



Nano Gübreler

Hatice DAĞHAN*

Eskişehir Osmangazi Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü, Eskişehir, TÜRKİYE

Geliş Tarihi/Received: 24.02.2017

Kabul Tarihi/Accepted: 22.05.2017

*Sorumlu Yazar/Corresponding Author: hdaghan@ogu.edu.tr

Özet: Her geçen gün erozyon, çevre kirliliği, bilinçsiz sulama ve gübreleme gibi nedenlerle tarım toprakları azalmaktadır. Diğer yandan artan nüfusun besin ihtiyaçlarının yanı sıra gelişen gıda sanayinin ihtiyaçlarını karşılamak için tarımsal üretimin artırılması gerekmektedir. Son yıllarda, birim alandan en yüksek miktarda ve kalitede üretim elde etmek için nano gübreler üretilmeye başlanmıştır. Yapılan araştırmalar, nanogübrelerin, bitki besin elementlerinin kullanım verimliliğinde bir artışa neden olduğunu, toprak toksisitesini azalttığını, fazla gübre kullanımının potansiyel olumsuz etkilerini en aza indirdiğini ve gübre uygulama sıklığını azalttığını göstermektedir. Nano gübreler tarımda, ürün verimi ve besin maddesi kullanım etkinliğini artırmak, aşırı dozda kullanılan kimyasal gübrelerin kullanımını azaltmak için önemlidir. Bu gübrelerin en önemli özellikleri makro ve mikro besin elementlerinden bir ya da birden fazlasını içermeleri, az miktarda ve sıkça uygulanabilmeleri ve çevre dostu olmalarıdır. Fakat yüksek dozda uygulandıklarında kimyasal gübreler gibi bitki büyümesini ve ürün verimini azaltıcı etki gösterirler. Bu makalede, nano gübrelerin tanımlanması, önemi, sınıflandırılması, bitkisel üretiminde uygulaması, avantaj ve dezavantajları ve bu alanda elde edilen sonuçlar tartışılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Nano teknoloji, toprak, makro nano gübre, mikro nano gübre

Nano Fertilizers

Abstract: Agricultural land is decreasing day by day due to erosion, environmental pollution, unconscious irrigation and fertilization. On the other hand, it is necessary to increase agricultural production in order to meet the needs of the developing industry as well as the nutritional needs of the growing population. In the recent years, nano fertilizers have begun to be produced to obtain the highest amount and quality of production from the unit area. Previous research shows that nano fertilizers cause an increase in the use efficiency of plant nutrients, reduce soil toxicity, minimize the potential adverse effects of excessive chemical fertilizer use, and reduce fertilizer application frequency. Nano fertilizers are important in agriculture to increase crop yield and nutrient use efficiency, and to reduce excessive use of chemical fertilizers. The most important properties of these fertilizers are that they contain one or more of macro and micronutrients, they can be applied frequently in small amounts and are environmentally friendly. However, when applied at high doses, they exhibit decreasing effects on plant growth and crop yields, similar to chemical fertilizers. In this review, the definition, importance, and classification of nano fertilizers, their application in plant production, advantages and disadvantages and the results obtained in this field were discussed.

Keywords: Nanotechnology, soil, macro nano fertilizer, micro nano fertilizer

1. Giriş

Nüfus Referans Bürosu (PRB)'nin Ağustos 2016 yılı verilerine göre, bugünkü dünya nüfusunun (7.4 milyar) yaklaşık olarak % 33 artışla 2050 yılında 9.9 milyara ulaşacağı tahmin edilmektedir (Anonymous, 2016). Nüfustaki bu artış beslenme,

üretim ve enerjiye olan talep artışını da beraberinde getirecektir. Bu talepleri karşılayabilmek için tarımsal üretimin artırılması gerekmektedir. Bu amaçla tarımsal üretimin en önemli kaynağı olan toprak; işleme, gübreleme, sulama ve toprak kökenli hastalıkları önleyici uygulamalar gibi tedbirlerle verimli hale

getirilmeye çalışılmaktadır. Bitkiler tarafından kaldırılan besin elementlerinin toprağa ilavesi, bitkisel üretim ve ürün kalitesinin artırılabilmesi için ise, gübreleme yapmak zorunlu hale gelmiştir (Sönmez ve ark., 2008).

Yirminci yüzyılda başlayan tarımda kimyasal gübre kullanımı günümüzde artış göstermiştir. Ancak, toprak analizi yapılmadan ihtiyaçtan fazla uygulanan kimyasal gübreler toprakta tuzlulaşma, ağır metal birikmesi, besin elementi dengesinin bozulması, mikroorganizma popülasyonu ve aktivitesinin zarar görmesi, sularda nitrat birikmesi ve ötrofikasyon oluşumu gibi olumsuz etkilere neden olmaktadır (Sönmez ve ark., 2008; Liu ve Lal, 2015).

Yanlış kimyasal gübre uygulanması ile toprakların pH dengesi bozulmakta ve asitlik oranı artarken; fosfor (P), kalsiyum (Ca) gibi bazı besin elementlerinin bitkiler tarafından alınması engellenmekte, bitkilerde noksanlık ve gelişmede gerileme görülmektedir (Bellitürk, 2011). Diğer yandan, asit reaksiyonlu topraklarda pH'yı yükseltmek için uygulanan fazla miktarda kireç ve kireçli gübreler topraktaki besin elementi dengesini bozmakta; P, bor (B), demir (Fe), çinko (Zn) ve bakır (Cu) gibi elementlerin fikse edilmesine neden olmaktadır. Bu olay bir yandan topraktaki besin elementi dengesinin bozulmasına sebep olurken, bir yandan da fikse edilen elementlerin noksanlığını gidermek üzere ilave gübreleme yapılmasına neden olmaktadır. Özellikle, fazla miktarda uygulanan fosforlu gübreler, toprakta mevcut olan Ca ile birlikte Zn ve demirin bitkiler tarafından alınmasını engelleyerek besin elementi dengesini bozmaktadırlar (Bilen ve Sezen, 1993; Güneş ve ark., 2007).

Ürün verimini artırmak, çevre sorunlarını azaltmak, sürdürülebilir tarım ve çevre için yeni teknolojilerden yararlanarak yenilikçi, etkili gübrelerin geliştirilmesine ihtiyaç vardır. Nanoteknoloji birçok alanda yenilikçi fırsatlar sunarken, özellikle gıda ve tarımda nano materyallerin kullanımı artan nüfusun ihtiyaçlarını karşılamak, birim alandan en az girdi ile en fazla ve en kaliteli ürün elde etmek açısından son derece önemlidir. Çünkü ekilebilir tarım arazilerinin ve su kaynaklarının sınırlı olması nedeniyle tarım sektörünün gelişmesi, modern teknolojilerin etkin bir şekilde kullanılarak elde edilen kaynakların en az zararla kullanım etkinliğinin artırılması ile mümkündür. Modern teknolojiler arasında yer alan nanoteknoloji; tarım sistemleri, biyo-medikal, çevre mühendisliği, enerji dönüşümü ve diğer birçok alanda devrim potansiyeline sahiptir (Naderi ve

Danesh-Shahraki, 2013; Goel, 2015; Sing ve ark., 2017).

Yenilikçi bir bilim dalı olan nanoteknolojinin, gelecekte tarımsal üretim alanında önemli bir role sahip olacağı düşünülmektedir. Çünkü bu teknoloji ile üretilen nanogübrelerin kullanımı büyük bir hızla olmasa da her geçen gün artmaktadır. Bu derlemede, toprak ve su kaynaklarını koruyarak bitkisel ürün verim ve kalitesini arttırmak için üretilen ve kullanılan nanogübreler, bu gübrelerin avantaj ve dezavantajları konusu ele alınmıştır.

2. Nano Gübreler

Nano, Yunanca bir sözcük olup son derece küçük, ufak gibi anlamlara gelmektedir. Bilimsel karşılığı ise, metrenin milyarda biri olan ölçü birimidir. Nanoteknoloji ise, boyutu 100 nm'den küçük olan madde ve sistemleri inceleyen bir disiplin ve bilim dalıdır (Kayır ve Baççıl, 2010; Demirbilek, 2015; Liu ve Lal, 2016).

Nano gübreler; bitkiye bir ya da birden fazla besin elementi sağlayan ve bitkinin büyüme ve gelişmesini arttıran nano malzemeler olarak tanımlanabilir (Liu ve Lal, 2016; Chhipa ve Joshi, 2016). Bu gübreler yavaş çözünen ve etkinliği yüksek olan gübrelerdir. Toprakta yıkanmadan ya da değişime uğramadan, organik madde, kil ve kireç gibi maddelere bağlanmadan, diğer elementlerle bileşikler oluşturup yayılsız forma geçmeden bitkiler tarafından kolayca alınan yavaş salımlı nanogübreler daha çok tercih edilme potansiyeline sahiptir (Mukherjee ve ark., 2015).

Nano gübreler, geniş yüzey alanına sahip olmalarının yanı sıra bitki kök ve yaprak gözenek boyutundan daha küçük boyutlara sahiptirler. Bu özellikleri nano gübrelerin uygulandıkları yüzeyden bitkiye penetrasyonlarını ve besinlerin alımı ve kullanım etkinliği artırabilir. Diğer yandan, parçacık boyutunun azaltılması ile nano gübrelerin birim alan başına spesifik yüzey alanının ve parçacık sayısının artırılmasını da sağlar. Böylece, nanoparçacıklar içinde kapsüllenmiş nanogübrelerin temas alanındaki artışla bitkiler uygulanan besin elementlerinden daha fazla yararlanabilecekleridir (Sing ve ark., 2017).

Nano gübre, bitki besin elementlerini şu üç yoldan biriyle bitkiye iletirler; 1) Besin elementi, nanotüpler veya nano gözenekli malzemeler gibi nanomalzemeler içine kapsüllenebilir, 2) ince bir koruyucu polimer film ile kaplanır veya 3) nano ölçekli boyutlardaki partiküller veya emülsiyonlar halinde bitkiye taşınırlar (Jampilek ve Kralova, 2015; Valizadeh ve Milic, 2016).

Nano gübreler bitkinin sağlıklı büyüme ve gelişmesini sağlarlar. Böylece sağlıklı olan bitki şiddetli ve değişken atmosferik koşullara ve hastalıklara karşı da daha fazla direnç kazanır. Ayrıca, tarımda kullanılan nano gübreler, bitkiye aktif maddelerin yapraktan püskürterek uygulanması ile toprakta aşırı kimyasal gübre uygulamasını azaltıp, optimum besin yönetimi sayesinde ürün miktarını arttırmaktadırlar (Mukherjee ve ark., 2015).

Toprakta yeterli miktarda alınabilir mikroelement içeriği bitkilerin patojenlere karşı dayanıklılığını da arttırmaktadır. Ancak bazı faktörler topraktaki besin elementlerinin bitkiler tarafından alınımı sınırlamaktadır. Nötrden alkaline topraklara doğru besin elementlerinin toprak çözeltisinde bulunabilirliği ve bitki tarafından alınabilirliği azalmaktadır. Örneğin; toprak pH'sı alkaline yaklaşıpça topraklarda Fe, mangan (Mn) ve Zn biyoyararlanabilirliği azaldığı için giderek kullanılamaz hale gelmekte ve kökler tarafından bu elementlerin alınmaları sınırlanmakta ve kökler enfeksiyona açık hale gelmektedir (Güneş ve ark., 2007; Servin ve ark., 2015). Oysa makro ve mikro boyutların aksine, nano boyutlara getirilmiş gübreler bitkinin stoma açıklığından rahatça geçebildiği için bitkinin minerallerden kolayca faydalanması sağlanırken, gübreden de % 100'e yakın verim alınmaktadır. Nanoteknolojik gübre kullanımı sayesinde gübre israfının önüne geçilerek ekimden maksimum verim alınmaktadır. Buna ek olarak, çevresel ve ekonomik zararların da önüne geçilmiş olunur (Liu ve Lal, 2016).

Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK) verilerine göre, ülkemizde 2015 yılında toplam 10.777.779 ton kimyasal gübre tüketilmiştir (Anonim, 2017). Nanoteknolojik gübre sayesinde hem daha az gübre kullanmak, hem de kullanılan az miktardaki gübreden en yüksek oranda verim almak mümkün olmaktadır.

Son dönemlerde, nano gözenekli zeolit, nano Zn gübresi, nano B gübresi, nano Fe gübresi, nano bakır (Cu) gübresi vb. gübrelerin yanı sıra, bazı organik yapıları nano gübreler de üretilmeye başlanmıştır. Üretilen ve yoğun olarak kullanılan ve gelecekte daha da yoğun kullanılması beklenen nano gübrelerin türü, içeriği, uygulama dozu, uygulama zamanı, uygulanan bitki çeşidi gibi pek çok faktöre bağlı olarak değişecektir (Rameshaiah ve ark., 2015). Yukarıda değinilen tüm bu nedenlerden dolayı sürdürülebilir tarım için çevre dostu makro ve mikro besin elementleri ile desteklenmiş nano gübrelerin geliştirilmesi gerekmektedir.

2.1. Makro ve mikro besin elementi içeren nano gübreler

Nano gübreler, makro ve mikro besin elementi nano gübreleri olarak sınıflandırılabilirler (Chhipa ve Joshi, 2016; Liu ve Lal, 2016). Makro nano element gübreleri bitkiler tarafından fazla miktarda ihtiyaç duyulan, bitkinin büyüme ve gelişmesi için mutlak gerekli olan azot (N), P, potasyum (K), kükürt (S), Ca ve magnezyum (Mg) gibi elementleri içeren nano gübrelerdir. Mikro element nano gübreleri ise bitkiler tarafından çok az miktarda ihtiyaç duyulan iz elementleri (Fe, Zn, Cu, Mn, B vd.) içeren gübrelerdir.

Birçok araştırmacı yüksek verim sağlayan ve çevreyi koruyan nano gübreleri geliştirmek için çeşitli çalışmalar yapmaktadır.

Elfeky ve ark. (2013), randomize şansa bağlı blok deneme deseninde düzenlenen ve üç tekerrürden oluşan parsellere yaklaşık 15 cm boyundaki fesleğen (*Ocimum basilicum* L.) fideleri 30 cm aralıklarla ve her parselde 18 bitki olacak şekilde aktarmışlardır. Çiçeklenme dönemine kadar yetiştirilen fesleğen bitkisine topraktan ve yapraklı artan dozlarda (1, 2 ve 3 mg L⁻¹) 12.6 nm boyutunda Fe₃O₄ nanoparçacığı uygulanmıştır. Denemede yapraklı ve topraktan Fe₃O₄ nanoparçacık uygulamalarının fesleğen bitkisinin verim ve aktif uçucu yağ bileşenleri üzerine etkileri karşılaştırılmıştır. Sonuçlar fesleğen bitkilerine uygulanan Fe₃O₄ nanoparçacıklarının toplam klorofil, toplam karbonhidrat, uçucu yağ seviyeleri, Fe içeriği, bitki boyu, dal/bitki, yaprak/bitki, taze ağırlık ve kuru ağırlık miktarlarını önemli ölçüde arttırdığı ve yaprak sprey uygulamalarının toprak uygulamalarından daha etkili olduğu tespit edilmiştir.

Liu ve Lal (2014), sentetik apatit nano parçacıklarının soya fasulyesi (*Glycine max* L.) üzerindeki gübreleme etkisini değerlendirmek için bir sera denemesi yapmışlardır. Denemede 15.8 nm çaplı küre biçiminde ve kimyasal bileşimi saf hidroksiapatit [Ca₅(PO₄)₃OH] olan partiküller kullanılmıştır. Veriler, geleneksel P gübresi [Ca(H₂PO₄)₂] ile kıyaslandığında nano partiküller şeklinde uygulanan P gübresinin soya fasulyesinin büyüme oranını (% 32.6) ve tohum verimini (% 20.4) artırdığını göstermiştir. Biyokütle üretimi yeşil aksamda % 18.2 ve kökte ise % 41.2 oranında artış göstermiştir. Araştırmacılar yaptıkları çalışmaya göre apatit nano parçacıklarının yeni bir P gübre sınıfı olarak kullanmasının tarımsal verimliliği arttırabileceğini ve ötrofikasyon riskini azaltılabileceğini bildirmişlerdir.

Askari ve ark. (2014), kontrollü koşullarda Hogland besin ortamında (Fe-şelat içeren) yetiştirilen *Catharanthus roseus* bitkisine 70 gün boyunca altı farklı konsantrasyonda (0, 5, 10, 20, 30 ve 40 μM) demir oksit (Fe_3O_4) nanopartikülü uygulanmışlar ve elde ettikleri sonuçları kontrol bitkisiyle karşılaştırmalı olarak değerlendirmişlerdir. Deneme sonunda, Fe_3O_4 nanopartikül uygulamasının yaprak büyüme parametrelerini ve karbonhidrat içeriğini belirgin bir şekilde arttırdığını, ancak Fe nanogübre uygulamasının bitkilerin prolin miktarı, antioksidanlar ve yaprağın stomal yoğunluğunda herhangi bir etki yapmadığı bildirilmişlerdir.

Delfani ve ark. (2014), börülce (*Vigna unguiculata* L.) bitkisine yaprakten Fe (0, 0.25 ve 0.5 g L^{-1} , nano ve kimyasal formda) ve Mg (0, 0.5 g L^{-1} nano ve 0.5 g L^{-1} kimyasal formda) gübrelere 3 tekerrürlü olarak, ekimden sonra 56 ve 72. günlerde uygulamışlardır. Analiz için bitki numuneleri 72. gün uygulamasından 1 hafta sonra başlanarak her 2 haftada bir toplanmıştır. Analiz sonuçları Fe uygulamalarının verim, yaprak Fe içeriği, gövde Mg içeriği, plazma membran stabilitesi ve klorofil içeriği üzerine olumlu önemli bir etki yaptığını göstermiştir. En büyük etki ise iki uygulamanın kombinasyonu olan 0.5 g L^{-1} kimyasal Fe + 0.5 g L^{-1} nano-Mg ve 0.5 g L^{-1} kimyasal Fe + 0.5 g L^{-1} kimyasal Mg uygulamalarından elde edilmiştir. Araştırmacılar bu iki elementin yaprakten uygulamalarının bitkinin fotosentetik verimliliğini artırdığını ileri sürmüşlerdir.

Manjili ve ark. (2014), nano şelat molibden (Mo) gübresinin yaprakten uygulanmasının fıstık verimi ve verim bileşenleri üzerindeki etkisini incelemek amacıyla, 2012 üretim sezonunda İran'ın Doğu Gilan bölgesinde bulunan Astaneh Ashrafieh şehrinde yürüttükleri tarla denemesini randomize blok deneme desenine göre 3 tekrarlamalı olarak düzenlemişlerdir. Bitki materyali olarak yerel fıstık tohum çeşidi (NC2) kullanılmıştır. Azotlu gübrelere (0-30-60 kg ha^{-1} N) yarısı üre formunda ve taban gübresi olarak, diğer kalan kısmı ise yetiştirme periyodunun 20, 30 ve 40 gün sonrasında uygulanırken, nano şelatlı Mo gübresinin (0, 1, 2 ve 3 g L^{-1} nano-Mo) yarısı dallanma döneminde ve geriye kalanı ise çiçeklenme döneminde yaprakten uygulanmıştır. Deneme sonunda elde edilen varyans analizinin sonuçları, nano şelat Mo uygulamasının bitki boyu, bitki başına kapsül sayısı, bitki başına olgun kapsül sayısı, yüz tohum ağırlığı, bitki başına tohum sayısı, tohum uzunluğu, tohum ve kapsül verimi, yan dal sayısı ve biyolojik performans gibi özellikler üzerine önemli bir etkiye sahip olduğunu göstermiştir. Ayrıca, nano şelat Mo

gübresinin farklı değerlerine ait ortalamalar karşılaştırıldığında, en yüksek kapsül ve tohum veriminin (2320 ve 3715 kg ha^{-1} sırasıyla) 3 g L^{-1} nano-Mo gübre uygulamasından elde edildiğini göstermiştir.

Benzon ve ark. (2015), nano gübre ($\text{N}>\% 1.2$; $\text{P}_2\text{O}_5>\% 0.001$; $\text{K}_2\text{O}> \% 0.0001$) ve geleneksel kimyasal gübre (11 kg N, 7 kg P_2O_5 ve 8 kg K_2O) uygulamalarının pirinç bitkisinin verimliliği, toplam fenol içeriği (TPC) ve antioksidan aktivitesi üzerine etkilerini serada saksı (15 kg) denemesiyle karşılaştırmışlardır. Araştırmacılar nano gübre uygulamasının pirinçte büyüme, gelişme, toplam fenol içeriği ve antioksidan aktivitesini desteklediğini ve bitki üretimini geliştirme potansiyelinin olduğunu bildirmişlerdir.

Rostami Ajirloo ve ark. (2015), 2013-2014 büyüme sezonunda yürüttükleri tarla denemesinde artan dozlarda (0, 100, 200, 300 ve 400 kg ha^{-1}) nano K ve saf azot (0, 50, 100, 150 ve 200 kg ha^{-1}) gübre uygulamalarının domates (*Lycopersicon esculentum* L.) bitkisinin verim ve verim unsurları üzerine etkilerini araştırmışlardır. Araştırma sonucunda en yüksek bitki boyu ve kök çapına 400 kg K ha^{-1} nano gübre uygulamasından, bitki başına en fazla meyve, meyve ağırlığı, meyve çapı ve meyve verimi oranına ise, 300 kg K ha^{-1} nano gübre uygulamasından elde edilmiştir. Diğer yandan N gübre uygulanması ise, domates verimini ve verim unsurlarını arttırmıştır. Araştırmacılar nano K gübresinin ve N'lu gübre uygulamalarının domates verimini ve verim bileşenlerini artırdığını bildirmişlerdir. Bu çalışmada nano K gübresi ve N gübresinin kombine uygulamasının, bu gübrelere tek başına uygulamalardan daha iyi bir etkiye sahip olduğu, ayrıca nano K gübresinin ve N gübresinin domatesin büyüme ve meyve verimi üzerinde sinerjik bir etkiye sahip olduğu sonucuna varılmıştır.

Hassani ve ark. (2015), kimyasal gübrelere (Fe, Zn ve K) ve nano (Fe, Zn ve K) gübrelere ayrı ayrı ve kombinasyonlarını uyguladıkları nane (*Mentha piperita* L.) bitkisinin boyu, gövde, dal ve yaprak sayısı, bitkinin (gövde, dal, yaprak) yaş ve kuru ağırlığı, ve verim üzerine etkilerini araştırmışlardır. Deneme İran'ın Khuzestan bölgesinin Sardasht kentinde tarla denemesi olarak yürütülmüştür. Sonuçlar kimyasal ve nano gübrelere bitki boyu, dal sayısı, yaprak ve gövde yaş ağırlığını istatistiksel olarak % 1 oranında etkilerken bitki yaş ağırlığını % 5 düzeyinde etkilediğini göstermiştir. En yüksek bitki boyu (11.67 cm), dal sayısı (58.2), daldaki yaprak sayısı (916.3), boğum sayısı (16.6), yaprak yaş ağırlığı (219), yaprak kuru ağırlığı (26.7 g), gövde yaş

ağırlığı (66.42 g), gövde kuru ağırlığı (23.1), bitki yaş (140.8 g) ve kuru (40.34 g) ağırlıkları nano gübre uygulamalarından elde edilmiştir. Araştırmacılar elde ettikleri sonuçlara göre kimyasal gübre uygulamasının negatif bir etkisi olmamasına rağmen nano gübre uygulamalarının bitkisel verim üzerinde daha etkili olduğu bildirmişler ve nano gübre kullanımını önermişlerdir.

Davarpanah ve ark. (2016), Zn ve B nano gübrelerinin yapraktan uygulamasının nar bitkisinin meyve verimi ve kalitesi üzerine etkisini araştırmışlardır. Çalışmada; tam çiçeklenme öncesinde yapraklara nano-Zn şelat 0, 60 ve 120 mg L⁻¹ dozlarında ve nano-B şelat gübresi ise 0, 3.25 ve 6.5 mg L⁻¹ dozlarında ağaç başına 5.3 L oranında uygulanmıştır. Çinko ve B uygulaması ile yapraklarda her iki mikro elementin konsantrasyonu artmıştır. Nispeten düşük miktarda B veya Zn nano-gübresi (sırasıyla 34 mg B/ağaç veya 636 mg Zn/ağaç) içeren tek bir yaprak spreyi uygulaması ağaç başına meyve sayısındaki artışa bağlı olarak narın meyve veriminde artışına neden olmuştur.

Ghiyasi ve ark. (2016), kuraklık koşullarında nano besin maddeleri priminginin tritikale (*Triticosecale wittmack*) tohumunun biyolojik özelliklerine etkisini araştırdıkları bir çalışmada, tritikaleye artan 5 farklı kuraklık düzeyinde (0, -0.25, -0.5, -0.75 ve -1 M_{pa}) ve priming ikinci faktör olarak 3 düzeyde (% 1 nano-Zn, % 1 nano titanyum ve kontrol) uygulamışlardır. Araştırmada, yapılan uygulamaların tritikale bitkisinin çimlenme oranı, çimlenme hızı, kökçük ve sapçık uzunluğu gibi çimlenme indekslerine etkileri belirlenmiştir. Elde edilen veriler, çimlenme oranı ve diğer özelliklerin kuraklık ve primingden etkilendiğini ancak istatistiksel bakımdan anlamlı farklılık göstermedikleri, kuraklıkta nano çinko ile priming çimlenme oranı ve fide büyümesini geliştirdiğini göstermiştir. Ayrıca çimlenme hızının gelişmesinde nano titanium priminginin en etkili uygulama olduğu bildirilmiştir.

Yapılan tüm bu çalışmalar nanoteknolojinin, özellikle gelişmekte olan ülkelerde gelecek vaat eden ve yüksek kullanım potansiyele sahip bir teknoloji olduğunu ve üretilen nano gübrelerin ise tarımsal üretim açısından önemli bir ürün olduğunu göstermektedir.

2.2. Nano gübrelerin avantajları

Nano gübreler sahip oldukları ultra küçük boyutlar sayesinde stomalardan kolaylıkla geçerek bitkinin minerallerden kolayca faydalanmasına olanak sağlamaktadırlar (Liu ve Lal, 2016; Sing ve

ark., 2017). Böylece uygulanan gübreden en yüksek verim alınabileceği bildirilmiştir. Bunun yanı sıra geleneksel gübrelerle karşılaştırıldığında, nano gübrelerin bir çok avantajları vardır (Liu ve Lal, 2015; Rameshaiah ve ark., 2015; Solanki ve ark., 2015; Sing ve ark., 2017). Bu avantajlar şöyle sıralanabilir;

- Az miktarda gübre tüketilerek düşük maliyetle yüksek oranda verim alınabilmesi,
- Gübre kullanım etkinliğini arttırması,
- Besin kullanım verimliliğini arttırması,
- Gübre uygulama sıklığını azaltması,
- Besin kayıplarını azaltması ve çevre üzerine olası olumsuz etkileri en aza indirmesi,
- Toprak toksisitesini azaltması,
- Toprak verimliliği ve ürün kalitesini arttırması,
- Nanogübreler bitkinin sağlıklı büyüme ve gelişmesini sağlayarak ürün verimini, besin değerini arttırmalar. Böylece sağlıklı olan bitkinin hastalıklara ve şiddetli hava koşullarına karşı daha fazla direnç kazanmasında nano gübrelerin önemli bir avantajıdır.

2.3. Nano gübrelerin dezavantajları

Birçok üstün özelliklerine rağmen nano gübrelerin bazı olumsuz etkileri de bulunmaktadır. Ahımlı bir terim olan nanoteknolojide kullanılan nano boyuttaki partiküller sağlığa ve aynı zamanda çevreye karşı bazı önemli riskler ve sorunlara neden olabilmektedir. Nano malzemelerle ilgili gerçekleştirilen ilk çalışmalar, nano partiküllerin insan sağlığı üzerine ciddi tehlikelere ve toksik etkilere neden olduğunu göstermiştir. Bu nedenle, nano gübrelerin olası en önemli olumsuz etkisi içerdikleri nano partiküllerin sağlık açısından tehlikeli olabilmeleridir. Nano partiküller insan vücuduna girdikleri zaman tüm hayati organlara ulaşarak dokularda zararlara neden olabilmektedirler. Yapılan bazı çalışmalar da bu gübrelerin toksik etkilere de sahip oldukları, ekosistem için ciddi bir tehdit unsuru oldukları ve yarattıkları çevre sorunlarının onarımının oldukça güç olduğu bildirilmiştir (Rameshaiah ve ark.,2015; Solanki ve ark., 2015).

3. Sonuç ve Öneriler

Nanoteknolojinin tıp, sanayi, tarım gibi oldukça geniş bir uygulama ve kullanım alanı vardır. Özellikle tarımsal alanda artan nüfusun besin ihtiyacının karşılanması, ürün verim ve kalitesinin artırılması, kimyasal gübre miktarı ve maliyetinin azalması açısından geliştirilen nano gübreler bu teknolojinin en önemli ürünlerinden biridir. Ultra-küçük boyutlar nano partikülleri muazzam yararlı yapmakta, ne yazık ki aynı özellik birçok yan

etkilere de neden olmaktadır. Yaşam kalitesinin artırılması için birçok alanda kullanılan nanoteknolojik ürünlerin avantajlarının yanında olası çevre ve insan sağlığı üzerine olası risklerinin dikkate alınması gerekmektedir. Toprak-bitki sisteminde nano gübrelerin avantaj ve dezavantajları dikkate alınarak birim alandan en yüksek verim elde edilmesinin yanında çevresel etkileri de dikkate alınarak bu gübrelerin kullanımlarında bilinçli davranılması gerekmektedir.

Kaynaklar

- Anonim, 2017. Bitkisel Üretim İstatistikleri, Tarımsal Gübre İstatistikleri. Türkiye İstatistik Kurumu, http://www.tuik.gov.tr/PreTablo.do?alt_id=1001 (Erişim tarihi: 20.05.2017).
- Anonymous, 2016. World Population Data Sheet (WPDS) 2016. <http://www.prb.org/Publications/Datasheets/2016/2016-world-population-data-sheet.aspx> (Erişim tarihi: 10.02.2017).
- Askari, M., Amirjani, M.R., Saberi, T., 2014. Evaluation of the effects of iron nanofertilizer on leaf growth, antioxidants and carbohydrate contents of catharanthus roseus. *Journal of Plant Process and Function*, 3(7): 43-55.
- Bellitürk, K., 2011. Tarım topraklarının kullanımında ve gübrelenmesinde yapılması ve yapılmaması gerekenler üzerine bir değerlendirme. *Gübretaş'la Verim Periyodik Kurumsal Bülten*, 7(25): 24-26.
- Benzon, H.R.L., Rubenecia, M.R.U., Ultra, Jr.V.U., Lee, S.C., 2015. Nano-fertilizer affects the growth, development, and chemical properties of rice. *International Journal of Agronomy and Agricultural Research*, 7(1): 105-117.
- Bilen, S., Sezen, Y., 1993. Toprak reaksiyonunun bitki besin elementleri elverişliliği üzerine etkisi. *Atatürk Üniversitesi, Ziraat Fakültesi Dergisi*, 24(2): 156-166.
- Chhipa, H., Joshi, P., 2016. Nanofertilisers, Nanopesticides and Nanosensors in Agriculture. Chapter 9. In: S. Ranjan, N. Dasgupta and E. Lichtfouse (Eds.), *Nanoscience in Food and Agriculture 1*, Volume 20 of the series Sustainable Agriculture Reviews, Springer International Publishing Switzerland, pp.247-282.
- Davarpanah, S., Tehranifar, A., Davarynejad, G., Abadía, J., Khorasani, R., 2016. Effects of foliar applications of zinc and boron nano-fertilizers on pomegranate (*Punica granatum* cv. Ardestani) fruit yield and quality. *Scientia Horticulturae*, 210: 57-64.
- Delfani, M., Baradarn, F.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.
- Demirbilek, M.E., 2015. Tarımda ve gıdada nanoteknoloji. *Gıda ve Yem Bilimi-Teknolojisi Dergisi / Journal of Food and Feed Science-Technology*, 15: 46-53.
- Elfeky, S.A., Mohammed, M.A., Khater, M.S., Osman, Y.A.H., Elsherbini, E., 2013. Effect of magnetite nano-fertilizer on growth and yield of *Ocimum basilicum* L. *International Journal of Indigenous Medicinal Plants*, 46(3): 1286-1293.
- Ghiyasi, M., Amirnia, R., Bayat, M., 2016. Kuraklık koşullarında nano besin maddeleri priminginin tritikale (*Triticosecale wittmack*) tohumunun biyolojik özelliklerine etkisi. *Tarım Bilimleri Araştırma Dergisi*, 9(2): 42-44.
- Goel, A., 2015. Agricultural applications of nanotechnology. *Journal of Biological and Chemical Research*, 32(1): 260-266.
- Güneş, A., Alpaslan, M., İnal, A., 2007. Bitki Besleme ve Gübreleme. Ankara Üniversitesi, Ziraat Fakültesi Ders Kitabı, No: 504, Yayın No: 1551, Ankara Üniversitesi Basımevi, Ankara.
- Hassani, A., Tajali, A.A., Mazinani, S.M.H., 2015. Studying the conventional chemical fertilizers and nano-fertilizer of iron, zinc and potassium on quantitative yield of the medicinal plant of peppermint (*Mentha piperita* L.) in Khuzestan. *International Journal of Agriculture Innovations and Research*, 3(4): 1078-1082.
- Jampilek, J., Kralova, K., 2015. Application of nanotechnology in agriculture and food industry, its prospects and risks. *Ecological Chemistry and Engineering S*, 22(3): 321-361.
- Kayır, Y.Z., Baççıl, E.G., 2010. Nanoteknoloji nedir? <http://www.metalurjist.gen.tr/docs/makale4.pdf> (Erişim tarihi: 15.06.2014).
- Liu, R., Lal, R., 2014. Synthetic apatite nanoparticles as a phosphorus fertilizer for soybean (*Glycine max*). *Scientific Reports*, 4: 1-6.
- Liu, R., Lal, R., 2015. Potentials of engineered nanoparticles as fertilizers for increasing agronomic productions. *Science of the Total Environment*, 514: 131-139.
- Liu, R., Lal, R., 2016. Nanofertilizers. In: R. Lal (Ed.) *Encyclopedia of Soil Science*, 3rd Edition, CRC Press, p: 1511-1515.
- Manjili, M.J., Bidarigh, S., Amiri, E., 2014. Study the effect of foliar application of nano chelate molybdenum fertilizer on the yield and yield components of peanut. *Biological Forum-An International Journal*, 6(2): 37-40.
- Mukherjee, A., Sinha, I., Das, R., 2015. Application of nanotechnology in agriculture: Future prospects. *Outstanding Young Chemical Engineers (OYCE) Conference*, March 13-14, DJ Sanghvi College of Engineering, Mumbai, India.
- Naderi, M.R., Danesh-Shahraki, A., 2013. Nanofertilizers and their roles in sustainable agriculture. *International Journal of Agriculture and Crop Sciences*, 5(19): 2229-2232.
- Rameshaiah, Dr.G.N., Pallavi, J., Shabnam, S., 2015. Nano fertilizers and nano sensors: An attempt for developing smart agriculture. *International Journal*

- of *Engineering Research and General Science*, 3(1): 314-320.
- Rostami Ajirloo, A., Shaaban, M., Motlagh, Z.R., 2015. Effect of K nano-fertilizer and N bio-fertilizer on yield and yield components of tomato (*Lycopersicon esculentum* L.). *International Journal of Advanced Biological and Biomedical Research*, 3(1): 138-143.
- Servin, A., Elmer, W., Mukherjee, A., De La Torre-Roche, R., Hamdi, H., White, J.C., Bindraban, P., Dimkpa, C., 2015. A review of the use of engineered nanomaterials to suppress plant disease and enhance crop yield. *Journal of Nanoparticle Research*, 17: 92-113.
- Singh, M.D., Chirag, G., Prakash, P.O., Mohan, M.H., Prakasha, G., Vishwajith, 2017. Nano fertilizers is a new way to increase nutrients use efficiency in crop production. *International Journal of Agriculture Sciences*, 9(7): 3831-3833.
- Solanki, P., Bhargava, A., Chhipa, H., Jain, N., Panwar, J., 2015. Nano-fertilizers and their smart delivery system. In: M. Rai, C. Ribeiro, L. Mattoso and N. Duran (Eds.), *Nanotechnologies in Food and Agriculture*. Springer.Sweitzerland, pp. 81-101.
- Sönmez, İ., Kaplan, M., Sönmez, S., 2008. Kimyasal gübrelerin çevre kirliliği üzerine etkileri ve çözüm önerileri. *Batı Akdeniz Tarımsal Araştırma Enstitüsü Derim Dergisi*, 25(2): 24-34.
- Valizadeh, M., Milic, V., 2016. The effects of balanced nutrient managements and nano-fertilizers effects on crop production in semi-arid areas. *Current Opinion in Agriculture*, 5(1): 31-38.