



Kuraklık stresi altında yetişen domatesin makro-mikro element ve antioksidan içeriğine yapraktan uygulanan potasyumlu gübrelerin etkisi

The effect of foliar application of potassium fertilizers on macro-micro element and antioxidant content of tomatoes grown under drought stress

Baki TEMUR^{1*}, Yelderem AKHOUNDNEJAD², H.Yıldız DAŞGAN³, Lale ERSOY⁴

^{1,2} Şırnak Üniversitesi Ziraat Fakültesi, Bahçe Bitkileri Bölümü

³ Çukurova Üniversitesi Ziraat Fakültesi, Bahçe Bitkileri Bölümü

⁴ Malatya Turgut Özal Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bahçe Bitkileri Bölümü

¹<https://orcid.org/0000-0001-5500-6635>; ²<https://orcid.org/0000-0002-1435-864X>;

³<https://orcid.org/0000-0002-0403-1627>; ⁴<https://orcid.org/0000-0002-0215-704X>

To cite this article:

Temur, B., Akhoundnejad, Y., Daşgan, H.Y., & Ersoy, L. (2023). Kuraklık stresi altında yetişen domatesin makro-mikro element ve antioksidan içeriğine yapraktan uygulanan potasyumlu gübrelerin etkisi. Harran Tarım ve Gıda Bilimleri Dergisi, 27(1): 15-29.
DOI:10.29050/harranziraat.1214740

*Address for Correspondence:

Baki TEMUR

e-mail:

temurbaki@hotmail.com

Received Date:

05.12.2022

Accepted Date:

06.03.2023

© Copyright 2018 by Harran University Faculty of Agriculture. Available on-line at www.dergipark.gov.tr/harranziraat



This work is licensed under a Creative Commons Attribution-Non Commercial 4.0 International License.

ÖZ

Kuraklık stresi, abiyotik stres faktörleri arasında bitkileri en fazla etkileyen stres faktörlerden biridir. Denemede kuraklık stresi altındaki farklı domates (Kamenta F1 sanayi domates çeşidi ve yerli domates genotipi Fereng) bitkilerine K₂SO₄, KNO₃ ve KCl gübrelerinin yapraktan uygulanmasının bitkilerde yapraklardaki makro (potasyum, kalsiyum ve magnezyum) ve mikro (demir, bakır, çinko ve mangan) mineral besin element ve antioksidan (toplam şeker, fenolik ve flavonoid) içeriklerine etkisi araştırılmıştır. Deneme Nisan-Ağustos 2020 yetiştirme mevsiminde Şırnak'ın İdil ilçesi Çığır köyünde açık tarla koşullarında üretici arazisinde yapılmıştır. Araştırmada 3 farklı %100 (kontrol), %66 ve %33 sulama seviyesi uygulanmıştır. Gübre olarak da yapraktan %1 oranında K₂SO₄, KNO₃ ve KCl verilmiştir. Deneme sonucunda kuraklık stresinin her iki domates çeşidinde de yapraktaki K, Ca, Mg, Fe ve Cu içeriklerinde azaltmaya neden olduğu ancak uygulanan potasyumlu gübrelerin incelenen makro ve mikro besin element içeriklerin iyileştirme yaptığı görülmüştür. %100 sulama uygulamasına göre %33 sulama koşullarındaki bitkilerde toplam şeker içeriğinde, toplam fenolik ve flavonoid madde içerik miktarında en iyi sonuçlar elde edilmiştir. %33 ve %66 sulama altındaki bitkilerde Mn ve Zn içeriklerinde kontrole kıyasla artmıştır. Sonuç olarak KNO₃ uygulamasının K₂SO₄ ve KCl uygulamalarına göre yapraklardaki makro ve mikro besin mineral element içeriklerinde daha etkili olduğu belirlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Domates, Makro ve Mikro element, Kuraklık stresi, Potasyum

ABSTRACT

Drought stress is one of the most important abiotic stress factors affecting plants. In this study, the effect of potassium fertilizers as K₂SO₄, KNO₃ and KCl foliar applied to two tomato cultivars (Kamenta F1: processing tomato and Fereng: local tomato genotype) under drought stress on macro-micro elements (potassium, calcium, magnesium, iron, copper, zinc and manganese) and antioxidant (total sugar, phenolic and flavonoid) content of the leaf was investigated. The experiment was carried out in the open field under the producer conditions in Çığır village of İdil district of Şırnak Province during the April-August 2020 growing season. In the study, 3 different irrigation levels of 100% (control), 66% and 33% were applied. As fertilizer, 1% K₂SO₄, KNO₃ and KCl were sprayed on the leaves. As a result of the experiment, it was observed that drought stress caused a decrease in the K, Ca, Mg, Fe and Cu contents of the leaves in both tomato cultivars, but the applied potassium fertilizers improved the macro-micro nutrient contents. The total sugar content, total phenolic, and flavonoid content of the plants at 33% irrigation conditions were higher than those applied

100% irrigation. The Mn and Zn contents of the plants under 33% and 66% irrigation increased compared to the control. As a result, it was determined that KNO₃ application was more effective on macro-micro nutrient element contents of leaves compared to K₂SO₄ and KCl applications.

Key Words: Tomato, Macro and Micro element, Drought stress, Potassium

Giriş

Domates hem ülkemizde hem de dünyada en çok tüketilen sebzelerin başında gelmektedir. Ülkemiz domates yetiştiriciliği bakımında dünyada ilk sıralarda yer almaktadır. FAO verilerine göre dünyada 2020 yılında 186 821 220 ton domates üretimi olurken bunun 13 204 010 tonu Türkiye’de gerçekleşmiştir (FAO, 2020). Şırnak’ta 2022 yılında toplam salçalık ve sofralık domates üretimi 2617 ton olmuştur (TÜİK, 2022). Domates taze kullanılmasının yanında çorba, meyve suyu ve sos gibi işlenmiş şekillerde de tüketilmektedir (Krauss ve ark., 2006; Li ve ark., 2018). Yetişkinler ve çocuklar için popüler ve talep gören sebzelerden olan domates düşük fiyata kolay bulunabilen ve birey sağlığı için önemli olduğundan onu diğer ürünlerden benzersiz kılmıştır (Burton-Freeman ve Reimers, 2011). Domates sağlık için çok yararlı olan birçok bileşik içerir ve dengeli beslenme içinde etkili olduğu bilinmektedir (Marti ve ark., 2016). Önemli hastalıkların önlenmesinde etkili olan sağlığı geliştirici birçok yararlı etkiye sahip olan domatesin ayrıca fenolik, flavonoid, karotenoid likopen ve vitaminlerinde ana kaynaklarından (Chaudhary ve ark., 2018). Birey sağlığı için ihtiyaç duyulan karotenoidlerden olan likopen domates kabuğunda fazla miktarda bulunmaktadır (Gu ve ark., 2020).

Kuraklık, genel anlamda meteorolojik bir kavram olmasının yanında toprakta bulunan suyun azalmasıyla birlikte bitkilerin gelişiminde yetersiz kalmasıdır (Akhoundnejad ve Daşgan, 2020). Kuraklık stresi, tüm stres faktörleri arasında en büyük öneme sahiptir. Kuraklık önemli bir çevresel stres faktörü olduğundan dolayı, ürün gelişimi ve verimini önemli derecede azaltmaktadır. Su, tarımda önemli bir etkidir, ancak kaynak bakımından sınırlı olduğu da bilinmektedir (Wang ve ark., 2012a). Bitkiler

kuraklık stresiyle karşı karşıya kaldıklarında verdikleri ilk tepki stomaların kapanmasıdır. Bununla birlikte, stoma kapanması sadece terleme yoluyla su kaybını azaltmakla kalmaz, aynı zamanda CO₂ ve besin alımının azalmasına da neden olur (Xiong ve Zhu, 2002). Kuraklık stresi kavun bitkisinin yapraklarında potasyum ve kalsiyum konsantrasyonunu düşürmüştür (Akhoundnejad ve Daşgan, 2019). Kuraklık domates bitkisinin yapraklarında N, P, K, Ca ve Mg konsantrasyonlarını büyük ölçüde azaltmıştır (Zhang ve ark., 2020). Domates ve buğday bitkisinin kuraklığa maruz bırakıldığında bitkilerin yapraklarındaki makro ve mikro besin element içeriğinde azalma olduğunu belirtmişlerdir (Sanchez-Rodriguez ve ark., 2010; Filek ve ark., 2012). Kuraklık domates bitkisinde su kullanım etkinliğini, enzim fonksiyonunu, besin alımını ve çözünür şeker içeriğini negatif yönde etkilemektedir (Chen ve ark., 2022). Kuraklık stresi düzeyi arttıkça domates bitkisinde kuru madde içerik miktarında artma olmuştur (Özbahçe ve Tari, 2010). Fasulye ve domates bitkilerinde kuraklık şiddeti arttıkça bitkilerdeki toplam fenolik ve flavonoid miktarı artmıştır (Kuşvuran ve Daşgan, 2017a; Kuşvuran ve Daşgan, 2017b).

Artan nüfusun gıda talebini karşılamak için verilen gübrelerin doğal çevre statüsünü bozmaması gerekir (Ronga ve ark., 2019). Potasyum domates ve diğer bitkiler için hayati öneme sahip besin elementlerinden olup fotosentezdeki rolleri, uygun besin translokasyonu ve su alımı için temel makro elementlerden olduğu için ihtiyaç duyulmaktadır (Woldmeriam ve ark., 2018). Potasyum bitkilerin büyüme ve gelişmelerinde, verim ve kalite ölçütlerini iyileştirilmesi gibi birçok fiziksel süreçlerinden sorumludur (Lester, 2005). Bitkilere uygulanan potasyum gübrelemesi bitkilerin büyümesinde, daha sağlıklı gelişmesinde, stomaların düzenli bir şekilde açılıp

kapanmasında, turgor ve ozmotik basınçların dengeli bir şekilde ayarlanmasında etkili olmaktadır (Hawkesford ve ark., 2012). Kuraklık stresinin ispanakta fizyolojik olayları olumsuz etkilediği ancak bitkilere verilen potasyum nitrat gübresinin bitkilerde karotenoidleri, kolorfil a, toplam çözünür şeker ve proteinleri ve ayrıca makro besin elementlerden olan potasyum ve fosfor içeriğini de arttırdığı görülmüştür (Bukhari ve ark., 2021). Buğday bitkisine yapraktan püskürtülen %1 oranında potasyumun bitkilerde turgor ve ozmotik potansiyeli artırdığı ve ayrıca mineral besin elementi alımını kolaylaştırdığı bildirilmiştir (Aown ve ark., 2012; Raza ve ark., 2013). Farahani ve ark. (2020), kurak koşullarda açık tarla şartlarında yetiştirilen kışlık kanola bitkisine uygulanan potasyum sülfatın bitkilerde stoma iletkenliği, prolin içeriği ve toplam klorofil miktarını olumsuz çevre şartlarına rağmen arttırdığını belirtmişlerdir. Buğday bitkisinde kuraklığın bitkilerde olumsuzluklara yol açtığını yürüttükleri çalışmalarında yapraktan bitkilere verilen potasyum sülfatın, bitkilerde büyüme ve verim parametrelerinde, yapraklarda bulunan N, P, K, Ca konsantrasyonu ve toplam çözünür şeker içeriğini arttırdığını tespit etmişlerdir (Abdallah ve ark., 2019). Potasyum nitrat, havuç bitkilerinde karbonhidrat, karotenoid ve bitki besin elementlerinden azot, fosfor ve potasyum içeriğini önemli derecede artırmıştır (Omar ve Ramadan, 2018). Su eksikliğinde potasyum nitrat ve potasyum klorun tütünde büyüme, karbonhidrat sentezini ve stoma fonksiyonlarını iyileştirdiği gözlemlenmiştir (Bahramirad ve Hajiboland, 2017). Bu çalışmada kuraklık stresi altında yetiştirilen domates bitkilerine uygulanan potasyum gübrelere bitkilerin yapraklarındaki makro-mikro ve antioksidan içerik konsantrasyonunun belirlenmesi ve söz konusu potasyum gübrelere yapraktan uygulama dozları yüksek olmadığı için üreticilere ekstra bir ekonomiyük getirmeden, kuraklık stresinin bitki üzerindeki olumsuz etkilerinin azaltılması oluşturmaktadır. Ayrıca dünyada küresel ısınma ve iklim değişikliği nedeniyle kuraklık stresi yaşayan bölgelerde, potasyum kullanılarak,

domates ile birlikte gelecekte farklı bitkilerde de liderlik yapılarak kuraklık stresi alanlarında daha yüksek kalitede ürün elde edilmesi amaçlanmıştır.

Materyal ve Metod

Materyal

Araştırmada iki domates çeşidi kullanılmıştır. Bunlar bölgede yaygın olarak yetiştirilen sanayi domates çeşidi Kamenta F1 ve diğer çeşit ise bölgeye has olan yerli genotip Ferengtir. Fereng genotipinin (salçalık ve sofralık) genel özellikleri ortalama meyve çapı ve boyu sırasıyla 41.88 mm, 52.51 mm, meyve ağırlığı 144.33 g'dır ve dekara verim ise ortalama 7 tondur (Akhoundnejad, 2020). Ayrıca Fereng genotipi tohumu 10 Mart tarihinde, alçak tünelde viyollerde perlit 1 ve torf 3 orantı olarak ekimi yapılmıştır. Kamenta F1 ticari çeşidi salçalık, raf ömrü uzun, meyve rengi parlak kırmızı ve ortalama meyve ağırlığı ise 150-180 gramdır (Anonymous, 2019). Kamenta F1 çeşidi fide depo firmasından temin edilmiştir.

Metot

Çalışma Şırnak İdil ilçesi Çığır köyünde üretici arazisinde yapılmıştır. Çalışma, 16 Nisan-16 Ağustos 2020 yetiştirme mevsiminde yürütülmüştür. Laboratuvar çalışmaları ise Şırnak Üniversitesi Bahçe Bitkileri Bölümü Fizyoloji laboratuvarlarında yapılmıştır. Deneme, tesadüf blokları deneme desenine göre 3 tekerrürlü ve her tekerrürde 10 bitki olacak şekilde kurulmuştur. Fide sıra aralıkları hesaplanırken dekara 1660 bitki gelecek şekilde sıra arası ve sıra üzeri sırasıyla 120 cm ve 50 cm olarak düzenlenmiştir. Denemede potasyum kaynağı olarak potasyum sülfat (K_2SO_4 ; CAS: 7778-80-5, EC Number: 231-915-5, Molar Mass: 174.27 g mol⁻¹), potasyum nitrat (KNO_3 ; CAS: 7757-79-1, EC Number: 231-818-8, Molar Mass: 101.10 g mol⁻¹) ve potasyum klorür (KCl; CAS: 7447-40-7, EC Number: 231-211-8, Molar Mass: 74.56 g mol⁻¹) kullanılmış olup ve %1 oranında yapraktan püskürtülerek verilmiştir. Sulama uygulamaları olarak da %100 (kontrol) sulama ve kuraklık stresi uygulamaları ise %66 ve %33 sulama olarak uygulanmıştır (Aksu ve Altay,

2020). Sulama her 5 günde bir olmak üzere toplam 25 defa verilmiştir. Kuraklık stresi fide dikiminden 45 gün sonra uygulanmaya başlanmıştır. Potasyum gübreleri ise dikimden 30 gün sonra ilki, 21 gün sonrası da 2.'si olmak üzere 2 defa uygulanmıştır. Çalışmada uygulanan gübrelerin kuraklık stresi altındaki domates bitkileri üzerinde nasıl bir etkiye sahip olacağını belirlemek için kuraklık stresi uygulamasından önce domates bitkilerine gübre uygulanmıştır. Deneme boyunca domates bitkilerine verilen su aşağıdaki formül ile hesaplanmıştır

(Akhoundnejad, 2016). Bitkilere verilen sulama suyu miktarı Şekil 1'de verilmiştir.

$$IR = A * E \text{ pan} * kcp * P$$

IR: Uygulanan Su Miktarı (m³)

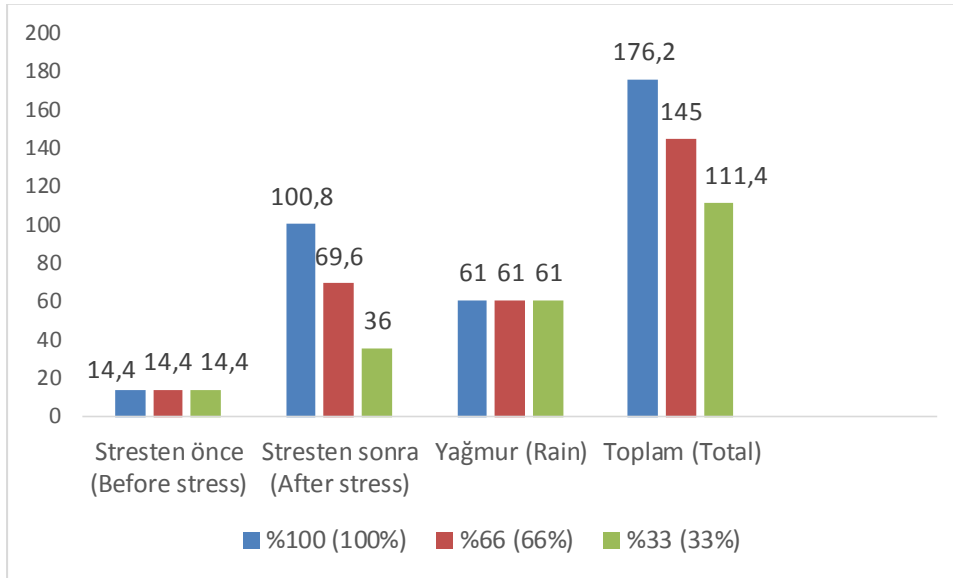
A: Parsel Büyüklüğü (da)

E pan: Buharlaştırma miktarı (mm)

kcp: Bitkinin (domates) katsayı (0.80)

P-örtü: Bitki örtüsü %

P-örtü: Bitki Taç Genişliği (cm) / Sıra aralığı (cm)



Şekil 1. Verilen Sulama Suyu Miktarı (L)

Figure 1. Amount of given irrigation water

(Stresten önce 16.04.2020-01.06.2020, Stresten sonra 01.06.2020-13.08.2020)

Denemede yapılan analizler

Domates bitkisinin yeşil aksamında makro-mikro besin element analizleri

Yaprak örneklerinde kalsiyum (Ca), magnezyum (Mg), potasyum (K), demir (Fe), bakır (Cu), mangan (Mn) ve çinko (Zn) analizi için denemeden her tekerrürden 3-4 bitkinin tepeden aşağıya doğru 4-5 yaprak örneği ve ikinci hasatta (23.07.2020) alınmıştır. Araziden alınmış yaprak örnekleri önce saf su ile yıkanmış daha sonra etüvde 60°C'de kurutulmaya bırakılmıştır. Kurutulan yaprak örnekleri havanda öğütülmüştür. Öğütülen örnekler 6-7 saat süreyle 550°C'de yakılmıştır. Örneklerin kül haline getirilmesinin ardından %3,3'lük (hacim/hacim) hidroklorik asit ile çözünerek filtre edilmiştir. Ardından FS220 model atomik absorpsiyon

spektrometrede potasyum, magnezyum, kalsiyum okumaları emisyon modunda, mangan, çinko, bakır ve demir okumaları da absorpsiyon modunda yapılmıştır.

Şeker içeriği analizi

Domates yaprak örneklerinde Miron ve Scahffer (1991) tarafından geliştirilmiş ekstraksiyonu ile HPLC (HP 1100 series), Shim-Pack HRC NH2 (300X7.8mm, 5m.) kolonu ve RID (Refractive Index) detektörü kullanılarak toplam şeker içerik miktarı belirlenmiştir.

Fenolik madde analizi

Singleton ve Rossi (1965) tarafından ifade edilen Folin Ciocaltaeu yöntemi yardımıyla yapraklardaki toplam fenolik madde miktarı

belirlenmiştir. Çalışmada kullanılan domates bitkisinin yaprakları kurutulup öğütüldükten sonra 2 g. tartılmıştır. Tartılan örnekler 5 ml CH₃OH %75'lik (%0.1 CH₂O₂'lük) eklenmiştir. Homojenizasyon içinde Ultrasonik su banyosu (25 °C, 10 dk), Ultra Turrax, 6000 rpm hızda, Santrifüj işlemi (2500 rpm, 10 dk, oda sıcaklık koşullarında) yapılmıştır. Tüpe alınan yaprak örnekleri supernatant (üst faz), ekstraksiyon işlemi de iki defa yapılmış olup, ekstraktlar aynı yerde biriktirilmiştir. Son hacimde 10 ml metanole ayarlanıp daha sonra 100 ml ekstrakt tüpe alınmıştır. Tüpe koyulan ekstrakta 900 ml saf su eklenmiş ardından 5 ml FCR (0.2 M) ilave edilip kuvvetlice çalkalanmıştır. 8 dk beklendikten sonra üzerine 5 ml Na₂CO₃ (%7.5) koyulmuş olup 20s vortekste karıştırılmaya bırakılmıştır. Oluşan karışım oda sıcaklığı koşullarında 2 saat karanlıkta bırakılmıştır. Ardından absorbans okuma değeri 765 nm'de Spektrofotometreyle yapılmıştır. Son olarak da hesaplamada mg gallik asit/gram baz alınarak hesaplanmıştır.

Flavonoid madde analizi

Alınan yaprak örneklerinde toplam flavonoid konsantrasyonunu belirlemede, Molina-Quijada ve ark. (2010)'nın bulmuş oldukları yöntem kullanılmıştır. Yöntemde örnekler alındığında 1 ml ekstrakt, 4 ml iyonize su ve 0.3 ml %5'lik NaNO₂ ile karıştırıldıktan, 5 dk sonra 0.3 ml %10'luk AlCl₃ ve 2 ml 1 M sodyum hidroksit üzerine koyulmuştur. En sonunda da son hacim üzerinden 10 ml iyonize su eklenip 415 nanometrede okuması yapılmıştır.

İstatistik analiz

Denemedeki bulgular JMP 13. paket programında varyans analizine tabi tutulmuş ve ortalamalar arasındaki farklılıkların önemlilik seviyeleri LSD testine göre değerlendirilmiştir.

Bulgular ve Tartışma

Yaprak potasyum içeriği (%)

Domates bitkilerine kuraklık stresi altında yapraklardan aynı dozda uygulanan potasyumlu

gübrelerinin yapraktaki potasyum konsantrasyonuna ait veriler Çizelge 1'de verilmiştir. %66 sulama altında Kamenta F1 çeşidine uygulanan KNO₃ gübresinin kontrole kıyasla %21 artış ile daha etkili olduğu tespit edilmiştir. Kontrol (%100 sulama) uygulamasının diğer sulama uygulamalarının ortalamalarına oranla daha yüksek olduğu görülmüştür. Fereng genotipinin %33 sulama uygulamasında KCl uygulamasının potasyum içeriğine etkisi olmamıştır (Çizelge 1). %100 sulama altında verilen gübrelerin diğer iki (%33, %66) sulama altındaki gübre uygulamalarına göre potasyum konsantrasyonlarının daha fazla olduğu saptanmıştır. Tüm uygulamalar arasında %66 sulama altında Kamenta F1 çeşidine uygulanan KNO₃ gübre uygulaması yaprakta potasyum içerik miktarının artmasında etkili olduğu görülmüştür. Elde ettiğimiz verilerden de anlaşılacağı gibi kuraklık stresinin yapraktaki potasyum içeriğini olumsuz etkilediği görülmüştür.

Daha önceden yapılan çalışmalarda da elde edilen bulgular çalışmamızı desteklemektedir. Tuna ve ark. (2010), yaptığı araştırmada kuraklığın kavun yapraklarındaki potasyum element içeriğini azalttığını belirtmişlerdir. Qi ve ark. (2019), elma ağaçlarında kuraklık stresinin potasyum alımını olumsuz etkilediği çalışmalarında bitkilere uygulanan potasyum gübresinin potasyum içerik miktarını iyileştirdiğini saptamışlardır. Kuraklık stresi koşullarında yürüttükleri çalışmalarında açıkta yetiştirilen domates bitkilerine verilen potasyumun yapraklardaki potasyum konsantrasyonunu arttırmıştır (Liu ve ark., 2021). Farklı sulama uygulamaları altında sorgum üzerine yapılan çalışmada düşük sulamanın sorgum yapraklarındaki potasyum element içeriğini azalttığı ancak bitkilere verilen potasyum sülfat gübrelemesinin yapraklardaki potasyum miktarını arttırdığını tespit etmişlerdir (Asgharpour ve Heidari, 2011). Mısır bitkisinde kuraklık stresi potasyum alımını azaltmıştır (Ge ve ark., 2012).

Çizelge 1. Yapraktan uygulanan potasyumlu gübrelere domates bitkilerinde yaprak K konsantrasyonuna etkisi (%)
 Table 1. The effect of foliar applied potassium fertilizers on leaf K concentration in tomato plants (%)

Uygulama (Application)	%100 Sulama (100% irrigation)	%66 Sulama (66% irrigation)	%33 Sulama (33% irrigation)	%66 sulamada kontrolle göre değişim (%) (66% change compared to control in irrigation %)	%33 sulamada kontrolle göre değişim (%) (33% change compared to control in irrigation %)
Ka+Ko	4.25 ab	3.33 bd	2.62 b	-21.65	-38.35
Fe+Ko	3.47 d	3.12 d	2.29 bc	-10.09	-34.01
Ka+KCl	4.40 a	3.30 bd	2.55 b	-25.00	-42.05
Fe+KCl	3.89 bc	2.59 e	1.72 e	-33.42	-55.78
Ka+K ₂ SO ₄	4.16 ab	3.69 b	1.91 de	-11.30	-54.09
Fe+K ₂ SO ₄	4.29 ab	3.59 bc	2.10cd	-16.32	-51.05
Ka+KNO ₃	3.69 cd	4.50 a	3.02 a	21.95	-18.16
Fe+KNO ₃	4.51 a	3.16 cd	2.15 cd	-29.93	-52.33
Ortalama	4.08	3.41	2.17	-15.72	-43.22
LSD	0.40	0.46	0.36	-	-
P	0.0015*	<.0001*	<.0001*	-	-

Ka=Kamenta F1, Ko=Kontrol, Fe=Fereng genotip, **p<0.01, *p<0.05 düzeyinde önemli.

Yaprak kalsiyum içeriği (%)

Kamenta F1 ve Fereng genotipi domates bitkilerinin yapraklarında Ca içeriklerinin %33 sulama ve %66 sulama altındaki bitkilerde %100 sulama altındaki bitkilere göre ortalama olarak sırasıyla %30 ve %28 azalma olduğu görülmüştür. Yapraktan uygulanan potasyumlu gübrelere domates bitkilerinde yaprak Ca içerik miktarına ait veriler Çizelge 2'de sunulmuştur. Tüm uygulamalar arasında %100 sulama altındaki Fereng genotipine püskürtülen KNO₃ (%5.43) gübresinin diğer gübrelere göre daha yüksek olduğu belirlenmiştir (Çizelge 2). Kontrolle göre yüzde değişimde en fazla azalış %52 ile %33

sulama altındaki Kamenta F1 çeşidinin KNO₃ uygulamasından elde edilmiştir. Kuraklık şiddeti arttıkça hem Kamenta F1 ve hem de Fereng genotip domatesinin yapraklarındaki Ca içeriğinin azaldığı saptanmıştır. Daha önceki yürütülen çalışmalarda bahsedildiği gibi potasyum ve kalsiyum besin elementleri arasında antagonist bir etkinin var olduğu bilinmektedir. Tuna ve ark. (2010), yaptıkları çalışmalarında kuraklık stresi şiddeti arttıkça kavun bitkisinin yapraklarındaki Ca konsantrasyonunda azalma olmaktadır. Yürüttükleri çalışmada kuraklık stresinin kontrolle göre domates bitkisinin yapraklarındaki Ca içeriğinde azalma olmuştur (Birgin ve ark., 2021).

Çizelge 2. Yapraktan uygulanan potasyumlu gübrelere domates bitkilerinde yaprak Ca konsantrasyonuna etkisi (%)
 Table 2. The effect of foliar applied potassium fertilizers on leaf Ca concentration in tomato plants (%)

Uygulama (Application)	%100 Sulama (100% irrigation)	%66 Sulama (66% irrigation)	%33 Sulama (33% irrigation)	%66 sulamada kontrolle göre değişim (%) (66% change compared to control in irrigation %)	%33 sulamada kontrolle göre değişim (%) (33% change compared to control in irrigation %)
Ka+Ko	3.72 bd	2.21 d	2.22 cd	-40.59	-40.32
Fe+Ko	3.67 cd	4.09 a	2.11 d	11.60	-42.56
Ka+KCl	3.26 d	2.65 c	2.31 cd	-18.71	-29.14
Fe+KCl	3.80 bd	3.61 b	3.24 b	-4.87	-14.76
Ka+K ₂ SO ₄	3.80 bd	2.22 d	3.66 ab	-41.50	-3.69
Fe+K ₂ SO ₄	4.04 bc	2.64 c	2.62 c	-34.65	-35.15
Ka+KNO ₃	4.41 b	2.18 d	2.08 d	-50.51	-52.89
Fe+KNO ₃	5.43 a	2.64 c	3.95 a	-51.34	-27.19
Ortalama	4.01	2.78	2.77	-28.82	-30.71
LSD	1.43	0.40	0.84	-	-
P	0.0032*	<.0001*	<.0001*	-	-

Ka=Kamenta F1, Ko=Kontrol, Fe=Fereng genotip, **p<0.01, *p<0.05 düzeyinde önemli.

Yaprak magnezyum içeriği (%)

En yüksek Mg içeriği %100 sulama altındaki Kamenta F1 çeşidinin KCl ve K₂SO₄ (0.93) uygulamalarında olurken en düşük Mg içeriği ise %33 sulama altındaki Kamenta F1 Kontrol (%0.46) uygulamasın olmuştur. %100 sulama altındaki uygulamalardaki değerler diğer uygulamalara (%33 sulama ve %66 sulama) göre birbirine yakın çıkmıştır (Çizelge 3). %66 sulama altındaki Fereng genotipine K₂SO₄, Fereng genotipine KNO₃ ve Kamenta F1 çeşidine KNO₃ (%0.69) uygulamaları arasında istatistiksel olarak bir fark görülmemiştir. Kuraklık şiddet düzeyi arttıkça yapraklardaki Mg içeriğinde azalma görülmüştür. Kontrol (100 sulama) uygulamasının ortalama sonucunda çıkan değer %33 sulama ve %66 sulama uygulamalarına kıyasla sırasıyla %34 ve %23 artış olmuştur. %33 sulama uygulamasında Fereng genotipine püskürtülen KCl (%0.63) uygulaması en etkili olurken Kamenta F1 çeşidinin Kontrol (%0.46)

uygulaması en az etkiye sahip olmuştur. Çizelge 3 incelendiğinde kuraklık stresi altında uygulanan potasyumlu gübrelerin yapraklardaki Mg konsantrasyonu üzerinde çok fazla etkisi olmadığı sonucuna varılmıştır.

Armut bitkisi üzerine yaptıkları araştırmada bitkilerin yapraklarındaki potasyum ve magnezyum elementleri arasında antagonistik etki olduğunu bildirmişlerdir (Shen ve ark., 2019). Tatlı biber bitkilerine yapraktan verilen potasyum gübresinin biberlerde Mg alımını düşürdüğünü ve bunun içinde bitkilerin yapraklarındaki Mg konsantrasyonun düşük geldiğini bildirmişlerdir (Amor ve Rubio, 2009). Chapagain ve Wiesman (2004), KCl uygulamasının domates bitkisi yapraklarında magnezyum miktarının azalmasına neden olmuştur. Ding ve ark. (2006), yaptıkları araştırmalarında pirinç bitkisinde potasyum ve magnezyumun birbirinin alımını olumsuz yönde etkilediğini açıklamışlardır.

Çizelge 3. Yapraktan uygulanan potasyumlu gübrelerin domates bitkilerinde yaprak Mg konsantrasyonuna etkisi (%)

Table 3. The effect of foliar applied potassium fertilizers on leaf Mg concentration in tomato plants (%)

Uygulama (Application)	%100 Sulama (100% irrigation)	%66 Sulama (66% irrigation)	%33 Sulama (33% irrigation)	%66 sulamada kontrole göre değişim (%) (66% change compared to control in irrigation %)	%33 sulamada kontrole göre değişim (%) (33% change compared to control in irrigation %)
Ka+Ko	0.92 ab	0.65 bc	0.46 d	-29.35	-50
Fe+Ko	0.90 ab	0.75 a	0.54 bd	-16.67	-40
Ka+KCl	0.93 a	0.72 ab	0.47 cd	-22.58	-49.46
Fe+KCl	0.87 ab	0.74 ab	0.63 a	-14.94	-27.59
Ka+K ₂ SO ₄	0.93 a	0.61 c	0.61 ab	-34.41	-34.41
Fe+K ₂ SO ₄	0.92 ab	0.69 ac	0.54 ad	-25.00	-41.30
Ka+KNO ₃	0.87 b	0.69 ac	0.55 ac	-20.69	-36.78
Fe+KNO ₃	0.89 ab	0.69 ac	0.62 ab	-22.47	-30.34
Ortalama	0.90	0.69	0.55	-23.26	-34.11
LSD	0.06	0.09	0.08	-	-
P	0.2689	0.0871	0.0058*	-	-

Ka=Kamenta F1, Ko=Kontrol, Fe=Fereng genotip, **p≤0.01, *p≤0.05 düzeyinde önemli.

Yaprak bakır içeriği (ppm)

Farklı sulama altında uygulanan gübrelerin yapraktaki bakır beslenmesinde en etkili uygulama %100 sulama altındaki Kamenta F1 çeşidinin KNO₃ (34.66 ppm) gübre uygulaması olmuştur. %100 sulama uygulamalarında çıkan sonuçlar istatistiksel olarak birbirine yakın çıkmıştır (Çizelge 4). %66 sulamada yetiştirilen Kamenta F1 çeşidinin K₂SO₄ (17.00 ppm)

uygulaması diğer interaksiyonlara göre daha düşük gelmiştir. Ortalamalar göz önüne alındığında %33 sulama altındaki uygulamalar %66 sulamadaki uygulamalara oranla %13 düzeyinde bir artış olduğu belirlenmiştir. Düşük sulama uygulamalarında hem Kamenta F1 çeşidinde hem de Fereng genotipinde KNO₃ gübrelerin ve %33 sulamadaki Kamenta F1 çeşidine püskürtülen KCl ile K₂SO₄ gübrelerinde

yapraklardaki Cu konsantrasyonunda iyileştirme yaptığı tespit edilmiştir. Uygulanan potasyumlu gübrelerin en düşük sulama (%33 sulama) altındaki bitkilerde olumlu bir etkiye sahip olduğu görülmüştür. Kuraklık stres faktörünün kavunun yapraklarında bulunan mikro besin element

konsantrasyonunu düşürdüğü kavun bitkilerine uygulanan potasyum sülfatın yapraklardaki mikro besin içeriğini artırdığını bildirmişlerdir (Tuna ve ark., 2010). Hint bitkisi üzerinde yapılan çalışmada kuraklık stresinin bitkilerin yapraklarındaki Cu içeriğini düşürmüştür (Tadayyon ve ark., 2018).

Çizelge 4. Yapraktan uygulanan potasyumlu gübrelerin domates bitkilerinde yaprak Cu konsantrasyonuna etkisi

Table 4. The effect of foliar applied potassium fertilizers on leaf Cu concentration in tomato plants

Uygulama (Application)	%100 Sulama (100% irrigation)	%66 Sulama (66% irrigation)	%33 Sulama (33% irrigation)	%66 sulamada kontrole göre değişim (%) (66% change compared to control in irrigation %)	%33 sulamada kontrole göre değişim (%) (33% change compared to control in irrigation %)
Ka+Ko	30.66 bc	23.33 ab	28.00 b	-23.91	-8.68
Fe+Ko	32.66 ab	28.33 a	19.00 d	-13.26	-41.82
Ka+KCl	33.33 ab	18.66 bc	31.33 a	-44.01	-6.00
Fe+KCl	32.00 ab	20.33 bc	19.00 d	-36.47	-40.63
Ka+K ₂ SO ₄	33.00 ab	17.00 c	31.00 a	-48.48	-6.06
Fe+K ₂ SO ₄	30.00 bc	18.00 c	18.66 d	-40.00	-37.80
Ka+KNO ₃	34.66 a	22.00 bc	22.66 c	-36.53	-34.62
Fe+KNO ₃	29.40 bc	20.33 bc	21.00 c	-30.85	-28.57
Ortalama	31.96	20.99	23.83	-34.18	-25.52
LSD	3.73	5.19	1.68	-	-
P	0.0429	0.0084*	<.0001*	-	-

Ka=Kamenta F1, Ko=Kontrol, Fe=Fereng genotip, **p<0.01, *p<0.05 düzeyinde önemli.

Yaprak demir içeriği (ppm)

%66 sulama altında her iki domates bitkisine uygulanan gübrelerin yaprak Fe konsantrasyonunda uygulamaların ortalamalarında %100 sulamaya göre %22 azalış görülürken en düşük sulama olan %33 sulamaya kıyasla da %18'lik bir artış olmuştur. %100 sulama altındaki Kamenta F1 çeşidinin KNO₃ (275.33 ppm) en yüksek yapraktaki Fe içeriğine sahip uygulama olurken %33 sulama altındaki Fereng genotipinin KCl (77.00 ppm) uygulamasında en düşük uygulama olmuştur. Kontrole göre yüzde değişim oranları incelendiğinde kontrole oranla en fazla azalış %61 ile %33 sulamanın Kamenta F1 çeşidinin KNO₃ gübrelemesinden elde edilmiştir

(Çizelge 5). Yapraktan uygulanan potasyum gübrelerinin yapraklardaki Fe element içeriğine etkisi hem çeşitlere göre ve hem de sulama uygulamalarına göre çeşitlilik göstermiştir. Çalışmada verilen gübrelerin kontrole göre yaprak Fe konsantrasyonunda çok fazla bir değişim olmadığı da tespit edilmiştir. Kuraklık stresinin bitkilerde bulunan Fe konsantrasyonunu düşürdüğünü ve bu nedenle bitkilerin yapraklarında klorozun meydana gelmesini arttırmaktadır (Ahanger ve ark., 2016). Demir besin elementi ile potasyum elementi arasında sinerjist bir etkinin var olduğunu bildirmişlerdir (Tewari ve ark., 2013).

Çizelge 5. Yapraktan uygulanan potasyumlu gübrelerin domates bitkilerinde yaprak Fe konsantrasyonuna etkisi

Table 5. The effect of foliar applied potassium fertilizers on leaf Fe concentration in tomato plants

Uygulama (Application)	%100 Sulama (100% irrigation)	%66 Sulama (66% irrigation)	%33 Sulama (33% irrigation)	%66 sulamada kontrole göre değişim (%) (66% change compared to control in irrigation %)	%33 sulamada kontrole göre değişim (%) (33% change compared to control in irrigation %)
Ka+Ko	162.66 d	147.33 b	107.66 c	-9.42	-33.81
Fe+Ko	143.33 e	97.66 ef	86.00 d	-31.86	-40.00
Ka+KCl	180.66 c	102.66 de	154.66 a	-43.18	-14.39
Fe+KCl	140.00 e	107.00 d	77.00 e	-23.57	-45.00
Ka+K ₂ SO ₄	234.00 b	221.33 a	102.00 c	-5.41	-56.41
Fe+K ₂ SO ₄	111.33 f	95.00 f	84.00 de	-14.67	-24.55
Ka+KNO ₃	275.33 a	122.33 c	105.66 c	-55.57	-61.62
Fe+KNO ₃	103.47 fg	103.66 de	124.33 b	0.18	20.16
Ortalama	168.84	124.62	105.16	-22.93	-31.95
LSD	14.92	6.86	7.43	-	-
P	<.0001*	<.0001*	<.0001*	-	-

Ka=Kamenta F1, Ko=Kontrol, Fe=Fereng genotip, **p≤0.01, *p≤0.05 düzeyinde önemli.

Yaprak mangan içeriği (ppm)

Yapraktan uygulanan %1 oranındaki potasyumlu gübrelerin domates bitkilerinde yaprak Mn konsantrasyonuna etkisi Çizelge 6'da verilmiştir. Tüm uygulamalar karşılaştırıldığında yaprak içeriğindeki Mn konsantrasyonunda en fazla etkili uygulama %33 sulama şartlarındaki Fereng genotipinin KCl (53.33 ppm) gübre uygulamasında bulunurken diğer uygulamalara oranla yine aynı sulama şartları altındaki Fereng genotipinin Kontrol (32.00 ppm) uygulamasının fazla etkisi olmamıştır. %66 sulama altındaki Kamenta F1 çeşidinin Kontrol uygulaması kontrole göre % değişim oranında hiçbir fark bulunmamıştır. En düşük (%33) olan sulama koşullarındaki her iki domates çeşidindeki KCl

gübre uygulaması diğer sulama ve gübre uygulamalarıyla karşılaştırılmasında daha etkili olduğu gözle görülmüştür (Çizelge 6). Uygulamaların genel ortalamasında %33 sulama uygulamaları kontrole (%100) göre %7 düzeyinde bir artış göstermiştir. Uygulanan gübrelerin düşük sulamada domates bitkisinin yapraklarındaki Mn konsantrasyonunda iyileştirme yaptığı görülmüştür. Yaptıkları araştırmada kuraklık stres düzeyi arttıkça domates yaprak içeriğindeki Mn konsantrasyonu azalmıştır (Turhan ve ark., 2022). Upadhyaya ve ark. (2012), kuraklık stresi koşulları altında yapraktan püskürtülerek verilen KCl gübre uygulamasının çay bitkisinde Mn içeriğini artırmıştır.

Çizelge 6. Yapraktan uygulanan potasyumlu gübrelerin domates bitkilerinde yaprak Mn konsantrasyonuna etkisi

Table 6. The effect of foliar applied potassium fertilizers on leaf Mn concentration in tomato plants

Uygulama (Application)	%100 Sulama (100% irrigation)	%66 Sulama (66% irrigation)	%33 Sulama (33% irrigation)	%66 sulamada kontrole göre değişim (%) (66% change compared to control in irrigation %)	%33 sulamada kontrole göre değişim (%) (33% change compared to control in irrigation %)
Ka+Ko	37.33 cd	37.33 ce	43.00 cd	0	15.19
Fe+Ko	39.66 bc	35.66 de	32.00 f	-10.09	-19.31
Ka+KCl	40.33 bc	41.33 bc	52.00 ab	2.48	28.94
Fe+KCl	39.66 bc	47.33 a	53.33 a	19.34	34.47
Ka+K ₂ SO ₄	46.66 a	43.00 ab	40.33 de	-7.84	-13.57
Fe+K ₂ SO ₄	40.66 b	38.00 be	37.00 ef	-6.54	-9.00
Ka+KNO ₃	41.00 b	35.00 e	35.66 ef	-14.63	-13.02
Fe+KNO ₃	35.19 d	40.33 bd	47.66 bc	14.61	35.44
Ortalama	40.06	39.74	42.62	-0.33	7.39
LSD	3.07	5.13	5.12	-	-
P	0.0003*	0.0024*	<.0001*	-	-

Ka=Kamenta F1, Ko=Kontrol, Fe=Fereng genotip, **p≤0.01, *p≤0.05 düzeyinde önemli.

Yaprak çinko içeriği (ppm)

Farklı sulama koşulları altında uygulanan potasyumlu gübrelerin domates bitkilerinin yapraklarında bulunan Zn içeriğine etkisi ve kontrole göre yüzde değişim oranlarına ait veriler Çizelge 7’de sunulmuştur. %66 sulama altındaki Kamenta F1 çeşidinin KNO₃ (62.33 ppm) gübre uygulamasında bulunan yaprak Zn içerik miktarı diğer uygulamalardan fazla çıkmıştır. %66 sulama altında uygulanan gübrelerin bitkilerdeki yaprak Zn içeriğini arttırdığı tespit edilmiştir. Kontrolle karşılaştırıldığında %33 sulama altındaki Kamenta F1 çeşidinin KNO₃ (52.00 ppm) ve %66 sulama

altındaki Kamenta F1 çeşidinin KNO₃ (62.33 ppm) gübre uygulamalarında sırasıyla %28 ve %54’lük bir artış olmuştur. Genel ortalamalarda %66 sulama uygulamaları kontrole göre yaprak Zn konsantrasyonunda %6 oranında bir artış olduğu gözlemlenmiştir. Birgin ve ark. (2021), kuraklık stresinin normal sulamaya kıyasla domates bitkisinin yapraklarındaki Zn mineral element içeriğini düşürdüğünü belirtmişlerdir. Domates bitkilerine uygulanan potasyum gübresinin domates yeşil aksamında çinko konsantrasyonunu önemli derecede artırmıştır (Çolpan ve ark., 2013).

Çizelge 7. Yapraktan uygulanan potasyumlu gübrelerin domates bitkilerinde yaprak Zn konsantrasyonuna etkisi

Table 7. The effect of foliar applied potassium fertilizers on leaf Zn concentration in tomato plants

Uygulama (Application)	%100 Sulama (100% irrigation)	%66 Sulama (66% irrigation)	%33 Sulama (33% irrigation)	%66 sulamada kontrole göre değişim (%) (66% change compared to control in irrigation %)	%33 sulamada kontrole göre değişim (%) (33% change compared to control in irrigation %)
Ka+Ko	61.00 a	60.00 a	41.00 bd	-1.64	-32.79
Fe+Ko	48.00 c	53.33 c	37.00 ce	11.10	-22.92
Ka+KCl	52.66 b	56.33 b	43.66 ac	6.97	-17.09
Fe+KCl	43.00 d	43.66 d	31.00 e	1.53	-27.91
Ka+K ₂ SO ₄	52.66 b	54.33 bc	50.00 ab	3.17	-5.05
Fe+K ₂ SO ₄	56.66 ab	40.00 e	29.66 e	-29.40	-47.65
Ka+KNO ₃	40.33 d	62.33 a	52.00 a	54.55	28.94
Fe+KNO ₃	39.76 d	41.33 de	32.66 de	3.95	-17.86
Ortalama	49.25	51.41	39.62	6.27	-17.79
LSD	4.43	2.93	9.02	-	-
P	<.0001*	<.0001*	0.0005*	-	-

Ka=Kamenta F1, Ko=Kontrol, Fe=Fereng genotip, **p≤0.01, *p≤0.05 düzeyinde önemli.

Yaprak toplam şeker içeriği (%)

%100 sulama altındaki tüm uygulamalar arasında istatistiksel bir fark gözlemlenmemiştir. Yaprakta bulunan toplam şeker içeriğindeki en yüksek değer %33 sulama altındaki Kamenta F1 çeşidinin KNO₃ (%5.63) gübre uygulamasında görülmüştür. Kontrolle göre yüzde değişim oranında en fazla artış %240 ile %33 sulama altındaki Fereng genotipinin K₂SO₄ uygulamasında olmuştur. Her iki düşük sulamaların genel ortalamasında da kontrole göre %204 ve %87 düzeyinde bir olduğu belirlenmiştir. Her iki domates çeşitlerinde de %33 ve %66 sulamada bulunan tüm uygulamalar %100 sulamaya göre % değişim oranlarında artış olduğu saptanmıştır (Çizelge 8). Uygulamada verilen potasyumlu gübrelerin kuraklık stresi düzeyi arttıkça yaprak bulunan toplam şeker konsantrasyonunun da olumlu

etki yaptığı tespit edilmiştir.

Biber üzerine yapılan araştırmalarında tam sulanan bitkilerdeki toplam şeker içeriği kuraklık stresi altındaki bitkilere kıyasla daha düşük gelmiştir (Haris ve ark., 2020). Kuraklık stresi şiddeti arttıkça karpuz bitkisinde toplam şeker konsantrasyonu artmıştır (Seymen ve ark., 2021). Kuraklık koşullarındaki narenciye fidanlarına püskürtülen KNO₃ uygulamasının bitkilerin yapraklarındaki toplam şeker konsantrasyonunun arttırmasında etkili olmuştur (Gimeno ve ark., 2014). Lester ve ark. (2006), yaptıkları araştırmalarında yapraktan püskürtülen potasyumun kavun bitkilerindeki toplam şeker içeriklerinde iyileştirme yaptığını bildirmişlerdir. Shen ve ark. (2019), armut bitkisinin yapraklarında toplam şeker konsantrasyonunun arttırılmasında potasyumun etkili olduğunu belirtmişlerdir.

Çizelge 8. Yapraktan uygulanan potasyumlu gübrelerin domates bitkilerinde yapraktaki toplam şeker içeriğine etkisi (%)
 Table 8. The effect of foliar applied potassium fertilizers on the total sugar content in the leaves of tomato plants (%)

Uygulama (Application)	%100 Sulama (100% irrigation)	%66 Sulama (66% irrigation)	%33 Sulama (33% irrigation)	%66 sulamada kontrolle göre değişim (%) (66% change compared to control in irrigation %)	%33 sulamada kontrolle göre değişim (%) (33% change compared to control in irrigation %)
Ka+Ko	1.58 a	2.56 d	4.24 d	62.03	168.35
Fe+Ko	1.57 a	2.48 d	3.91 d	57.96	149.04
Ka+KCl	1.65 a	3.65 b	4.86 c	121.21	194.55
Fe+KCl	1.71 a	2.68 cd	5.14 c	56.73	200.58
Ka+K ₂ SO ₄	1.73 a	2.81 c	5.56 a	62.43	221.39
Fe+K ₂ SO ₄	1.63 a	2.80 c	5.55 a	71.78	240.49
Ka+KNO ₃	1.65 a	3.87 a	5.42 ab	134.55	228.48
Fe+KNO ₃	1.68 a	3.89 a	5.63 a	131.55	235.12
Ortalama	1.65	3.09	5.03	87.28	204.75
LSD	0.22	0.22	0.05	-	-
P	0.8026	<.0001	<.0001	-	-

Ka=Kamenta F1, Ko=Kontrol, Fe=Fereng genotip, **p≤0.01, *p≤0.05 düzeyinde önemli.

Yaprak fenolik madde içeriği (%)

Yapraktan uygulanan potasyumlu gübrelerin domates bitkilerinde yapraktaki toplam fenolik madde içerik etkisine ait veriler Çizelge 9'da verilmiştir. %66 sulama altındaki uygulamalar birbiriyle karşılaştırıldığında istatistiksel bir fark olmadığı görülmüştür. %33 sulama altındaki uygulamalardan Kamenta F1 çeşidinin KCl (%15.89) ve Fereng genotipinin KNO₃ (%15.61) gübre uygulamaları diğer uygulamalara oranla daha iyi geldiği belirlenmiştir. Kontrolle göre % değişim oranlarında %66 sulama altındaki Kamenta F1 çeşidinin KCl uygulamasının artış oranı %1 düzeyinde olurken diğer tüm

uygulamalardaki artış %1'den fazla olmuştur (Çizelge 9). %33 sulama altında uygulanan gübreler diğer iki (%66 ve %100) sulama altındaki uygulanan gübrelere göre yapraklarda bulunan toplam fenolik madde konsantrasyonlarından daha etkili gelmiştir. Genel ortalamalar baz alındığında %33 sulama ve %66 sulama uygulamalarının kontrolle göre %27 ve %12 düzeylerinde bir artış meydana gelmiştir. Çıkan sonuca göre yapraktan uygulanan potasyumlu gübrelerin her iki domates çeşidinde yapraktaki fenolik madde içeriğinde olumlu etkiye sahip olduğu belirlenmiştir.

Çizelge 9. Yapraktan uygulanan potasyumlu gübrelerin domates bitkilerinde yapraktaki toplam fenolik madde içeriğine etkisi (%)
 Table 9. The effect of foliar applied potassium fertilizers on the total phenolic content of the leaves in tomato plants (%)

Uygulama (Application)	%100 Sulama (100% irrigation)	%66 Sulama (66% irrigation)	%33 Sulama (33% irrigation)	%66 sulamada kontrolle göre değişim (%) (66% change compared to control in irrigation %)	%33 sulamada kontrolle göre değişim (%) (33% change compared to control in irrigation %)
Ka+Ko	11.57 d	12.81 a	13.92 d	10.72	20.31
Fe+Ko	10.30 e	12.54 a	13.51 d	21.75	31.17
Ka+KCl	12.40 a	12.61 a	15.89 a	1.69	28.15
Fe+KCl	12.09 ab	13.05 a	14.90 bc	7.94	23.24
Ka+K ₂ SO ₄	10.45 e	12.94 a	13.95 d	23.83	33.49
Fe+K ₂ SO ₄	10.38 e	12.48 a	14.06 cd	20.23	35.45
Ka+KNO ₃	11.98 bc	13.15 a	14.94 bc	9.77	24.71
Fe+KNO ₃	12.25 ab	12.58 a	15.61 ab	2.69	27.43
Ortalama	11.42	12.77	14.59	12.32	27.99
LSD	0.36	0.83	0.92	-	-
P	<.0001	0.5705	0.0005	-	-

Ka=Kamenta F1, Ko=Kontrol, Fe=Fereng genotip, **p≤0.01, *p≤0.05 düzeyinde önemli.

Klunklin ve Savage (2017), domatestede farklı sulama düzeylerinde yürüttükleri çalışmada düşük sulama ve tam sulama uygulamalarında çıkan sonuçlarda bitkilerdeki toplam fenolik madde miktarı içerikleri arasında sayı olarak önemli farklar olduğunu bildirmişlerdir. Domates bitkilerine uygulanan KNO_3 ve K_2SO_4 gübrelerinden KNO_3 diğer gübre uygulaması olan K_2SO_4 uygulamasına kıyasla bitkilerdeki fenolik madde miktarında daha etkili gelmiştir (Wang ve ark., 2012b). Potasyumla zenginleştirilmiş kompostun biberde fenolik madde içeriğinde artış yapmıştır (Fiasconaro ve ark., 2019).

Yaprak flavonoid madde içeriği (%)

%100 sulama altındaki uygulamalarda yaprak flavonoid madde içerikleri diğer iki sulama altındaki uygulamalara daha düşük gelmiştir. Yaprak flavonoid madde miktarındaki en iyi artış %33 sulama altındaki Kamenta F1 çeşidinin Kontrol (%118.24) uygulamasından elde edilmiştir. %33 ve %66 sulama şartlarındaki tüm uygulamalarda hem Kamenta F1 ve hem de Fereng genotipinde kontrole yüzde değişim

değerlerinde artış görülmüştür. Her iki düşük sulama altında verilen gübrelerin yaprak flavonoid içeriğine etkisi olumlu olmuştur. Fereng genotipinin %33 sulama altındaki Kontrol uygulamasında kontrole göre %55'lik bir artış göstermiştir. Tüm uygulamaların genel ortalamalarında en fazla artış gösteren uygulama 112.57 ile %33 sulama koşullarındaki uygulamalar olmuştur.

Flavonoidler bitkilerde tozlanma ve çiçeklenmeye yardımcı olmaktadır. İnsan sağlığı üzerinde olumlu etkileri bulunmaktadır. Flavonoidlerin çok etkili antaoksidanlardan olduğu insanları çoğu hastalığa karşı koruduğu ve birçok hastalığın tedavi edilmesinde kullanılmaktadır (Tungmunnithum ve ark., 2018). Flavonoidler insanları hem kansere hem de diğer hastalıklara karşı koruma görevi üstlenmektedir (Ghasemzadeh ve Ghasemzadeh, 2011). Flavonoidlerin başka bir yararı da domateslerin çok büyük oranda olumsuz etkilendiği domates sarı yaprak kıvrılma virüsüne karşı koruduğu da bildirilmektedir (Yao ve ark., 2019).

Çizelge 10. Yapraktan uygulanan potasyumlu gübrelerin domates bitkilerinde yapraktaki toplam flavonoid madde içeriğine etkisi (%)

Table 10. The effect of foliar applied potassium fertilizers on the total flavonoid content of the leaves in tomato plants (%)

Uygulama (Application)	%100 Sulama (100% irrigation)	%66 Sulama (66% irrigation)	%33 Sulama (33% irrigation)	%66 sulamada kontrole göre değişim (%) (66% change compared to control in irrigation %)	%33 sulamada kontrole göre değişim (%) (33% change compared to control in irrigation %)
Ka+Ko	76.84 cd	97.26 a	118.24 a	26.57	53.88
Fe+Ko	75.28 e	94.65 b	116.78 ab	25.73	55.13
Ka+KCl	77.63 bc	90.71 c	113.85 ac	16.85	46.66
Fe+KCl	79.17 a	93.56 b	114.73 ab	18.18	44.92
Ka+ K_2SO_4	72.88 f	91.26 c	107.64 cd	25.22	47.69
Fe+ K_2SO_4	72.74 f	90.68 c	104.38 d	24.66	43.50
Ka+ KNO_3	79.01 ab	93.87 b	114.09 ac	18.81	44.40
Fe+ KNO_3	75.61 de	94.71 b	110.92 bd	25.26	46.70
Ortalama	76.14	93.33	112.57	22.66	47.86
LSD	1.38	1.93	6.72	-	-
P	<.0001	<.0001	0.0086	-	-

Ka=Kamenta F1, Ko=Kontrol, Fe=Fereng genotip, ** $p \leq 0.01$, * $p \leq 0.05$ düzeyinde önemli.

Sonuçlar

Kuraklık stresi hem Kamenta F1 domates çeşidi ve hem de Fereng domates genotipinin yapraklarında incelenen makro ve mikro mineral besin içeriklerini azaltmaya neden olmuştur. Domates bitkilerine yapraktan %1 oranında

püskürtülen potasyum sülfat, potasyum nitrat ve potasyum klorür gübreleri yapraklardaki besin element içeriklerinde iyileştirme yaptığı gözlemlenmiştir. Uygulanan gübreler arasında diğer iki gübreye kıyasla en etkili olan gübre uygulaması potasyum nitrat olmuştur. Ayrıca yaprakta incelenen diğer parametreler olan

yapraktaki toplam şeker, fenolik ve flavonoid madde içeriklerinde de K₂SO₄, KNO₃ ve KCl gübre uygulamaları %100 sulamaya kıyasla %33 ve %66 sulama uygulamalarında daha olumlu yönde etkilemiştir.

Ekler

Analizler, Şırnak Üniversitesi ve Çukurova Üniversitesi Bahçe Bitkileri Bölümü Fizyoloji laboratuvarlarında yapılmış olup, katkısı olanlara teşekkür ederiz.

*Bu makale yüksek lisans (Baki TEMUR) tezinden üretilmiştir.

Çıkar Çatışması: Makale yazarları arasında herhangi bir çıkar çatışması bulunmadığını beyan ederiz.

Yazar Katkısı: Denemenin tasarlanması ve yürütülmesi Baki TEMUR ve Yelderem AKHOUNDNEJAD, laboratuvar çalışmaları H. Yıldız DAŞGAN ve Lale ERSOY tarafından yapılmış olup makale yazma aşamasında tüm yazarların katkısı olmuştur.

Kaynaklar

Abdallah, M. M. S., El-Bassiouny, H. M. S., & Abouseeda, M. A. (2019). Potential role kaolin or potassium sulfate as antitranspirant on improving physiological, biochemical aspects and yield of wheat plants under different watering regimes. *Bulletin of the National Research Centre*, 43(1), 1-12.

Ahanger, M. A., Marad-Talab, N., Abd-Allah, E. F., Ahmad, P., & Hajiboland, R. (2016). Plant growth under drought stress: Significance of mineral nutrients. In: Ahmad P (ed) *Water Stress and Crop Plants: A Sustainable Approach*. John Wiley & Sons, Ltd, pp 649-668.

Akhoundnejad, Y. (2016). Domateste yüksek sıcaklığa dayanıklılığın fizyolojik ve tarımsal açıdan incelenmesi (Yayınlanmamış doktora tezi). Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana.

Akhoundnejad, Y., & Daşgan, H. Y. (2019). Effect of different irrigation levels on physiological performance of some drought tolerant melon (*cucumis melo* L.) genotypes. *Applied Ecology and Environmental Research*, 17(4), 9997-10012.

Akhoundnejad, Y. (2020). Response of certain tomato (*Solanum lycopersicum*) genotypes to drought stress in terms of yield and quality in Şırnak. *International Journal of Agriculture Environment and Food*

Sciences, 4(1), 107-113.

Akhoundnejad, Y., & Daşgan, H. Y. (2020). Photosynthesis, transpiration, stomatal conductance of some melon (*Cucumis melo* L.) genotypes under diferent drought stress. *Fresenius Environmental Bulletin*, 29(12), 10974–10979.

Aksu, G., & Altay, H. (2020). The effects of potassium applications on drought stress in sugar beet. *Sugar Tech*, 22, 1092–1102. <https://doi.org/10.1007/s12355-020-00851-w>.

Amor, F. A., & Rubio, J. S. (2009). Effects of Antitranspirant Spray and Potassium: Calcium: Magnesium Ratio on Photosynthesis, Nutrient and Water Uptake, Growth, and Yield of Sweet Pepper. *Journal of Plant Nutrition*, 32, 97-111.

Anonymous (2019). <https://www.fidedeposu.com/urun/kamenta-f1-salcalik-domates-fidesi>. (Erişim tarihi: 28.02.2023).

Aown, M., Raza, S., Saleem, M. F., Anjum, S. A., Khaliq, T., & Wahid, M. (2012). Foliarapplication of potassium under water deficit conditions improved the growth and yield of wheat (*Triticum aestivum* L.). *The Journal of Animal Plant Sciences*, 22(2), 431-437.

Asgharipour, M.R., & Heidari, M. (2011). Effect of potassium supply on drought resistance in sorghum: plant growth and macronutrient content. *Pakistan Journal of Agricultural Sciences*, 48(3), 197-204.

Bahramirad, S., & Hajiboland, R. (2017). Effect of potassium application in drought-stressed tobacco (*Nicotiana rustica* L.) plants: Comparison of root with foliar application. *Annals of Agricultural Science*, 62, 121–130.

Birgin, Ö., Akhoundnejad, Y., & Daşgan, H.Y. (2021). The effect of foliar calcium application in tomato (*solanum lycopersicum* L.) under drought stress in greenhouse conditions. *Applied Ecology and Environmental Research*, 19(4), 2971-2982.

Bukhari, S. A. B. H., Lalarukh, I., Amjad, S. F., Mansoor, N., Naz, M., Naeem, M., Bukhari, S. A., Shahbaz, M., Ali, S.A., Marfo, T. D., Danish, S., Datta, R., Fahad, S. (2021). Drought stress alleviation by potassium-nitrate-containing chitosan/montmorillonite microparticles confers changes in spinacia oleracea L. *Sustainability*, 2021, 13, 9903.

Burton-Freeman, B., & Reimers, K. (2011). Tomato consumption and health: emerging benefits. *American Journal of Lifestyle Medicine*, 5(2), 182-191.

Chapagain, B. P., & Wiesman, Z. (2004). Effect of potassium magnesium chloride in the fertigation solution as partial source of potassium on growth, yield and quality of greenhouse tomato. *Scientia Horticulturae*, 99, 279–288.

Chaudhary, P., Ashita, S., Singh, B., & Nagpal, A. K. (2018). Bioactivities of phytochemicals present in tomato. *Journal of Food Sciences Technology*, 55(8), 2833-2849.

Chen, Q., Cao, X., Nie, X., Li, Y., Liang, T., & Ci, L. (2022). Alleviation role of functional carbon nanodots for tomato growth and soil environment under drought stress. *Journal of Hazardous Materials*, 423,127260.

Çolpan, E., Zengin, M., & Özbahçe, A. (2013). The Effects of Potassium on the Yield and Fruit Quality

- Components of Stick Tomato. Horticulture, Environment and Biotechnology, 54(1), 20-28. DOI 10.1007/s13580-013-0080-4.
- Ding, Y., Luo, W., & Xu, G. (2006). Characterisation of magnesium nutrition and interaction of magnesium and potassium in rice. *Annals of Applied Biology*, 149(2), 111-123.
- Faostat, (2020). Statistical data of FAO. <http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC>.
- Farahani, S., Shahsavari, N., & Arasteh, M. M. (2020). Effect of potassium sulfate on the physiological characteristics of canola cultivars in late season drought stress conditions. *Journal of Plant Nutrition*, 43(9), 1217-1228.
- Fiasconaro, M. L., Lovato, M. E., Antolin, M. C., Clementi, L. A., Torres, N., Gervasio, S., & Martin, C. A. (2019). Role of proline accumulation on fruit quality of pepper (*Capsicum annum* L.) grown with a K-rich compost under drought conditions. *Scientia Horticulturae*, 249, 280-288.
- Filek, M., Walas, S., Mrowiec, H., Rudolphy-Skorska, E., Sieprawska, A., & Biesaga-Koscielniak, J. (2012). Membrane permeability and micro- and macroelement accumulation in spring wheat cultivars during the short-term effect of salinity and PEG- induced water stress. *Acta Physiologiae Plantarum* 34, 985-995.
- Ge, T. D., Sun, N. B., Bai, L. P., & Tong, C. L. (2012). Effects of drought stress on phosphorus and potassium uptake dynamics in summer maize (*Zea mays*) through the growth cycle. *Acta Physiologiae Plantarum*, 34(6).
- Ghasemzadeh, A., & Ghasemzadeh, N. (2011). Flavonoids and phenolic acids: Role and biochemical activity in plants and human. *Journal of Medicinal Plants Research*, 5(31), 6697-6703.
- Gimeno, V., Díaz-Lopez, L., Simon-Grao, S., Martínez, V., Martínez-Nicolas, J. J., & García-Sánchez, F. (2014). Foliar potassium nitrate application improves the tolerance of *Citrus macrophylla* L. seedlings to drought conditions. *Plant Physiology and Biochemistry*, 83, 308-315.
- Gu, M., Fang, H., Gao, Y., Su, T., Niu, Y., & Yu, L. (2020). Characterization of enzymatic modified soluble dietary fiber from tomato peels with high release of lycopene. *Food Hydrocolloids*, 99, 105321.
- Haris, M.M., Silva, T.M., Gulub, G., Terada, N., Shinohara, T., Sanada, A., Gemma, H., & Koshio, K. (2020). Growth, Quality and Capsaicin Concentration of Hot Pepper (*Capsicum annum*) Under Drought Conditions. *Journal of the International Society for Southeast Asian Agricultural Sciences (ISSAAS)*, 26(1), 100-110.
- Hawkesford, M., Horst, W., Kicney, T., Lambers, H., Schjoerring, J., Skrumsager, M., & White, P. (2012). Functions of Macronutrients Marschner's Mineral Nutrition of Higher Plants. (3rd Edn) ed. P. Marschner (San Diego: Akademik Press) Pages 135-189.
- Glunklin, W., & Savage, G. (2017). Effect on Quality Characteristics of Tomatoes Grown Under Well-Watered and Drought Stress Conditions. *Foods*, (6), 56.
- Krauss, S., Schnitzler, W. H., Grassmann, J., & Voitke, M. (2006). The influence of different electrical conductivity values in a simplified recirculating soilless system on inner and outer fruit quality characteristics of tomato. *Journal of Agricultural Food and Chemistry*. 54, 441-448. doi: 10.1021/jf051930a.
- Kuşvuran, Ş., & Daşgan, H.Y. (2017a). Effects of drought stress on physiological and biochemical changes in *phaseolus vulgaris* L. *Legume Research*, 40(1): 55-62.
- Kuşvuran, Ş., & Daşgan, H.Y. (2017b). Drought induced physiological and biochemical responses in solanum lycopersicum genotypes differing tolerance. *Acta Scientiarum Polonorum Hortorum Cultus*, 16(6), 19-27.
- Lester, G. E. (2005). Whole plant applied potassium: Effects on cantaloupe fruit sugar content and related human wellness compounds. *Acta Horticulturae*, 682, 487-92.
- Lester, G.E., Jifon, J. L., & Makus, D. J. (2006). Supplemental foliar potassium applications with or without a surfactant can enhance netted muskmelon quality. *Horticultural Science*, 41(3), 741-744.
- Li, Y., Wang, H., Zhang, Y., & Martin, C. (2018). Can the world's favorite fruit, tomato, provide an effective biosynthetic chassis for high-value metabolites? *Plant Cell Reports* 37, 1443-1450. doi: 10.1007/s00299-018-2283-8.
- Liu, J., Hu, T., Feng, P., Yao, D., Gao, F., & Hong, X. (2021). Effect of potassium fertilization during fruit development on tomato quality, potassium uptake, water and potassium use efficiency under deficit irrigation regime. *Agricultural Water Management*, 250,106831.
- Marti, R., Rosello, S., & Cebolla-Cornejo, J. (2016). Tomato as a source of carotenoids and polyphenols targeted to cancer prevention. *Cancer (Basel)* 8, E58.
- Miron, D., & Schaffer, A. A. (1991). Sucrose phosphate synthase, sucrose synthase and invertase activities in developing fruit of *Lycopersicon esculentum* Mill. and the sucrose accumulating *Lycopersicon hirsutum* Humb. and Bonpl. *Plant Physiology*, 95, 623-627.
- Molina-Quijada, D.M.A., Medina-Juárez, L. A., González-Aguilar, G. A., Robles-Sánchez, R. M., & Gámez-Meza, N. (2010). Compuestos Fenólicos y Actividad Antioxidante de Cáscara de Uva (*Vitis vinifera* L.) de Mesa Cultivada en el Noroeste de México Phenolic Compounds and Antioxidant Activity of Table Grape (*Vitis vinifera* L.) Skin From Northwest Mexico. *CyTA- Journal of Food*, 8(1), 57-63.
- Omar, M.M., & Ramadan, A. Y., (2018). Response of carrot (*daucus carota* L.) to application of potassium fertilizers and some soil amendments under clay soil conditions. *Journal of Soil Sciences and Agricultural Engineering*, 9(4), 197-202.
- Özbahçe, A., & Tari, A. F. (2010). Effects of different emitter space and water stress on yield and quality of processing tomato under semi-arid climate conditions. *Agricultural Water Management*, 97(9), 1405-1410. doi:10.1016/j.agwat.2010.04.008.
- Qi, J., Sun, S., Yang, L., Li, M., Ma, F., & Zou, Y. (2019). Potassium Uptake and Transport in Apple Roots Under Drought Stress. *Horticultural Plant Journal*, 5(1), 10-16.
- Raza, M. A. S., Saleem, M. F., Shah, G. M., Jamil, M., & Khan,

- I. H. (2013). Potassium applied under drought improves physiological and nutrient uptake performances of wheat (*Triticum aestivum* L.). *Journal of Soil Science and Plant Nutrition*, (13),175–85.
- Ronga, D., Biazzi, E., Parati, K., Carminati, D., Carminati, E., & Tava, A. (2019). Microalgal biostimulants and biofertilisers in crop productions. *Argon Journal* 9(4), 146-163.
- Sanchez-Rodriguez, E., Rubio-Wilhelmi, M. M., Cervilla, L. M., Blasco, B., Rios, J. J., Leyva, R., Romero, L., & Ruiz, J. M. (2010.) Study of the ionome and uptake fluxes in cherry tomato plants under moderate water stress conditions. *Plant Soil*, 335, 339–347.
- Seymen, M., Yavuz, D., Ercan, M., Akbulut, M., Çoklar, H., Kurtar, E. S., Yavuz, N., Süheri, S. & Türkmén, Ö. (2021). Effect of wild watermelon rootstocks and water stress on chemical properties of watermelon fruit. *Horticulture, Environment and Biotechnology*, 62, 411-422.
- Shen, C., Shi, X., Xie, C., Li, Y., Yang, H., Mei, X., Xu, Y., & Dong, C. (2019).The change in microstructure of petioles and peduncles and transporter gene expression by potassium influences the distribution of nutrients and sugars in pear leaves and fruit. *Journal of Plant Physiology*, 232, 320-333.
- Shen, C., Shi, X., Xie, C., Li, Y., Yang, H., Mei, X., Xu, Y., & Dong, C. (2019).The change in microstructure of petioles and peduncles and transporter gene expression by potassium influences the distribution of nutrients and sugars in pear leaves and fruit. *Journal of Plant Physiology*, (232), 320-333.
- Singleton, V. L., & Rossi, J. A. (1965). Colorimetry of total phenolics with phosphomolybdic-phosphotungstic acid reagents. *American Journal of Enology and Viticulture*, 16: 144-158.
- Tadayyon, A., Nikneshan, P., & Pessarakli, M. (2018). Effects of drought stress on concentration of macro- and micro-nutrients in Castor (*Ricinus communis* L.) plant. *Journal Of Plant Nutrition*, 41(3), 304–310.
- Tewari, R. K., Hadacek, F., Sassmann, S., & Lang, I. (2013). Iron deprivation-induced reactive oxygen species generation leads to non-autolytic PCD in Brassica napus leaves. *Environmental and Experimental Botany*, 91, 74–83.
- Tuna, A. L., Kaya, C., & Ashraf, M. (2010). Potassium sulfate improves water deficit tolerance in melon plants grown under glass house conditions. *Journal of Plant Nutrition*, 33, 9.
- Tungmunnithum, D., Thongboonyou, A., Pholboon, A., & Yangsabai, A. (2018). Flavonoids and Other Phenolic Compounds from Medicinal Plants for Pharmaceutical and Medical Aspects: An Overview. *Medicines*, 5, 93.
- Turhan, A., Kuşçu, H., & Asık, B. B. (2022). The influence of strategies on tomato fruit yield and leaf nutrient contents. *Gesunde pflanzen*, 74, 1021-1027.
- TÜİK, (2022). https://biruni.tuik.gov.tr/medas/?kn=92&locale=tr_(Erişim tarihi: 28.02.2023).
- Upadhyaya, H., Dutta, B. K., Sahoo, L., & Panda, S. K. (2012). Comparative effect of Ca, K, Mn and B on post-drought stress recovery in tea (*Camellia sinensis* (L.) O Kuntze). *American Journal of Plant Sciences*, 3(4), 443-460.
- Vasapallo, G., Longo, L., Rescio, L., & Ciurlia, L. (2004). Innovative super critical CO₂ extraction of lycopene from tomato in the presence of vegetable oil as cosolvent. *The Journal of Super critical Fluids*, 29 (1–2), 87–96.
- Wang, J. H., Geng, L. H., & Zhang, C. M. (2012a). Research on the weak signal detecting technique for crop water stress based on waveletdenoising. *Advanced Materials Research*, 424/425: 966–970.
- Wang, Q., Yi, Y. L., & Zhang, S. X. (2012b). Effect of different potassium fertilizers on phenol metabolism of tomato seedlings. *Plant Nutrition and Fertilizer Science*, 18(3), 706-716.
- Woldmeriam, S.H., Zelelew, D. Z., Lal, S., & Solomon, M. T. (2018). Effect of Potassium Levels on Productivity and Fruit Quality of Tomato (*Lycopersicon esculentum* L.). *Journal of Agricultural Studies*, 6(1).
- Xiong, L., & Zhu, J. (2002). Molecular and genetic aspects of plant responses to osmotic stress. *Plant Cell & Environment*, 25(2), 131–9.
- Yao, Q., Peng, Z., Tong, H., Yang, F., Xing, G., Wang, L., Zheng, J., Zhang, Y., & Su, Q. (2019). Tomato Plant Flavonoids Increase Whitefly Resistance and Reduce Spread of Tomato yellow leaf curl virus. *Journal of Economic Entomology*, XX(X), 2019, 1–7.
- Zhang, Z., Liu, Y., Cao, B., Chen, Z., & Xu, K. (2020). The effectiveness of grafting to improve drought tolerance in tomato. *Plant Growth Regulation* 91, 157-167.