

POTASYUMUN DOMATESTE KÖK-UR NEMATODU (MELOIDOGYNE INCOGNITA) ÜZERİNE ETKİSİ

Naile ARSLAN¹, Gizem AKSU^{1*}, Hamit ALTAY¹

¹ Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Ziraat Fak., Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Böl., Çanakkale/Türkiye

Makale Künye Bilgisi:

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.

Öne Çıkanlar

- Nematodun bitki üzerinde oluşturduğu stres sonucu yaprak oransal su içeriği uygulanan potasyum dozlarıyla artış göstermiştir.
- Nematodun bitki üzerinde oluşturduğu stres sonucu bitkide meydana gelen membran zararı uygulanan potasyum dozlarıyla azalmıştır.
- Köklerin urlanma yoğunluğu potasyum dozu arttıkça azalmıştır.

Makale Bilgileri

Öz

Makale Tarihiçesi:

Geliş:
8 Eylül 2020
Kabul:
30 Aralık 2020

Anahtar Kelimeler:

Domates;
Kök-ur nematodu;
Potasyum

Bu çalışmada; kök-ur nematodunun, domates bitkisi üzerindeki zararının potasyumla azaltılması amaçlanmıştır. Deneme bitki yetiştirme odasında; potasyumun 4 farklı dozu (10, 20, 40, 80 mg kg⁻¹ K) ve 2 farklı nematod durumuyla (var, yok) 4 tekerrürlü olarak tesadüf blokları deneme desenine göre kurulmuştur. Bitkiler kum kültüründe, Hoagland besin solüsyonuyla yetiştirilmiştir. Bitkinin stresten etkilenme seviyesini değerlendirmek için hasattan sonra yaprak oransal su içeriği, membran zararlanması, klorofil a, klorofil b, toplam klorofil ve karotenoid içerikleri belirlenmiştir. Denemeden elde edilen veriler MINITAB 17.0 istatistik programıyla değerlendirilmiştir.

Sonuçlara göre; köklerdeki urlanmalar, 0-10 ur skalasına göre düşük potasyum dozlarında (10, 20 mg kg⁻¹ K) yüksek potasyum dozlarına (40, 80 mg kg⁻¹ K) göre artmıştır. Potasyum uygulamaları ölçümleri yapılan parametreleri istatistiksel olarak etkilememiştir. Nematodun her iki (evet, hayır) durumunda da, potasyum dozu arttıkça, yaprak oransal su içeriği artarken, membran zararı azalmıştır. Elde edilen sonuçlara göre potasyum uygulamasının domates bitkilerinde kök-ur nematodunun (Meloidogyne incognita) verdiği zararı hafifletebileceği söylenebilmektedir.

THE EFFECT OF POTASSIUM ON ROOT-KNOT NEMATODE (MELOIDOGYNE INCOGNITA) IN TOMATO

Article Info

Abstract

Article History:

Received:
September 8, 2020
Accepted:
December 30, 2020

Keywords:

Tomato;
Root-knot nematode;
Potassium

In this study, the aim was to reduce the damage of the root-knot nematode (Meloidogyne incognita) on tomato plants by potassium application. The experiment was designed according to a design of random blocks with 4 different doses (10, 20, 40, 80 mg kg⁻¹ K) of potassium and 2 different nematode statuses (yes, no) and 4 replicates. In the study, registered nasal variety tomato seedlings sensitive to nematode were used and the plants were grown with Hoagland nutrient solution. At the end of the experiment the growth rate of the roots was evaluated according to the 0-10 scale, and leaf proportional water content, membrane damage, chlorophyll a, chlorophyll b, total chlorophyll and carotenoid contents were determined. The data obtained from the experiment were evaluated by one-way analysis of variance (One-Way ANOVA) using a statistical program.

According to the root knot scale, it was observed that the growth in the roots increased at low potassium doses (10, 20 mg kg⁻¹ K) compared to high potassium doses (40, 80 mg kg⁻¹ K). Potassium application statistically (P < 0.05) not affected the membrane damage, chlorophyll a, chlorophyll b, total chlorophyll, carotenoid and leaf proportional water content. In both (yes, no) statuses of the nematode, as the potassium dose increased, the leaf proportional water content increased, while membrane damage decreased. According to the results, it can be said that potassium application can alleviate the damage of root-knot nematode (Meloidogyne incognita) on tomato plants.

1. Giriş

İnsanların beslenme ihtiyacını karşılayabilmek için sınırlı tarım alanlarından daha fazla ürün almak zorunlu bir hal almıştır ancak bitki gelişimini sınırlandıran koşullar bunu zorlaştırmaktadır. Stres, optimum çevre koşullarının dışında bitki büyüme, gelişme ve verimliliğini olumsuz etkileyen, koşullar olup, tarım alanlarının sadece % 10' u strese maruz kalmamaktadır (Dudal, 1976). Önemli fizyolojik ve metabolik değişimlere yol açan stres faktörleri bitkide büyüme ve gelişmeyi olumsuz etkilerken, ürünlerde miktar ve kalitede düşümlere neden olmaktadır. Potasyum (K), en fazla alınan bitki besin elementlerinden biri olmakla birlikte fotosentez ve nişasta sentezini artırır, su, besin elementi ve fotosentez ürünlerinin taşınmasını ve depo edilmesini sağlar. Turgoru düzenler, su kaybıyla oluşan solgunluğu önler (Marschner, 1995). Bunların yanı sıra potasyumun çeşitli streslere karşı bitkiyi koruduğu, hastalık ve zararlılara karşı bitkilerin dayanıklılığını arttırdığı daha önce yapılan çalışmalarla ortaya konmuştur (Wang ve ark. 2013; Aksu ve Altay, 2020).

Domates (*Solanum lycopersicum* L.), çok fazla kullanım alanı olmasından dolayı dünyada en çok üretimi yapılan ve ticareti gerçekleştirilen ürünlerden biridir. FAO'ya göre (2016) domates 177 milyon ton üretimiyle yaş sebze üretiminin % 13'ünü oluşturmaktadır. Türkiye 12,6 milyon tonluk üretimiyle dördüncü sırada yer almaktadır. Çeşitli hastalık ve zararlılar domateste ciddi verim kayıplarına neden olmaktadır. Bunlardan biri kök ur nematodlarıdır (*Meloidogyne* spp.) ve dünya genelinde domateste %42-54 oranında verim azalmasına neden olmaktadır (Netscher ve Sikora 1990).

Önemli konukçularından biri domates olan kök-ur nematodları (*Meloidogyne* spp.) geniş bir dağılım alanı göstermekte ve tarımsal üretimde ciddi

ekonomik kayıplara neden olmaktadır. Dünyada bitki parazit nematodları ürün verimini %11 azaltırken (Agrios 2005), kök ur nematodları sebze verimini %50-80 azaltmaktadır (Siddiqi 2000). Bitki köklerinde endoparazit şeklinde yaşayan kök-ur nematodlarının hayat döngüsünün kısa olması ve üreme gücünün yüksek olmasından dolayı mücadeleleri zordur ve kimyasal mücadele en çok kullanılan yöntemlerden biridir (Trudgill ve Blok 2001, Manzanilla-Lopez ve ark. 2004, Nyczepir ve Thomas 2009). Kullanılan kimyasalların maliyetlerinin yüksek olması ve sürdürülebilir tarım açısından tehdit oluşturmaya başlamasından dolayı, kimyasal uygulamaların azaltılması için farklı mücadele yöntemleri üzerine yapılan yeni araştırmalar artış göstermiştir (Lopez-Perez ve ark. 2005, Pattison ve ark. 2006).

Bu çalışmayla ülke ve dünya ekonomisinde önemli bir yeri olan domates bitkisinin çeşitli streslere karşı bitkinin dayanıklılık mekanizmasına katkıda bulunduğu bilinen potasyumun, kök-ur nematodunun bitkide yarattığı stresin etkilerini hafifletmesi, stresten etkilenme seviyelerinin belirlenmesi amaçlanmıştır.

2. Materyal ve Yöntem

Deneme Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Ziraat Fakültesi Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü'ne ait olan bitki yetiştirme odasında yürütülmüştür. Denemede nematoda duyarlı tescilli Nazal çeşit domates fideleri kullanılmıştır. Denemede ortam olarak kimyasal reaksiyona girmeyen, tuzluluk sorunu yaratmayan, otoklavda sterilizasyonu yapılmış kum ortamı kullanılmıştır. Deneme; potasyumun 4 farklı dozu (10, 20, 40, 80 mg kg⁻¹ K) ve 2 farklı nematod durumu (var, yok) ile 4 tekerrürlü olarak planlanmış, tesadüf blokları deneme desenine göre kurulmuştur.

Nemtodla (*Meloidogyne* spp.) bulaşık domates bitkisi kökleri 2-3 cm boyunda kesildikten sonra oluşmuş olan yumurta paketleri yumuşak ve ince uçlu bir pens yardımıyla stereo-mikroskop altında bitki köklerinden ayıklanmıştır. Yumurtalardan ikinci dönem larvalarının elde edilmesi için yumurta paketleri köklerden ayrıştırılmış ve petri kaplarında saf su içinde bekletilmiştir. Saf su periyodik aralıklarla yenilenmiş ve petri kaplarından alınan nematod süspansiyonu 100 ml'lik mezürde 4 saat süreyle bekletilmiştir. Süspansiyon örneklerindeki nematodların sayımı ışık mikroskopunda elde edilen ikinci dönem larvalarının sayılmasıyla gerçekleştirilmiştir. İhtiyaç duyulan nematod popülasyonu bu yöntemle elde edilmiştir. Fidelerin şaşırtıldığı saksılara *Meloidogyne incognita* ikinci dönem larvaları inoküle edilmiştir. Nematod inokülasyonları bitki kök boğazından 3-4 cm mesafede, 4-5 cm derinlik ve 1 cm çapında açılan oyuklara yapılmıştır. Her bir oyuğa her bir saksı için sayılmış olan 5 bin adet *Meloidogyne incognita* ikinci dönem larva 20 ml sulama suyunda homojen bir şekilde verilmiştir. Bitkiler Hoagland Besin Solusyonu ile 2 ay boyunca yetiştirilmiştir.

Hasat işleminden sonra; oransal su içeriği, membran zararlanma indeksi, klorofil miktarı, köklerin urlanma durumu belirlenmiştir.

Oransal su içeriği

Bitkiden alınan yaprak kesitlerinin yaş ağırlıkları (YA) belirlendikten sonra aynı kesitler 4 saat saf suda bekletilerek turgor hale getirilmiş, kesitlerin turgor ağırlıkları (TA) belirlenmiştir sonra aynı kesitler 65 °C'de 48 saat kurutmuş kuru ağırlıkları (KA) belirlenmiştir. Oransal su içeriği (OSİ) aşağıdaki formülle hesaplanmıştır (Barr ve Weatherley 1962, Sairam ve ark., 2002).

$$OSİ = [(YA - KA) / (TA - KA)] \times 100$$

YA: Yaş ağırlık, KA: Kuru ağırlık, TA: Turgor durumundaki ağırlık

Membran Zararlanma İndeksi

Bitkiden alınan kesitler saf suda 5 saat bırakıldıktan sonra elektriksel iletkenlik (EC) ölçülmüş (C1), aynı kesitler 100°C'de 10 dakika bırakıldıktan sonra EC değeri yeniden ölçülmüştür (C2). Elde edilen değerlerden aşağıdaki formülle membran zararlanması belirlenmiştir (Dlugokecka ve Kacperska-Palacz, 1978).

$$\text{Membran zararlanması (\%)} = (C1 - C2 / 1 - C2) \times 100$$

Klorofil miktarı

Yaprak örneklerinde fotosentetik pigment analizi için buzda bekletilen bitki yaprak dokularından 0.5 g örnek alınmış porselen havanda 10 ml %80'lik aseton yardımıyla ekstrakte edilmiştir. Santrifüjde 3000 rpm devirde 20 dakika santrifüjlenmiş 662 nm, 645 nm ve 470 nm dalga boylarında spektrofotometrede ölçümler gerçekleştirilmiştir. Lichtentaler ve Wellburn (1985) 'e göre aşağıdaki formüller kullanılarak klorofil a, klorofil b, toplam klorofil ve karotenoid miktarları hesaplanmıştır.

Çizelge 1: Kökler için urlanma skalası (Bridge ve Page, 1980).

Skala	Kök Durumu
Değeri	
0	Urlanma yok
1	Kolay ve göze çarpmayan küçük urlar
2	Ana kökte olmayan küçük urlar
3	Ana kökte olmayan bazıları büyük urlar
4	Ana kökte olmayan tamamı büyük urlar
5	Köklerin yarısı urlu bazı urlar ana kökte
6	Ana kökte urlanma açık bir şekilde görülmekte
7	Kökün büyük bir bölümü urlu
8	Tüm kök urlu sekonder kökte urlanma yok
9	Tüm kök çok urlu bitki ölüme yaklaşmış

Klorofil a mg/l = (A663 x 12,70) – (A645 x 2,69)

Klorofil b mg/l = (A645 x 22,90) – (A663 x 4,68)

Karotenoid mg/l = (A480 + (A663 x 0,114) – (A645 x 0,638)) /112,5

Toplam klorofil = (20,2 x A645) + (8,02 x A663)

Uurlanma durumu

Elde edilen köklerin urlanma durumları Çizelge 1’de verilen 0-10 arası urlanma skalasına göre belirlenmiştir.

Denemeden elde edilen verilerin varyans analizleri (ANOVA), geliştirilmiş lineer model (GLM) kullanılarak istatistik paket programıyla yapılmıştır. Varyans analizinde aşağıdaki matematiksel model kullanılmıştır:

$$Y_{ijk} = \mu + G_i + S_j + GS_{ij} + M_k + e_{ijk}$$

Burada: Y_{ijk} : gözlenen değer, μ : populasyon ortalaması, G_i : potasyumun etkisi i ($i=1, 2, 3, 4$), S_j : nematodun etkisi j ($j=1, 2$), GS_{ij} potasyum x nematodunun etkisi, M_k : tekerrürün etkisi k ($k = 1, 2, 3, 4$), e_{ijk} : tesadüfi hata terimi’ dir.

3. Bulgular ve Tartışmalar

Elde edilen sonuçlara göre oransal su içeriği ve membran zararlanması açısından; nematod durumu

ve potasyum uygulamaları arasında sayısal bir fark olmasına rağmen istatistiksel olarak bir fark bulunmamıştır (Çizelge 2). Oransal su içeriği açısından nematodla ilgili literatürde direkt bağlantılı bir çalışma bulunmamış olsa da bitkilerin stres karşısında yaprak oransal su içeriğinde azalma olabileceği birçok araştırmacı tarafından vurgulanmıştır (Sanchez-Rodriguez ve ark. 2010; Asgharipour ve Heidari 2011 Aksu ve Altay 2020). Çizelge 2 incelendiğinde nematod var durumunda oransal su içeriğinin nematod yok durumuna göre azalmıştır. Umar (2006) yaptığı çalışmada potasyum uygulamalarının yaprağın oransal su içeriğini stres koşullarının yanı sıra normal koşullarda da arttırdığını söylemiştir. Potasyum uygulamasıyla bitki oransal su içeriği artmıştır (Çizelge 2). Potasyum dozları, nematod durumuyla karşılaştırıldığında; 40 mg kg⁻¹ potasyum uygulanan bitkilerin nematod var ortamında oransal su içeriği %75,75 iken nematod yok ortamında %77,28 olarak hesaplanmıştır. Sonuçlara paralel olarak Zhang ve diğerleri (2014), yaptıkları çalışmada, potasyum uygulamasının kuraklık stresi altında mısırın yaprak oransal su içeriğini arttırdığını söylemişlerdir. Stres faktörlerinin bitkilere hücresel olarak zarar verdiği özellikle membran stabilitesini bozduğu bilinmektedir.

Çizelge 2: Bitkilerin oransal su içeriği ve membran zararı

Potasyum Dozu (mg kg ⁻¹)	Bitki Oransal Su İçeriği (%)		Bitki Membran Zararı (%)	
	Nematod Var	Nematod Yok	Nematod Var	Nematod Yok
10	73,92	69,38	44,50	42,33
20	70,48	72,65	43,71	35,61
40	75,75	77,28	41,61	32,55
80	85,40	85,90	38,63	31,98

Wang ve Huang (2004) yaptıkları çalışmayla kuraklık stresi altında hücre zarı stabilitesinin önemli ölçüde azaldığını bildirmişlerdir. Elde edilen sonuçlar incelendiğinde nematodun yarattığı

abiyotik stres altında da bitkilerin membran zararının nematod var durumunda artış gösterdiği görülmektedir (Çizelge 2) Potasyum membran bütünlüğünü ve dengesini stabilize etmede, turgorda,

ozmotik basıncı ve stoma hareketini düzenlemede önemli rol oynamaktadır (Maathuis ve Sanders 1996; Kaya ve ark., 2007). Bunun yanında yeterli potasyum kaynağı kök uzamasını arttırmakta ve hücre zarı stabilitesini korumaktadır (Premachandra ve ark., 1991). Bu sonuçlara paralel olarak potasyum dozu arttıkça bitki membran zararı azalmıştır. Sonuçlar incelendiğinde, yüksek potasyum (80 mg kg⁻¹) uygulanan bitkilerde nematod var durumunda membran zararlanması %38,63 iken nematod yok durumunda %31,93 olarak hesaplanmıştır (Çizelge 2).

Elde edilen sonuçlara göre klorofil a açısından; nematod durumu ve potasyum uygulamaları arasında istatistiksel bir fark bulunmamasına rağmen, klorofil b açısından istatistiksel bir fark

bulunmuştur (p<0.01). Sonuçlara benzer olarak Ashraf ve Iram (2005) yaptıkları çalışmada klorofil a ve b ile a/b oranlarının stres koşullarında kontrol bitkilerine göre önemli bir fark oluşturmadığını bildirmişlerdir. Klorofil a miktarı nematod yok ortamında nematod var ortamına göre 10 mg kg⁻¹ ve 40 mg kg⁻¹ potasyum uygulamasında artmış, 20 mg kg⁻¹ ve 80 mg kg⁻¹ potasyum uygulamasında azalmıştır. Klorofil b miktarı ise nematodla bulaşık ortamda 10 mg kg⁻¹ potasyum uygulamasında artmış, 20 mg kg⁻¹ potasyum uygulamasında azalmış, 40 mg kg⁻¹ potasyum uygulamasında artmış, 80 mg kg⁻¹ potasyum uygulamasında azalmıştır (Çizelge 3). Stres altındaki bitkilere yapılan potasyum uygulamasının klorofil içeriğini arttırdığı daha önceki çalışmalarda vurgulanmıştır (Asgharipour ve Heidari, 2011; Wei ve ark. 2013).

Çizelge 3: Klorofil a ve klorofil b içeriği

Potasyum Dozu (mg kg ⁻¹)	Klorofil a Miktarı (mg/l)		Klorofil b Miktarı (mg/l)	
	Nematod Var	Nematod Yok	Nematod Var	Nematod Yok
10	0,03382	0,03409	0,06264 A	0,06094 AB
20	0,03431	0,03430	0,06054 A	0,06264 A
40	0,03405	0,03409	0,06186 AB	0,06015 B
80	0,03444	0,03385	0,06015 B	0,06054 B

Elde edilen sonuçlara göre toplam klorofil ve karotenoid içeriği açısından; nematod durumu ve potasyum uygulamaları arasında sayısal bir fark olmasına rağmen istatistiksel olarak bir fark bulunmamıştır (Çizelge 4). Uygulanan potasyum dozu arttıkça nematod yok durumunun nematod var durumuna göre toplam klorofil miktarında düşüş meydana gelmiştir. Bitkilerin strese karşı toleranslarını desteklediği bilinen karotenoid (Farooq ve ark. 2009) içeriği ise 10 mg kg⁻¹, 20 mg kg⁻¹, 80 mg kg⁻¹ potasyum dozunda nematod yok durumunda artarken, 40 mg kg⁻¹ potasyum dozunda nematod yok durumunda azalmıştır. Melakeberhan

ve ark (1985) fasulyede yaptıkları çalışmada fotosentez oranının ve toplam klorofil içeriğinin nematodların bazı fizyolojik fonksiyonları bozmasından dolayı azaldığını söylemişlerdir. Elde edilen sonuçlar bu çalışmayla benzerlik göstermiş istatistiksel olarak olmasa da toplam klorofil içeriği 20 mg kg⁻¹ potasyum dozu hariç azalmıştır.

Hasat edilen bitki köklerinin 0-10 kök ur skalasına (Bridge ve Page, 1980) göre değerlendirilmesi Çizelge 5'de verilmiştir. Köklerin urlanma yoğunluğu incelendiğinde; potasyum dozu arttıkça urlanma yoğunluğunun azaldığı gözlemlenmiştir.

Çizelge 4: Toplam klorofil ve karotenoid içeriği

Potasyum Dozu (mg kg ⁻¹)	Toplam Klorofil Miktarı (mg/l)		Karotenoid Miktarı (mg/l)	
	Nematod Var	Nematod Yok	Nematod Var	Nematod Yok
10	0,09647	0,09503	0,008419	0,008434
20	0,09485	0,09694	0,008368	0,008495
40	0,09591	0,09424	0,008479	0,008433
80	0,09459	0,09439	0,008371	0,008377

Köklerde göze çarpan ve bazıları ana kökte bulunan urlanmalar 20 mg kg⁻¹ potasyum uygulamasında meydana gelmişken, 80 mg kg⁻¹ potasyum uygulamasında köklerde göze çarpmayan ve daha küçük urlar meydana gelmiştir. Elde edilen sonuçlar Barbosa ve ark., (2010)'nın soya bitkisiyle yaptıkları ve kök sistemindeki dişi sayısının ve nematod üreme faktörünün potasyum uygulamasıyla azaldığını gözlemledikleri çalışmayla benzerlik göstermektedir.

Çizelge 5: Kök ur skalasına göre köklerin ur değerleri

Potasyum Uygulama Dozu (mg kg ⁻¹)	Nematod var
10	4-3-4-3
20	5-3-3-4
40	2-3-2-2
80	2-3-1-2

1: Kolay göze çarpmayan küçük urlar 2: Ana kökte olmayan küçük urlar 3: Ana kökte olmayan bazı büyük urlar 4: Ana kökte olmayan tamamı büyük urlar 5: Köklerin yarısı urlu bazı urlar ana kökte

4. Sonuçlar

Kök ur skalası değerlendirmesine göre; ortamdaki potasyum miktarının kök-ur nematodu (*Meloidogyne incognita*) zararını hafifletebileceği, artan dozlarda uygulanan potasyumun kökte oluşan urların oluşumunu engelleyerek kökteki zararı azalabileceği gözlemlenmiştir. Nematodun bitki üzerinde oluşturduğu stres sonucu bitkide meydana gelen membran zararı uygulanan potasyum dozlarıyla

azalmış, yaprak oransal su içeriği artış göstermiştir. Elde edilen sonuçlara göre uygulanacak potasyumun nematodan kaynaklanan abiyotik stres zararını hafifletebileceği, daha detaylı çalışmalarla bu sonucun desteklenmesi gerektiği düşünülmektedir.

Çıkar Çatışması Beyanı

Bu çalışmada çıkar çatışması yaratan bir durum söz konusu değildir.

Teşekkür: Kök-ur nematodu (*Meloidogyne incognita*) popülasyonu elde edebilmek için bulaşık domates bitkisi köklerini temin eden ve çalışmamızın nematod bulaştırma kısmında yol gösteren Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bitki Koruma Bölümü Öğretim Üyesi Prof. Dr. Uğur Gözel'e çok teşekkür ederiz.

Not: Bu çalışma sorumlu yazarın yüksek lisans tez çalışmasından üretilmiş ve II. International Agricultural, Biological & Life Science kongresinde özet çalışma olarak sunulmuş özet kitapçığında basılmıştır.

Kaynaklar

- Agrios G. N. 2005. Plant pathology (5th edition). Elsevier-academic press, San Diego, CA.
- Aksu, G., Altay, H. The Effects of Potassium Applications on Drought Stress in Sugar Beet. Sugar Tech (2020). <https://doi.org/10.1007/s12355-020-00851-w>

- Asgharipour, M.R., and M. Heidari. 2011. Effect of potassium supply on drought resistance in sorghum: plant growth and macronutrient content. *Pakistan Journal of Agricultural Sciences* 4893: 197–204.
- Ashraf, M. ve Iram A. (2005). Drought stress induced changes in some organic substances in nodules and other plant parts of two potential legumes differing in salt tolerance. *Flora*, 200 (6): 535–546.
- Barbosa K. A. G., Garcia R. A., Santos L. C., Teixeira R. A., Araújo F. G., Rocha M. R., Lima F. S. O. 2010. The soybean cyst nematode and control principles. *Nematol. Bras.* 34:150-157.
- Barr, H.D. ve P.E. Weatherley. 1962. A re-examination of the relative turgidity technique for estimating water deficit in leaves. *Aust. J. Biol.Sci.* 15, 413–428.
- Dlugokecka, E. ve A. Kacperska-palacz. 1978. Re-examination of electrical conductivity method for estimation of drought injuries. *Biologia Plantarum*, 20 (4):262–267.
- Dudal R. 1976. Inventory of major soils of the world with special reference to mineral stress. Cornell Univ. Agric. Exp. Stn, Ithaca.
- Farooq, M., Wahid, A., Kobayashi, N., Fujita, D. ve Basra S. M. A. (2009). Plant drought stress: Effects, mechanisms and management, *Agron Sustain. Dev.*, 29:185–212.
- Kaya, C., Tuna, A. L., Ashraf, M. ve Altunlu, H. (2007). Improved salt tolerance of melon (*cucumis melo* l.) by the addition of proline and potassium nitrate. *Environmental and Experimental Botany*, 60: 397-403.
- Lichtenthaler, H.K., Wellburn, A.R., Determination of Total Carotenoids and Chlorophylls A and B of Leaf in Different Solvents. *Biol. Soc. Trans.* 11. 591-592 (1985).
- Lopez-Perez J.A., Roubtsova T. ve Ploeg A. 2005. Effect of Three Plant Residues and Chicken Manure Used As Biofumigants at Three Temperatures on *Meloidogyne incognita* Infestation of Tomato in Greenhouse Experiments. *Journal of Nematology*, 37 (4), 489-494.
- Maathuis F. J. M. ve Sanders, D. (1996) Mechanisms of potassium absorption by higher plant roots. *Physiologia Plantarum*, 96: 158-168.
- Manzanilla-Lopez R. H., Kenneth E. ve Bridge J. 2004. Plant Diseases Caused by Nematodes. In: Chen Z.X., Chen S.Y., Dickson D.W. (eds). *Nematology-Advances and Perspectives. Volume II: Nematode Management and Utilization*, pp. 637–716, CABI Publishing, Cambridge.
- Marschner H. 1995. Mineral nutrition of higher plants. 2nd Ed. Academic Press, San Diego, California, USA.
- Melakeberhan H., Webster J.M., Brooke R.C., D'Auria J.M., Cackette M. Effect of *Meloidogyne incognita* on Plant Nutrient Concentration and Its Influence on the Physiology of Beans. *J Nematol.* 1987;19(3):324-330.
- Netscher C. ve Sikora R. A. 1990. Nematode Parasites on Vegetables. In: *Plant Parasitic Nematodes in Subtropical and Tropical Agriculture.* (Eds.: M. Luc, R. A. Sikora and J. Bridge). CAB International, 231-283 pp.
- Nyczepir A.P. ve Thomas S. H. 2009. Current and Future Management Strategies in Intensive Crop Production Systems. In: Perry R.N., Moens M., Starr J.L. (eds). *Root-Knot Nematodes*, pp. 412-443, CAB International, Wallingford, UK.
- Pattison A.B., Versteeg C., Akiew S. ve Kirkegaard J. 2006. Resistance of Brassicaceae Plants to

- Root-Knot Nematode (*Meloidogyne* spp.) in Northern Australia. *International Journal of Pest Management*, 52 (1), 53-62.
- Premachandra, G. S., Saneoka, H. ve Ogata, S. (1991). Cell membrane stability and leaf water relations as affected by potassium nutrition of water-stressed maize. *J. Exp. Bot.* 42:739–745.
- Sairam R.K. ve Srivastava G.C.. 2002. Changes in antioxidant activity in subcellular fractions of tolerant and susceptible wheat genotypes in response to long term salt stress. *Plant Science* 162:897–904.
- Sanchez-Rodríguez, E., Rubio-Wilhelmi, M. M., Cervilla, L. M., Blasco, B., Rios, J., Rosales, M. A., Romero, L. ve Ruiz, J. M. (2010). Genotypic differences in some physiological parameters symptomatic for oxidative stress under moderate drought in tomato plants. *Plant Science* 178: 30–40.
- Siddiqi, M. R. 2000. *Tylenchida, parasites of plants and insects*. CABI Publishing, CABI International, Wallingford, UK, 2nd Edition, 805pp.
- Trudgill D. L. ve Blok V. C. 2001. Apomictic polyphagous root knot nematodes: exceptionally successful and damaging biotrophic root pathogens. *Annual Review of Phytopathology*, 39, 53-77
- Umar, S. (2006). Alleviating adverse effects of water stress on yield of sorghum, mustard and groundnut by potassium application. *Pak. J. Bot.*, 38(5):1373–1380.
- Wang M, Zheng Q, Shen Q, Guo S. The critical role of potassium in plant stress response. *International Journal of Molecular Sciences*. 2013; 14: 7370±7390.
<https://doi.org/10.3390/ijms14047370> PMID: 23549270
- Wang, Z. L. ve Huang, B. R. (2004). Physiological recovery of kentucky bluegrass from simultaneous drought and heat stress. *Crop Sci.* 44:1729–1736.
- Wei, J., Li, C., Li, Y., Jiang, G., Cheng, G. ve Zheng, Y. (2013). Effects of external potassium (K) supply on drought tolerances of two contrasting winter wheat cultivars. *PLoS ONE* 8(7).
- Zhang, L., Gao, M., Li, S., Alva, A. ve Ashraf, M. (2014). Potassium fertilization mitigates the adverse effects of drought on selected *Zea mays* cultivars. *Turkish Journal of Botany* , 38 (4) , 713-723