

Laurus nobilis Ekstraktı Kullanılarak Yeşil Sentez Yöntemiyle Üretilen ZnO Nanopartiküllerin Karakterize Edilmesi ve Nanogübre Özellikleri

Nazmi Sedefoğlu¹

Kağan Veryer²

Oğuzhan Ateş³

Yusuf Zalaoglu⁴

Fuat Bozok⁵

Özet

Bu çalışmada Osmaniye ili Fakiuşağı bölgesinde toplanan *Laurus nobilis* bitki yapraklarının özütleri kullanılarak yeşil sentez yoluyla ZnO nanoparçacıkları sentezlenmiş ve farklı konsantrasyonlarda hazırlanarak (0, 62.5, 125, 250 ve 500 ppm) *in vitro* nano gübre kullanım olanakları çeşitli bitki (*Zea mays* (mısır), *Triticum aestivum* (buğday) ve *Vicia sativa* (fiğ)) tohumlarının gelişimleri üzerine etkileri araştırılmıştır. Öğütülmüş *Laurus nobilis* yaprağından 25 g alınıp 500ml dH₂O içerisine konularak 1 saat boyunca 100 °C'de sürekli karıştırılmıştır. Süzülerek elde edilen bitki özütünden 50 ml alınarak üzerine 5 g (CH₃COO)₂Zn 0.2 H₂O ilave edilerek buharlaşmaya kadar sürekli karıştırılarak bekletilmiştir. Pelet kısmı kül fırınında 400, 600 ve 800 °C'lerde ayrı ayrı yakılarak ZnO nanopartikülleri elde edilmiştir. Elde edilen tozlar XRD ve UV-Vis kullanılarak karakterize edilmiştir. Sterile edilen tohumlar içlerinde 2 katlı Whatman No:1 filtre kâğıdı bulunan 9 cm'lik petri kaplarına

1 Dr. Öğr. Üyesi, Osmaniye Korkut Ata Üniversitesi, nazmisedefoglu@osmaniye.edu.tr, 0000-0001-5364-7375

2 Arş. Gör. Osmaniye Korkut Ata Üniversitesi, kaganveryer@osmaniye.edu.tr, 0000-0002-0227-1619

3 Doktora Öğrencisi, Osmaniye Korkut Ata Üniversitesi, oguzhan_ates@hotmail.com, 0000-0001-5729-5872

4 Doç. Dr., Osmaniye Korkut Ata Üniversitesi, yzalaoglu@osmaniye.edu.tr, 0000-0003-2191-8112

5 Doç. Dr., Osmaniye Korkut Ata Üniversitesi, fbozok@osmaniye.edu.tr, 0000-0002-9370-7712

alınarak üzerlerine farklı konsantrasyonlarda ZnO NP'ler ilave edilerek hazırlanan çözeltilerden 10 ml konulup parafilmle kapatılmıştır. Daha sonra petri kapları 8 gün boyunca oda sıcaklığında (25 °C, 12 saat karanlık, 12 saat aydınlık) bekletilmiştir. *L. nobilis* özütü kullanılarak yeşil sentez yöntemiyle elde edilen ZnO nanopartiküllerinin en düşük konsantrasyonlarda (62.5 ve 125 ppm) daha etkili olduğu tespit edilmiştir.

1. Giriş

Küreselleşen dünya ve artan nüfusa bağlı olarak teknoloji tüm insanlar için vazgeçilmezdir. Ayrıca zaman geçtikçe teknolojinin insanların yaşam standartlarını iyileştirme yönünde hızla ilerlediği görülmektedir. Özellikle son yıllarda nano ölçekte (1 ile 100 nm arası) yapılan çalışmalarla ilgilenen ve multidisipliner bir alan olan nanoteknoloji popüler hale gelmiştir (Bhatia vd., 2016; Miller vd., 2004). Ancak nano ölçekli yapılar, yüksek yüzey/hacim oranları, küçük boyutlar, yüksek yüzey enerjileri, kuantum etkisi ve azaltılmış kusurlar gibi özelliklerinden dolayı makro ölçekli yapılara göre daha fazla ilgi görmektedir (Narayanan vd., 2011; Liveri 2006). Özellikle nanoparçacıklar, nano-çubuklar, nano-kristaller, nano-tüpler, nano-teller gibi malzemeler nano ölçekli yapılar arasındadır (Mao vd., 2016). Nanoteknoloji alanındaki araştırmaların hızla artmasıyla boyutları, şekilleri ve morfolojileri nedeniyle mükemmel kimyasal, fiziksel, optik ve mekanik özelliklere sahip nanoparçacıklar elde edilebilmektedir. Ayrıca üstün özelliklere sahip nanoparçacıkların biyomedikal, tıp, gıda, elektronik, kozmetik, tekstil, tarım, sağlık, otomobil endüstrisi, inşaat vb. gibi ekonominin birçok sektöründe uygulamaları bulunmaktadır (Shah vd., 2015; Asmatulu vd., 2013; Kumar vd., 2008; Espitia vd., 2012; Kathirvelu vd., 2009; Li vd., 2005; Ko vd., 2007; Frey vd., 2009; Nair vd., 2010; Pardeike vd., 2009; Prow vd., 2011; Chaloupka vd., 2010]. Bu durum, nanoparçacıkların birçok sektörde daha fazla kullanılması gerekliliğini ortaya koymuştur. Aynı zamanda nanoparçacıkların birçok alanda artan kullanımı ile üretim aşamalarının biyolojik ve çevresel güvenlik açısından dikkatle gözden geçirilmesi kaçınılmaz bir gerçektir. Bilindiği gibi nanoparçacık sentezi için genellikle karmaşık yapıya sahip, maliyetli ve çevreye zarar verme potansiyeli olan kimyasal ve fiziksel yaklaşımlar kullanılmaktadır (Iqbal vd., 2017). Günümüzde bu iki sentez işlemine ek olarak hem çevre dostu hem de toksik kimyasalların kullanımını ortadan kaldıran yeşil sentez yöntemi ile büyük ölçekli nanoparçacık üretimi yapılabilmektedir (Jadoun vd., 2021; Patil vd., 2017; Kumar vd., 2018; El-Borady vd., 2020). Diğer bir deyişle yeşil sentez yöntemi hem biyolojik materyallerin hem de inorganik materyallerin kullanıldığı nanoparçacık sentez süreci olarak tanımlanabilir (Korbekandi vd., 2009; Ishak vd., 2019; Chatterjee vd., 2020; Kharissova

vd., 2013). Bu sentez iřleminde bakteri, mantar, alg, maya, kűf, virűs gibi canlı mikroorganizmalar ve çođunlukla bitkiler kullanılmaktadır (Shukla ve Iravani 2017). Bitki ve canlı mikroorganizmaların ekstraktlarında bulunan aminler, fenolik bileřikler, enzimler, proteinler ve pigmentler gibi molekűllerin, indirgeyici etkileri ile metal tuzlarını indirgeyerek metal iyonlarını metal nanoparçacıklara dűnűřtűrdűkleri ortaya çıkmaktadır (Gour ve Jain 2019; Velusamy vd., 2016; Boroumand vd., 2015). Ayrıca, yüksek verim ve dűřuk maliyete sahip olması, tek adımda basit bir iřlem olması, daha evre dostu olması, daha kararlı nanopartikűller elde etmek ve bűyűk ۆlekli sentez için uygun olması gibi temel avantajları açısından yeřil sentez yۆntemiyle nanoparçacık elde etme sűrecinde bitki ekstraktının kullanımını űstűn kılmaktadır (Sastry vd., 2013; Vijayaraghavan vd., 2017).

Daha ۆnceki çalıřmalara bakıldıđında, farklı bitkiler ve bazı mantar tűrlerinin ۆzűtleri kullanılarak yeřil sentez yۆntemiyle çeřitli metal oksitler sentezlenmiřtir. (Abbasifar vd., 2020; Rafique vd., 2022; Sharma vd., 2022; Sedefođlu vd., 2022). Yeřil sentezlenmiř metal oksit nanopartikűller arasında, ZnO NP'ler, fotokatalitik, antibiyofilm, antidiyabetik, antibakteriyel, antifungal, hemolitik ve katalitik aktiviteler gibi űstűn ۆzelliklerinden dolayı birçok arařtırmacı tarafından sıklıkla arařtırılmaktadır (Dulta vd., 2022; olak vd., 2017; Mane vd., 2021; Rahimi vd., 2020; Meydan vd., 2022; Kurian vd., 2021; Metwally vd., 2022).

Bu çalıřmanın amaçları; (i) *Laurus nobilis* ۆzűtű ile yeřil sentezlenen ZnO NP'leri ۆretmek, (ii) ۆretilen bu naopartikűllerin karakterizasyonunu yapmak ve (iii) ZnO NP'lerin ű farklı bitkinin bűyűmesi ve geliřimi ۆzerine etkisini arařtırmak řeklinde sıralanabilir.

2. MATERYAL VE YۆNTEM

2.1 Materyal

2.1.1 Bitki Materyali

Bu arařtırma kapsamında kullanılan bitki ۆrnekleri Osmaniye ili Faktuřađı bۆlgesinden toplanmıř ve toplanan ۆrneklerin gerekli morfolojik ۆzellikleri ile GPS koordinatları ve deniz seviyesinden yűkseklikleri kaydedilmiřtir. Toplanıp preslenerek kurutulanan bitki ۆrnekleri herbaryum materyali olarak Osmaniye Korkut Ata ۆniversitesi Biyoloji Bۆlűmű'nde saklanmaktadır. "Flora of Turkey and the East Aegean Island" adlı eser kullanılarak bitkiler teřhis edilmiřtir (Davis, 1982). Bitki ۆrneđinin lokalitesi ve ۆzellikleri ařađıda verilmiřtir.

Laurus nobilis L., Osmaniye Korkut Ata Üniversitesi Yerleşkesi, 37°02'313" K, 36°13'206" D, 154 m, 06.01.2022 (Şekil 1). Aromatik, 2-15 m ye kadar boylanabilen herdem yeşil ağaç ya da çalı formunda çift evcikli (dioik, erkek ve dişi çiçekler ayrı ayrı bitkilerde bulunması durumu) bitkiler. Yapraklar 3-10(11) x 2-4(5) cm boyutunda, dar bir şekilde oval-mızraksıdan geniş yumurtamsıya kadar şekillenmekte. Erkek çiçekler 8-12 stamenli, filamentler tabana yakın kısımlarda armutsu salgı tüylerine sahip. Dişi çiçekler steril 4 stamenli. Meyve 10-12(20) mm, küresel, elips şekilli, siyah renkte. Makilik alanlarda, kayalık yamaçlarda vb. yerlerde 1-1200 m ye kadar yüksekliklerde yayılış göstermektedirler (Davis, 1982).



Şekil 1 *Laurus nobilis* bitkisinin genel görüntüsü

2.2 Yöntem

2.2.1 Özütleme

Toplanan bitki örnekleri laboratuvara getirilerek gölgede 7 gün boyunca kurutulmuştur. Kurutulmuş bitki örnekleri bir öğütücü yardımıyla iyice öğütülmüştür. Öğütülen bitki örneğinden 25 g alınıp 500 ml dH₂O içerisine konulduktan sonra 1 saat boyunca 100 °C'de sürekli karıştırılmıştır. Daha sonra oda sıcaklığına gelince kadar soğumaya bırakılmış ve özelti Whatman No:1 kâğıdı ile süzölmüştür. Elde edilen sıvı özüt analizlerde kullanılıncaya kadar +4°C'de buzdolabında saklanmıştır.

2.2.2 ZnO Nanopartiköl Sentezi ve Karakterizasyonu

Elde edilen her bir bitki özütünden 50 ml alınıp üzerine 5 g (CH₃COO)₂Zn 0.2 H₂O (ACS, CAS# 5970-45-6, Merck) ilave edilerek buharlaşıncaya kadar 100 °C'de sürekli karıştırılarak bekletilmıştir. Daha sonra geriye kalan pellet kısmı kül fırınında 400, 600 ve 800 °C'lerde ayrı ayrı yakılarak ZnO nanopartiköllerini elde edilmiştir. Elde edilen tozların karakterizasyonunu yapmak için XRD ve UV-Vis analizleri hizmet almı şeklinde yapılmıştır.

2.2.3 ZnO Nanopartikölünün *In vitro* imlenme Üzerine Etkisi

Farklı sıcaklıklarda yakılarak elde edilen ZnO nanopartiköllerinin farklı konsantrasyonları (0, 62.5, 125, 250 ve 500 ppm) *Zea mays* (mısır), *Triticum aestivum* (buğday) ve *Vicia sativa* (fiğ) tohumlarının çimlenmesi üzerine etkileri araştırılmıştır. Ticari olarak satılan tohumlar Osmaniye ilinde yerel bir satıcıdan temin edilmiştir. Temin edilen tohumların yüzey sterilizasyonu 30 dk boyunca %15'lik sodyum hipoklorit çözeltisinde bekletilerek yapılmıştır. Yüzey sterilizasyonu yapılan tohumlar içerisinde 2 katlı Whatman No:1 filtre kâğıdı bulunan 9 cm'lik petri kaplarına alınarak üzerlerine farklı konsantrasyonlarda ZnO nanopartiköllerini ilave edilerek hazırlanan çözeltilerden 10 ml konulup parafilm ile iyice hava almayacak şekilde kapatılmıştır. Daha sonra petri kapları 8 gün boyunca oda sıcaklığında (25 °C, 12 saat karanlık, 12 saat aydınlık) bekletilmıştir. 8. günün sonunda petri kaplarında çıkarılan fidelerin kök ve gövde uzunlukları ölçölerek not edilmiştir. Yaş ağırlıkları tartılıp not edildikten sonra kuru ağırlıklarını belirlemek için fideler sabit tartıma gelinceye kadar (yaklaşık 48 saat) fırında 50 °C'de bekletilmıştir. Fırından ıkarılan örneklerin tartımı yapılmış ve kuru ağırlıkları belirlenmiştir.

2.2.4 İstatistiksel Analiz

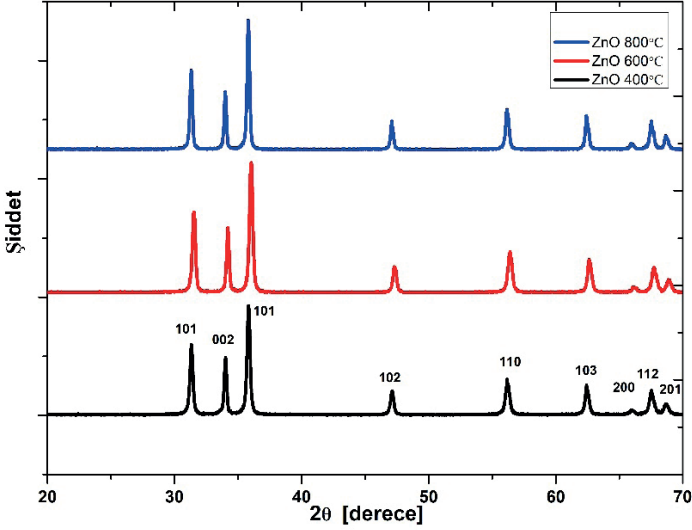
Yeşil sentez yöntemiyle üretilen ZnO NP'lerin test edilen bitkilerin büyüme ve gelişmesini değerlendirmek için SPSS paket programı (Versiyon 18.0, IBM İstatistik, ABD) kullanılmıştır. Sonuçlar tek yönlü varyans analizi (ANOVA) ile Duncan testi uygulanarak yapılmıştır (değerler %95 güven aralığında sunulmuştur).

3. Bulgular ve Tartışma

3.1 XRD

X-ışını difraktometresi metodu kristal olan ya da amorf malzemelerin yapısal ve kristalografik yapısı hakkında detaylı bilgi sağlamak için kullanılan en yaygın yöntemdir. Bitki ekstraktları ile hazırlanan toz ZnO örneklerin x ışını toz kırınım analizleri Rigaku Miniflex XRD ile yapılmış ve bu XRD Cu K α ışınımı ve $\lambda = 1,5418 \text{ \AA}$ dalga boyuna sahip bir lazerle donatılmıştır ayrıca bu ölçümler normal koşullarda tarama açısı $2\theta = 20^\circ - 70^\circ$ aralığında, adım aralığı olan $0,02^\circ$ ile alınmıştır.

Şekil 2'de grafikte XRD pikleri görülmektedir. Numunelerin XRD sonuçları, P63mc uzay grubuna ait hekzagonal vurtzit ZnO yapısında kristalleştiği göstermektedir (PDF 36-1451 ya da ICSD 76641). XRD grafiğinde bütün örneklerin vurtzit yapıda olan (101), (002), (101), (102), (110), (103), (200), (112) ve (201) düzlemlerine atfedilen piklere sahip olduğu görülmüş ve bunların haricinde herhangi bir ikincil faz gözlenmemiştir. Bu sonuçlar üretilen malzemelerin saf fazlı ZnO olduğunu göstermektedir (Kisi ve Elcombe 1989).

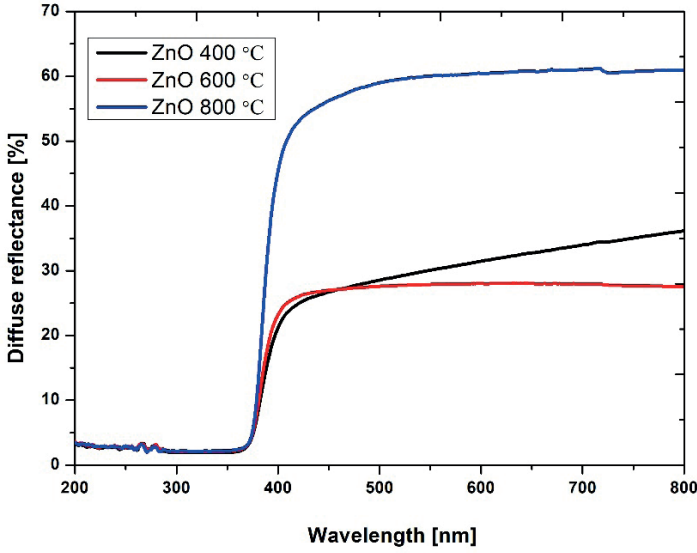


Şekil 2. *Laurus nobilis* ekstraktı ile farklı kalsinasyon sıcaklığında sentezlenen ZnO'larmın $2\theta = 20^\circ - 70^\circ$ XRD desenleri

Ayrıca kalsinasyon sıcaklığının artması ile numunelerin XRD'lerinde piklerin şiddetinde artma olduğunu kristalliliğinin arttığını göstermektedir. Bunun ile birlikte bütün numunelerde 101 pikinin en şiddetli yönelim olduğu görülmüştür ve bu literatür ile uyum içerisindedir (Sadananda kumar ve ark 2013).

3.2 UV-Vis

Örneklerin optik özellikleri Shimadzu UV-3600 Plus UV-vis spektrometresi ile belirlenmiştir. Dalgaboyuna karşı yüzde yansımaya verileri alınan bu ölçümler Şekil 3'te verilmiştir. Örneklerin ölçümleri toz halinde alınmıştır.

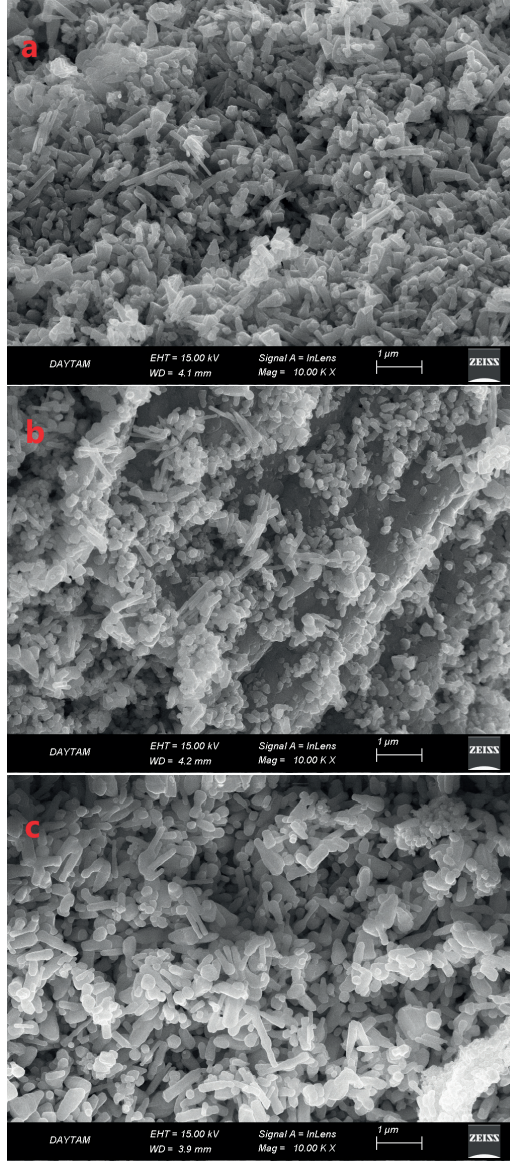


Şekil 3 *Laurus nobilis* ekstraktı ile farklı kalsinasyon sıcaklığında sentezlenen ZnO tozlarının UV-VIS spektrometre ölçümlerinin dalga boyuna karşı % Yayılmaya Yansıma grafikleri

Örneklerin yansımaları 500 nm dalga boyunu geçen değerler için %50'nin üzerinde olduğu görünmekte ve bu değerler literatür değerleri ile uyum içerisindedir. Ayrıca kalsinasyon sıcaklığının azalması ile birlikte yansıma değerinde azalma olduğu gözlemlendi. Bunun yanı sıra bütün kalsinasyon sıcaklıklarında *Laurus nobilis* (Defne) ekstraktı ile hazırlanan örneklerin yansımalarının yüksek olduğu görülmektedir. Bütün örnekler içinde soğurma 370-380 nm civarında başlamıştır. Bu değerler yaklaşık olarak benzer çalışmalarda aynıdır (Tan ve ark 2005, Sedefoglu, 2016).

4.3 SEM Analizi

Örneklerin morfolojik yapısı Zeiss Sigma 300 taramalı elektron mikroskobu (SEM) ile yapılmıştır. Şekil 4'te nano malzemelerin 10000X ile yakınlaştırılan SEM görüntüleri bulunmaktadır.



şekil 4 Laurus nobilis ekstraktı ile farklı kalsinasyon sıcaklığında sentezlenen ZnO tozlarının SEM g6r6nt6leri (a: 400 °C, b: 600 °C, c: 800 °C)

Nanoparçacıkların g6r6nt6lerinde homojen olmayan şekilde dağılan gran6ller g6r6lmektedir. Bu gran6llerin geometrileri bitki ekstraktı ve kalsinasyon sıcaklığı ile değişmiştir. şekil 4 incelendiğinde k6ç6k partik6llerin bir araya gelerek b6y6k partik6ller meydana getirdiği g6zlemlenmiştir. SEM g6r6nt6lerinde yaklaşık 1 μm boyutunda oluşan topaklanmalar ile 1

μm altında büyüklüklerde homojen olmayan bir şekilde üretilen parçacıklar gözlemlenmiştir. Granüllerin yüzeylerinde farklı yönelimler, açılı farklılıkları görülmektedir. Sentezlenen nano malzemelerin kalın çubuklar, küçük parçacıklar ve hegzagonal geometriler şeklinde olduğu görülmektedir.

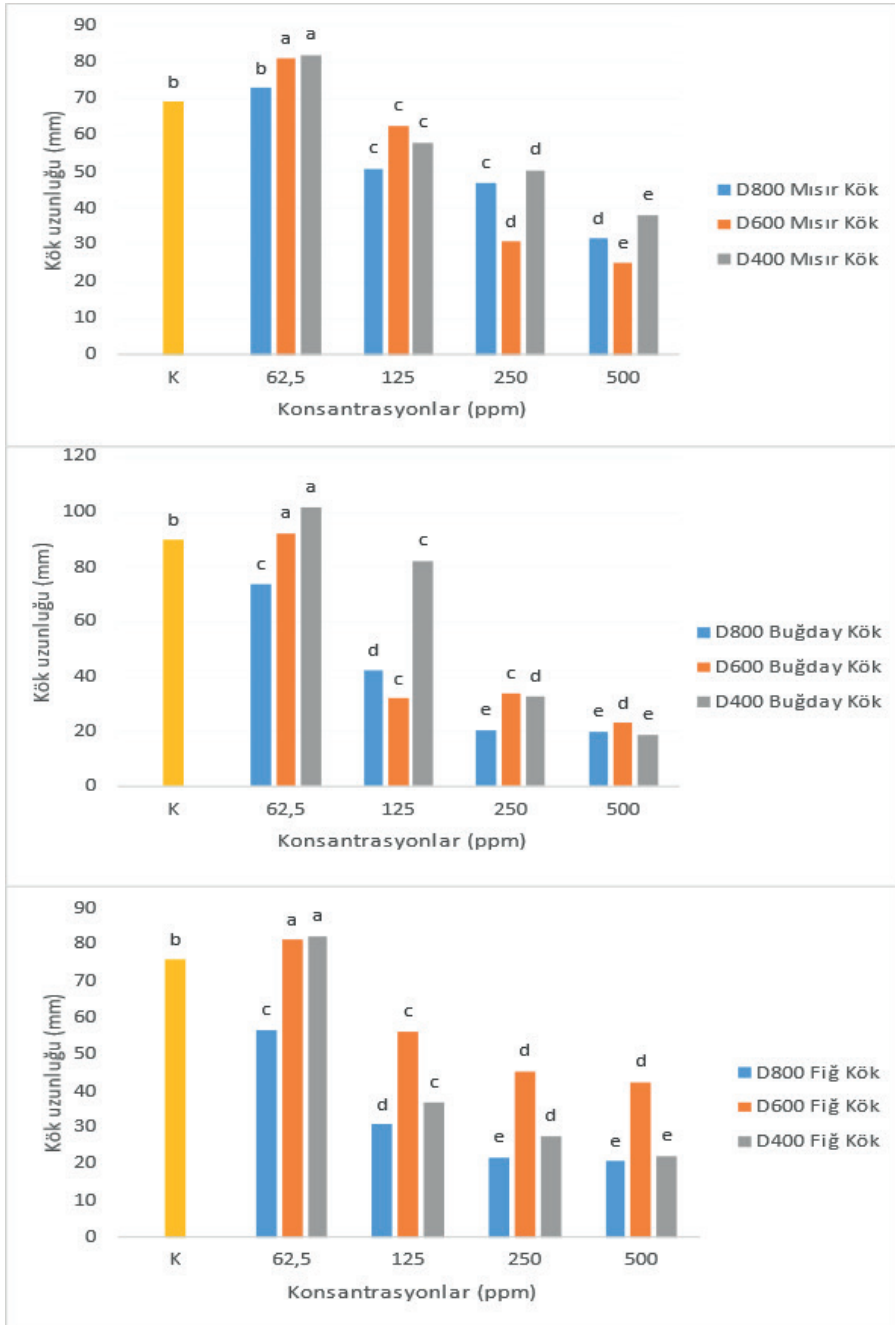
3.4 Tohum Çimlenmesi

Bu araştırma ile *Laurus nobilis* (Defne) bitkisinin özütü elde edilmiş ve elde edilen özütle yeşil sentez yöntemiyle ZnO nanopartikülleri (NP) üretilmiştir. Üretilen nanopartiküllerin farklı konsantrasyonları hazırlanarak (0, 62.5, 125, 250 ve 500 ppm) *in vitro* nano gübre kullanım olanakları çeşitli bitki (*Zea mays* (mısır), *Triticum aestivum* (buğday) ve *Vicia sativa* (fiğ)) tohumlarının gelişimleri üzerine etkileri araştırılmıştır. Her iki bitkinin özütü kullanılarak yeşil sentez yöntemiyle elde edilen ZnO nanopartiküllerinin en düşük konsantrasyonlarda (62.5 ve 125 ppm) daha etkili olduğu tespit edilmiştir (Şekil 5-8).

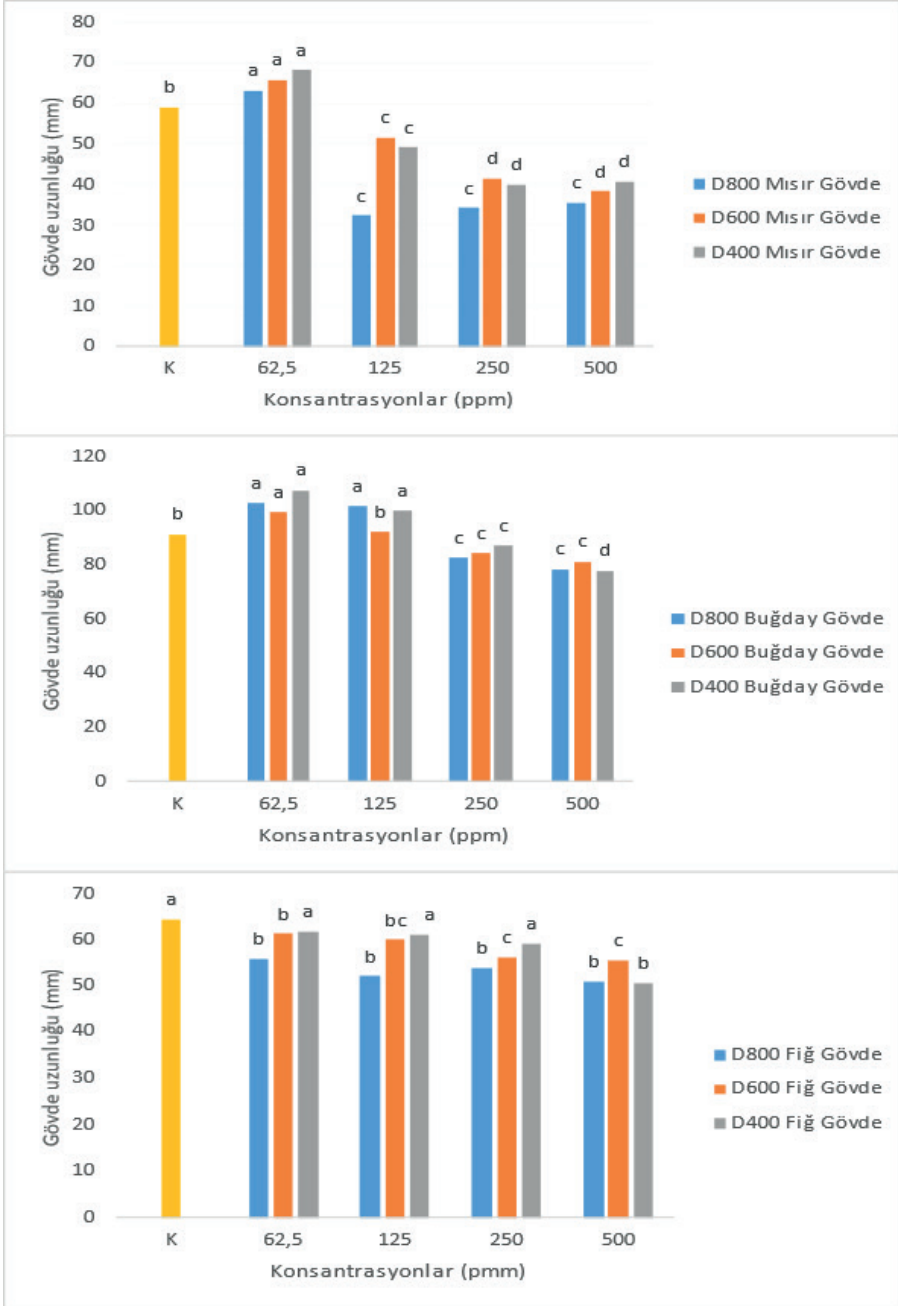
Defne bitkisi özütü kullanılarak ve farklı sıcaklıklarda fırında kalsine edilen ZnO NP'lerin genellikle en düşük konsantrasyonda (62.5 ppm) kontrole göre daha fazla kök uzamasını etkilediği görülmektedir. Bununla birlikte daha yüksek konsantrasyonlarda (125, 250 ve 500 ppm) uygulandığında ise kök uzamasını engelleyici etkiye sahip olduğu tespit edilmiştir. 400, 600 ve 800 °C'lerde ayrı ayrı kalsine edilen ZnO NP'lerin en düşük konsantrasyonda (62.5 ppm) uygulanmasıyla mısır fidelerinin kök uzunluklarını kontrole göre sırasıyla %18, %16 ve %5 oranlarında, gövde uzunluklarını ise %15, %11 ve %6 oranlarında artırdığı belirlenmiştir. 400 ve 600 °C'de kalsinasyonla elde edilen ZnO NP'ler buğday fidelerinin kök uzunluklarını kontrole göre 62.5 ppm konsantrasyonda %13 ve %2 oranlarında artırırken, 800 °C'de kalsine edilen ZnO nanopartikülleri ise %18 oranında azaltmış ve buğday fidelerinin gövde uzunlukları ise %17, %8 ve %12 oranlarında artmıştır. Benzer şekilde, 400 ve 600 °C'lerde kalsinasyonla elde edilen ZnO NP'lerin fiğ fidelerinin kök uzunluklarını %9 ve %7 oranlarında artırırken, 800 °C'de kalsine edilen ZnO NP'nin yaklaşık %25 oranında azalttığı tespit edilmiştir. Bununla birlikte, fiğ fidelerinin gövde uzunlukları ise test edilen bütün konsantrasyonlarda kontrole göre azalmıştır. Yaş ağırlıklara bakıldığında, mısırdaki 600 ve 800 °C'de, buğdayda 400 ve 600 °C'de fiğ bitkisinde ise 400 ve 800 °C'de kontrole göre bir artış gözlenmiştir. Mısır ve buğday bitkilerinin kuru ağırlıkları 800 °C'de kalsine edilen 62.5, 125 ve 250 ppm konsantrasyonlarda kontrole göre artarken, fiğ bitkisinin ise 62.5 ve 125 ppm konsantrasyonlarda artma gözlenmesine rağmen, 250 ppm ve üzeri konsantrasyonlarda azalmıştır.

Bu sonuğlardan yola çıkararak elde edilen ZnO NP'lerin bazı bitkilerin kök uzamalarına etki ederken, bazılarının ise gövde uzamalarına daha çok etki ettiği söylenebilir. Bununla birlikte ileride yapılacak çalışmalarda, elde edilen nanopartiküllerin arazi şartlarında kullanılması, etki mekanizmalarının araştırılması önerilmektedir. Aynı zamanda, ileriki çalışmalarda elde edilecek toz halindeki NP'lerin püskürtme yoluyla saksılarda yetiştirilecek olan çeşitli bitkilerin yapraklarına uygulanması da düşünülmektedir.

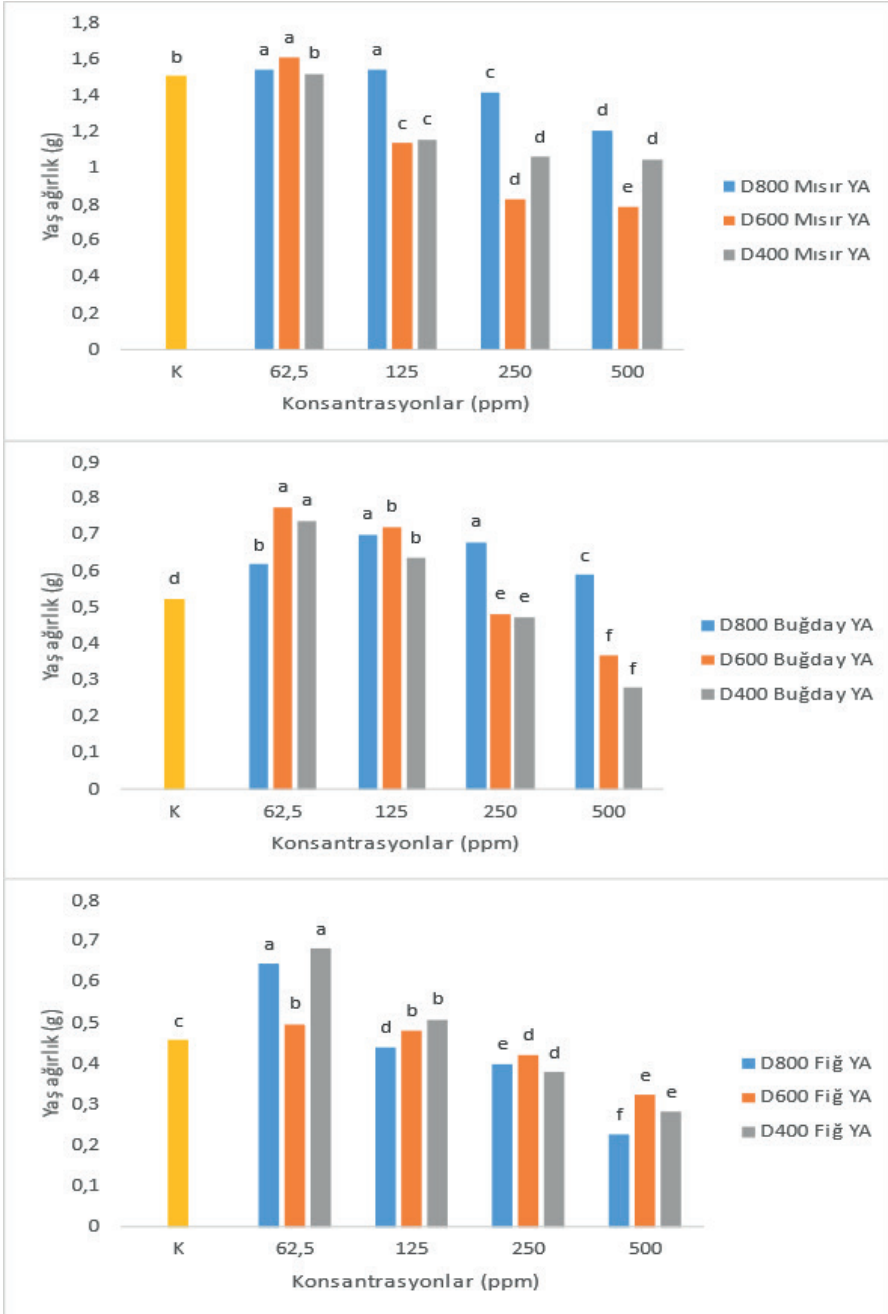
Daha nceki yapılan çalışmalarda, bu çalışma ile benzer sonuçlar elde edenlerle birlikte farklı sonuçlar elde eden araştırmacılar da bulunmaktadır. Ewais vd., (2017) yaptıkları çalışmada, *Ocimum tenuiflorum* zt kullanılarak yeşil sentez yöntemiyle elde ettikleri ZnO nanopartiküllerin farklı konsantrasyonlarının (25, 50, 100 ve 200 ppm) *Phaseolus vulgaris* bitkisinin büyüme ve gelişimi üzerine etkilerini araştırmışlar ve araştırma sonunda, en iyi sonucun 50 ppm Zn+ 100 ppm ZnO NP'lerin yapraktan püskürtme yoluyla olduğunu tespit etmişlerdir. Rafique vd, (2022) tarafından yapılan çalışmada, *Syzygium cumini* yapraklarının özütü kullanılarak ZnO NP elde edilmiş ve elde edilen bu partikülün *Pennisetum glaucum*'un tohum gelişimi üzerine etkileri araştırılmıştır. Sonuç olarak, kontrol ile kıyaslandığında elde edilen ZnO NP'lerin, *P. glaucum*'un tohum gelişimini %60 oranında artırdığı belirlenmiştir. Sharma vd., (2022) tarafından yapılan çalışmada, *Eucalyptus lanceolata* yaprak özütü kullanılarak yeşil sentez yöntemiyle ZnO NP elde etmişler ve elde edilen bu nanopartiküllerin farklı konsantrasyonlarının mısır tohumun gelişimi üzerine etkilerini araştırmışlardır. Araştırma sonunda mısır gelişimi için en iyi sonuç 200 ppm konsantrasyonda alınmış ve bu konsantrasyondan daha yüksek konsantrasyonda (400 ppm) bitki gelişimi için negatif etki gösterdiği sonucuna varılmıştır.



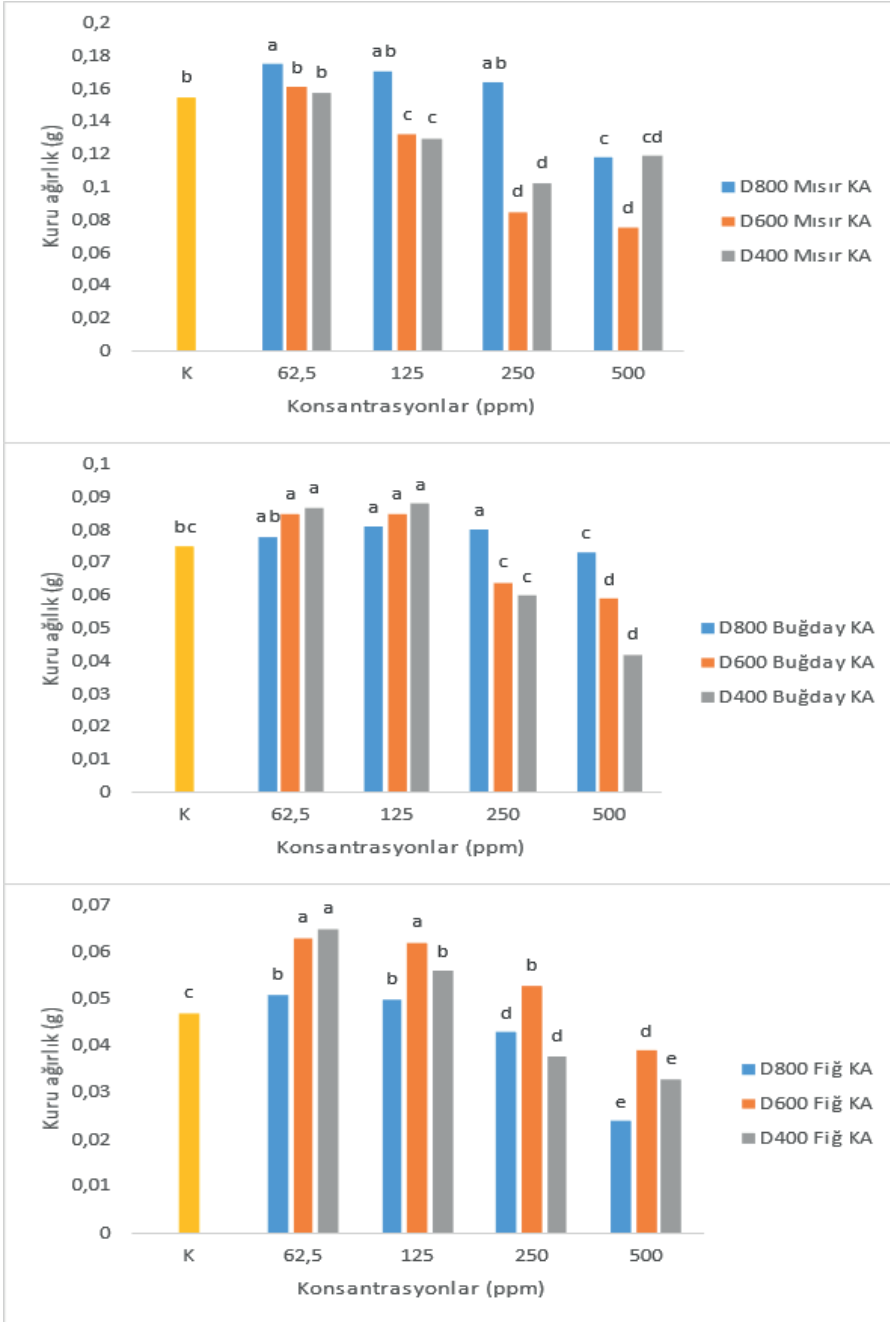
Şekil 5. *Laurus nobilis* özütü kullanılarak elde edilen ZnO nanopartiküllerinin test edilen bitkilerin kök uzunluğuna etkisi



şekil 6 *Laurus nobilis* özütü kullanılarak elde edilen ZnO nanopartiküllerinin test edilen bitkilerin gövdre uzunluğuna etkisi



Şekil 7 *Laurus nobilis* özütü kullanılarak elde edilen ZnO nanopartiküllerinin test edilen bitkilerin yaş ağırlıkları üzerine etkisi



şekil 8 *Laurus nobilis* özütü kullanılarak elde edilen ZnO nanopartiküllerinin test edilen bitkilerin kuru ağırlıkları üzerine etkisi

5. Sonuçlar ve Öneriler

Bu çalışma ile *Laurus nobilis* bitkisinin özütü kullanılarak yeşil sentez yöntemiyle ZnO nanopartikülleri elde edilmiştir. Elde edilen bu nanopartiküllerin XRD, UV-Vis ve SEM analizleri yapılmıştır. Bununla birlikte yeşil sentez yöntemiyle üretilen nanopartiküllerin nanogübre özellikleri in vitro olarak farklı tohumlar (*Triticum aestivum*, *Zea mays* ve *Vicia sativa*) üzerinde test edilmiştir.

Bu çalışmada, ZnO nano malzemelerin elde edilmesi sürecinde örneklerin optiksel, yapısal ve yüzey morfolojilerinin kimyasal sentezleme yöntemi ile üretilen numuneler ile uyumlu olduğu gösterilmiştir. Örneklerle yapılan XRD çalışmalarında örneklerin saf heksagonal vurtzit yapıda ZnO olduğu bulunmuştur. Örneklerin dağınımlı yansıma sonuçlarında 375 nm civarında soğurma gerçekleştiği bulunmuştur. SEM görüntüleri, üretim koşullarının değişmesi ile parçacık morfolojisinin değiştiğini açıkça ortaya koymuştur.

Mısır, buğday ve fiğ bitkilerinin kök, gövde uzunluklarını ve yaş ve kuru ağırlıklarını en düşük konsantrasyonda (62.5 ppm) uygulanan ZnO NP'ler kontrole göre belirli bir oranda artırmıştır. Daha yüksek konsantrasyonlarda ise konsantrasyon artışına bağlı olarak inhibe ettiği tespit edilmiştir. Böylelikle, test edilen her üç bitkinin de büyüme ve gelişmesi artmıştır. Ancak, farklı bitki özütleri kullanılarak yeşil sentez yöntemiyle elde edilen çeşitli nanopartiküllerin sadece in vitro koşullarda değil aynı zamanda arazi koşullarında da hem köklere hem de püskürtmek suretiyle yapraklara uygulanarak test edilmesi ve ayrıca bu nanopartiküllerin etki mekanizmalarının da araştırılması önerilmektedir.

Teşekkür

Bu çalışma Osmaniye Korkut Ata Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Birimi tarafından (Proje No: OKÜBAP-2022-PT2-016) desteklenmiş ve “Farklı bitki ekstraktları kullanarak yeşil sentez yöntemiyle ZnO nanoparçacık üretimi ve nanogübre olarak kullanım olanaklarının araştırılması” (Tez no:791920) başlıklı Yüksek Lisans tez çalışmasından üretilmiştir.

6. Kaynaklar

- Abbasifar, A., Shahrabadi, F., ValizadehKaji, B., Effects of green synthesized zinc and copper nano-fertilizers on the morphological and biochemical attributes of basil plant. *Journal of Plant Nutrition*, 43(8), 1104-1118, 2020.
- Asmatulu, R., Nguyen, P., Asmatulu, E., Nanotechnology Safety in the Automotive Industry, in: R. Asmatulu (Ed.) *Nanotechnology Safety*, Elsevier, Amsterdam, 57-72, 2013.
- Bhatia, S., Nanoparticles types, classification, characterization, fabrication methods and drug delivery applications, In: *natural polymer drug delivery systems*, 33-93, Springer, Cham, 2016.
- Boroumand, M.A., Namvar, F., Moniri, M., Tahir, P., Aziz, S., Mohamad, R., Nanoparticles biosynthesized by fungi and yeast: a review of their preparation, properties, and medical applications. *Molecules*, 20 (9), 16540-16565, 2015.
- Chaloupka, K., Malam, Y., Seifalian, A. M., Nanosilver as a new generation of nanoprodukt in biomedical applications. *Trends Biotechnology*, 28(11), 580-588, 2010.
- Chatterjee, A., Kwatra, N., Abraham, J. Nanoparticles fabrication by plant extracts. *Phytonanotechnology*, 143-157, 2020.
- Çolak, H., Karaköse, E., Duman, F., High optoelectronic and antimicrobial performances of green synthesized ZnO nanoparticles using *Aesculus hippocastanum*. *Environmental Chemistry Letters*, 15, 547-552, 2017.
- Davis, P.H. *Flora of Turkey and The East Aegean Islands*, The University Press, 1982.
- Dulta, K., Koşarsoy Ağçeli, G., Chauhan, P., Jasrotia, R., Chauhan, P. K., Ecofriendly synthesis of zinc oxide nanoparticles by carica papaya leaf extract and their applications. *Journal of Cluster Science*, 33, 603-617, 2022.
- El-Borady, O.M., Ayat, M. S., Shabrawy, M. A., Millet, P., Green synthesis of gold nanoparticles using Parsley leaves extract and their applications as an alternative catalytic, antioxidant, anticancer, and antibacterial agents. *Advanced Powder Technology*, 31(10), 4390-4400, 2020.
- Espitia, P. J. P., Soares, N. D. F. F., Coimbra, J. S. D. R., de Andrade, N. J., Cruz, R.S., Medeiros, E. A. A., Zinc oxide nanoparticles: synthesis, antimicrobial activity and food packaging applications, food and bioprocess technology, 5, 1447-1464, 2012.
- Ewais, E. A., Ismail, M. A., Badawy, A. Vegetative growth, photosynthetic pigments and yield of *Phaseolus vulgaris* (L.) plants in response to the application of biologically-synthesized zinc oxide nanoparticles and zinc sulfate. *Al Azhar Bulletin of Science*, 9, 33-46, 2017.

- Frey, N. A., Peng, S., Cheng, K., Sun, S., Magnetic nanoparticles: synthesis, functionalization, and applications in bioimaging and magnetic energy storage. *Chemical Society Reviews*, 38 (9), 2532–2542, 2009.
- Gour, A., Jain, N. K., Advances in green synthesis of nanoparticles, *Artificial Cells Nanomedicine Biotechnology*, 47(1), 844–851, 2019.
- Iqbal, T., Tufail, S., Ghazal S., Synthesis of silver, chromium, manganese, tin and iron nano particles by different techniques. *International Journal of Nanoscience and Nanotechnology*, 13 (1), 19–52, 2017.
- Ishak, N. M., Kamarudin, S. K., Timmiati, S. N. Green synthesis of metal and metal oxide nanoparticles via plant extracts: an overview. *Materials Research Express*, 6 (11) 112004, 2019.
- Jadoun, S., Arif, R., Jangid, N. K., Meena, R. K., Green synthesis of nanoparticles using plant extracts: a review, *Environmental Chemistry Letters*, 19(1), 355–374, 2021.
- Karaköse, E., Çolak, H. and Duman, F. Green synthesis and antimicrobial activity of ZnO nanostructures Punica granatum shell extract, *Green Processing Synthesis*, 6(3), 317–323, 2017.
- Kathirvelu, S., D'souza, L., Dhurai, B., UV protection finishing of textiles using ZnO nanoparticles, *Indian Journal of Fibre and Textile Research*, 34(3), 267-273, 2009.
- Kharissova, O. V., Dias, H. V. R., Kharisov, B. I., Pérez, B. O., Pérez, V. M. J., The greener synthesis of nanoparticles, *Trends Biotechnol.* 31 (2013) 240–248.
- Kisi, E. H., Elcombe, M. M., parameters for the wurtzite structure of ZnS and ZnO using powder neutron diffraction. *Acta Crystallographica Section C*, 45(12), 1867-1870, 1989.
- Ko, S. H., Pan, H., Grigoropoulos, C. P., Luscombe, C. K., Fréchet, J. M. J., Poulidakos, D., All-inkjet-printed flexible electronics fabrication on a polymer substrate by low- temperature high-resolution selective laser sintering of metal nanoparticles. *Nanotechnology*, 18 (34), 345202, 2007.
- Korbekandi, H., Irvani, S., Abbasi, S., Production of nanoparticles using organisms. *Critical Reviews in Biotechnology*, 29(4), 279–306, 2009.
- Kumar, A., Vemula, P. K., Ajayan, P. M., John, G., Silver-nanoparticle-embedded antimicrobial paints based on vegetable oil. *Nature Materials*, 7(3), 236–241, 2008.
- Kumar, M., Mehta, A., Mishra, A., Singh, J., Rawat, M., Basu, S., Biosynthesis of tin oxide nanoparticles using *Psidium guajava* leave extract for photocatalytic dye degradation under sunlight. *Materials Letters*, 215, 121–124, 2018.
- Kurian, A., Elumalai, P., Study on the impacts of chemical and green synthesized (*Leucas aspera* and oxy-cyclodextrin complex) dietary zinc oxide na-

- nanoparticles in Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*), Environmental Science and Pollution Research, 28(16), 20344–20361, 2021.
- Li, Y., Wu, Y., Ong, B. S., Facile synthesis of silver nanoparticles useful for fabrication of high-conductivity elements for printed electronics. Journal of the American Chemical Society, 127(10), 3266–3267, 2005.
- Liveri, V. T., Controlled synthesis of nanoparticles in microheterogeneous systems. Springer Science and Business Media, Palermo, 2006.
- Mane, P., Shinde, B., Mundada, P., Karale, B., Burungale, A., Biogenic synthesis of ZnO nanoparticles from *Parthenium hysterophorus* extract and its catalytic activity for building bioactive polyhydroquinolines. Research on Chemical Intermediates, 47, 1743–1758, 2021.
- Mao, B. H., Tsai, J. C., Chen, C. W., Yan, S. J., Wang, Y. J., Mechanisms of silver nanoparticle-induced toxicity and important role of autophagy. Nanotoxicology, 10(8), 1021–1040, 2016.
- Metwally, A. A., Abdel-Hady, A., Haridy, M. A. M., Ebnalwaled, K., Saied, A. A., Soliman, A. S., Wound healing properties of green (using *Lawsonia inermis* leaf extract) and chemically synthesized ZnO nanoparticles in albino rats. Environmental Science and Pollution Research, 29(16), 23975–23987, 2022.
- Meydan, I., Burhan, H., Gür, T., Seçkin, H., Tanhaei, B., Sen, F., Characterization of *Rheum ribes* with ZnO nanoparticle and its antidiabetic, antibacterial, DNA damage prevention and lipid peroxidation prevention activity of *in vitro*. Environmental Research, 204, 112363, 2022.
- Miller, J. C., Serrato, R., Represas-Cardenas, J. M., Kundahl, G., The Handbook of Nanotechnology: Business, Policy, and Intellectual Property Law, John Wiley and Sons, New Jersey, 2004.
- Nair, R., Varghese, S. H., Nair, B. G., Maekawa, T., Yoshida, Y., Kumar, D. S., Nanoparticulate material delivery to plants. Plant Science, 179(3), 154–163, 2010.
- Narayanan, K. B., Sakthivel, N., Green synthesis of biogenic metal nanoparticles by terrestrial and aquatic phototrophic and heterotrophic eukaryotes and biocompatible agents, Advances in colloid and interface science, 169(2), 59–79, 2011.
- Pardeike, J., Hommos, A., Müller, R. H., Lipid nanoparticles (SLN, NLC) in cosmetic and pharmaceutical dermal products, International Journal of Pharmaceutics, 366(1-2), 170–184, 2009.
- Patil, M. P., Kim, G. D., Eco-friendly approach for nanoparticles synthesis and mechanism behind antibacterial activity of silver and anticancer activity of gold nanoparticles, Applied microbiology and biotechnology, 101(1), 79–92, 2017.

- Prow, T. W., Grice, J. E., Lin, L. L., Faye, R., Butler, M., Becker, W., Wurm, E. M. T., Yoong, C., Robertson, T. A., Soyer, H. P., Roberts, M. S., Nanoparticles and microparticles for skin drug delivery. *Advanced Drug Delivery Reviews*, 63(6), 470–491, 2011.
- Rafique, M., Tahir, R., Gillani, S. S. A., Tahir, M. B., Shakil, M., Iqbal, T., Abdellahi, M. O., Plant-mediated green synthesis of zinc oxide nanoparticles from *Syzygium cumini* for seed germination and wastewater purification. *International Journal of Environmental Analytical Chemistry*, 102(1), 23-38, 2022.
- Rahimi, K. S. M. G., Karimi, E., Oskoueian, E., Homayouni-Tabrizi, M., Anticancer properties of green-synthesised zinc oxide nanoparticles using *Hyssopus officinalis* extract on prostate carcinoma cells and its effects on testicular damage and spermatogenesis in Balb/C mice. *Andrologia*, 52 (1), e13450, 2020.
- Sadananda kumar N., Bangera K. V., Shivakumar G. K. Effect of annealing on the properties of zinc oxide nanofiber thin films grown by spray pyrolysis technique. *Applied Nanoscience*, 4(2), 209-216, 2013.
- Sastry, A. B. S., Karthik Aamanchi, R.B., Prasad, S. R. L., Murty, B. S., Large-scale green synthesis of Cu nanoparticles, *Environmental chemistry letters*, 11(2), 183-187, 2013.
- Sedefoglu, N. Metal katkılı yarıiletken çinko oksit (ZnO) malzemelerin üretimi ve karakterizasyonu. Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, Adana, 129 s, 2016.
- Sedefoglu, N., Zalaoglu, Y., Bozok, F., Green synthesized ZnO nanoparticles using *Ganoderma lucidum*: Characterization and In Vitro Nanofertilizer Effects. *Journal of Alloys and Compounds*, 918, 165695, 2022.
- Shah, M., Fawcett, D., Sharma, S., Tripathy, S. K., Poinern, G. E. J., Green synthesis of metallic nanoparticles via biological entities. *Materials*, 8 (11) 7278–7308, 2015.
- Sharma, P., Urfan M., Anand, R., Sangral, M., Hakla, H. R., Sharma, S., Das, R., Pal, S., Bhagat M., Green synthesis of zinc oxide nanoparticles using *Eucalyptus lanceolata* leaf litter: characterization, antimicrobial and agricultural efficacy in maize. *Physiology and Molecular Biology of Plants*, 28(2), 363-381, 2022.
- Shukla, A.K., Irvani, S., Metallic nanoparticles: green synthesis and spectroscopic characterization, *Environmental Chemistry Letters*, 15(2), 223-231, 2017.
- Tan, S. T., Chen, B. J., Sun, X. W., Fan, W. J., Kwok, H. S., Zhang, X. H., Chua S. J., Blueshift of optical band gap in ZnO thin films grown by metal-organic chemical-vapor deposition. *Journal of Applied Physics*, 98(1), 013505, 2005.

- Velusamy, P., Kumar, G. V., Jeyanthi, V., Das, J., Pachaiappan, R., Bio-inspired green nanoparticles: synthesis, mechanism, and antibacterial application, *Toxicological research*, 32(2), 95-102, 2016.
- Vijayaraghavan, K., Ashokkumar, T., Plant-mediated biosynthesis of metallic nanoparticles: A review of literature, factors affecting synthesis, characterization techniques and applications, *Journal of Environmental Chemical Engineering*, 5(5), 4866-4883, 2017.

