin genel haliyle gözden geçirilmesi faydalı olacaktır. Bu nedenle, öncelikle bahsedilen bu konulara değinilip ardından mevcut literatür verileri ışığında bitki biyoteknolojisinin geleceği ve bitki gen kaynaklarının korunması konularına değinilecektir.

### ***1.1. Bitki Biyoteknolojisi Alanında Mevcut Duruma Genel Bakış***

Bitki biyoteknolojisindeki mevcut durum, önemli gelişmeler ve dönüştürücü potansiyel ile karakterize edilen dinamik bir manzarayı yansıtmaktadır. Sentetik biyoloji, bitki biyoteknolojisinin yeteneklerini devrim niteliğinde değiştirmeye yönelik önemli bir güç olarak ortaya çıkmış, botanik form ve fonksiyonun kapsamını genişletmiştir (Patron, 2020). Bu genişleme, tarım ve endüstride yenilikçi ilerlemelere olanak tanımış, gelişmekte olan ülkelerde geliştirilen iyileştirilmiş ürünlerin yerel ve küresel pazarlara entegrasyonu ve yayılması için yeni perspektifler sunmuştur (Bull vd., 2011). Ayrıca, CRISPR/Cas9 sistemi, bitki genom düzenleme potansiyeli nedeniyle oldukça dikkat çekmiş olup, bitki ıslahı alanında yapılacak çalışmalar için ve gelecekteki yeni gelişmeler için önem taşımaktadır (Bortesi ve Fischer, 2015). Nanopartiküllerin bitki biyoteknolojisinde kullanılması, bitki biyoteknolojisini geliştirmekle birlikte aynı zamanda bu alandaki gelecekteki etkileri değerlendirmekte umut vaat etmektedir (Kokina ve Plaksenkova, 2022). Ayrıca, bitki virolojisinin rolünün daha net olarak anlaşılmasıyla birlikte, biyoteknoloji için çeşitli araç setleri sunmuş olup, devam eden bitki viroloji ile ilgili araştırmaların gelecekte biyoteknoloji için daha fazla umut vadeden araçlar ortaya çıkarması beklenmektedir (Wang vd., 2020).

Ayrıca, biyoteknolojideki son yenilikler ve ilerlemeler, çay bitkisinin genomik yapısı ve bitki genetik kaynakları alanında önemli ilerlemeler kaydetmesine olanak tanımış, çay kalitesinin moleküler mekanizmaları ve çay bitkisi genomunun evrimi konusundaki anlayışımızı artırmıştır (Xia vd., 2020). Sebzelere heterozis çalışmaları, genom, transkriptom, proteom ve epigenom düzeylerindeki moleküler biyoteknoloji ilerlemeleri sayesinde önemli bir ilerleme kaydetmiştir (Yu vd., 2021). Ayrıca, bitki biyoteknolojisi sektörü, son yirmi yıl içinde devam eden birleşmeler ve diğer bilimlerle olan etkileşimleri yoluyla sürekli bir yeniden yapılanma sürecinden geçmiş, endüstriyi şekillendirmiştir (Marco ve Rausser, 2008). Metabolomik, post-

genomik platformlarla entegre edilmiş olarak, birçok bitki türünde genetik-fenotipik anlamda önemli gelişmelere olanak tanımış ve bitkilerin sıcak stres toleransının artırılmasına katkıda bulunmuştur (Raza, 2020).

Son yıllarda, yenilikçi teknolojilerin uygulanması, bitki bilimi araştırmalarında büyük değişikliklere yol açarak süs bitkilerinin korunması ve bitki korumasına yönelik yeni stratejilerin geliştirilmesine öncülük etmiştir. Ayrıca, bitki biyoteknolojisi, üretkenliği artırma, çeşitlendirme ve daha sürdürülebilir tarımın geliştirilmesi gibi geniş bir olasılık yelpazesi sunarak küresel gıda güvenliği, çevre koruma ve özellikle yeni iklim koşullarına uyum sağlayacak nitelikte tarımın devam ettirilmesi gibi küresel sorunlara çözümler getirmektedir. Genel olarak değerlendirmek gerekirse, bitki biyoteknolojisinin mevcut durumu, son teknolojilerin bir araya gelmesi, disiplinlerarası araştırma ve tarım, gıda güvenliği ve çevresel sürdürülebilirlik gibi küresel sorunlara odaklanmanın artmasıyla belirlenmektedir.

### ***1.2. Bitki Genetik Kaynaklarının Korunması Alanında Mevcut Duruma Genel Bakış***

Bitki genetik kaynaklarının korunması, biyolojik çeşitliliğin sürdürülmesi ve sürdürülebilir tarımın kritik bir yönüdür. Son araştırmalar, ex situ koruma altındaki bitki popülasyonlarının temsil ediciliğini değerlendirmeye odaklanmıştır. Ex situ koruma faaliyetlerinin başlangıcında kaynak popülasyonlarından yeterli genetik varyasyonun yakalanıp yakalanmadığının belirlenmesi amaçlanmaktadır (Wei ve Jiang, 2020). Bu, bitki türlerinin genetik çeşitliliğini sürdürmek için hayati olan nitelikleri, aynı zamanda değişen çevresel koşullara uyum sağlama açısından da önemlidir (Wimp vd., 2004). Ayrıca, hem korunan hem de korunmayan alanlarda tıbbi bitki türlerinin genetik yapısı, çeşitliliği ve uzun vadeli yaşayabilirliğini anlama konusunda artan bir ihtiyaç oluşmuştur. Nitekim bu değerli genetik kaynakları korumak için etkili koruma stratejilerine olan ihtiyaç daha da belirgin hale gelmiştir (Shivaprakash vd., 2014).

Ayrıca, in situ koruma yaklaşımlarının rolü giderek artan bir ilgi kazanmış, tehdit altındaki ancak yaygın bitki türlerinde in situ melezleme oranlarının ve genetik ile ekocoğrafik korumanın değerlendirilmesini gerektirmiştir (Barnaud vd., 2008; Zumwalde vd., 2022). Bu, korumaya daha bütünsel bir yaklaşıma doğru bir kayma olarak görülmekte, genetik çeşitlilik çalışmalarının ekolojik ve coğrafi düşüncelerle entegre edilerek koruma sonuçlarını iyileştirmeyi amaçlamaktadır. Ayrıca, Gen Koruma Birimleri (GKB'ler) kavramı, genetik

çeşitliliği ve evrimsel süreçleri in situ korumak için önerilmiş, türlerin sürekliliği için genetik çeşitliliğin önemini vurgulamakta ve hedeflenmiş koruma çabalarının gerekliliğine odaklanmaktadır (Minter vd., 2021).

Bitki genetik kaynaklarının korunması, özellikle Bitki Koruma Küresel Stratejisi bağlamında bitki genetik kaynaklarının korunması için stratejiler ve kurumlar oluşturma çabalarıyla bir odak noktası olmuştur. Bu, gıda güvenliğini ve sürdürülebilir tarımsal kalkınmayı sağlamak için bitki türlerinin genetik çeşitliliğini koruma konusundaki küresel bir taahhüdü yansıtmaktadır. Ayrıca, asma gibi ekonomik olarak önemli bitkilerin genetik kaynaklarının korunması, çeşitliliği ve ekonomik kazançları sürdürmek için vurgulanan kurumsal klonal seleksiyon, kitle seleksiyon ve özel klonal seleksiyon arasında bir arada yaşama ihtiyacını vurgulayarak koruma açısından kritik bir yönü belirtmiştir (Roby vd., 2014).

Genel olarak, bitki genetik kaynaklarının korunması konusundaki mevcut durum, ex situ ve in situ yaklaşımları, genetik çeşitlilik çalışmalarını ve hem doğal hem de yetiştirilen bitki türleri için koruma stratejilerinin oluşturulmasını içeren koruma çabalarının çok yönlü doğasını vurgulamaktadır. Bu çabalar, bitki genetik kaynaklarını koruma, sürdürülebilir tarımı teşvik etme ve genetik erozyon ile çevresel değişikliklerin zorluklarıyla başa çıkma açısından hayati öneme sahiptir.

Mevcut durumun ortaya konulmasından sonra takip eden başlıklarda mevcut literatür bilgilerine dayalı olarak bitki biyoteknolojisi ve bitki gen kaynaklarının korunması konularında şekillenen gelecek perspektiflerine değinilecektir.

## **2. Bitki Biyoteknolojisi ve Bitki Gen Kaynaklarının Korunması Alanlarında Gelecek Perspektifleri**

### ***2.1. Bitki Biyoteknolojisi Alanında Şekillenen Gelecek Perspektiflerine Genel Bakış***

Bitki biyoteknolojisi araştırmalarındaki gelecek perspektifleri ve yönelimler, çeşitli yenilikçi yaklaşımları ve ortaya çıkan eğilimleri kapsamaktadır. Çay bitkilerinde üretim programlarının hızlanması, gelecekteki fonksiyonel genomik çalışmalar aracılığıyla beklendiği gibi, genetik olarak geliştirilmiş çay bitkisi çeşitlerinin geliştirilmesi için umut vaat etmektedir (Xia vd., 2020). Ayrıca, biyoteknolojiyi kullanarak Kassava bitkisi (*Manihot esculenta*) gibi bitkilerin yetiştirilmesi ve bunlarda genetik iyileştirme potansiyelinin araştırılması konusunda,

seçim belirteci genleri yabancı DNA içermeyen ürünler elde etmeye yönelik çalışmalara odaklanılmıştır. İşte bu yeni odak konular da biyoteknoloji araştırmalarında gelecek yönelimin bir göstergesidir (Chavariaga-Aguirre vd., 2016). Ayrıca, gelişmekte olan ülkelerden gelen iyileştirilmiş bitkilerin ve türevlerinin yerel pazarlara ve küresel ekonomiye entegrasyonu, bitki biyoteknolojisinde yeni olanaklar sunmaktadır (Bull vd., 2011).

Bitki biyoteknolojisi araştırmalarının geleceği, metagenomik ve sentetik biyoloji çağında virüsleri kullanmayı içermekte ve bitki virolojisinde teknik kısıtlamaları aşmak için enfeksiyöz klon montajını basitleştirmektedir (Pasin vd., 2019). Ayrıca, kimyasal çeşitliliğin anlaşılması, gen dizileme, Yeni Üretim Teknikleri (NPT'ler) ve sentetik biyoloji araçlarındaki son teknolojik ilerlemelerle birleştirildiğinde, çeşitli bitki türlerinde metabolik mühendislik için yeni olanaklar açılması beklenmektedir (Molina-Hidalgo vd., 2021). Tarım sektörünü sürdürülebilirliğe yönlendirmek, bitki biyoteknolojisinin büyüyen nüfusu yeterli besleyici gıda ile besleme konusundaki büyük zorluğa nasıl katkıda bulunabileceğine dair perspektifleri de ortaya çıkarmaktadır (Montagu, 2020).

Ayrıca, bitki stabilizasyonu, botanik genomik ve hayvan yem endüstrisinde biyoteknolojinin önemine dair gelecekteki araştırmalar ve bakış açıları vurgulamaktadır ki, bunlar çevresel sürdürülebilirlik açısından biyoteknolojik yaklaşımların önemini ortaya koymaktadır (Nasir vd., 2022). Bitki patojen etkileşimlerinin daha iyi anlaşılmasının ve bitki-bitki etkileşimlerine dair ilerlemelerin, yeni biyolojik kontrol ajanlarının geliştirilmesine ve bitkilerin rekabete tepkilerinin manipülasyonu yoluyla verimlerinin artırılmasına katkıda bulunması beklenmektedir (Westwood vd., 2018). Ayrıca, bitki biyoteknolojisi araştırmalarının geleceğinin, rasyonel olarak tasarlanmış amino asit motiflerine sahip yeni işlevsel merkezlerin keşfini içereceği ve özellikle sinyal moleküllerinin yapısal ve işlevsel yönlerini ortaya çıkaracağı öngörülmektedir (Wong vd., 2018).

Nanopartiküllerin bitki biyoteknolojisindeki geleceğine dair sonuçlar da değerlendirilmekte olup (Kokina ve Plaksenkova, 2022), yakın gelecekte küresel tarım ve çevre sorunlarına çözüm bulmak için gerekli olan inovasyon derecesini destekleyebilecek entelektüel çalışma konularının ortaya çıkmasında nanopartikül, nanoteknoloji ve yeni materyal geliştirme konularının sıklıkla karşımıza çıkabileceği düşünülmektedir (Smith vd., 2016). Bitki biyoteknolojisi araştırmalarının geleceği ayrıca bitki hastalığı yönetiminde moleküler ve biyoteknolojik tekniklerin uygulanmasını içermekte olup, moleküler seviyede bitki hastalıkları yönetimi için uygulanabilirlikleri ortaya koymaktadır (Dayou vd., 2018).



Sonuç olarak, bitki biyoteknolojisi alanının geleceği, işlevsel genomik, metabolik mühendislik, nanomateryal teknolojileri, sürdürülebilirlik, ve hastalık yönetimi gibi bir dizi farklı perspektifi ve potansiyel yönelimleri içermektedir. Bu gelecek yönelimleri, küresel sorunları ele alma ve bitki biyoteknolojisinde inovasyonu teşvik etme konusunda önemli potansiyel taşımaktadır ve yeni çalışma alanları oluşturmaktadır.

## ***2.2. Bitki Gen Kaynaklarının Korunması Alanında Şekillenen Gelecek Perspektiflerine Genel Bakış***

Bitki genetik kaynaklarının korunmasında geleceğe yönelik bakış açıları ve yönelimler, çeşitli yenilikçi yaklaşımları ve ortaya çıkan eğilimleri içermektedir. Bitkilerin doğal habitatlarında, yerinde ve habitat dışında yapılan koruma çabalarının entegrasyonu, daha etkili ve sürdürülebilir bir korumanın sağlanmasına katkıda bulunmayı amaçlamaktadır. Bu şekilde, değerli genetik kaynaklar, gelecek nesiller için korunacak ve kullanılabilir olacaktır (Ebert ve Engels, 2020). Ayrıca, doğal koleksiyonların tamamlanması, mevcut araştırma çabaları için kritik bir öneme sahiptir ve bitki biyolojik çeşitlilik kaybının devam ettiği bir dönemde gelecekteki araştırmalara destek sağlamak önemlidir (González-Toral ve Cires, 2022). Bitki genetik kaynaklarının korunmasının geleceği aynı zamanda çevresel değişim ve biyoçeşitlilik kaybının artışı ile tehdit altındaki ancak yaygın bitki türlerinin genetik ve ekocoğrafik korunmasının değerlendirilmesini içermektedir (Zumwalde vd., 2022).

Ayrıca, bitki genetik kaynaklarının etkili ve verimli bir şekilde korunması, küresel gıda güvenliğinin sağlanması açısından temel bir öneme sahiptir ve bitki genetik kaynaklarının yerinde korunmasını iyileştirmek için yeni teknolojilerin önemini vurgulamaktadır (Hay, 2021). Bitki genetik kaynaklarının çeşitli tarım geliştirme süreçlerinde kullanılması, çiftçiler tarafından iyileştirilmiş çeşitlerin benimsenmesi, yetiştirilmesi, tüketilmesi veya pazarlanması, uzun vadede değerli genetik kaynakların sürdürülebilir bir şekilde korunmasının en etkili yöntemlerinden biri olarak kabul edilmektedir (Yali, 2022). Ayrıca, belirli türlerde genetik yapı bilgisindeki eksikliklerin giderilmesi, popülasyonlar arasında yüksek bağlantının anlaşılmasında gereklidir ve bu nedenle koruma genetiğinde intraspesifik genetik bağlantı ve popülasyon yapısını anlamının önemini vurgulamaktadır (Jaun ve Wymann, 2022).

Bitki genetik kaynaklarının korunmasının geleceği, fenotipik varyasyonun genotipik temelini ortaya çıkarılmasına ve tahrip edilen bitkiler için kapsamlı analizlere ve bütün genom yeniden dizileme verilerine olan ihtiyacı vurgulayarak,

var olan bitki türlerinin genetik kaynaklarını şekillendiren evrimsel, ekolojik ve insan faktörlerinin anlaşılmasını içermektedir (Tian ve Ma, 2021; Gepts, 2006). Ayrıca, yeniden tanıtım (reintroduction) biyolojisinin biyoçeşitlilik koruma için önemli bir araç olarak kurulması ve yeniden tanıtımda genetik çeşitliliğin önemi, gelecekteki koruma çabalarını şekillendireceği öngörülmektedir (Ren vd., 2014). Bitki genetik kaynaklarının ex situ korunmasının zayıflığı ve genetik erozyonun etkileri, bitki çeşitliliğini gelecek nesiller için korumak için güçlü koruma stratejilerine olan ihtiyacı vurgulamaktadır (Fu, 2017).

Sonuç olarak, bitki genetik kaynaklarının korunmasındaki gelecek perspektifleri ve yönlendirmeleri, çok yönlü ve disiplinler arası bir yaklaşımı, in situ ve ex situ koruma çabalarının entegrasyonunu, yeni teknolojilerin kullanımını ve koruma stratejilerinde genetik çeşitlilik, bağlantılılık ve sürdürülebilirliğe vurguyu içermektedir.

### **3. Bitki Gen Kaynaklarının Korunması İçin Önerilen Yaklaşımlara Genel Bakış**

Bitki genetik kaynaklarının korunması, biyoçeşitliliğin sürdürülmesi ve genetik çeşitliliğin gelecek nesillere aktarılması açısından kritiktir. Bitki genetik kaynaklarının korunması için önerilen stratejiler, çeşitli yenilikçi yaklaşımları ve ortaya çıkan eğilimleri kapsamaktadır. Bu stratejiler, genetik aşınmayla başa çıkma, değerli genetik kaynakları koruma ve sürdürülebilir tarımı teşvik etme açısından önemlidir.

Önerilen yaklaşımlardan bir tanesi, genetik çeşitliliğin korunmasını sağlamak için in situ ve ex situ koruma çabalarının entegrasyonunu içerir. Tarım bitkilerinin genetik kaynaklarının in situ koruma stratejilerini belirleyebilmek kapsamında, kontrolsüz eşeyli üreme ve bunun genetik sonuçlarının belgelenmesinin gerekliliği öne sürülmektedir (Élias vd., 2001). Ayrıca, gelecekteki tür örnekleme çabalarında daha kapsamlı örnekleme stratejilerinin kullanılması ve gerektiğinde yeni bireylerin eklenmesi, ex situ koruma altındaki bitki popülasyonlarının genetik temsil yetlerini artırmaya yönelik önemli adımlardır (Wei ve Jiang, 2020).

Ayrıca, bitki genetik kaynaklarının ex situ koruma yöntemlerini iyileştirmek için yeni teknolojilerin kullanılması, küresel gıda güvenliğini sağlamak açısından esastır. “Birleşmiş Milletler Sürdürülebilir Kalkınma Hedefi 2.5” tarım biyoçeşitliliği ve tohum bankaları aracılığıyla gıda güvenliği üzerine odaklanmaktadır ve bitkilerin genetik çeşitliliğini, yabani akrabalarını ve diğer ekonomik veya kültürel olarak değerli türleri koruma taahhüdünü

vurgular (Hoban vd., 2020). Ayrıca, yeniden tanıma biyolojisinin biyoçeşitlilik koruma için önemli bir araç olarak kurulması ve yeniden tanımlanan türlerdeki genetik çeşitliliğin önemi, gelecekteki koruma çabalarını şekillendirmesi beklenmektedir.

Tarım arazilerinde var olan yerleşik bitki popülasyonlarının genetik yapısını ve genetik çeşitliliğini anlamak, yerel yetiştiricileri de içeren stratejilerin geliştirilmesinde temel öneme sahiptir. Bu stratejiler, yetiştirici ve çiftçilerin katılımıyla karasal bitki türlerinin genetik kaynaklarının genetik bütünlüğünün geliştirilmesine ve korunmasına olanak tanıyacaktır (Lioi vd., 2005). Dahası, ex situ korunan bitki genetik kaynaklarının savunmasızlığı, bitki çeşitliliğini gelecek nesiller için güvence altına almak için güçlü koruma stratejilerinin gerekliliğini vurgulamaktadır (Fu, 2017).

Bu stratejilere ek olarak, in vitro kültür teknikleri, bitki genetik kaynaklarının korunmasında pratik alternatifler olarak tarla koleksiyonlarına olanak tanıyan biyoteknolojik stratejilerin geliştirilmesine imkan sağlamıştır (Bosco vd., 2015). Ayrıca, koruma uzmanlarının biyolojik çeşitliliğin korunması ve yönetimi bağlamında “Entegre Koruma Stratejisi” çerçevesinde in situ ve ex situ koruma yaklaşımlarını birleştirmeye yönelik bir eğilim bulunmaktadır (Edwards ve Jackson, 2019).

Genel olarak, bitki genetik kaynaklarının korunması için önerilen stratejiler, bütüncül ve disiplinlerarası bir yaklaşımı kapsar. Bu stratejiler, in situ ve ex situ koruma çabalarını entegre etmek, yeni teknolojileri kullanmak ve koruma stratejilerinde genetik çeşitliliği, bağlantıyı ve sürdürülebilirliği vurgulamak üzerine odaklanmıştır.

#### 4. Sonuç

Bitki genetik kaynaklarının korunması, biyoçeşitliliğin sürdürülmesi ve genetik çeşitliliğin gelecek nesiller için temin edilmesi açısından hayati bir öneme sahiptir. Önerilen bütünlükçü stratejiler, in situ ve ex situ koruma çabalarını entegre ederek, yeni teknolojileri kullanarak, genetik çeşitliliği, bağlantıyı ve sürdürülebilirliği vurgulayarak kapsamlı ve disiplinler arası bir yaklaşım sunmaktadır. İn situ koruma çabaları, yönetimsiz eşeysel üreme sonuçlarını içermekte olup, genetik temsilciliği artırmak için özenli örnekleme ve yeni bireylerin eklenmesini gerektirir. Bu stratejiler, genetik erozyonla mücadele etmek, sürdürülebilir tarımı teşvik etmek ve Birleşmiş Milletler’in tarımsal biyoçeşitlilik ve gıda güvenliği üzerine odaklanan hedeflerine uyum sağlamak adına temel bir öneme sahiptir. Ayrıca, “reintroduction, yeniden tanıma”

biyolojisinin, biyoçeşitlilik koruma için kilit bir araç olarak kabul edilmesi ve reintroduction çabalarındaki genetik çeşitliliğin öneminin anlaşılması, gelecekteki koruma çabalarını etkileyecektir. Yerel bitkisel çeşitlerin genetik yapısı ve tarla bitkisi popülasyonlarının çeşitliliğini anlamak, yerel çiftçi ve yetiştiricileri içeren stratejilerin oluşturulması için kritiktir. Bu yaklaşım, yerel bitki çeşitlerinin genetik kaynaklarının, genetik bütünlüğünü iyileştirme ve koruma noktasında önemli bir adımı temsil etmektedir. Bitki genetik kaynaklarının (PGR), ex situ korunması kapsamında yaşanan hassasiyet, gelecek nesiller için bitki çeşitliliğini güvence altına alacak sağlam koruma stratejilerinin gerekliliğini vurgular. İn vitro kültür teknikleri gibi yeni yaklaşımlar, biyoteknolojik araştırmalara etkili alternatifler sunmaktadır. Sonuç olarak, bitki genetik kaynaklarını koruma stratejilerinin bütünlükçü ve disiplinler arası bir yaklaşımı benimsemesi, genetik çeşitliliği, bağlantıyı ve sürdürülebilirliği vurgulaması, etkili bir koruma için kapsamlı bir çerçeve sunmaktadır.

### **Kaynaklar**

Barnaud, A., Trigueros, G., McKey, D., & Joly, H. (2008). High outcrossing rates in fields with mixed sorghum landraces: how are landraces maintained?. *Heredity*, 101(5), 445-452. <https://doi.org/10.1038/hdy.2008.77>

Benard, M., Vriend, H., Haperen, P., & Beekman, V. (2009). Science and society in dialogue about marker assisted selection. *Journal of Agricultural and Environmental Ethics*, 23(4), 317-329. <https://doi.org/10.1007/s10806-009-9211-4>

Bortesi, L. and Fischer, R. (2015). The crispr/cas9 system for plant genome editing and beyond. *Biotechnology Advances*, 33(1), 41-52. <https://doi.org/10.1016/j.biotechadv.2014.12.006>

Bosco, D., Sinski, I., Comachio, V., Maia, J., Ritschel, P., & Quecini, V. (2015). In vitro techniques for grapevine germplasm conservation. *Acta Horticulturae*, (1082), 201-205. <https://doi.org/10.17660/actahortic.2015.1082.27>

Bull, S., Ndunguru, J., Gruissem, W., Beeching, J., & Vanderschuren, H. (2011). Cassava: constraints to production and the transfer of biotechnology to african laboratories. *Plant Cell Reports*, 30(5), 779-787. <https://doi.org/10.1007/s00299-010-0986-6>

Chavarriga-Aguirre, P., Brand, A., Medina, A., Prías, M., Escobar, R., Martínez, J., & Tohmé, J. (2016). The potential of using biotechnology to improve cassava: a review. *In Vitro Cellular & Developmental Biology - Plant*, 52(5), 461-478. <https://doi.org/10.1007/s11627-016-9776-3>

Davies, M., Campbell, M., & Henry, R. (2010). The role of plant biotechnology in bio-energy production. *Plant Biotechnology Journal*, 8(3), 243-243. <https://doi.org/10.1111/j.1467-7652.2009.00493.x>

Dayou, O., Mwangi, M., Egesa, A., Muteti, P., & Chumba, C. (2018). Application of molecular and biotechnological techniques in plant disease management: a review. *African Journal of Biotechnology*, 17(31), 938-948. <https://doi.org/10.5897/ajb2018.16532>

Ebert, A. and Engels, J. (2020). Plant biodiversity and genetic resources matter!. *Plants*, 9(12), 1706. <https://doi.org/10.3390/plants9121706>

Edwards, C. and Jackson, P. (2019). The development of plant conservation in botanic gardens and the current and future role of conservation genetics for enhancing those conservation efforts. *Molecular Frontiers Journal*, 03(01), 44-65. <https://doi.org/10.1142/s2529732519400078>

Élias, M., Penet, L., Vindry, P., McKey, D., Panaud, O., & Robert, T. (2001). Unmanaged sexual reproduction and the dynamics of genetic diversity of a vegetatively propagated crop plant, cassava (*manihot esculenta crantz*), in a traditional farming system. *Molecular Ecology*, 10(8), 1895-1907. <https://doi.org/10.1046/j.0962-1083.2001.01331.x>

Fu, Y. (2017). The vulnerability of plant genetic resources conserved ex situ. *Crop Science*, 57(5), 2314-2328. <https://doi.org/10.2135/cropsci2017.01.0014>

Gepts, P. (2006). Plant genetic resources conservation and utilization: the accomplishments and future of a societal insurance policy. *Crop Science*, 46(5), 2278-2292. <https://doi.org/10.2135/cropsci2006.03.0169gas>

González-Toral, C. and Cires, E. (2022). Relevance of dna preservation for future botany and ecology. *Molecular Ecology*, 31(20), 5125-5131. <https://doi.org/10.1111/mec.16652>

Hay, F. (2021). New technologies to improve the ex situ conservation of plant genetic resources., 185-216. <https://doi.org/10.19103/as.2020.0085.14>

Hoban, S., Callicrate, T., Clark, J., Deans, S., Dosmann, M., Fant, J., ... & Griffith, M. (2020). Taxonomic similarity does not predict necessary sample size for ex situ conservation: a comparison among five genera. *Proceedings of the Royal Society B Biological Sciences*, 287(1926). <https://doi.org/10.1098/rspb.2020.0102>

Jaun, A. and Wymann, H. (2022). Lack of genetic structure suggests high connectivity of *parnassius phoebus* between nearby valleys in the alps. *Alpine Entomology*, 6, 1-6. <https://doi.org/10.3897/alpento.6.80405>

Kokina, I. and Plaksenkova, I. (2022). Nanoparticles in plant biotechnology: achievements and future challenges. *Proceedings of the Latvian Academy of Sciences Section B Natural Exact and Applied Sciences*, 76(2), 204-210. <https://doi.org/10.2478/prolas-2022-0031>

Lioi, L., Piergiovanni, A., Pignone, D., Puglisi, S., Santantonio, M., & Sonnante, G. (2005). Genetic diversity of some surviving on-farm italian common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) landraces. *Plant Breeding*, 124(6), 576-581. <https://doi.org/10.1111/j.1439-0523.2005.01153.x>

Marco, A. and Rausser, G. (2008). The role of patent rights in mergers: consolidation in plant biotechnology. *American Journal of Agricultural Economics*, 90(1), 133-151. <https://doi.org/10.1111/j.1467-8276.2007.01046.x>

Maximiano, M. and Franco, O. (2022). Crispr/cas: the new frontier in plant improvement. *Acs Agricultural Science & Technology*, 2(2), 202-214. <https://doi.org/10.1021/acsagscitech.1c00279>

Minter, M., O'Brien, D., Cottrell, J., Ennos, R., Hill, J., & Hall, J. (2021). Exploring the potential for 'gene conservation units' to conserve genetic diversity in wild populations. *Ecological Solutions and Evidence*, 2(2). <https://doi.org/10.1002/2688-8319.12061>

Molina-Hidalgo, F., Vazquez-Vilar, M., D'Andrea, L., Demurtas, O., Fraser, P., Giuliano, G., ... & Goossens, A. (2021). Engineering metabolism in nicotiana species: a promising future. *Trends in Biotechnology*, 39(9), 901-913. <https://doi.org/10.1016/j.tibtech.2020.11.012>

Montagu, M. (2020). The future of plant biotechnology in a globalized and environmentally endangered world. *Genetics and Molecular Biology*, 43(1 suppl 2). <https://doi.org/10.1590/1678-4685-gmb-2019-0040>

Nasir, N., Zakarya, I., Kamaruddin, S., & Islam, A. (2022). Advances and future prospects on biotechnological approaches towards azolla for environmental sustainability. *Pertanika Journal of Tropical Agricultural Science*, 45(3), 595-609. <https://doi.org/10.47836/pjtas.45.3.04>

Noman, A., Aqeel, M., Deng, J., Khalid, N., Sanaullah, T., & He, S. (2017). Biotechnological advancements for improving floral attributes in ornamental plants. *Frontiers in Plant Science*, 8. <https://doi.org/10.3389/fpls.2017.00530>

Pasin, F., Menzel, W., & Daròs, J. (2019). Harnessed viruses in the age of metagenomics and synthetic biology: an update on infectious clone assembly and biotechnologies of plant viruses. *Plant Biotechnology Journal*, 17(6), 1010-1026. <https://doi.org/10.1111/pbi.13084>

Patron, N. (2020). Beyond natural: synthetic expansions of botanical form and function. *New Phytologist*, 227(2), 295-310. <https://doi.org/10.1111/nph.16562>

Punia, M., Rolaniya, L., & Jat, R. (2022). Recent advancements in genetic improvement of food legume crops.. <https://doi.org/10.5772/intechopen.106734>

Raza, A. (2020). Metabolomics: a systems biology approach for enhancing heat stress tolerance in plants. *Plant Cell Reports*, 41(3), 741-763. <https://doi.org/10.1007/s00299-020-02635-8>

Ren, H., Jian, S., Liu, H., Zhang, Q., & Lü, H. (2014). Advances in the reintroduction of rare and endangered wild plant species. *Science China Life Sciences*, 57(6), 603-609. <https://doi.org/10.1007/s11427-014-4658-6>

Roby, J., Leeuwen, C., Gonçalves, E., Graça, A., & Martins, A. (2014). The preservation of genetic resources of the vine requires cohabitation between institutional clonal selection, mass selection and private clonal selection. *Bio Web of Conferences*, 3, 01018. <https://doi.org/10.1051/bioconf/20140301018>

Shivaprakash, K., Ramesha, B., Shaanker, R., Dayanandan, S., & Ravikanth, G. (2014). Genetic structure, diversity and long term viability of a medicinal plant, nothapodytes nimmoniana graham. (icacinaceae), in protected and non-protected areas in the western ghats biodiversity hotspot. *Plos One*, 9(12), e112769. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0112769>

Smith, S., Lence, S., Hayes, D., Alston, J., & Corona, E. (2016). Elements of intellectual property protection in plant breeding and biotechnology: interactions and outcomes. *Crop Science*, 56(4), 1401-1411. <https://doi.org/10.2135/cropsci2015.10.0608>

Tian, X. and Ma, Y. (2021). Editorial: conservation genomic studies for threatened plants. *Frontiers in Genetics*, 12. <https://doi.org/10.3389/fgene.2021.778712>

To, J., Davis, I., Marengo, M., Shariff, A., Baublite, C., Decker, K., ... & Elich, T. (2021). Expression elements derived from plant sequences provide effective gene expression regulation and new opportunities for plant biotechnology traits. *Frontiers in Plant Science*, 12. <https://doi.org/10.3389/fpls.2021.712179>

Wang, M., Gao, S., Zeng, W., Yang, Y., Ma, J., & Wang, Y. (2020). Plant virology delivers diverse toolsets for biotechnology. *Viruses*, 12(11), 1338. <https://doi.org/10.3390/v12111338>

Watanabe, K., Odahara, M., Miyamoto, T., & Numata, K. (2021). Fusion peptide-based biomacromolecule delivery system for plant cells. *Acs*

Biomaterials Science & Engineering, 7(6), 2246-2254. <https://doi.org/10.1021/acsbiomaterials.1c00227>

Wei, X. and Jiang, M. (2020). Meta-analysis of genetic representativeness of plant populations under ex situ conservation in contrast to wild source populations. *Conservation Biology*, 35(1), 12-23. <https://doi.org/10.1111/cobi.13617>

Westwood, J., Charudattan, R., Duke, S., Fennimore, S., Marrone, P., Slaughter, D., ... & Zollinger, R. (2018). Weed management in 2050: perspectives on the future of weed science. *Weed Science*, 66(3), 275-285. <https://doi.org/10.1017/wsc.2017.78>

Wimp, G., Young, W., Woolbright, S., Martinsen, G., Keim, P., & Whitham, T. (2004). Conserving plant genetic diversity for dependent animal communities. *Ecology Letters*, 7(9), 776-780. <https://doi.org/10.1111/j.1461-0248.2004.00635.x>

Wong, A., Tian, X., Gehring, C., & Marondedze, C. (2018). Discovery of novel functional centers with rationally designed amino acid motifs. *Computational and Structural Biotechnology Journal*, 16, 70-76. <https://doi.org/10.1016/j.csbj.2018.02.007>

Xia, E., Tong, W., Wu, Q., Shu, W., Zhao, J., Zhang, Z., ... & Wan, X. (2020). Tea plant genomics: achievements, challenges and perspectives. *Horticulture Research*, 7(1). <https://doi.org/10.1038/s41438-019-0225-4>

Yali, W. (2022). Germplasm, conservation and its potential role in crop improvement. *International Research Journal of Natural Sciences*, 10(2), 1-17. <https://doi.org/10.37745/irjns.13/vol10n2pp117>

Yu, D., Gu, X., Zhang, S., Dong, S., Han, M., Gebretsadik, K., ... & Bo, K. (2021). Molecular basis of heterosis and related breeding strategies reveal its importance in vegetable breeding. *Horticulture Research*, 8(1). <https://doi.org/10.1038/s41438-021-00552-9>

Zhao, L., Lü, L., Wang, A., Zhang, H., Huang, M., Wu, H., ... & Ji, R. (2020). Nano-biotechnology in agriculture: use of nanomaterials to promote plant growth and stress tolerance. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 68(7), 1935-1947. <https://doi.org/10.1021/acs.jafc.9b06615>

Zumwalde, B., Fredlock, B., Beckman, E., Duckett, D., McCauley, R., Spence, E., ... & Hoban, S. (2022). Assessing ex situ genetic and ecogeographic conservation in a threatened but widespread oak after range-wide collecting effort. *Evolutionary Applications*, 15(6), 1002-1017. <https://doi.org/10.1111/eva.1339>.