

Tarımsal Biyoteknolojiye Dair Öğretmen ve Uzman Görüşleri¹

İrem Selin Alper², Miraç Yılmaz³

Özet

Vazgeçilemeyen bir faaliyet ve ihtiyaç alanı olan tarım sektörü, geleneksel ıslahın yanı sıra, modern bitki ve hayvan yetiştirme tekniklerini kullanan tarımsal biyoteknolojiden faydalanmaktadır. Tarımsal biyoteknoloji alanında çalışan uzman ve eğitimcilerin görüşleri, tarımsal biyoteknolojinin bilinmesi ve doğru kullanılmasına katkı sağlayabilecektir. Bu bağlamda araştırmanın amacı, “tarımsal biyoteknoloji “ hakkında biyoloji öğretmenleri ve alan uzmanlarının (ziraat mühendisleri ve akademisyenler) görüşlerini ortaya koymaktır. Araştırma, nitel yöntemle yapılmış bir durum çalışmasıdır. Çalışma grubunu, amaçlı örnekleme ile seçilmiş, biyoteknoloji konularında öğretim yapan biyoloji öğretmenleri (29 kişi) ve tarımsal biyoteknoloji alanında uzman (29 kişi) 58 katılımcı oluşturmaktadır. Verilerin eldesinde hazırlanan yapılandırılmış görüşme formu, Google Formlar platformuyla, sosyal medya aracılığıyla ilgili katılımcılara uygulanmıştır. Veriler içerik analiziyle çözümlenmiştir. Araştırmanın sonuçlarına göre, tarımsal biyoteknoloji konusunda biyoloji öğretmen ve alan uzmanı katılımcıların görüşlerinin çarpıcı bir şekilde farklılıklar içerdiği ortaya konmuştur. Buna göre, tarımsal biyoteknoloji uygulaması örneklerine dair biyoloji öğretmenlerinin “Gen Transferi” temasında daha sık görüş bildirdikleri (öğretmenler f:14, uzmanlar f:8) “Doku Kültürü” temasında ise alan uzmanlarının görüşlerinin sıklık kazandığı (uzmanlar f:10, öğretmenler f:4) görülmektedir. Tarımsal biyoteknoloji uygulamalarının Türkiye’de neden kullanılması gerektiğine dair hem biyoloji öğretmenlerinin (f:17) hem de tarımsal biyoteknoloji uzmanlarının (f:18) “Tarım Ekonomisine Katkı” görüşlerinin yoğun olduğu ancak, uzmanların daha yüksek sıklıkta “Tarım Ürünlerinin Özelliklerine Katkı” vurgusu yaptıkları ve doku kültürü uygulamalarından bahsettikleri görülmektedir. Toplumun eğitimi konusunda her iki grubun görüşlerinin yoğun olduğu (f:61, f:60) ve tarımsal biyoteknoloji eğitimine önem verdikleri görülmekte; ancak biyoloji öğretmenleri teorik tarımsal biyoteknoloji eğitimini; uzmanlar ise alan uzmanlarıyla verilecek tarımsal biyoteknoloji eğitimini güçlü şekilde vurgulamaktadırlar.

Anahtar Kelimeler: Biyoloji öğretmeni, biyoteknoloji eğitimi, tarımsal biyoteknoloji, ziraat.

¹ Bu çalışma 6-7 Ekim 2022 tarihlerinde Ankara Gazi Üniversitesi’nde gerçekleştirilen Dördüncü Ulusal Biyoloji Eğitimi Kongresi’nde (UBEK 2022) sunulan sözlü bildirinin genişletilmiş halidir.

² Bilim Uzmanı, Hacettepe Üniversitesi Eğitim Fakültesi Matematik ve Fen Bilimleri Eğitimi Bölümü, Biyoloji Eğitimi Anabilim Dalı, Beytepe, Ankara, Türkiye, <https://orcid.org/0000-0002-8104-9695>

³ Doç. Dr. Hacettepe Üniversitesi, Eğitim Fakültesi Matematik ve Fen Bilimleri Eğitimi Bölümü, Biyoloji Eğitimi Anabilim Dalı, Beytepe, Ankara, Türkiye, <https://orcid.org/0000-0003-3200-2767>, mirac@hacettepe.edu.tr

Teacher and Expert Opinions on Agricultural Biotechnology

Abstract

The agricultural sector, which is an indispensable field of activity and need, benefits from agricultural biotechnology, which uses modern plant and animal breeding techniques, as well as traditional breeding. The opinions of experts and trainers working in the field of agricultural biotechnology will contribute to the knowledge and true use of agricultural biotechnology. In this context, the aim of the research is to reveal the views of biology teachers and field experts (agricultural engineers and academics) about "agricultural biotechnology". The research is a case study conducted with a qualitative method. The study group consists of biology teachers (29 people) and 58 participants who are experts in the field of agricultural biotechnology (29 people), who were selected by purposive sampling. The structured interview form prepared in the acquisition of the data was applied to the relevant participants through the Google Forms platform and social media. The data were analyzed by content analysis. According to the results of the research, it was revealed that the views of the biology teachers and field experts on agricultural biotechnology differed strikingly. According to this, it was found that biology teachers expressed their opinions more frequently in the theme of "Gene Transfer" (teachers f:14, experts f:8) on the examples of agricultural biotechnology applications, than opinions of field experts were more frequent in the theme of "tissue culture" it is seen (experts f:10, teachers f :4). Both biology teachers (f:17) and agricultural biotechnology experts (f:18) have a strong opinion of "Contribution to Agricultural Economics" on why agricultural biotechnology applications should be used in Turkey, but experts emphasize with a higher frequency "Contribution to the Properties of Agricultural Products" and "tissue culture applications". It is seen that the views of both groups on the education of the society are intense (f:61, f:60) and they attach importance to agricultural biotechnology education; but biology teachers theoretical agricultural biotechnology education, experts strongly emphasize the agricultural biotechnology training to be given with field experts.

Keywords: Biology teacher, biotechnology education, agricultural biotechnology, agricultural engineer.

Giriş

İnsanlar için vazgeçilemez bir faaliyet ve ihtiyaç alanı olan tarımsal üretimin verimli şekilde sürdürülmesi ve tarım sektörünün canlanması güncel konular arasında yer almaktadır. Güngör, Çakırlar Altuntaş ve Yılmaz (2022) da tarımsal üretimin verimli ve kesintisiz olarak gerçekleştirilmesinin büyük önem taşıdığını belirtmektedirler. 21. yüzyılda artan çevre kirliliğine ek olarak, nüfusun artmaya devam etmesi ve küresel iklim değişikliği gibi nedenlerle, dünyada tarım arazisi ve su gibi doğal kaynakların azaldığı, tarımın gelişme hızı ve tarımsal verimliliğin yavaşladığı bildirilmektedir (Kalkınma Bakanlığı Raporu, 2018). Bu nedenle günümüzde bitki/hayvan ıslahı, tarımsal yenilik ve mücadele olanaklarının geliştirilmesinin ve bitki, hayvan ve hatta mikroorganizmaları kapsayan çok geniş bir çalışma alanına sahip olan tarımsal biyoteknolojiden faydalanmanın gereği ortaya çıkmaktadır (Sağlam, 2014).

Geleneksel ıslahın yanı sıra, modern bitki ve hayvan yetiştirme tekniklerini kullanan tarımsal biyoteknoloji, içerdiği yöntem ve tekniklerle potansiyeli yüksek bir çalışma ve uygulama alanıdır. Bitki, hayvan ve mikroorganizmalar gibi çok geniş bir çalışma alanına sahip olan tarımsal biyoteknolojiyle, bitki/hayvan ıslahı, tarımsal yenilik ve mücadele olanakları geliştirilebilir. Bununla beraber, gerek melezleme (hibritleme) ve gerekse gen aktarımı gibi biyoteknolojik yöntemler hakkındaki eksik bilgi ve önyargılar, konunun sadece genetiği değiştirilmiş organizmalar (GDO/transgenik canlılar) olarak algılanmasına ve tarımsal biyoteknolojinin yaygınlaştırılmasında istenilen hıza ulaşamamasına neden olmaktadır Aydın (2012).

Türkiye’de dünyada üretilmiş tarımsal biyoteknoloji ürünlerinin kullanımının kurallarla sınırlı olduğu ve ülkemizin tarımsal biyoteknoloji sahasındaki altyapısının, biyoteknolojik ürünlere olan ihtiyacının ve yeni ürün sunabilme potansiyelinin belirlenmesi gerektiğini belirtilmektedir (Aydın, 2012). Bununla birlikte Aydın (2012) ülkemizde tarımsal biyoteknolojinin gelişiminin ülkemizde sürekli gündemde tutulan genetiği değiştirilmiş organizmalarla ilgili tartışmaların daha doğru ve açıklayıcı bir zeminde yapılmasını sağlamanın gerekli ve önemli olduğunu bildirmektedir. Çünkü Erbaş’a (2008) göre Türkiye’de tarımsal biyoteknolojinin çok yönlü ve doğru düzlemde ele alınmaması, tarımsal biyoteknolojiden elde edilecek fayda ve verimi azaltıp, sonuçta tarımsal üretime yeterince katkı sağlanamamasına neden olabilir. Erbaş (2008), geleneksel bitki ıslahı ve üretimi çalışmalarının biyoteknoloji uygulamaları ile desteklenmesinin öncelikli konulardan biri olması gerektiğini bildirmektedir. Nitekim toplumda öncelikle tarım ve gıda alanında biyoteknolojik çalışmalar yapılması konusunda yaklaşık %60 oranında olumlu görüşler bulunduğu da tespit edilmiştir (Erbaş, 2008). Bu nedenlerle tarımsal biyoteknoloji hakkında doğru bilgiye ulaşmak, bilgilenmek ve bilinç kazanmak, toplumun her kesimi için büyük önem taşımaktadır.

Tarımsal biyoteknolojinin ülkemizde etkin olarak uygulanabilmesi için, tarımsal biyoteknoloji konusunun eğitiminin güçlendirilip, genişletilerek ele alınması gerekmektedir. Tarımsal biyoteknoloji hakkında doğru ve geniş olarak bilgilenmede uzmanların yanı sıra, eğitimcilerin de rolünün olduğu bir gerçektir. Bu bağlamda gerek ziraat mühendisleri, tarımsal biyoteknoloji araştırmacıları ve biyoloji öğretmenlerinin görüş ve bakış açılarının geliştirilmesi ve halka ulaşmaları büyük önem taşımaktadır. Uzman ve eğitimcilerin görüşleri, tarımsal biyoteknolojinin bilinmesi ve doğru kullanılmasına katkı sağlayabilecektir. Gerçekten de bu alanlardaki bireylerin etki alanlarının genişliği düşünüldüğünde, tarımsal biyoteknoloji alanında

çalışan uzman ve eğitimcilerin görüşlerinin tarımsal biyoteknoloji hakkındaki görüşlerinin bilinmesi, eksiklerin giderilmesi, alanın gelişmesi ve kullanılmasına katkı sağlayabilecektir.

Tarımsal biyoteknoloji nedir, ne değildir?

Tarımsal biyoteknoloji, bitki, hayvan veya mikroorganizmaların tamamı ya da bir parçasından (hücre, embriyo, organ kültürleri gibi) yeni bir organizma elde ederek veya var olan bir organizmanın genetik yapısını ortaya çıkararak, istenilen yönde değişiklikler yapılması ile değişik alanlarda (gıda, yem, gübre endüstrisi gibi) tarımsal üretime katkıda bulunan bir uygulama alanıdır (Çetiner, 2005). Çetiner (2005), tarımsal biyoteknolojinin, tarımsal üretimin artırılması için önemli olanaklar sunarak, hızla çoğalan insan nüfusunun yeterli ve dengeli beslenmesini sağlamayı amaçladığını bildirmektedir.

Yavuz, (2013) “yeşil biyoteknoloji” olarak da anılan tarımsal biyoteknolojinin hem klasik yöntemlerde ortaya çıkan sorunlara alternatif olacağını hem de hastalık ve zararlı mücadelesindeki kimyasal gübre ve ilaç kullanımını azaltacak alternatif yöntemler sunduğunu bildirmektedir. Özellikle bitkisel üretimdeki uygulamaları yoğun olan tarımsal biyoteknoloji, tarımda verim ve besin elementlerinin artırılmasında, biyolojik azot fiksasyonunda, büyüme faktörü hormonlarının üretilmesinde, bitkide fosfor alımının artırılmasında, zararlı, hastalık ve yabancı ot mücadelesinde ve doku kültürü alanlarında kullanılmaktadır (Yavuz, 2013). Tarımsal biyoteknolojinin hayvan ırklarını saklamada yeni yöntemler geliştirerek biyoçeşitliliğin korunması, tanınması ve sürdürülebilir kullanımını sağladığı, ekonomik değeri yüksek hayvanların kısa sürelerde, verimli olarak çoğaltılmasında, bunun yanı sıra ırkları tükenmiş olan hayvanların genlerine ulaşılması durumunda bunları tekrar üretme imkânı sunduğu da bildirilmektedir (Şahin vd., 2013). Tarımsal biyoteknolojinin yüzyıllardır insanlar tarafından gıda olarak üretilen ekmek, yoğurt, sirke, peynir, şarap ve bira gibi ürünlerin üretilmesindeki klasik fermentasyon yöntemlerine modern genetik mühendisliği yöntemlerini de eklediği ve böylelikle gıda ürünlerinin tat, aroma, renk, raf ömrü, besin değeri ve hazım kolaylığı gibi katkılar sağladığı da bilinmektedir (Yavuz, 2013). Tarımsal biyoteknoloji ile, sürdürülebilir tarım tekniklerinin uygulanmasının yanı sıra canlı ve cansızlardan kaynaklanan stres koşullarına dayanıklı, yüksek verimli ve kaliteli bitki çeşitlerinin geliştirilmesi ilk önceliklidir. Çünkü bitkilerden, ürettikleri besin maddelerinin yanında fiber lifler, ilaç etken maddeleri, endüstriyel bazı bileşikler (tatlandırıcı, renklendirici, böcek öldürücü gibi fitokimyasallar) ve yakıt da temin edilebilmektedir (Barnum, 2005). Ayrıca, biyoteknolojik gelişmeler ve tarımsal uygulamalar sayesinde hastalık ve zararlılara dirençli bitkiler üretilmiş ve tıbbi uygulamalar için önemli proteinler elde edilmiştir. Bununla birlikte, hayvancılığı geliştirmek

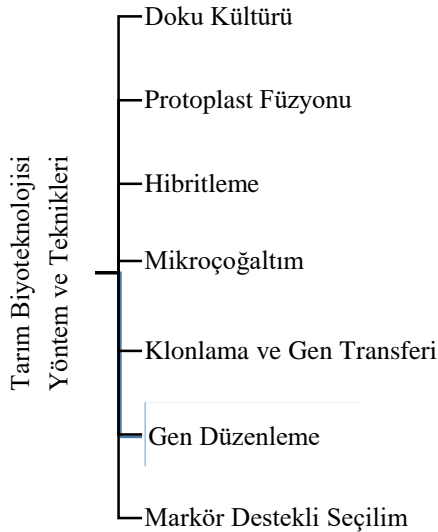
ve hayvancılıkta ürün/verim artırımını sağlama yoluna gidilebilmektedir (Şahin vd., 2013). Ancak sadece yüksek verimlilikte bitki, hayvan ve mikroorganizma geliştirme çalışmalarına hız verilmesi değil, organizmaların moleküler genetik analizlerle genom analizlerinin de yapılması gerekmektedir.

Tarımsal Biyoteknoloji Yöntem ve Teknikleri Nelerdir?

Tarımsal biyoteknolojiyle 10.000 yıl önce başladığı bilinen bitkilerin kültüre edilmesi, günümüzde DNA'nın yapısının aydınlatılması ve işlevlerinin açığa çıkarılmasıyla oldukça geliştirilmiş olup, eski tekniklerin duyarlılıkları etkili yeni yöntem ve tekniklerle dönüştürülerek, tarımda verimlilikle ilgili sorunlar daha başarılı şekilde çözümlenmeye başlanmıştır (Demirel, Akveç & Can, 2022). Özellikle bitki biyoteknolojisi yönü ağırlıklı olan tarımsal biyoteknolojide, doku kültürü, protoplast füzyonu, hibritleme, mikro çoğaltım gibi yöntemlerin yanı sıra, klonlama, gen transferi, gen düzenleme ve moleküler markör destekli seçme gibi moleküler yöntem ve teknikler de kullanılmaktadır (Sağlam, 2014; Demirel vd., 2022). Şekil 1'de bu yöntem ve teknikler özetlenmektedir.

Şekil 1

Tarımsal Biyoteknoloji Yöntem ve Teknikleri



Doku Kültürü: Bitki doku kültürü veya *in-vitro* kültür olarak ifade edilen bu yöntem yakın geçmişte geleneksel ıslah yöntemlerine ilave edilen ve bitki ıslahındaki önemli kaynaklardan

biridir (Tepe, 2022). Genel olarak bitki, tohum ve bitki kısımlarının (doku, organ, embriyo, tek hücre ve protoplast gibi) laboratuvarındaki steril ortam (*in-vitro* aseptik ortam) şartlarında besiyeri içerisinde kültüre edilerek yeni bitki ve bitkisel ürünlerin üretilmesi işlemidir (Wang & Ha, 2007). Doku kültürü, moleküler genetik teknolojisi ile geliştirildiğinden bitki yetiştirme için yoğun bir potansiyele sahiptir (Uysal, 2022). Bitki doku kültürü, bitkisel organların, embriyoların, tohumların ya da hücrelerin steril, *in vitro* kültür ortamında yetiştirilmesi tekniğidir. Bitki hücreleri hayvan hücrelerinden farklı olarak ait olduğu bitkinin aynısı yeni bitkiler meydana getirebilme özelliğine sahiptir (Yamaner, 2022). Doku kültürü tekniğiyle, istenilen bitkilerin kısa zamanda ve istenilen özelliklerde üretilbildiği bildirilmektedir. Bu teknikle kullanılan yöntemlerle virüs, maya veya bakteri gibi istenmeyen unsurlar ayrıştırılarak, bu unsurları içermeyen ve sonsuz ürün kaynağı olan bitkiler üretilmektedir (Yavuz, 2013). Barnum (2005), bitki doku kültürlerinin bitki ıslahı için bitki geninin araştırılması, nitelikli olanların seçilmesi ve istenilen özelliklerde besin ve süs bitkilerinin yetiştirilmesi uygulamalarında kullanıldığını ve doku kültürü yapılan hücreler, hedef maddeyi daha yüksek oranda üreten hücre hatları olarak geliştirildiğinden üretim maliyetinin azaldığını bildirmektedir. Somaklonal varyasyon adı verilen bitki doku kültürleriyle hastaliksız bitki elde edilmesi için az miktarda bitki büyüme düzenleyicileri ilave edilen apikal meristemden alınan küçük embriyonik parçaların meristem kültürü yapılarak bitkilerde genetik çeşitlilik gerçekleştirilebildiği gibi; mikropropagasyon (*in-vitro* klonal propagasyon) adı verilen teknikle de istenilen özellikte klonlanan ve genetik olarak birbirine özdeş olan bitkiler kullanılarak gen transferi yapılmış, verimli ve hastalık direncine sahip yeni bitkiler üretilmektedir (Barnum, 2005). Demirel ve arkadaşları (2022), oldukça geniş imkanlar sunan doku kültürünün, tarımsal kalkınmada ve verimlilik sağlanmasında önemli bir rol oynadığını ve günümüzün modern tarım teknolojisi için vazgeçilmez bir araç olduğunu ifade etmektedirler.

Protoplast Füzyonu: Protoplast füzyonu veya somatik melezleme, prezigotik eşeyssel uyumsuzluklar sebebiyle, klasik melezlemeyle oluşturulamayan hibritlerin oluşturulmasında kimyasal ve fiziksel yöntemlerin kullanıldığı bir tekniktir. Protoplastlar birleştirilirken kimyasal bazı maddeler veya elektroporasyon kullanılır ve iki farklı bitki hücresi protoplastının genetik materyali birleşerek, yeni özelliklere sahip olan hibrit bir hücre oluşur. Protoplast füzyonuyla farklı bitki tür ya da cinslerinden alınan protoplastlar birleştirilerek yeni bir bitki türü ortaya çıkarılabilir. Bu teknik özellikle doğal olarak bir araya gelip çaprazlanması mümkün olmayan bitkilerin birleştirilmesinde kullanılır (Barnum, 2005).

Hibritleme: Melezleme olarak da anılan hibritleme, en eski biyoteknolojik tekniklerden biri olup, yeni organizmalar üretmek için iki farklı cins ya da türün saf durumdaki ebeveynleriyle çaprazlandığı bir yöntemdir (Muzaffar & Prasad, 2017; akt: Demirel vd., 2022). Günümüzde ise hibritleme ile istenilen özellikteki karakterleri arttırabilmek amacıyla, iki bitki tipi arasında çaprazlama ve sonrasında hibrit nesil ile ata nesli arasında tekrarlı geri çaprazlama yapılır. Hibrit tohumlar laboratuvar ortamında elde edilmez, aynı bitkinin iki ayrı çeşidi çaprazlanarak melezlenir. Bu şekilde oluşan hibrit tohumlardan alınan hasadın ürünlerinin şeklinin daha düzgün, aynı renkte ve boyda olduğu bildirilmektedir (Tarfin Tarım Anonim Şirketi, 2022). Sıklıkla hibrit tohumların, GDO ile karıştırıldığı belirtilmekle birlikte, esasen aralarında hiçbir ilişki bulunmadığı, ancak hibrit tohumun ikinci yıl ekilmesinde bir başka deyişle ikinci nesilde, doğal tozlaşma olacağı için melezlemede geriye dönüş meydana gelebileceğinden verimde kayıp yaşanabileceği ve her yıl yeniden satın alınmasının iyi olacağı bildirilmektedir (Tarfin Tarım Anonim Şirketi, 2022). Kimyasal barındırmadıkları için toprağa, toprağın verimine herhangi bir zarar vermeyen, ekolojik dengeyi koruyan ve tekrar ekildiğinde ürün veren, kısır olmayan, serada/özel izole alanda üretilen bu tohumlar, yalnızca ikinci ekimde melez özelliğini kaybedebilmektedirler (Tarfin Tarım Anonim Şirketi, 2022).

Mikroçoğaltım: Bir bitkiden alınan ve bir bitkiyi oluşturabilme potansiyelinde olan embriyo, tohum, gövde, sürgün, kök, kallus gibi bitki kısımlarından, laboratuvar koşullarında (*in-vitro*) veya sera ve benzeri kapalı sistemlerde (*ex-vitro*) bitkiye dönüşme kabiliyetine sahip olan dokular üretilerek, yeni bitkilerin elde edilmesidir. Buna göre, önceleri yapay olarak kapsüllenen somatik embriyoların kullanıldığı ilk sentetik tohumlar, günümüzde sürgün tomurcuk ve uçları, organ ya da embriyoya dönüşebilen kalluslar gibi diğer mikroçoğaltıcılar da kullanılmaktadır. Yapay tohum üretim teknolojisinin tarım alanında yeni ufuklar açtığı seçimli ve nesli tükenen bitki türlerinin germplazmalarının korunması için büyük avantaj sunmaktadırlar. Ancak henüz saklamaya ve işlemeye elverişsiz somatik embriyo sorunları olan yapay tohum teknolojisinin, bitki biyoteknolojisi ile klonal bitki çoğaltma ve germplazma muhafazası için oldukça önemli olduğu da bildirilmektedir (Ranabhatt & Kapor 2017; akt: Demirel vd., 2022). Nitekim, mikroçoğaltımın bitki yetiştiriciliği ve genetiği yönünden önemi ve avantajları arasında hastalık ve zararlılardan arındırılmış bitkisel materyal eldesi, kitlesel üretimde daha kısa kültür süresi, zor üretilen türlerin kolay üretimi, seçilen genotiplerin hızlı üretimi, yeni genotiplerin eldesi gibi yönleri bulunmaktadır.

Klonlama ve Gen Transferi: Tek bir gen dizisinin, kopyalanabileceği bir bakteriye sokularak konakçı genomuna dâhil edilmesi ve bu yolla çoğaltılarak izole edilebilmesi olarak tanımlanabilen gen klonlamasıyla, tarım biyoteknolojisi uygulamaları yapılabilmektedir (Demirel vd., 2022). Tek bir hücreden bütün bir bitkinin üretilebildiği yöntem olan klonlamada, yaprak veya bitkinin diğer bütün parçalarının *Agrobacterium* bakterilerinin kullanımı gibi vektörler aracılığıyla veya gen tabancası, elektroporasyon, mikro-makroasılama ve lipozomlar gibi diğer doğrudan gen aktarım teknikleri ile kullanılabilir (Finer & Dihillon, 2008; akt: Demirel vd., 2022). *Agrobacterium* aracılığıyla gen transferi tekniğinde, eksplantlar (yaprak ya da diğer bitki parçaları) *Agrobacterium* içeren besiyerinde kültüre edilir ve organogenez ya da somatik embriyogenez vasıtasıyla yeni doku ve organlar meydana getirilebilmektedir. Gen tabancası tekniğinde ise üzeri DNA kaplı altın ya da tungsten parçacıkları ile gen transformasyonu hedef hücre ve dokularda oluşturulabilmektedir. Günümüzde pek çok bitki ve hayvana gen transferi yoluyla yeni özellikler kazandırılmaktadır. Genomuna yabancı bir DNA ilave edilmiş canlıya da “transgenik canlı” denmektedir. Transgenik canlılara, “Genetiği Değiştirilmiş Organizma (GDO)” adı da verilmektedir. Transgenik bitkiler transkripsiyon ve translasyonun nasıl kontrol edildiğini araştırmak için oldukça elverişlidir (Barnum, 2005). Gen transferinin amacının, zararlılara ve hastalıklara direnç, kuraklık ve soğuğa dayanıklılık, herbisitlere direnç, verimli ürün gibi önemli özellikleri oluşturan genlerin mevcut türlere eklenmesiyle istenilen özelliklere sahip yeni bitkilerin üretilmesi olduğunu bildirilmekte, ancak birçok genle ilişkili olabilen özellikleri yöneten genlerin değişiminin zor olduğu da belirtilmektedir (Singh, Jaiswal & Jaiswal, 2004). Ranabhatt ve Kapor (2017), antikorlar ve aşılarda protein ve diğer tıbbi maddeleri üretmenin en iyi yöntemlerinden birinin transgenik bitkilerin kullanılması olduğunu ve ayrıca transgenik bitkilerin fermentasyona dayalı üretim sistemlerine ekonomik bir alternatif olduklarını bildirmektedirler (akt: Demirel vd., 2022). Gen transferinin tarımda uygulanmasıyla bitkilerin bazı böceklere, herbisitlere, bazı hastalıklara ve strese karşı dayanıklılıkları artırılabilir, ürettikleri kimyasal içerikler (fitokimyasallar, antikorlar, kan ürünleri, sitokinler, büyüme faktörleri, hormonlar, enzimler vb.) ve olgunlaşma zamanı değiştirilebilmekte; genetik olarak değiştirilmiş domates, soya, kanola, patates, mısır, çeltik, ayçiçeği, çavdar, elma ve kabak gibi çok sayıda bitkinin mevcut olduğu bildirilmektedir (Barnum, 2005). Ülkemizde 5977 sayılı biyogüvenlik yasasına göre, GDO ürünleri resmi onay alınmaksızın yurda sokularak ticaretinin yapılması ve bitki tohumluklarının gen transferi ile üretimi yasaktır (Biyogüvenlik Yasası, 2010).

Gen Düzenleme: İstenilen gen dizisinin net, kullanışlı, yanlışsız ve duyarlı bir şekilde manipüle edilebilmesi gen/genom düzenleme adını almaktadır (Sah, 2017; akt: Demirel vd., 2022).

Nükleaz enzimlerinin kullanıldığı birçok gen düzenleme tekniğiyle, genom düzenlemeyle; yanlış veya istenilmeyen şekilde çalışan deoksiribonükleik asit (DNA) dizilerinin değiştirilmesi sağlanabilmektedir. Günümüzde gen düzenleme teknolojisinde çinko parmak nükleazları (ZFN), transkripsiyon aktivatör benzeri efektör nükleazları (TALEN) gibi farklı yöntemler ortaya çıkmış olup, özellikle son on yılda “Kümelenmiş Düzenli Aralıklı Kısa Palindromik Tekrarlar” (CRISPR) tekniği gen düzenlenmesinde başarılı bir şekilde uygulanmıştır. (Feng vd., 2013; Urnov, 2018). Tipik bir genetiği değiştirme uygulaması olmayan ve DNA dizisini yeniden dizayn etmeyi sağlayan bu teknikler tarım biyoteknolojisi için büyük önem taşımakta ve bunların nüfus artışı, tarım arazilerinin azalması, verimlilik, dayanıklılık gibi alanlarda gittikçe daha fazla kullanılacağı bildirilmektedir (Malzahn, Lowder & Qi, 2017; Hüdig, Laibach & Hein, 2022). Örneğin, gen düzenleme teknikleri arasında hızlı, ucuz ve kolay bir yöntem olan örneğin, Shan ve arkadaşları (2013) CRISPR-Cas teknolojisini, bitkilerde istenilen özelliklerin geliştirilmesi için kullanmışlar ve külleme dirençli buğday bitkileri geliştirmişlerdir (akt: Demirel vd., 2022). CRISPR tekniği, DNA’da kesikler ya da kırıklar oluşturularak, hücrenin doğal DNA tamir mekanizmasının aktifleşmesi sağlanmakta ve çok kısa zamanda tüm genler/genom veya belirli genlerin işlevleri tespit edilebilmektedir (Tastan vd., 2020). Malzahn ve arkadaşları (2017), gen düzenleme teknikleri yabancı bir bitkinin genlerini diğer bitkinin genleri arasına sokmadan, kendi DNA’sından birkaç nükleotidin değiştirilmesi sağlanarak yeni bir bitki çeşidi ve transgenik bitki elde edilebilmektedir (Malzahn vd., 2017). Genomu yeniden düzenlenerek düzenlenmiş Gene Editing Plants/GEP), bir başka deyişle bitkinin zaten kendisinde olan genin yeniden düzenlenerek üretilen bu yeni bitki çeşitlerinin, (transgenik bitki olmadıkları ifade edilmekte ve transgenik bitkileri reddeden bireyler tarafından da kabul edilebildikleri vurgulanmaktadır (Wolt, Wang & Yang, 2016).

Markör Destekli Seçilim: Tarım biyoteknolojisinde moleküler markör destekli seçim, polimorfizm gösterilebilen özelliklerin anlaşılabilmesi için oldukça kullanılan bir teknik olup, genel olarak genomun özgün bir bölgesini tanımlamak amacıyla kullanılmaktadır (Özsensoy & Kurar, 2012). Çeşitleri biyokimyasal temelli (izoenzimler veya ikincil metabolitler temelli), morfolojik temelli ve moleküler temelli markörler (DNA veya RNA temelli) ya da başka bir ifadeyle işaretleyiciler/belirteçlerdir ve hedefe bağlı olarak, çeşitli markörler arasından biri seçilerek işlem yapılabilir (Kesawat ve Kumar, 2009). Biyokimyasal temelli markörlerden özellikle enzim aktiviteleri aynı olan izoenzim markörleri bitki ıslahı ve genetik alanlarında başarılı bir şekilde kullanılmakta olup, bu proteinler, elektroforezle izole edilir, tanımlanır ve ayırım işleminde kullanılırlar (Özsensoy & Kurar, 2012). Görsel özelliklerle yapılan ayrımları ifade

eden, kolay izleme ve ekonomik uygulanabilirlikleri olan morfolojik temelli markörlerin kullanımları ise, bir organizma genomunun yalnızca belli bir kısmını kapsadıklarından sınırlıdır ve genellikle tanımlanması ve müdahale edilmesi kolay olabilen genetik polimorfizmleri belirtirler (Sanghvi ve Dave, 2017; akt: Demirel vd., 2022). Moleküler temelli markörler ya da başka bir ifadeyle moleküler işaretleyiciler/belirteçler DNA dizisindeki yüksek polimorfizmlere dayanan özelliktedirler; genoma bağlı olması, kesin-sonuçlar verebilmesi ve tekrarlanabilirliğinin yüksek olmasıyla çoğunlukla tercih edilirler (Khan vd., 2017; akt: Demirel vd., 2022). Moleküler işaretleyici teknolojisi geliştikçe tarım ve bitki ıslahındaki başarılar da artmış; bitkilerdeki hastalık ve savunma mekanizmalarını tespit etmek, raf ömrünü uzatılmak, ürün kalitesini iyileştirmek, verim ve kaliteyi arttırmak mümkün olmaktadır. (Yali, 2022). En sık kullanılan moleküler temelli markörler olarak Allele Özgü Birleşen Primerler, Allele Özgü Oligonükleotidler, Allele Özgü Polimeraz Zincir Reaksiyonu, Çoğaltılmış Parça Uzunluğu Polimorfizmi, Mikrosatellit Bağlantılı Primer ile Polimeraz Zincir Reaksiyonu, Bağlantılı Basit Tekrarlı Diziler, Rastgele Primerler ile Polimeraz Zincir Reaksiyonu örnek olarak verilebilir (Kesawat ve Kumar, 2009).

Tarımsal Biyoteknoloji Eğitimi Neden Gereklidir?

Türkiye'deki tarımsal biyoteknoloji eğitimi faaliyetleri 1973 yılında lisans düzeyinde Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Bahçe Bitkileri Bölümü öncülüğünde başlamıştır. Sonrasında çeşitli enstitülerde yapılan araştırmaların sayısının artmasıyla lisans ders ve uygulamalarının da sayısı artmış ve Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu'nun (TÜBİTAK) bünyesinde kurulan komisyonlarca hem tarımsal biyoteknolojinin hem de eğitiminin önemi sıkça dile getirilmiştir (Sağlam, 2014). Nitekim Sağlam (2014) da Türkiye'nin gelecekte, biyoteknoloji alanında yetişmiş insan gücüne yüksek düzeyde ihtiyaç duyulacağını altını çizmektedir. Ortaöğretimde biyoteknoloji eğitiminin ele alınması ise Millî Eğitim Bakanlığı'nın (MEB) 1998 biyoloji öğretim programında kavramın ve öneminin açıklanması ile gerçekleşmiştir (MEB, 1998).

Eğitim alanında yapılan araştırmalarda ise öğrencilerde biyoteknoloji konusunda farkındalık ve bilgi düzeyleri ile ilgili çalışmalar gerçekleştirilmiştir (Darçın & Güven, 2008; Sıcaker & Öz Aydın, 2015; Ağaç, 2019; Açıkgül-Fırat, Çavuş, Turan Gürbüz, & Öztürk, 2021; Oz Aydın, Sackes, Taskın Bedizel, & Sıcaker, 2022). Ağaç (2019) ise araştırmasında tarımsal biyoteknoloji konusundaki deney uygulamalarının etkili öğrenmeyi sağladığını tespit etmiştir. Bununla beraber, Ağaç (2019) alan yazında son yıllara değin, Türkiye'de özellikle tarımsal biyoteknolojiye yönelik çalışmaların özelleşmediğini de bildirmektedir. Buna göre gelecekte bilinçli toplumların oluşması için öğretmen ve öğretmen adaylarının, özellikle tarımsal biyoteknoloji yöntem ve uygulamaları

fırsatlarının ayrıntılı olarak ele alınması ve bilinirliğinin yükseltilmesi gerekmektedir. Türkiye tarımını geliştirmek, tarıma dair hızlı ve verimli üretim süreçlerini güçlendirmek için öncelikle bu alandaki uzmanların sayısı ve etki gücü artırılmalı, ayrıca bu konuda eğitim veren öğretmenlerin bilgi ve görüşleri de geliştirilerek toplumun bu konulardaki gelişimi sağlanmalıdır. Bu bağlamda Türkiye’de alan uzmanları ve biyoloji öğretmenlerinin tarımsal biyoteknolojinin potansiyelleri, tarımda verim artışı için kullanımı/uygulamaları hakkındaki görüşlerinin çerçevesi tespit edilmelidir. Böylelikle, önyargı, eksik veya yanlış bilgileri içeren görüşler varsa, bunların geliştirilmesi yoluna gidilip, bilinçli bir tarım üreticisi ve tüketicilerini içerecek şekilde toplumunun oluşumu için nasıl bir eğitim altyapısı oluşturulabileceği tartışılabilir. Bu araştırmanın amacı, biyoloji öğretmenleri ve tarım alanındaki tarımsal biyoteknoloji uzmanlarının tarımsal biyoteknoloji hakkındaki görüşlerinin incelenmesidir. Bu amaç doğrultusunda aşağıdaki araştırma problemleri belirlenmiştir:

1. Biyoloji öğretmenleri ve uzmanların tarımsal biyoteknoloji uygulaması örneklerinin neler olduğuna dair görüşlerinin karşılaştırılmasına ilişkin sonuçlar nelerdir?
2. Biyoloji öğretmenleri ve uzmanların tarımsal biyoteknoloji uygulamalarının Türkiye’de neden kullanılması gerektiğine dair görüşlerinin karşılaştırılmasına ilişkin sonuçlar nelerdir?
3. Biyoloji öğretmenleri ve uzmanların toplum kesimlerinin tarımsal biyoteknoloji hakkında bilgilendirilmelerinin nasıl gerçekleştirilebileceğine dair görüşlerinin karşılaştırılmasına ilişkin sonuçlar nelerdir?

Yöntem

Araştırma, nitel araştırma yöntemlerinden durum çalışması ile desenlenmiştir.

Çalışma Grubu

Araştırmada amaçlı örnekleme yöntemlerinden maksimum çeşitlilik örnekleme kullanılmıştır. Araştırmanın çalışma grubu, rastgele ve gönüllülük esasına göre seçilen biyoloji öğretmenleri (29 kişi) ve ziraat mühendisleri ile akademisyenlerin oluşturduğu uzmanlar (22 ziraat mühendisi ve 7 akademisyen =29 kişi) olup, toplam 58 kişidir. Katılımcıların demografik özellikleri Tablo 1’de gösterilmiştir.

Tablo 1*Katılımcılara Ait Demografik Özellikler (N=58)*

Özellikler	Biyoloji Öğretmenleri		Uzman (Ziraat Mühendisi ve Akademisyen)
	Frekans (%)	Frekans (%)	Toplam Frekans (%)
Kadın	14 (%48.3)	4 (%13.8)	18 (%31)
Erkek	15 (%51.7)	25 (%86.2)	40 (%69)
Toplam	29 (%100)	29 (%100)	58 (%100)
18-35 yaş	4 (%13.8)	13 (%44.8)	17 (%29.3)
36-53 yaş	22 (%75.9)	13 (%44.8)	35 (%60.3)
54-65 yaş	3 (%10.3)	3 (%10.3)	6 (%10.3)
Toplam	29 (%100)	29 (%100)	58 (%100)
Düşük Kıdem	8 (%27.6)	20 (%69)	28 (%48.3)
Orta Kıdem	20 (%69)	6 (%20.7)	26 (%44.8)
Yüksek Kıdem	1 (%3.4)	3 (%10.3)	4 (%6.9)
Toplam	29 (%100)	29 (%100)	58 (%100)

Tablo 1'de görüldüğü gibi, katılımcıların %31'i kadın, %69'u erkektir. Katılımcıların %29.3'ü 18-35, %60.3'ü 36-53, %10.3'ü 54-65 yaş aralığındadır. Katılımcıların mesleki kıdemleri ele alındığında %48.3'ünün düşük kıdemli olduğu, %44.8'inin orta kıdemli olduğu, %6.9'unun ise yüksek kıdemli olduğu görülmüştür (Tablo 1).

Veri Toplama Araçları

Araştırmada, araştırmacılar tarafından geliştirilen kişisel bilgiler ve tarımsal biyoteknolojiyle ilgili görüş sorularının yer aldığı bir anket ve yapılandırılmış görüşme formu kullanılmıştır. Tarımsal biyoteknolojiyle ilgili literatür taraması yapılarak, anket formu ve yapılandırılmış görüşme formuna dahil edilecek sorular geliştirilmiştir. Anket formunun ilk bölümü kişisel bilgiler adı altında cinsiyet, eğitim düzeyi (ilköğretim, ortaöğretim, ön lisans, lisans, yüksek lisans/doktora), yaş, meslek, açısından katılımcı profilini ortaya çıkarmaya çalışan sorulardan; ikinci bölümü ise 4 anket sorusundan oluşmaktadır. İkinci bölümdeki anket sorularında “çok yüksek” den “çok düşüğe” doğru; diğer sorular ise “kesinlikle gereklidir” den “kesinlikle gereksizdir” e doğru beşli derecelendirme şeklinde düzenlenmiştir.

Yapılandırılmış görüşme formundaki sorular ise “neden” şeklinde iki adet açık uçlu görüş sorularıdır. Çalışmada ayrıca katılımcıların tarımsal biyoteknolojiyle ilgili iletmek istedikleri

başka görüşleri olup olmadığı da sorulmuş ve görüşlerin daha geniş açılımlarına da ulaşılması yoluna gidilmiştir.

Veri toplama süreci

Çalışmada nitel verinin toplanmasında anket formu, çalışmaya gönüllü olarak katılmayı kabul eden bireylere uzaktan (web destekli olarak Google Formlar internet arayüzü kullanılarak) ve sosyal medya platformlarıyla (Facebook, WhatsApp) ulaşılarak uygulanmıştır. Tüm görüşmeler Microsoft Office Excel ve Microsoft Office Word 2020 programları ile dijital ortama aktarılmıştır.

Veri Analizi

Araştırmada 58 katılımcıdan toplanan araştırma verilerinin nitel olarak incelenmesinde içerik analizi kullanılmıştır. Nitel veriyle araştırılan konu hakkında betimsel ve gerçekçi bir resim sunulması amaçlandığından, nitel verinin ayrıntılı ve belirli bir derinliğe sahip olması oldukça önemlidir (Yıldırım ve Şimşek, 2016).

Tümdengelimce bir yol takip edilen içerik analizinde, öncelikle araştırma konusuyla ilgili kategoriler geliştirilmekte, bu kategoriler içerisine giren kelimeler sayılmaktadır (Silverman, 2001; akt: Özdemir, 2010). Çalışmada, inceleme ve yorumlamalar sonrasında konunun nasıl kavramsallaştırıldığına dair gerçekler ve denenceler ortaya çıkarılmaya çalışılmıştır.

Güvenirlilik

Nitel araştırmalarda özneliliğin yüksek olması nedeniyle, geçerlik ve güvenilirliği sağlamak için inandırıcılık ölçütü olarak farklı veri kaynaklarından (farklı meslek gruplarına göre iki katılımcı grubu gibi) verilere ulaşılması şeklinde ifade edilebilen çeşitleme ve kodlayıcılar arası güvenilirlik kullanılmıştır (Arastaman, Öztürk Fidan & Fidan, 2018). Elde edilen nitel verilerin analizinde yanlılığı en aza indirmek için veri seti iki araştırmacı tarafından analiz edilmiştir.

Miles ve Huberman'ın (1994) kodlayıcılar arası güvenilirlik formülü uygulandığında, araştırmamızda kodlayıcılar arası tutarlılığın ($[\text{Görüş birliği}/(\text{Anlaşma}+\text{Anlaşmazlık})] \times 100$) %90 olduğu belirlenmiştir. Çalışmanın güvenilirliği için araştırma yöntemleri, araştırma aşamaları ve tüm süreç net bir şekilde açıklanmıştır. Araştırmacılar, anket uygulamasının öncesinde araştırmanın amacından bahsetmiş, katılımcılara kimliklerinin kesinlikle gizli tutulacağını belirtmiş ve katılımcı onamı almışlardır.

Bulgular

Biyoloji Öğretmenleri ve Uzmanların Tarımsal Biyoteknoloji Uygulaması Örneklerinin Neler Olduğuna Dair Görüşleri

Bu bölümde biyoloji öğretmenleri ve uzmanların tarımsal biyoteknoloji uygulaması örneklerinin neler olduğuna, tarımsal biyoteknoloji uygulamalarının Türkiye’de neden kullanılması gerektiğine ve toplum kesimlerinin tarımsal biyoteknoloji ile ilgili bilgilendirilmesinin nasıl gerçekleştirilebileceğine dair görüşlerinin karşılaştırılmasına ilişkin sonuçların neler olduğu ele alınmıştır.

Biyoloji öğretmenleri ve uzmanların tarımsal biyoteknoloji uygulaması örneklerine dair görüşlerinin dağılımı Tablo 2’te gösterilmiştir.

Tablo 2

Biyoloji Öğretmenleri ve Uzmanların Tarımsal Biyoteknoloji Uygulaması Örneklerinin Neler Olduğuna Dair Görüşlerinin Dağılımı

Tema	Kodlar	Frekans (%)		Toplam Frekans (%)
		Biyoloji Öğretmeni (N:29)	Uzman (N:29)	
Gen Transferi	Rekombinant DNA Çalışmaları	14 (%36.84)	8 (%25.8)	22 (%31.88)
Doku Kültürü	Meristem Doku Kültürü İle Bitki Çoğaltımı	4 (%10.52)	10 (%32.25)	14 (%20.28)
	Doku Kültürü İle Bitki Çoğaltımı			
	Doku Kültürü İle Hayvan Çoğaltımı			
Tohum Islahı	Hastalısız Tohum Üretimi	6 (%15.78)	6 (%19.35)	12 (%17.39)
	Tohum Islahı İle Bitki Geliştirme			
	Tohum Islahı ile Hayvan Geliştirme			
Hibritleme	Hibritleme İle Yeni Tohum Üretimi	4 (%10.52)	3 (%9.67)	7 (%10.14)
	Gen Sayısı Artırımı/Poliploidi			
Faaliyet ve Metabolit Artırımı	Kimyasal Madde Artırımı	5 (%13.15)	-	5 (%7.24)
	Fermente Ürün Artırımı			
	Biyopolimer Üretimi			
Klonlama	Hayvan Klonları Üretimi	2 (%5.26)	1 (%3.22)	3 (%4.34)
Genetik Seçme	Bitkilerde İyi Özelliklerin Seçimi	-	2 (%6.45)	2 (%2.89)
Gen Haritalama	Bitki Gen Haritası Çıkarımı	2 (%5.26)	-	2 (%2.89)
	Türler Arası Akralalık Tespiti			

Tablo 2 (Devamı)*Biyoloji Öğretmenleri ve Uzmanların Tarımsal Biyoteknoloji Uygulaması Örneklerinin Neler Olduğuna Dair Görüşlerinin Dağılımı*

Genetik Tanılama	Bitki DNAsı Tanılaması	-	1 (%3.22)	1 (%1.44)
Topraksız Tarım	Topraksız Bitki Üretimi	1 (%2.63)	-	1 (%1.44)
Toplam		38 (%55)	31 (%45)	69 (%100)

Bu bölümde katılımcıların içerik analizine tabii tutulan görüşlerine uygun olarak ortaya çıkartılan kodlar ve bunlara uygun geliştirilen temalara ait bulgular yer almaktadır. Buna göre biyoloji öğretmenleri ve uzmanların tarımsal biyoteknoloji uygulaması örneklerine dair görüş sorusuna verdikleri cevaplar 18 kod altında toplanmıştır (Tablo 2). Buna göre, “Rekombinant DNA Çalışmaları” olarak adlandırılan 1 kod “Gen Transferi” teması altında (f:22, %31.8); “Meristem Doku Kültürü İle Bitki Çoğaltımı”, “Doku Kültürü İle Bitki Çoğaltımı”, “Doku Kültürü İle Hayvan Çoğaltımı” olarak adlandırılan 3 kod “Doku Kültürü” teması altında (f:14, %20.2); “Hastaliksız Tohum Üretimi”, “Tohum Islahı İle Bitki Geliştirme”, “Tohum Islahı İle Hayvan Geliştirme” olarak adlandırılan 3 kod “Tohum Islahı” teması altında (f:12, %17.39); “Hibritleme İle Yeni Tohum Üretimi” ve “Gen Sayısı Artırımı/Poliploidi” olarak adlandırılan 2 kod “Hibritleme” teması altında (f:7, %10.14); “Kimyasal Madde Artırımı”, “Fermente Ürün Artırımı”, “Biyopolimer Üretimi” olarak adlandırılan 3 kod “Faaliyet ve Metabolit Artırımı” teması altında (f:5, %7.24) “Hayvan Klonları Üretimi” olarak adlandırılan 1 kod “Klonlama” teması altında (f:3, %4.34); “Bitkilerde İyi Özelliklerin Seçimi” “Bitki Gen Haritası Çıkarımı”, “Türler Arası Akralalık Tespiti” olarak adlandırılan 2 kod “Genetik Haritalama” teması altında (f:2, %2.89); “Bitki DNA’sı Tanılaması” olarak adlandırılan 1 kod “Genetik Tanılama” teması altında (f:1, %1.44); “Topraksız Bitki Üretimi” adıyla 1 kod “Topraksız Tarım” teması altında (f:1, %1.44) toplanmışlardır.

Biyoloji Öğretmenleri ve Uzmanların Tarımsal Biyoteknoloji Uygulamalarının Türkiye’de Neden Kullanılması Gerektiğine Dair Görüşleri

Biyoloji öğretmenleri ve uzmanların tarımsal biyoteknoloji uygulamalarının Türkiye’de neden kullanılması gerektiğine dair görüş dağılımı Tablo 3’te verilmiştir.

Tablo 3

Biyoloji Öğretmenleri ve Uzmanların Tarımsal Biyoteknolojinin Türkiye’de Neden Kullanılması Gerekliğine Dair Görüşlerinin Dağılımı

Tema	Kodlar	Frekans (%)		Toplam Frekans (%)
		Biyoloji Öğretmeni (N:29)	Uzman (N:29)	
Tarım Ekonomisine Katkı	Tarımsal Üretimi Arttırmak İçin	17	18	35
	Tarımda Dışa Bağımlı Olmamak İçin	(%48.57)	(%39.13)	(%43.2)
	Tarımda Verim Artışı İçin			
	Ekonomik Tarımsal Üretim İçin			
	Tarımda İklimden/Zamandan Bağımsız Üretim İçin			
Tarımsal Ürünlerin Özelliğine Katkı	Tarımda Kontrollü/Hızlı Üretim İçin			
	Doku Kültürüyle Tarımda Kalite Artışı İçin	12	17	29
		(%34.28)	(%36.95)	(%35.8)
	Gen Teknolojisiyle Tarımda Kalite Artışı İçin			
	In Vitro Islah Çalışmalarının Yapılabilmesi İçin			
	Doku Kültürüyle Tarımsal Hastalık-Zararlılara Dayanıklılık İçin			
	Gen Teknolojik Müdahaleyle Tarımsal Hastalık-Zararlılara Dayanıklılık İçin			
	Doku Kültürüyle Hastalısız Tohum Üretimi İçin			
	Doku Kültürüyle Bitkilerden Yakıt Üretimi İçin			
	Doku Kültürüyle İstenilen Özelliklerin Melezlenmesi			
Melezlemeyle İstenilen Özelliklerin Eldesi				
Gen Teknolojisiyle İstenilen Özelliklerin Melezlenmesi				
Tarımsal Gelişmelerin Katkı	Biyoteknolojik Gelişmelerin Takip Edilmesi İçin	3	5	8
		(%8.57)	(%10.86)	(%9.87)
	Biyoteknolojik Rekabete/Savaşlara Hazır Olmak İçin			

Tablo 3 (Devamı)*Biyoloji Öğretmenleri ve Uzmanların Tarımsal Biyoteknolojinin Türkiye’de Neden Kullanılması Gerekliğine Dair Görüşlerinin Dağılımı*

Tarım Topraklarının Kalitesine Katkı	Tarımda Pestisit Kullanımının Azaltılması İçin	3	3	6
	Tarımda Kimyasal Kullanımının Azaltılması İçin	(%8.57)	(%6.52)	(%7.4)
	Tarımda İlaç Kullanımının Azaltılması İçin			
Tarımda Yerel/Endemik Türlerin Genetiğinin Muhafazasına Katkı	Bitki Genlerinin İncelenmesi Ve Özelliklerin Tespiti	-	3	3
	Yerel/Endemik Türlerin Genetiğinin Muhafazası İçin		(%6.52)	(%3.70)
Toplam		35 (%100)	46 (%100)	81 (%100)

Araştırmada elde edilen verilere göre, biyoloji öğretmenleri ve uzmanların tarımsal biyoteknoloji uygulamalarının Türkiye’de neden kullanılması gerektiğine dair görüş sorusuna verdikleri cevaplar 25 kod altında toplanmıştır (Tablo 4). Buna göre, “Tarımsal Üretimi Arttırmak İçin”, “Tarımda Dışa Bağımlı Olmamak İçin”, “Tarımda Verim Artışı İçin”, “Ekonomik Tarımsal Üretim İçin”, “Tarımda İklmiden/Zamandan Bağımsız Üretim İçin”, “Tarımda Kontrollü/Hızlı Üretim İçin” olarak adlandırılan 6 kod “Tarım Ekonomisine Katkı” teması altında (f:35, %43.2); “Doku Kültürüyle Tarımda Kalite Artışı İçin”, “Gen Teknolojisiyle Tarımda Kalite Artışı İçin”, “In Vitro İslah Çalışmalarının Yapılabilmesi İçin”, “Doku Kültürüyle Tarımsal Hastalık-Zararlılara Dayanıklılık İçin”, “Gen Teknolojik Müdahaleyle Tarımsal Hastalık-Zararlılara Dayanıklılık İçin” “Doku Kültürüyle Hastalısız Tohum Üretimi İçin”, “Doku Kültürüyle Bitkilerden Yakıt Üretimi İçin”, “Doku Kültürüyle İstenilen Özelliklerin Melezlenmesi”, “Mezlemeyle İstenilen Özelliklerin Eldesi” olarak adlandırılan 10 kod “Tarımsal Ürünlerin Özelliklerine Katkı” teması altında (f:29, %35.8); “Biyoteknolojik Gelişmelerin Takip Edilmesi İçin”, “Biyoteknolojik Rekabete/Savaşlara Hazır Olmak İçin” olarak adlandırılan 2 kod “Tarımsal Gelişmelere Katkı” teması altında (f:8, %9.87); “Tarımda Pestisit Kullanımının Azaltılması İçin”, “Tarımda Kimyasal Kullanımının Azaltılması İçin”, “Tarımda İlaç Kullanımının Azaltılması İçin” şeklinde adlandırılan 3 kod “Tarım Topraklarının Kalitesine Katkı” teması altında (f:6, %7.4); “Bitki Genlerinin İncelenmesi Ve Özelliklerin Tespiti”, “Yerel/Endemik Türlerin Genetiğinin Muhafazası İçin” olarak adlandırılan 2 kod “Tarımda Yerel/Endemik Türlerin Genetiğinin Muhafazasına Katkı” teması altında (f:3, %3.70) toplanmışlardır.

Biyoloji Öğretmenleri ve Uzmanların Toplum Kesimlerinin Tarımsal Biyoteknoloji ile İlgili Bilgilendirilmesinin Nasıl Gerçekleştirilebileceğine Dair Görüşleri

Biyoloji öğretmenleri ve uzmanların toplum kesimlerinin tarımsal biyoteknoloji ile ilgili bilgilendirilmesinin nasıl gerçekleştirilebileceğine dair görüşlerinin dağılımı Tablo 4'te gösterilmiştir.

Tablo 4

Öğretmenleri ve Uzmanların Toplum Kesimlerinin Tarımsal Biyoteknoloji ile İlgili Bilgilendirilmesinin Nasıl Gerçekleştirilebileceğine Dair Görüşlerinin Dağılımı

Tema	Kodlar	Frekans (%)		Toplam Frekans (%)
		Biyoloji Öğretmeni (N:29)	Uzman (N:29)	
Teorik Bilgilendirme	Kitle İletişim Araçlarıyla Bilgilendirme	50	41 (%68.3)	91
	Çiftçi Eğitimiyle Bilgilendirme	(%82)		(%75.2)
	Üniversitelerde Derslerle Bilgilendirme			
	Okullarda Derslerle Bilgilendirme			
	Sivil Tarım Kurumlarıyla Bilgilendirme			
	Resmi Tarım Kurumlarıyla Bilgilendirme			
	Öğretmen-Ebeveyn Eğitimiyle Bilgilendirme			
Pratik Bilgilendirme	Pratik Saha Uygulamalarıyla Bilgilendirme	2	2	4
		(%3)	(%3.3)	(%3.3)
Duyuş-Davranış Geliştirilmesi	Motivasyon Artırılmasıyla	-	2	2
	Bilgi-beceri Arttırılmasıyla		(%3.3)	(%1.7)
Donanım Sağlanması	Altyapı-Lab. İmkânlarının Geliştirilmesiyle	-	2	2
			(%3.3)	(%1.7)
Yasal Yaptırımlar	Yasal Düzenlemelerle	3	1	4
	Gıdalarda Etiketlemeyle	(%5)	(%1.8)	(%3.3)
Uzman Desteği	Uzman Danışmanlığıyla	6	12	18
	Alan Mezunlarının İstihdamıyla	(%10)	(%20)	(%14.8)
	Toplam	61	60	121
		(%100)	(%100)	(%100)

Araştırmada elde edilen verilere göre, biyoloji öğretmenleri ve uzmanların toplum kesimlerinin tarımsal biyoteknoloji ile ilgili bilgilendirilmesinin nasıl gerçekleştirilebileceğine dair görüş sorusuna verdikleri cevaplar 15 kod altında toplanmıştır (Tablo 4). Buna göre, “Kitle

İletişim Araçlarıyla Bilgilendirme”, “Çiftçi Eğitimiyle Bilgilendirme”, “Üniversitelerde Derslerle Bilgilendirme”, “Okullarda Derslerle Bilgilendirme”, “Sivil Tarım Kurumlarıyla Bilgilendirme”, “Resmi Tarım Kurumlarıyla Bilgilendirme”, “Öğretmen-Ebeveyn Eğitimiyle Bilgilendirme” olarak adlandırılan 7 kod “Teorik Bilgilendirme” teması altında (f:91, %75.2); “Pratik Saha Uygulamalarıyla Bilgilendirme” olarak adlandırılan 1 kod “Pratik bilgilendirme” teması altında (f:4, %3.3); “Motivasyon Artırılmasıyla”, “Bilgi-beceri artırılmasıyla” olarak adlandırılan 2 kod “Duyuş-Davranış Geliştirilmesi” teması altında (f:2, %1.7); Altyapı-Laboratuvar İmkânlarının Geliştirilmesiyle” olarak adlandırılan 1 kod “Donanım Sağlanması” teması altında (f:2, %1.7); “Yasal Düzenlemelerle”, “Gıdalarda Etiketlemeyle” olarak adlandırılan 2 kod “Yasal Yaptırımlar” teması altında (f:4, %3.3); “Uzman Danışmanlığıyla”, “Alan mezunlarının İstihdamıyla” olarak adlandırılan 2 kod “Uzman Desteği” teması altında (f:18, %14.8) toplanmışlardır.

Tartışma

Çalışmada biyoloji öğretmenleri ve uzmanların tarımsal biyoteknoloji uygulaması örneklerinin neler olduğuna dair görüşlerinin karşılaştırılmasına ilişkin sonuçlar incelendiğinde (Tablo 2), biyoloji öğretmeni ve uzman görüşlerinin sıklıkla “Gen Transferi (f:22, %31.8)” ve “Doku Kültürü (f:14, %20.2)” temalarını içerdiği görülmektedir. Bununla beraber, biyoloji öğretmenlerinin görüşlerinde daha sıklıkla “Gen Transferi” temasındaki tarımsal biyoteknoloji örnekleri yoğunlaşmakta (öğretmeler f:14, %36.84; uzmanlar f:8, %25.8); alan uzmanlarının görüşleri ise “Doku kültürü” temasındaki tarımsal biyoteknoloji örnekleri üzerinde yoğunlaşmaktadır (uzmanlar f:10, %32.25, öğretmeler f:4, %10.52). Bu durum, biyoloji öğretmenlerinin, tarımsal biyoteknolojinin doku kültürü ile gerçekleştirildiği uygulamalara dair bilgilenmelerinin düşük olduğunu ve tarımsal biyoteknolojiyi sadece canlı özelliklerine müdahale eden bir teknoloji olarak algıladıklarını göstermektedir. Ayrıca bu sonuç, toplumun eğitiminde önemli bir rol üstlenen biyoloji öğretmenlerinin, tarımsal biyoteknolojiyi derslerde, risksiz ve yararlı uygulama örnekleri kullanmaksızın, hatta olumsuz bir tutum içinde anlatabileceklerine dair olasılığın yüksek olduğu şeklinde yorumlanabilir. Nitekim Aydın (2012), ülkemizde sürekli gündemde tutulan GDO ile ilgili tartışmaların daha doğru ve açıklayıcı bir zeminde yapılmasının tarımsal biyoteknolojinin gelişimi açısından çok önemli olduğunu belirtmektedir. Oysa Yavuz (2013), tarımsal biyoteknolojinin, sadece genlerin değiştirildiği gen transferi alanında değil, tarımda verim ve besin elementlerinin artırılması için geliştirilen ve çeşitli amaçlarla (azot fiksasyonu, büyüme hormonlarının üretimi, hastalıklar ve yabancı ot mücadelesi gibi) kullanılan doku kültürü alanında da kullanılarak yüksek fayda sağladığını bildirmektedir. Wolt ve arkadaşları

da (2016), gen düzenleme yöntemi gibi, bitkinin zaten kendisinde olan geninin yeniden düzenlenerek üretildiği tarımsal biyoteknoloji uygulamalarının, transgenik bitkileri reddeden bireyler tarafından kabul edildiğini bildirmektedirler.

Çalışmada biyoloji öğretmenleri ve uzmanların tarımsal biyoteknoloji uygulamalarının Türkiye’de neden kullanılması gerektiğine dair görüşlerinin karşılaştırılmasına ilişkin sonuçlar incelendiğinde (Tablo 3), tarımsal biyoteknoloji uygulamalarının Türkiye’de neden kullanılması gerektiğine dair biyoloji öğretmeni ve uzman görüşlerinin öncelikle “Tarım Ekonomisine Katkı (f:35, %43.2)” ve “Tarımsal Ürünlerinin Özelliklerine Katkı (f:29, %35.8)” gerekçeleriyle ilgili temalarda yoğunlaştığı görülmektedir. Diğer temalardaki görüşler, çok daha düşük düzeylerde dağılım göstermektedir (Tablo 3). Ayrıca hem biyoloji öğretmenlerinin (f:17, %48.57) hem de tarımsal biyoteknoloji uzmanlarının (f:18, %39.13) “Tarım Ekonomisine Katkı” ya yönelik görüşlerinin yoğun olduğu görülmektedir. Bununla birlikte uzmanların (f:17, %36.95) biyoloji öğretmenlerinden (f:1, %34.28) daha yüksek sıklıkta “Tarım Ürünlerinin Özelliklerine Katkı” ya vurgu yaptıkları ve doku kültürü uygulamalarından bahsettikleri de görülmüştür. Bu sonuç doku kültürü tekniğinden daha yüksek düzeyde farkında olan uzmanların, kültürü yapılan hücrelerden bitkilerin kısa zamanda, istenilen özellikte ve sonsuz üretilme potansiyeli içerdiğini bilmeleri ile ilişkili olabilir (Barnum, 2005; Yavuz, 2013).

Çalışmada biyoloji öğretmenleri ve uzmanların toplum kesimlerinin tarımsal biyoteknoloji ile ilgili bilgilendirilmesinin nasıl gerçekleştirilebileceğine dair görüşlerinin karşılaştırılmasına ilişkin sonuçlar incelendiğinde (Tablo 4), toplum kesimlerinin tarımsal biyoteknoloji ile ilgili bilgilendirilmesinin nasıl gerçekleştirilebileceğine dair biyoloji öğretmeni ve uzman görüşlerinin öncelikle “Teorik Bilgilendirme” yapılması (f:91, %75.2) ve ayrıca “Uzman Aracılığıyla Bilgilendirme” olması (f:18, %14.8) temalarında yoğunlaştığı görülmektedir. Diğer temalardaki görüşler, oldukça düşük düzeylerde dağılım göstermektedir (Tablo 4). Tablo 4’te değinilen toplumun tarımsal biyoteknolojiyle ilgili bilgilendirilmesi sorusuna dair sonuçların ise, her iki grubun da (f:61, %50.4; f:60, %49.6) tarımsal biyoteknoloji eğitimine çok önem verdiklerini gösterdiği görülmektedir. Bununla birlikte, biyoloji öğretmenlerinin (f:50, %82) mesleki nitelikleri nedeniyle, teorik eğitime uzmanlardan (f:41, 68.3) daha fazla eğilimli oldukları görülmektedir. Alan uzmanlarının (f:12, %20) ise özellikle bu alanda yüksek eğitim almış alan uzmanları aracılığıyla verilecek bir tarımsal biyoteknoloji eğitimine biyoloji öğretmenlerinden (f:6, %10) daha güçlü şekilde vurgu yaptıkları tespit edilmiştir. Bu durum tarımsal biyoteknoloji uzmanlarının, konuyu daha geniş bir eğitim alarak ve derinine bilmelerinden kaynaklı olarak

düşünülmüş olabilir. Nitekim Ağaç (2019) da araştırmasında, tarımsal biyoteknoloji konusundaki deneysel uygulamaların daha etkili bir öğrenme sağladığını tespit etmiştir. Yüksek Öğretim Kurumu (YÖK) 2022 yılı Üniversite İstatistik verilerine göre 2022 yılında Türkiye’deki 19 Üniversitede Tarımsal Biyoteknoloji Bölümü olduğu bildirilmektedir (Yüksek Öğretim Kurumu, 2022). Bu durum, tarımsal biyoteknoloji konusunda toplumda daha hızlı ve güvenilir bir bilgi ağının oluşması için, okullarda bu konuların işlenmesi sırasında, sayıları her geçen yıl artan tarımsal biyoteknoloji uzmanlarının bilgilerini aktaracakları konferansların düzenlenmesinin faydalı olabileceğini düşündürmektedir.

Sonuç

Araştırmadan elde edilen sonuçlar, tarımsal biyoteknoloji örnekleri ile olarak biyoloji öğretmenlerinin doku kültürü uygulamalarından alan uzmanları kadar haberdar olmadıklarını göstermektedir. Bununla birlikte, biyoloji öğretmenlerin alan uzmanlarında var olmayan, olumsuz tutum yaratabilecek düzeyde eksik örnek/uygulama bilgilerine sahip oldukları ve bunun tarımsal biyoteknolojiyi derslerinde olumsuz görüşlerle yansıtmayı getirebilecek bir risk oluşturduğu da söylenebilir. Ayrıca, Türkiye’de neden tarımsal biyoteknoloji uygulamalarının kullanılması gerektiği hakkında her iki grubun “Tarım Ekonomisine Katkı “ya yönelik görüşlerinin yoğun olduğu, ancak uzmanların daha sıklıkla doku kültürü uygulamalarının kullanılmasından bahsettikleri görülmektedir. Tarımsal biyoteknoloji konusunda toplumun bilgilendirilmesi konusunda ise biyoloji öğretmenlerinin özellikle teorik tarımsal biyoteknoloji eğitimini ifade ettikleri; uzmanların ise konu hakkında geniş bilgisi olan alan uzmanlarıyla verilecek tarımsal biyoteknoloji eğitiminin daha anlamlı olacağına dair güçlü vurguları olduğu görülmektedir. Tarımsal üretimin verimli, kesintisiz ve sürdürülebilir olarak gerçekleştirilmesinin büyük önem taşıdığı günümüzde, tarımsal biyoteknolojiyle ilgili doğru ve yansız bilgiyle, güçlü olarak eğitilmenin getireceği faydalar açısından dikkatli biçimde ele alınması gerekmektedir.

Öneriler

Çalışmanın sonuçlarına göre, ülkemizde tarımsal biyoteknolojinin gelişimiyle ilgili olarak aşağıdaki öneriler getirilebilir:

- Biyoloji öğretmenlerini tarımsal biyoteknoloji hakkında doğru ve geniş şekilde bilgilendirilmek için ve hizmet içi eğitim programları hazırlanabilir ve hizmet öncesi öğretmen yetiştirme programları yenilenebilir.

- Tarımsal biyoteknoloji alanında daha fazla konu uzmanının eğitim faaliyetlerinde bulunmaları sağlanabilir.
- Öğrencilere, çiftçilere, ailelere tarımsal biyoteknoloji hakkındaki teorik bilgilendirme sağlanabilir.
- Toplumun tarımsal biyoteknoloji konusundaki bilgileri, kitle iletişim araçları ve pratik/saha uygulamaları aracılığıyla arttırılabilir.

Kaynakça

- Açıkgül-Fırat, E., Çavuş, E., Turan-Gürbüz, G., & Öztürk, S. (2021). Biotechnology Literacy Inventory: Development, Validity and Reliability. *Kastamonu Education Journal*, 29(1), 25-36. doi: 10.24106/kefdergi.4155
- Ağaç, H. (2019). *Fen Bilgisi Öğretmen Adaylarının "Tarımsal Biyoteknoloji" Konusundaki Yapılandırılmış Deney Uygulamalarının Bilgi ve Tutumlarına Etkisi*, Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Eğitim Bilimleri Enstitüsü Matematik ve Fen Bilimleri Eğitimi Anabilim Dalı Fen Bilgisi Eğitimi Bilim Dalı Yüksek Lisans Tezi, Çanakkale.
- Arastaman, G., Öztürk Fidan, İ. & Fidan, T. (2018). Nitel araştırmalarda Geçerlik ve Güvenirlik: Kuramsal bir İnceleme, *Yüzüncü Yıl Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 15(1), 37-75.
- Aydın, D. (2012). Dünyada ve Türkiye’de Tarımsal biyoteknolojindeki Gelişmeler Üzerine Karşılaştırmalı Bir Analiz. *Ankara Üniversitesi Biyoteknoloji Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi, Ankara*.
- Barnum, R. S. (2005). *Biotechnology: An Introduction*, 2nd Edition, Thomson/Brooks/Cole Publishing Company, Belmont, CA, ISBN: 0495019275.
- Çetiner, S. (2005). *Türkiye ve Dünyada Tarımsal Biyoteknoloji ve Gıda Güvencesi: Sorunlar ve Öneriler*, (Erişim Tarihi: 25 Ağustos, 2022).
- Darçın, E. S. & Güven, T. (2008). Development of an Attitude Measure Oriented to Biotechnology for the Pre-Service Science Teachers. *Journal of Turkish Science Education*, 5(3)
- Erbaş, H. (2008). *Türkiye’de Biyoteknoloji ve Toplumsal Kesimler: Profesyoneller, Kentsel Tüketiciler ve Köylüler*, Ankara Üniversitesi Biyoteknoloji Enstitüsü Yayınları No: 4, 1. Baskı
- Feng, Z., Zhang, B., Ding, W., Liu, X., Yang, D. L., Wei, P., Cao, F., Zhu, S., Zhang, F., Mao, Y., & Zhu, J. K. (2013). Efficient genome editing in plants using a CRISPR/Cas system. *Cell Research*, 23(10), 1229-1232.
- Güngör, S. S., Çakırlar-Altuntaş, E. & Yılmaz, M. (2022). Çevre Kirliliğinin Tarımsal Üretime Etkilerine İlişkin Öğretmen Adayı Görüşlerinin İncelenmesi. *Uluslararası Güncel Eğitim Araştırmaları Dergisi*, 8(1), 88-105, <https://dergipark.org.tr/tr/pub/intjces/issue/72200/1095987>

- Hüdig, M., Laibach, N., & Hein, A. C. (2022). Genome editing in crop plant research-alignment of expectations and current developments. *Plants*, 11(2), 212.
- Kalkınma Bakanlığı Raporu (2018). On Birinci Kalkınma Planı (2019-2023), *Tarım ve Gıda Rekabetçi Üretim Özel İhtisas Komisyonu Raporu*, Ankara, Türkiye. https://www.sbb.gov.tr/wp-content/uploads/2020/04/Tarim_ve_GidaRekabetci_UretimOzelIhtisasKomisyonuRaporu.pdf
- Kesawat, M. S. & Kumar, B. D. (2009). Molecular markers: it's application in crop improvement. *Journal of Crop Science and Biotechnology*, 12(4), 169-181.
- Malzahn, A., Lowder, L., & Qi, Y. (2017). Plant genome editing with TALEN and CRISPR. *Cell & Bioscience*, 7(1), 1-18.
- Millî Eğitim Bakanlığı (MEB) (1998). *Biyoloji Dersi Öğretim Programı*. <http://ogm.meb.gov.tr/programlar.aspx>
- Miles, M. B. & Huberman, A. M. (1994). *Qualitative Data Analysis: A Source Book of New Methods*, London: SAGE Publications.
- Oz Aydın, S., Sackes, M., Taskın Bedizel, N. R. & Sıcaker, A. (2022). Development of Basic Biotechnology Knowledge Scale (BBKS) with Rasch Measurement Model. *Necatibey Faculty of Education Electronic Journal of Science and Mathematics Education*, 16(2), 354-380. ISSN: 1307-6086
- Özdemir, M. (2010). Nitel Veri Analizi: Sosyal Bilimlerde Yöntembilim Sorunsalı Üzerine Bir Çalışma, *Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 11(1), 323-343.
- Özsensoy, Y., & Kurar, E. (2012). Markör sistemleri ve genetik karakterizasyon çalışmalarında kullanımları. *Journal of Cell and Molecular Biology*, 10(2), 11.
- Sağlam, S. (2014). Türkiye’de Tarımsal Biyoteknoloji Eğitimi. *Türk Bilimsel Derlemeler Dergisi*, (1), 18-24.
- Sıcaker, A. & Öz Aydın, S. (2015). Ortaöğretim Biyoteknoloji ve gen mühendisliği kavramlarının öğrenciler tarafından değerlendirilmesi. *Ondokuz Mayıs Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 34(2), 51-67.
- Singh, M., Jaiswal, U., & Jaiswal, V. S. (2004). In-vitro regeneration and improvement in tropical fruit trees: an assessment. In *Plant Biotechnology and Molecular Markers*. Kluwer Academic Publishers, 228-244
- Şahin, F., Arata, S., Turan, M., Eşitken, A., Sağdıç, O., Kesmen, Z. & Özkan Ünal, E. (2013). Türkiye’de Agro-Biyoteknoloji. *Biyoteknoloji Sektörel İnovasyon Sistemi* (Ed. Kiper, Mahmut), Ankara: Türkiye Teknoloji Geliştirme Vakfı Yayınları, 173- 200.
- Tastan, C., Yaşar, S., Tanyolaç, M., Turgut, K., Şireli, U., Atak, C., Haliloglu, K., Benlioglu, K., Taşkın, K. M., Barlas, N., & Yıldız, G. (2020). CRISPR-of-things: applications and challenges of the most popular gene editing tool in the fields of health, agriculture and environment. *International Journal Of Innovative Approaches In Science Research*, 4(4) 153-190.

- Tepe, B. (2022). *Bitki Biyoteknolojisi*, <http://bektastepe.net/course-slides/10-bitki-biyoteknolojisi.pdf>, (Erişim Tarihi: 2 Temmuz 2022)
- Uysal, H. (2022). *Biyoteknolojide Bitki Hücre Doku Kültürleri*, Adnan Menderes Üniversitesi, Tarımsal Biyoteknoloji Bölümü Ders Notları, <https://Docplayer.Biz.Tr/4443926-Evde-Biyoteknoloji-Yrd-Doc-Dr-Huseyin-Uysal-Adnan-Menderes-Universitesi-Tarimsal-Biyoteknoloji-Bolumu-6-Ders.Html>, (Erişim Tarihi: 27 Ağustos, 2022)
- Yamaner, Ç. (2022). *Bitkilerde Mikroüretim*. Adnan Menderes Üniversitesi, Tarımsal Biyoteknoloji Bölümü Ders Notları, <https://docplayer.biz.tr/5363206-Tarimsal-biyoteknolojiye-giris.html>, (Erişim Tarihi: 27 Ağustos, 2022)
- Tarfin Tarım Anonim Şirketi (2022). Hibrit tohum nedir? www.tarfin.com/blog/hibrit-tohum-nedirtarfin.com/blog/hibrit-tohum-nedir? (Erişim Tarihi: 21 Ağustos 2022)
- Biyogüvenlik Yasası, (2010). <https://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2010/03/20100326-7.htm> (Erişim Tarihi: 25 Ağustos 2022)
- Yüksek Öğretim Kurumu (YÖK) (2022). İstatistik Verileri, <https://istatistik.yok.gov.tr/> (Erişim Tarihi: 01 Ekim 2022)
- Urnov, F. D. (2018). Genome Editing B.C. (Before CRISPR): Lasting Lessons from the ‘‘Old Testament’’. *The CRISPR Journal*, 1(1),34-46. DOI: 10.1089/crispr.2018.29007.fyu
- Wang, M. & Ha, Y. (2007). An electrochemical approach to monitor pH change in agar media during plant tissue culture. *Biosensors and bioelectronics*, 22(11), 2718-2723.
- Wolt, J. D., Wang, K., & Yang, B. (2016). The regulatory status of genome-edited crops. *Plant Biotechnology Journal*, 14(2), 510-518.
- Yali, W. (2022). Molecular Markers: Their Importance, Types, and Applications in Modern Agriculture. *Agriculture, Forestry and Fisheries*. Vol. 11, No. 1, 2022, pp. 8-14. doi: 10.11648/j.aff.20221101.12
- Yavuz, H. A. (2013). *Türkiye’de Tarımsal Biyoteknoloji İnovasyon Sistemi*, Marmara Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü İktisat Anabilim Dalı Uluslararası İktisat Bilim Dalı Yüksek Lisans Tezi, İstanbul.
- Yıldırım, A. & Şimşek, H. (2011). *Sosyal Bilimlerde Nitel Araştırma Yöntemleri*. (6. Baskı). Ankara: Seçkin.