

Kocaeli’de Tarımsal Biyoteknoloji Çalışmaları

Agricultural Biotechnology Studies in Kocaeli

Dr. Öğr. Üyesi Gülsüm Ebru ÖZER UYAR

Kocaeli Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bitki Koruma Bölümü, KOCAELİ

e-posta: ebru.uyar@kocaeli.edu.tr

ORCID: 0000-0001-7164-0222

Öz

Bu derlemede, biyoteknoloji ve özellikle tarımsal biyoteknoloji kavramları açıklanmış ve bu alandaki çalışmaların Türkiye genelinde ve Kocaeli ilinde nasıl yürütüldüğüne odaklanılmıştır. Özellikle buğday, mısır, pamuk, ayçiçeği, domates gibi temel tarımsal ürünlerde yapılmış genetik iyileştirme ve bitki ıslahı çalışmaları örneklerle gösterilmiştir. Bu çalışmalar temel olarak bitkilerin verimliliğini artırmayı, hastalıklar ve zararlı organizmalara dayanıklı çeşitler geliştirmeyi ve ürün kalitesini iyileştirmeyi amaçlamaktadır. Bu kapsamda, stres koşullarında gen ifadesinin nasıl düzenlendiği, biyoteknolojik uygulamaların ne şekillerde gerçekleştirildiği ve bitki genetik kaynaklarının nasıl korunduğu gibi farklı konular ele alınmıştır. Bu çalışmaların sonuçları, bitkilerin genetik yapısı, moleküler düzeydeki tepkileri, adaptasyon mekanizmaları, metabolik süreçleri ve biyokimyasal bileşenleri hakkında önemli bilgiler sağlamaktadır. Bu bilgiler, bitkilerin çevresel streslere karşı nasıl tepki verdiğini anlamayı, genetik çeşitliliği değerlendirmeyi, endemik türleri korumayı, bitkilerin özel bileşenlerinin üretimi ve fitoremediasyon gibi yöntemleri geliştirmeyi mümkün kılmakta ve bitki biyoteknolojisinin tarım sektöründe nasıl kullanılabileceğini, özellikle bitkilerin daha dayanıklı, verimli ve çevre dostu hale nasıl getirilebileceğini göstermektedir. Ülkemizde bu alanda faaliyet gösteren kurumlar arasında, özellikle Tarım ve Orman Bakanlığı’na bağlı araştırma enstitüleri, üniversiteler ve diğer araştırma merkezleri belirgin bir rol üstlenmektedir. Benzer şekilde Kocaeli’deki tarımsal biyoteknoloji çalışmaları da Kocaeli Üniversitesi, Gebze Teknik Üniversitesi ve TÜBİTAK Marmara Araştırma Merkezi’nde yürütülmektedir. Bu alandaki araştırmaların devamlılığı tarım sektörünün sürdürülebilirliği ve gıda güvenesi açısından büyük bir potansiyel taşımaktadır.

Anahtar Kelimeler: Biyoteknoloji, Bitki Islahı, Biyolojik Mücadele, Tarımsal Verimlilik, Bitki Doku Kültürü

Abstract

In this review, the concepts of biotechnology and especially agricultural biotechnology are explained with a focus on how the studies in this field are carried out in Turkey and specifically in Kocaeli. Genetic improvement and plant breeding studies, especially on basic agricultural products such as wheat, corn, cotton, sunflower and tomato, are shown with examples. These studies basically aim to increase the productivity of plants, develop varieties resistant to diseases and harmful organisms, and improve product quality. In this context, different topics such as how gene expression is regulated under stress conditions, how biotechnological applications are carried out and how plant genetic resources are protected are discussed. The results of these studies provide important information about the genetic structure of plants, their responses at the molecular level, adaptation mechanisms, metabolic processes and biochemical components. This information makes it possible to understand how plants respond to environmental stresses, to evaluate genetic diversity, to protect endemic species, to develop methods to produce specific components of plants and phytoremediation, to show how plant biotechnology can be used in the agricultural sector, especially how plants can become more resilient, productive and environmentally friendly. Among the institutions operating in this field in our country, research institutes, universities and other research centers affiliated to the Ministry of Agriculture and Forestry play a prominent role. Similarly, agricultural biotechnology studies in Kocaeli are carried out at Kocaeli University, Gebze Technical University and TUBITAK Marmara Research Center. The continuity of research in this area has great potential for sustainability of the agricultural sector and food security.

Keywords: Biotechnology, Plant Breeding, Biological Control, Agricultural Efficiency, Plant Tissue Culture

1. Giriş

Biyoteknoloji, yaşam bilimleri ve mühendislik alanlarını birleştirerek organizmaların, hücrelerin, hücre parçalarının veya biyolojik süreçlerin kullanımıyla teknoloji üretme sürecidir. Bu alan, genetik mühendislik, mikroorganizmaların kullanımı, hücre kültürü, proteinlerin üretimi, ilaç geliştirme ve tarım teknolojisi gibi birçok alt alana sahiptir (Gupta vd., 2016). Biyoteknoloji, organizmaların ve moleküllerin özelliklerini anlamak, değiştirmek ve kullanmak amacıyla genellikle moleküler biyoloji, genetik, biyokimya ve mikrobiyoloji gibi bilim dallarından yararlanır. Bu bilimsel çalışmalar sonucunda elde edilen bulgular, tıp, tarım, gıda üretimi, enerji üretimi ve çevre koruma gibi birçok alanda uygulanır. Biyoteknoloji, insan sağlığını iyileştirmeye yönelik yeni ilaçların ve tedavi yöntemlerinin geliştirilmesine katkı sağlar (Pham, 2018). Biyoteknoloji sayesinde çevre dostu yakıtların üretilmesi ve endüstriyel atıkların bertaraf edilmesi gibi çevresel sorunlara da çözümler sunulabilir (Singh, 2017). Aynı zamanda, tarım sektöründe verimliliği artırmak, hastalıklara dayanıklı bitkiler üretmek ve gıda üretim süreçlerini iyileştirmek için de kullanılır (Ranjha vd., 2022).

Tarımsal biyoteknoloji ise, biyoteknoloji yöntemlerinin tarım sektöründe kullanılmasıyla ilgili bir alandır. Bu alanda biyoteknolojik teknikler ve araştırmalar, bitki ve hayvanların tarımsal üretim süreçlerinde kullanılarak, tarımsal ürünlerin kalitesini, verimini ve dayanıklılığını artırmayı amaçlar. Tarımsal biyoteknoloji, genetik mühendislik ve biyoteknoloji tekniklerinin bitkiler ve hayvanlar üzerinde uygulanması ile ilgili çeşitli çalışmaları içerir. Özellikle bitkilerde genetik mühendislik, bitki ıslahı ve hastalık direnci sağlama gibi alanlarda büyük önem taşır. Tarımsal biyoteknolojinin bazı önemli uygulama alanları Genetiği Değiştirilmiş Organizmalar (GDO’lar), bitki ıslahı, tarımsal verimlilik ve dayanıklılık, biyolojik mücadele olarak sıralanabilir.

GDO çalışmalarıyla, bitkilerin genetik yapısının değiştirilmesi, istenilen özelliklerin (örneğin, hastalık direnci, yüksek verim, besin değeri) bitkilere aktarılması veya istenmeyen özelliklerin giderilmesi amaçlanmaktadır. Bitki ıslahı ile geleneksel bitki ıslahı yöntemleri yanında, genetik bilgi ve teknolojiye dayanarak, bitkilerin daha hızlı ve doğru şekilde geliştirilmesi sağlanır. Tarımsal verimlilik ve dayanıklılık çalışmalarında ise biyoteknoloji, bitkilerin su ve besin kaynaklarını daha verimli kullanmasını ve çevresel streslere (sıcaklık, kuraklık vb.) dayanıklılığını artırmasını sağlamaktadır. Zararlı böceklerle mücadelede biyoteknoloji, doğal düşmanların kullanımı veya zararlıların doğal yöntemlerle kontrol edilmesi için kullanılabilir.

Tarımsal biyoteknoloji, tarımsal üretimi ve gıda güvencesini artırarak, çevresel sürdürülebilirliği destekleyerek, hastalık ve zararlı organizmalarla mücadelede etkin çözümler sunarak tarım sektörünü önemli ölçüde geliştirmeyi amaçlamaktadır. Ayrıca tarım sektörünün modernizasyonu ve verimliliğinin artırılması amacıyla yapılan tarımsal biyoteknoloji çalışmaları, tarımsal üretimi ve çiftçilerin gelirini artırmayı hedeflemektedir. Ancak bu uygulamaların etik ve güvenlik açısından dikkatli bir şekilde değerlendirilmesi ve düzenlenmesi de büyük önem taşır (Barrows vd., 2014; Beckles ve Roessner, 2011; Ranjha vd., 2022). Türkiye’de tarımsal biyoteknoloji ile ilgili yapılmış pek çok çalışma mevcuttur (Dundar ve Akbarova, 2011).

Bu derlemenin amacı Türkiye’de ve Kocaeli ilinde akademik olarak tarımsal biyoteknoloji alanında yapılmış çalışmalarını incelemek, Kocaeli’nin bu alanda Türkiye’deki konumunu belirlemektir.

Türkiye’de Tarımsal Biyoteknoloji Çalışmaları

Ülkemizde özellikle buğday, mısır, pamuk, ayçiçeği, domates gibi önemli tarımsal ürünlerde verimlilik, hastalık ve zararlılara karşı dayanıklılık gibi özelliklerin geliştirilmesi amacıyla çoğunlukla bitki ıslahına yönelik çalışmalar yapılmaktadır. Türkiye’de bitki ıslahı çalışmaları, geleneksel yöntemler yanında moleküler ve genetik yöntemlerle desteklenmektedir. Bitkilerin özellikleri hızlı ve hassas bir şekilde analiz edilerek, istenilen özelliklere sahip bitkiler seçilmekte ve geliştirilmektedir.

Türkiye genelinde gıda tüketimi incelendiğinde, en fazla tercih edilen ürünler arasında tahıllar ve tahıl ürünlerinin ilk sırayı aldığı görülmektedir. Buğday, özellikle ekmek, makarna, bulgur, irmik, erişte, kuskus gibi unlu mamuller olarak tüketilen tahılların önde gelen bir örneğidir. Buğday Türkiye’nin temel tarım ürünlerinden biridir ve genetik iyileştirme çalışmaları bu alanda önemli bir yere sahiptir. Buğdayın verimini artırmak, hastalıklara ve zararlılara dirençli türler geliştirmek, ekmeklik kaliteyi iyileştirmek gibi hedefler doğrultusunda çalışmalar yapılmaktadır (Akdağ, 2019; Yazar vd., 2013; Furan vd., 2017; Küçüközdemir ve Tosun, 2014; Palabıyık, 2016; Pehlivan ve Ünver İkincikarakaya, 2017). Buğdayda *Puccinia recondita* hastalığına (Kurt Polat vd., 2019) ve sarı pas hastalığına karşı dirençli çeşitlerin geliştirilmesi, buğday verimliliğini artırmak amacıyla yapılan çalışmalardan bazılarıdır (Akan, 2019). Tarımsal Araştırmalar ve Politikalar Genel Müdürlüğü (TAGEM) bünyesinde bulunan Araştırma Enstitülerince değişen iklim ve toprak koşullarına uygun abiyotik (ekstrem sıcaklık, kuraklık, tuzluluk vb.) ve biyotik (hastalık ve zararlı) stres koşullarına dayanıklı hem de bu koşullarda bile yüksek verimli ve kaliteli tohum ıslah çalışmaları da yapılmakta olup, Araştırma Enstitülerince kuraklığa toleranslı 30 ekmeklik buğday, 12 makarnalık buğday ve 19 arpa çeşidi geliştirilmiştir (URL-1, 2023). Türkiye’de en çok yetiştirilen ürünlerden olan arpada, ilk kez Tombuloğlu vd. (2015) tarafından transkriptom çapında yaklaşım ile boron zehirlenmesine tolerans mekanizması çalışılmıştır (Tombuloğlu vd., 2015).

Mısır bitkisi hala dünya nüfusunu besleyen altı ana tahıldan biridir. Geniş kullanım alanı, uyum kabiliyeti ve verimliliği sayesinde dünyanın en çok ürettiği tahıl haline gelmiştir. Ülkemizde buğday ve arpa gibi tahıllardan sonra en büyük ekim alanına sahip olan mısır, başarıyla ana ürün ve ikinci ürün olarak yetiştirilmektedir (Cengiz, 2016a). Yapılan çalışmalar ile mısırın verimini ve kalitesini artırmayı hedeflenmektedir. Aynı zamanda mısırdaki hastalıklara karşı dayanıklılığı artırmak ve kurak koşullara uygun türler geliştirmek de

amaçlanmaktadır (Cengiz, 2016b; Öz ve ark., 2013). Çiftçilerin ihtiyaçlarına uygun, yüksek verimli ve kurak koşullara dayanıklı mısır çeşitleri geliştirilmektedir. TAGEM bünyesinde bulunan Araştırma Enstitülerince değişen iklim ve toprak koşullarına uygun abiyotik (ekstrem sıcaklık, kuraklık, tuzluluk vb.) ve biyotik (hastalık ve zararlı) stres koşullarına dayanıklı hem de bu koşullarda bile yüksek verimli ve kaliteli tohum ıslah çalışmaları da yapılmakta olup, Araştırma Enstitülerince 50 mısır çeşidi geliştirilmiştir (URL-1, 2023).

Pamuk bitkisi, ülkemiz için stratejik ve ekonomik öneme sahip olan bir üründür. Pamuk ıslahı da Türkiye’de önemli bir çalışma alanıdır. Pamuk bitkisinde verimliliği artırmak, elyaf kalitesini yükseltmek ve hastalıklara ve abiyotik streslere karşı dirençli çeşitler elde etmek için ıslah çalışmaları yapılmaktadır. Örnek olarak kuraklık stresi, dünyanın birçok ülkesinde olduğu gibi Türkiye’de de bitki büyüme ve verimini olumsuz yönde etkileyen en önemli çevresel stres faktörlerinden birisidir. Elçi ve Hançer (2016) yaptıkları çalışmada, kuraklık stresine karşı toleranslı yeni yerli pamuk çeşitlerinin geliştirilmesini amaçlamışlardır (Elçi ve Hançer, 2016). Pamukta önemli hastalıklardan biri çökerten hastalığına neden olan *Rhizoctonia solani*’ye karşı biyolojik mücadele yöntemleri geliştirilmiştir (Bayırlı, 2020). TAGEM bünyesinde bulunan Araştırma Enstitülerince 54 pamuk çeşidi geliştirilmiştir (URL-1, 2023).

Ayçiçeği içerdiği yüksek orandaki (%22-50) yağ miktarı nedeniyle, bitkisel ham yağ üretimi bakımından Türkiye’de önemli bir tarımsal ürün olup, yağlı tohumlu bitkiler içinde ekim alanı ve üretim miktarı bakımından birinci sırada yer almaktadır. Bu bakımdan ayçiçeğinde verimliliği artırmak ve yağ içeriğini yükseltmek amacıyla doku kültürü teknikleri ile ıslah ve germlasm koruması çalışmaları yürütülmektedir. Türkiye’deki *in vitro* ayçiçeği çalışmaları 90lı yılların ilk yarısında başlamıştır (Dayan, 2016). Günümüzde anter, hipokotil, kotiledon, kotiledon petiyolu, sürgün ucu, olgun ve olgunlaşmamış embriyo, yaprak, petiyol, olgunlaşmamış kotiledon, ve mikrospor gibi farklı eksplantların kullanıldığı birçok ayçiçeği *in vitro* kültür çalışması yayınlanmıştır. Buna ek olarak, Türkiye’de yapılmış bu çalışmalarda mikrospor kültürü, anter kültürü, embriyo kültürü, büyümenin yavaşlatılması ile depolama, mikroçoğaltım ve *Agrobacterium* ile gen transferi gibi teknikler kullanılmıştır (Arda, 2004; Gürel ve Kazan, 1999; Özyiğit vd., 2002; Özyiğit vd., 2006; Özyiğit vd., 2007).

Yukarıda bahsedilen tarla bitkilerinden başka bahçe bitkileri ile de tarımsal biyoteknoloji alanında çalışmalar yapılmaktadır. Örnek olarak domates (*Solanum lycopersicum*) ve biber (*Capsicum annuum*) bitkilerinde ciddi meyve kayıplarına neden olan *Domates kahverengi rugose* meyve

virüsünün enfekte tohumlarda saptanması için PZR tabanlı bir yöntem geliştirilmiştir (Fidan ve ark, 2021). Bitkilerde hem nitrat (NO₃-) alımında hem de translokasyonda hayati roller oynayan yüksek afiniteli nitrat taşıyıcı 2 proteinlerini kodlayan gen aileleri domateste tanımlanmış ve fonksiyonel olarak karakterize edilmiştir (Akbudak ve ark., 2022). Başka bir çalışmada domates genomunda genom ölçeğinde olan üç aromatik amino asitin (AAA) (fenilalanin, tirozin ve triptofan) biyosentez geni, korizmat sentaz, korizmat mutaz ve antranilat sentaz tanımlanmış, ayrıca AAA proteinlerinin sekans ve filogenetik analizleri, tahmin edilen mikroRNA hedeflemesi, dijital ekspresyon ve ko-ifade analizleri ile sekonder ve tersiyer yapı analizlerini içeren biyoinformatik analizleri gerçekleştirilmiştir (Filiz vd., 2019). Domateste topraktan amonyumu (NH₄⁺) taşıyan ve plazma membran proteinlerinden olan amonyum taşıyıcıları 1 genlerinin kuraklık ve tuz stresi altında genom çapında tanımlama, fizyolojik ve ekspresyon analizleri yapılmıştır (Filiz ve Akbudak, 2020). Yine domateste biyotik ve abiyotik streslere yanıt olarak bitki metabolizmasında önemli roller oynayan patogenez ile ilgili protein 1 (PR-1) genlerinin genom çapında tanımlanması ve biyoinformatik analizleri yapılmış, kuraklık altında SLPR-1 genlerinin ekspresyon profilleri çıkarılmıştır (Akbudak vd., 2020).

Besin değeri yüksek olan ve yaygın olarak yetiştirilen bir bitki Hıyar (*Cucumis sativus*)’ın ısı şoku proteinleri (HSP) abiyotik stres koşullarına karşı genomik, transkriptomik ve metabolomik yaklaşımla araştırılmış ve hıyar genomundaki altı HSP ailesini tanımlanarak aile üyeleri biyoinformatik yöntemlerle karakterize edilmiştir. Elde edilen bulgular HSP ailesinin yapısı, organizasyonu, evrimi ve ifade profilleri hakkında değerli bilgiler sağlarken, bitki stres mekanizmalarının daha iyi anlaşılmasına katkıda bulunmaktadır. Bu bulguların, çevresel stres koşullarına daha iyi dayanabilen mahsullerin geliştirilmesine önemli katkıları olacaktır (Unel vd., 2023).

Ülkemizde zeytin (*Olea europaea* L.) meyvesi ve yağı nedeniyle ekonomik açıdan önemli bir üründür. Zeytin geleneksel olarak vejetatif olarak köklendirme yoluyla çoğaltılmaktadır. Köklenmesi zor olan kültürlerde aşılama, klonal çoğaltma için geçerli tek tekniktir; ancak, aşılama ile çoğaltma daha pahalıdır, daha karmaşıktır ve uzmanlaşmış fidanlık ve yetenekli aşıcılar gerektirmektedir. Bu nedenle yapılan bir çalışmada Türk *O. europaea* L. cv. Gemlik için bir mikroçoğaltım sistemi kurularak Zeytin ‘Gemlik’in ticari üretimi kolaylaştırılmıştır (Bayraktar ve ark., 2020).

Özellikle bitki doku kültürü koşullarını optimize ederek bitki hücre ve doku kültürleri yoluyla tıbbi ve aromatik bitkiler üretmek; bitkinin yetiştirilmesi sırasında karşılaşılan çevresel faktörlerin etkilerini (yani iklim, coğrafi zorluklar,

mevsimsel kısıtlamalar) ortadan kaldırmaktadır. Ayrıca, daha az arazi kullanımı sağlanmakta ve bitkinin doğadan toplanarak yok olması engellenmektedir. Aynı zamanda bitki hücre ve doku kültürleri, bitkilerde ekonomik değeri olan metabolitleri yeterli miktarda üretebilmek, üretimde homojenlik, standart kalite ve etkinlik sağlamak gibi avantajlar sağlamaktadır. Sekonder metabolitlerin üretiminde alternatif bir yöntem olarak görülen bitki hücreleri ve doku kültürleri ile üretim, konvansiyonel yöntemlere göre daha hızlı, basit, güvenilir ve öngörülebilir bir şekilde gerçekleştirilebilmektedir. Geleneksel tıpta uzun süredir soğuk algınlığı, boğaz ağrısı ve diğer üst solunum yolu enfeksiyonları başta olmak üzere çeşitli hastalıkları tedavi etmek için kullanılan ekinezya (*Echinacea purpurea* L.)’nın ekstraktları antioksidan, antibakteriyel, antiviral ve antifungal aktivitelere sahip olduğu bildirilmiştir. Bu aktivitelere ek olarak tümörlerin ve kanser hücrelerinin büyümesini durdurduğu da belirlenmiştir. Ekinezyanın en önemli bileşenleri kafeik asit türevlerini içeren bileşiklerdir. Tanur Erkoyuncu ve Yorgancılar (2021) ekinezyada etkili bir kallus oluşturmak için; kallus indüksiyonuna en iyi yanıt veren eksplant tipinin ve büyüme düzenleyicilerinin belirlenmesi ve elde edilen kallustaki kafeik asit türevlerinin miktarının artırılması için kültür koşullarını optimize etmişlerdir (Tanur Erkoyuncu ve Yorgancılar, 2021).

Ülkemizde yapılan pek çok tarımsal biyoteknoloji çalışmasından bir kısmı burada özetlenmiş, örnekler seçilirken daha çok ülke ekonomisindeki yeri fazla olan tarla bitkilerine ağırlık verilse de bahçe bitkileri, tıbbi ve aromatik bitkiler ile yapılan biyoteknolojik çalışmalardan da bahsedilmiştir. Bu çalışmalar ülkemizde kurulmuş olan ve tarımsal biyoteknoloji ya da bitki biyoteknolojisi alanında faaliyet gösteren araştırma merkezlerinde, Tarım ve Orman Bakanlığına bağlı araştırma enstitülerinde, üniversitelerin tarımsal biyoteknoloji, biyoloji, moleküler genetik ve biyoloji, bahçe bitkileri, bitki koruma gibi bölümlerinde, yine üniversitelere bağlı uygulama ve araştırma merkezlerinde yürütülmektedir. Türkiye’deki üniversitelerde tarımsal biyoteknolojiye yönelik lisans ve lisansüstü programlar bulunmaktadır. Bu programlarda öğrencilere biyoteknoloji teknikleri, genetik mühendislik ve bitki biyoteknolojisi gibi konularda eğitim verilmektedir.

Kocaeli’de Tarımsal Biyoteknoloji Çalışmaları

Kocaeli’de tarımsal biyoteknoloji çalışmaları, ilimizde bulunan Kocaeli Üniversitesi ve Gebze Teknik Üniversitesi ile TÜBİTAK Marmara Araştırma Merkezi’nde yürütülmektedir. Yapılan çalışmalardan bazıları bu bölümde özetlenerek, Kocaeli’de bu alana yapılan bilimsel katkılar gösterilmiştir.

Türkiye genelinde olduğu gibi Kocaeli’de de tarla bitkilerinden olan buğday, arpa ve mısır ile çeşitli çalışmalar yürütülmüş hastalıklara dayanıklı, verimli buğday çeşitlerinin geliştirilmesi konusunda literatüre katkı sağlanmıştır. Örnek olarak sarı pas hastalığına dayanıklı veya duyarlı yedi kışlık heksaploid buğday (*Triticum aestivum* L.) genotipinin genetik çeşitliliği 223 SSR markörü ile değerlendirilmiş ve yedi buğday genotipi arasında 216 mikrosatellit primer ile nispeten yüksek düzeyde (%66.45) polimorfizm gözlenmiştir (Senturk-Akfirat ve Uncuoglu, 2012).

Buğdayda karmaşık kuraklık tepkisinde rol oynayan genlerin tanımlanması ve fonksiyonel karakterizasyonu, daha az su kullanarak daha verimli buğday çeşitlerinin geliştirilmesi için gereklidir. Yapılan çalışmada Türkiye’nin Orta Anadolu bölgesinde yaygın olarak yetiştirilen iki farklı buğday çeşidinden (Atay85 ve Gerek79) kuraklıkla ilişkili olduğu varsayılan transkriptleri karşılaştırmalı transkriptomal analizi belirlenmiştir (Keskin vd., 2011).

Metallotiyoneinler (MT’ler), her yerde ifade edilen düşük moleküler kütleli (6-7 kDa), aromatik amino asitleri olmayan sistein açısından zengin proteinlerin bir üst ailesini oluşturmaktadırlar. MT’lere ağır metal detoksifikasyonu, çinko ve bakır homeostazi, reaktif oksijen türlerinin temizlenmesi, metalloenzimlerin ve transkripsiyon faktörlerinin düzenlenmesi, metallo-metabolizmasında yer alma, ilaçlar ve alkile edici ajanlar, stres koşullarına yanıt ve enflamatuvar bölgelerde ve apoptozda potansiyel tutulum dahil olmak üzere çeşitli fonksiyonel roller atfedilmiştir. Bilecen ve ark. (2005)’nin yaptığı çalışmada makarnalık buğdayın (*Triticum durum* cv. Balcali85) genomik DNA’sında bir MT kodlayan iki ekzon ve bir introndan oluşan yeni bir gen sekans tanımlanmıştır. Ardından T. durum MT’nin kadmiyum bağlama özellikleri ve kadmiyumun detoksifikasyonundaki olası rolü, buğday MT’nin E. coli’de bir glutatyon S-transferaz füzyonu olarak aşırı ifade edilmesiyle araştırılmıştır (Bilecen ve ark., 2005).

Bitkilerin nanoparçacıklara (NP) maruz kalması çeşitli morfolojik, fizyolojik ve genotoksik değişikliklere neden olabilir. Akdemir (2021) yaptığı çalışmada, iki metal oksit (Al₂O₃ ve ZnO) NP’nin arpanın (*Hordeum vulgare* L.) çimlenmesi ve erken büyümesi üzerindeki olası toksik etkileri değerlendirmiştir. Al₂O₃ ve ZnO NP’lere yanıt olarak HvERF ve HvNFX1 transkripsiyon faktörlerinin ekspresyon profilini çıkarmıştır. Gen ekspresyon profili, aquaporinlerin ve transkripsiyon faktörü genlerinin, NP uygulamalarına yanıt olarak yapraklarda ve köklerde farklı şekilde düzenlendiğini göstermiştir. Elde edilen bulgular seçilmiş transkripsiyon faktörlerinin genç arpa kökleri ve yapraklarında abiyotik stres toleransını şekillendirmede önemli roller oynayabileceğini düşündürmektedir (Akdemir, 2021).

Yapılan başka bir çalışmada arpanın çimlenme sürecine katkı sağlayan farklı ailelerden (DOF, MYB ve TCP) seçilen transkripsiyon faktörlerinin, çimlenmeyi takiben koleoptiller, yapraklar ve kökler dahil olmak üzere çeşitli dokularda ekspresyon profilleri araştırılmış ve elde edilen ekspresyon profilleri, arpa çimlenmesinin ve fide oluşumunun erken gelişim evrelerinde transkripsiyon faktörlerinin potansiyel düzenleyici rollerinin önemini göstermiştir (Seven ve Akdemir, 2020).

Mısır (*Zea mays* L.) hibrit ADA313’te yaprak büyümesiyle ilgili olduğu varsayılan mikroRNA’ların tanımlandığı ve gen ifade profillerinin belirlendiği çalışma, mikroRNA genlerinin, hücre bölünmesi ve hücre genişlemesi arasındaki geçişteki rolleri hakkında önemli bilgiler sağlamaktadır. Bu çalışma miRNA’ların mısır yaprağı gelişimini düzenlemedeki rolüne ilişkin ilk çalışma olmuştur. Mısır hibrit ADA313’ün yaprak gelişimi sırasında zıt ifade profillerine sahip iki farklı miRNA ailesini (miR319 ve miR396) ve bilinen büyüme düzenleyici transkripsiyon faktörlerini içeren hedef genler belirlenmiştir (Aydinoglu ve Lucas, 2019).

Buğday, arpa, ve mısır gibi tarla bitkilerinin hastalıklara dayanıklı ve verimli çeşitlerinin geliştirilmesi, genetik çeşitlilik analizi, kuraklık tepkisi mekanizmalarının anlaşılması gibi çalışmaların yanısıra bor toksisitesini ele alan çalışmalar da mevcuttur. Bor, bitkiler için önemli bir mikro besin elementidir. Bitkilerin normal büyüme, gelişme ve üreme süreçlerinde çeşitli biyolojik fonksiyonları destekler. Bor eksikliği bitkilerde çeşitli anormalliklere ve düşük verime neden olabilir. Ancak, aynı zamanda topraktaki yüksek bor konsantrasyonları da bitkiler üzerinde toksik etkilere yol açabilir. Bu nedenle bor toksisitesinin neden olduğu zararları anlamaya ve bu strese karşı bazı bitkilerin nasıl tolerans geliştirdiğine dair çalışmalar yapılmıştır. Örnek olarak bor toksisitesinin *Arabidopsis thaliana*’da oksidatif hasar düzeyine, antosiyenin, flavonoid ve prolin gibi enzimatik olmayan antioksidan birikimine ve süperoksit dismutaz, askorbat peroksidaz, askorbat peroksidaz, katalaz ve glutatyon redüktaz ve bunların ilgili aktiviteleri ile miR398 ve miR408’in ekspresyon seviyelerine etkilerinin belirlendiği başka bir çalışma daha yapılmıştır (Kayıhan vd., 2016).

Türkiye’deki bor madeni alanlarının çevresinde yetişebilen, doğal olarak bor toleranslı bir tür olan *Gypsophila sphaerocephala*, topraktaki bor konsantrasyonunun bitkiler için öldürücü doza ulaştığı (~8900 mg kg⁻¹e (~140 mM) kadar aşırı derecede bor içeren topraklarda hayattta kalabilmektedir. Bora karşı yüksek tolerans mekanizmasını anlayabilmek ve bor-tolerans proteinlerini kontrol eden olası düzenleyici gen/leri belirlemek ve bunların bitkinin savunma mekanizmasındaki olası rollerini açıklayabilmek için bu bitkinin proteomik bir analizi gerçekleştirilmiştir. Bu çalışma

ile tanımlanan proteinler, hücrede antioksidan mekanizma, enerji metabolizması, protein degradasyonu, lipid biosentezi ve sinyal yolları gibi farklı mekanizmalarda yer alır, bu da *G. sphaerocephala*’nın kendisini yüksek bor seviyelerinden korumak için birden fazla işbirliği yapan mekanizmaya sahip olduğunu göstermektedir (Tombuloglu ve ark., 2017).

Birçok bitki türü, içerdikleri kimyasal bileşikler sayesinde tıbbi veya biyolojik etkiler sergilemektedir. Bitkilerden elde edilen bu kimyasal bileşikler, tıp, tarım, gıda endüstrisi ve diğer birçok alanda kullanılmaktadır. Bitkileri ilaç fabrikasına dönüştürmek için de biyoteknolojiden yararlanılmaktadır. Örnek olarak kurt kuyruğu (*Echium italicum* L.)’nun kanser hücreleri üzerinde sitotoksik aktiviteye sahip olan shikonin ve asetilshikonin gibi doğal türevlerini ürettiği bulunmuştur. Bu nedenle bu bitkinin tüylü kök kültürlerinden shikonin türevlerinin üretimi için geçici daldırma biyoreaktör sistemleri kullanılmış ve üretilen iki shikonin türevi modifiye edilerek meme kanseri hücre hatları üzerindeki anti-proliferatif etkileri araştırılmıştır. Elde edilen bulgular, modifiye edilmiş her iki shikonin molekülünün, meme kanseri hücreleri üzerinde ilk 24 saatte kurt kuyruğunun tüylü köklerinden elde edilen saflaştırılmış asetilshikoninden daha önemli bir anti-proliferatif etkiye sahip olduğunu göstermiştir (Tepe vd., 2023).

Zambak (*Iris* L.) türleri geniş bir biyolojik aktivite yelpazesine sahip olup, antiinflamatuvar, antioksidan ve kanser önleyici özellikler gibi farklı amaçlarla kullanılmaktadır. Bu nedenle, zambak türlerinin yetiştirilmesi ve moleküler karakterizasyonu ekonomik açıdan da önemlidir. Yapılan bir çalışmada Türkiye’nin farklı bölgelerinden toplanan dokuz yaban ve dört hibrit zambak türünün filogenetik ilişkileri kodlamayan kloroplast bölgesinin dizi bilgisi kullanılarak belirlenmiştir. Bu dizi verileri yaban ve hibrit zambak türleri arasındaki filogenetik ve evrimsel ilişkiler hakkında bilgi sağlamaktadır. Ayrıca tarımsal üretimde kullanılacak zambak türlerinin taksonomisinin aydınlatılmasına yardımcı olacaktır (Bastug vd., 2012).

Ülkemizde genellikle meyve ve süs bitkisi olarak kullanılan karayemişin bunun dışında başka pek çok alanda da kullanımı söz konusudur. Örnek olarak içerdiği biyokimyasallar sebebiyle eczacılık sanayinde kullanılmaktadır. Karayemişin ıslahı (Sülüoğlu ve ark., 2015), mikroçoğaltımı (Sulusoglu ve Çavuşoğlu, 2013), 40 adet karayemiş genotipinin tanımlanması (Hajyzadeh vd., 2013) amacıyla çalışmalar yapılmıştır.

Bitkilerin genetik kaynaklarının korunması, biyolojik çeşitliliğin sürdürülebilirliği için son derece önemlidir. Bitkilerin genetik kaynakları, farklı türler, alt türler ve varyasyonlar arasında bulunan genetik çeşitliliklerden

oluşur. Bu genetik çeşitlilik, bitkilerin adaptasyonu, hastalıklara dayanıklılığı, verimliliği ve diğer önemli özellikleri üzerinde büyük etkiye sahiptir. Genetik kaynakların korunması, tarım, gıda güvenliği, ilaç üretimi ve ekosistem sağlığı gibi birçok alanda faydalı olabilir. Bu konuda yapılan çalışmalardan biri de çevrelerine büyük miktarda oksijen sağlayabilen ve ekosistemlerde kritik roller üstlenen sahil sekoyasının genetik kaynaklarının korunması ve sürdürülebilir bir şekilde yönetilmesine odaklanmaktadır. Sekoya (*Sequoia sempervirens* (D. Don) Endl.), patojen saldırılarına ve hastalıklara karşı direnci, olumsuz iklim koşullarına toleransı, hızlı büyümesi ve yüksek odun kalitesi nedeniyle sadece süs amaçlı değil, ağaçlandırma, kereste ve kontrplak üretimi için de oldukça değerli bir türdür. Bundan yaklaşık 20 yıl önce Gerçek vd. (2002) sekoyanın hızlı gelişme gösteren fertlerinden oluşan altı farklı ortetten aldıkları sürgün uçlarının in vitro’da yetiştirme koşullarını optimize etmişler ve sekoyanın Türkiye’de de yetiştirilebilmesinin yolunu açmışlardır (Gerçek vd., 2002). Ancak düşük köklenme kapasitesi, sürgün uyusukluğu, düşük tohum çimlenebilirliği ve düşük fide canlılığı ile kontrolsüz kentleşme ve kerestesine artan talep bu türün 2006’da Uluslararası Doğayı Koruma Birliği tarafından ‘savunmasız koruma statüsü’ almasına neden olmuştur. Özüdoğru vd. (2011) yaptıkları çalışmada *S. sempervirens*’in in vitro sürgün kültürlerinin ve kapsüllenmiş tomurcukların orta vadeli korunmasını amaçlamışlardır. Bu çalışma, geleneksel in situ ve ex situ koruma yöntemlerini tamamlayan biyoteknolojik yaklaşımlar aracılığıyla sekoya germplazmını korumaya yönelik ilk çalışma niteliğindedir (Ozudogru vd., 2011).

Türkiye, coğrafi konumu, iklimi, topografik özellikleri ve üç fitocoğrafik bölgenin (Akdeniz, İran-Turan ve Avrupa-Sibirya) kesişim noktasında yer alması nedeniyle yüksek endemizm oranına sahip önemli bir çeşitlilik ve türleşme merkezidir. Türkiye florası hem tür sayısı hem de endemizm düzeyi açısından oldukça zengindir (Güner vd., 2000). *Colchicum*, bahçecilik, süs bitkileri ve ilaç endüstrileri için metabolit üretimi açısından *Colchicaceae* familyası içinde önemli bir konuma sahiptir. Türkiye florasında tehdit altında bulunan endemik cinslerden biri olan *Colchicum* L. cinsinin taksonomik karışıklığını gidermek için morfolojik ve moleküler düzeyde çalışma yapılmıştır (Uncuoğlu vd., 2012).

Türkiye, çeşitli iklim ve toprak koşullarına sahip geniş bir coğrafyada bulunduğu için farklı elma genotiplerine sahiptir. Bakır ve ark. (2022)’nin yaptığı çalışmada, Türkiye’de bulunan çok çeşitli elma genotipleri arasındaki genetik çeşitlilik ve populasyon yapısını değerlendirmek amacıyla, altı uluslararası çeşidi referans olarak içeren 206 yerel genotip seti, 13 SSR işaretleyici kullanılarak analiz edilmiştir.

Elde edilen SSR verilerinin, gelecekteki germplazm yönetimi çabalarına olduğu kadar Kuzeydoğu Anadolu'nun yerel elmaları arasındaki genetik ilişkileri araştıran daha ileri karşılaştırmalı çalışmalara da büyük katkı sağlayacağı düşünülmektedir (Bakır vd., 2022).

Fitoremediasyon, kirlenmiş ortamlardaki kirleticilerin (örneğin ağır metaller, organik kirleticiler) bitkiler ve mikroorganizmalar aracılığıyla temizlenmesi sürecini ifade eder. Ağır metaller önemli inorganik çevre kirleticileridir ve çoğunlukla toksik etkilere sahip olan elementlerdir. Ağır metallerin fitoremediasyonu, çevre kirliliği problemlerinin çözümünde önemli bir rol oynayabilir. Ancak, bu

yöntemlerin etkinliği ve uygulanabilirliği, kullanılan bitki türlerinin seçimine, toprak koşullarına, kirleticinin türüne ve yoğunluğuna bağlı olarak değişebilir. Fitoremediasyon çalışmaları için sıklıkla model olarak kullanılan *Brassica juncea*, iyi gelişmiş kök sistemi ile bazı ağır metalleri biriktirmektedir. Ağır metallerle yanıt olarak diferansiyel olarak eksprese edilen genlerin aydınlatılması, bitkilerin fitoremediasyon kapasitesinin geliştirilmesi için önemlidir. Bu alanda yapılan bir çalışmada, *Brassica juncea* (var. P78) bitkilerinde kurşun ve kadmiyum stres metabolizması ile ilişkili varsayılan genleri belirlenmiştir. Saptanan bu genler bitkilerde fitoremediasyon kapasitesinin iyileştirilmesi için potansiyel hedefler olmaktadır (Dalyan vd., 2017).

Sonuç

Tarımsal biyoteknoloji çalışmaları, tarım sektörünün gelişimine katkı sağlayacak önemli bir alandır. Bu çalışmalar sayesinde verimlilik artırılabilir, hastalıklarla mücadele edilebilir ve çevresel sürdürülebilirlik desteklenebilir. Araştırmaların ve teknolojinin ilerlemesiyle birlikte, tarımsal biyoteknoloji uygulamalarının önemi giderek artmaktadır. Türkiye'de buğday, arpa, mısır, pamuk, ayçiçeği gibi tarla bitkileri ve domates, hıyar gibi bahçe bitkilerinde abiyotik ve biyotik stres koşullarına dayanıklı ve yüksek verimli çeşitler geliştirilmekte, bitki hücre ve doku kültürleri yoluyla tıbbi ve aromatik bitkiler üretilerek çevresel faktörlerin etkileri ortadan kaldırılmaktadır. Kocaeli'de de tarımsal biyoteknoloji alanında genetik çeşitlilik analizi,

kuraklık tepkisi mekanizmalarının anlaşılması, metallotiyoenlerin, mikroRNA'ların, transkripsiyon faktörlerinin ve diğer moleküler mekanizmaların bitkilerdeki fonksiyonları gibi konuları kapsayan araştırmalar gerçekleştirilmektedir. Bununla birlikte, bor toksisitesi, bitki metabolitleri, fitoremediasyon gibi çevresel ve endüstriyel öneme sahip konular da araştırma alanları arasındadır. Araştırma çıktıları, bitkilerin genetik çeşitliliğinin anlaşılması, bitkilerin çevresel streslere adaptasyon mekanizmalarının keşfi ve bitki kaynaklarının sürdürülebilir yönetimi gibi konularda önemli bilgiler sunmaktadır. Tarımsal biyoteknoloji alanındaki bu çalışmalar, tarım, gıda güvenliği ve çevre sürdürülebilirliği gibi alanlarda katkı sağlamaktadır.

Kaynakça

- Akan, K. (2019). Sarı Pas (*Puccinia striiformis* f. sp. *tritici*) Hastalığına Dayanıklı Makarnalık Buğday Hatlarının Geliştirilmesi Improvement of Durum Wheat Lines Resistant to Yellow Rust (*Puccinia striiformis* f. sp. *tritici*), *Türk Tarım ve Doğa Bilimleri Dergisi* 6(4), 661-670.
- Akbudak, M. A., Filiz, E. ve Çetin, D. (2022). Genome-wide identification and characterization of high-affinity nitrate transporter 2 (NRT2) gene family in tomato (*Solanum lycopersicum*) and their transcriptional responses to drought and salinity stresses. *Journal of Plant Physiology*, 272(2), 153684.
- Akbudak, M. A., Yıldız, S. ve Filiz, E. (2020). Pathogenesis related protein-1 (PR-1) genes in tomato (*Solanum lycopersicum* L.): Bioinformatics analyses and expression profiles in response to drought stress. *Genomics*, 112(6), 4089-4099. doi:10.1016/j.ygeno.2020.07.004
- Akdağ, H. (2019). Hızlı ıslah yöntemiyle buğdayda haritalama popülasyonu ve geriye melez döllerin yetiştirilmesi. Karamanoğlu Mehmetbey Üniversitesi, Yüksek Lisans Tezi.
- Akdemir, H. (2021). Evaluation of transcription factor and aquaporin gene expressions in response to Al₂O₃ and ZnO nanoparticles during barley germination. *Plant Physiology and Biochemistry*, 166(June), 466-476. doi:10.1016/j.plaphy.2021.06.018
- Arda, H. (2004). In vitro Regeneration and Callus Formation of Different Hybrid of The (Sunflower) *Helianthus annuus* L. Yielding in Turkish Trakya Region. *Asian Journal of Plant Sciences*, 3, 747-751.
- Aydinoglu, F. ve Lucas, S. J. (2019). Identification and expression profiles of putative leaf growth related microRNAs in maize (*Zea mays* L.) hybrid ADA313. *Gene*, 690(October 2018), 57-67. doi:10.1016/j.gene.2018.12.042

- Bakır, M., Dumanoglu, H., Aygun, A., Erdogan, V., Dost, S. E., Gülsen, O., ... Bastas, K. (2022). Genetic diversity and population structure of apple germplasm from Eastern Black Sea region of Turkey by SSRs. *Scientia horticulturae*, 294, 110793.
- Barrows, G., Sexton, S. ve Zilberman, D. (2014). Agricultural biotechnology: The promise and prospects of genetically modified crops. *Journal of Economic Perspectives*, 28(1), 99-120. doi:10.1257/jep.28.1.99
- Bastug, B., Turktas, M., Ertugrul, F., Metin, O. K., ÖZCAN, T., Ogras, T. ve Kaya, E. (2012). Phylogenetic analysis of Turkish Iris species inferred from non-coding chloroplast region. *New Biotechnology*, 29S, S131.
- Bayırlı, H.H. (2020). Pamukta Çökerten Hastalığı Etmeni *Rhizoctonia solani*’ye Karşı Antagonist Bakteriler ile Biyolojik Mücadele. Aydın Adnan Menderes Üniversitesi. Yüksek Lisans Tezi.
- Bayraktar, M., Hayta-Smedley, S., Unal, S., Varol, N. ve Gurel, A. (2020). Micropropagation and prevention of hyperhydricity in olive (*Olea europaea* L.) cultivar ‘Gemlik’. *South African Journal of Botany*, 128, 264-273. doi:10.1016/j.sajb.2019.11.022
- Beckles, D. M. ve Roessner, U. (2011). Plant metabolomics: Applications and opportunities for agricultural biotechnology. *Plant Biotechnology and Agriculture: Prospects for the 21st Century* (First Edit.). Elsevier Inc. doi:10.1016/B978-0-12-381466-1.00005-5
- Bilecen, K., Ozturk, U. H., Duru, A. D., Sutlu, T., Petoukhov, M. V., Svergun, D. I., ... Sayers, Z. (2005). Triticum durum metallothionein: Isolation of the gene and structural characterization of the protein using solution scattering and molecular modeling. *Journal of Biological Chemistry*, 280(14), 13701-13711. doi:10.1074/jbc.M412984200
- Cengiz, R. (2016a). Türkiye’de Kamu Mısır Araştırmaları. *Tarla Bitkileri Merkez Araştırma Enstitüsü Dergisi*, 25(ÖZEL SAYI-1), 304-304. doi:10.21566/tarbitderg.280251
- Cengiz, R. (2016b). In vivo tekniği ile katlanmış haploid mısır hatlarının elde edilmesi. Namık Kemal Üniversitesi. Doktora Tezi.
- Dalyan, E., Yüzbaşıoğlu, E., Keskin, B. C., Yıldızhan, Y., Memon, A., Ünal, M. ve Yüksel, B. (2017). The identification of genes associated with Pb and Cd response mechanism in *Brassica juncea* L. by using Arabidopsis expression array. *Environmental and Experimental Botany*, 139, 105-115. doi:10.1016/j.envexpbot.2017.05.001
- Dayan, S. (2016). History of in vitro culture studies on *Helianthus annuus* L. in Turkey. *Trakya University Journal of Natural Sciences*, 17(2), 129-133.
- Dundar, M. ve Akbarova, Y. (2011). Current State of Biotechnology in Turkey. *Current Opinion in Biotechnology*, 22(SUPPL. 1), S3. doi:10.1016/j.copbio.2011.05.509
- Elçi, E. ve Hançer, T. (2016). Pamuk (*Gossypium hirsutum* L.) Genotiplerinin Kısıntılı Sulama Koşullarında Çimlenme Analizleri ve Moleküler Karakterizasyonu. *Türkiye Tarımsal Araştırmalar Dergisi*, 3(2), 122-129. doi:10.19159/tutad.63961
- Fidan, H., Sarıkaya, P., Yıldız, K., Topkaya, B., Erkiş, G. ve Çalış, O. (2021). Robust molecular detection of the new Tomato brown rugose fruit virus in infected tomato and pepper plants from Turkey. *Journal of Integrative Agriculture*, 20(8), 2170-2179. doi:10.1016/S2095-3119(20)63335-4
- Filiz, E. ve Akbudak, M. A. (2020). Ammonium transporter 1 (AMT1) gene family in tomato (*Solanum lycopersicum* L.): Bioinformatics, physiological and expression analyses under drought and salt stresses. *Genomics*, 112(5), 3773-3782. doi:10.1016/j.ygeno.2020.04.009
- Filiz, E., Cetin, D. ve Akbudak, M. A. (2019). Aromatic amino acids biosynthesis genes identification and expression analysis under salt and drought stresses in *Solanum lycopersicum* L. *Scientia Horticulturae*, 250(January), 127-137. doi:10.1016/j.scienta.2019.02.044
- Furan, M. A., Gebeloğlu, M. D. ve Arpalı, D. (2017). Dayanıklı R55 (6AL/6VS) translokasyon hattı ile lokusa özel SSR markerleri kullanılarak endemik tir buğday (*Triticum aestivum* L. ssp. vulgare Vill. v. leucospermum Körn) genotipinin yr-26 sarı pas hastalık direncinin değerlendirilmesi. *Yüzüncü Yıl University Journal of Agricultural Sciences*, 27(4), 521-530. doi:10.29133/yyutbd.342092
- Gerçek, V., Şahin, A. ve Ayan, S. (2002). Değişik Hormon Konsantrasyonlarının *Sequoia sempervirens* (Lamb.) Endl.’in Plantlet Gelişimi Üzerine Etkileri. *Gazi Üniversitesi Kastamonu Eğitim Dergisi*, 10(1), 173-180.
- Güner, A., Ozhatay, N., Ekim, T. ve Baser, K. H. C. (2000). *Flora of Turkey and the East Aegean Islands* (11th Edition). Edinburgh: Edinburgh University Press.
- Gupta, V., Sengupta, M., Prakash, J. ve Tripathy, B. C. (2016). Basic and applied aspects of biotechnology. *Basic and Applied Aspects of Biotechnology*, 1-520. doi:10.1007/978-981-10-0875-7
- Gürel, E. ve Kazan, K. (1999). Evaluation of various sunflower (*Helianthus annuus* L.) genotypes for *Agrobacterium tumefaciens*-mediated gene transfer. *Turkish Journal of Botany*, 23(3), 171-177.
- Hajyzadeh, M., Çavuşoğlu, A., Sulusoglu, M. ve Unver, T. (2013). DNA SSR fingerprinting analysis among cherry laurel (*Prunus laurocerasus* L.) types. *Journal of Food Agriculture & Environment*, 11(2), 630-638.
- Kayıhan, D. S., Kayıhan, C. ve Çiftçi, Y. Ö. (2016). Excess boron responsive regulations of antioxidative mechanism at physio-biochemical and molecular levels in *Arabidopsis thaliana*. *Plant Physiology and Biochemistry*, 109, 337-345. doi:10.1016/j.plaphy.2016.10.016
- Keskin, B. C., Yıldızhan, Y., Kulen, O., Yüksel, B., Onarici, S. ve Teke, D. (2011). The investigation of drought-associated genes in bread wheat through comparative transcriptome profiling.

Current Opinion in Biotechnology, 22S, S138.

- Küçüközdemir, Ü. ve Tosun, M. (2014). Bazı Yerel Buğday Genotiplerinde Verim, Verim Unsurları ve Soğuğa Dayanıklılığın Belirlenmesi. Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 45(1), 43-54.
- Kurt Polat, P.Ö., Aydoğan Çifci, E. ve Yağdı, K. (2019). Identification Of A Leaf Rust Resistance Gene Lr24 In The Bread Wheat (*Triticum aestivum* L.) Genotypes. Fresenius Environmental Bulletin, 6(28), 4470-4474.
- Öz, A., Özata, E. ve Kapar, H. (2013). Hibrit Mısır (*Zea mays* indentata Sturt) Çeşidi Islahı Üzerine Bir Araştırma, Tarım Bilimleri Araştırma Dergisi, 6(2), 19-23.
- Ozudogru, E. A., Kirdok, E., Kaya, E., Capuana, M., De Carlo, A. ve Engelmann, F. (2011). Medium-term conservation of redwood (*Sequoia sempervirens* (D. Don.) Endl.) in vitro shoot cultures and encapsulated buds. Scientia Horticulturae, 127(3), 431-435. doi:10.1016/j.scienta.2010.10.013
- Özyiğit, Bajrovic, K., Gözükırmızı, N. ve Semiz, B. D. (2002). Direct plant regeneration from hypocotyl and cotyledon explants of five different sunflower genotypes (*Helianthus annuus* L.) from Turkey. Biotechnology and Biotechnological Equipment, 16(1), 8-11. doi:10.1080/13102818.2002.10819148
- Ozyigit, I. I., Gozukirmizi, N. ve Semiz, B. D. (2006). Callus induction and plant regeneration from mature embryos of sunflower. Russian Journal of Plant Physiology, 53(4), 556-559. doi:10.1134/S1021443706040194
- Ozyigit, I. I., Gozukirmizi, N. ve Semiz, B. D. (2007). Genotype dependent callus induction and shoot regeneration in sunflower (*Helianthus annuus* L.). African Journal of Biotechnology, 6(13), 1498-1502.
- Palabıyık, G. A. (2016). Bazı ekmeklik buğday çeşitlerinde sürme hastalığına karşı dayanıklılığın kalıtımı. Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi. Doktora Tezi.
- Pehlivan, A. ve Ünver İkincikarakaya, S. (2017). Makarnalık Buğdayda Kalite Islahı Çalışmaları. Tarla Bitkileri Merkez Araştırma Enstitüsü Dergisi, 26(1), 127-127. doi:10.21566/tarbitderg.323615
- Pham, P. V. (2018). Medical biotechnology: Techniques and applications. Omics Technologies and Bio-engineering: Towards Improving Quality of Life, 1, 449-469. doi:10.1016/B978-0-12-804659-3.00019-1
- Ranjha, M. M. A. N., Shafique, B., Khalid, W., Nadeem, H. R., Mueenud-Din, G. ve Khalid, M. Z. (2022). Applications of Biotechnology in Food and Agriculture: a Mini-Review. Proceedings of the National Academy of Sciences India Section B - Biological Sciences, 92(1), 11-15. doi:10.1007/s40011-021-01320-4
- Singh, R. L. (2017). Principles and Applications of Environmental Biotechnology for a Sustainable Future. Applied Environmental Science and Engineering for a Sustainable Future, 1-12. doi:10.1007/978-981-10-1866-4
- Senturk-Akfirat, F. ve Uncuoglu, A. A. (2012). Assessing genetic variability in winter wheat cultivars using microsatellite markers. Journal of Biotechnology, 161S, 45.
- Seven, M. ve Akdemir, H. (2020). DOF, MYB and TCP transcription factors: Their possible roles on barley germination and seedling establishment. Gene Expression Patterns, 37(June), 119116. doi:10.1016/j.gep.2020.119116
- Sulusoglu, M. ve Çavuşoğlu, A. (2013). Micropropagation of cherry laurel *Prunus laurocerasus* L. Journal of Food Agriculture & Environment, 11(1), 576-579.
- Sülüşoğlu, M., Çavuşoğlu, A. ve Erkal, S. (2015). A Promising Fruit Cherry laurel *Prunus laurocerasus* L and Steps on Breeding. Ekin Journal, 1(1), 26-32.
- Tanur Erkoyuncu, M. ve Yorgancilar, M. (2021). Optimization of callus cultures at *Echinacea purpurea* L. for the amount of caffeic acid derivatives. Electronic Journal of Biotechnology, 51, 17-27. doi:10.1016/j.ejbt.2021.02.003
- Tepe, M., Abadan, Ş., Sağlam, M. F., Süzerer, V., Erçin, P. B., Atilla, D., ... Özden Çiftçi, Y. (2023). In vitro mass production, chemical modification, and cytotoxicity of shikonin derivatives on breast cancer cells. Industrial Crops and Products, 195, 116087.
- Tombuloglu, G., Tombuloglu, H., Sakcali, M. S. ve Unver, T. (2015). High-throughput transcriptome analysis of barley (*Hordeum vulgare*) exposed to excessive boron. Gene, 557(1), 71-81. doi:10.1016/j.gene.2014.12.012
- Tombuloglu, H., Tombuloglu, G., Sakcali, M. S., Turkan, A., Hakeem, K. R., Alharby, H. F., ... Abdul, W. M. (2017). Proteomic analysis of naturally occurring boron tolerant plant *Gypsophila sphaerocephala* L. in response to high boron concentration. Journal of Plant Physiology, 216, 212-217. doi:10.1016/j.jplph.2017.06.013
- Uncuoglu, A. A., Aydın, Y., Şentürk-Akfirat, F., Tuna, M., Nizam, İ. ve Erdal, K. (2012). Multidisciplinary approaches for identification of *Colchicum* L. species in the flora of Turkey. Journal of Biotechnology 161S (2012) 19-48, 161S, 44.
- Unel, N. M., Baloglu, M. C. ve Altunoglu, Y. Ç. (2023). Comprehensive investigation of cucumber heat shock proteins under abiotic stress conditions: A multi-omics survey. Journal of Biotechnology, 374, 49-69.
- URL-1. (2023). T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı Tohumluk Tescil ve Sertifikasyon Merkez Müdürlüğü Milli Çeşit Listesi (Tarla Bitkisi Çeşitleri). <https://www.tarimorman.gov.tr/BUGEM/TTSM/Sayfalar/Detay.aspx?SayfaId=85> adresinden erişildi.
- Yazar, S., Salantur, A., Özdemir, B., Alyamaç M. E., Kaplan Evlice, A., Pehlivan, A., Akan, K., Aydoğan, S. (2013). Orta Anadolu Bölgesi Ekmeklik Buğday Islah Çalışmalarında Bazı Tarımsal Karakterlerin Araştırılması, Tarla Bitkileri Merkez Araştırma Enstitüsü Dergisi, 22, 32-40.