

## Susam Bitkisinde Farklı Sulama ve Sıra Aralıklarında Yağmurlama Sulamanın Su-Verim İlişkisine Etkisi

Mehmet ŞİMŞEK<sup>1</sup> Erkan BOYDAK<sup>2</sup> Halil KIRNAK<sup>1</sup> Sinan GERÇEK<sup>1</sup> Yaşar KASAP<sup>3</sup>

Geliş Tarihi : 28.02.2002

**Özet:** Bu çalışmada, yağmurlama sulama yöntemiyle sulanan susam bitkisinde, değişik sulama ve sıra aralıklarının verim-su üretim fonksiyonları üzerine etkileri araştırılmıştır. Çalışma, Şanlıurfa'da Harran Üniversitesi Ziraat Fakültesi deneme ve uygulama alanında 1998-1999 yılı yetiştirme döneminde dört değişik sulama (6, 12, 18 ve 24 gün) ve sıra aralığında (50-30, 70-30, 80-40 ve 70-70 cm) yürütülmüştür. Araştırma sonunda, ilk yıl 398-971 mm ve ikinci yıl 486-1037 mm arasında sulama suyu uygulanmıştır. Farklı sulama ve değişik sıra aralığında, iki yılın verim ortalaması sırasıyla, 179.0-120.8; 160.5-115.3; 155.5-115.3 ve 113.2-59.9 kg da<sup>-1</sup> arasında saptanmıştır. WUE değeri, 1.19-2.82 kg ha<sup>-1</sup> mm<sup>-1</sup> arasında hesaplanmıştır. Değişik sulama ve sıra aralıklarındaki farklılıklar istatistiksel anlamda çok önemli bulunmuştur (P<0.001). Oransal evapotranspirasyon açığı ile oransal verim düşüşleri arasında verim tepki etmeni ky 0.45-1.22 arasında değişmiştir. Su tüketimindeki % 10' luk bir azalma verimde % 4.5-12.2 arasında değişen düşüşe neden olmuştur. Araştırma sonucunun verileri ışığında, 6 günde bir sulama ve 50x30 cm sıra aralığı bölge için önerilebilir. Su kısıntısının olduğu yıllarda 18 günde bir sulama uygulaması, % 37' lik su tasarrufu sağladığından ve verimde % 14' lük bir azalma yarattığından dolayı, doğru bir seçenek olacağı söylenebilir.

**Anahtar Kelimeler:** yağmurlama sulama, susam bitkisi, sulama aralığı, sıra aralığı

### Effect of Sprinkler Irrigation Method with Different Irrigation Intervals and Row Spacings on Water-Yield Relationships of Sesame Crop

**Abstract:** This study was conducted in 1998 and 1999 growing periods in order to determine water use-yield relations on sesame plant irrigated by sprinkler along with four irrigation intervals (6, 12, 18, 24 days) and four row spacings (50-30, 70-30, 80-40, 70-70 cm) at the research station of Agricultural Faculty of Harran University. An amount of 398-971 mm and 486-1037 mm irrigation water was applied respectively. The average yield of both years was 179.0-120.8, 160.5-115.3, 155.5-115.3 and 113.2-59.9 kg da<sup>-1</sup> based on different irrigation intervals and row spaces, respectively. Water use efficiency (WUE) was changed between 1.19 and 2.82 kg ha<sup>-1</sup> mm<sup>-1</sup>. There was a significant change between irrigation intervals and row spaces statistically at P<0.001 level. The yield response factor (ky) between relative evapotranspiration deficit and relative yield loss was changed between 0.45-1.22. A 10% of decrease in ET resulted in a reduction of 4.5-12.2 % in yield. According to the research result, A 6 days irrigation interval along with 50x30 cm row space can be recommended for the region. Irrigation interval can be prolonged to 18 days under drought conditions since this irrigation program saves 37% of irrigation water with only 14 % yield reduction.

**Key Words:** sprinkler irrigation, sesame, irrigation interval, row spacing

#### Giriş

Susam çok eski çağlardan beri tarımı yapılan bir bitkidir. Tohumunda % 50-60 yağ ve % 20-30 oranında protein içermesinden dolayı önemli bir endüstri bitkisidir. Susam Güneydoğu Anadolu, Akdeniz ve Ege bölgelerinde yoğun olarak ekilmektedir. Gelişme periyodunun kısalığı, üretim girdilerinin azlığı ve bir çok bitki ile ekim nöbetine girmesi nedeniyle ana ve ikinci ürün olarak önemli tarla bitkilerinden sayılmaktadır (Atakışı 1984). Türkiye'de yaklaşık 68 000 ha alanda susam tarımı yapılmakta ve dekara verim 49 kg olarak verilmektedir. Üretimini yaklaşık % 60'ı Güneydoğu Anadolu Bölgesinden (GAP' tan) karşılandığı bildirilmektedir (Anonymous 1998).

Tarımsal faaliyetlerde yüksek verim için önemli faktörlerden birisi sulamadır. Bitkilerin su gereksinimlerine; büyüme mevsimi uzunluğu, iklim (sıcaklık, yağış, nem, buharlaşma ve rüzgar hızı), toprağın

mevcut nem içeriği, topografya ve toprak bünyesi gibi bir çok faktör etki etmektedir. Kanber (1984), Goldberg ve ark. (1967)' nin bildirdiğine göre; açık su yüzeyinden yararlanarak sulama suyu miktarının belirlenmesinde kullanılan ET/ET<sub>0</sub> oranı (bitki su tüketimi/açık su yüzeyi buharlaşması); bitki çeşidine, toprağın bünyesine, toprağın nem miktarına ve buharlaşma kabının tipine bağlıdır.

Susam bitkisinin su tüketimi ve su verim ilişkisi konusunda ülkemizde ve dünyada yapılmış oldukça sınırlı çalışma bulunmaktadır. Bu araştırmaların çoğu, fizyolojik ve morfolojik amaçlı oldukları belirlenmiştir. Kimi çalışmalar da yağışın efektif olduğu mikro iklimlerde yürütülmüştür.

Çukurova koşullarında susamın su tüketiminin belirlenmesi amacıyla yürütülen bir çalışmada; en yüksek

<sup>1</sup>Harran Üniv. Ziraat Fak. Tarımsal Yapılar ve Sulama Bölümü-Şanlıurfa

<sup>2</sup>Harran Üniv. Ziraat Fak. Tarla Bitkileri Bölümü-Şanlıurfa

<sup>3</sup>Harran Üniv. Ziraat Fak. Toprak Bölümü-Şanlıurfa

verimin, elverişli nem %50 düzeyine düştüğünde yapılan sulama konusunda 164 kg da<sup>-1</sup> olarak saptamış, mevsimlik su tüketimi 396.4 mm olarak hesaplamıştır (Derviş 1981). Aynı araştırmacı, bu kez buğdaydan sonra ikinci ürün susamda en yüksek verimin, 166.8 kg da<sup>-1</sup> ve mevsimlik su tüketimi ise 464.61 mm olarak belirlemiştir (Derviş 1986).

Praveen and Raikhelkar (1994) bitki su tüketimi ile açık su yüzeyi buharlaşma oranını (ET/ET<sub>0</sub>) sulama suyu miktarının belirlenmesinde kullanmışlardır. Susam bitkisinde sulama suyu olarak ET/ET<sub>0</sub> oranının 0.6, 0.9 ve 1.2' si alınmış, farklı azot (0, 40 ve 80 kg ha<sup>-1</sup>) ve farklı fosfor (0, 13 ve 26 kg ha<sup>-1</sup>) düzeylerinin bitki su tüketimleri üzerine etkilerini araştırmışlar, ET/ET<sub>0</sub> oranının 1.2 değeri uygulandığı sulama suyunda 80 kg ha<sup>-1</sup> azot ve 26 fosfor kg ha<sup>-1</sup> uygulamasında, en yüksek bitki su tüketimi ve verim değeri belirlemiştirler.

Iran' da yarı kurak bölgede susam bitkisinin bitki gelişim katsayılarını (k<sub>c</sub>) belirlemek amacıyla yürütülen çalışmada gerçek bitki su tüketimini 910 mm, orta ve geç sezon için k<sub>c</sub> katsayısını 1.08 ve 0.64 olarak saptamışlardır (Sepaskhah ve Andam 2001).

Yüzey sulama yöntemlerinde su kayıplarının fazlalığı, özellikle suyun sınırlı olduğu yörelerde gündeme diğer sulama yöntemlerini ve özellikle, yağmurlama ve damla sulamayı gündeme getirmiştir (Goldhammer ve Peterson 1984).

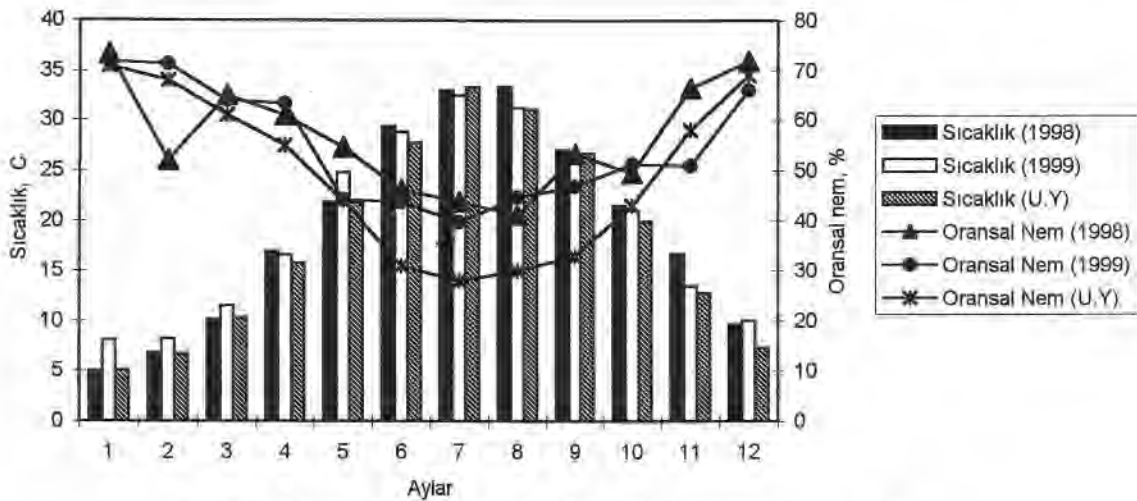
### Materyal ve Yöntem

Çalışma, Harran Üniversitesi Ziraat Fakültesi Araştırma ve Uygulama Alanında 1998 ve 1999 yıllarında susam bitkisinde yürütülmüştür. Deneme alanı toprakları ikizce serisinde yer almaktadır. Toprakların topografyası

düz ve düze yakın, pH' ısı 7.3-7.4 arasında değişmektedir. Tüm profil kil tekstürlü ve profil boyunca çok kireçlidir. Yüzeyde organik madde %1.1 derinlerde % 0.8' e düşmektedir (Dinç ve ark 1988). Deneme topraklarının kimi fiziksel özelliklerinden sayılan tarla kapasitesi %32.71-33.19, solma noktası 21.18-22.55 ve hacim ağırlığı 1.37-1.39 g cm<sup>-3</sup> arasında değişmektedir. Sulama suyu C<sub>2</sub>S<sub>1</sub> sınıfında olduğu saptanmıştır. Araştırma topraklarının çift silindir infiltrasyon yöntemine göre ortalama su alma hızları 10 mm h<sup>-1</sup> olarak belirlenmiştir. Deneme alanının denizden yüksekliği ortalama 464-467 m olup, coğrafi olarak 37°08N - 38°46E enlem ve boylamlarında yer almaktadır.

Harran Ovası, semi arid iklim kuşağında bulunmaktadır. Yazlar sıcak ve kurak, kışlar ılık ve az yağışlı geçmektedir. Ovanın sulamaya açılmasından sonra meteorolojik verilerde, önceki yıllara göre, önemli değişimler gözlenmiştir. Araştırmanın yürütüldüğü deneme yıllarına ve alanına ilişkin sıcaklık, oransal nem miktarları ve uzun yıllar aylık ortalamaları Şekil 1' de verilmiştir. Anılan şekilde görüldüğü gibi, uzun yıllık (59 yıl) ortalamadan, maksimum hava sıcaklığının 33.3 °C ile Temmuz ayında ve en yüksek nemin % 71 oranı ile Ocak ayında gerçekleşmiştir. Uzun yıllar ortalamalara ilişkin oransal nemin, araştırma yıllarındaki oransal nem ile karşılaştırıldığında, Mayıs ayından Ekim ayına kadar sulamanın yoğun yapıldığı aylarda nemin arttığı gözlenmiştir. Oransal nemdeki bu artış, kimi yıllarda %10'dan daha yüksektir.

Uzun yıllar ortalama sıcaklık dizisinden 1991-1993 yıllarında en yüksek sıcaklık kayıtlarına rastlanmıştır. Güneydoğu Anadolu gibi kurak ve yarı kurak bölgelerde baraj göl ve sulama şebekeleri gibi büyük su yapılarının, çevre ikliminde ve hidrolojisinde değişikliğe neden olabileceği "vaha etkisi" sonucu su dengesini de değiştirebileceğini ifade etmiştir (Kadioğlu 1993).



Şekil 1. Araştırma yıllarına ve uzun yıllara ilişkin sıcaklık ve oransal nem miktarları

Araştırma, üç yinelemeli bölünmüş parseller deneme desenine göre yapılmıştır. Deneme konuları, 4 farklı sulama aralığı (6, 12, 18 ve 24 gün) ve her sulama aralığında 4 farklı sıra aralığı (50-30, 70-30, 80-40 ve 70-70 cm) şeklinde düzenlenmiştir. Sulamalar, yağmurlama yöntemi ile 10x10 m kare tertibine göre gerçekleştirilmiştir. Yağmurlama başlıkları 2.5 atü. işletme basıncında, eş su dağılım katsayıları Korukçu ve Yıldırım (1981) tarafından önerilen değerler dikkate alınarak çalıştırılmıştır. Sulama ve sıra aralıklarının verim üzerindeki etkisini saptamak amacıyla, ortalamalar arası farkın önem düzeyi LSD yöntemi kullanılarak belirlenmiştir.

Denemede sulama konuları ve su gereksinimleri, Kanber (1984)' de verildiği gibi, değişik sulama aralıklarındaki açık su yüzeyi buharlaşmasından ve bitki pan katsayılarından yararlanarak hesaplanmıştır (Eşitli. 1).

Mevsim boyunca, uygulanan sulama suyu miktarları farklı sulama aralıklarında  $E_{pan}$  ve  $K_{cp}$  dikkate alınarak uygulanmıştır.

$$I: A \times E_{pan} \times K_{cp} \quad (1)$$

Eşitlik 1'de; A: parsel alanı'nı

$E_{pan}$ : sulama aralıklarında yığılımlı buharlaşma miktarı (mm, Class A Pan)'ni ifade etmektedir.

$K_{cp}$ = bitki pan katsayısı

Infiltrasyondan yüksek yağmurlama hızları istenmeyen su ve toprak kayıplarına neden olduğu için infiltrasyon hızı dikkate alınarak, yığılımlı buharlaşmanın;  $E_{pan}$  ve  $K_{cp}$  değerleri sırasıyla; 6 günlük sulama aralığında (IY6) toplam buharlaşmanın % 100' ü (tam sulama), 12 günlük sulama aralığında (IY12) toplam buharlaşmanın % 80' i, 18 günlük sulama aralığında (IY18) toplam buharlaşmanın % 60' ı ve 24 günlük sulama aralığında (IY24) toplam buharlaşmanın % 40' ı alanla çarpıldıktan ve su sayaçlarında denetlendikten sonra yağmurlama sulama ile uygulanmıştır. Parsellerin etrafı seddelerle kapatılarak su çıkışı engellenmiştir.

Rüzgar hızının özellikle öğleden sonra yüksek olması nedeniyle, yağmurlama sulamalar genellikle öğleden önce gerçekleştirilmiştir.

Yağmurlama sulamada, araştırma ve uygulama alanında derin kuyu önünde bulunan, 600 tonluk havuzdan yararlanılmıştır. Suyun iletilmesinde  $\varnothing$  90' lık PVC ana boru, yağmurlama sulamada  $\varnothing$  63' lük PVC lateral boru ve 2.5 atü' de 0.350 L/s debi sağlayan yağmurlayıcılar kullanılmıştır.

Her bir sıra aralığına göre deneme parseli:

A Konusu: 50-30 cm sıra aralığı için 2.5m x 4.0 m  
B Konusu: 70-30 cm sıra aralığı için 3.0m x 4.0 m  
C Konusu: 80-40 cm sıra aralığı için 3.6m x 4.0 m  
D Konusu: 70-70 cm sıra aralığı için 2.8m x 4.0 m'dir.

Her bir deneme parseli için toplam 47.2 m<sup>2</sup> alan hesaplanmıştır.

Denemede, yerli susam (*Sesamum Indicum* L) çeşidi kullanılmış, ekim ve hasat tarihleri Çizelge 1' de verilmiştir. Ekim işlemi ile birlikte 6.0 kg da<sup>-1</sup> saf fosfor TSP formunda, 10.0 kg da<sup>-1</sup> saf azot 1998 yılında amonyum sülfat formunda, 1999 yılında ise amonyum nitrat formunda ekimden önce ve sonra uygulanmıştır. Fizyolojik olgunluktan sonra deneme parsellerinin ortasındaki iki sıra susam, elle çekilerek hasat edilmiştir.

Toprağın nem içeriği, 90 cm toprak profiline 30'ar cm' lik katmanlarında, gravimetrik yöntem kullanılarak saptanmıştır. Araştırma konularında bitki su tüketimi, 90 cm toprak derinliğindeki su dengesi eşitlik 2' e göre hesaplanmıştır (Garrity ve ark. 1982)

$$ET = P + I - R_f - D_p \pm \Delta S \quad (2)$$

Eşitlik 2' de; ET: bitki su tüketimi, P: yağış, I: sulama suyu,  $R_f$ : yüzey akış,  $D_p$ : derine sızma ve  $\Delta S$ : kök bölgesinde toprak nem içeriğindeki değişimi ifade etmektedir.

Su kullanma randımanı, sulama yöntemlerinin karşılaştırması ve sulama programının değerlendirilmesinde kullanılır. Su kullanma randımanı, (WUE) Tanner ve Sinclair (1983) tarafından önerilen eşitlikle hesaplanır.

$$WUE = \frac{Y}{ET} \quad (3)$$

Eşitlikte 3' de, Y: pazarlanabilir ürün, kg; ET: bitki su tüketimini, mm göstermektedir. Susam için pazarlanabilir ürün, hasat edilen daneyi ifade etmektedir.

Susamın verim-su ilişkilerinin saptanması, oransal verim düşüşleri ve oransal su tüketim eksilişinde boyutsuz parametrelerin kullanıldığı Stewart modeli ile yapılmıştır (Doorenbos ve Kassam 1979).

$$\left(1 - \frac{Y_a}{Y_m}\right) = k_y \left(1 - \frac{ET_a}{ET_m}\right) \quad (4)$$

Eşitlik 4' de;  $Y_a$ : gerçek verim kg. da<sup>-1</sup>,  $Y_m$ : maksimum verim kg. da<sup>-1</sup>,  $Y_a/Y_m$ : oransal verim,  $1 - Y_a/Y_m$ : oransal verim düşüşü,  $ET_a$ : gerçek bitki su tüketimi mm,

Çizelge 1. Ekim ve hasat tarihleri

Yıl	Konu	Ekim tarihi	Hasat tarihi
1998	A	15 Haziran	10 Kasım
	B	15 Haziran	05 Kasım
	C	15 Haziran	01 Kasım
	D	15 Haziran	25 Ekim
1999	A	19 Haziran	13 Kasım
	B	19 Haziran	07 Kasım
	C	19 Haziran	03 Kasım
	D	19 Haziran	28 Ekim

$ET_m$ : maksimum bitki su tüketimi mm,  $ET_a/ET_m$ : oransal su tüketimi,  $1-ET_a/ET_m$ : oransal bitki su eksilişi,  $k_y$ : verim tepki etmeni; evapotranspirasyondaki bir birim azalmaya karşılık verimdeki azalmayı ifade eder.

Deneme parsellerinden elde edilen susam verimleri, Yurtsever (1984) tarafından önerilen istatistik analiz ve yaklaşımdan yararlanılarak belirlenmiştir (Açıkgöz ve ark.1993). Elde edilen sonuçlardan, susam bitkisi için yağmurlama sulamada en uygun sulama ve sıra aralığı saptanmıştır.

Sulama aralıklarının ve sıra aralıklarının verim üzerindeki etkisini belirlemek amacıyla, ortalamalar arası farkın önem düzeyi LSD yöntemi kullanılarak belirlenmiştir.

### Bulgular ve Tartışma

**Sulama suyu ve bitki su tüketimi:** Yıllara göre, büyüme periyodunda deneme konularına uygulanan toplam sulama suyu miktarları, ölçülen su tüketim değerleri ve sulama sayıları Çizelge 2' de verilmiştir. Çizelgeden görüldüğü gibi, farklı sulama aralıklarında konu gereği en fazla sulama suyu, her iki yılda da 6 günlük sulama konusuna (IY6) 971 mm ve 1037 mm uygulanmıştır. Bunu sırasıyla farklı miktarlarda diğer konular izlemiştir. Bitki su tüketimi, ilk ve ikinci yılda sulama suyuna benzer tavır sergilemiş ve sulama aralıklarına bağlı olarak farklılıklar göstermiştir. En fazla bitki su tüketimi, ilk yılda 995 mm, ikinci yılda 1111 mm 6 günlük sulama aralığında ölçülmüştür. Sepaskhah ve Andam (2001) tarafından saptanan su tüketimi ile uyumlu olduğu belirlenmiştir. Denemenin ikinci yılında, toprakta nem birikiminin birinci yıla göre daha yüksek belirlenmesi, ilk yılda düşen yağışın, ikinci yıla göre daha yüksek gerçekleşmesinden ileri geldiği şeklinde yorumlanabilir.

### Su-verim ilişkileri :

**Dane verimi :** Değişen sulama aralıklarında elde edilen verim değerleri, her deneme yılı için ayrı ayrı ve değerlendirilmiş, varyans analiz sonuçları Çizelge 3 ve Çizelge 4' de verilmiştir. 1998-1999 yıllarına ilişkin dane veriminin, sulama aralığı x sıra aralığına etkilerinin çok önemli olduğu ( $P<0.001$ ) saptanmıştır. Sulama ve sıra aralıkları inetraksiyonun çok önemli çıkması, uygulanan sulama suyu miktarının farklı olmasından ve farklı sıra aralıklarında  $m^2$  ye düşen bitki sayısı değiştiğinden ileri geldiği söylenebilir.

Çizelge 5' deki verimler genel olarak incelendiğinde, yağmurlama sulamanın 4 farklı sıra aralığında (A, B, C, D) ortalamalar arası farklılıkların çok önemli olduğu ( $P<0,001$ ) görülmektedir. Her iki yılın ortalama verimleri incelendiğinde, 6 günlük sulama aralığında (IY6), sıra aralıklarının 4 farklı verim grubu oluşturdukları saptanmıştır. Anılan sulama aralığında, bir geniş (50 cm) ve bir dar sıra (30 cm) aralığı ekim düzeni, diğer sıra aralığı konularına göre birinci grubu oluşturmuş ve en

Çizelge 2. Susamda yağmurlama sulama yöntemi ile konulara uygulanan sulama suyu miktarı bitki su tüketimi (mm) ve sulama sayısı

Sulama yılı	Sulama konusu	Sulama suyu (mm)	Bitki su tüketimi (mm)	Sulama sayısı (Gün)
1998	IY6	971	995	15
	IY12	771	853	7
	IY18	621	748	5
	IY24	398	423	3
1999	IY6	1037	1111	16
	IY12	853	907	8
	IY18	652	714	5
	IY24	486	525	4

Çizelge 3. 1998 yılı dane verimlerine ilişkin varyans analizi

Varyasyon kaynağı	Serbestlik derecesi	Kareler toplamı	Kareler ortalaması	F	P
Yinelemeler	2	39.854	19.927	3.452 ns	$P>0.05$
Faktör I	3	36995.208	12318.403	2134.117***	$P<0.001$
Hata 1	6	34.633	5.772		
Faktör R	3	22130.189	7376.730	425.417***	$P<0.001$
IxR	9	1598.354	177.595	10.242***	$P<0.001$
Hata	24	416.160	17.340		
Genel	47	61174.397	1301.583		

Faktör I: Sulama aralığı, Faktör R: Sıra aralığı

Çizelge 4. 1999 yılı dane verimlerine ilişkin varyans analizi

Varyasyon kaynağı	Serbestlik derecesi	Kareler toplamı	Kareler ortalaması	F	P
Yinelemeler	2	144.365	72.183	3.185 ns	$P>0.05$
Faktör I	3	38906.437	12968.812	572.329***	$P<0.001$
Hata 1	6	135.958	22.660		
Faktör R	3	20516.294	6838.765	181.609***	$P<0.001$
IxR	9	2560.992	284.555	7.557***	$P<0.001$
Hata	24	903.757	37.657		
Genel	47	63167.803	1343.996		

Çizelge 5. Susamın farklı sulama yöntemi, değişik sulama ve sıra aralıklarında dane verimi (kg da<sup>-1</sup>)

Konular	Yağmurlama sulama											
	IY6			IY12			IY18			IY24		
Sıra ara. / Yıl	1998	1999	Ortalama	1998	1999	Ortalama	1998	1999	Ortalama	1998	1999	Ortalama
A (50-30 cm)	175.5 a	182.5 a	179.0 a	157.0 a	164.0 a	160.5 a	152.8 a	158.1 a	155.5 a	111.9 a	114.5 a	113.2 a
B (70-30 cm)	163.8 b	178.0 a	170.9 b	151.7 a	155.1 b	153.4 a	134.5 b	137.6 b	136.1 b	77.3 b	79.8 b	78.6 b
C (80-40 cm)	127.6 c	129.0 b	128.3 c	123.1 b	130.0 c	126.6 b	125.6 c	131.7 b	128.7 c	59.1 c	69.0 c	64.1 c
D (70-70 cm)	118.0 d	123.6 b	120.8 d	109.1 c	121.4 c	115.3 c	111.1 d	119.5 c	115.3 d	56.8 c	63.0 c	59.9 c
LSD	5.927	8.692	7.309	5.927	8.692	7.309	5.927	8.692	7.309	5.927	8.692	7.309

fazla ürün A sıra aralığı konusundan (182.5 kg da<sup>-1</sup>) elde edilmiştir. 12 günlük sulama aralığında (IY12), A ve B sıra aralığı konuları birinci grubu oluştururken, C ve D konuları, sırasıyla ikinci ve üçüncü grubu oluşturmuştur. 18 günlük sulama aralığında (IY18) sıra aralıklarının 4 farklı verim grubu oluşturdukları ve özellikle A ve C sıra aralığına ilişkin konuların verimleri, 12 günlük konuya yakın tepki vermiştir. Bir başka deyişle, IY18 C konusu, IY12 C konusuna göre daha fazla verim sağlamıştır. Araştırma sonucu elde edilen 24 günlük sulama aralığındaki verim değerleri hariç diğer konuların verimleri, Derviş (1986) tarafından saptanan değerlerle benzerlik göstermiştir.

En az su uygulanan 24 günlük sulama aralığında (IY24) 3 farklı verim grubu oluşmuş, A ve B sıra aralıkları farklı grupları, C ve D sıra aralıkları aynı grubu oluşturmuştur. Sulama aralıkları ve sıra aralıklarında, belirgin verim farklılıklarının ortaya çıkmasına; uygulanan sulama suyu miktarı, sulama aralıkları ve sıra aralıklarının etkili olduğu söylenebilir. 12 ve 18 günlük sulama aralıklarındaki verimler birbirine yakın olduğundan, suyun kısıntılı ve/veya kıt olduğu yıllarda, ekonomik bir yaklaşımla, 18 günde bir sulamanın 12 ve 6 günlük sulama aralığına göre daha efektif olacağı düşünülebilir. Böylece önemli ölçüde de (% 37 oranında) su tasarrufu sağlanabilir.

Sıra aralığına ilişkin konularda görüldüğü gibi, bir geniş (50 cm) ve bir dar sıra (30 cm) olan A konusu uygulanabilir en uygun sıra aralığını yansıtır niteliktedir. Sonuç olarak, sulama aralığı x sıra aralığı interaksiyonlarının çok önemli olduğu belirlenmiştir (P<0,001).

**Su kullanma randımanı:** Deneme konularından elde edilen su kullanma randımanı Çizelge 6' da görüldüğü gibi belirlenmiştir. IY6 sulama aralığının A konulu sıra aralığında, topraktaki 1 mm neme karşı 1 ha alanda denemenin ilk yılında 1.81 kg susam verimi elde edilmiştir. Oysa, aynı sulama aralığının D konulu sıra aralığında, 1 mm neme karşı 1 ha alanda 1.22 kg susam verimi hesaplanmıştır. Denemenin ikinci yılında aynı sulama aralığında, A konulu sıra aralığında 1 mm neme karşı 1 ha alanda 2.46 kg, D konulu sıra aralığında, 1 mm neme karşı 1 ha alanda 1.79 kg susam verimi bulunmuştur. A konusunda randımanın fazla çıkmasının nedeni, m<sup>2</sup> ye düşen bitki sayısının fazlalığı şeklinde açıklanabilir. İkinci yılda anılan randımanın birinci yıla göre yüksek çıkmasının nedeni ise ikinci yılda konulara uygulanan sulama suyunun fazla olması şeklinde yorumlanabilir.

Jerry ve ark. (2001), değişik bitkilerde su kullanma randımanını; arpa ve kanolada 3.6-6.7, buğdayda 2.9-4.7, mısırdaki 12.2-15.8, soyada 2.0-4.5 ve hayvan bürülcesinde 1.0-2.2 kg ha<sup>-1</sup> mm<sup>-1</sup> arasında değiştiğini bildirmiştir. Elde edilen bulgular bu sonuçlarla uyumludur.

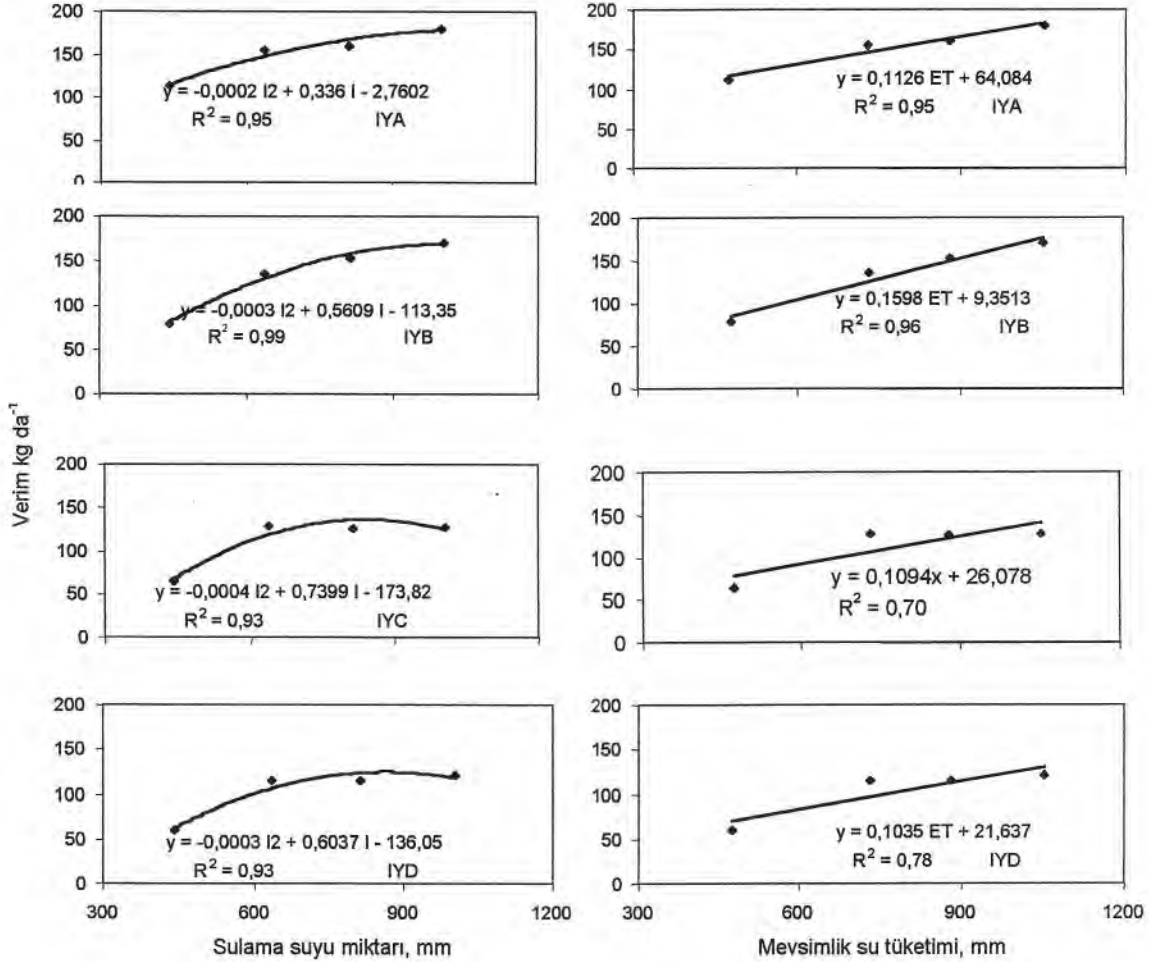
**Sulama suyu ve mevsimlik su tüketimi ile dane verimi ilişkisi:** Çalışmada, sulama suyu miktarı ile verim değerleri arasında eğrisel (polynomial) ilişkiler, mevsimlik su tüketimi ile verim değerleri arasında doğrusal ilişkiler saptanmıştır. Şekil 2' de görüldüğü gibi, sulama suyu miktarı azaldıkça iki yılın ortalama verim değerlerinin de azalma belirlenmiştir. Ancak, 12 ve 18 günlük sulama aralıklarındaki verimler benzer tepki vermiştir. İki yılın ortalama dane verimi (Y) ile sulama suyu (I) arasında;

A sıra aralığında  $y = -0.0021^2 + 0.3361 - 2.7602$  ( $R^2 = 0.95$ )  
 B sıra aralığında  $y = -0.0031^2 + 0.5609 - 113.35$  ( $R^2 = 0.99$ )  
 C sıra aralığında  $y = -0.0041^2 + 0.7399 - 173.82$  ( $R^2 = 0.93$ )  
 D sıra aralığında  $y = -0.0031^2 + 0.6037 - 136.05$  ( $R^2 = 0.93$ )  
 konveks ilişkiler bulunmaktadır.

**Verim tepki etmeni:** Sulama sistemlerinin planlanmasında ve sistemin ekonomik olarak değerlendirilmesinde, verim ile sulama suyu arasındaki ilişkilerin bilinmesi gerekmektedir. Verim tepki etmeni  $ky$ ; bitkide oluşan birim su eksikliğine karşı, bitkinin verim olarak gösterdiği duyarlılığı (tepkili) ifade eder (Hanks 1983 ve Baştuğ 1987). Verim-su fonksiyonlarının belirlenmesinde Doorenbos ve Kassam (1979) tarafından önerilen boyutsuz Stewart eşitliği (3 nolu eşitlik) olan  $ky$  verim tepki faktörü kullanılmıştır.  $ky$  verim tepki faktörünün belirlenmesi amacıyla, sıra aralıklarına göre, oransal evapotranspirasyon açığı ile oransal verim düşüşleri arasındaki iki yılın ortalamasından elde edilen sonuçlar

Çizelge 6. Susam bitkisinde iki yılın ortalamasına göre su kullanım randımanı (WUE) kg ha<sup>-1</sup> mm<sup>-1</sup>

Sulama aralığı	IY6		IY12		IY18		IY24	
Sıra aralığı	998	999	998	999	998	999	998	999
A	.81	.46	.79	.42	.04	.81	.92	.36
B	.69	.17	.72	.11	.97	.94	.82	.64
C	.31	.02	.24	.02	.60	.48	.52	.42
D	.22	.79	.19	.83	.42	.43	.42	.30



Şekil 2. Sulama suyu miktarı ve mevsimlik su tüketimi ile verim arasındaki ilişki

Çizelge 7' de verilmiştir.  $k_y$  verim tepki faktörü 0.45-1.22 arasında belirlenmiştir. Başka bir ifadeyle su tüketiminde, %10'luk bir azalma verimde % 4.5 ve % 12.2 arasında düşüğe neden olmuştur.

Verim ve su tüketim değerleri incelendiğinde; sulama aralığının açılması sonucu, su tüketimi ve verim arasında çok önemli ilişki belirlenmiştir. Söz konusu Çizelge 7' de görüldüğü gibi, farklı sulama aralıklarında, farklı sıra aralığı için uygulanan dört sulama suyu miktarından, IY6 (altı günlük) sulama aralığında ve A (50-30 cm) sıra aralığında en yüksek verim hesaplanmıştır. IY12-A sulama ve sıra aralığında % 19 su tasarrufuna karşılık verimde % 11 azalma, IY18-A sulama ve sıra aralığında % 37 su tasarrufuna karşılık verimde % 14 azalma saptanmıştır. Oysa, IY24-A sulama ve sıra aralığı konusu % 56 su

tasarrufuna karşılık verimde ciddi oranda % 37 azalma hesaplanmıştır. Bu sonuçlara bakıldığında, IY12 konusunda oransal verim düşüşü %11-36 arasında ve IY18 konusunda oransal verim düşüşü %14-36 arasında su tasarrufu belirlenmiş, her iki konu benzer tavır sergilemiştir.

Sonuç olarak, Harran Ovasında su kısıntısının olmadığı koşullarda susam bitkisinde; yağmurlama sulama yöntemi, 6 günde bir sulama ve 50x30 cm sıra aralığı hedef kitleye önerilebilir. Su kısıntısının olduğu yıllarda ve/veya koşullarda 18 günde bir sulama uygulamasında % 37' lik su tasarrufu sağlandığından ve verimde sadece % 14' lük bir azalma meydana geldiğinden dolayı, 18 günlük sulama aralığının doğru bir seçenek olacağı söylenebilir.

Çizelge 7. Değişik sulama ve sıra aralıklarında verim su ilişkisi ve sulama suyundaki tasarruf miktarı (%)

Deneme konusu	$E_t$	$Y_s$	$1-(E_t/E_m)$	$1-(Y_s/Y_m)$	$k_y$	Sulama suyu mik.mm	Sulama suyunda tasarruf mik. (%)
IY6-A	1053	180.5	0.00	0.00		1004	0.00
IY12-A	880	160.5	0.16	0.11	0.67	812	0.19
IY18-A	731	155.5	0.31	0.14	0.45	637	0.37
IY24-A	474	113.2	0.55	0.37	0.68	442	0.56
IY6-B	1053	170.9	0.00	0.00		1004	0.00
IY12-B	880	153.4	0.16	0.15	0.91	812	0.19
IY18-B	731	136.1	0.31	0.25	0.80	637	0.37
IY24-B	474	78.6	0.55	0.56	1.03	442	0.56
IY6-C	1053	128.3	0.00	0.00		1004	0.00
IY12-C	880	126.6	0.16	0.30	0.82	812	0.19
IY18-C	731	128.7	0.31	0.29	0.94	637	0.37
IY24-C	474	64.1	0.55	0.64	1.17	442	0.56
IY6-D	1053	120.8	0.00	0.00		1004	0.00
IY12-D	880	115.3	0.16	0.36	1.20	812	0.19
IY18-D	731	115.3	0.31	0.36	1.18	637	0.37
IY24-D	474	59.9	0.55	0.67	1.22	442	0.56

#### Kaynaklar

- Açıkgöz, N., M. E Akkaş, A. Moghaddam ve K. Özcan, 1993. TARİST PC' ler için istatistik ve Kantitatif Genetik Paketi. Uluslararası Bilgisayar Uygulamaları Sempozyumu, 133, 10-19. Konya.
- Anonymous, 1998. GAP II İstatistikleri 1950-1998 DİE
- Atakışi, İ. 1984. Yağ Bitkileri Yetiştirme ve Islahı. Çukurova Üniv. Ziraat Fak. Ders Yayınları: 147. Adana.
- Baştuğ, R. 1987. Çukurova Koşullarında Pamuk Bitkisinin Su-Üretim Fonksiyonunun Belirlenmesi Üzerine Bir Çalışma (Doktora Tezi). Çukurova Üniv. Fen Bilimleri Enstitüsü Kültürteknik Anabilim Dalı, Adana.
- Derviş, Ö. 1981. Çukurova Koşullarında Susam Su Tüketimi. Topraksu Araştırma Enstitüsü, 103/53, Tarsus.
- Derviş, Ö. 1986. Çukurova Koşullarında Buğdaydan Sonra İkinci Ürün Susamın Su Tüketimi. Topraksu Araştırma Enstitüsü, 117/67, Tarsus.
- Diñç, U., S. Şenol, M. Satın, S. Kapur, N. Güzel, R. Derici, M. Ş. Yeşilsoy, İ. Yeğingil, M. Sarı, Z. Kaya, M. Aydın, F. Kettaş, A. Berkman, A. K. Çolak, K. Yılmaz, B. Tunçgöğüs, V. Çavuşgil, H. Özbek, K. Y. Gülüt, C. Kahraman, O. Diñç ve E. E. Kara, 1988. Güneydoğu Anadolu Toprakları (GAP), I, Harran Ovası, TÜBİTAK, TOAG 534, Kesin Sonuç Raporu.
- Doorenbos, D. and A. H. Kassam, 1979. Yield Response to Water. FAO Irrigation and Drainage Paper No 33. Food and Agriculture Organization of The United Nations, Rome: 193.
- Garity, P. D. and D. G. Watts, C. Y. Sullivan, J. R. Gilley, 1982. Moisture deficits and grain sorghum performance. Evapotranspiration Yield Relationships Agron. J., 74, 815-820
- Goldberg, D., B. Cornat and D. Sadan, 1967. Relation between water consumption peanuts and class a pan evaporation during the growing season. Soil Sci., 104 (4).
- Goldhamer, D. and C. M. Peterson, 1984. A Comparison of Linear Move Sprinkler and Furrow Irrigation on Cotton. Case Study. Department of Land and Water Res. Uni. of California. Final Tech. Report. No. B54162. Davis. California. P. 135.
- Hanks, R. J. 1983. Yield and Water Use Relationships. On Overview, limitation to Efficient Water Use in Crop Production. Ed. By. H.M. Taylor et al. ASA, CSSA, SSSA Pub. Madison, Wisconsin, 393-410.
- Jerry, L. H., T. J. Sauer and J. H. Prueger, 2001. Managing soils to achieve greater water use efficiency: A review. Agron. J., 93, 271-280.
- Kadıoğlu, M. 1993. GAP Bölgesinde beklenen iklim değişiklikleri TMMOB GAP' ta Teknik Hizmetler Sempozyumu, S. 327-343, Ankara.
- Kanber, R. 1984. Çukurova Koşullarında Açık Su Yüzeysel Buharlaşmasında (Class A Pan) Yararlanarak Birinci ve İkinci Ürün Yerfistiğinin Sulanması Topraksu Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü Yayınları Genel Yayın No: 114, Tarsus.
- Korukçu, A. ve O. Yıldırım, 1981. Yağmurlama Sulamanın Projelendirilmesi. Köy İşleri ve Kooperatifler Bakanlığı. Topraksu Yay. 220 s. Ankara
- Sepaskhah, A. R., and M. Andam, 2001. Crop coefficient of sesame in a semi-arid region of I.R.Iran. Agricultural Water Management. 49: 51-63
- Tanner, C. B. and T. R. Sinclair, 1983. Efficient water use in crop production: Research or research p. 1-27. In H.M. Taylor et al. (ed.) Limitations to Efficient Water use in Crop Production. ASA. Madison, WI.
- V Praveen, R. and S. V. Raikhelkar, 1994. Evapo-transpiration of sesame (sesamum indicum) in relation to pan evaporation. Indian J. of Agricultural Sciences, 64 (11), 771-4, Indian.
- Yurtsever, N. 1984. Deneysel İstatistik Metodları. Tarım Orman ve Köy İşleri Bakanlığı, Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğü Yayınları, Ankara.

İletişim adresi :  
 Mehmet ŞİMŞEK  
 Harran Üniv. Ziraat Fakültesi  
 Tarımsal Yapılar ve Sulama Bölümü –Şanlıurfa  
 Fax : 0-414-2470385