

# BAZI BİTKİ BESİN ELEMENTLERİNİN BİTKİ PARAZİTİ NEMATODLAR ÜZERİNE ETKİSİ

Fatma Gül Göze Özdemir<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup> Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bitki Koruma Bölümü, 32200, ISPARTA

## Öz

Bitki paraziti nematodlar dünya genelinde birçok bitki türünde zarar oluşturan ve önemli ekonomik kayba neden olan obligat tarımsal organizmalardır. Bitki paraziti nematodların çoğunluğu konukçularının köklerinde, çok az bir kısmı ise yaprak, çiçek ya da tohum gibi bitkilerin toprak üstü aksamalarında zarar yapabilmektedir. Bitki paraziti nematodların köklerde beslenmesi sonucu bitkinin su ve besinleri alma yeteneği azalmaktadır. Beslenme sırasında kullandıkları stilet ile bitki köklerinde yaralara ve bazı mikrobiyal hastalıklara neden olarak, kökte kahverengi lekeler oluşturarak ve bitkinin toprak üstü kısımlarında yumruların şişmesi veya çürümesiyle konukçu bitkiye zarar vermektedirler. Bitki paraziti nematodların zararını tolere edebilmede bitki besin elementleri önemli bir yer tutmaktadır. Besin elementleri nematod popülasyonlarını artırabilir ya da azaltabilmektedirler. Bu etki besin elementine ve kullanılan besin kaynağına bağlı olarak değişebilir. Bitki besleme ile bitki paraziti nematodlar arasındaki etkileşim üzerine yapılan çalışmaların genellikle azot, fosfor ve potasyum elementleri ile ilgili olduğu görülmüştür. Makro ve mikro besin maddelerinin toprağa dengeli bir şekilde uygulanması, bitkinin nematodların neden olduğu zararları tolere edebilmesini sağlamanın en iyi yoludur. Bu çalışmada gübrelemede bazı bitki besin elementlerinin kullanımının bitki paraziti nematodlara karşı etkileri hakkında elde edilen bilgiler derlenmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Bitki paraziti nematodlar, bitki besleme, gübreleme, nematod gelişimi

## THE EFFECT OF SOME PLANT NUTRIENT ELEMENTS ON PLANT PARASITE NEMATODES

### Extended Abstract

Plant parasitic nematodes are obligate agricultural organisms that cause significant economic losses and damage to many plant species worldwide. Most of the plant parasitic nematodes can damage the roots of their hosts, while a very small number of them can damage the above-ground parts of plants such as leaves, flowers or seed. As a result of the feeding of plant parasitic nematodes on the roots, the ability of the plant to adsorb water and nutrients decreases. They damage the host plant by causing wounds on the plant roots and some microbial diseases with the stylet they use during feeding, by forming brown spots on the root and swelling or rotting of the tubers on the above-ground parts of the plant. Plant nutrients have an important place to overcome the damage of plant parasitic nematodes. Nutrients can reduce or increase nematode populations. This effect depends on the nutrient element and the source of nutrient used. Plant nutrition and plant parasitic nematodes interaction have generally shown that nitrogen, phosphorus, and potassium. The form in which the nutrient (ammonium or nitrate) is present has a greater influence on the severity of nematode attack than the amount of nitrogen present. It is stated that the use of ammonium is better than nitrate in reducing the plant parasitic nematode population. Phosphorus has direct microbial activity against pathogens as well as the ability to stimulate plant defense mechanisms through the production of phytoalexins. Adequate plant nutrition with potassium is thought to reduce disease occurrence due to increased resistance to the penetration and development of pathogens. A balanced application of macro and micro nutrients to the soil is the best way to ensure that the plant can withstand the damage caused by nematodes. In this study, the information obtained about the effects of the use of some plant nutrients in fertilization against plant parasitic nematodes has been reviewed.

**Key Words:** Plant parasitic nematode, plant nutrition, fertilization, nematode growth

## 1. Giriş

Bitki besleme, yeryüzündeki yaşamı geliştirmede önemli bir faktördür. Bitkilerin optimal bir şekilde büyüme ve gelişme gösterebilmeleri için en az 17 bitki besin maddesine ya da elementine ihtiyaçları vardır (Fageria, 2009). Bu elementlerin temel hazneleri kayalar, okyanuslar ve atmosferdir. Bitki yaşamı için gerekli olan kimyasal elementlerden biri yeterli miktarda mevcut değilse veya absorbe edilmesi zorsa, bu elementin eksikliği bitki metabolizmasında bozulmalara neden olabilmektedir (Epstein & Bloom, 2004). Genel kural, bir besin, bir bitki türü için gerekli ise, diğer temel besinlerle dengeli bir oranda sağlanmalıdır, eksiklik özellikle kısa ömürlü bitkilerde hastalığı daha da ağırlaştırabilmektedir (Zambolim vd., 2001). Bitkilerde gübreleme, bitkilerin beslenme durumundan kaynaklanan hastalık etmenleri ve zararlıların sayısını etkilemekte ve dolaylı olarak ürünün içindeki ışık ve nem dengesinde değişiklikler yapmaktadır (Agrios, 2005). Bazı elementler hastalık etmenleri ve zararlıların gelişmesine olumlu katkılar sağlarken, bazı elementler olumsuz etki göstermektedir (Marschner, 1997). Bitki besin elementleri çevre şartlarını etkiledikleri için patojenleri cezbedici ya da caydırıcı olabilmektedir. Aynı zamanda konukçu bitkide direnç ya da toleransı tetikleyebilirler (Agrios, 2005). Gübrelerin kullanımı, birçok hastalığın zararını azaltmakta ve kültürel uygulamalar ile entegrasi hastalıkların kontrolünü etkileyebilmektedir (Oborn vd., 2003).

Bitki paraziti nematodlar agroekosistemin dengesini bozmakta ve pamuk, mısır, soya fasulyesi, şeker kamışı ve sebzeler gibi çok sayıda mahsulün verimini sınırlandırmaktadır (Dias-Arieira vd., 2012a). Bitki paraziti nematodların mücadelesi oldukça zordur ve en iyi sonuçlar entegre mücadele yöntemleri tarafından elde edilmektedir. Nematodlar, bitki besleme ve gübrelemeden etkilenen patojenler arasındadır (Cadet & Spaul, 2005). İnorganik gübrelerin kullanımı ile nematod popülasyonunun düşürülebileceği bilinmektedir (Sinha & Neog, 2003). Bazı gübrelerin uygulamaları, nematodlara toksik etki gösterebilmekte veya konukçu beslenmesindeki değişiklikler yoluyla bitkilerde meydana gelen çoğalma veya zararı baskılayabilmektedir (Viaene vd., 2013). Ayrıca, gübreleme uygulamaları bitki gelişimini uyararak nematodun neden olduğu zararı dengeleyebilmektedir (Ferraz vd., 2010). Charegani vd. (2010), ideal gübre düzeylerinin kullanımının bitki büyümesini geliştirdiğini ve kök-ur nematodlarının neden olduğu zararı azalttığını bildirmektedirler. Domates sürgünlerinde toplam çözünür şeker ve toplam karbonhidratın nematod enfeksiyonu sonucunda azalmış olduğu ancak inorganik gübre uygulaması ile geri kazanıldığı bulunmuştur (Farahat vd., 2012).

Bitkinin yaşamını devam ettirebilmesi için zorunlu olması gereken bitki besin elementleri hidrojen, karbon, oksijen, azot, potasyum, kalsiyum, magnezyum, fosfor, kükürt, klor, bor, demir, mangan, çinko, bakır, nikel ve molibden olarak bildirilmiştir (Rice, 2007). Buna karşın çoğu bitkinin yapısında belirli oranlarda yaygın şekilde bulunan ancak bitkinin büyüme ve gelişmesinde zorunlu olarak gerek duymadığı sodyum, kobalt ve silisyum gibi elementler de bulunmaktadır (Fageria, 2009).

Bitki besin maddeleri arasında azot, büyüme ve verim için esastır. Azot (N) bitkide proteinler, amino asitler, nükleik asitler, enzimler, klorofil, ATP, ADP gibi birçok önemli organik bileşiğin yapısında yer almaktadır. Azot, bitki hücre duvarının temel yapı taşıdır (Bolat & Kara, 2017). Azotça iyi beslenen ağaçların zararlılara karşı direnci artmaktadır (Fageria, 2009). Domateste kök ur nematodu *Meloidogyne incognita* ile bulaşık köklerde N'nin bireysel uygulamasında taze kök ve sürgün ağırlığı, kök ve sürgün uzunluğu ile yaprak/bitki sayısında artış görülürken, köklerde ur, dişi, yumurta paketi ve topraktaki larva yoğunluğunda azalma gözlenmiştir (Abbas vd., 2022). Ancak fazla azot hastalık ve sokucu emici ağız yapısına sahip zararlılara karşı bitkiyi duyarlı hale getirmektedir (Fageria vd., 2011). Azot birikimi yeni dokuların üretilmesine neden olur ve vejetatif durumu genişletebilir ve köklerde beslenme alanlarının sayısını artırdığı için nematod saldırısını teşvik edebilir. Öte yandan, azotu yetersiz olan bir bitki zayıf düşer, büyüme yavaşlar ve daha duyarlı hale gelir (Ferraz vd., 2010).

Azotun amonyum (NH<sub>4</sub><sup>+</sup>) veya nitrat (NO<sub>3</sub><sup>-</sup>) formu nematod parazitizminde daha önemli bir faktördür (Ferraz vd., 2010). Gübrelerde ve organik maddelerde bulunan amonyum formundaki azot, ayrışması sırasında toprağa serbest amonyak (NH<sub>3</sub>) salınması nedeniyle nematodlar üzerinde nitrat formundan daha fazla zarar oluşturmaktadır. Amonyakın nematisidal özelliği esasen toprağa uygulandığı noktanın çevresindeki plazmitik etkisine bağlıdır. Ayrıca, toprakta bulunan birçok fungus amonyum formunda azotu tercih eder, bu da nematodu parazitleyen fungusların çoğalmasını teşvik etmesi anlamına gelmektedir (Rodríguez-Kábana, 1986). Amonyum azotunun nematisidal etkisi nedeniyle üre, topraktaki üreazın etkisi ile hızla amonyaka dönüştüğü için birçok araştırmanın konusu olmuştur (Akhtar & Malik, 2000). Üre 300 kg N ha<sup>-1</sup>'den daha yüksek dozlarda uygulandığında iyi bir nematisit özelliği göstermektedir. Bununla birlikte, bu seviyedeki dozlar düşük C: N oranına bağlı olarak fitotoksik olabilir. Bu nedenle, ek bir karbon kaynağı ile birlikte üre uygulanması, gübrenin fitotoksik etkisinin azaltılmasının yanı sıra nematodların kontrolünde uygulanabilir bir yöntemdir (Huebner vd.,

1983). Seifi & Bide (2013), İran'da yürüttükleri çalışmada, üre ve bazı mineral gübrelerin, tahıl kist nematodu *Heterodera filipjevi* popülasyonlarını buğdayda önemli ölçüde düşürdüğünü bulmuşlardır. Al-Hazmi & Dawabah (2014), Suudi Arabistan'da buğdayda *H. avenae* üzerinde Fenamifos ve ürenin en iyi kontrolü sağladığını, bunu NPK gübrelerinin izlediğini saptamışlardır. Üre ve fenamifos kombine uygulaması, kist/kök sistemi sayısını azaltmada ve nematod ile enfekte olan buğday bitkilerinin büyümesinde önemli etkiye neden olmuştur. *Meloidogyne javanica* ur sayısı NPK (azot, fosfor, potasyum taban gübresi) veya üre gübresi uygulandığında azalmaktadır (Irshad vd., 2006). NPK ile birlikte nematisit Oxamyl'in *M. incognita*'yı kontrol altına aldığı ve domates verimi artışı üzerinde önemli bir artış sağlandığı bilinmektedir (Hamida vd., 2015). Farahat vd., (2012) ise kompostun ticari NPK ile kombinasyonunun *M. incognita*'nın kontrolünde ve domates verimini arttırmada etkili olduğunu bulmuştur. Ketabchi vd. (2016), *M. incognita*'yı baskılamada *Serratia* sp. bakterisi uygulaması ile üre gübresi kombinasyonunun *Pseudomonas fluorescens* CHA0 ve *P. putida* uygulamalarından daha etkili olduğunu tespit etmişlerdir. Buğdayda kök lezyon nematodu *Pratylenchus thornei* zararının, bitki üstlerindeki N ve P konsantrasyonlarını ve alımlarını sınırlayarak buğday verimini azalttığı, erken başlayan ve bitkinin yaşamı boyunca devam eden zayıf büyümeye neden olduğu bildirilmektedir (Thompson & Clewett, 2021). Bazı araştırmacılar nematod popülasyonundaki baskılamanın, kimyasalların NPK ile birlikte uygulanmasında arttığını belirtmişlerdir (Hemmatia & Saeezadehb, 2020; Abbas vd. 2022).

Bitkiler ATP, şekerler ve nükleik asitlerin oluşması için fosfora ihtiyaç duymaktadır. Fosfor (P), hücre bölünmesi, çiçek ve meyve oluşumunda önemli rol oynar. Bitkilerin olgunlaşmasını hızlandırır. Bitkinin hastalık etmenleri ve zararlılara karşı direncini artırır. Bitki köklerinin suyu almasını düzenleyerek suyun etkili bir şekilde kullanılmasını sağlar (Bolat & Kara, 2017). Nematodların kontrolünde fosforun etkisi, kullanılan kaynağa bağlı olarak değişebilir. Üçlü süperfosfat şeklinde fosfor uygulaması, soya fasulyesi, mısır ve pamukta kullanıldığında *P. scribneri*'in kontrolünde tek süperfosfat uygulamasından daha etkili olmuştur (Collins & Rodríguez-Kábana, 1971). Mikroorganizmaların kontrolünde fosfitin etkinliği 2 faktöre bağlanmaktadır. Birincisi, patojenlere karşı doğrudan mikrobik etkinliktir (Guest & Grant, 1991). İkincisi, fitoaleksinlerin üretimi gibi bitki savunma mekanizmalarını uyarabilme kabiliyetidir (Derks & Creasy, 1989). Potasyum fosfit mısırdaki *P. brachyurus* popülasyonunu önemli oranda azaltmıştır (Dias-Arieira vd., 2012b). Salgado vd. (2007), potasyum fosfit uygulamasının *M. exigua* larvalarında doğrudan öldürücü etkisi olmadığını ancak larvaların ur oluşturma süresini uzattığını ve bitkinin bu sürede daha dayanıklı hale geldiğini dolayısıyla bitkinin daha az zarar gördüğünü bildirmişlerdir. Carling vd. (1996), sera koşullarında yer fıstığında bitki büyümesi ve verimde iki arbusküler mikorizal fungus (AMF), *M. arenaria* ve fosfor (P) gübrelemesinin (0, 25, 75 ve 125 mg/g toprak) bireysel ve kombine etkilerini belirlemiştir. En iyi büyüme ve verim, 75 ve 125 mg P uygulamasında bulunmuştur. İki düşük P seviyesinin AMF ile olan kombinasyonunda bitki gelişiminin AMF tarafından uyarıldığı ve *M. arenaria* gelişimini azalttığı belirtilmiştir. Yüksek P seviyesinin mikoriza kombinasyonu ise bitki toleransını arttırmış ve *M. arenaria* daha fazla yumurta paketi ve gal oluşturmuştur. Azotun yanı sıra, fosforun kök gelişimini arttırdığı ve kök soğurma kapasitesi ile birlikte konakçı toleransını arttırdığı (Hussey & Roncadori, 1982) ve nematod çoğalmasını olumsuz etkileyen toprak pH'sını azalttığı bilinmektedir (Pant vd., 1983).

Potasyum (K) enzim ve koenzimlerin aktivasyonunda, fotosentez, protein, nişasta oluşumu ve şeker transferi olaylarında bitkiler tarafından kullanılmaktadır (Bolat & Kara, 2017). Potasyum ile yeterli bitki beslemenin yapılmasının, patojenlerin penetrasyonuna ve gelişimine karşı artan direnç nedeniyle hastalık oluşumunu azalttığı düşünülmektedir ve hastalıklar üzerinde en fazla etkiye sahip besin olarak kabul edilmektedir. Perrenoud (1990), 2449 kaynağı tarayarak yaptığı çalışmada K'nın fungal hastalıklarının görülme sıklığını %70, bakteri sayısını %69, böcekleri ve akarları %63, virüsleri %41 ve nematodları %33 oranında düşürdüğünü bildirmiştir. Barbosa vd. (2010), dirençli ve duyarlı soya fasulyesi çeşitlerinde *H. glycines* popülasyonları üzerinde potasyumlu gübre (tekli ve çoklu dozlar) kullanımını değerlendirmiş ve hassas çeşitte artan potasyum dozlarının, kök sisteminde dişi sayısını ve nematod üreme faktörünü azalttığını gözlemlemiştir. Potasyumlu gübreler bitkinin kök sistemini artırdığı için turuncgillerde *Tylenchulus semipenetrans* ve pamukta *Rotylenchus reniformis* nematod popülasyonlarında artışa neden olmuştur (Pettigrew vd., 2005). Pamukta mevcut potasyum düzeyinin yüksek olması durumunda *R. reniformis* zararının daha düşük olduğu bildirilmektedir (Oteifa & Elgindi, 1976). Potasyumdan eksik koşullar altında yetiştirilen pamuk bitkilerinde *M. incognita* daha fazla gal oluşturmuştur (Minton & Ebelhar, 1991). Hanson vd. (1988), tarlada yetiştirilmiş soya fasulyesi bitkilerinde farklı K uygulamaları arasında soya kist nematodunun oluşturduğu kist sayıları arasında fark bulamamıştır. Spiegel vd. (1982), K+ besin faktörünün nematodun erkek/dişi oranı üzerinde herhangi bir etkisi olmadığını saptamıştır. Arslan vd. (2020), potasyum uygulamasının domates bitkilerinde *M. incognita*'nın verdiği zararı azaltabileceğini belirtmişlerdir. Domateste bitki büyümesini iyileştirmede ve *M. incognita*'nın baskılanmasında N+P uygulamasının N+K ve P+K uygulamalarından daha etkili olduğu bulunurken, NPK üçlü uygulamanın tüm uygulamalardan daha etkili olduğu bildirilmiştir (Abbas vd., 2022).

Kalsiyum (Ca) hücre duvarı yapısını düzenleyen bitki besin elementi olarak bilinmektedir ve protein oluşumunda ve karbonhidratların taşınmasında önemli rol oynar (McCauley vd., 2009). Kalsiyum bitkilerde kök salgısı üzerinde etkilidir. Yeterli kalsiyumun olması durumunda bitkiler hastalıklara karşı daha dayanıklıdır (Epstein & Bloom, 2004; Kacar & Katkat, 2010). Kalsiyum eksikli bitkiler nematod saldırısına karşı daha hassastır (Hurchanik vd., 2003). Kabuklu karides (CaC<sub>2</sub>) uygulaması, *M. incognita*'nın ur, yumurta paketi ve larvaların sayısını azaltmada etkili olmuştur (Mohamed & Youssef, 2009). Kalsiyum oranının artırılması, hücrelerin direncini artırmakta ve nematodun kök enfeksiyonunu azaltmaktadır (Rocha vd., 2006). Oteifa & El-Gindi (1962), *M. incognita* ile enfekte domates bitkisinin üst kısmında düşük konsantrasyonlarda NPK, sodyum, kalsiyum ve magnezyum bulmuş ve aşırı derecede ur bulunan domates köklerinin yeterli miktarda besleyici maddeyi vejetatif organlara aktaramadıklarını göstermiştir. Dutra vd. (2004), fasulye, domates ve kahvede kalsiyum silikat uygulanan köklerde *Meloidogyne* türlerinin yumurta paketi ve yumurta sayısında azalma olduğunu bildirmiştir.

Magnezyum (Mg) fotosentezde önemli bir rol oynadığı için hayatın devamlılığını sağlayan anahtar elementlerden birisidir. Ayrıca ATP'nin yapımında, protein sentezinde, çok sayıda enzimin aktivasyonunda, fosfor gibi diğer elementlerin alınmasında, karbon dioksit asimilasyonunda rol oynamaktadır (Gardiner & Miller, 2008; McCauley vd., 2009; Kacar & Katkat, 2010; Bolat & Kara, 2017). Magnezyumun değişik formları mevcuttur ve nematod ile yapılan çalışmalarda daha çok sülfat formunun kullanıldığı görülmüştür. Magnezyum sülfat (MgSo<sub>4</sub>)'ın soya fasülyesinde *M. incognita* enfeksiyonu önemli oranda baskılandığı belirtilmiştir (Kheir vd., 2009). Gad (2013), sera koşulları altında bamyada magnezyum sülfatın 15 g/bitki uygulamasının *M. incognita* gelişiminin azaltılmasında etkili bulmuştur. Magnezyum oksit nanopartiküllerinin in vitro koşullarda *M. incognita*'nın yumurtadan larva çıkışı engellediğini ve larvalar üzerinde öldürücü etkisi olduğu bildirilmiştir (Khan vd., 2022a).

Kükürt (S) organik maddenin yapısına giren bir elementtir. Aminoasitlerden sistein, sistin ve metionin ile proteinlerin bileşiminde bulunur. Klorofil oluşumu için gereklidir (Bolat & Kara, 2017). Kükürt bitkilerin hastalıklara karşı direncini artırır, bitkilerin kök bölgesinden besin maddelerini daha rahat almasını sağlar, meyvelerin kalitesini artırır ve muhafazada direnç kazandırır. Ayrıca toprak yapısını iyileştirerek fazla gübre kullanımını önler (Güneş & Sönmez, 2019). Kükürt uygulamasının süper oksid dismutaz (SOD) enzim aktivitesini artırdığı ve bitki dayanıklılığının arttığı bilinmektedir (Bybordi & Mamedov, 2010; Zenda vd., 2017; Shoja vd., 2018). Nematod gibi çeşitli stres koşullarına maruz kalan bitkilerde bitki toleransının artırılması için S uygulamaları büyük önem arz etmektedir. Rumiani vd. (2016), hıyarda toprağa 100 mg/kg sülfür uygulamasında *M. incognita*'nın üremesinin %70 oranında baskılandığını bulmuşlardır.

Çinko (Zn) içeren 80'den fazla protein bildirilmiştir. Karbonik anhidraz, süperoksit dismutaz ve alkol dehidrojenaz enzimlerinde olduğu gibi, birçok enzim aktif bölgede çinko gerektirir. Diğer enzimlerde, çinko proteinin ayrılmaz bir bileşenidir ancak aktif bölgenin yakınında değildir. Çinko iyonları, DNA'ya bağlanan protein alanının konformasyonunu düzenler. Bu hususlar, çinko eksikliğinin büyüme üzerindeki inhibe edici etkilerinden birinin yetersiz protein sentezinden kaynaklanabileceğini göstermektedir (Epstein & Bloom, 2004). Nematodlar eksudatlar tarafından çekildiğinden, çinko eksik bitkilerdeki yüksek kök sızıntısı bu parazitleri çekebilir ve bu nedenle enfeksiyon sürecini hızlandırır (Streeter vd., 2001). Bununla birlikte, çinko *Pseudomonas aeruginosa* IE-6S ve *P. fluorescens* CHA0'un aktivitesini arttırmış ve *M. javanica*'nın biyolojik kontrolüne yardımcı olmuştur (Siddiqui & Shaukat, 2002). Siddiqui vd. (2002), tek başına veya *P. aeruginosa* IE-6S ile kombine edilmiş olsun olmasın, kg<sup>-1</sup> toprak başına 0.8 veya 1.6 mg çinko uygulandığında topraktaki değişikliklerin *M. javanica*'nın domates köklerine penetrasyonunu önemli ölçüde azalttığını doğrulamıştır. Shaukat & Siddiqui (2003), çinkonun tek başına uygulandığı durumlarda bile *M. javanica* sayısının azalmasına neden olduğunu bildirmiştir. Bu çalışmalar çinko'nun, biyokontrol olarak kullanılan bakterilerin antimikrobik polipeptid biyosentezini uyarması, mikrobik toplulukların yapısını ve bitkilerin fizyolojisini değiştirmesi nedeniyle nematodların kontrolünde kullanılabilirliğini göstermektedir (Siddiqui & Shaukat, 2002; Shaukat & Siddiqui, 2003). Charegani vd. (2010), hıyar yetiştirilen serada yürüttükleri çalışmada 100 mg/kg azot, 100 mg/kg fosfor, 5 mg/kg çinko ve 2.5 mg/kg demir uygulamışlar ve bitki büyüme parametrelerinde önemli bir artış tespit etmişlerdir. Bununla birlikte serada *M. incognita* ur ve yumurta paketi sayısında önemli düşüşler bulunmuştur.

Manganez (Mn), tirozin gibi aromatik amino asitler ile lignin ve flavonoidler gibi bir dizi diğer ikincil bileşiğin biyosentezinden sorumludur (Barker & Pilbeam, 2007). Mn<sup>+2</sup>, fenilalanin amonyak liyaz (PAL) enzimini etkiler ve lignin biyosentezi için gerekli olan peroksidazları uyarır. Manganez eksik bitkilerdeki düşük lignin içeriği, bu elementin lignin biyosentezindeki bir dizi aşamada ihtiyaç duyulduğunun bir göstergesidir ve kök materyali miktarındaki azalma, patojen saldırısına karşı bitki direncini düşürmeye katkıda bulunur (Marschner, 1997). Hurchanik vd. (2004), *M. konaensis*'in kahve plantasyonlarında manganez ve bakırın emilmesini önemli ölçüde

azalttığını gözlemlemiştir. Coyne vd. (2004), regresyon analizi sonucu *M. incognita* ile Mn ve Ca arasında, *P. zae* ile Zn veya demir (Fe) arasında negatif bir korelasyon olduğunu ortaya koymuştur.

Bakır (Cu) hücre duvarlarının oluşumunu ve kimyasal bileşimini etkiler (Marschner, 1997). Fancelli (2008), Cu ve Mn'nin bitki savunmasında en önemli mikro besin elementleri olduğunu bildirmektedir. Pestisit olarak bakır bazlı formülasyonlar, bitki korumada uzun süredir kullanılmaktadır. Nano boyutlardaki bakır, önemli ölçüde daha düşük bir oranda daha büyük bir aktif bakır formu oluşturmaktadır. Bakır nanoparçacıklarının ve bunların kompozitlerinin çeşitli bitki hastalıklarını ve mikroorganizmaları kontrol etmede potansiyel oldukları belirtilmiştir (Ingle vd., 2014; Van-Viet vd., 2016). Khan vd. (2022b), bakır oksit nanopartiküllerinin (CuONPs) *M. incognita*'nın neden olduğu kök enfeksiyonunu önemli ölçüde azalttığını göstermiştir.

Toprağa uygulanan sodyum azidin granül formülasyonlarının yabancı otlara, nematodlara ve toprak kaynaklı fitopatogenik mantarlara karşı geniş spektrumlu etkinliğe sahip olduğu bilinmektedir (Rodríguez-Kábana & Robertson, 2000a,b).

## 2. Sonuç ve Öneriler

Bitki paraziti nematodların mücadelesi oldukça zordur. Bu organizmalarla mücadele edebilmek için farklı yöntemleri birlikte uygulamak gerekebilir. İnorganik gübrelerin kullanımının nematod popülasyonunun düşürülmesinde etkili olduğu görülmektedir. Gübrelemenin tek başına bitki paraziti nematodları kontrol etmesi söz konusu değildir. Bu nedenle, gübreleme programları entegre mücadele yöntemlerine ilave edilmelidir. Bazı araştırmacılar nematod popülasyonundaki baskılamının, kimyasalların NPK ile birlikte uygulanmasında arttığını bildirmiştir. Makro ve mikro besin maddelerinin toprağa dengeli bir şekilde uygulanması, bitkinin nematodların neden olduğu zararlardan daha az etkilenmesine imkan sunmaktadır. Ayrıca besin elementleri konukçu bitkide direnç ya da toleransı artırabilmektedirler. Ancak mineral beslenmenin nematodlardan kaynaklanan zararlar üzerine etkisi hakkında çok az çalışma bulunmaktadır. Bitki paraziti nematod ve bitki besin elementleri ile ilgili ayrıntılı çalışmaların yapılması gerekmektedir. Nematodlara karşı mücadele için entegre sistem içerisinde yeni gübreleme programlarının oluşturulması ve bitki besin elementleri ile nematod uygulamalarının interaksiyon çalışmaları yapılmalıdır.

## Kaynaklar

1. Abbas H., Nazir Javed, M. K. & Khan S. A. (2022). Impact of Integrative Management Strategies on the Reproduction of Root Knot Nematode, *Meloidogyne incognita*. Pakistan Journal of Zoology, 1-7.
2. Agrios G.N. (2005). Plant Pathology. 5<sup>a</sup> ed. London: Elsevier Academic Press. P. 922.
3. Akhtar M.F. & Malik A. (2000). Role of organic soil amendments and soil organisms in the biological control of plant parasitic nematodes: A review. *Bioresource Technology*, 74 (1): 35- 47.
4. Al-Hazmi A.S. & Dawabah A.A.M. (2014). Effect of urea and certain NPK fertilizers on the cereal cyst nematode (*Heterodera avenae*) on wheat. *Saudi Journal of Biological Sciences*, 21 (2): 191–196.
5. Arslan N., Aksu G. & Altay H. (2020). Potasyumun domateste kök-ur nematodu (*Meloidogyne incognita*) üzerine etkisi. *Trakya Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 21(2), 95-102.
6. Barbosa K.A.G., Garcia R.A., Santos L.C., Teixeira R.A., Araújo F.G., Rocha M.R. & Lima F.S.O. (2010). Avaliação da adubação potássica sobre populações de *Heterodera glycines* em cultivares de soja resistente e suscetível. *Nematologia Brasileira*, 34 (3): 150-157.
7. Barker A.V. & Pilbeam D.J. (2007). Handbook of Plant Nutrition. London: Taylor & Francis Group. P. 613.
8. Bolat İ. & Kara Ö. (2017). Bitki Besin elementleri: kaynakları, işlevleri, eksik ve fazlalıkları. *Bartın Orman Fakültesi Dergisi*, 19 (1): 218-228.
9. Bybordi A. & Mamedov G. (2010). Evaluation of application methods efficiency of zinc and iron for canola (*Brassica napus* L.). *Notulae Scientia Biologicae*, 2(1): 94-103.
10. Cadet P. & Spaul V. (2005). Nematode parasites of sugarcane. In: Luc M, Sikora RA, Bridge J (eds) Plant Parasitic Nematodes in Subtropical and Tropical Agriculture. Wallingford: CAB International, pp. 645-674.
11. Carling D.E., Roncadori R.W. & Hussey R.S. (1996). Interactions of arbuscular mycorrhizae, *Meloidogyne arenaria*, and phosphorus fertilization on peanut. *Mycorrhiza*, 6 (1): 9–13.

12. Charegani H.A., Bideh A.K. & Hamzehzarghani H. (2010). Effect of chemical fertilizers on root-knot nematode (*Meloidogyne incognita*) in greenhouse cucumber cultivation. *Iran Journal of Plant Pathology*, 46 (3): 71-73.
13. Collins R.J. & Rodríguez-Kábana R. (1971). Relationships of fertilizer treatments and crop sequence to populations of lesion nematode. *Journal of Nematology*, 3 (4): 306-307.
14. Coyne D.L., Sahrawat K.L. & Plowright R.A. (2004). The influence of mineral fertilizer application and plant nutrition on plant-parasitic nematodes in upland and lowland rice in cote d'Ivoire and its implications in long term agricultural research trials. *Experimental Agriculture*, 40: 245–256.
15. Derks W. & Creasy L.L. (1989). Influence of fosetyl-Al on phytoalexin accumulation in the *Plasmopara viticola* grapevine interaction. *Physiological and Molecular Plant Pathology*, 3: 203-213.
16. Dias-Arieira C.R., Cunha T.P.L., Chiamolera F.M., Puerari H.H., Biela F. & Santana S. M. (2012a). Reaction of vegetables and aromatic plants to *Meloidogyne javanica* and *M. incognita*. *Horticultura Brasileira*, 30: 322-326.
17. Dias-Arieira C.R., Marini P.M., Fontana L.F., Roldi M. & Silva T.R.B. (2012b). Effect of *Azospirillum brasilense*, Stimulate® and potassium phosphite to control *Pratylenchus brachyurus* in soybean and maize. *Nematropica*, 42 (1): 170-175.
18. Dutra M.R, Garcia A.I.A., Paiva B.R.T.L., Rocha F.S. & Campos V.P. (2004). Efeito do silício aplicado na sementeira do feijoeiro no controle de nematoides das galhas. *Fitopatologia Brasileira*, 29: 172.
19. Epstein E. & Bloom A. (2004). Mineral Nutrition of Plants. Sunderland: Sinauer Associates. P. 380.
20. Fageria N.K. (2009). The Use of Nutrients in Crop Plants. CRC Pres, Boca Raton, Florida, New York.
21. Fageria N.K., Baligar V.C. & Jones C.A. (2011). Growth and Mineral Nutrition of Field Crops. 3rd Edition, CRC Pres, Boca Raton, FL, USA.
22. Fancelli A.L. (2008). Influência da nutrição na ocorrência de doenças de plantas. *Informações Agronomicas*, 122: 23-24.
23. Farahat A.A., Alsayed A.A., El-Beltagi H.S. & Mahfoud N.M. (2012). Impact of organic and inorganic fertilizers on nematode reproduction and biochemical alterations on tomato. *Notulae Scientia Biologicae*, 4(1): 48-55.
24. Ferraz S., Freitas L.G., Lopes E.A. & Dias-Arieira C.R. (2010). Manejo Sustentável De Fitonematoides. Viçosa: Editora UFV. P. 306.
25. Gad S.B. (2013). Role of mineral nutrition on controlling *Meloidogyne incognita* infecting okra Plant under greenhouse conditions. *Journal of Plant Protection and Pathology*, 4(8), 731-738.
26. Gardiner D.T ve Miller R.W. (2008). Soils in Our Environment. 11th Edition, Pearson/Prentice Hall, Upper Saddle Hill, Ne Jersey, USA.
27. Guest D. & Grant B. (1991). The complex action of phosphonates as antifungal agents. *Biological Reviews*, 66 (2): 159-187.
28. Güneş A., & Sönmez O. (2019). Kükürt Uygulamalarına Bağlı Olarak Hıyar Bitkisinin (*Cucumis Sativus* L.) Antioksidant Enzim Aktivitesindeki Değişimler. *Journal of the Institute of Science and Technology*, 9(2), 1186-1192.
29. Hamida A.O., Hoda A.H., Mohamed M.M.M. & Alkelany U.S. (2015). Effect of integrating inorganic fertilizer with either micronema, compost, or oxamyl on suppressing plant parasitic nematode *Meloidogyne incognita* infecting tomato plants under field conditions. *Middle East Journal of Agriculture Research*, 4 (4): 707-711.
30. Hanson P.M., Nickell C.D., Gray L.E. & Sebastian S.A. (1988). Identification of two dominant genes conditioning brown stem rot resistance in soybean. *Crop Science*, 28: 41–43.
31. Hemmatia S. & Saeedizadehb A. (2020). Root-knot nematode, *Meloidogyne javanica*, in response to soil fertilization. *Brazilian Journal of Biology*, 80: 621-630.
32. Huebner R.A., Rodríguez-Kábana R. & Patterson R.M. (1983). Hemicellulosic waste and urea for control of plant parasitic nematodes: Effect on soil enzyme activities. *Nematropica*, 13 (1): 37-54.
33. Hurchanik D., Schmitt D.P., Hue N.V. & Sipes B.S. (2003). Relationship of *Meloidogyne konaensis* population densities to nutritional status of coffee roots and leaves. *Nematropica* 33 (1): 55-64.
34. Hurchanik D., Schmitt D.P., Hue N.V. & Sipes B.S. (2004). Plant nutrient partitioning in coffee infected with *Meloidogyne konaensis*. *Journal of Nematology*, 36 (1): 76-84.
35. Hussey R.S. & Roncadori R.N. (1982). Vesicular arbuscular mycorrhizae may limit nematode activity and improve plant growth. *Plant Disease*, 66 (1): 9-14.
36. Ingle A.P. Duran N. & Rai M. (2014). Bioactivity, Mechanism of Action, and Cytotoxicity of Copper-Based Nanoparticles: A Review. *Applied Microbiology Biotechnology*, 98:1001–1009.

37. Irshad L., Dawar S., Zaki M.J. & Ghaffar A. (2006). Effect of nursery fertilizers on plant growth and the control of *Meloidogyne javanica* root knot nematode on mung bean and okra plants. *Pakistan Journal of Botany*, 38 (4): 1301-1304.
38. Kacar B. & Katkat V. (2010). Bitki Besleme. 5. Baskı, Nobel Yayın Dağıtım Tic. Ltd. Şti, Kızılay-Ankara.
39. Ketabchi S., Charehgani H. & Majzooob S. (2016). Impact of rhizosphere antagonistic bacteria and urea fertilizer on root knot nematode (*Meloidogyne incognita*) under green house condition. *The Journal of Animal & Plant Sciences*, 26 (6):1780-1786.
40. Khan A.U., Khan M., Khan A.A., Parveen A., Ansari S., & Alam M. (2022a). Effect of Phyto-Assisted Synthesis of Magnesium Oxide Nanoparticles (MgO-NPs) on Bacteria and the Root-Knot Nematode. *Bioinorganic Chemistry and Applications*, 11 pp.
41. Khan A., Bani Mfarrej M.F., Danish M., Shariq M., Khan M.F., Ansari M.S. & Ahmad F. (2022b). Synthesized copper oxide nanoparticles via the green route act as antagonists to pathogenic root-knot nematode, *Meloidogyne incognita*. *Green Chemistry Letters and Reviews*, 15(3), 491-507.
42. Kheir A.M., Al-Sayed A.A. & Saeed M.R. (2009). Suppressive effects of inorganic fertilizers on *M. incognita* infecting soybean. *Egypt J. Agronematol.*, 7(1):9-19
43. Marschner H. (1997). Mineral nutrition of higher plants. London: Academic Press. P. 889.
44. McCauley A., Jones C. & Jacobsen J. (2009). Nutrient management. Montana State University Extension Service. Publication, 4449-9, p.1-16.
45. Minton E.B. & Ebelhar M.W. (1991). Potassium and aldicarb-disulfoton effects on Verticillium wilt, yield and quality of cotton. *Crop Science*, 31: 209-212.
46. Mohamed M.M. & Youssef M.M.A. (2009). Efficacy of calcium carbide for managing *Meloidogyne incognita* infesting squash in Egypt. *International Journal of Nematology*, 19: 229-231.
47. Oborn I., Edwards A.C., Witter E., Oenema O., Ivarsson K., Withers P.J.A., Nilsson S.I.R. & Stinzinger A. (2003). Element balances as a toll for sustainable nutrient management: a critical appraisal of their merits and limitations within an agronomic and environmental context. *European Journal of Agronomy*, 20: 211-225.
48. Oteifa B.A. & El-Gindi D.M. (1962). Influence of parasitic duration of *Meloidogyne javanica* on host nutrient uptake. *Journal of Nematology*, 8: 200-216.
49. Oteifa B.A. & Elgindi A.Y. (1976). Potassium nutrition of cotton, *Gossypium barbadense*, in relation to nematode infection by *Meloidogyne incognita* and *Rotylenchulus reniformis*. Proc. 12th Colloq. Int. Potash Inst. Bern. pp. 301-306.
50. Pant V., Hakim S. & Saxena S.K. (1983). Effect of different levels of N, P, K on the growth of tomato Marglobe and on the morphometrics of root-knot nematode *Meloidogyne incognita*. *Indian Journal of Nematology*, 13 (1): 110-113.
51. Perrenoud S. (1990). Potassium and plant health. Bern: International Potash Institute, 2. ed. P. 363.
52. Pettigrew W.T., Meredith W.R. & Young L.D. (2005). Potassium fertilization effects on cotton lint yield, yield components, and reniform nematode populations. *Agronomy Journal*, 97: 1245-1251.
53. Rice R.W. (2007). The physiological role of minerals in the plant. In: Datnoff LE, Elmer WH, Huber DM (eds.) Mineral nutrition and plant disease, St. Paul, Minnesota: The American Phytopathological Society, pp 9-29.
54. Rocha M.R., Carvalho I., Corrêa G.C., Cattini G.P. & Paolini G. (2006). Efeito de doses crescentes de calcário sobre a população de *Heterodera glycines* em soja. *Pesq. Agropec. Trop.* 36: 89-94.
55. Rodríguez-Kábana R. & Robertson D.G. (2000a). Nematicidal and herbicidal properties of liquid formulation of potassium azide. Annual International Research Conference on Methyl Bromide Alternatives and Emissions Reductions. November 6-9, 2000. Orlando, FL Page 8-1.
56. Rodríguez-Kábana R. & Robertson D.G. (2000b). Nematicidal and herbicidal properties of potassium azide. *Nematropica*, 30: 146-147.
57. Rodríguez-Kábana R. (1986). Organic and inorganic nitrogen amendments to soil as nematode suppressants. *Journal of Nematology*, 18 (2): 129-135.
58. Rumiani M., Karegar A., Hamzehzarghani H., & Banihashemi Z. (2016). Effect of elemental sulfur on the root-knot nematode, *Meloidogyne incognita*, activities in cucumber plants. *Iranian journal of plant pathology*, 52(1).
59. Salgado S.M.L, Resende M.L.V. & Campos V.P. (2007). Efeito de indutores de resistência sobre *Meloidogyne exigua* do cafeeiro. *Ciênc. Agrotecnology*, 31: 1007-1013.
60. Seifi S. & Bide A.K. (2013). Effect of mineral fertilizers on cereal cyst nematode *Heterodera filipjevi* population and evaluation of wheat. *World Applied Programming*, 3 (4): 137-141.
61. Shaukat S.S. & Siddiqui I.A. (2003). Zinc improves biocontrol of *Meloidogyne javanica* by the antagonistic rhizobia. *Pakistan Journal of Biological Sciences*, 6 (6): 575-579.

62. **Shoja T., Majidian M., & Rabee M. (2018).** Effects of zinc, boron and sulfur on grain yield, activity of some antioxidant enzymes and fatty acid composition of rapeseed (*Brassica napus* L.). *Acta Agriculturae Slovenica*, 111(1), 73-84.
63. **Siddiqui I.A., Shaukat S.S. & Hamid M. (2002).** Role of zinc in rhizobacteriamediated suppression of root-infecting fungi and root-knot nematode. *Journal of Phytopathology*, 150 (10): 569-575.
64. **Siddiqui I.A. & Shaukat S.S. (2002).** Zinc and glycerol enhance the production of nematicidal compounds in vitro and improve the biocontrol of *Meloidogyne javanica* in tomato by fluorescent pseudomonads. *Letters in Applied Microbiology*, 35: 212-217.
65. **Sinha A.K. & Neog P.P. (2003).** Effect of different levels of NPK fertilizers against citrus nematode *Tylenchulus semipenetrans* on khasi mandarin. *Indian Journal of Nematology*, 33 (1): 61- 62.
66. **Spiegel Y., Cohn E., Kafkafi U., & Sulami M. (1982).** Influence of potassium and nitrogen fertilization on parasitism by the root-knot nematode *Meloidogyne javanica*. *Journal of Nematology*, 14(4): 530.
67. **Streeter T.C., Rengel Z., Neate S.M. & Graham R.D. (2001).** Zinc fertilization increases tolerance to *Rhizoctonia solani* (AG 8) in *Medicago truncatula*. *Plant Soil*, 228: 233-242.
68. **Thompson J.P. & Clewett T.G. (2021).** Impacts of root-lesion nematode (*Pratylenchus thornei*) on plant nutrition, biomass, grain yield and yield components of susceptible/intolerant wheat cultivars determined by nematicide applications. *Agronomy*, 11(2), 296.
69. **Van-Viet P., Nguyen H.N., Cao T.M. & Van hieu L. (2016).** Fusarium Antifungal Activities of Copper Nanoparticles Synthesised by a Chemical Reduction Method. *Nanomat* Article ID 1957612.
70. **Viaene N., Coyne D.L. & Davies K.G. (2013).** Biological and Cultural Management. In: Perry R. N. and Moens, M. (Eds.). *Plant Nematology*, 2nd edition. CABI Wallingford, UK. pp: 383-410.
71. **Zambolim L. Costa H. & Vale F.X.R. (2001).** Efeito da nutrição mineral sobre doenças de plantas causadas por patógenos de solo. In: Zambolim L (ed) Manejo integrado fitossanidade: cultivo protegido, pivô central e plantio direto. Viçosa: Editora UFV. 347-408.
72. **Zenda T., Liu S., Yao D., Liu Y., Duan H. (2017).** Effects of sulphur and chlorine on photosynthetic parameters, antioxidant enzyme activities and yield in fresh corn grown under field conditions. *International Journal of Agronomy and Agricultural Research*, 11(6): 32-45.