Lizimetre koşullarında yetiştirilen susamda (*Sesamum indicum* L.) kısıntılı sulama uygulamalarının bitki su tüketimi, verim ve kalite özelliklerine etkileri

Ruhi BAŞTUĞ[1] Cihan KARACA[1] Dursun BÜYÜKTAŞ[1] Köksal AYDİNŞAKİR[2] Nazmi DİNÇ[2]

[1)]Akdeniz Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarımsal Yapılar ve Sulama Bölümü, Antalya
[2)] Batı Akdeniz Tarımsal Araştırma Enstitüsü, Antalya
Sorumlu yazar: rbastug@akdeniz.edu.tr

Özet

Bu çalışmada lizimetre koşullarında, damla sulama ile sulanan ve ikinci ürün olarak yetiştirilen iki farklı çeşit (Muganlı-57 ve Birkan) susam bitkisinin; su kullanımı ile mevsimlik sulama suyu gereksiniminin saptanması, farklı düzeylerdeki kısıntılı sulama uygulamalarının su-verim ilişkilerine ve kalite özelliklerine etkilerinin belirlenmesi, ayrıca bazı özellikler açısından karık ve damla sulama yöntemlerinin lizimetre koşullarında karşılaştırılması amaçlanmıştır. İki yıllık araştırmanın 1. yıl sonuçlarının değerlendirildiği çalışmada, konulara göre susam bitkisinin su tüketim değerleri 164.9-537.9 mm, su kullanım randımanı (WUE) değerleri 0.18-0.41, ölçüm periyodundaki oransal yaprak su içeriği değerleri % 73.07-97.78, yaprak klorifil içeriği indeks (CCI) değerleri 6.9-37.3, bitki boyu 108.5-218.3 cm, verim değerleri 30.3-216.0 kg da^{-1}, yağ içeriği % 44.70-52.96, protein içeriği % 17.16-24.80 arasında değişmiş, susam için verim tepki etmeni k_y=1.2 olarak belirlenmiştir. Su stresinin doymamış yağ asitlerinden oleik asit içeriğini artırdığı linoleik asit içeriğini ise azalttığı; damla sulama ile tam sulamanın, doymamış yağ asitlerinden palmitoleik asit içeriğini artırdığı; Muganlı-57 çeşidinin oleik asit içeriğinin Birkan çeşidinden, Birkan çeşidinin linoleik asit içeriğininse Muganlı-57 çeşidinden yüksek olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Uygulanan sulama suyu arttıkça doymuş yağ asitlerinden olan stearik ve araşidik asitlerin azaldığı, palmitik asitinse artmadığı; Muganlı-57 çeşidinde palmitik asit içeriğinin Birkan çeşidine göre daha düşük olmasına karşın, stearik ve araşidik asit içeriklerinin daha yüksek olduğu belirlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Susam, Lizimetre, Kısıntılı sulama, Verim, Kalite özellikleri, Damla sulama.

The Effects of Deficit Irrigation on Water Use, Yield and Quality Properties of Sesame (*Sesamum indicum* L.) Grown in Lysimeters

Abstract

The aim of this study is to determine the seasonal water use and water requirements of two sesame varieties (Muganlı-57 and Birkan) irrigated by a drip irrigation system and grown in lysimeter as a second crop, to find out the effects of different deficit irrigation applications on the sesame varieties as well as to determine water-yield relations and quality characteristics of sesame varieties. Addidionally, the effects of furrow and drip irrigation methods on some of the properties of sesame varieties is also aimed. The study has been conducted for two years. However, only the first year results are presented here. The water use, water use efficiency, relative leaf water content, chorophyll content index (CCI), plant height, crop yield, oil content, protein content and yield response factor (k_y) of sesame were found to be 164.9-537.9 mm, 0.18-0.41, 73.07-97.78%, 6.9-37.3, 108.5-218.3 cm, 30.3-216.0 kg da^{-1}, 3.1-4.1 g, 44.70-52.96%,17.16-24.80% and 1.2, respectively. Water stress increased oleic acid while it decreased linoleic acid. Full irrigation treatment using drip irrigation method increased palmitoleic acid content. It was found that the oleic acid content of Muganlı-57 variety is higher than that of the Birkan variety, whereas linoleic acid content of Birkan variety is higher than that of the Muganlı-57 variety. Staeric acid and arachidonic acid contents decreased, whereas palmitic acit content did not increase in both varieties as the applied water increased. Palmitic acid content in Muganlı-57 variety was lower than that of the Birkan variety whereas staeric acid and arachidonic acid contents were found to be higher.

Keywords: Sesame, Lysimeter, Deficit irrigation, Yield, Quality properties, Drip irrigation.

Giriş

Yeryüzü su kaynaklarının aynı kalmasına karşın, dünya nüfusunun ve yanı sıra içme, kullanma ve endüstri su gereksinimlerinin hızla artması, küresel iklim değişikliğinin yarattığı kuraklık sorunları; suyu stratejik kaynak haline getirmiş, su artırımı sağlayacak çalışmaların önemini artırmıştır.

Dünya susam üretiminin büyük bölümü, Asya ülkelerinde yapılmakta ve susam, bitkisel yağ (% 77.6) olarak ayrıca pastacılıkta (% 20.1) ve tohumluk olarak (% 2.3) tüketilmektedir (Tan, 2002).

Dünya susam ekim alanı 2013 yılı için, yaklaşık 9.4 milyon ha, üretim miktarı 4.8 milyon t, ortalama verimi ise 50.6 kg da^{-1} olarak gerçekleşirken (Anonymous, 2013), ülkemizde 2015 yılında 28089 ha ekim alanından 18530 t ürün elde edilmiş, dekara verim ise 66 kg da^{-1} olarak gerçekleşmiştir (Anonim, 2015a). Susam yağı; yüksek orandaki doymamış yağ asiti ve antioksidan sesamol içeriği ile kolesterolsüz, sağlıklı, kaliteli bir yemeklik yağdır (Tan, 2011). Susamdaki palmitoleik ve oleik asitler tekli, linoleik ve linolenik asitler ise çoklu doymamış asitler olup; palmitik, stearik, araşidik asitler ise doymuş yağ asitleridir. Susam yağındaki doymamış yağ asitlerinin, doymuş asitlere göre fazla olması sağlık açısından tercih edilir (Karaca ve Aytaç, 2007).

Susam Antalya'nın iklimsel koşullarına son derece elverişli bir bitki olmasına rağmen, düşük fiyat getirisi, makineli hasadın uygulanmaması, hastalıklar nedeniyle ekim alanlarının yarıya düşmesi, Ülke ihtiyacının sadece % 15-20'sinin karşılanmasına, son üç yılda dışalımın iki kat armasına yol açmıştır (Anonim, 2011). Oysa uygun agronomik önlemlerle, verim %100 artırılabilir (Tan, 2011). Bu durumda ülkemiz susam dış alımı değil susam dış satımı yapan ülkeler arasına girebilecek, dış alım için ödenen döviz ülke içinde kalacaktır.

Su kaynağının olağan koşullarda hizmet götürülecek alan için yeterli olmadığı durumlarda, olağandan daha az su (kısıntılı sulama) uygulanarak aynı miktar su ile daha fazla alanın sulamaya açılması sağlanır (Merriam, 1965). Kısıntılı sulama, bitkilerin bir miktar su stresine sokulmasıyla maliyeti düşüren ve geliri yükselten bir işletim biçimidir (Ünlü ve ark., 2008). Günümüze dek, kısıntılı sulama ve su verim ilişkilerine yönelik olarak birçok model geliştirilmiştir (Hanks, 1974, Stewart ve ark. 1977; Tanner ve Sinclair, 1983; Hanks 1983, English ve ark., 1990; Kang ve ark. 1998). Anılan modeller içerisinde en çok kullanılanı, oransal evapotranspirasyon açığı ile oransal verim azalması arasındaki çok sayıda karmaşık etkileri bir verim tepki etmeni (k_y) ile açıklama olanağı veren Stewart ve ark. (1977) modeli olmuştur.

Susam kuraklığa dayanıklıdır ancak, sulu koşullarda daha iyi verim verir. Özellikle ikinci ürün ekilişlerinde susamda sulama mutlaka gereklidir. Çiçeklenme başlangıcında ve ortasında yapılan 2-3 sulama verimi artırmaktadır. Yüzey sulamada karık yöntemi yeğlenmeli, aşırı göllenmeden kaçınılmalıdır. Aksi durum, solgunluk ve ölümlere neden olur (Langham ve ark., 2008). Derviş (1981), birinci ürün susamın su tüketimini 396.40 mm, bitki gelişim katsayısını (K_c) 0.51; Derviş (1986) ise ikinci ürün susamın su tüketimini 464.61 mm K_c katsayısını 0.65 olarak belirlemiştir. Ahmed ve Mahmoud (2010), en yüksek su kullanım randımanınının 650 mm sulama suyu uygulanan konuda gerçekleştiğini saptamışlardır. Kassab ve ark. (2005), farklı sulama düzeylerinin susamın gelişme ve verimi üzerindeki etkilerini araştırmışlardır. Umar ve ark. (2015), farklı toprak nem tansiyonlarında suladıkları susamda en yüksek verimi 0.4 bar tansiyonda elde etmişlerdir. Allen ve ark. (2007), susam için; K_c değerlerini, mevsim ortası ve sonu için sırasıyla 1.10 ve 0.25; maksimum kök derinliğini 1.0-1.5 m; izin verilebilir toprak nemi tüketim düzeyini 0.60 olarak bildirmişlerdir. Sepaskhah ve Andam (2001), lizimetre koşullarında, potansiyel ve kıyas evapotranspirasyon değerlerinden yararlanarak susamın K_c değerlerini mevsim ortası ve geç dönem için sırasıyla 1.08 ve 0.64 olarak saptamışlardır. Uçan ve ark. (2007), tarla koşullarında, karık sulama yöntemi ile 7, 14, 21 gün aralıklarla, farklı pan (K_{cp}) katsayıları kullanarak sulamaları düzenlemişler ve sulama aralıklarının verim üzerine etkisinin önemli olmadığı, en yüksek verim için 1.00 pan katsayısının önerilebileceği sonucuna ulaşmışlardır. Araştırmacılar, susamın mevsimlik k_y değerini deneme yılları için sırasıyla 1.01 ve 0.54 olarak belirlemişlerdir. Tantawy ve ark. (2007), sulama sayısınını 7'den 5'e düşürülmesi durumunda susam veriminin % 6.42 azaldığını belirlemişlerdir. Eskandari ve ark. (2009)'nın, İran'da Class A Pan buharlaşmasının farklı düzeylerinde sulanan konulardan elde ettikleri sonuçlar, dane ağırlığı dışındaki tüm verim özelliklerinin sulama rejiminden etkilendiğini ortaya koymuştur.

Bu çalışmada lizimetre koşullarında ikinci ürün olarak yetiştirilen susam bitkisinde; karık ve damla sulama yöntemlerinin uygulanan birim suya karşılık verim ve kalite unsurları yönünden karşılaştırılması, ayrıca damla sulama ile yapılan farklı düzeylerdeki kısıntılı sulama uygulamalarında su-verim ilişkilerinin belirlenmesi, bitkinin su kullanımı ile mevsimlik sulama suyu gereksiniminin saptanması amaçlanmıştır.

Materyal ve Yöntem

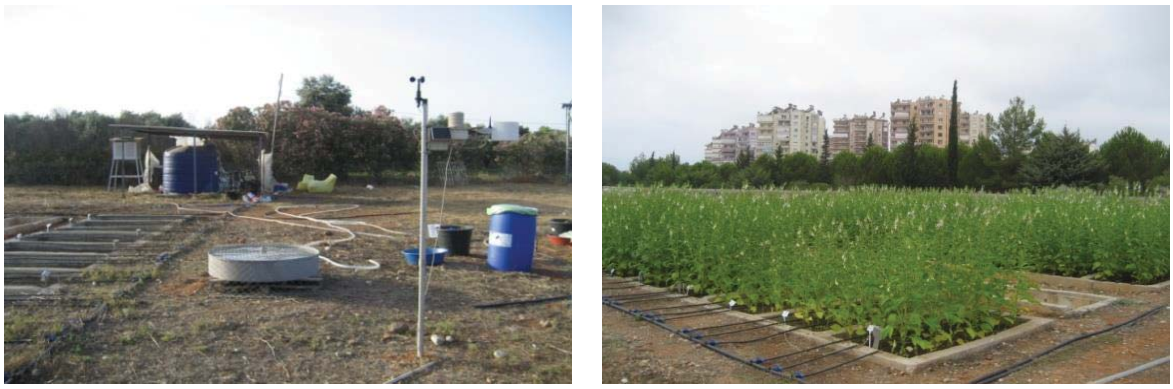
Araştırma, 2014 yılında Akdeniz Üniversitesi Ziraat Fakültesi Araştırma ve Uygulama Alanında bulunan drenaj tipi lizimetrelerde yürütülmüştür. Lizimetre sistemi, her biri 2×1 m^2 yüzey alanına ve 1.8 m derinliğe sahip, 48 beton bölmeden oluşmaktadır. Lizimetre topraklarının ortalama tarla kapasitesi değeri % 16.7, devamlı solma noktası değeri % 6.7, hacim ağırlığı 1.50 g cm^{-3}, bünyesi ise kumlu tındır. Akdeniz ikliminin hüküm sürdüğü araştırma alanında yazlar sıcak ve kurak, kışlar ılık ve

yağışlıdır. Antalya'nın uzun yıllık ortalama ve denemenin yürütüldüğü 2014 yılına ilişkin iklimsel değerleri Çizelge 1'de verilmiştir (Anonim, 2015b).

Çizelge 1. Antalya iline ilişkin uzun yıllık ve deneme yılındaki (2014) ortalama iklimsel değerler

İklim Ögeleri	Aylar			
	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül
Ort. Sıcaklık (°C)				
2014 yılı	27.8	30.8	31.2	24.4
Uzun yıllık Ort.	25.3	28.3	28.0	24.6
Bağıl Nem (%)				
2014 yılı	57.5	67.8	65.4	63.7
Uzun yıllık Ort.	59.3	57.1	59.3	59.1
Rüzgar Hızı (m sn^{-1})				
2014 yılı	1.2	1.1	1.0	1.1
Uzun yıllık Ort.	2.9	2.8	2.7	2.8
Buharlaşma (mm)				
2014 yılı	296.2	261.2	263.5	196.5
Uzun yıllık Ort.	243.2	280.3	253.5	203.4
Toplam Yağış (mm)				
2014 yılı	4.2	0.2	2.2	50.4
Uzun yıllık Ort.	7.0	2.6	1.7	12.1

Araştırmada bitkisel materyal olarak Muganlı-57 ve ondan selekte edilerek tescil edilmiş Birkan susam çeşitleri kullanılmıştır. Sulama suyu, deneme alanındaki derin kuyu pompaj sisteminden sağlanmıştır. Kullanılan sulama suyunun sulamaya uygunluk yönünden kalitesi C_2S_1 olarak belirlenmiştir (Ayyıldız,1990). Buharlaşma, A sınıfı buharlaşma kabı ile ölçülmüş (Doorenbos ve Pruitt, 1977), diğer meteorolojik veriler araştırma alanında yer alan otomatik meteoroloji istasyonundan alınmıştır (Şekil 1). Toprak su içeriği PR2 Profile Probe Aleti (Delta -T Devices, UK) ile haftada üç kez ölçülmüş, ayrıca belli aralıklarla kontrol amaçlı gravimetrik ölçümler de yapılmıştır.



Şekil 1. Deneme Başlamadan Önce ve Sonrasında Araştırma Alanına İlişkin Genel Görünüm

Araştırma, tesadüf blokları deneme desenine göre, biri bitkisel örneklemelerde kullanılmak üzere 4 tekerrürlü olarak düzenlenmiştir. Sıra arası ve üzeri 60×10-15 cm olacak şekilde her parselde 30 bitki bırakılmıştır. Sulama konuları SZ=Sulama uygulanmayacak konu (kontrol konusu); KS=Karık sulama uygulanan konu; DS-25=DS-100 konusuna uygulanan suyun % 25'i kadar sulama suyunun uygulandığı konu; DS-50=DS-100 konusuna uygulanan suyun % 50'si kadar sulama suyunun uygulandığı konu; DS-75=DS-100 konusuna uygulanan suyun % 75'i kadar sulama suyunun uygulandığı konu; DS-100=A sınıfı buharlaşma kabından olan buharlaşma kadar su uygulanan konu (tam sulama konusu) (Sepaskhah ve Andam, 2001; Uçan ve ark., 2007) biçimindedir. Sulamalar KS konusunda göllendirmeli karık, diğer konularda damla sulama yöntemiyle gerçekleştirilmiştir. DS konularında her bitki sırasına bir lateral boru hattı döşenmiş, 20 cm aralıklı, 2 L h^{-1} debili, içten geçik, basınç düzenleyicili damlatıcılar kullanılmıştır. Lateral borular ayrı vanalar ile kontrol edilmiştir.

Ekiminden önce profil doyurulmuş ve bitki çıkışı sağlanana dek tüm konulara eş su uygulanmıştır. KS konusunda ilk sulama, ilk çiçekler görüldüğünde profildeki suyu tarla kapasitesine ulaştıracak biçimde (Uçan ve ark, 2007); sonraki sulamalar ise 90 cm derinlikteki kullanılabilir suyun % 60'ı tüketildiğinde (Allen ve ark., 2007), profildeki nemi tarla kapasitesine getirecek biçimde uygulanmıştır. DS konularında sulamalar, seyreltmeden sonra başlatılararak, 7 gün ara ile uygulanmıştır. Sulamalar çiçeklenme durduğunda sonlandırılmıştır (Langham ve ark., 2008).

Parsellere gerekli gübrenin tümü, toprak işlenirken bir seferde, 8 kg da^{-1} saf N, P, K olacak şekilde kompoze gübre uygulanarak verilmiştir. Ekim 02.06.2014, hasat ise, SZ konusunda 02.09.2014, DS konularında 16.09.2014 ve KS konusunda 18.09.2014 günü yapılmıştır. Bitki su tüketimi, aşağıda verilen su dengesi eşitliği ile hesaplanmıştır:

$$ET = I + P - D_p \pm \Delta SW \quad (1)$$

Eşitlikte; ET, bitki su tüketimini (mm); I, uygulanan toplam sulama suyunu (mm); P, yağış miktarını (mm); D_p, derine sızmayı (mm), ve ΔSW ise, ekim ve hasat arasında toprak suyu depolamasındaki değişimi (mm), göstermektedir. Konuların su kullanım randımanı (WUE) aşağıdaki eşitliklerle hesaplanmıştır (Howell ve ark., 1990):

$$WUE = Y / ET \quad (2)$$

Eşitlikte; WUE, su kullanım randımanını (kg mm^{-1} da^{-1}); Y, verimi (kg da^{-1}) göstermektedir. Verim tepki etmeni (k_y) aşağıda verilen eşitlik ile hesaplanmıştır (Stewart ve ark.,1977).

$$1 - Y / Y_m = k_y (1 - ET / ET_m) \quad (3)$$

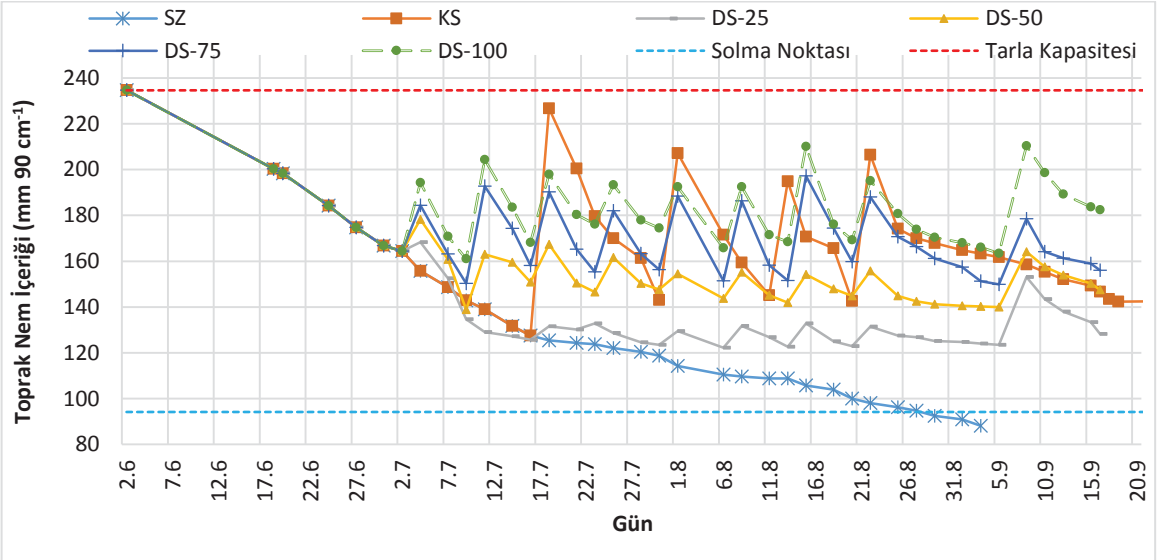
Eşitlikte; Y, gerçek verim (kg da^{-1}); Y_m, maksimum verim (kg da^{-1}); k_y, verim tepki etmeni; ET_m, maksimum bitki su tüketimi (mm)'dir. Araştırmada bitki boyu, yaprak klorofil içeriği indeks (CCI) değeri ve yaprak oransal su içeriği (YOSİ,%) ölçümleri yapılmıştır. Bitki boyu ölçümleri, her konudan 5'er bitkide 15 gün arayla sürdürülmüştür. YOSİ değerleri, 28.07-15.08.2014 tarihleri arasında her gün saat 08:00'de, her konuda yaprak sapının dalla birleştiği noktadan koparılan tam gelişmiş 3 yaprak örneğinin ortalaması olarak, taze (W_f), 4-6 saat saf su içerisinde bekletildikten sonraki turgor (W_s) ve sonra da 70°C sıcaklıkta 72 saat bekletildikten sonraki kuru (W_d) ağırlıklarının (g) kaydedilmesi ile aşağıdaki ilişkiden yararlanılarak belirlenmiştir (Schonfeld ve ark., 1988):

$$YOSİ = 100 \times (W_f - W_d) / (W_s - W_d) \quad (4)$$

Klorofil içeriği indeks (CCI) değeri Taşınabilir Klorofilmetre Aleti (Apogee CCM-200 Plus,Utah-USA) ile, 02.07-18.02.2014 tarihleri arasında, parseldeki 6 bitkinin orta yapraklarının yaprak damarı ile yaprak kenarı arasında kalan bölgesinde yapılan okumaların ortalaması olarak belirlenmiştir (Mamnouie ve ark., 2006). Bitki verimi parselin her iki başından birer bitki, kenar etkisi olarak ayrıldıktan sonra hasat edilip çuvallara alınan bitkiler, havalandırmalı bir serada hasat olgunluğuna ulaştırıldıktan sonra belirlenmiştir. Kapsüllerden çıkan susam elekten geçirilip tartıldıktan sonra verimler kg da^{-1}'a dönüştürülmüşlerdir. Ürünün protein içeriği (%) Modifiye Kjeldahl yöntemine (Kacar ve İnal, 2008); yağ içeriği (%) Anonymous, (2005)'e; yağ asitleri (oleik, linoleik, palmitoleik, palmitik, stearik, araşidik asitler) içeriği (%) Anonim, (2014)'e göre belirlenmiştir. Verilerin istatistiksel analizlerinde MSTAT-C istatistik programından yararlanılmış, ortalama değerlerin karşılaştırılmasında Duncan testi kullanılmıştır.

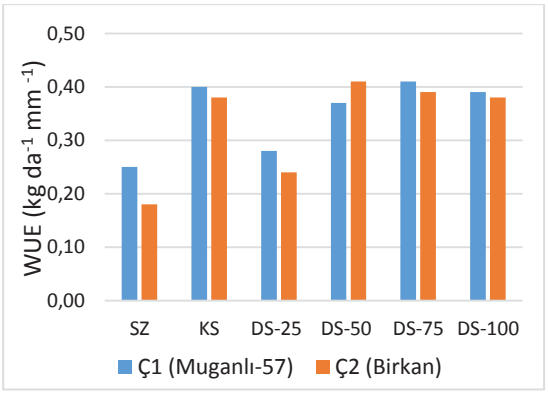
Bulgular ve Tartışma

Sulamalar DS konuları ve KS konusunda sırasıyla 2 ve 17 Temmuzda başlamış 8 ve 4 sulama yapılarak 20 ve 21 Ağustosta son bulmuş, KS konusuna 380.0, DS-100 konusuna 410.5 mm su uygulanmıştır. Toprak nem içeriği (mm) değerleri, konulu sulamalara geçince farklılaşmaya başlamış, en yüksek düzey KS ve DS-100 konularında gerçekleşmiştir. Diğer DS konularında su kısıntısına bağlı olarak toprak neminde giderek azalan, birbirine koşut bir değişim gözlenmiştir. SZ konusunda ise toprak nemi sürekli olarak azalmıştır (Şekil 2).

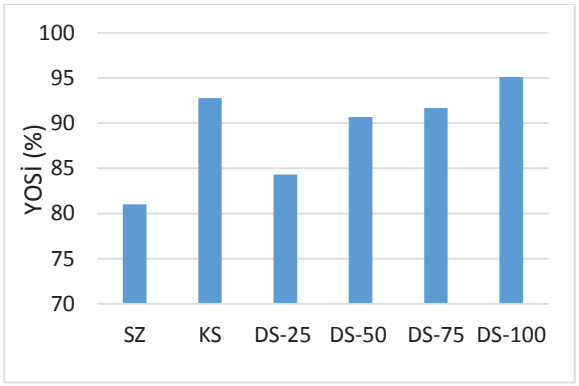


Şekil 2. Bitki Gelişme Dönemi Süresince Deneme Konularında Toprak Nem İçeriğinin Değişimi

Su tüketimleri sırasıyla SZ, KS, DS-100, DS-75, DS-50, DS-25 konularında 164.9, 537.9, 527.5, 451.3, 357.1, 237.6 mm'dir. En yüksek WUE, en çok su alan konularda, en düşük WUE ise SZ konusunda elde edilmiş, ortalama WUE Muganlı-57 çeşidinde 0.37 Birkan çeşidinde ise 0.33 kg da^{-1}mm^{-1} olmuştur (Şekil 3). Kassab ve ark. (2005), en yüksek WUE'yi tam sulanan susam çeşitlerinde elde etmişler, Uçan ve ark. (2007), Muganlı-57 çeşidi susamda WUE'yi 0.14-0.26 kg da^{-1} mm^{-1} olarak belirlemişlerdir.



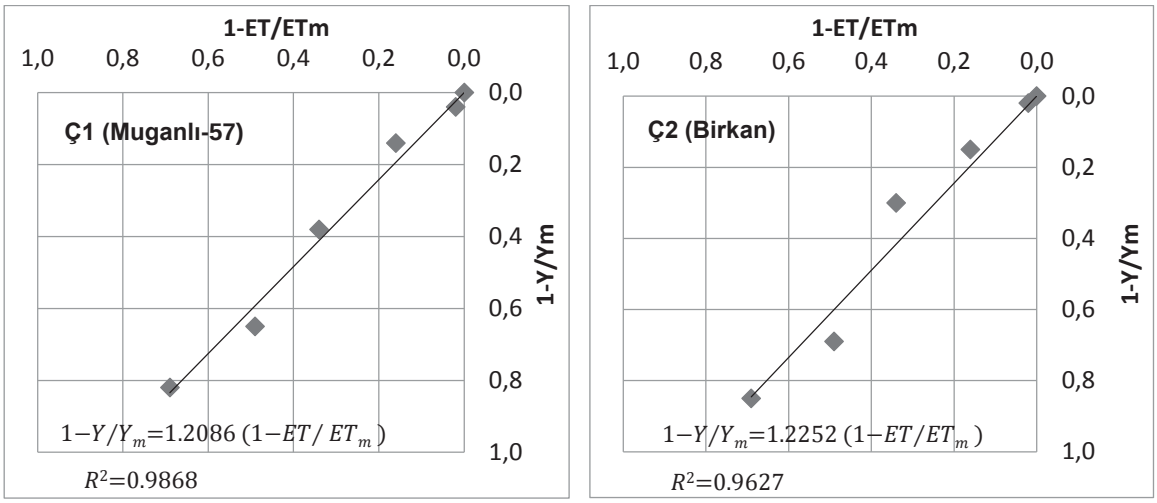
Şekil 3. İki Susam Çeşidinin Su Kullanım Randımanı (WUE) Değerlerini



Şekil 4. Yaprak Oransal Su içeriği (YOSİ) Değerlerinin Örnekleme Periyodundaki Konu Ortalamaları

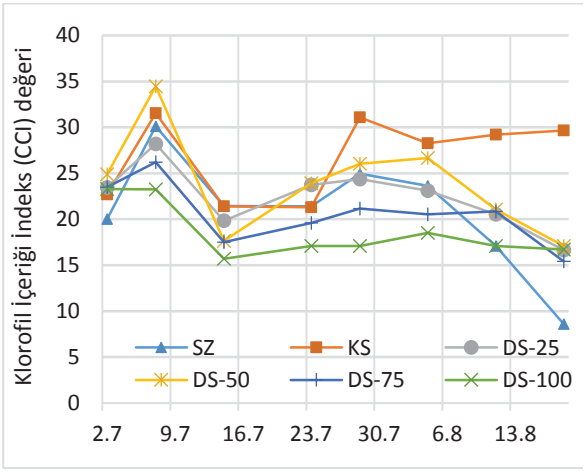
Yaprak oransal su içeriği (YOSİ) değerleri % 73.07-97.78 arasında değişmiştir. Konularda sulama zamanının göstergesi olabilecek bir değer belirlenememiş, ancak DS-100'den SZ konusuna doğru kısıntı arttıkça YOSİ değerlerinin azaldığı saptanmıştır (Şekil 4). Swami ve ark. (2010), susamda YOSİ değerlerinin vegetatif ve kapsül evreleri arasında % 90.2-73.2-arasında değiştiğini, Molaei ve ark. (2012) ile Hassanzadeh ve ark. (2009) ise susamda su stresinin YOSİ değerlerini azalttığını saptamışlardır.

Oransal ET açığı ve oransal verim azalması arasındaki ilişki denklemi ve doğruların eğimi olan verim tepki etmeni her iki çeşitte de k_y= 1.2 olarak elde edilmiştir (Şekil 5). Uçan ve ark. (2007), Muganlı-57 çeşidi ile yürüttükleri çalışmanın 1. yılında mevsimlik k_y değerini 1.01 olarak saptamışlardır.

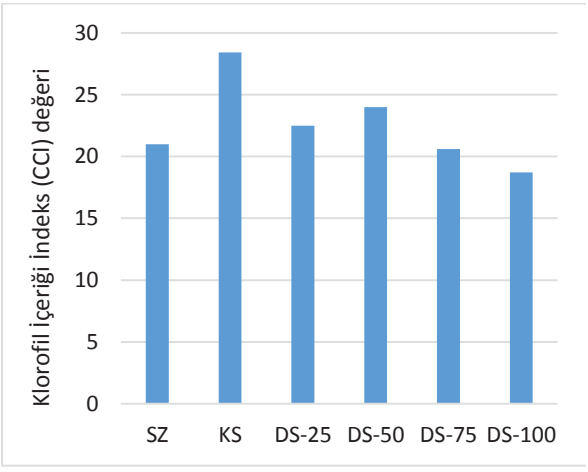


Şekil 5. Toplam Büyüme Mevsiminde Susam İçin Oransal ET Açığı ve Oransal Verim Azalması İlişkisi

Yaprak klorofil içeriği indeks (CCI) değerleri 6.9-37.3 arasında değişmiş (Şekil 6), iki susam çeşidinin ortalaması olarak, sulanan konularda susuz konuya göre daha yüksek CCI değerleri saptanmıştır (Şekil 7). Su stresi, yapraklarda klorofil parçalanmasına neden olarak klorofilin sentezlenmesini önlemektedir (Kramer, 1983). Her iki çeşitte de KS konusundan en yüksek verimin alınmış olması, anılan konuda klorofil içeriğinin yüksek olması ile açıklanabilir.

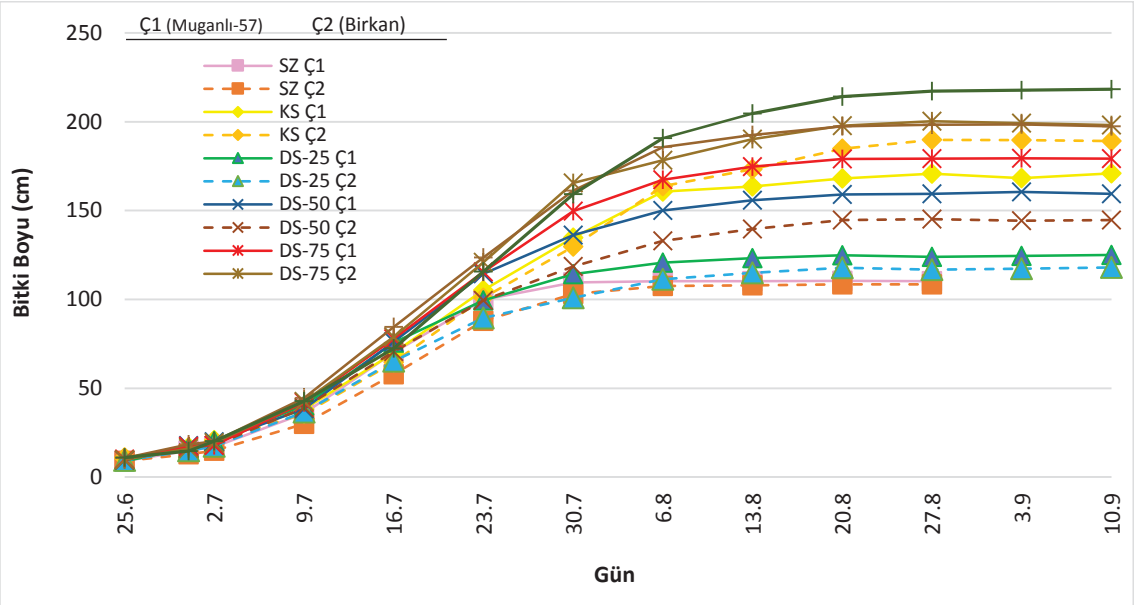


Şekil 6. Bitki Gelişme Dönemi Süresince Klorofil İçeriği İndeks (CCI) Değerlerinin Değişimi



Şekil 7. Klorofil İçeriği İndeks (CCI) Değerlerinin Gelişme Dönemindeki Konu Ortalamaları

Bitki boyu, en hızlı gelişimini Temmuz ayında göstermiş, hasattaki bitki boyu 108.5-218.3 cm arasındada değişmiştir. DS-50, DS-25 ve SZ konularında Muganlı-57 çeşidi Birkan'dan sırasıyla yaklaşık 15, 7 ve 2 cm daha fazla boya ulaşmıştır (Şekil 8). Bu bulgulara göre, Birkan çeşidinin sulanan, Muganlı-57'ninse su stresi koşullarında daha yüksek boylanma gösterdiği söylenebilir. Umar ve ark. (2015), susam çeşitlerinde bitki boyunun 80.6-116 cm, Vurarak ve ark. (2012) ise Muganlı-57 çeşidinde 80-150 cm arasında değiştiğini bildirmişlerdir.



Şekil 8. Bitki Gelişme Dönemi Süresince Bitki Boyu Değerlerinin Değişimi

Deneme konularından elde edilen verim ve kalite özelliklerine ilişkin varyans analizi sonuçları Çizelge 2-4'de verilmiştir. Tohum verimi, yağ ve protein içerikleri açısından çeşitler ve çeşit×sulama konusu interaksiyonu arasındaki farkların istatistiksel açıdan önemli olmadığı, sulama konuları arasındaki farkların istatistiksel açıdan $p<0.01$ düzeyinde önemli olduğu görülmektedir (Çizelge 2). En yüksek verim 211.2 kg da^{-1} ile KS konusundan elde edilirken bunu 204.2 kg da^{-1} ile DS-100 konusu izlemiş, ancak iki konu istatistiksel açıdan farklı bulunmamış, en düşük verim 35.5 kg da^{-1} ile SZ konusundan elde edilmiştir. Buna göre susam çeşitlerinin verim üzerinde etkili olmadığı ancak, su kısıntısının etkili olduğu, susamda damla sulamanın ise karık sulamaya göre verimde fark yaratmadığı söylenebilir. Derviş (1986), 2. ürün susamda en yüksek verimi 166.8 kg da^{-1} olarak elde etmiştir. Uçan ve ark. (2007), 153.5-191.4 kg da^{-1}; Umar ve ark. (2015) ise, 44.5-100.0 kg da^{-1} arasında verim değerleri bildirmişlerdir. Bulguların sözkonusu çalışmalarla uyuşumlu olduğu ifade edilebilir.

En yüksek yağ içeriği % 52.87 ile DS-100 konusundan elde edilirken bunu aynı grupta olmak üzere %51.06 ile DS-75 ve % 50.87 ile KS konuları izlemiş, en düşük yağ içeriği % 44.76 ile SZ konusundan elde edilmiştir (Çizelge 2). Buradan, genel olarak sulamanın yağ oranını artırıcı etki yaptığı, damla sulamanın, bu etkiyi artırdığı sonucuna varılabilir. Vurarak ve ark. (2012) farklı susam

Çizelge 2. Farklı sulama konularinin susam tohum verimi, yağ içeriği ve protein içeriği üzerine etkisi

		Verim (kg da^{-1})			Yağ İçeriği (%)			Protein İçeriği (%)		
	Çeşitler	Ç1	Ç2	Sulama Ort.	Ç1	Ç2	Sulama Ort.	Ç1	Ç2	Sulama Ort.
Sulama Konuları	SZ	40.7	30.3	35.5 e	44.82	44.70	44.76 d	22.51	21.35	21.93 b
	KS	216.0	206.4	211.2 a	51.31	50.43	50.87 b	22.43	21.63	22.03 b
	DS-25	75.7	64.7	70.2 d	46.85	45.45	46.15 cd	23.66	24.80	24.23 a
	DS-50	133.8	144.6	139.2 c	47.54	47.63	47.58 c	22.51	21.10	21.80 b
	DS-75	186.1	176.2	181.1 b	51.68	50.44	51.06 b	19.09	18.22	18.66 b
	DS-100	207.0	201.3	204.2 a	52.78	52.96	52.87 a	17.16	17.78	17.47 b
Çeşit Ort.			143.2	137.3	49.16	48.60		21.23	20.81	
Önemlilik:		Çeşit (Ç): ÖD	Sulama (S): **	Ç×S: ÖD	Çeşit (Ç): ÖD	Sulama (S): **	Ç×S: ÖD	Çeşit (Ç): ÖD	Sulama (S): **	Ç×S:ÖD

Ö.D., * ve **; sırasıyla önemli değil, %5 düzeyinde önemli ve %1 düzeyinde önemli.
Duncan testine göre % 5 önem düzeyinde farklı ortalamalar ayrı harflerle gösterilmiştir.

çeşitlerinin yağ içeriklerinin % 46.9-55.7 arasında değiştiğini; Eskandari ve ark. (2009), sulama aralığı arttıkça yağ içeriğinde azalma olduğunu; Umar ve ark. (2015), düşük nem tansiyonunda sulanan susam çeşitlerinin yağ oranlarının daha yüksek olduğunu saptamışlardır. Anılan literatür bulguları denemede ulaşılan sonuçları desteklemektedir.

Konular protein içeriği açısından istatistiksel olarak iki grup oluşturmuştur. En yüksek protein içeriği % 24.23 ile DS-25 konusundan elde edilirken bunu tümü aynı grupta olmak üzere % 22.03 ile KS ve diğer konular izlemiş, en düşük protein içeriği % 17.47 ile DS-100 konusundan elde edilmiştir (Çizelge 2). Bu sonuçlar, önemli düzeydeki su stresinin protein içeriğini artırdığı, biçiminde yorumlanabilir. Eskandari ve ark. (2009), sulama aralığı arttıkça protein içeriğinin arttığını belirlemişlerdir.

Çizelge 3'den, susam yağının oleik ve linoleik asit içeriği (%) yönünden çeşitler ve sulama konuları arasındaki farkların istatistiksel olarak $p<0.01$ düzeyinde önemli olduğu çeşit×sulama konusu interaksiyonu arasındaki farkların önemli olmadığı görülmektedir. Çeşitler incelendiğinde Ç1 (Muganlı-57) susam çeşidi yağının oleik asit içeriği ortalaması % 46.97 olup, % 46.57 olan Ç2 (Birkan) çeşidinden daha yüksektir. Sulama konuları incelendiğinde ise, en yüksek oleik asit içeriği aynı istatistiksel grupta bulunan % 48.26 ile DS-25 konusu ve % 48.05 ile SZ konudan elde edilirken bunu % 47.50 ile bir ara grup oluşturan DS-50 konusu izlemiş en düşük oleik asit içeriği % 44.40 ile DS-100 konusundan elde edilmiştir.

Çizelge 3. Farklı sulama konularinin susam yağinin oleik asit içeriği, linoleik asit içeriği ve palmitoleik asit içeriği üzerine etkisi

		Oleik Asit İçeriği (%)			Linoleik Asit İçeriği (%)			PalmitoleikAsit İçeriği (%)		
	Çeşitler	Ç1	Ç2	Sulama Ort.	Ç1	Ç2	Sulama Ort.	Ç1	Ç2	Sulama Ort.
Sulama Konuları	SZ	47.93	48.17	48.05 a	35.35	35.20	35.27 d	0.14 a	0.14 bc	0.14 b
	KS	46.56	46.89	46.72 b	37.41	38.04	37.73 b	0.13 b	0.14 bc	0.13 b
	DS-25	48.51	48.02	48.26 a	35.01	35.56	35.28 d	0.14 ab	0.14 bc	0.14 b
	DS-50	47.90	47.10	47.50a b	35.85	37.01	36.43 c	0.14 a	0.13 c	0.14 b
	DS-75	46.10	45.29	45.69 c	37.87	39.01	38.44 b	0.14 ab	0.14 b	0.14 b
	DS-100	44.86	43.93	44.40 d	39.25	40.05	39.65 a	0.14 a	0.16 a	0.15 a
Çeşit Ort.		46.97 a	46.57 b		36.79 b	37.48 a		0.14	0.14	
Önemlilik:		Çeşit (Ç): **	Sulama (S): **	Ç×S: Ö.D	Çeşit (Ç): **	Sulama (S): **	Ç×S: Ö.D	Çeşit (Ç): Ö.D	Sulama (S): **	Ç×S: **
Ö.D., * ve **; sırasıyla önemli değil, %5 düzeyinde önemli ve %1 düzeyinde önemli. Duncan testine göre % 5 önem düzeyinde farklı ortalamalar ayrı harflerle gösterilmiştir.										

Çeşitler incelendiğinde Ç2 (Birkan) susam çeşidi yağının linoleik asit içeriği ortalaması % 37.48 olup, % 36.79 olan Ç1 (Muganlı-57) çeşidinden daha yüksektir. Sulama konuları incelendiğinde ise ortalama olarak susam yağı linoleik asit içeriğinin % 35.27-39.65 arasında değiştiği görülmektedir. En yüksek linoleik asit içeriği, oleik asit içeriğinin tersine % 39.65 ile en çok su alan DS-100 konusunda elde edilmiş ve bunu % 37.73 ile sonraki en çok su alan konu olan KS konusu izlemiştir. En düşük linoleik asit içeriği ise % 35.27 ile SZ konudan elde edilmiştir (Çizelge 3).

Susam yağının palmitoleik asit içeriği (%) yönünden çeşitler arasındaki fark önemli değildir. Sulama konuları ve çeşit×sulama konusu interaksiyonu arasındaki farklar ise $p<0.01$ düzeyinde istatistiksel açıdan önemlidir. Sulama konuları incelendiğinde ortalama olarak palmitoleik asit içeriğinin % 0.13-0.15 arasında değiştiği görülmektedir. En yüksek palmitoleik asit içeriği % 0.15 ile DS-100 konusundan elde edilirken bunu istatistiksel olarak hepsi aynı grupta bulunan diğer konular izlemiş, en düşük palmitoleik asit içeriği % 0.13 ile KS konusundan elde edilmiştir. Çeşitxsulama konusu interaksiyonunda ise en yüksek palmitoleik asit içeriği % 0.16 ile Ç2 (Birkan) çeşidinin DS-100 konusundan elde edilmiştir.

Doymamış yağ asitlerinden olan oleik, linoleik ve palmitoleik asitin susam yağındaki oranının artması sağlık açısından tercih edilir (Tan, 2011). Bulgular, su stresinin susam yağının oleik asit içeriğini artırırken, linoleik asit içeriğini azalttığı; damla sulama ile uygulanan su düzeyindeki artışın ise susam yağının oleik asit içeriğini azaltırken, linoleik asit içeriğini artırdığı; KS konusunda DS-100 konusuna göre oleik asit içeriğinde azalmanın daha az olduğu; Muganlı-57 çeşidinin arzu edilen

oleik asit içeriğinin Birkan çeşidinden, Birkan çeşidinin ise linoleik asit içeriğinin Muganlı-57 çeşidinden daha yüksek olduğu; damla sulama ile yeterli düzeyde sulamanın palmitoleik asit içeriğini artırıcı etki yaptığı
biçiminde yorumlanabilir (Çizelge 3).

Çizelge 4'den, susam yağı palmitik asit içeriği yönünden çeşitler arasındaki farkların istatistiksel açıdan $p<0.05$ düzeyinde önemli ve sulama konuları, çeşitxsulama konusu interaksiyonu arasındaki farkların ise önemli olmadığı görülmektedir. Çeşitler incelendiğinde, Ç2 (Birkan) susam çeşidi yağının palmitik asit içeriği (ort. % 9.42), Ç1 (Muganlı-57) çeşidinden (ort. % 9.39) daha yüksektir. Palmitik asitin doymuş bir yağ asidi olması nedeniyle, sulamanın palmitik asiti artırıcı etkisinin olumlu olduğu yargısına varılabilir.

Çizelge 4. Farklı sulama konularinin susam yağinin palmitik asit içeriği, stearik asit içeriği ve araşidik asit içeriği üzerine etkisi

		Palmitik Asit İçeriği (%)			Stearik Asit İçeriği (%)			Araşidik Asit İçeriği (%)		
	Çeşitler	Ç1	Ç2	Sulama Ort.	Ç1	Ç2	Sulama Ort.	Ç1	Ç2	Sulama Ort.
Sulama Konuları	SZ	9.37	9.48	9.42	5.89 a	5.76 a	5.82 a	0.62 a	0.62 a	0.62 a
	KS	9.33	9.11	9.22	5.35 c	4.72 e	5.03 d	0.57 cd	0.51 d	0.54 c
	DS-25	9.44	9.55	9.49	5.63 b	5.45 b	5.54 b	0.60 ab	0.59 b	0.60 b
	DS-50	9.44	9.38	9.41	5.43 bc	5.16 c	5.30 c	0.59 bc	0.58 b	0.58 b
	DS-75	9.36	9.42	9.39	5.31 c	5.04 cd	5.17 cd	0.58 bcd	0.54 c	0.56 c
	DS-100	9.42	9.61	9.51	5.10 d	4.94 d	5.02 d	0.56 d	0.55 c	0.55 c
Çeşit Ort.		9.39 b	9.42 a		5.45 a	5.18 b		0.58 a	0.56 b	
Önemlilik:		Çeşit (Ç): *	Sulama (S): Ö.D.	Ç×S:Ö.D.	Çeşit (Ç): **	Sulama (S): **	Ç×S:**	Çeşit (Ç): **	Sulama (S): **	Ç×S: **

Ö.D., * ve **; sırasıyla önemli değil, %5 düzeyinde önemli ve %1 düzeyinde önemli.
Duncan testine göre % 5 önem düzeyinde farklı ortalamalar ayrı harflerle gösterilmiştir.

Susam yağının stearik ve araşidik asit içerikleri (%) yönünden çeşitler, sulama konuları ve çeşit×sulama konusu interaksiyonu arasındaki farklar $p<0.01$ düzeyinde istatistiksel açıdan önemli bulunmuştur (Çizelge 4). Çeşitler incelendiğinde Ç1 (Muganlı-57) çeşidi stearik asit içeriği ortalaması % 5.45 olup, % 5.18 olan Ç2 (Birkan) çeşidinden daha yüksektir. Sulama konuları incelendiğinde ortalama olarak stearik asit içeriğinin % 5.02-5.82 arasında değiştiği görülmektedir. En yüksek stearik asit içeriği % 5.82 ile SZ konusundan elde edilirken bunu % 5.54 ile DS-25 konusu izlemiş, en düşük stearik asit içeriği sırasıyla % 5.02 ve % 5.03 ile en çok su alan DS-100 ve KS konularından elde edilmiştir. Çeşit×sulama konusu interaksiyonunda ise en yüksek stearik asit içeriği % 5.89 ile Ç1 (Muganlı-57) çeşidinin SZ konusundan elde edilmiştir.

Çeşitler incelendiğinde Ç1 (Muganlı-57) çeşidinin araşidik asit içeriği ortalaması % 0.58 olup, % 0.56 olan Ç2 (Birkan) çeşidinden daha yüksektir. Sulama konuları incelendiğinde ortalama olarak araşidik asit içeriğinin % 0.54-0.62 arasında değiştiği görülmektedir. En yüksek araşidik asit içeriği % 0.62 ile SZ konusundan elde edilirken bunu sırasıyla % 0.60 ve % 0.58 ile DS 25 ve DS-50 konuları izlemiş, en düşük araşidik asit içeriği ise sırasıyla % 0.56, % 0.55 ve % 0.54 ile DS-75, DS-100 ve KS konularından elde edilmiştir. Çeşit×sulama konusu interaksiyonunda ise en yüksek araşidik asit içeriği her iki çeşitte de % 0.62 ile SZ konusundan elde edilmiştir.

Buradan, uygulanan su miktarı arttıkça susam yağındaki stearik ve araşidik asit içeriklerinin azaldığı, su stresininse stearik ve araşidik asit içeriklerinde artmaya yol açtığı söylenebilir. Sulamanın palmitik asiti artırıcı etki yapmaması da dikkate alındığında, elde edilen bulgulardan uygulanan su miktarı arttıkça susam yağındaki doymuş yağ asitlerinin azaldığı sonucuna ulaşılabilir. Ayrıca, Muganlı-57 çeşidinde palmitik asit içeriğinin Birkan çeşidine göre daha düşük olmasına karşın stearik ve araşidik asit içeriklerinin daha yüksek olduğu ifade edilebilir.

Sonuç

Çalışmada, konulara göre susam bitkisinin su tüketim değerleri 164.9-537.9 mm, WUE değerleri 0.18-0.41 arasında değişmiştir. Ortalama WUE değerleri dikkate alındığında, Muganlı-57 çeşidinin su kullanım randımanının (0.37 kg $da^{-1}mm^{-1}$) Birkan çeşidinden (0.33 kg $da^{-1}mm^{-1}$) yüksek olduğu, diğer bir deyişle Muganlı-57 çeşidinin suyu biraz daha ekonomik kullandığı belirlenmiştir. Tam

sulanan DS-100 konusunda, sık aralıklı ve kısıntısız su uygulamasından ötürü, hemen hemen aynı miktar suyu daha uzun sulama aralıkları ile alan KS konusuna göre, periyot boyunca daha kararlı ve daha yüksek düzeyde kalan YOSİ değerleri saptanmıştır. İki çeşidin ortalaması olarak sulama konuları açısından en yüksek klorofil içeriği indeks (CCI) değeri KS konusunda belirlenmiştir. Ayrıca, Birkan çeşidinin sulu koşulda, Muganlı-57 çeşidinin ise su stresi koşullarında daha yüksek boylanma gösterdiği sonucuna ulaşılmıştır.

Konulara göre, verim 30.3-216.0 kg da^{-1}, yağ içeriği % 44.70-52.96, protein içeriği % 17.16-24.80 arasında değişmiştir. Karık ve tam sulanan damla sulama konusundan elde edilen verim, istatistik açıdan aynı grupta kalmıştır. Susam çeşitlerinin verim üzerinde etkili olmadığı ancak, su kısıntısının etkisinin önemli olduğu saptanmıştır. Susamın verim tepki etmeni k_y=1.2 olarak belirlenmiştir. Genel olarak sulamanın susamın yağ oranını artırıcı etki yaptığı, damla sulamanın ise bu etkiyi artırdığı sonucuna varılmıştır. Aşırı su stresinin protein içeriğini artırdığı saptanmıştır. Su stresinin doymamış yağ asitlerinden oleik asit içeriğini artırırken linoleik asit içeriğini azalttığı, damla sulama ile tam sulamanın doymamış yağ asitlerinden palmitoleik asit içeriğini artırdığı, Muganlı-57 çeşidinin oleik asit içeriğinin Birkan çeşidinden, Birkan çeşidinin linoleik asit içeriğinin ise Muganlı-57 çeşidinden yüksek olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Uygulanan su miktarının artmasının susam yağındaki doymuş yağ asitleri açısından olumlu etki yarattığı belirtilebilir.

Sonuç olarak Antalya'da ikinci ürün susamda mutlaka sulama yapılması gerektiği, bitkinin toprak-su ilişkileri dengesi ve bazı doymamış yağ asit içerikleri açısından sulamanın olumlu etki yaptığı, yöntem olarak susam sulamasında karık yerine damla sulamanın, çeşit olarak su ekonomisi açısından iki çeşitten Muganlı-57'nin yeğlenmesi önerilebilir.

Teşekkür

Bu çalışma Akdeniz Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimi tarafından desteklenmiştir. Proje Numarası: 2013.02.0121.020.

Kaynaklar

Allen RG, Wright, JL, Pruitt WO, Pereira LS, Jensen ME, 2007. Water Requirements, Chapter 8, In: Hoffman, G. J., Evans, R.G., Jensen, M. E. (Eds.), Design and Operation Systems, 2nd Ed. ASABE, p.208-288, Michigan, USA.

Ahmed El Naim M, Mahmoud FA, 2010. Effect of Irrigation on Consumptive Use, Water Use Efficiency and Crop Coefficient of Sesame (*Sesamum indicum* L.). J. Agric. Ext. Rural Dev, 2(4): 59-63.

Anonim, 2011. Antalya Tarım Master Planı. Antalya Valiliği İl Tarım Müdürlüğü, 703 s., Antalya.

Anonim, 2014. Türk Gıda Kodeksi Zeytinyağı ve Prina Yağı Tebliği, No. 2014/53, Resmi Gazete, s: 29181.

Anonim, 2015a. TÜİK. Bitkisel Üretim İstatistikleri, Yağlı Tohumlar Üretimi http://www.tuik.gov.tr/PreTablo.do?alt_id=1001. Erişim tarihi: 22 Mart 2016.

Anonim, 2015b. Orman ve Su İşleri Bakanlığı, Meteoroloji Genel Müdürlüğü, İllere Ait İstatistiki Veriler http://www.mgm.gov.tr/veridegerlendirme/il-ve-ilceler-istatistik.aspx?k=A. Erişim tarihi:19 Ağustos 2015.

Anonymous, 2005. Official Methods of Analysis of AOAC International (Ed. William Horwitz), Association Official Analytical Chemists. Washington DC, USA.

Anonymous, 2013. FAOSTAT. World Sesame Production Statistics. http://faostat.fao.org/site/567/default.aspx#ancor. Erişim tarihi: 22 Mart 2016.

Ayyıldız M, 1990. Sulama Suyu Kalitesi ve Tuzluluk Problemleri. A.Ü.Z.F. Yay:1196, Ders Kit: 344, s.282 Ankara.

Derviş Ö, 1981. Çukurova Koşullarında Susam Su Tüketimi. Tarsus Bölge Topraksu Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü Yayınları. Genel Yayın No: 103, Rapor No: 53, Tarsus.

Derviş Ö, 1986. Çukurova Koşullarında Buğdaydan Sonra ikinci Ürün Susamın Su Tüketimi. Köy Hizmetleri Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü Yayınları. Genel Yayın no: 117, Rapor Seri No: 67, Tarsus.

Doorenbos J, Pruitt WO, 1977. Guidelines for Predicting Crop Water Requirements, Irrigation and Drainage Paper No. 24, 168 p, FAO, Rome.

English MJ, Musick JT, Murty VV,1990. Deficit Irrigation. Manangement of Farm Irrigation Systems (Edit. G.J. Hoffman, T.A. Howell, K.H. Solomon). Chap. 17. An ASAE Monograph, 631-663. St. Joseph, MI, USA.

Eskandari H, Salmasi SZ, Golezan KG, Gharineh MH, 2009. Effects of water limitation on grain and oil yields of sesame cultivars. J Food Agric Environ, 7(2):339-342.

Hanks RJ, 1974. Model for predicting plant yield as influenced by water use. Agron J, 66: 660-665.

Hanks RJ, 1983. Yield and Water Use Relationships: An Owerwiew. (Edit. H.M. Taylor et al.). Limitations to Efficient Water Use in Crop Production. Amer. Soc. Agron., Inc. 393-411, USA.

Hassanzadeh M, Ebadi A, Panahyan-e-Kivi M, Jamaati-e-Somarin SH, Saeidi M, Gholipouri A, 2009. Investigation of Water Stress on Yield Components of Sesame (*Sesamum indicum* L.) in Moghan Region. Res J Environ Sci, 3(2):239-244.

Howell TA, Cuenca RH, Solomon KH, 1990. Crop Yield Response. In: Hoffman, G.J., Howell, T.A., Solomon, K.H. (Eds.), Management of Farm Irrigation Systems. ASAE Mono. Am. Soc. Of Agric. Eng., pp:93-122, St. Joseph, MI, USA.

Kacar B. İnal A, 2008. Bitki Analizleri. Nobel Yayın No:1241, İstanbul.

Kang S, Liang Z, Hu W, Zhang J, 1998. Water Use Efficiency of Controlled Alternate Irrigation on Root-Divided Maize Plants. Agric Water Manage, 38:69-76.

Karaca E, Aytaç S, 2007. Yağ Bitkilerinde Yağ Asitleri Kompozisyonu Üzerine Etki Eden Faktörler. OMÜ Zir. Fak. Dergisi, 22(1):123-131.

Kassab OM, El-Noemani AA, El-Zeiny HA, 2005. Influence of Some Irrigation Systems and Water Regimes on Growth and Yield of Sesame Plants. Agron J, 4(3): 220-224.

Kramer PJ, 1983. Water Relations of Plants. Academic Press, pp:120-145, New York.

Langham DR, Riney J, Smith G, Wiemers T, 2008. Sesame Grower Guide. SESACO, 31 p, USA.

Mamnouie E, Fotouhi Ghazvini R, Esfahany M, Nakhoda B, 2006. The Effects of Water Deficit on Crop Yield and the Physiological Characteristics of Barley (*Hordeum vulgare* L.) Varieties. J Agric Sci Technol, 8: 211-219.

Merriam JL, 1965. A Management Control for Determining the Economical Frequency of Irrigation. Amer. Soc. of Agric. Eng. Annual Meeting, Paper No: 65-206, 1-10. Georgia, USA.

Molaei P, Ebadi A, Namvar A, Bejandi TK, 2012. Water Relation, Solute Accumulation and Cell Membrane Injury in Sesame (*Sesamum indicum* L.) Cultivars Subjected to Water Stress. Ann Biol Res, 3(4):1833-1838.

Schonfeld MA, Johnson RC, Carver BF, Morhinweg DW, 1988. Water Relations in Winter Wheat as Drought Resistance Indicator. Crop Sci, 28:526-531.

Sepaskhah AR, Andam M, 2001. Crop Coefficient of Sesame in a Semi-Arid Region of Iran, Agric Water Manage, 49:51-63.

Stewart JI, Cuenca RH, Pruitt WO, Hagan RM, Tosso J, 1977. Determination and Utilization of Water Production Functions for Principal California Crops. W-67 CA Contributing Project Report, University of California, Davis, USA.

Swami P, Saxena S,Tripathi SL, 2010. Study of Behavior of Sesame (*Sesamum indicum* L.) to Relative Turgidity, Diffusion Pressure Deficit and Transpiration Intensity under Arid Conditions of Western Rajasthan. J Agric Sci, 2(2):129-134.

Tan AŞ, 2002. Susam Tarımı ve Sorunları. Ege Tarımsal Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü, Menemen, İzmir.

Tan AŞ, 2011. Bazı Susam Çeşitlerinin Menemen Koşullarında Performansları. Anadolu J of AARI, 21(2):11-28.

Tanner CB, Sinclair TR, 1983. Efficient Water Use in Crop Production: Research or Re-Search? (Edit. H. M. Taylor et al.). Limitations to Efficient Water Use in Crop Production. Amer. Soc. Agron., Inc. 1-27, USA.

Tantawy MM, Ouda SA, Khalil FA, 2007. Irrigation Optimization for Different Sesame Varieties Grown Under Water Stress Conditions. J Appl Sci Res, 3(1):7-12.

Uçan K, Kıllı F, Gençoğlan C, Merdun H, 2007. Effect of Irrigation Frequency and Amount on Water use Efficiency and Yield of Sesame (*Sesamum indicum* L.) Under Field Conditions. Field Crops Res, 101:249-258.

Umar UA, Falaki AM, Abubakar IU, Mani H, 2015. Productivity of Sesame (*Sesamun indicum* L.) Varieties as Influenced by Irrigation Scheduling. Pac J Sci Technol, 16(1):262-269.

Ünlü M, Kanber R, Kapur B, Koç L, Tekin S, 2008. Tarımsal Sulamada Su Artırımı: Kısıntılı Sulama Yaklaşımı. 5. Dünya Su Forumu Bölgesel Hazırlık Süreci DSİ Yurtiçi Böl. Su Toplantıları, Sulama-Drenaj Konferansı, Adana, s. 81-95.

Vurarak Y, Anğın N, Bilgili ME, 2012. Susamda Farklı Hasat Yöntemlerinin Dane Olgunlaşmasına Olan Bazı Etkilerinin Belirlenmesi Üzerine Bir Araştırma. TABAD, 5(1):93-96.