

**ISPARTA KOŞULLARINDA FASULYENİN (*Phaseolus vulgaris* L.) SU TÜKETİMİ<sup>1</sup>**

Yusuf UÇAR<sup>2</sup> Abdullah KADAYIFÇI<sup>2</sup> H. İbrahim YILMAZ<sup>2</sup> Nevruz YARDIMCI<sup>2</sup>

Süleyman Demirel Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarımsal Yapılar ve Sulama Bölümü- Isparta

**ÖZET**

Süleyman Demirel Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Kuleönü Araştırma ve Uygulama çiftliğinde 2001 ve 2002 yıllarında yapılan bu çalışmada fasulyenin bitki su tüketimi ölçülmüştür.

Sulamalar her on günde bir yapılmış ve A sınıfı buharlaşma kabından on günlük periyotta ölçülen buharlaşma miktarının tamamı kadar sulama suyu uygulanmıştır. Su tüketimi ölçmeleri, toprak nemi azalmasının denetimi yoluyla onar günlük periyotlar için yapılmıştır. Ölçülen bitki su tüketimi değerleri, bitki su tüketimi tahminlerinde kullanılan, Penman FAO modifikasyonu (P-FAO), Kap Buharlaşması FAO modifikasyonu (A-FAO), Jensen-Haise (J-H), Penman-Monteith (P-M), Hargreaves (H) ve A sınıfı kap buharlaşması yönteminin Christiansen-Hargreaves modifikasyonu (A-CH) yöntemleriyle hesaplanan kıyas yada potansiyel bitki su tüketimi değerleriyle karşılaştırılmıştır. Karşılaştırmada; Ölçülen bitki su tüketimi ile tahmin edilen bitki su tüketimleri arasındaki ilişkinin korelasyon katsayısı (*r*), tahmin yöntemleriyle hesaplanan bitki su tüketimi değerlerinin gerçek bitki su tüketimini karşılama yüzdesi (% ET), hata kareler ortalaması (RMS) ve mevsimlik ortalama bitki katsayısı (*k<sub>c</sub>*) göz önüne alınmıştır.

Sonuçta, deneme koşulları için en yakın tahminin Jensen-Haise (J-H) yöntemi ile elde edilebileceği saptanmış ve bu yöntemle ilişkin bitki katsayısı (*k<sub>c</sub>*) eğrisi hazırlanmıştır.

**Anahtar Kelimeler :** Fasulye (*Phaseolus vulgaris* L.), bitki su tüketimi, bitki su tüketimi tahmin yöntemleri

**EVAPOTRANSPIRATION OF BEANS (*Phaseolus vulgaris* L.) for ISPARTA CONDITIONS**

**ABSTRACT**

This study was conducted to measure actual evapotranspiration (ET) of beans (*Phaseolus vulgaris* L.) in the Experiment Farm of the Agricultural Faculty, the University of Süleyman Demirel.

Irrigation was performed every ten-day-period and amount of evaporation from class A pan during this period was applied as the amount of irrigation water. Actual ET values were obtained by measuring changes in soil water content for decade periods during whole growing season. Measured actual ET values were compared with the reference or potential ET values calculated by the methods of FAO modification of Penman (P-FAO), FAO modification of Class A Pan Evaporation (A-FAO), Jensen-Haise (J-H), Penman-Monteith (P-M), Hargreaves (H) and Christiansen-Hargreaves modification of Class A pan (A-CH). In the comparison; correlation coefficients of the relationships between actual ET and estimated ET, ratio of calculated ET using different methods to the measured actual ET as percentage, root mean square error (RMS) and seasonal mean crop coefficients (*k<sub>c</sub>*) were the criteria to evaluate suitability of the methods.

As a result, it was found that most suitable estimation method was Jensen-Haise method (J-H). In addition, the crop coefficient (*k<sub>c</sub>*) curve has been prepared for this method.

**Key Words:** Beans (*Phaseolus vulgaris* L.), evapotranspiration, estimating methods of evapotranspiration

**GİRİŞ**

Bitki su tüketimi değerleri, bitkilerin sulama suyu gereksinimlerinin belirlenmesinde, sulama programlarının hazırlanmasında, tamamlayıcı sulamanın gerekliliğine karar verilmesinde, sulama projelerinin keşif ve fizibilite çalışmaları ile planlanması, yapımı, işletilmesi ve bakımında, yağışın yer altı suyuna karışan miktarının saptanmasında, yeraltı suyu havzalarının emniyetli veriminin tahmininde, sulama, enerji, taşkın kontrolü, kamu ve sanayi kullanımlarını içeren çok amaçlı projelerin ekonomisi, planlanması, yapımı, işletilmesi ve bakımında, hidroloji, meteoroloji, bitki fizyolojisi ve toprak ilminin çeşitli konuları üzerindeki çalışmaları ilgilendiren temel bir done olarak gerek-mekte ve kullanılmaktadır (Kodal 1982). Bitki su tüketimi değerlerinin belirlenmesinde en sağlıklı yol doğrudan ölçülmesi olmasına karşın, bu yöntemlerin zaman alıcı ve pahalı olması, uygulamada iklim verilerinden tahmin yöntemlerinin kullanılmasına yol açmaktadır. Doğrudan ölçme yöntemleri ise daha çok amprik eşitliklerin yöresel koşullar için kalibrasyonunda ya da modifikasyonunda kullanılmaktadır (Jensen 1974).

Bitki su tüketimi tahmin yöntemleri, geliştirildikleri bölgeden farklı iklim koşullarına sahip bölgelerde, yöresel kalibrasyonları yapılmamışsa, genellikle sağlıklı sonuç vermemektedir (Christiansen 1968, Jensen ve ark. 1990). Hatta, aynı bölgede bitki cinsi değiştiğinde yararlanılacak yöntem de farklı olabilmektedir. Bu nedenle birçok araştırmacı, hangi bölgelerde hangi tahmin yönteminin kullanılabileceğini ortaya koymak amacıyla çalışmalar yapmışlardır. Örneğin, Güney Florida'da U.S. Weather Bureau yönteminin (Stephens ve Stewart 1963), Nevada da Oliver yönteminin (Behnke ve Maxey 1969), Ohio'da mısır için radyasyon ölçümlerine dayalı yöntemlerin (Parmele ve McGuinness 1974), Kuzey Tayland'da çeltik için Penman yönteminin (Christiansen 1968), İsrail'de yonca için Kap Buharlaşması yönteminin (Lomas ve Schkesinger 1970) ve Kuzey Carolina'da Penman Monteith yönteminin (Amatya ve ark. 1995) daha sağlıklı sonuçlar verdiği bulunmuştur. Türkiye'de yapılan bazı araştırmalarda ise, Çukurova koşullarında pamuk bitkisi için sırasıyla Blaney-Cridle, Hargreaves ve Penman yöntemlerinin (Tekinel ve Kanber 1981), Ankara koşullarında mısır için Penman FAO ve Radyasyon FAO yöntemlerinin (Yıldırım 1993), ayçiçeği ve yonca için Jensen-Haise yönteminin (Kadayıfçı ve Yıldırım 1998, Selenay ve Kadayıfçı

<sup>1</sup> Bu çalışma Süleyman Demirel Üniv. Araştırma Fonu tarafından desteklenen "Fasulyede Su-Verim İlişkileri" isimli 383 numaralı projeden kısmen özetlenmiştir.

1999), Tekirdağ koşullarında mısır ve soğan için Jensen-Haise yönteminin (Orta ve ark. 1997, Şener 1999), Kırklareli koşullarında buğday için Penman FAO, şeker pancarı ve ayçiçeği için Blaney-Criddle yöntemlerinin (Yüksel ve Erdem 1997) yeterli sonuçlar verdikleri ve kullanılabilceği belirlenmiştir. Bunun yanısıra, Ankara koşullarında şekerpancarı için ölçülen bitki su tüketimi değerleri, Blaney-Criddle ve Penman yöntemleri ile hesaplanan aylık değerlerle karşılaştırılmış ve bu yöntemlerin deneme koşulları için yeterli sonuç vermediği saptanmıştır (Okman 1969). İç Anadolu koşullarına uygun bitki su tüketimi yöntemin belirlenmesi ile ilgili yapılan bir çalışmada ise, Ankara, Eskişehir ve Konya Köy Hizmetleri Araştırma Enstitülerinde tarla denemeleri ile aylık dönemler için ölçülen su tüketimi değerleri Blaney-Criddle, Penman ve Jensen-Haise yöntemleri ile hesaplanan değerler ile karşılaştırılmış ve sonuçta, yöre koşullarında aylık dönemlerde daha sağlıklı sonuçlar veren Kodal eşitliği geliştirilmiştir (Kodal 1982).

Bu çalışmada, Isparta koşullarında fasulyenin su tüketimi ile bu bitkinin sulama zamanının planlanmasında yörede kullanılacak en uygun bitki su tüketimi tahmin yöntemi ya da yöntemleri belirlenmeye çalışılmıştır.

tim tahmin yöntemi ya da yöntemleri belirlenmeye çalışılmıştır.

## MATERYAL VE METOD

Denemeler 2001 ve 2002 yıllarında Süleyman Demirel Üniversitesi Ziraat Fakültesi Kuleönü Araştırma ve Uygulama Çiftliğinde yapılmıştır. Çiftliğin deniz seviyesinden ortalama yüksekliği 930 m, enlem derecesi 37°52', boylam derecesi 30°40' dir. Yörede uzun yıllar ortalaması olarak yıllık ortalama sıcaklık 12.4 °C bağıl nem % 55, rüzgar hızının 2 m yükseklikteki eşdeğeri 2.4 m/s, güneşlenme süresi 7.6 h/gün ve yıllık toplam yağış 524.4 mm'dir (Anonim 2003). Denemenin yürütüldüğü yıllara ilişkin Mayıs-Eylül ayları arasındaki bazı iklim elemanlarının on günlük ortalama değerleri Tablo 1 de verilmiştir.

Denemede, bitki boyu 55-60 cm, yaprak şekli oval, beyaz çiçekli, bakladaki dane sayısı 4-5 olan, nispeten erkenci ve özellikle bakteri ve virüs hastalıklarına karşı dayanıklı olan tescilli Şehirali-90 bodur kuru fasulye çeşidi kullanılmıştır (Akçin 1988). Fasulye tohumları 60 cm sıra aralığında 15 cm sıra üzeri olacak biçimde parsellere ekilmiştir. Fasulyenin etkili kök derinliği 90 cm olarak alınmıştır (Tülüçü 2003).

Tablo 1. Deneme alanına İlişkin 2001-2002 yılları bazı iklim elemanları (Anonim 2003)

İklim Elemanları	Aylar														
	Mayıs			Haziran			Temmuz			Ağustos			Eylül		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
2001 Yılı															
Yağış (mm)	-	-	-	-	-	-	17.0	-	-	-	-	-	-	-	-
Ort. Sıcaklık (°C)	13.3	13.4	19.7	20.1	23.3	22.8	23.0	26.9	27.5	26.6	25.2	23.0	20.2	20.1	19.2
Mak. Sıcaklık (°C)	18.2	18.7	26.3	27.1	30.5	29.8	30.1	33.9	35.0	33.7	32.5	30.8	27.7	27.7	28.2
Min. Sıcaklık (°C)	8.6	7.4	11.8	11.1	14.4	13.9	15.0	17.8	18.2	18.8	17.4	14.8	12.2	10.9	11.1
Ort. Bağıl Nem (%)	62.6	65.0	51.8	49.5	48.6	50.6	52.2	45.4	49.3	51.5	56.7	51.6	57.9	58.8	55.1
Mak. Bağıl Nem (%)	73.1	80.5	66.4	61.4	59.2	61.3	67.8	56.7	63.5	64.3	72.5	70.0	74.3	83.0	75.0
Min. Bağıl Nem (%)	51.8	51.6	41.0	38.1	37.8	38.6	39.6	36.1	37.3	39.3	40.0	34.9	40.9	37.4	37.4
Rüzgar hızı (m/s, 2 m)	1.2	0.5	1.5	1.7	1.7	1.3	1.2	1.2	1.5	1.3	1.5	1.1	1.7	1.2	1.0
Güneşlenme süresi (h)	6.5	7.8	9.6	12.9	12.6	12.8	11.4	12.3	12.7	11.8	10.7	10.5	10.3	9.9	9.8
Buharlaşma (mm/gün)	-	-	4.3	8.4	9.8	9.7	8.4	10.2	12.3	10.2	9.3	7.7	5.6	6.0	6.6
2002 Yılı															
Yağış (mm)	-	-	-	-	-	-	12.4	-	-	-	9.1	22.0	23.5	92.4	-
Ort. Sıcaklık (°C)	14.8	15.9	16.8	19.2	20.2	23.9	23.4	23.7	24.1	24.5	22.7	20.5	17.3	15.1	17.4
Mak. Sıcaklık (°C)	21.5	22.1	22.8	25.9	25.3	30.0	30.2	30.7	31.2	30.7	30.3	27.7	24.2	22.6	25.3
Min. Sıcaklık (°C)	6.6	7.4	9.4	10.5	13.2	15.8	15.2	15.5	16.2	16.5	15.4	12.6	11.7	8.3	9.2
Ort. Bağıl Nem (%)	59.4	62.9	67.5	62.1	54.1	46.4	56.1	57.8	51.9	54.1	58.5	56.2	75.2	70.2	67.9
Mak. Bağıl Nem (%)	78.2	80.7	80.5	77.0	63.4	62.3	70.8	74.0	65.6	69.0	76.7	72.9	92.6	88.7	90.1
Min. Bağıl Nem (%)	42.0	43.1	50.5	46.8	45.7	39.1	40.2	41.8	38.3	43.3	40.5	39.3	53.5	47.0	43.7
Rüzgar hızı (m/s, 2 m)	0.6	1.3	2.2	1.0	1.4	1.2	0.9	1.1	1.9	1.6	1.2	1.1	0.7	1.0	1.0
Güneşlenme süresi (h)	10.2	10.3	10.2	9.8	11.3	12.1	10.3	10.9	10.9	11.9	10.2	11.5	7.7	8.2	8.8
Buharlaşma (mm/gün)	-	-	-	6.2	11.3	11.7	9.0	7.9	10.8	8.4	7.9	7.2	2.8	5.2	3.7

Tablo 2. Deneme alanı topraklarının bazı özellikleri

Profil Derinliği (cm)	Bünye Sınıfı	Hacim Ağırlığı (gr/cm <sup>3</sup> )	Tarla Kapasitesi		Solma Noktası		Kullanılabilir Su Tutma Kapasitesi	
			(%)	(mm)	(%)	(mm)	(%)	(mm)
0-30	C	1.16	27.91	97.1	15.1	52.5	12.81	44.6
30-60	C	1.18	30.65	108.5	16.6	58.8	14.05	49.7
60-90	C	1.09	31.24	102.2	16.9	55.3	11.34	46.9
90-120	C	1.10	31.95	105.4	17.3	57.1	14.65	48.3
0-90	-	-	29.9	307.8	16.2	166.6	12.7	141.6
0-120	-	-	30.4	417.2	16.5	223.7	13.2	189.5

Araştırmanın yürütüldüğü çiftlik toprakları derin ve killi bünyeye sahiptir. Ayrıca topraklarda taban

suyu, tuzluluk ve sodyumluluk gibi problemler bulunmamaktadır (Akgül ve ark. 2002). Araştırma alanı-

na ilişkin toprakların sulama açısından bazı fiziksel özellikleri Tablo 2 de özetlenmiştir.

Deneme parselleri, alanın tamamı ıslatılacak biçimde (damlatıcı ve lateral aralığı 0.60 m) damla sulama yöntemi ile sulanmış, gerekli sulama suyu arazide bulunan derin kuyuya bağlı ana boru hattı üzerindeki hidrantlardan alınarak 63 mm çaplı borularla deneme alanına getirilmiştir. Araştırma alanına su dağıtımını sağlayan ana boru hattı başlangıcında (pompa çıkışında) hidrosiklon, kum-çakıl filtre tankı ve elek filtreden oluşan bir kontrol birimi mevcuttur. Bu çalışmada, Süleyman Demirel Üniversitesi Araştırma Fonu tarafından desteklenen "Fasulyede su-verim ilişkileri" isimli araştırmadaki bitki su gereksiniminin tam olarak karşılandığı deneme konusu dikkate alınmıştır. Bu deneme konusunda uygulanacak sulama suyu miktarının belirlenmesinde deneme alanının ortasına yerleştirilen A sınıfı buharlaşma kabından yararlanılmıştır. Sulamalar her on günde bir yapılmış

ve A sınıfı buharlaşma kabından on günlük periyotta ölçülen buharlaşma miktarının tamamı kadar sulama suyu uygulanmıştır.

Toprak nemi, gravimetrik yöntemle belirlenmiştir. Bitki su tüketimi ölçmeleri ise 120 cm toprak derinliğindeki değişimler dikkate alınarak su bütçesi yöntemiyle on günlük periyotlar için yapılmıştır (Jensen ve ark. 1990).

Büyüme mevsimi boyunca ölçülen bitki su tüketimi değerleri, aşağıda sıralanan kıyas ya da potansiyel bitki su tüketimi tahmin yöntemleriyle elde edilen değerlerle karşılaştırılmıştır. Göz önüne alınan bitki su tüketimi tahmin yöntemleri; Penman FAO modifikasyonu (P-FAO), Kap Buharlaşması FAO modifikasyonu (A-FAO), Jensen-Haise (J-H), Penman-Monteith (P-M), Hargreaves (H) ve A sınıfı kap buharlaşması yönteminin Christiansen-Hargreaves modifikasyonu (A-CH) yöntemleridir (Doorenbos ve Pruitt 1977, Jensen ve ark. 1990, Smith 1991).

Tablo 3. Her sulama öncesinde topraktaki nem düzeyi ve uygulanan sulama suyu miktarları

Yıllar							
2001				2002			
Tarih	Nem miktarı mm/120 cm	Sulama suyu miktarı mm	Etkili yağış mm	Tarih	Nem miktarı mm/120 cm	Sulama suyu miktarı Mm	Etkili yağış mm
23 Mayıs	362.3 <sup>1</sup>		-	08 Haziran	272.6 <sup>2</sup>		-
24 Mayıs		50.9*	-	09 Haziran		122.1*	-
31 Mayıs	362.8		-	20 Haziran	311.0		-
01 Haziran		43.3	-	21 Haziran		113.4	-
10 Haziran	333.7		-	31 Haziran	304.5		-
11 Haziran		84.4	-	01 Temmuz		116.9	-
20 Haziran	323.7		-	10 Temmuz	306.1		-
21 Haziran		97.8	-	11 Temmuz		90.2	12.4
30 Haziran	330.6		16.6	20 Temmuz	305.9		-
01 Temmuz		97.0	-	21 Temmuz		78.5	-
10 Temmuz	323.7		-	31 Temmuz	292.7		-
11 Temmuz		84.4	-	01 Ağustos		107.5	-
20 Temmuz	294.8		-	10 Ağustos	293.5		-
21 Temmuz		101.5	-	11 Ağustos		83.5	9.1
31 Temmuz	293.8		-	20 Ağustos	315.2		-
01 Ağustos		123.2	-	21 Ağustos		89.9	22.0
10 Ağustos	298.1		-	31 Ağustos	325.9		-
11 Ağustos		102.3	-	01 Eylül		72.2	23.5
20 Ağustos	305.3		-	10 Eylül	328.8		-
21 Ağustos		93.4	-	11 Eylül		27.8	92.4
31 Ağustos	293.7		-	20 Eylül	353.4		-
01 Eylül		76.8	-	21 Eylül		-	-
10 Eylül	295.1		-	30 Eylül	266.5		-
11 Eylül		56.3	-	01 Ekim		37.0	-
18 Eylül	281.0		-	08 Ekim	270.5		-
Toplam	-	1011.3	16.6	Toplam	-	939.0	159.4
Ekim ve hasat arasındaki nem değişimi		362.3-281.0 = 81.3 mm		Ekim ve hasat arasındaki nem değişimi		272.6-270.5 = 2.1 mm	

<sup>1</sup> 2001 yılında 0-90 cm deki nem miktarı 256.9 mm dir.

<sup>2</sup> 2002 yılında 0-90 cm deki nem miktarı 185.7 mm dir.

\* Her iki yılda da ekim tarihinde, 0-90 cm deki nem düzeyini tarla kapasitesine çıkaracak biçimde su verilmiştir.

Deneme koşulları için uygun bitki su tüketimi tahmin eşitliğinin belirlenmesinde dört parametre göz önüne alınmıştır. Bu parametreler;

1. Ölçülen bitki su tüketimi  $ET_a$  ile tahmin edilen kıyas ( $ET_o$ ) ya da potansiyel ( $ET_p$ ) bitki su tüketimleri arasındaki ilişkinin korelasyon katsayısı ( $r$ ),

2. Tahmin yöntemleri ile hesaplanan kıyas ya da potansiyel bitki su tüketimi değerlerinin elde edildiği

eşitliğin gerçek bitki su tüketimi değerini mevsimlik karşılama yüzdesi (% ET),

3. Hata kareler ortalaması (RMS) dır. Bu değer aşağıdaki eşitlikle hesaplanmıştır (Yurtsever 1984).

$$RMS=[(\Sigma D^2)/n]^{0.5}$$

Eşitlikte; RMS: Hata kareler ortalaması,

$\Sigma D^2$  : Ölçülen bitki su tüketimi değerleri ile tahmin edilen kıyas ya da potansiyel bitki su tüketimleri arasındaki farkların kareleri toplamı ve n: Gözlem sayısı dır.

4. Mevsimlik ortalama bitki katsayısıdır. Bu amaçla, ölçülen bitki su tüketimi değerleri, bitki su tüketimi tahmin yöntemleri ile hesaplanan kıyas ya da potansiyel bitki su tüketimi değerleri birbirine oranlanarak bitki katsayıları ( $k_c$ ) elde edilmiştir (Doorenbos ve Pruitt 1977, Jensen ve ark. 1990).

Değerlendirmede, hata kareler ortalaması (RMS) en küçük, korelasyon katsayısı (r) en yüksek, mevsimlik bitki su tüketimi karşılama yüzdesi (% ET) 100 e en yakın ve mevsimlik ortalama bitki katsayısı 1'e en yakın Tablo 4. Uygulanan sulama suyu miktarları, ölçülen bitki su tüketimi ve bazı tahmin eşitlikleri ile hesaplanan kıyas bitki su tüketimi değerleri

Periyot	Sulama suyu, mm	Ölçülen bitki su tüketimi, mm/gün	Hesaplanan kıyas ya da potansiyel bitki su tüketimi, mm/gün						
			P-FAO	J-H	A-FAO	P-M	H	A-CH	
2001 yılı									
Mayıs	21-31	50.9	5.0	5.2	7.9	3.2	4.8	5.5	2.9
	01-10	43.3	7.2	6.1	9.2	5.9	5.7	5.8	5.5
Haziran	11-20	84.4	9.4	6.6	9.2	6.9	6.1	6.4	6.4
	21-30	97.8	9.1	6.2	9.7	7.0	5.8	6.3	6.9
Temmuz	01-10	97.0	12.1	5.8	8.4	6.1	5.4	6.2	6.1
	11-20	84.4	11.3	6.5	9.0	7.2	6.1	6.8	7.2
	21-31	101.5	10.3	6.9	9.5	7.2	6.5	6.9	7.2
Ağustos	01-10	123.2	11.9	6.1	8.2	7.4	5.7	6.2	7.5
	11-20	102.3	9.5	5.8	7.8	6.8	5.4	5.9	6.8
	21-31	93.4	10.5	5.3	8.0	4.6	4.9	5.4	4.7
Eylül	01-10	76.8	7.5	4.6	6.6	4.0	4.2	4.7	3.9
	11-20	56.3	7.0	4.2	6.6	4.5	3.8	4.5	4.6
Toplam	122 gün	1011.3	1133.8	705.2	1018.5	719.8	655.4	718.3	708.9
2002 yılı									
Haziran	01-10	122.1	6.9	4.9	6.8	-	4.5	5.6	-
	11-20	113.4	12.0	5.6	7.5	8.2	5.1	5.1	7.9
	21-30	116.9	11.5	6.1	8.0	8.4	5.7	6.1	8.2
Temmuz	01-10	90.2	10.3	5.4	7.0	6.7	5.0	6.2	6.9
	11-20	78.5	9.2	5.7	7.3	5.9	5.3	6.2	6.0
	21-31	107.5	9.7	6.4	7.4	6.3	6.0	6.1	5.7
Ağustos	01-10	83.5	7.1	5.9	7.2	6.1	5.5	5.7	5.9
	11-20	89.9	9.0	5.2	6.6	5.9	4.8	5.5	6.0
	21-31	72.2	8.4	5.1	7.2	4.4	4.7	4.9	4.6
Eylül	01-10	27.8	9.6	3.2	4.9	2.2	3.0	4.0	2.4
	11-20	-	8.7	3.3	5.1	4.0	3.0	3.7	4.2
	21-30	37.0	3.3	3.5	5.2	3.1	3.2	3.8	3.3
Toplam	122 gün	939.0	1075.1	614.5	816.6	622.7	568.7	640.0	621.3

Değinilen tablolar incelendiğinde, deneme parse-line 2001 yılında 1011.3 mm, 2002 yılında ise 939.0 mm sulama suyu uygulanmış, bitki su tüketimi ise sırasıyla 1128.8 mm ve 1075.1 mm olarak gerçekleşmiştir. Bitki su tüketimi tahmin eşitlikleriyle hesaplanan kıyas ya da potansiyel bitki su tüketimi değerleri

yakın olan tahmin yöntemi ya da yöntemlerinin deneme koşulları için daha sağlıklı sonuç verdiği yaklaşımı yapılmıştır. Bununla birlikte deneme koşulları için uygun bitki su tüketimi tahmin eşitliğine ilişkin bitki katsayısı eğrisi hazırlanmıştır.

### BULGULAR VE TARTIŞMA

Denemede 2001 ve 2002 yıllarında; sulama tarihleri, sulama öncesindeki topraktaki nem düzeyi, uygulanan sulama suyu miktarları ve etkili yağış miktarı Tablo 3'te verilmiştir. Bununla birlikte aynı yıllarda uygulanan sulama suyu miktarları, ölçülen bitki su tüketimi ve tahmin yöntemleriyle hesaplanan kıyas ya da potansiyel bitki su tüketimi değerleri onar günlük değerler şeklinde Tablo 4'te, ölçülen bitki su tüketimi değerlerinin kıyas ya da potansiyel bitki su tüketim değerlerine oranlanmasıyla elde edilen bitki katsayısı ( $k_c$ ) değerleri ise Tablo 5'te özetlenmiştir. Uygun bitki su tüketimi tahmin yönteminin belirlenmesinde dikkate alınan parametrelere ilişkin değerler ise Tablo 6 da görülmektedir.

ise 2001 yılında 655.4-1018.5 mm, 2002 yılında ise 568.7-816.6 mm arasında değişmektedir.

Bitki su tüketimi ölçmeleri 120 cm toprak derinliğindeki değişimler dikkate alınarak su bütçesi yöntemiyle on günlük periyotlar için yapılmıştır. Tablo 3'ten de görüleceği gibi, 2001 yılında ekim tarihinde topraktaki nem 362.3 mm/120 cm, hasatta 281.0

mm/120 cm ve ekim ve hasat arasındaki nem azalması ise 81.3 mm/120 cm olarak gerçekleşmiştir. Aynı değerler 2002 yılında 272.6 mm/120 cm, 270.5 mm/120 cm ve 2.1 mm/120 cm dir.

Bitki su tüketimi tahmin yöntemlerine ilişkin hesaplanan bitki katsayısı ( $k_c$ ) değerleri 1.2 -1.8 arasında değişmektedir. Bu değerlerin büyüme mevsimi içerisindeki dağılımı incelendiğinde tüm yöntemlerde elde edilen değerlerin Doorenbos ve Pruitt (1977)'de öngörülen değerlerden çok yüksek olduğu görülmektedir.

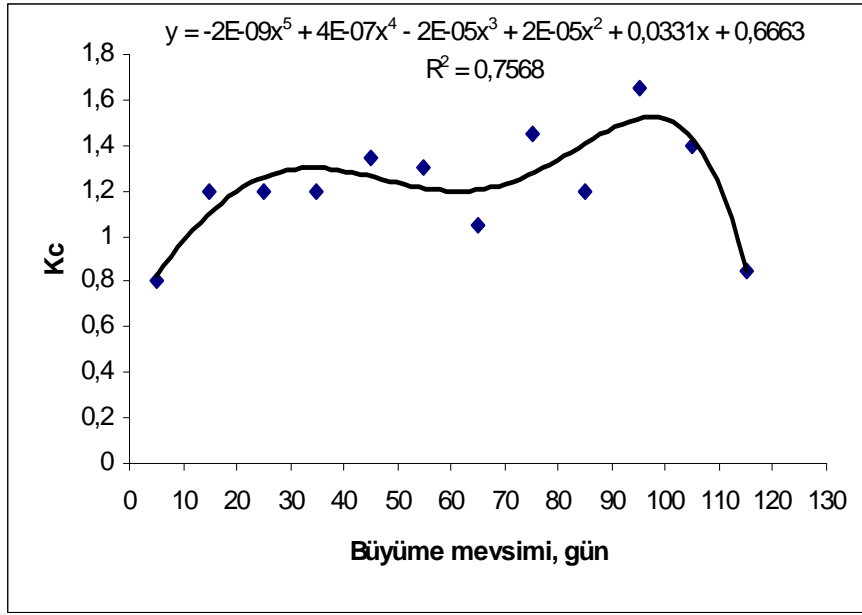
Ancak, Jensen-Haise (J-H) bitki su tüketimi tahmin yönteminde elde edilen değerler, Güngör ve ark. (1996) tarafından verilen değerlerle diğer yöntemlere oranla daha çok benzeşmektedir. Bu sonuçlara göre deneme koşulları için, fasulye bitkisinde sulama zaman planlamasında bitki su tüketiminin tahmininde Jensen-Haise yönteminin kullanılması önerilebilir. Bu yöntem için kullanılacak bitki katsayısı eğrisi ve bitki yetiştirme dönemine (gün) göre düzenlenen eşitlik Şekil 1 de gösterilmiştir.

Tablo 5. Bitki su tüketimi tahmin yöntemlerine ilişkin bitki katsayısı ( $k_c$ ) değerleri

Periyot	Bitki su tüketimi tahmin yöntemi						
	P-FAO	J-H	A-FAO	P-M	H	A-CH	
2001 yılı							
Mayıs	21-31	1.0	0.6	1.6	1.0	0.9	1.7
	01-10	1.2	0.8	1.2	1.3	1.2	1.3
Haziran	11-20	1.4	1.0	1.4	1.5	1.5	1.5
	21-30	1.5	0.9	1.3	1.6	1.4	1.3
Temmuz	01-10	2.1	1.4	2.0	2.2	2.0	2.0
	11-20	1.7	1.3	1.6	1.9	1.7	1.6
Ağustos	21-31	1.5	1.1	1.4	1.6	1.5	1.4
	01-10	2.0	1.5	1.6	2.1	1.9	1.6
Eylül	11-20	1.6	1.2	1.4	1.8	1.6	1.4
	21-31	2.0	1.3	2.3	2.1	1.9	2.2
Eylül	01-10	1.6	1.1	1.9	1.8	1.6	1.9
	11-20	1.7	1.1	1.6	1.8	1.6	1.5
2002 yılı							
Haziran	01-10	1.4	1.0	1.5	1.5	1.2	1.5
	11-20	2.1	1.6	1.5	2.4	2.4	1.5
Temmuz	21-30	1.9	1.4	1.4	2.0	1.9	1.4
	01-10	1.9	1.5	1.5	2.1	1.7	1.5
Ağustos	11-20	1.6	1.3	1.6	1.7	1.5	1.5
	21-31	1.5	1.3	1.5	1.6	1.6	1.7
Eylül	01-10	1.2	1.0	1.2	1.3	1.2	1.2
	11-20	1.7	1.4	1.5	1.9	1.6	1.5
Eylül	21-31	1.6	1.2	1.9	1.8	1.7	1.8
	01-10	3.0	2.0	4.4	3.2	2.4	4.0
Eylül	11-20	2.6	1.7	2.2	2.9	2.4	2.1
	21-30	0.9	0.6	1.1	1.0	0.9	1.0
Mevsimlik Ort.		1.7	1.2	1.7	1.8	1.6	1.7

Tablo 6. Uygun bitki su tüketimi tahmin yönteminin belirlenmesinde göz önüne alınan kriterler

Bitki su tüketim tahmin yöntemi	Hata kareler ortalaması (RMS)	( $ET_a$ ) ile ( $ET_0$ ) ya da ( $ET_p$ ) arasındaki regresyon denklemi ve korelasyon katsayısı	Mevsimlik ortalama $k_c$ katsayısı	Mevsimlik bitki su tüketimini karşılama yüzdesi (% ET)
P-FAO	4.085	$ET_a = -0.0011Et_p^5 + 0.0328Et_p^4 - 0.3348Et_p^3 + 1.189Et_p^2 + 1.2301Et_p - 4.1889$ , $r=0.557$	1.7	59.9
J-H	2.536	$ET_a = -0.0006Et_0^5 + 0.0109Et_0^4 + 0.0687Et_0^3 - 2.4308Et_0^2 + 15.896Et_0 - 24.311$ , $r=0.504$	1.2	83.3
A-FAO	3.689	$ET_a = -0.0045Et_0^5 + 0.1776Et_0^4 - 2.6715Et_0^3 + 19.19Et_0^2 - 64.86Et_0 + 84.878$ , $r=0.704$	1.7	63.1
P-M	4.435	$ET_a = -0.0011Et_0^5 + 0.0333Et_0^4 - 0.3451Et_0^3 + 1.233Et_0^2 + 0.6443Et_0 - 3.4764$ , $r=0.561$	1.8	55.5
H	3.934	$ET_a = -0.0009Et_0^5 + 0.0229Et_0^4 - 0.1553Et_0^3 - 0.3773Et_0^2 + 6.9174Et_0 - 11.726$ , $r=0.621$	1.6	61.7
A-CH	3.707	$ET_a = -0.0066Et_p^5 + 0.2682Et_p^4 - 4.2336Et_p^3 + 32.331Et_p^2 - 118.59Et_p - 169.75$ , $r=0.701$	1.7	52.6



Şekil 1. Jensen-Haise yöntemi için fasulyenin bitki katsayısı ( $k_c$ ) eğrisi ve eşitliği

#### KAYNAKLAR

- Akçin A., 1988. Yemelik Dane Baklagiller, Ders Kitabı. Selçuk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayın No: 8 Konya.
- Akgül M, Başayığit L., ve Uçar Y., 2002. Atabey Ovası Topraklarının Genel Özellikleri ve Sınıflandırılması. Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi 6 (1), 1-13.
- Amatya, D.M., Skaggs, R.W. ve Gregory, J.D. , 1995. Comparison of Methods for Estimating Ref-ET. J. Irrig. and Drain. Eng., 121 (6), 427-435, ASCE, New York.
- Anonim 2003. Isparta Meteoroloji Bölge Müdürlüğü Kayıtları Isparta.
- Behnke, J. J. ve Maxey, G.B., 1969. An Empirical Method for Estimating Monthly Potential Evapotranspiration in Nevada. Jour. Hydrology, 8(4); 418-430.
- Christiansen, J.E., 1968. Evaporation and evapotranspiration from climatic data. Jour. Irrig. Drain. Div. 94(2); 243-265.
- Doorenbos, J. ve Pruitt, W.O., 1977. Guidelines for Predicting Crop Water Requirements. FAO Irrig. and Drain. Paper 24. Rome.
- Güngör Y., Erözal Z. A. ve Yıldırım O., 1996. Sulaama. Ankara Üniv. Ziraat Fak. Yay. No:1443, 295 s., Ankara.
- Jensen M.E., Burman, R.D. ve Allen, R.G., 1990. Evapotranspiration and Irrigation Water Requirements. ASCE, 345 East 47 th Street New York 10017-2398,332.
- Jensen, M.E., 1974. Consumptive Use of Water and Irrigation Water Requirements. ASCE, Irrig. Drain. Div., New York, N.Y. 10017, 215.
- Kadayıfçı, A. ve Yıldırım, O., 1998. Ankara Koşullarında Ayçiçeğinin Su Tüketimi. Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarım Bilimleri Dergisi 4(3), 9-14, Ankara.
- Kodal, S., 1982. İç Anadolu da Bitki Su Tüketiminin Saptanması İçin Uygun Yöntemin Belirlenmesi Üzerinde Bir Araştırma. Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Kültürteknik Bölümü Doktora Tezi, Ankara.
- Lomas, J. ve Schlesinger, G., 1970. Actual and Potential Evapotranspiration from Lucern. Israel Meteorology Service 2/70, Bet Dagan.
- Okman, C., 1969. Ankara Şartlarında Şeker Pancarının Su İhtilakının Tayini Üzerinde Bir Araştırma. Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Kültürteknik Bölümü, Doktora Tezi, Ankara.
- Orta, A.H., İstanbulluoğlu, A. ve Albut, S., 1997. Tekirdağ Koşullarında Mısırın Su Tüketimi. Ankara Üniversitesi, Ziraat Fakültesi Tarım Bilimleri Dergisi 3(2), 38-43, Ankara.
- Parmele, L.H. ve McGuinness, J.L., 1974. Comparisons of Measured and Estimated Daily Potential Evapotranspiration in a Humid Region. Jour. Hydrology, 22(3/4); 239-251.
- Selenay, F. ve Kadayıfçı, A., 1999. Ankara Koşullarında Yoncanın Su Tüketimi. Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarım Bilimleri Dergisi 5(1), 71-76, Ankara.
- Smith, M., 1991. Manual and Guidelines for Cropwat FAO Irrig. Drain. Paper 46. Rome.

- Stephens, J.C. ve Stewart, E.H., 1963. A Comparison of Procedures for Computing Evaporation and Evapotranspiration. *Sci. Hydrology*, 62; 123-133.
- Şener, M. 1999. Soğanın (*Allium cepa* L.) Sulama Zamanı Planlaması. Trakya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi, Tekirdağ.
- Tekinel, O. ve Kanber, R., 1981. Çukurova Koşullarında Aylık ve Kısa Dönemli Bitki Su Tüketimi Tahmin Değerlerinin Karşılaştırılması. A.Ü., Zir.Fak., Yayın No:1129, Ankara.
- Tülücü K., 2003. Özel Bitkilerin Sulanması. Ç. Ü. Ziraat Fakültesi Genel Yayın No: 254, Ders Kitapları Yayın No: A-82. Adana.
- Yıldırım, Y. E., 1993. Ankara Koşullarında Mısır Bitkisinin Su-Verim İlişkileri. Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tarımsal Yapılar ve Sulama Anabilim Dalı, Doktora Tezi, Ankara.
- Yurtsever, N., 1984. Deneysel İstatistik Metotlar. Köy Hizmetleri Gen. Müd. Yayınları No: 121, Ankara.
- Yüksel, N. ve Erdem, Y. 1997. Kırklareli Koşullarında Bitki Su Tüketimi Tahmin Eşitliklerinin Karşılaştırılması. 6. Ulusal Kültürteknik Kongresi, 236-242, Kirazlıyayla-Bursa.