

Araştırma Makalesi/Research Article (Original Paper)

Yüksek Sıcaklık Koşullarında ve Farklı Su Seviyesinde Gibberellik Asidin (GA₃) Sanayi Domatesinde Meyve Tutumuna Etkisi

Nuray ÇÖMLEKÇİOĞLU^{1*}

Mehmet ŞİMŞEK²

¹ Eskişehir Osmangazi Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bahçe Bitkileri Bölümü, Eskişehir

² Harran Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarımsal Yapılar ve Sulama Bölümü, Şanlıurfa

*e-posta: ncomlekcioglu@ogu.edu.tr; Tlf: 0 222 3242991; Fax: 0222 3242990

Özet: Açık tarla koşullarında yüksek sıcaklık ve kuraklık stresleri eş zamanlı olarak sıklıkla karşılaşılan ve genellikle bitki büyüme ve gelişimini olumsuz etkileyen çevre koşullarıdır. Bu çalışmada, yüksek sıcaklık koşulları altında, class-A sınıfı pan buharlaşma kabından 3 günde oluşan toplam buharlaşmanın % 133 (T₁₃₃), % 100 (T₁₀₀) ve % 66 (T₆₆)'sının uygulandığı üç sulama düzeyi çalışılmıştır. Çiçeklere 0, 25, ve 50 ppm GA₃ uygulamaları yapılmıştır. Uygulanan toplam sulama suyu miktarı T₁₃₃, T₁₀₀ ve T₆₆ için sırasıyla 1 651, 1 321 ve 961 mm olarak gerçekleşmiştir. Yüksek sıcaklık koşullarında ve en düşük sulama seviyesinde (T₆₆) GA₃ uygulanmayan bitkilerde meyve tutum oranı (MTO) % 2.86 olarak belirlenmiştir. MTO T₁₃₃ sulama seviyesi ve 50 ppm GA₃ uygulamasıyla % 57.36 oranına yükselmiştir. T₆₆ sulama seviyesi ve GA₃ uygulanmayan bitkilerin 3.47 ton/da olan meyve verimi, T₁₃₃ sulama seviyesinde 50 ppm GA₃ uygulamasıyla 11.35 ton/da seviyesine yükselmiştir. Deneme sonuçları, yüksek sıcaklık ve kuraklık nedeniyle engellenen meyve tutumları ve düşen verim değerlerinin hem sulama seviyeleri hem de GA₃ uygulamalarıyla önemli oranda telafi edilebildiğini, en yüksek sulama seviyesinde dahi GA₃ uygulamalarının verimde önemli artışlara neden olduğunu göstermiştir.

Anahtar kelimeler: Domates (*Solanum lycopersicum*), Gibberellik asit, Kuraklık, Meyve tutumu, Yüksek sıcaklık stresi

Effects of Gibberellic Acid (GA₃) Applied on Fruit Set in Processing Tomato Grown at Different Irrigation Levels and under High Temperature Conditions

Abstract: High-temperature and drought stresses frequently occur in the field simultaneously and usually adversely affect plants growth and development. In this study, irrigation was applied in three-day intervals, at ratios of 133 % (T₁₃₃), 100 % (T₁₀₀) and 66 % (T₆₆), as determined from the amount of total irrigation (IW)/total evaporation (CPE) under high temperature conditions. GA₃ was applied to flower at 0, 25 and 50 ppm doses. Total amount of irrigation volumes supplied for T₁₃₃, T₁₀₀ and T₆₆ were recorded as 1 651, 1 321 and 961 mm, respectively. Fruit set rate (FSR) was determined as 2.86 % under high temperature and low irrigation level (T₆₆) without GA₃ application. FSR has increased to 57.36 % ratio by T₁₃₃ irrigation and 50 ppm GA₃ application. Fruit yield, which was recorded as 34.7 tons ha⁻¹ for treatment of T₆₆- 0 ppm GA₃ increased to 113.5 tons ha⁻¹ in T₁₃₃- 50 ppm GA₃ treatment. Experimental results showed that both GA₃ applications and irrigation levels would be compensated with substantially the inhibition of fruit set and decrease in yield caused by high temperature and drought. GA₃ application led to significant increase in the yield even at the highest level of irrigation.

Keywords: Tomato (*Solanum lycopersicum*), Gibberellic acid, Drought, Fruit set, High-temperature stress

Giriş

Bitkiler gelişimleri süresince, yüksek veya düşük sıcaklık, kuraklık, tuzluluk ve çeşitli hastalık etmenleri gibi pek çok abiyotik ve biyotik stres koşullarına maruz kalırlar. Bu stres koşulları bitkinin gelişimini, verimliliğini, fizyolojisini ve canlılığını etkileyen en önemli faktörlerdir (Hopkins 1988; Cuartero ve ark. 1992; Rivero ve ark. 2001; Dalal ve ark. 2006; Mahajan ve Tuteja 2005; Mitler 2006; Prasad ve ark. 1999). Sıcaklık stresi dünyanın birçok bölgesinde önemli bir sorundur. Kısa süreli veya sürekli yüksek sıcaklık dereceleri, bitkilerin büyüme ve gelişimini olumsuz etkileyen ve önemli verim azalmalarıyla

sonuçlanan morfolojik, fizyolojik ve biyokimyasal değişikliklere neden olur. Bu stres, bitkilerde fotosentez, respirasyon, su içeriği, hücre zarı stabilitesi, hormon seviyesi ve birincil ve ikincil metabolit üretimini etkiler (Wahid ve ark. 2007). Kuraklık stresi de bitki büyüme, gelişime ve verimliliğini olumsuz etkileyen en şiddetli ve yaygın çevresel streslerden birisidir. Kuraklık, stresin şiddetine, süresine, diğer stres türleri ile etkileşimlerine, strese maruz kalan bitkinin genotipine ve gelişim dönemine bağlı olarak, metabolik, mekanik ve oksidatif birçok değişikliğe neden olmaktadır (Kalefetoğlu ve Ekmekçi 2005).

Kuraklık, yüksek sıcaklık veya tuzluluk gibi abiyotik stres koşulları bireysel olarak birçok araştırmaya konu olmuştur. Ancak bitkiler açık arazi koşullarında genellikle birden çok streslerle eş zamanlı olarak karşı karşıyadır (Moffat 2002; Rizhsky ve ark. 2004). Kuraklık ve yüksek sıcaklık aynı anda meydana gelen iki farklı stres koşullarından en yaygın olanıdır (Mitler 2006). Bitkilerin birden fazla stres koşullarına maruz kalması durumundaki tepkileri, bu streslere ayrı ayrı tepkilerinden farklıdır ve eşzamanlı olarak ortaya çıktıklarında bitkiler için daha zararlı olabilmektedirler (Nachmias ve ark. 1993). Bitkilerin farklı iki stres faktörüne eş zamanlı olarak maruz kalmaları durumunda gösterdikleri tepkilerinin bitkiye özgü olduğu ve bu tepkinin bitkilerin bu stres koşullarına ayrı ayrı maruz kalmaları durumundaki tepkilerine bakılarak tahmin edilemeyeceği bildirilmiştir (Mitler 2006).

Dünyada domates yetiştiriciliği yapılan alanlarda yüksek sıcaklık ve kuraklık üretimi olumsuz etkileyen çevre koşulları olarak gösterilmiştir (Heuvelink ve Dorais 2005; Jensen ve ark. 2010). Sıcak ve kurak koşullarda dikkate alınması gerekli diğer kritik bir faktör ise ekstrem yüksek sıcaklıklardır. Kurak koşullarda kısa süreli olsa aşırı yüksek sıcaklıklar zararlı olabilmektedir (Jensen ve ark. 2010).

Domates için sıcaklık gereksinimi bitkinin gelişim dönemine bağlıdır. Bitki gelişimi için optimal gündüz sıcaklığı 21-24 °C, tozlanma ve meyve tutumu için ideal sıcaklık gündüz ve gece 24 °C ve 17 °C dir. Gündüz 35 °C ve gece 30 °C'nin üstündeki sıcaklıklar az tohumlu ve küçük meyveyle sonuçlanan aborsiyonlara neden olur (Jones 1999; Henriques da Silva 2008). Domatesin generatif organları yüksek sıcaklığa, vegetatif organlarından daha hassastır (Abdul-Baki 1991; Abdelmageed ve ark. 2003; Peet ve ark. 1997; Sato ve ark. 2006). Domateste yüksek sıcaklığa en duyarlı gelişim dönemi meyve tutum aşamasıdır. Optimum sıcaklığın sadece 2-4 °C üzerinde olması domateste fotosentez (Camejo ve ark. 2005), gamet oluşumu (Firon ve ark. 2006), çiçek oluşumu, çiçek morfolojisi (Miller 2001), anter patlaması, polen gelişimi, üretilen polen miktarı, polen salınımı, polen canlılığı ve çimlenmesini ve tozlanan çiçek oranını etkilemektedir (Pressman ve ark. 2002; Sato ve ark. 2000; Abdelmageed ve ark. 2003, Thomas ve Prasad; 2003, Heuvelink ve Dorais 2005; Sato ve ark. 2000; 2006; Soylu ve Çömlekçiöğlü 2009). Yüksek sıcaklık aynı zamanda tohum oluşumunu azaltmakta, tohumlu meyve oranını ve verimi düşürmektedir (Peet ve ark. 1997; Sato ve ark. 2006; Firon ve ark. 2006; Henriques da Silva 2008). Bu durum daha çok genotip, toprak nemi ve hava nemine bağlıdır. Yüksek sıcaklık koşullarında domateste artan çiçek dökümleri genellikle döllenmenin azlığından kaynaklanmaktadır. Zayıf çiçek döllenmesi partenokarpik meyve oluşumuna neden olmaktadır. Yüksek sıcaklık koşullarında anormal çiçek gelişimleri yanında fotosentezin azlığı ve çiçek organlarındaki büyüme düzenleyicilerin noksanlığı zayıf meyve tutumuna sebep olarak gösterilmektedir (Barringer ve ark. 1981; Kinet ve Peet 1997). Tozlanma ve döllenme koşullarının yetersiz olduğu durumlarda meyve (özellikle partenokarpik meyve) tutumu çeşitli büyüme düzenleyicilerin özellikle gibberellik asit (GA₃) uygulamalarıyla artırılması yeni değildir ve bu durum birçok araştırmacı tarafından bildirilmiştir (Mapelli ve ark. 1978; Fos ve ark. 2000; Naeem ve ark. 2001; Sasaki ve ark. 2005; De Jong ve ark. 2009; Gelmesa 2010; Hazra ve Dutta 2010). Gibberelinler gövde uzaması, dormansinin kalkması, endospermdeki depo kaynaklarının harekete geçmesi ve tohum çimlenmesini kontrol etmesi yanında çiçeklenmenin başlatılması, eşey belirlenmesi, meyve oluşumu ve bitkinin vegetatif dönemden generatif döneme geçişi gibi çeşitli fizyolojik olayları etkiler ve düzenler (Taiz ve Zeiger 2008).

Bu çalışmayla, yüksek sıcaklık koşullarının gerçekleştiği açık tarla koşullarında ve farklı sulama seviyelerinde yetiştirilen sanayi domatesinde GA₃ uygulamalarının meyve tutumuna ve verime etkileri araştırılmıştır

Materyal ve Metot

Bu araştırma yarı-kurak iklim kuşağında bulunan Harran Üniversitesi Ziraat Fakültesine ait araştırma uygulama arazisinde (rakımı 533.0 m ve konumu 37°11' 50" N ve 38°59'38" E), 2010 yılında yürütülmüştür. Deneme alanı topraklarının kuru ağırlık esasına göre 0-30, 30-60 ve 60-90 cm

derinliklerde sırasıyla tarla kapasiteleri ve sırasıyla solma noktaları % 33.24, % 32.54, % 31.96 ve % 22.88, % 21.77, % 20.73, aynı derinlikler için hacim ağırlığı 1.41, 1.40 ve 1.42 gr/cm³ şeklinde belirlenmiştir. Denemenin yürütüldüğü aylar için deneme alanına sıcaklık ve nem ölçer (Hobo, Temp, RH, ZX, External) yerleştirilmiş ve ortamın sıcaklık ve oransal nem değerleri, saatlik olarak kaydedilmiştir.

Class-A pan buharlaşma kabından 3 günde oluşan toplam buharlaşmanın % 133 (T₁₃₃), % 100 (T₁₀₀) ve % 66'sı (T₆₆) [IW/CPE; IW: uygulanacak sulama suyu (mm)/CPE: Kümülatif Pan buharlaşma miktarı (mm)] hesaplanarak 3 farklı sulama konusuna ait su derinlikleri, alanla düzeltme yapılarak, hacimsel sulama suyu miktarları belirlenmiş ve bu miktarlar su sayaçlarında denetlenerek damla sulama yöntemiyle konulara uygulanmıştır. Damla sulama yöntemi için 152 kPa basınçla çalışan, 2.6 l/h kapasiteli damlatıcı ve 50 cm' lik damlatıcı aralığı kullanılmıştır.

Bitkisel materyal olarak AB2 F1(Monsanto Seed) çeşidi kullanılmıştır. Fideler deneme alanına 20 Mayıs 2010 tarihinde çift sıralı olarak dikilmiştir. Fide dikimlerinde dar sıra arası 50, geniş sıra arası 150 ve sıra üzeri 40 cm olacak biçimde yerleştirilmiştir. Her parselde 30 bitki yer almıştır. Dekara N; P₂O₅; K₂O; CaO ve MgO'dan sırasıyla 22; 12; 25; 15 ve 5 kg olarak gübre uygulaması yapılmıştır.

GA₃ uygulamaları bölgede en yüksek sıcaklıkların kaydedildiği Temmuz ayında yapılmıştır. GA₃ uygulamaları için her parselde 10 bitki seçilmiştir. Seçilen bitkilerde etiketlenen çiçek salkımlarındaki çiçek tomurcukları sayılmıştır. Çiçek salkımındaki en gelişmiş çiçek tomurcuğu antesis aşamasında iken, çiçek salkımları ıslanincaya kadar 0 (kontrol), 25 ve 50 ppm GA₃ püskürtülmüştür. Kontrol bitkilerine sadece su püskürtülmüştür. GA₃ uygulamalarından 2 hafta sonra çiçek salkımlarındaki aborsiyona uğramış çiçek ve meyve tutan çiçek sayılmış ve % oranları hesaplanmıştır. GA₃ uygulanmayan kontrol (T₁₃₃, T₁₀₀ ve T₆₆) bitkilerinden elde edilen bitki başına verim değerlerinden dekara verim hesaplanmıştır. GA₃ uygulamalarının, kontrol uygulamalarına göre, meyve tutumunda sağladığı oransal farklar dikkate alınarak, 25 ve 50 ppm GA₃ uygulanmış T₁₃₃, T₁₀₀ ve T₆₆ konularının dekara verimleri hesaplanmıştır. Her uygulama için örneklenen 30 meyvede; hassas terazi ile meyve ağırlıkları (MA) ve meyve uzunluğu (MU) ile çap (MÇ) değerleri dijital kumpasla, meyvelerde suda çözünür kuru madde (SÇKM) ise refraktometre yardımıyla ölçülmüştür. Meyveler ekvator düzleminden ikiye kesilmiş ve gözle görülebilir tohum olup olmadığına bakılarak tohumlu ve tohumuz meyve oranları belirlenmiş, tohumlu meyvelerde tohum sayılmıştır.

Deneme, sulama uygulamaları ana faktör ve GA₃ uygulamaları ise alt faktör olarak faktöriyel (tesadüf blokları) deneme desenine göre ve üç tekerrürlü olarak yürütülmüştür. İstatistik analizler TARIST (Açıkgöz ve ark. 2004) istatistik programında yürütülmüş ve ortalamaların karşılaştırılmasında LSD testi uygulanmıştır. Meyve tutum oranlarında (sayılarak elde edilen veriler oran olarak ifade edildiği için) karekök transformasyonu uygulanmış (Düzgüneş ve ark. 1987), çizelgede gerçek değerler yanında transformasyon değerleri parantez içinde yazılmıştır.

Bulgular ve Tartışma

Denemenin yürütüldüğü Mayıs-Eylül arası aylara ait bazı iklim değerleri Tablo 1'de sunulmuştur. Çiçeklenme, Haziran ayı ortasında başlamıştır. Çiçeklenme ve meyve tutumunun devam ettiği (Temmuz-Ağustos-Eylül aylarında kaydedilen sıcaklık değerleri, domatesin meyve tutumu için gerekli optimal sıcaklığın (24 °C) yaklaşık 8-10 °C üstünde (yüksek sıcaklık koşulları) gerçekleşmiştir (Tablo 1). Temmuz-Ağustos ayları sonunda yüksek sıcaklık, düşük oransal nem ve kuru-sıcak rüzgarlar nedeniyle yapraklarda ve sürgünlerde kurumalar olduğu belirlenmiştir.

Tablo 1. Denemenin yürütüldüğü aylara ait bazı iklim verileri.

	MAYIS	HAZİRAN	TEMMUZ	AĞUSTOS	EYLÜL
Aylık Ortalama Sıcaklık (°C)	25.4	30.4	34.0	32.2	28.4
En Yüksek Sıcaklık (°C)	38.0	41.5	44.7	43.8	42.0
En Düşük Sıcaklık (°C)	11.2	17.8	22.0	20.0	16.5
Ortalama Nisbi Nem (%)	54.9	35.9	32.8	44.7	46.0

Sulama suyu miktarı ve GA₃ uygulamaları meyve tutum oranı (MTO)'na önemli etkilerde bulunmuştur. Ancak GA₃ uygulamalarının daha etkili bir faktör olduğu belirlenmiştir. Kuraklık stresinin gerçekleştiği en düşük sulama seviyesinde (T₆₆) GA₃ uygulanmayan kontrol bitkilerinde MTO % 2.86 olarak belirlenmiştir. Yüksek sıcaklık koşullarında sulama suyu miktarının artırılmasıyla (T₁₀₀ ve T₁₃₃) diğer bir ifadeyle kuraklık koşullarının ortadan kaldırılmasıyla, MTO sırasıyla % 9.58 ve % 10.10'a yükselmiştir. Bu sonuçlarla uyumlu olarak, bölgede iyi sulama ve optimum sıcaklık koşullarında yetiştirilen yerli domates genotipleriyle yapılan önceki çalışmada bitkilerin meyve tutum oranı % 39-64 arasında değişirken, yüksek sıcaklık koşullarında ise bu oran genotiplere göre % 5-16'ya kadar düşmüştür (Çömlekçioğlu ve Soylu 2010). GA₃ uygulanmayan parsellerin MTO GA₃ uygulanan parsellerin MTO ile karşılaştırıldığında en düşük sulama seviyesinde (T₆₆) 25 ve 50 ppm GA₃ uygulanması MTO'nun sırasıyla % 33.50 ve % 38.92 seviyesine yükseltmiştir. En düşük sulama ve 50 ppm GA₃ uygulamaları koşullarında MTO % 38.92 olarak belirlenmiştir. T₁₃₃ sulama seviyesinde GA₃ uygulanmamış bitkilerde MTO % 10.10 dan 25 ppm uygulamalarında % 35.83 oranına ve 50 ppm uygulamalarında ise % 57.36 oranına yükselmiştir (Tablo 2). Domates bitkisinde meyve tutumunun, polen gelişimi ve anterlerin açılmasını etkileyen çok düşük veya yüksek sıcaklıklara çok duyarlı olduğu bilinmektedir. İyi bir meyve tutumunun başarılı tozlanma ve döllenmeye bağlı olduğu, bunun oksin ve gibberellin aktivasyonu ile meyve gelişimini tetiklediği (De Jong ve ark. 2009), Deneme sonuçlarına paralel biçimde yüksek sıcaklıkların domates meyve tutumu ve meyve üretimini azalttığı bildirilmiştir (Peet ve ark. 1997). Oksin ve gibberellinler gibi, bitki büyüme düzenleyicilerinin meyve tutum oranını ve partenokarpik meyve oluşumunu etkilediği bilinmektedir. Domateste yüksek sıcaklık nedeniyle engellenen meyve tutumunun 4-CPU+GA₃ uygulanmasıyla, % 62 oranında artırılabilirliği belirlenmiştir (Sasaki ve ark. 2005).

Tablo 2. Sulama seviyelerine ve GA₃ uygulamalarına göre meyve tutum oranı (%)

Uygulamalar	T ₁₃₃	T ₁₀₀	T ₆₆	Ortalama
0 ppm GA₃	10.10 (13.22)*	9.58 (11.60)	2.86 (3.23)	7.51 (9.35) c
25 ppm GA₃	35.83 (35.43)	25.73 (28.84)	33.50 (32.02)	31.68 (32.10) b
50 ppm GA₃	57.36 (51.00)	41.70 (40.07)	38.92 (36.56)	45.99 (42.54) a
Ortalama	34.43 (33.22) a	25.67 (26.84) b	24.24 (23.94) b	
LSD % 1		6.22		10.65

Aynı satır ve sütun içerisindeki farklı rakamlar istatistik açıdan önemlidir.

*Parantez içindeki değerler karekök transformasyon değerleridir.

Meyve verim değerleri hem sulama suyu miktarı hem de GA₃ uygulamalarından önemli şekilde etkilenmiştir. GA₃ uygulanmayan ve T₆₆, T₁₀₀ ve T₁₃₃ seviyelerinde sulanmış bitkilerden alınan toplam verim değerleri sırasıyla 3.47, 6.23 ve 8.24 ton/da olarak belirlenmiştir. GA₃ uygulamalarının yapıldığı bitkilerin verimleri ise T₁₀₀- 50 ppm GA₃ ve T₁₃₃- 50 ppm GA₃ uygulamalarında sırasıyla 8.06 ve 11.35 ton/da olarak belirlenmiştir (Tablo 3). Naeem ve ark. (2001) çiçeklenme veya meyve tutum aşamasında 60-90 ppm GA₃ uygulamalarının meyve dökümünü yaklaşık % 38-40 oranında azalttığını ve meyve verimini % 50'nin üstünde bir oranla arttırdığını bildirmiştir.

Tablo 3. Sulama ve GA₃ uygulamalarının meyve verim değerlerine etkileri (ton/da)

Uygulamalar	Kontrol (0 ppm)	25 ppm GA ₃	50 ppm GA ₃	Sulama ortalaması
T ₁₃₃	8.24	10.25	11.35	9.95 a
T ₁₀₀	6.23	7.15	8.06	7.14 b
T ₆₆	3.47	4.44	4.64	4.18 c
Ortalama	5.98 b	7.28 a	8.01 a	
LSD % 1		0.99		0.99

Aynı satır ve sütun içerisindeki farklı harfler istatistik açıdan önemlidir.

Çalışmada elde edilen verim değerlerine benzer şekilde GA₃ uygulamalarıyla domateste meyve tutum oranının kontrole göre daha fazla olduğu, toplam meyve veriminin arttığını, uygulamaların SÇKM'yi

etkilemediğini ancak likopen miktarının arttığı bildirilmiştir (Khan ve ark. 2006; Gelmesa ve ark. 2010; 2012).

Yüksek sıcaklık koşullarına sahip ve su kısıtının olmadığı üretim alanlarında yüksek sıcaklıktan kaynaklı verim azalışları yeterli sulamalar yapılarak azaltılabilir ve verim artışı sağlanabilir. Ancak yüksek sıcaklık koşullarında yeterli miktarda sulama yapılması durumunda çiçeklerin ancak ortalama % 10'u meyve oluşturmaktadır (Mitler 2006). Domateste meyve tutumu ve gelişimi çevre koşullarına karşı çok hassastır. Bu nedenle çevre stres koşullarının etkileri ve bu süreçte zararlı etkileri azaltacak, tarımsal açıdan çok değerli olan verimliliği artıracak uygulamaların yapılması üretimi kolaylaştırabilir. Eğer meyve tutumu ve gelişimi yeterli tozlanma ve döllenmeye daha az bağımlı olursa bu durum verimli meyve tutumu için uygun olmayan alanlarda da meyve üretimi için büyük bir avantaj sağlayacaktır (De Jong ve ark. 2009).

Çalışmanın verim sonuçlarına paralel biçimde yetersiz sulamanın verim kayıplarına ve meyve kalitesinin değişimine neden olduğu rapor edilmiştir (Topcu 2007; Savic ve ark. 2008; Mukherjee ve ark. 2010). Salçalık domateste uygulanan su miktarı arttıkça veriminin de arttığı, en yüksek toplam ve salçalık meyve veriminin tam sulanan konulardan elde edildiğini bildirilmiştir (Özbahce ve Tari 2006; Mahajan ve Singh, 2006). Bitkinin verim, büyüme ve gelişmesini sürdürebilmesi için gereksinim duyduğu tüm kaynaklar içinde tarımsal verimliliği en çok etkileyen ve sınırlandırıcı en önemli faktörlerden birisi sudur. Yüksek sıcaklık koşullarında sulama suyu miktarının optimize edilmesi güçtür. Deneme sonuçları domates yetiştiriciliğinde yüksek verimlilik için günlük buharlaşma değerlerini belirli oranlarda (% 33) aşan miktarlarda sulamanın uygun olduğunu göstermiştir.

Sulama seviyesi ve GA₃ uygulamaları meyve ağırlığını (MA) önemli şekilde etkilenmiştir (Tablo 4). Meyve iriliğinde sulama suyu seviyesinin çok önemli bir faktör olduğu tespit edilmiştir. Sulama suyu seviyesi arttıkça MA artmıştır. T₁₃₃ ve T₁₀₀ konularında MA ortalamaları sırasıyla 103.59 ile 101.83 g iken T₆₆ konusunda 65.57 g'a düşmüştür. GA₃ uygulamaları ise sulama suyu miktarının aksine etkide bulunmuş ve GA₃ dozu arttıkça MA azalmıştır. GA₃ uygulanmayan meyvelerin ortalamaları 95.04 g olan MA 50 ppm de 87.07 g'a düşmüştür. Bu sonuçlara benzer şekilde sulama suyu miktarının ve su kısıntısının meyve ağırlığını önemle etkilediği (Favati ve ark. 2009), sanayi domatesinde en büyük meyvenin tam sulanan konulardan elde edildiğini, ancak su kısıntısının meyve ağırlığında önemli farklılıklar oluşturmadığı (Patane ve ark. 2011) bildirilmiştir.

Tablo 4. Sulama ve GA₃ uygulamalarına göre meyve ağırlığı (g)

Uygulamalar	Kontrol (0 ppm)	25 ppm GA ₃	50 ppm GA ₃	Sulama ortalaması
T ₁₃₃	109.33	103.42	98.03	103.59 a
T ₁₀₀	108.85	98.52	98.13	101.83 a
T ₆₆	66.94	64.74	65.04	65.57 b
GA ₃ ort	95.04 a	88.89 b	87.07 b	
LSD % 1		7.71		5.59

Aynı satır ve sütun içerisindeki farklı harfler istatistik açıdan önemlidir.

Meyve uzunluğunda (MU) (Tablo 5) hem sulama suyu düzeyi hem de GA₃ uygulamalarıyla önemli farklılıklar belirlenmiştir. Meyve çapı (MÇ) (Tablo 6) üzerine ise yalnız sulama suyu miktarı önemli etkide bulunmuştur. Meyve çapı ve uzunluğu incelendiğinde su düzeylerinin etkilerinin önemli olduğu ve meyve iriliğinin su düzeylerine paralel biçimde değiştiği belirlenmiştir. Sulama suyu miktarının artışıyla MU değerlerinde yükselme, buna karşılık uygulanan GA₃ dozunun artışıyla ise MU'da düşüşler belirlenmiştir. T₁₃₃ konusunda 52.64 mm olan MÇ T₆₆ konusunda 47.01 mm seviyesine düşmüştür. Uygulamalar kontrol meyvelerine göre meyve boyutunda küçülmelere neden olurken meyve indeksinin (MU/MÇ) değişmediği, meyve şekli değişmeden boyutta azalma olduğu belirlenmiştir. GA₃ uygulanan bitkilerden elde edilen meyvelerin tamamı partenokarpik meyvelerdir. Bu meyveler tohum oluşturmadığı ve aynı zamanda tohumların etrafında bulunan jelimsi maddeleri içermediklerinden, sulama seviyesinin azalmasıyla küçülen meyveler daha da küçülmüştür. Elde edilen partenokarpik meyveler tohum içermemelerine rağmen puf meyve değil, içi dolu, jelli ve normal şekilli meyveler oluşturmuştur.

Meyvede SÇKM gerek sulama seviyesinden ve gerekse GA₃ uygulamalarından ve bunların interaksiyonundan önemli şekilde etkilenmiştir (Tablo 7). En yüksek SÇKM değeri (5.59 Briks), en düşük sulama seviyesi olan T₆₆ konusunda ve en yüksek (50 ppm GA₃) uygulamasında ölçülmüştür. Bu durum kısıtlı sulanan meyvelerin su içeriğinin azalması ve aynı zamanda GA₃ uygulamalarının meyvelerde

partenokarpiyi arttırmasıyla açıklanabilir. Kısıtlı su uygulamalarının domateste meyve su içeriğini ve meyve verimini azalttığı, ancak meyvede çözünebilir kuru madde miktarını arttırdığı bildirilmiştir (Mitchel ve ark. 1991). Sanayi domatesi, aşırı sulama seviyelerinde yüksek verim ve düşük SÇKM içeriği, düşük su seviyelerinde ise düşük verim ve yüksek SÇKM içeriği üretmektedir (Baselga ve ark. 1993; Hanson ve May 2004). George ve ark. (1984), partenokarpinin kuru madde içeriğini arttırdığı bildirmişlerdir.

Tablo 5. Sulama ve GA₃ uygulamalarına göre meyve uzunluğu (mm)

Uygulamalar	Kontrol (0 ppm)	25 ppm GA ₃	50 ppm GA ₃	Sulama ortalaması
T ₁₃₃	68.84	66.96	65.05	66.96 a
T ₁₀₀	68.60	63.06	62.99	64.88 a
T ₆₆	57.26	57.18	57.75	57.39 b
GA ₃ ort	64.90 a	62.40 b	61.93 b	
LSD % 1		1.97		2.71

Aynı satır ve sütun içerisindeki farklı harfler istatistik açıdan önemlidir.

Tablo 6. Sulama ve GA₃ uygulamalarına göre meyve çapı (mm)

Uygulamalar	Kontrol (0 ppm)	25 ppm GA ₃	50 ppm GA ₃	Sulama ortalaması
T ₁₃₃	54.70	52.17	51.05	52.64 a
T ₁₀₀	53.32	49.98	50.47	51.26 a
T ₆₆	46.65	46.96	47.43	47.01 b
LSD % 1				2.62

Aynı sütun içerisindeki farklı harfler istatistik açıdan önemlidir.

Tablo 7. Sulama ve GA₃ uygulamalarının meyvede SÇKM (°Briks) değerlerine etkileri

Uygulamalar	Kontrol (0 ppm)	25 ppm GA ₃	50 ppm GA ₃
T ₁₃₃	4.97 f	4.89 g	4.97 f
T ₁₀₀	5.07 e	5.20 d	5.35 c
T ₆₆	4.98 f	5.47 b	5.59 a
LSD % 1		0.11	

Aynı satır ve sütun içerisindeki farklı harfler istatistik açıdan önemlidir.

Hasat edilen meyvelerde partenokarpi oranının belirlenmesi için meyveler ekvator düzleminden ikiye kesilmiş ve gözle görülebilir tohum olup olmadığına bakılmıştır. GA₃ uygulanmayan kontrol bitkilerinde T₁₃₃ konusunda % 6.66, T₁₀₀ ve T₆₆ konularında % 3.33, tohumlu meyve tespit edilmiştir. GA₃ ün 25 ppm olduğu T₁₀₀ konusunda % 6.66 ve 50 ppm GA₃ ün uygulandığı T₆₆ konusunda ise % 3.33 tohumlu meyve elde edilmiştir. Bu meyvelerdeki tohum sayıları 1 ile 16 adet arasında değişmiştir. Bu sonuçlara göre gerek tohumlu meyve oranı (% 98.7) gerekse meyvedeki tohum sayıları dikkate alındığında oluşan bütün meyvelerin partenokarpik olduğunu söylemek mümkündür. Buna göre partenokarpik meyve oranına sulama seviyelerinin önemli etki yapmadığı, yüksek sıcaklık koşullarının partenokarpiyi oluşturduğu söylenebilir. GA₃ uygulamalarıyla meyve tutumu artarken, oluşan meyvelerin de partenokarpik olduğu belirlenmiştir. Döllenme ve tohum olmadan yumurtalığın gelişip meyve oluşturması olan partenokarpi, normal meyve oluşumuna alternatiftir ve oksin ve gibberellin uygulamalarıyla yapay olarak teşvik edilebilir. Ortalama günlük sıcaklığın 24-25 °C nin üzerinde olması domateste büyük ölçüde partenokarpiye neden olmaktadır (Hazra ve Dutta 2010). Partenokarpi domatesin normal meyve tutumu için olumsuz olan geniş sıcaklık aralıklarına adaptasyonu için önemlidir. Bu çalışma kapsamında polen üretimi ve kalitesiyle ilgili ölçümler yapılmamıştır. Ancak önceki çalışmalarımızda yüksek sıcaklık stresinin domateste üretilen çiçek tozu sayısı, salınan çiçek tozu sayısı, çiçek tozu canlılık oranı ve çiçek tozu çimlenme oranı önemli derecede azaltığı belirlenmiştir (Soylu ve Çömlekçioğlu 2009). Bu durumun tohumlu meyve oranında önemli oranda azalmalara, partenokarpik meyve, gelişmemiş çiçek ve aborsiyona uğramış çiçek oranında da artışlara yol açtığı tespit edilmiştir (Çömlekçioğlu ve Soylu 2010). Hem çevresel faktörlerin etkisi ile hem de genetik olarak partenokarpik domates meyvesi oluşabilir. Partenokarpi çevresel faktörlerin etkisiyle oluştuğu zaman, çekirdek evinde oluşan küçük bir jel taze meyvenin tüketici cazibesini azaltmaktadır (Ho ve Hewitt 1986). Bunun yanında sanayi domateslerinde partenokarpi kuru madde içeriğini arttırdığından dolayı istenen bir özelliktir (George ve ark. 1984). Domateste partenokarpi meyve verimliliğini ve kaliteyi azaltan ve üretim için uygun olmayan iklim koşullarının oluştuğu dönemlerde ve bölgelerde meyve üretimini kolaylaştıran ve olanaklı hale getiren bir

özeliktir. GA₃ uygulamaları verim artışı sağlaması yanında sanayi domatesinde istenilen kalite özelliklerinden partenokarpi ve Briks değerlerinin artmasına da neden olmuştur.

Yetiştirme dönemi boyunca sulama konularına uygulanan toplam sulama suyu miktarı T₁₃₃, T₁₀₀ ve T₆₆ konuları için sırasıyla 1 650.8, 1 320.5 ve 961.3 mm olarak gerçekleşmiştir. Su tasarrufları en fazla su uygulanan (T₁₃₃) konusuna göre T₁₀₀ ve T₆₆ için sırasıyla % 20.0 ve % 41.8 olarak hesaplanmıştır. Buna karşılık verim azalışları yine sırasıyla % 24 ve % 60 oranına ulaşmıştır. Dünyada kullanılan tatlı suyun % 70'nin tarımda kullanıldığı dikkate alınır, büyük ekim alanına sahip domateste, optimum su seviyesi ile daha çok üretim yapmak böylece kısıtlı sulama uygulamalarının benimsenmesi ile su tasarrufundan uygun politikalar üretmek asıl hedef olmalıdır. Böylece tasarruf edilecek su miktarı ile yeni sulanabilir alanların açılmasına olanak sağlanabilir. Kentsel kullanıma ve sanayi amaçlı kullanılan su miktarının giderek artması, kurak ve yarı kurak bölgelerde sulama yönteminin değiştirilmesini zorunlu kılmaktadır.

Domates bitkisinde oransal su tüketimi eksilişleri için en yüksek değer % 39.6 oranında azalma ile T₆₆-0 ppm GA₃ uygulamasında ve en düşük değer % 2.22 oranında azalma ile T₁₃₃-25 ppm GA₃ uygulamasında hesaplanmıştır. Benzer sonuçlar oransal verim için de hesaplanmış, en yüksek ve en düşük değerler aynı uygulamalarda sırasıyla % 69.4 ve % 9.6 oranında verimde azalma gerçekleşmiştir (Tablo 8). Tablodan da görüleceği gibi su tasarrufu yapılmayan T₁₃₃-50 ppm GA₃ konusunda en yüksek verim alınmıştır. Çalışmanın tamamı irdelendiğinde T₁₃₃-50 ppm GA₃ uygulaması önerilebilecek konu olduğu söylenebilir. Gerek IWUE ve gerekse WUE değerleri bu konuda sırasıyla 6.87 ve 6.97 kg/m gerçekleşmiştir. % 41.7 su tasarrufu sağlanan T₆₆ sulama konularında en düşük verimler sırasıyla 3.47, 4.44, ve 4.64 ton/da elde edilmiştir. Bu sonuçlar, domates bitkisinin su stresine oldukça duyarlı bir bitki olduğunu göstermektedir.

Tablo 8. Meyve verimleri, uygulanan sulama suyu miktarları (IW), Bitki su tüketim miktarları, oransal su tüketim eksilişleri $\left(1 - \left(\frac{ET_a}{ET_m}\right)\right)$, oransal verim düşüşleri $\left(1 - \left(\frac{Y_a}{Y_m}\right)\right)$, su tasarruf oranları (%), sulama suyu kullanım randımanları (IWUE) ve su kullanım randımanları (WUE).

Uygulamalar	Meyve verimi (ton/da)	IW (mm)	ET _a (mm)	$1 - \left(\frac{ET_a}{ET_m}\right)$	$1 - \left(\frac{Y_a}{Y_m}\right)$	Su tasarrufu (%)	IWUE (kg/m ³)	WUE (kg/m ³)
T ₁₃₃ 0 ppm GA ₃	8.24	1651	1570	0.035	0.274	0.00	4.99	5.25
T ₁₃₃ 25 ppm GA ₃	10.25	1651	1592	0.022	0.096	0.00	6.21	6.44
T ₁₃₃ 50 ppm GA ₃	11.35	1651	1628	0.000	0.000	0.00	6.87	6.97
T ₁₀₀ 0 ppm GA ₃	6.23	1321	1200	0.262	0.451	19.9	4.72	5.19
T ₁₀₀ 25 ppm GA ₃	7.15	1321	1174	0.278	0.370	19.9	5.41	6.09
T ₁₀₀ 50 ppm GA ₃	8.06	1321	1124	0.309	0.289	19.9	6.10	7.17
T ₆₆ 0 ppm GA ₃	3.47	961	982	0.396	0.694	41.7	3.61	3.53
T ₆₆ 25 ppm GA ₃	4.44	961	992	0.390	0.608	41.7	4.62	4.48
T ₆₆ 50 ppm GA ₃	4.64	961	1010	0.379	0.409	41.7	4.83	4.59

Meyve tutumunu arttırmak amacıyla büyümeyi düzenleyicilerin kullanımı sadece ısıtmasız seralarda yapılan bir uygulamadır. Sanayi domatesi açıkta tarla koşullarında üretilmektedir ve bu koşullarda verim ve kaliteyi azaltan stres koşullarının kontrol edilmesi güçtür. Çalışmanın sonuçları, tarla koşullarında yetiştirilen domateste yüksek sıcaklık ve kuraklık nedeniyle engellenen meyve tutumları ve buna bağlı olarak düşen verim değerlerinin çiçek tomurcuklarına GA₃ püskürtülmesi ile önemli oranda iyileştirilebileceğini göstermiştir.

Kaynaklar

- Abdelmageed AH, Gruda, N, Geyer, B (2003). Effect of High Temperature and Heat Shock on Tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.) Genotypes Under Controlled Conditions. Conference on International Agricultural Research for Development. Deutscher Tropentag Göttingen, October 8-10, 2003.
- Abdul-Baki AA (1991). Tolerance of Tomato Cultivars and Selected Germplasm to Heat Stres. J. Amer. Soc. Hort. Sci., 116(6):1113-1116.
- Açıkgöz N, Ilker E, Gokcol A (2004). Biyolojik araştırmaların bilgisayarda değerlendirilmeleri. Ege Uni. Tohum Teknoloji Uygulama ve Araştırma Merkezi Yay, Izmir.
- Barringer RK, Lazerte DE, Leeper PW (1981). High temperature fruit set of tomatoes. Hort.Science, 16:289-293.
- Baselga Yrisarry JJ, Prieto Losada M, Rodríguez del Rincón HA (1993). Response of Processing Tomato to Three Different Levels of Water And Nitrogen Applications Acta Horticulturae 335: Int. Symposium on Irrigation of Horticultural Crops.
- Camejo D, Rodriguez P, Morales, AM, Amico, JM, Torrecillas A, Alarcon JJ (2005). High temperature effects on photosynthetic activity of two tomato cultivars with different heat susceptibility. Journal of Plant Physiology. 162: 281-289.
- Cuartero J, Yeo AR, Flowers TJ (1992). Selection of donors for salt-tolerance in tomato using physiological traits. *New Phytol.* (1992), 121, 63-69.
- Çömlekçiöđlu N, Soylu MK (2010). Determination of High Temperature Tolerance via Screening of Flower and Fruit Formation in Tomato YYÜ Tar Bil Derg (YYU J Agr Sci) 2010, 20(2): 123-130.
- Dalal M, Dani RG, Kumar PA (2006). Review Current trends in the genetic engineering of vegetable crops. Sci. Horticulturae Vol. 107, Issue 3, 6 p. 215-225.
- De Jong M, Mariani C, Vriezen WH (2009). The role of auxin and gibberellin in tomato fruit set. Journal of Experimental Botany, Vol. 60, No. 5, pp. 1523–1532.
- Düzgüneş O, Kesici T, Kavuncu O, Gürbüz F (1987). Araştırma ve Deneme Metotları (İstatistik Metotları-II), Ankara Üniv. Ziraat Fak. Yayınları:1291; ders kitabı: 295
- Favati F, Lovelli S, Galgano F, Miccolis V, Tommaso T, Candido V (2009). Processing tomato quality as affected by irrigation scheduling Sci. Hort. 122 (2009) 562–571.
- Firon N, Shaked R, Peet MM, Phari DM, Zamskı E, Rosenfeld K, Althan L, Pressman, NE (2006). Pollen Grains of Heat Tolerant Tomato Cultivars Retain Higher Carbohydrate Concentration Under Heat Stress Conditions. Sci. Horticulturae: 109:212-217.
- Fos M, Nuez F, Garcia-Martinez JL (2000). The Gene pat-2, Which Induces Natural Parthenocarp, Alters the Gibberellin Content in Unpollinated Tomato Ovaries Plant Physiology, Vol. 122, pp. 471-479.
- Gelmesa D, Abebie B, Desalegn L (2010). Effects of Gibberellic acid and 2,4 dichlorophenoxyacetic acid spray on fruit yield and quality of tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.) J. of Plant Breeding and Crop Science Vol. 2(10). pp. 316-324.
- Gelmesa D, Abebie B, Desalegn L (2012). Regulation of tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.) fruit setting and earliness by gibberellic acid and 2,4-dichlorophenoxy acetic acid application African J. of Biotechnology Vol. 11(51), pp. 11200-11206, 26 June, 2012.
- George W, Scott J, Splittstoesser W (1984). Parthenocarp in tomato. Hort. Rev. 6, 65-84.
- Hanson B, May D (2004). Effect of subsurface drip irrigation on processing tomato yield, water table depth, soil salinity, and profitability. Agricultural Water Management 68, 1–17,
- Hazra P, Dutta AK (2010). Expression of Parthenocarp in Tomato Due to Temperature and Pollination Treatment International Journal of Vegetable Science, 16:222–232.
- Henriques da Silva DJ (2008). Tomatoes: Orijin, Cultivation Tech. and Germplasm Reseources. In Tomato and Tomato Products. Nutritional, Medicinal and Therapeutic Properties. Science Publishers. ISBN 978-1-57808-534-7.
- Heuvelink E, Dorais M (2005). ‘‘Crop Growth and Yield’’ in Tomatoes, Edited by Heuvelink E. ISBN 0851993966. Ho, L.C., and Hewit, J.D., 1986. Fruit Development. In: Atherton J.G., Rudich, J (Eds). The Tomato Crop. Chomen and Hall, London, pp.201-239.

- Ho LC, Hewitt JD (1986). Fruit development. In: Atherton JG, Rudich J, eds. The tomato crop. Cambridge: Cambridge University Press, Chapman and Hall Ltd, 201-240.
- Hopkins WG (1988). Introduction to Plant Physiology, p 464. John Wiley&Sons, Inc. Jones J. Benton. 1999. Tomato Plant Culture in the Field, Greenhouse, and Home Garden CRC Press. Boca Raton London NY. Washington, D.C. ISBN 0-8493-2025-9.
- Jensen CR, Battilani, Plauborg F, Psarras G, Chartzoulakis K, Janowiak F, Stikic R, Jovanovic Z, Li G, Qi X, Liu F, Jacobsen SE, Andersen MN (2010). Deficit irrigation based on drought tolerance and root signaling in potatoes and tomatoes Agricultural Water Management 98 (2010) 403–413.
- Jones JB Jr. (1999), Tomato plant culture : in the field, greenhouse, and home garden by CRC Press LLC. ISBN 0-8493-2025-9
- Kalefetoğlu, Ekmekçi Y (2005). The Effects Of Drought On Plants And Tolerance Mechanisms. (Review) .G.U. Journal of Science 18(4): 723-740.
- Khan MMA, Gautam AC, Mohammad F, Siddiqui MH, Naeem M, Khan MN (2006). Effect of gibberellic acid spray on performance of tomato. Turk. J. Biol. 30: 11-16.
- Kinet, J.M., and Peet , M.M., 1997. Tomato :In:Wien , H.C.(Ed), The Physiology of Vegetable Crops. CAB, International. New York, pp.207-258.
- Mahajan G, Singh KG (2006). Response of Greenhouse tomato to irrigation and fertigation. Agricultural Water Management, 84, 202-206.
- Mahajan S, Tuteja N (2005) Cold, salinity and drought stresses: An overview. Archives of Biochemistry and Biophysics 444 (2005) 139–158
- Mapelli S, Frova C, Torti G, Soressi GP (1978). Relationship between set, development and activities of growth regulators in tomato fruits Plant & Cell Physiol. 19(7): 1281-1288.
- Miller P, Lanier W, Brandt S (2001). Using Growing Degree Days to Predict Plant Stages. Ag/Extension Communications Coordinator, Communications Services, Montana State University-Bozeman, Bozeman, MO, 2001.
- Mitchell JP, Shennan C, Grattan SR, May DM (1991). Tomato Fruit Yields and Quality under Water Deficit and Salinity. *J.I of the American Society for Hort Sci.* 116, 215-221.
- Mitler R (2006). Abiotic stress, the field environment and stress combination. Trends in Plant Science Vol.11 No.1 January 2006.
- Moffat AS (2002). Finding new ways to protect drought-stricken plants. Science 296, 1226–1229.
- Mukherjee A, Kundu M, Sarkar S (2010). Role of irrigation and mulch on yield, evapotranspiration rate and water use pattern of tomato (*Lycopersicon esculentum* L.) Agricultural Water Management. 98 :182-189.
- Nachmias A, Kaufman Z, Livescu L, Tsrer L, Meiri A, Caligari PDS (1993). Effects of salinity and its interactions with disease incidence on potatoes grown in hot climates. *Phytoparasitica* 21 (3): 245-255.
- Naeem N, Ishtiaq M, Khan P, Mohammad N, Khan J, Jamiher B (2001).Effect of gibberellic acid on growth and yield of tomato Cv. Roma. J. Biol. Sci. 1(6): 448-450.
- Özbahçe A, Tarı AF (2006). Sulama suyundaki kısımtının salçalık domatesin verim ve kalitesine etkileri. VI. Sebze Tarımı Semp. 19-22 Eylül 2006. K.Maraş. S. 116-120.
- Patane C, Tringali S, Sortino O (2011). Effects of deficit irrigation on biomass, yield, water productivity and fruit quality of processing tomato under semi-arid Mediterranean climate conditions. *Sci. Horticulturae* 129: 590-596.
- Peet MM, Willits DH, Gardner R (1997). Response of ovule development and post-pollen production Processes in male-sterile tomatoes to chronic, subacute high temperature stress. *J. Exp. Bot.*, 48,101–111.
- Prasad PVV, Craufurd PQ, Summerfield RJ (1999). Fruit Number in Relation to Pollen Production and Viability in Groundnut Exposed to short episodes of heat stress. *Annals of Botany*; Sep; 84, 3; ProQuest Agriculture Journals pg. 381-386.
- Pressman E, Peet M., Phar DM (2002). The Effect of heat stress on tomato pollen characteristics is associated with changes in carbohydrate concentration in developing anthers. *Annals of Botany*, 90:631-636.
- Rivero RM, Ruiz JM, Garcya PC, Lopez-Lefebvre LR, Sanchez E, Romero L (2001). Resistance to cold and heat stress: accumulation of phenolic compounds in tomato and watermelon plants .*Plant Science* 160 (2001) 315–321.
- Rizhsky L, Liang H, Shuman J, Shulaev V, Davletova S Mittler R (2004). When Defense Pathways Collide. The Response of Arabidopsis to a Combination of Drought and Heat Stress *Plant Physiology*, April 2004, Vol. 134, pp. 1683–1696.

- Sasaki H, Yano T, Yamasaki A (2005). Reduction of high temperature inhibition in tomato fruit set by plant growth regulators. *Japan Agric. Research Quarterly*. 39 (2): 135 – 138.
- Sato S, Kamiyama M, Iwata T, Makita N, Furukawa H, Ikeda H, (2006). Moderate Increase of Mean Daily Temperature Adversely Affects Fruit Set of *Lycopersicon esculentum* by Disrupting Specific Physiological Process in Male Reproductive Development. *Annals of Botany*, 10:1093-1098.
- Sato S, Peet MM, Thomas JF (2000). Physiological Factors Limit Fruit Set of Tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.) Under Chronic, Mild Heat Stres. *Plant, Cell and Environment*, 23:719-726.
- Savic S, Stikic R, Radovic BV, Bogicevic B, Jovanovic Z, Hadz V, Sukalovic VHT (2008). Comparative effects of regulated deficit irrigation (RDI) and partial root-zone drying (PRD) on growth and cell wall peroxidase activity in tomato fruits. *Sci. Horticulturae* 117 15–20.
- Soylu MK, Çömlekçiöğlü N (2009). The effects of high temperature on pollen grain characteristics in tomato (*Lycopersicon esculentum* M). *J. the Fac. of Agri. Univ. Harran*. 13(2): 35-42.
- Taiz L, Zeiger E (2008). *Bitki Fizyolojisi*. (Çev: Türkan İ) Palme Yayıncılık, Ankara. ISBN: 0-87893-823-0.
- Thomas JMG, Prasad PVV (2003). *Plants and the Environment /Global Warming Effects*, University of Florida, Gainesville, FL, USA.
- Topcu S, Kirda C, Dasgan Y, Kaman H, Cetin M, Yazici A, Bacon MA (2007). Yield response and N-fertiliser recovery of tomato grown under deficit irrigation *Europ. J. Agronomy* 26: 64–70.
- Wahid A, Gelani S, Ashraf M, Foolad MR (2007). Heat tolerance in plants: An overview. *Environmental and Experimental Botany*. 61: 199-223.