***ÜZÜMSÜ MEYVE YETIŞTIRICILIĞINDE NANOMATERYALLERIN KULLANIMI***

***Sevinç ŞENER1\****

*1Akdeniz Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bahçe Bitkileri Bölümü*

*\*ssener@akdeniz.edu.tr*

***Özet***

*Nanoteknoloji 1 ile 100 nm arasında değişen boyutlardaki malzemelerin kullanıldığı disiplinler arası bir araştırma alanıdır. Nanoteknolojinin tarımsal üretimde kullanılması ise henüz yaygınlaşmamış ancak dikkat çeken konuların başında gelmektedir. Artan dünya nüfusunun gıda talebini karşılamak için tarımsal verimliliği arttırabilecek sürdürülebilir, çevreye duyarlı ve yenilikçi yöntemlere ihtiyaç duyulmaktadır. Maddenin fiziksel ve kimyasal özelliklerinin moleküler seviyelerde manipüle edilmesi sonucu elde edilen nanomateryaller bitkisel üretimde ürünlerin verimliliğini ve performansını iyileştirmek için kullanılabilmektedir. Nanoteknolojinin tarımda kullanımının önde gelen araştırma alanları arasında, toprak ve su kaynaklarının kontaminasyonunu azaltmak, nanopestisitleri ve nanogübreleri geliştirmek yer almaktadır. Nanomateryaller tarım sektöründe hastalık ve zararlılara karşı kullanılan sentetik kimyasalların ve gübrelerin kullanım miktarını azaltmak, gıda kalitesini ve güvenliğini artırmak, topraktan nano ölçekli besin maddelerinin alımını arttırabilmek gibi özellikleriyle dikkat çekmektedir. Nanomateryaller boyut, kompozisyon, konsantrasyon düzeyleri, fiziksel ve kimyasal özelliklerine bağlı olarak, bitki büyüme ve gelişmesini arttırabilmekte bunun yanı sıra çevre kirliliğini önlemede konvansiyonel ürünlere kıyasla çok daha etkili olabilmektedir. Yüksek bitkilerde nanomateryallerin etkinliğini araştıran çalışmalar giderek artmaktadır. Son yıllarda tarımsal ürünlerin performansını arttırmak için piyasada da yer almaya başlayan nanomateryallerle ilgili özellikle ülkemizde yaygın ve yeterli bilgi bulunmamaktadır. İnsan sağlığı açısından önemli pozitif etkilere sahip olan, dünyada ve Türkiye’de yüksek oranda ticari yetiştiriciliği yapılan üzümsü meyvelerin sürdürülebilir yetiştiriciliği önem arz etmektedir. Bu çalışmada sürdürülebilir üzümsü meyve yetiştiriciliğinde biyotik ve abiyotik stres faktörlerinin olumsuz etkileriyle baş etmek için kullanılabilecek, yeni nesil alternatif materyal olarak kabul edilen nanomateryallerin potansiyel kullanımı ve etkinliği ile ilgili bilgi vermek amaçlanmıştır.*

***Anahtar Kelimeler:*** *Sürdürülebilir tarım, Nanomateryal, Üzümsü meyveler*

***Use of Nanomaterials in Cultivation of Berries***

***Abstract***

*Nanotechnology is an interdisciplinary research field using materials having size range between 1 and 100 nm. The use of nanotechnology in agricultural production has not yet become widespread, but it is one of the most striking issues. In order to meet the food demand of the increasing world population, sustainable, environmentally sensitive and innovative methods that can increase productivity in agriculture are needed. Nanomaterials obtained as a result of manipulating physical as well as chemical properties of a substance at molecular levels can be used to improve the productivity and performance of products in crop production. Among the leading research areas of the use of nanotechnology in agriculture are reducing contamination of soil and water resources, developing nano pesticides and nano fertilizers. Nanomaterials attract attention with their features such as reducing the amount of use of synthetic chemicals and fertilizers used against diseases and pests in the agricultural sector, increasing food quality and safety, and increasing the intake of nanoscale nutrients from the soil. Nanomaterials come into prominence with their features such as reducing the amount of use of synthetic pesticides used against pest and disease and fertilizers in the agricultural sector, increasing food quality and safety, and increasing the intake of nanoscale nutrients from the soil. Nanomaterials, depending on their size, composition, concentration levels, physical and chemical properties, can increase plant growth and development, as well as be much more effective than conventional products in preventing environmental pollution. Studies investigating the effectiveness of nanomaterials in higher plants are increasing gradually. There is no widespread and sufficient information about nanomaterials, which have started to take place in the market in order to increase the performance of agricultural products in recent years, especially in our country. Sustainable berries cultivation is important because of their positive effects on human health and high proportion of commercial farming in the world and Turkey. In this study, it is aimed to give information about the potential use and effectiveness of nanomaterials which are considered as new generation alternative materials that can be used to cope with the negative effects of biotic and abiotic stress factors in sustainable berry growing.*

***Keywords:*** *Sustainable agriculture, Nanomaterial, Berries*

1. **GİRİŞ**

*Rosaceae* (çilek, ahududu, böğürtlen) ve *Ericaceae* (yaban mersini, kızılcık) gibi birkaç familyalardan türleri içeren üzümsü meyveler küçük büyük herkes tarafından dört mevsim sevilerek tüketilen, sağlık açısından faydalı yumuşak kokulu meyveleri içermektedir. Dünyada, özellikle Amerika Birleşik Devletleri ile bazı Avrupa ülkelerinde geniş alanlarda yetiştirilen ve değerlendirilen üzümsü meyveler ülkemizde çok yeni bir konudur. Böğürtlen, maviyemiş ve kocayemiş gibi birçok üzümsü meyve türü ülkemizin farklı bölgelerinde doğal olarak yetişebilmekte taze sofralık tüketimlerinin yanı sıra zengin aromaları nedeniyle süt ürünleri endüstrisi, dondurma sanayi, pasta ve içki sanayiinde, şekerleme, püre, pekmez, marmelat, reçel, meyve suyu gibi şekillerde taze, dondurulmuş veya işlenmiş olarak da kullanılabilmektedir (Beattie ve diğ., 2005).

Tüm dünyada tarımsal üretimde ve ticaretinde önemli bir yeri olan üzümsü meyvelerin ülkemizdeki üretim ve verimlilik değerleri ne yazık ki istenilen seviyede değildir. Yüksek bir ticari değeri olan bu ürünlerin kalitesinin arttırılması önem taşımaktadır. Ekonomik değeri yüksek, üretim sezonu uzun olan ve gıda sanayiinde çok farklı şekillerde değerlendirilebilen üzümsü meyvelerin verim ve kalitesinin arttırılmasına yönelik yenilikçi, uygulanabilir tekniklere ihtiyaç duyulmaktadır. Bu nedenle standart bir üretim sağlayabilecek yeni tekniklerin ve uygulamaların ortaya konması özelikle meyve kalitesi açısından önem arz etmektedir. Yüksek verim elde edilmesinde bitkilerin küresel iklim değişikliklerinin sebep olduğu ve etkileri hızla artarak hissedilen, abiyotik stres koşullarına tolerans geliştirmesine olanak tanıyan yetiştiricilik tekniklerinin yanı sıra uygulanan preparatlarında etkili olduğu bilinen bir gerçektir. Bu çalışmada sürdürülebilir üzümsü meyve yetiştiriciliğinde biyotik ve abiyotik stres faktörlerinin olumsuz etkileriyle baş etmek için kullanılabilecek, yeni nesil alternatif materyal olarak kabul edilen nanomateryallerin potansiyel kullanımı ve etkinliği ile ilgili bilgi vermek amaçlanmıştır.

* 1. **Üzümsü Meyveler**

İnsan sağlığı açısından faydalı bileşiklere sahip olan farklı gıda sektörlerinde kullanım alanı olan ve bu vesileyle ticari öneme sahip olan üzümsü meyveler grubunda yaban mersini (*Vaccinium myrtillus*), böğürtlen (*Rubus fruticosus*), siyah frenk üzümü (*Ribes nigrum*), mavi yemiş (*Vaccinium corymbosum*), aronya (*Aronia melanocarpa*), turna yemişi (*Vaccinium macrocarpon*), üzüm (*Vitis vinifera*), ahududu (*Rubus idaeus*) ve çilek (*Fragaria ananassa*) gibi farklı meyve türleri yer almaktadır. Üzümsü meyvelerin fenolik bileşikler, organik asitler, taninler, antosiyaninler ve flavonoidler gibi biyoaktif bileşikleri içermesi bu meyvelere olan ilgiyi arttırmıştır (Çağlar ve Demirci, 2018). Türkiye sahip olduğu farklı iklim koşulları nedeniyle üzümsü meyvelerin yabani türlerinin neredeyse tamamını ülkemizin farklı bölgelerinde görmek mümkündür. Üzümsü meyvelerin kültür formlarından ise çilek, ahududu, böğürtlen, dut gibi meyvelerin yetiştiriciliklerinin ön planda olduğu görülmektedir. Ülkemizde üzümsü meyveler grubundan en çok çilek ve dut yetiştiriciliği ilgi görmüş ve diğer meyve türlerine göre ön plana çıkmıştır. Türkiye’de yetiştiriciliği yapılan üzümsü meyveler arasında ilk sıraları en yüksek üretim değeriyle çilek (486 705 ton) ve dut (69 317 ton) almaktadır (TÜİK, 2021).

Üzümsü meyveler grubunda yer alan çilek botanik olarak sınıflandırıldığında *Rosales* takımının *Rosaceae* familyası, *Rosoideae* alt familyası ve *Fragaria* cinsine girer. Dünya geneline yayılmış çok fazla çilek türü vardır. Çeşitli melezleri ve kültür formları da bulunur. Yaygın olarak yetiştiriciliği yapılan çilek türü *Fragaria x ananassa* Duch. Dır (Hummer ve Janick, 2009). Çilek dünyanın pek çok ülkesinde farklı agro-klimatik koşullarda yetiştirilebilen ve fazla miktarlarda tüketilen bir üzümsü meyve türüdür. Dünyada 2019 yılı itibarı ile 3 960 bin da alanda çilek yetiştiriciliği yapılmakta ve toplam çilek üretiminin 8.8 milyon ton olduğu belirtilmektedir. Dünya çapındaki çilek üretiminin 160 090 da alanda 486 705 ton olarak Türkiye tarafından karşılanmaktadır. Türkiye bu değerle dünyanın 5. çilek üreticisi konumundadır. Ülkemizdeki ortalama verim ise 3.02 ton/da’dır. Toplam üretim bakımından dünyanın önde gelen ülkeleri arasında olan Türkiye’nin ortalama verimi ise birçok üretici ülkenin gerisinde yer almaktadır. Bitkisel ürünlerin verimlilikleri bitkilerin genetik potansiyeli, yetiştirme koşulları, hastalık zararlılarla mücadele oranı, iklim ve toprak koşulları ile ilgilidir. Türkiye’de genellikle yetiştirilen çilek çeşitleri, dünyanın birçok ülkesinde olduğu gibi, Amerika Birleşik Devletleri menşeilidir. Ancak ülkemizde benzer çeşitlerle üretim yapan birçok ülkenin aksine ortalama verim düşüktür. İklim ve toprak koşulları irdelendiğinde ise, Türkiye’nin yetiştiricilik yapılan Akdeniz ve Ege sahil bölgelerinin iklim özellikleri bakımından çilek yetiştiriciliği için uygun olduğu bilinmektedir. Bunun yanı sıra ülkemizde, çilek yetiştiriciliğinin olumsuz iklim koşullarından etkilenmemesi için yüksek oranda örtüaltı üretim yapılmaktadır. Türkiye’deki örtüaltı meyve yetiştiriciliğinin %88,39’luk bir oranı Akdeniz Bölgesinde gerçekleştirilmektedir. Örtüaltı yetiştiriciliğinde sebze ve çiçeklerden sonra üçüncü sırada meyveler yer almakta ve meyvelerden ise en çok muz ile çilek yetiştirilmektedir. Örneğin Antalya ili 43 647 ton’luk bir üretim miktarıyla Türkiye çilek üretiminin %10,51’lik bir kısmını karşılamaktadır. Antalya ilinde yetiştirilen çileğin %97,56 gibi önemli bir oranı ise örtüaltı yetiştiriciliğinden elde edilmektedir (TÜİK, 2016).

Dut (*Morus* spp.), *Urticales* takımının *Moraceae* familyasının *Morus* cinsine girmektedir. Farklı iklim ve toprak koşullarına adapte olabilen, tropik ve subtropik iklim bölgelerinde yetiştirilebilen bu bitki Anadolu’nun anavatanı olması sebebiyle de ülkemizin pek çok bölgesinde yabani ve kültür formlarında bulunmaktadır (Erdoğan ve Pırlak, 2005). Dut pekmez, reçel, pestil, dut ezmesi, dondurma imalatı, cevizli sucuk, sirke, meyve suyu konsantresi gibi farklı şekillerde değerlendirilebilen meyvelerinin yanı sıra yüksek ekonomik değere sahip kerestesi ile de önem taşıyan bir meyve türüdür. Ayrıca dut yaprakları ipek böcekciliği açısından da önem taşımaktadır.

Üzümsü meyveler grubunda yer alan diğer bazı meyve türleri ise böğürtlen, ahududu, maviyemiş, aronya ve kocayemişdir. Böğürtlen ve ahududu *Rosaceae* familyasının *Rubus* cinsinde yer almaktadır. Bu cins içerisinde bulunan 12 adet alt cinsten *Eabatus* ve *Idaebatus* alt cinsleri ve bunlara giren türler önem taşımaktadır (Hummer ve Janick, 2009). Üzümsü meyvelerden olan böğürtlen, insan sağlığına olan faydasından dolayı tüketimi tavsiye edilen, yumuşak etli, sulu, yenebilen meyveleri olan ve küçük büyük herkes tarafından sevilerek tüketilen, süt ve yoğurt, dondurma, pasta, meyve suyu, alkol ve meyve kurutma sanayi tarafından değerlendirilebilen ekonomik değeri yüksek meyve türleridir.

Günümüzde üzümsü yetiştiriciliğinin önem kazanmasında en önemli etkenlerden biri de insan sağlığı açısından faydalı bileşikleri içermesi, farklı tüketim şekillerinin bulunması gibi özellikleridir. Yapılan birçok araştırmada sağlığın korunması ve hastalıkların önlenmesinde meyve ve sebzelerin oldukça önemli rollerinin önemli olduğu bu etkinin ise genellikle gıdaların içerdiği antioksidan maddelerle ilişkili olduğu bildirilmektedir. Birçok meyve ve sebze türüne göre sahip oldukları kırmızı-mavi-mor renklerden ötürü üzümsü meyvelerin antioksidan kapasitelerinin bunun ilişki olarak da fenolik madde ve antosiyanin içeriklerinin yüksek olduğu saptanmıştır (Beattie ve diğ., 2005).

1. **NANOTEKNOLOJİ**

Artan dünya nüfusunun gıda talebinin karşılamak amacıyla son 20 yüzyılda hızla artan çalışmalar geçekleşmiştir. Sentetik kimyasalların keşfi ve tarımsal üretimde kullanılması tarımsal verimliliği hızlı bir şekilde arttırmıştır. Uzun yıllar boyunca yoğun miktarlarda bitkisel ve hayvansal üretimde kullanılan sentetik kimyasallar yıllar içerisinde insan ve çevre sağlığında önemli sorunlara yol açmıştır. Ortaya çıkan problemlerin çözümü için alternatif yetiştirme teknikleri ve materyal arayışı içerisine girilmiştir. Bu arayışlar çerçevesinde dikkat çeken yöntemlerden birisi ise tarımda nanoteknolojinin kullanımı olmuştur. “Nano” kelime olarak, fiziksel bir büyüklüğün milyarda biri boyutuna eşit bir uzunluk birimidir. Boyutları 100 nm’nin altında olan nanopartiküller (NP) maddeler üzerinde ölçme, tasarlama, modelleme, düzenleme ve işleme gibi çalışmalarda kullanılmaya başlanmıştır (Nikalje 2015; Çıracı 2005). NP’ler biyoteknoloji, tıp, eczacılık, enerji, havacılık, elektronik, savunma sanayii, kozmetik sanayii, boya ve plastik sanayi ve gıda endüstrisi gibi birçok farklı alanlarda kullanılmaktadır. Bununla birlikte otomotiv sanayii, cam ve seramik sanayii, tekstil ve inşaat sektörlerinde de kullanım alanlarına sahiptir. Nanoteknoloji sektöründe metal oksitler, seramikler, manyetik malzemeler, yarı iletkenler, kuantum noktaları, lipidler, polimerler (sentetik veya doğal), dendrimerler ve emülsiyonlar gibi farklı materyaller nanopartikül yapımında kullanılmaktadır (Puoci ve diğ. 2008). Maddenin çok küçük boyutlara indirgenerek uygulanması kullanılan hammaddenin etkinliğini ve kullanım miktarını azaltmaya olanak tanımaktadır. Nano ölçek düzeyine indirgenen maddelerin, yüzey alanı, katyon değişim kapasitesi, iyon adsorpsiyonu ve kompleksleşme gibi özellikleri makro boyutlu hallerinden farklı olarak iyileştirilmiş olmaktadır. Makro boyutlu partiküllerle karşılaştırıldığında, nanopartiküller, adsorpsiyon ve redoks reaksiyonları gibi işlemler açısından farklı yüzey kompozisyonlarına, farklı tip ve yoğunluklara ve reaktiviteye sahip olabilirler bu durum ise tarımsal kullanım için nanomalzemeleri daha etkili bir hale dönüştürebilir (Mukhopadhyay, 2014).

Nanoteknolojinin tarım ve gıda endüstrilerine uygulanması da günümüzde dikkat çekmektedir. Tarımda nanoteknolojinin kullanılması, özellikle son 20 yılda, kamu finansmanın etkisi ile de ivme kazanmıştır. Nanoteknoloji, fizik, kimya, ilaç farmakoloji, malzeme bilimi, tıp gibi birçok bilim alanda uzun yıllar farklı şekillerde kullanım alanı bulmuş ve bu alanlardaki etkinliği tarımsal üretim sektörü açısından da umut doğurmuştur. Nanoteknoloji tarımsal üretimde ürün verimliğini arttırmak, toprak kalitesini iyileştirmek, akıllı tarım sistemleri geliştirmek ve bitki büyümesini stimüle etmek amacıyla kullanılabilmektedir. Bu amaçlar doğrultusunda, nanogübreler, nanosensörler, stres toleransını arttırmada kullanılan çeşitli nanopartiküller ve nanopestisitler tarımsal üretim sektöründe yerlerini almışlardır.

* 1. **Nanogübreler**

1970’lerden itibaren uzun yıllar boyunca bitkisel verimliliği arttırmak amacıyla tarımda yüksek miktarlarda amonyum tuzları, üre ve nitrat veya fosfat bileşikleri formundaki sentetik gübreler kullanılmış, gıda üretimi önemli ölçüde artırılmış ancak kullanılan bu kimyasallar toprak mikroflorası üzerinde olumsuz etkilere yol açmıştır. 1988 deki 78 milyon ton olan dünyadaki sentetik azotlu gübre kullanımı 30 yıl içerisinde % 37 artarak 108 657 995.07 tona ulaşmıştır (FAO, 2021). Bitkisel üretimde çok yüksek oranlarda uygulanan gübrelerin bitkiler tarafından kullanım oranı ise ne yazık ki çoğu zaman uygulanan miktarın yarısından dahi daha azdır. Bitkilerin kullanmadığı gübreler ise yağmur suyu, yüzey suları ile genellikle toprakta veya sularda kirlilik meydana getirmektedir (Liu ve Lal, 2015). Tüm nedenlerden dolayı sadece ürünlerin verimliliğini ve kalitesini artırmak için değil, aynı zamanda üretiminde sürdürülebilirliği artırmak için yavaş/kontrol salımlı gübrelerin geliştirilmesi önem taşımaktadır (Zulfiqar ve diğ, 2019). Örneğin, geleneksel formülizasyonuna (ZnSO4) göre ZnONP’ler küçük boyutları, kolay çözünürlükleri gibi özellikleri nedeniyle bitki tarafından daha hızlı ve kolay bir şekilde absorbe edilebilmektedirler (Prasad ve diğ., 2012).

Bitki besin gereksinimlerine bağlı olarak, nanogübreler makronanogübre, mikronanogübre, ve nanopartikül gübre olmak üzere 3 farklı katagoride incelenebilmektedir. Makronanogübreleri, kimyasal olarak bir veya daha fazla makro besin elementinden (örn., N, P, K, Mg ve Ca) oluşmakta ve bu temel makro besinlerin bitkiler tarafından kullanılmasına olanak sağlamaktadır. Bitki mikro besinleri arasında ise demir (Fe), manganez (Mn), çinko (Zn), bakır (Cu) ve molibden (Mo) bulunmaktadır (Chhipa, 2017). Nanogübrelerin geliştirilmesi ve uygulanması henüz çok yeni bir konu olduğundan, tarla koşullarında mikronanogübrelerin uygulanmasının etkileri ve avantajları sınırlı sayıda çalışma bulunmaktadır. N, P, K, Cu, Fe, Mn, Mo, Zn ve karbon nanotüpler dahil olmak üzere farklı nanogübrelerin kullanımının etkinliği bazı çalışmalarda bildirilmiştir (Solanki ve diğ., 2016).

Delfani ve diğ. (2014), börülcede (*Vigna unguiculata*) Mg-NP ve Fe-NP solüsyonlarının yapraktan uygulamasının etkinliğini araştırmış ve çalışma sonucunda 0.5 g L−1 Mg-NP ve Fe-NP kombinasyonunun 1000 tohum ağırlığını arttırdığını gözlemlemiştir. Fe-NP’lerinin soya fasulyesinin klorofil içeriği üzerindeki etkisinin, fotosentez reaksiyonlarının farklı aşamalarında hem biyokimyasal hem de enzimatik verim üzerinde etkili olabileceği bildirmektedir (Ghafariyan ve diğ., 2013). Kumar ve diğ. (2017), farklı demir oksit ve çinko oksit nanopartikül konsantrasyonlarının çilek (*FragariaXAnanassa* duch.) bitkisinin büyüme gelişme ve verimine etkisini araştırmışlar ve çalışma sonunda, çinko oksit ve demir oksit NP’lerinin 150 ppm kombine uygulamasının bitki büyüme gelişme ve verim üzerine önemli düzeyde etki ettiğini bildirmişlerdir.

* 1. **Nanopestisitler**

FAO verilerine göre 1998 yılında 2,9 milyon ton olan dünya çapındaki pestisit kullanımı 2008 yılında 3,8 milyon tona, 2018 yılında ise 4,1 milyon tona ulaşmıştır (FAO, 2021). Yüksek miktarlarda ve kurallara uyulmadan yapılan pestisit uygulamaları dünyanın bir çok bölgesinde doğal dengenin bozulmasına, toprak, hava, su kirliliklerine, yaban hayatında olumsuz etkilere ve tür çeşitliliğin azalmasına aynı zamanda insan sağlığında bozulmalara yol açmıştır. Entegre mücadele veya konvansiyonel mücadele yöntemleri içerisinde kullanılan sentetik kimyasallar, toprağın farklı düzeylerine ulaşmakta ve toprak mikroorganizmalarının popülasyonlarını düşürebilmektedir. Bu durum ise toprakların yıldan yıla verimliliğinin azalmasına sebep olmaktadır (Ragaei ve Sabry, 2014). Nano teknoloji kapsamında üretilen nanopestisitler ise bu tablonun olumsuz etkilerinin azaltılabilmesi açısından umut verici olarak görülmektedir (Nowack, 2009). Son yıllarda polimer bazlı formülasyonlar, inorganik nanopartiküller (örneğin silika, titanyum dioksit) ve nanoemülsiyonlar içeren formülasyonlar nanopestisit araştırma ve uygulamaları açısından ön plana çıkmaktadır.

Yapılan bazı çalışmalarda özellikle metal NP’lerinin çeşiti bitki hastalık ve zararlı etmenlerine karşı etkili olduğu bildirilmektedir. Silikadan elde edilen nano-silika, fizyosorpsiyon ile kütikül lipidleri içine emilir ve böylece yapraklara ve gövde yüzeyine uygulandığında sadece fiziksel yollarla böceklerin ölümüne neden olur. Hidrofobik nano-silika (∼3–5 nm), tarımsal ürünlerde zararlı olan bazı böcekler ve veterinerlik açısından önem taşıyan hayvan ektoparazitlerini kontrol etmek için başarılı bir şekilde kullanılabilir (Ulrichs ve diğ., 2005).

Dünyada bitkisel üretimde bilhassa fungal hastalıkların kontrol edilmesi amacıyla kullanılan bakır (Cu) piyasada nanopestisit formülizasyonunda [Cu(OH)2] ticari olarak bulunmakta ve tarımda kullanılmaktadır (Li ve diğ, 2019). Gümüş nanoparçacıkların elde edilen nanopestisit formülleri (Ag), *Biploaris sorokinniana*, *Botrytis cinerea, Colletotrichum gloeosporioides, Fusarium culmorum, Phythium ultimum, Phoma, Megnaporthe grisea, Trichoderma* sp. *Scalerotinia sclerotiorum Sphaerotheca pannasa* ve *Rhizoctonia solani* gibi fitopatojenlere karşı geniş spektrumlu bir etki göstermektedir (Chhipa, 2017). Luksiene ve diğ. (2020), çilekte görülen fungal hastalıklar üzerine ZnO NP’lerinin etkinliğini araştırmış ve çalışma sonunda, *in vitro* şartlarda bu NP’nin yüksek antifungal etki gösterdiğini, açıkta yetiştiricilikte verimi önemli düzeyde arttırdığını, hasat sonrası meyvelerde fungal hastalık gelişiminin geciktiğini, bu NP’nin ticari fungusitlere alternatif olabileceğini bildirmişlerdir. Mekawy (2021) Potasyum Nano kitosanın yapraktan ve topraktan uygulamasının Flame çekirdeksiz üzümlerinin büyüme, verim ve tane kalitesi üzerindeki etkisini araştırmış ve çalışma sonunda; kitosan ile yapılan yaprak uygulamalarının vejetatif büyümeyi (sürgün çapı ve yaprak alanı) önemli ölçüde arttırdığını, nano kitosan Potasyum gübresinin aynı şekilde yapraktan uygulanmasının, verimi ve meyve kalitesini önemli ölçüde artırdığını, potasyum Nano kitosan'ın potasyum sülfat uygulamaları ile birlikte yapraktan uygulanmasının ise, asma yapraklarının yaprak sapındaki N ve K içeriğini kontrole göre önemli ölçüde arttırdığını bildirmiştir. Hashim ve diğ. (2019), silika, kitosan ve bakır NP’lerinin in vitro ve in vivo koşullarda sofralık üzümlerde sorun olan *Botrytis cinerea*'ya karşı etkinliğini araştırmışlardır. Araştırmacılar çalışma sonucunda kitosan ve silika NP'lerin, hif büyümesinin inhibisyonuna ve / veya hücre duvarı bozulmasına neden olduğunu bildirmişlerdir. Kitosan ve silika NP konsantrasyonun, DNA bütünlüğünü etkilediğini, kitosan veya silika NP'lerin tek bir uygulamasının sofralık üzümlerin gri küfünü azaltmayı başardığını ve bu hastalığın mücadelesinde silika ve kitosan NP'lerin önerilebileceğini bildirmişlerdir.

* 1. **Bitkilerde Stres Toleransını Arttırmada Kullanılan Nanopartiküller**

Çilek, üzüm, mango, nar ve hurma gibi birçok bahçe bitkileri ürününde nanogübreler ile yapılan gübreleme ürünlerin verim ve kalitesini arttırabildiği gibi tuzluluk ve alkalilik gibi abiyotik faktörlerin neden olduğu stresin zararlı etkilerinin azaltılmasına katkı sunabilmektedir (Zahedi ve diğ., 2020a; Dehghanipoodeh ve diğ., 2016). Qin ve Tian (2009), silisyumun (Si), bitkilerin savunma sistemini aktive ederek ve antioksidan görevi gören fenolik bileşikler üreterek bitkileri tüm streslerden korumada faydalı olduğunu öne sürmüşlerdir. Örneğin bir metaloid olan silikon (Si) kuraklık stresinde bitki büyüme ve gelişmesi üzerine olumlu etkide bulunmuştur (Helaly ve diğ., 2017). Zahedi ve diğ., (2020b) yapmış oldukları çalışmada kuraklık stresi altında SiO2, Se ve Se/SiO2 nanopartiküllerinin çilek bitkileri üzerindeki etkilerini araştırmışlardır. Çalışma sonunda SiO2, Se ve Se/SiO2 nanopartiküllerinin (50 ve 100 mg L-1) içeren solüsyonların, normal ve kuraklık stresi koşullarında (%30, 60, 100) büyüyen çilek bitkilerinin büyüme ve verim parametrelerini iyileştirdiği bildirilmiştir. akbar Mozafari ve diğ. (2018) demir nanopartikülleri ve salisilik asidin (SA) kuraklık stresi altında in vitro koşullarında çilek bitkisi (*Fragaria* × *ananassa*) üzerinde etkilerini araştırdıkları çalışmalarında, kuraklık stresinin olumsuz etkilerini salisilik asidin ortadan kaldırdığını, FeNP’lerle muamele edilen çilek bitkilerinin edilmeyenlere göre kuraklık stresiyle daha fazla mücadele edebildiğini bildirilmişlerdir. Camarosa çilek çeşidinde nano-silika (Si-NP'ler) uygulamasının, terlemeyi, spesifik yaprak alanını ve yaprak sapı uzunluğunu azalttığı ve ayrıca yaprak sayısı ve su kullanım verimliliği gibi farklı özellikleri olumlu yönde etkilediği bildirilmektedir (Dehghanipoodeh ve diğ., 2016).

1. **SONUÇ**

Nanoteknoloji, metrenin milyarda biri ölçeğindeki birimlerde maddelerin fiziksel, kimyasal özelliklerini manipüle edebilme olanağı sağlayan yeni ve popüler bir araştırma alanıdır. Tarımsal üretimde, ürünlerin verimliliklerini arttırmak amacıyla yeni teknolojiler sıklıkla uygulama alanı bulmaktadır. Tarımsal üretimde, geleneksel yöntemlerle üretilen sentetik kimyasalların yerine nanomateryallerin kullanımının çevresel kirliliği azaltabileceği öngörülmektedir. Bu ön görülerin yanı sıra nano gübrelerin bitkiler açısından, besin elementlerinin kullanım etkinliğini arttırabileceği, nanopestisitlerin ise hastalık ve zararlıları önlemede daha etkili olabileceği düşünülmektedir. Konvansiyonel yöntemlerle üretilen sentetik kimyasallara kıyasla çevresel duyarlılığı daha yüksek olan nanopestisitlerin ve nanogübrelerin üretimine ve kullanımına yönelik ilgi her geçen gün artmaktadır.

**KAYNAKLAR**

akbar Mozafari, A., Havas, F., & Ghaderi, N. (2018), Application of iron nanoparticles and salicylic acid in in vitro culture of strawberries (Fragaria× ananassa Duch.) to cope with drought stress. *Plant Cell, Tissue and Organ Culture (PCTOC)*, *132*(3), 511-523.

Beattie, J., Crozier, A., & Duthie, G. G. (2005), Potential health benefits of berries. *Current Nutrition & Food Science*, *1*(1), 71-86.

Chhipa, H. (2017), Nanofertilizers and nanopesticides for agriculture. *Environmental chemistry letters*, *15*(1), 15-22.

Chhipa, H. (2017), Nanofertilizers and nanopesticides for agriculture. *Environmental chemistry letters*, *15*(1), 15-22.

ÇAĞLAR, M., & Demirci, M. (2017), Üzümsü meyvelerde bulunan fenolik bileşikler ve beslenmedeki önemi. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, *7*(11), 18-26.

Çıracı, S., Özbay, E., Gülseren, O., Demir, H. V., Bayındır, M., Oral, A., ... & Dana, A. (2005), Türkiye’de nanoteknoloji. *TÜBİTAK Bilim ve Teknik Dergisi*.

Dehghanipoodeh, S., Ghobadi, C., Baninasab, B., Gheysari, M., & Bidabadi, S. S. (2016), Effects of potassium silicate and nanosilica on quantitative and qualitative characteristics of a commercial strawberry (fragaria× ananassa cv.‘camarosa’). *Journal of Plant Nutrition*, *39*(4), 502-507.

Delfani, M., Baradarn Firouzabadi, M., Farrokhi, N., & Makarian, H. (2014), Some physiological responses of black-eyed pea to iron and magnesium nanofertilizers. *Communications in soil science and plant analysis*, *45*(4), 530-540.

Erdoğan, Ü., & Pırlak, L. (2005), Ükemizde dut (Morus spp.) üretimi ve değerlendirilmesi. *alatarım*, *4*(2), 38-43.

FAO (2021), http://www.fao.org/faostat/en/#data/QA .

Ghafariyan, M. H., Malakouti, M. J., Dadpour, M. R., Stroeve, P., & Mahmoudi, M. (2013), Effects of magnetite nanoparticles on soybean chlorophyll. *Environmental science & technology*, *47*(18), 10645-10652.

Hashim, A. F., Youssef, K., & Abd-Elsalam, K. A. (2019), Ecofriendly nanomaterials for controlling gray mold of table grapes and maintaining postharvest quality. *European Journal of Plant Pathology*, *154*(2), 377-388.

Helaly, M. N., El-Hoseiny, H., El-Sheery, N. I., Rastogi, A., & Kalaji, H. M. (2017), Regulation and physiological role of silicon in alleviating drought stress of mango. *Plant physiology and biochemistry*, *118*, 31-44.

Hummer, K. E., & Janick, J. (2009), Rosaceae: taxonomy, economic importance, genomics. In *Genetics and genomics of Rosaceae* (pp. 1-17), Springer, New York, NY.

Kumar, U. J., Bahadur, V., Prasad, V. M., Mishra, S., & Shukla, P. K. (2017), Effect of different concentrations of iron oxide and zinc oxide nanoparticles on growth and yield of strawberry (Fragaria x ananassa Duch) cv. Chandler. *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*, *6*(8), 2440-2445.

Li, J., Rodrigues, S., Tsyusko, O. V., & Unrine, J. M. (2019), Comparing plant–insect trophic transfer of Cu from lab-synthesised nano-Cu (OH) 2 with a commercial nano-Cu (OH) 2 fungicide formulation. *Environmental Chemistry*, *16*(6), 411-418.

Liu, R., & Lal, R. (2015), Potentials of engineered nanoparticles as fertilizers for increasing agronomic productions. *Science of the total environment*, *514*, 131-139.

Luksiene, Z., Rasiukeviciute, N., Zudyte, B., & Uselis, N. (2020), Innovative approach to sunlight activated biofungicides for strawberry crop protection: ZnO nanoparticles. *Journal of Photochemistry and Photobiology B: Biology*, *203*, 111656.

Mekawy, A. Y. (2021), Effect of Foliar Spraying with Zinc Oxide Nanoparticles on Vegetative Growth and Cluster Development of Flame Seedless Grapevine. *Journal of Plant Production*, *12*(3), 345-351.

Mukhopadhyay, S. S. (2014), Nanotechnology in agriculture: prospects and constraints. *Nanotechnology, science and applications*, *7*, 63.

Nikalje, A. P. (2015), Nanotechnology and its applications in medicine. *Med chem*, *5*(2), 081-089.

Nowack, B. (2009), Is anything out there?: What life cycle perspectives of nano-products can tell us about nanoparticles in the environment. *Nano Today*, *4*(1), 11-12.

Prasad, T. N. V. K. V., Sudhakar, P., Sreenivasulu, Y., Latha, P., Munaswamy, V., Reddy, K. R., ... & Pradeep, T. (2012), Effect of nanoscale zinc oxide particles on the germination, growth and yield of peanut. *Journal of plant nutrition*, *35*(6), 905-927.

Puoci, F., Iemma, F., Spizzirri, U. G., Cirillo, G., Curcio, M., & Picci, N. (2008), Polymer in agriculture: a review. *American Journal of Agricultural and Biological Sciences*, *3*(1), 299-314.

Qin, G. Z., & Tian, S. P. (2005), Enhancement of biocontrol activity of Cryptococcus laurentii by silicon and the possible mechanisms involved. *Phytopathology*, *95*(1), 69-75.

Ragaei, M., & Sabry, A. K. H. (2014), Nanotechnology for insect pest control. *International journal of science, environment and technology*, *3*(2), 528-545.

Solanki, P., Bhargava, A., Chhipa, H., Jain, N., & Panwar, J. (2015), Nano-fertilizers and their smart delivery system. In *Nanotechnologies in food and agriculture* (pp. 81-101). Springer, Cham.

TÜİK, 2016. Türkiye İstatistik Kurumu, İstatistik Veriler. <https://data.tuik.gov.tr/Kategori/GetKategori?p=tarim-111&dil=1>

TÜİK, 2021. Türkiye İstatistik Kurumu, İstatistik Veriler. <https://data.tuik.gov.tr/Kategori/GetKategori?p=tarim-111&dil=1>

Ulrichs, C., Mewis, I., & Goswami, A. (2005), Crop diversification aiming nutritional security in West Bengal: biotechnology of stinging capsules in nature’s water-blooms. *Ann Tech Issue of State Agri Technologists Service Assoc*, 1-18.

Zahedi, S. M., Karimi, M., & Teixeira da Silva, J. A. (2020a), The use of nanotechnology to increase quality and yield of fruit crops. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, *100*(1), 25-31.

Zahedi, S. M., Moharrami, F., Sarikhani, S., & Padervand, M. (2020b), Selenium and silica nanostructure-based recovery of strawberry plants subjected to drought stress. *Scientific reports*, *10*(1), 1-18.

Zulfiqar, F., Navarro, M., Ashraf, M., Akram, N. A., & Munné-Bosch, S. (2019), Nanofertilizer use for sustainable agriculture: advantages and limitations. *Plant Science*, *289*, 110270.