

YARI KURAK İKLİM BÖLGELERİNDE BİTKİ SU TÜKETİMİNİN TAHMİNİNDE KULLANILABİLECEK AMPİRİK MODELLER*

İsmail TAŞ¹, Halil KIRNAK¹

ÖZET

Bitki su tüketim değerleri, gerek sulama projelerinin gerekse sulama programlarının hazırlanmasında, hayati öneme sahiptir. Bitki su tüketimi kolay ölçülen bir parametre değildir. Bunu belirleyebilmek için özel aletlerle doğru şekilde ölçülen çeşitli fiziksel parametreler yanında lizimetrelere ihtiyaç vardır. Lizimetre kullanımı, yoğun emek isteyen pahalı bir yöntem olmasının yanında ölçümlerin doğru bir şekilde yapılabilmesi ve sistemin tam anlamıyla işletilebilmesi için işlemlerin konu uzmanı eğitilmiş araştırmacı personel tarafından gerçekleştirilmesi gereklidir. Sıradan ölçümler için uygun olmamasına karşın dolaylı metotlarla tahmin edilen su tüketimi değerlerini kıyaslanması için söz konusu yöntem önemini sürdürmektedir (Allen ve ark. 1998). Bu çalışmada, yarı kurak iklim bölgelerinde, bitki su tüketimi ve bitki katsayılarının kestiriminde meteorolojik verileri kullanan ampirik yöntemlerden Blaney-Criddle, FAO-Blaney-Criddle, Radyasyon, Penman, Hargreaves-Samani ve FAO-Pan buharlaşma modelleri karşılaştırılmıştır. Yapılan hesaplamalar ve kıyaslamalar sonucunda gerçek değerlere en yakın tahmin hem su tüketiminde hem de bitki katsayısında Penman yöntemi olmuştur.

Anahtar Sözcükler: Bitki su tüketimi, ampirik eşitlikler, bitki katsayısı

Empirical Models Used in the Estimation of Crop Evapotranspiration in Semi Arid Region of Turkey

ABSTRACT

Evapotranspiration is a vitally important value which is preparation both irrigation projects and irrigation scheduling. Measurement of evapotranspiration is not easy. Specific devices and accurate measurements of various physical parameters or the soil water balance in lysimeters are required to determine evapotranspiration. The methods are often expensive, demanding in terms of accuracy of measurement and can only be fully exploited by well-trained research personnel. Although the methods are inappropriate for routine measurements, they remain important for the evaluation of ET estimates obtained by more indirect methods (Allen et. al., 1998). In this study, empiric models, Blaney-Criddle, FAO- Blaney-Criddle, Radiation, Penman, Hargreaves-Samani and FAO-Pan evaporation, were compared on calculating crop evapotranspiration from meteorological data and crop coefficients. Result of calculations and comparison tests showed that Penman method was more reliable method compared to the actual value for both crop evapotranspiration and crop coefficients.

Key Words: Evapotranspiration, empiric equality, crop coefficient

GİRİŞ

Bitkisel üretimde kalite ve verimin artırılmasında en önemli girdi hiç şüphesiz sulama suyudur. Bitkinin gereksinim duyduğu suyun, ihtiyaç duyulan zamanda ve miktarda sağlanabilmesi ancak doğru verilerle tasarlanmış, inşa edilmiş ve işletilen sistemlerde mümkündür. Sulama yapılarının planlama ve tasarım çalışmalarının en önemli bileşenlerinden bir tanesi de inşaatın gerçekleştirileceği bölgedeki üretilen ve üretilmesi planlanan bitkilerin su tüketim değerlerinin bilinmesidir. Tasarımda dikkate alınan bitki su tüketim değerlerinin doğruluğu, doğrudan planlama sonuçlarını etkiler. Su tüketiminin belirlenmesinde kullanılan temel yöntem, kontrollü şartlar altında lizimetre denemeleridir. Söz konusu yöntemde güvenilir sonuçlar elde edebilmek için hem çalışmalar konu uzmanı araştırmacılar tarafından gerçekleştirilmeli hemde pahalı ekipmanlarla yoğun bir emek sarfının olması zorunludur. Bu yöntemin yerine pratikte sulama denemelerinde yaygın olarak gravimetrik esasa dayalı toprak su dengesi modeli

kullanılmaktadır. Elde her hangi bir araştırma sonucunu olmadığı durumda ise meteorolojik parametrelerden yararlanarak geliştirilmiş ampirik eşitlikler kullanılarak yapılan hesaplamalar sonucunda elde edilen tahmini değerler kullanılır. Tahminde kullanılan eşitliğin gerçek su tüketimine paralel yada en yakın sonuçlar vermesi beklenir. Günümüzde tahmin konusunda geliştirilmiş çok sayıda ampirik eşitlik bulunmaktadır. Söz konusu eşitliklerin bir kısmı oldukça basit ve ihtiyaç duydukları meteorolojik veriler kolay ölçülebilen/elde edilebilen parametrelerden oluşurken bazıları ise son derece karmaşık olmasının yanında çok detaylı veri setlerine ihtiyaç duymaktadırlar. Gerçekleştirilen bu çalışmada, yaygın olarak kullanılan ve ihtiyaç duydukları verilerin kolay ölçülebilen ve elde edilebilen eşitliklerden altı tanesi seçilerek karşılaştırılmıştır.

Evsahibiöğlü (1989), biberin su tüketimini belirlemek amacıyla yapmış olduğu çalışmada, gravimetrik yöntemle toprak nem dengesi modeline göre ölçülen biber su tüketimlerini karşılaştırmış ve

*Yüksek Lisans tez çalışmasının bir bölümünün özetidir.

¹ Harran Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarımsal Yapılar ve Sulama Bölümü, ŞANLIURFA

ölçülen ile modelle tahmin edilen birikimli su tüketimi değerlerinin gurup ortalamaları arasındaki farkın %1 önem düzeyinde sapmalar gösterdiğini ve anılan sapmaların istatistiksel yönden önemli olmadığını belirtmektedir.

Balçın ve ark. (1996), Tokat-Kazova koşullarında ikinci ürün lahanada su tüketimini belirlemek amacıyla yaptıkları çalışmalarında, 0-60 cm toprak profilindeki nem %10'a düştüğünde sulama yapılması gerektiğini ve miktar olarak da söz konusu toprak katmanını tarla kapasitesine ulaştıracak eksik nemin uygulanması gerektiğini belirtmişlerdir. Belirtilen koşullarda, sulama suyu ihtiyacını 668 mm, mevsimlik su tüketimini 687 mm, sulama sayısını 7, sulama aralığını 15 gün olarak belirlemişlerdir.

Kadayıfçı ve Yıldırım (1998), Ankara koşullarında ayçiçeğinin bitki su tüketimlerini ölçmüşler ve ölçülen değerleri bazı bitki su tüketim tahmin yöntemleri yardımıyla hesaplanan sonuçlarla karşılaştırmışlar ve su tüketiminin tahmininde kullanılabilecek en sağlıklı yöntemin Christiansen-Hargreaves kap buharlaşma yöntemi ile Jensen-Haise yöntemi olduğunu bildirmişlerdir.

Orta ve ark. (2000), Tekirdağ koşullarında damla ve yüzey (çanak) sulama yöntemleriyle sulanan Starking Delicious çeşidi elma ağaçlarının su tüketimini belirlemişler ve elde ettikleri sonuçları bazı su tüketim tahmin yöntemleri ile karşılaştırmışlardır. Araştırma sonucunda elma ağaçlarının su tüketimlerinde Penman yönteminin FAO modifikasyonunun sağlıklı sonuçlar verdiğini belirlemişlerdir.

Ünlü (2000), Çukurova koşullarında pamuk bitkisinin su tüketimi ve bitki katsayılarını belirlemek amacıyla yürüttüğü çalışmada; bitki su tüketimi değerlerinin hesaplanmasında enerji dengesi eşitliğinin kullanılması gerektiğini bildirmiştir. Ayrıca araştırmacı pamuk bitkisine ilişkin bitki katsayılarını Penman-Monteith, FAO-Blaney-Cridle ve FAO-Radyasyon yöntemleriyle hesaplamış ve 1. dönem için 0.35-0.36 arasında, 3. Dönemde 1.08-1.1 ve 4. Dönemde ise 0.55-0.60 arasında değiştiğini belirlemiştir.

MATERYAL ve METOT

Çalışma alanı yeri ve toprakları

Araştırma, Harran Üniversitesi Ziraat Fakültesi deneme alanında yürütülmüştür. Araştırma yapılan alan 36° 42' N enlemi 38° 58' E boylamlarında olup denizden yaklaşık 481 m yüksekliktedir.

Çizelge 1. Deneme alanı topraklarının bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri

Katman Derinliği (cm)	T.K. (Pw)	S.N. (Pw)	As (g/cm ³)	pH	Organik Madde (%)	Fosfor (kg/da)	Bünye Sınıfı
0-30	31.53	22.15	1.32	7.3	1.1	2.16	C
30-60	31.79	22.57	1.34	7.2	0.79	2.09	C
60-90	32.28	23.11	1.33	7.2	0.63	2.03	C

Araştırma alanı toprakları, ikizce serisine giren koluviyal ana materyalli düz, düze yakın eğimli, orta derin, derin topraklardan oluşmuştur. Bütün profil yüksek oranda kil içerirken aynı zamanda da yüksek oranda kireç ihtiva etmektedir (Dinç ve ark., 1988). Araştırma alanı topraklarının sulama yönünden kimi fiziksel ve kimyasal özellikleri Çizelge 1'de verilmiştir.

İklim Özellikleri

Araştırmanın yapıldığı yörede geçit bölge iklimi hüküm sürmekte olup, yazları sıcak ve kurak kışları ılık ve az yağışlı geçmektedir. Çalışılan yıl ve uzun yıllara ilişkin iklim verileri deneme alanına yaklaşık 30 km uzaklıkta bulunan mülga Köy Hizmetleri Şanlıurfa Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü, Koruklu Talat Demirören Araştırma istasyonundan alınmıştır. Kimi iklimsel veriler ve uzun yıllar ortalama değerler Çizelge 2'de gösterilmiştir.

Yörede uzun yıllar ortalama sıcaklık; 17.2 °C; en soğuk ay 4.8 °C ile Ocak ayı, en sıcak ay ise 31 °C ile Temmuz ayıdır. Uzun yıllık ortalama yağışın 364 mm olmasına karşın yağışların yıl içerisindeki dağılımları düzensizdir. Yağışların yaklaşık %93'ü kış aylarında düşmektedir. Uzun yıllara ilişkin ortalama oransal nem %50 dolayındadır. Oransal nem değerleri genellikle kış aylarında yüksek olarak gerçekleşirken hava sıcaklığının artmasıyla düşüş göstermektedir. Açık su yüzeyinden olan buharlaşmanın uzun yıllar ortalaması 1884.3 mm ve buharlaşmanın en yüksek olduğu ay 381.1 mm ile Temmuz ayıdır.

Bitki Çeşidi

Araştırmada, bölgede yaygın olarak yetiştiriciliği yapılan ve isot olarak adlandırılan Urfa yerli biber (*Capsicum Annum L.*) populasyonu kullanılmıştır (Şeniz, 1992).

Araştırmada kullanılan ekipmanlar

Bitkilerin sulanmasında sulama sistemi olarak damla sulama sistemi kullanılmıştır. Sulama sistemi; hidrofor, manometre, elek filtre, gübre tankı, geri tepme klapesi, su sayaçları, vanalar, iletim hatları ve damlatıcılardan oluşmaktadır. Damlatıcılar 16 mm dış çapında olup 50 cm aralıktadır. Damlatıcı debileri 1.25 atmosferlik sabit basınç altında 4 L/h'dir. Yapılan test sonucunda ıslatma çapının 75-80 cm aralığında değiştiği belirlenmiştir.

Çizelge 2. Çalışma bölgesine ilişkin bazı iklim özelliklerinin uzun yıllık ortalamaları

	Aylar	Yağış (mm)	Sıcaklık (°C)	Oransal Nem (%)	Rüzgar Hızı (m/s)	Güneşlenme Süresi (saat)	Güneş Işın Şiddeti (cal/cm ²)	Buharlaşma (mm)
Uzun Yıllar	Ocak	70.8	4.8	68	1.6	3.9	188.2	-
	Şubat	62.5	5.8	63	1.7	6.3	228.8	-
	Mart	56.2	9.7	57	1.6	7.6	353.7	55.1
	Nisan	27.3	15.1	56	1.6	7.3	457.6	119.9
	Mayıs	21.5	21.8	41	1.9	10.9	612.6	200.3
	Haziran	3.8	28	33	2.4	12.1	678.8	315.1
	Temmuz	0.1	31.3	32	2.3	12	633.5	381.1
	Ağustos	.	30	38	1.9	11	549.7	345.9
	Eylül	0.4	25.3	36	1.5	9.4	466.7	257.6
	Ekim	19.3	18.2	43	1	6.7	334.9	157.6
	Kasım	43	10	60	0.9	6.7	264.8	51.7
	Aralık	59.1	5.9	70	1.2	4.2	172.8	-
Yıllık	364	17.2	50	1.6	8.2	411.8	1884.3	
Çalışma Yılı	Ocak	12	6.9	84	1	4.4	206.2	-
	Şubat	107.4	7.5	78	1.4	4.6	258.8	-
	Mart	54.3	13.8	78	1.1	6.5	394	35.1
	Nisan	27.8	16.4	69	1.3	7.7	473.2	98.3
	Mayıs	65.9	20.1	59	1.4	9.1	568.5	163.8
	Haziran	-	28.6	31	1.8	12.5	969	302.4
	Temmuz	-	30.7	44	1.3	12.1	636.7	324.0
	Ağustos	-	28.8	57	0.9	10.9	570.2	250.1
	Eylül	0.3	24.5	60	0.6	9.6	472.5	163.3
	Ekim	15.2	17.4	62	0.8	7.9	356.7	85.9
	Kasım	27.5	12.1	58	0.8	6	247.7	44.9
	Aralık	56.8	6.9	84	1.2	2.2	123.7	-
Yıllık	367.2	17.8	64	1.1	7.8	416.8	1467.8	

Denemenin düzenlenmesi

Deneme, 3 tekerrürlü tesadüf bloklarında bölünmüş parseller deneme desenine göre düzenlenmiş olup (Çizelge 3), ana parselleri sulama aralığı ve alt parselleri ise bitki pan katsayıları oluşturmuştur.

Çizelge 3. Deneme planı

S4Kcp 1	S4Kcp 2	S4Kcp 3
S4Kcp 3	S4Kcp 1	S4Kcp 2
S4Kcp 2	S4Kcp 3	S4Kcp 1
S2Kcp 1	S2Kcp 2	S2Kcp 3
S2Kcp 3	S2Kcp 1	S2Kcp 2
S2Kcp 2	S2Kcp 3	S2Kcp 1
S6Kcp 1	S6Kcp 2	S6Kcp 3
S6Kcp 3	S6Kcp 1	S6Kcp 2
S6Kcp 2	S6Kcp 3	S6Kcp 1

Sulama aralığı 2, 4 ve 6 gün (S2, S4 ve S6) olarak belirlenmiş; pan katsayıları ise Kcp1=%125, Kcp2 = %100 ve Kcp3 = %75 olarak gösterilmiştir. Dikim seddeye yapılmış ve her seddeye 2 sıra bitki şaşırtılmıştır. Sıralar arası mesafe 40 cm ve sıra üzeri mesafe 50 cm olacak şekilde dikim işlemi gerçekleştirilmiştir. Her bir konuya ait tekerrürün parsel alanı 5 m² ve 20 adet bitki olarak dikim yapılmıştır.

Sulamaların Planlanması ve Uygulanması

Araştırmada sulama yöntemi olarak damla sulama yöntemi kullanılmıştır. İlk sulamada topraktaki mevcut nemi tarla kapasitesine getirecek kadar sulama suyu uygulanmış ve sonrasında fide kök sistemi gelişinceye değin (iki hafta süreyle) tüm konulara eşit miktarlarda sulama suyu (80 mm) uygulanmıştır. Bitkilerin araziye uyumu sağlandıktan sonra sulama konularına geçilmiştir. Sulama konularına verilecek su, deneme alanına yerleştirilmiş olan A sınıfı buharlaşma kabından ölçülen yığılımlı açık su yüzeyi buharlaşma değerlerinin üç farklı oranı (%125, %100 ve %75'i) bitki örtü yüzdesiyle düzelterek uygulanmıştır. Bitki örtü yüzdesi başlangıç değeri olarak %30 alınmış ve bitki gelişimine paralel olarak artırılmıştır. Sulama suyu miktarının hesaplanmasında Kanber ve ark., (1994)'nin da önerdikleri aşağıdaki eşitlik kullanılmıştır:

$$I = Epan \times Kcp \times P \quad (1)$$

Eşitlikte; I : uygulanacak sulama suyu miktarı (mm); Epan : A sınıfı kaptan ölçülen yığılımlı buharlaşma değeri (mm); Kcp : bitki-pan katsayısı; P : bitki örtü yüzdesi (%).

Verilen sulama suyunun denetlenmesinde Eylem ve ark., (1986)'nın önerileri doğrultusunda basınç-damlaticı debisi-zaman ilişkisinden yararlanılmıştır. Bunun içinde aşağıdaki eşitlik kullanılmıştır;

$$T = \frac{I \times A}{q \times n} \quad (2)$$

Eşitlikte; T : sulama suyu uygulama zamanı (saat); I : uygulanacak sulama suyu miktarı (mm); A : parsel alanı (m²); q : işletme basıncındaki damlatıcı debisi (litre/saat); n : parseldeki damlatıcı sayısı (adet).

Bitki Su Tüketiminin Belirlenmesi

Doğrudan Ölçme Yöntemi

Su Bütçesi Yöntemi

Parsellerdeki biber bitkisinin su tüketimi aşağıda verilen su bütçesi eşitliği yardımıyla belirlenmiştir (Waker ve Skogerboe, 1987).

$$ET_a = I + P + S + SF_1 + L_1 + G_w - L_o - L_w - D_p \quad (3)$$

Eşitlikte; ET_a : gerçek bitki su tüketimi; I : sulama suyu miktarı; P : yağış miktarı; SF₁ : giren yüzey akışı; L₁ : yüzey altından giren yansal su akımı; G_w : kılcal yükseliş; L_o : yüzey altından çıkan yansal su akımı; L_w : yıkama gereksinimi; D_p : derine süzülme miktarı; S : toprak nem kapsamındaki değişim.

Denemede sulama yöntemi olarak damla sulama yöntemi kullanıldığından SF₁, L₁, L_o ve L_w değerleri ihmal edilmiştir. D_p değerini denetlemek amacıyla profilin 90 ve 120 cm derinliklerine tansiyometreler yerleştirilmiştir. G_w değeri araştırma alanının bulunduğu bölgede taban suyu sorununun olmamasından dolayı sıfır olarak alınmıştır. Toprak su depolamasındaki değişimi belirlemek için 12 günde bir toprak örnekleri alınmış ve alınan bu örnekler üzerinde ilgili ölçümler yapılmıştır.

Ampirik veya Fiziksel Modeller

Blaney-Criddle Yöntemi

Sıcaklık kolay ve basit şekilde ölçülebilen bir meteorolojik parametre olması nedeniyle bitki su tüketimi hesaplamalarında kullanılan en temel iklimsel öğedir. Bitki su tüketimi hesaplamalarında kullanılan temel yöntemlerden birisi olan bu yöntem, 1950 yılında Blaney ve Criddle tarafından geliştirilmiştir. Bu yöntem, kullanımı kolay ve temel iklimsel verilere ihtiyaç duyması nedeniyle yaygın olarak kullanılmaktadır (Cuenca, 1989; Allen ve ark., 1989).

$$ET_{B-C} = k \times f \quad (4)$$

Eşitlikte; ET_{B-C} : aylık su tüketimi (mm); k : aylık su tüketimi katsayısı; f : aylık su tüketim faktörü.

$$f = \frac{(45.7 \times t + 813) \times P}{100} \quad (5)$$

Eşitlikte; P : ay içindeki gündüz saatlerinin yıllık gündüz saatleri toplamına oranının yüzdesi (%); t : Aylık ortalama sıcaklık (°C).

Eşitliğin çözümünde Cuenca (1989)'da verilen çizelge ve abaklardan faydalanılmıştır.

FAO-Blaney-Criddle Yöntemi

Doorenbos ve Puritt, Blaney Criddle eşitliğini geliştirmek amacıyla 13 farklı alandaki meteorolojik ve lizimetrik ölçüm sonuçlarını kullanarak anılan eşitliliği geliştirmeye çalışmışlardır. Yapılan istatistiksel analizler sonucunda güneşlenme süresini, nispi nemi ve rüzgar hızını ihtiva eden modifiye edilmiş Blaney Criddle evapotranspirasyon denklemini geliştirmişlerdir (Cuenca, 1989).

$$ET_{FAO-B-C} = a + b [P \times (0.46 \times T + 8.13)] \quad (6)$$

Eşitlikte; ET_{FAO-B-C} : çim için referans bitki su tüketimi (mm/gün); P : günlük güneşlenme yüzdesi; T : günlük ortalama sıcaklık (°C); a ve b : iklim kalibrasyon katsayıları

$$a = 0.0043 \times (RH_{min}) \times n/N \times 1.41 \quad (7)$$

Eşitlikte; RH_{min} : minimum nispi nem (%); n/N : gerçek güneşlenme süresinin maksimum süresine oranı (%).

$$b = 0.82 \times (U_{Gün}) \times (RH_{min}) + 1.07 \times (n/N) + 0.066 \times (RH_{min}) \times (U_{Gün}) \quad (8)$$

Eşitlikte; RH_{min} : minimum nispi nem (%); n/N : gerçek güneşlenme süresinin maksimum süresine oranı (%); U_{Gün} : gündüz 2 m yükseklikteki rüzgar hızı (m/s).

Eşitliğin çözümünde Cuenca (1989)'da verilen çizelge ve abaklardan faydalanılmıştır.

Radyasyon Yöntemi

Radyasyon yöntemi 1957 Makkink eşitliğinin bir versiyonudur. Bu yöntem, hava sıcaklığının, güneşlenme süresinin, bulutluluğun ve solar radyasyon gibi iklim parametrelerinin ölçülebildiği buna karşılık rüzgar hızı ve nispi nemi ölçülemediği alanlar için önerilmektedir. Genel olarak eşitlik ortalama nispi nemi ve günlük rüzgar hızını dikkate almaktadır. Radyasyon yöntemi Blaney Criddle yönteminden daha güvenilirdir. Bu yöntem ekvator bölgesindeki küçük adalarda veya yüksek rakımlı alanlarda kullanılması durumunda çok daha iyi sonuçlar vermektedir (Doorenbos ve Pruitt, 1992).

$$ET_R = c \times (W \times R_s) \quad (9)$$

Eşitlikte; ET_R : referans bitki su tüketimi

(mm/gün); R_s : solar radyasyon (mm/gün); W : sıcaklığa ve enlem derecesine bağlı düzeltme faktörü; c : ortalama rüzgar hızına ve nispi neme bağlı katsayı.

$$R_s = [0.25 + 0.50 \times (n/N)] \times R_a \quad (10)$$

Eşitlikte; n/N : gerçek güneşlenme süresinin maksimum süresine oranı (%); R_a : yer yüzeyine gelen radyasyon (mm/gün);

Eşitliğin çözümünde Doorenbos ve Pruitt (1992)'de verilen çizelge ve abaklardan faydalanılmıştır.

Penman Yöntemi

Penman tarafından 1948 yılında geliştirilen bu yöntem, hava sıcaklığının, rüzgar hızının, güneşlenme süresinin veya solar radyasyonun ölçülebildiği durumlarda kullanılmaktadır. Penman eşitliği enerji (solar radyasyon) veya aerodinamik (nem ve rüzgar) terimlerinden oluşmaktadır. Eşitlikteki her bir terimin önemi iklim koşullarına göre değişiklik göstermektedir.

Durgun hava koşullarının baskın olduğu şartlarda aerodinamik yöntem enerji yöntemine göre daha az önem ihtiva eder. Bu gibi koşullarda Penman eşitliğinin 0.8 gibi bir bitki su tüketim faktörü ile düzeltilmesi tüm iklim koşulları için iyi sonuç vermektedir. Rüzgarlı koşullarda ve kurak bölgelerde aerodinamik faktörler daha önemli bir durum alır. Penman yöntemi iklimsel verilerin günlük ortalamalarına ihtiyaç duyar (Doorenbos ve Puritt 1992).

$$ET_p = c [(W \times R_n) + (1-W) \times (f(u) \times (e_a - e_d))] \quad (11)$$

Eşitlikte; ET_p : referans bitki su tüketimi (mm/gün); W : sıcaklıkla ilgili düzeltme faktörü; R_n : rvaporasyon cinsinden toplam net radyasyon (mm/gün); $F(u)$: rüzgar fonksiyonu; $e_a - e_d$: ortalama hava sıcaklığındaki doygun buhar basıncı ile havanın gerçek buhar basıncı arasındaki fark (mbar); c : iklim koşullarındaki gece ile gündüz arasındaki farkın düzeltilmesinde kullanılan bir katsayı.

$$f(u) = 0.27 \times (1 + (U/100)) \quad (12)$$

Eşitlikte; U : 2 metre yükseklikte rüzgar hızı (m/s).

$$R_s = (0.25 + 0.50 \times (n/N)) \times R_a \quad (13)$$

Eşitlikte; R_s : yer yüzeyine ulaşan solar radyasyon (mm/gün); n/N : gerçek güneşlenme süresinin maksimum süresine oranı (%); R_a : ekstraterrestriyal radyasyon (mm/gün).

$$R_{ns} = (1 -) \times R_s \quad (14)$$

Eşitlikte; R_{ns} : net kısa dalga boyulu solar

radyasyon (mm/gün); : yansıma oranı (0.25).

$$R_{nl} = f(T) \times f(ed) \times f(n/N) \quad (15)$$

Eşitlikte; R_{nl} : net uzun dalga boyulu solar radyasyon (mm/gün); $f(T)$: sıcaklığın uzun dalga boyulu radyasyon etkisini gösteren bir katsayı. $f(ed)$: buhar basıncı açığının uzun dalga boyulu radyasyon etkisini gösteren bir katsayı; $f(n/N)$: güneşlenme süresinin uzun dalga boyulu radyasyon etkisini gösteren bir katsayı.

$$R_n = R_{ns} - R_{nl} \quad (16)$$

Eşitlikte; R_n : evaporasyon cinsinden toplam net radyasyon (mm/gün)

Eşitliğin çözümünde Doorenbos ve Pruitt (1992)'de verilen çizelge ve abaklardan faydalanılmıştır.

Hargreaves-Samani Eşitliği

Hargreaves-Samani (1982 ve 1985) klasik Hargreaves eşitliğini yeniden geliştirmiş ve farklı biçimini önermişlerdir. Eşitlik çayır örtüsünden kaldırılan su buharı miktarının kestiriminde kullanılmaktadır. Değinen yöntem Davis Kaliforniya'da soğuk dönemlerde Alta Fescue otunun yetiştirdiği lizimetrelerde 8 yıl süren ölçümler sonucunda geliştirilmiştir. Ölçüm sırasında solar radyasyon verileri fazla bulunmadığından R_s değerinin, R_a değerinden ve aylık en yüksek ve en düşük sıcaklıklar arası farktan (TD) kestirilebileceğini belirtmişlerdir (Kanber ve ark., 2000).

$$ET_{H-S} = 0.0135 \times R_s \times (T + 17.8) \quad (17)$$

$$R_s = KT \times R_a \times TD^{0.5} \quad (18)$$

$$KT = 0.035 \times (100 - RH)^{1/3} \quad TD \text{ } ^\circ F \text{ ve } RH > 54 \text{ ise} \quad (19)$$

$$KT = 0.0125 \times (100 - RH)^{1/3} \quad TD \text{ } ^\circ F \text{ ve } RH < 54 \text{ ise} \quad (20)$$

Eşitliklerde; ET_{H-S} : referans bitki su tüketimi (mm/gün); R_s : solar radyasyon (mm/gün); R_a : Ekstraterrestriyal radyasyon (mm/gün); KT : sıcaklık $^\circ F$ ve oransal nem % olarak verildiğinde, bir sıcaklık katsayısı; TD : sıcaklık ($^\circ F$); RH : ortalama nispi nem (%).

FAO-Pan Buharlaştırma Yöntemi

Bu yöntem; sıcaklığın, radyasyonun, rüzgarın ve nispi nemin açık su yüzeyi buharlaşmasına olan entegre etkisini göstermektedir. Ancak bitki söz konusu olduğunda belirtilen etmenlerin etkisi farklılık gösterir. Örneğin açık su yüzeyinde radyasyonun

yansıma oranı %5-8 iken bu oran bitkide %20-25'dir. Buharlaşma kabının yapıldığı metalin bünyesinde bir miktar ısıyı tutması nedeniyle gece ile gündüz arasındaki buharlaşma miktarı bir birine yakın çıkmaktadır. Buna karşılık bitki sadece gündüzleri transpirasyon yapmaktadır.

Buharlaşma yüzeyinin hemen üzerindeki havanın, nem içeriği, sıcaklığı ve türbülansı bitkilerde ve A sınıfı buharlaşma kabından olan buharlaşmalar da farklılıklara neden olmaktadır. Ayrıca A sınıfı buharlaşma kabının altına yerleştirilen ahşap altlık ve kabin rengi buharlaşma miktarına etki etmektedir. Söz konusu tüm bu kısıtlara rağmen A sınıfı buharlaşma kabının uygun konumlandırılmasıyla bu yöntemle 10 günlük yada daha uzun periyotlar için evapotranspirasyon hesapları yapılabilmektedir (Doorenbos ve Pruitt, 1992).

$$ET_{FAO-PAN} = K_p \times E_{pan} \quad (21)$$

Eşitlikte; $ET_{FAO-PAN}$: çim kıyas bitki su tüketimi (mm/gün); K_p : pan buharlaşma katsayısı; E_{pan} : A sınıfı buharlaşma kabından okunan günlük buharlaşma değeri (mm).

Eşitliğin çözümünde Doorenbos ve Pruitt (1992)'de verilen çizelge ve abaklardan faydalanılmıştır. Pan buharlaşma katsayısı olarak bölgenin rüzgar hızı, ortalama nispi nemi ve Pan'ın yerleştirildiği yer dikkate alınmıştır.

Bitki Katsayılarının Belirlenmesi (Kc)

Kıyas bitki su tüketiminden gerçek su tüketiminin belirlenmesi için bitki katsayılarının kullanılma zorunluluğu vardır. Bir bölgede belirli bir bitki için elde edilen bitki katsayısı, benzer iklim bölgelerinde bitki su tüketiminin tahmininde kullanılmaktadır. Bu ilişkileri iyi bir şekilde ortaya koyabilmek için arazi çalışmalarının ve kıyas bitki su tüketimlerinin de doğru olarak ölçülmesi gereklidir (Jansen ve ark., 1990; İlbeyi ve Kodal, 1996).

Bitki katsayıları, bitkinin fizyolojisini, örtü derecesini, verilerin derlendiği yöreyi ve çim kıyas su tüketimi (ET_o) değerinin hesaplandığı yöntemi

Çizelge 4. Biber bitkisinin konulara göre toplam ve aylık gerçek su tüketim değerleri (mm)

Konular	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Toplam	Sulama Suyu Miktarı (mm)
S2Kcp1	173	179	178	214	203	102	1050	1010
S2Kcp2	166	152	151	173	161	82	885	831
S2Kcp3	159	125	126	135	119	62	726	652
S4Kcp1	174	186	180	213	201	99	1052	1010
S4Kcp2	168	162	153	172	161	80	896	831
S4Kcp3	162	136	126	132	119	60	736	652
S6Kcp1	176	200	178	213	200	102	1069	1010
S6kKcp2	170	176	154	175	160	82	917	831
S6Kcp3	164	151	130	135	119	64	763	652

yansıtır. Bitki katsayılarını gösteren bir çok eğri veya çizelge, tam sulanan bitkilere ilişkin değerleri vermektedir. Bitkilerin katsayılarının zamana karşı noktalanması ile bitki katsayısı eğrileri elde edilir (USDA-SCS, 1967; Burman ve Pochop, 1994).

Bitki katsayıları (Kc), belli bir bitkinin yetiştirme mevsiminin herhangi bir dönemindeki gerçek su tüketim değerinin, aynı dönem içerisinde elde edilmiş herhangi bir kıyas bitki su tüketimine oranı olarak tanımlanır (Kanber ve ark., 1999).

Deneme sonucunda elde edilen bitki su tüketimi değerleri, gerçek bitki katsayılarının bulunmasında kullanılmıştır. Deneysel yöntemlerle (Blaney-Criddle, FAO- Blaney-Criddle, Radyasyon, Penman ve Hargreaves-Samani) hesaplanan kıyas bitki su tüketimlerinden yararlanılarak deneysel bitki katsayıları da bulunmuştur.

Ampirik olarak elde edilen Kc'lerin hesaplanmasında Doorenbos ve Pruitt (1992), Kanber ve ark., (2000)'nın bildirdikleri esaslar dikkate alınmıştır.

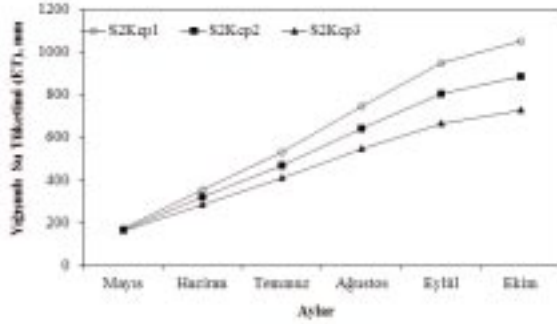
$$ET_c = K_c \times ET_o \quad (22)$$

Eşitlikte; ET_c : bitki su tüketimi; K_c : bitki katsayısı; ET_o : referans bitki su tüketimi.

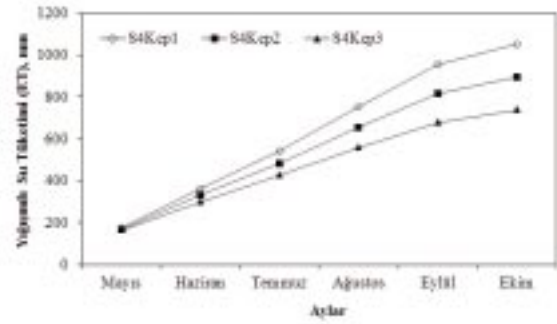
BULGULAR VE TARTIŞMA

Su tüketimi sonuçları

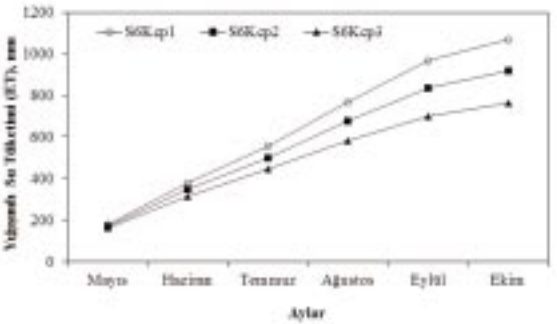
Çalışma sonunda konulara bağlı olarak elde edilen mevsimlik ve aylık su tüketimi değerleri belirlenmiş ve Çizelge 4'de verilmiştir. Mevsimlik su tüketimi değerleri dikkate alındığında, sulama aralığına ve bitki katsayılarına bağlı olarak değişim göstermektedir. En yüksek su tüketimi 1069 mm ile S6Kcp1 konusunda, en düşük ise 726 mm olarak S2Kcp3 konusunda gerçekleşmiştir. Deneme konularının yığılımlı su tüketimi değerleri ise Şekil 1, 2 ve 3'de gösterilmiştir. Söz konusu şekiller ve çizelge birlikte incelendiğinde, su tüketim değerlerinin Eylül ayına kadar genel olarak artarak devam ederken bu aydan sonra azalmaya başladığı görülmektedir. Aylık olarak en yüksek ET değeri S2Kcp1 konusunda 214 mm olarak Ağustos ayında gerçekleşmiştir.



Şekil 1. İki günde bir sulanan konulardaki yığışlımlı su tüketimleri



Şekil 2. Dört günde bir sulanan konulardaki yığışlımlı su tüketimleri



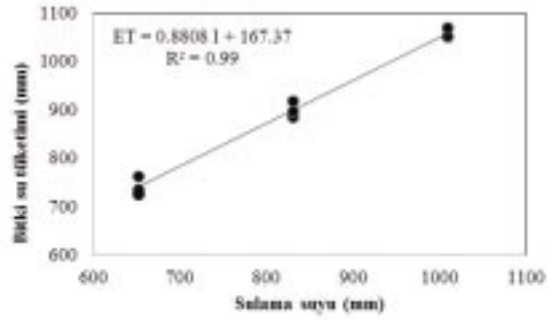
Şekil 3. Altı günde bir sulanan konulardaki yığışlımlı su tüketimleri

Diğer taraftan, konulara uygulanan sulama suyu ile mevsimlik su tüketimi değerleri arasında doğrusal bir ilişki bulunmaktadır (Şekil 4). Şekilde görüleceği üzere bitki su tüketim değerleri uygulanan sulama suyuna paralel olarak artmaktadır. En yüksek su tüketim değeri yine en fazla sulama suyu (1010 mm) uygulanan konular olan Kcp1 konularında gerçekleşmiştir. Aylık ortalama sıcaklığın yüksek olduğu Temmuz ve Ağustos aylarında yığışlımlı su tüketim eğrilerinin eğimi yüksek iken bu eğim Eylül ayında sıcaklıkların düşmesiyle azalmaktadır.

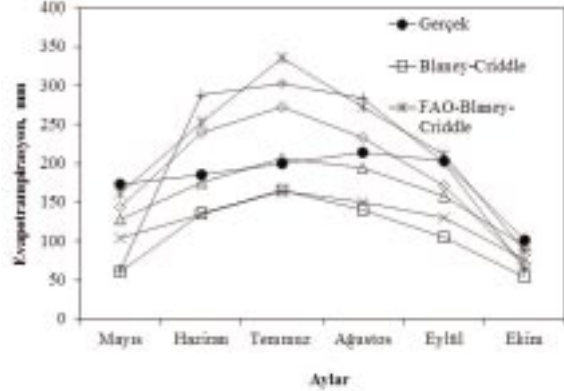
Araştırma sonunda elde edilen mevsimlik su tüketimi sonuçları, ovada yapılmış olan diğer araştırmalarla benzerlik göstermektedir. Benzer sonuçları, Kanber ve ark., (1980) Kahramanmaraş koşullarında yaptıkları araştırmalarında (mevsimlik

su tüketimini 932-1299 mm arasında) bulmuşlardır. Yine aynı şekilde Değirmenci ve Sözbilici (1995) yaptıkları çalışmalarında Harran Ovası koşullarında biberin su tüketiminin 785-3148 mm arasında olduğunu ve Değirmenci (1993) ise ortalama mevsimlik su tüketiminin 1436 mm olduğunu belirtmişlerdir.

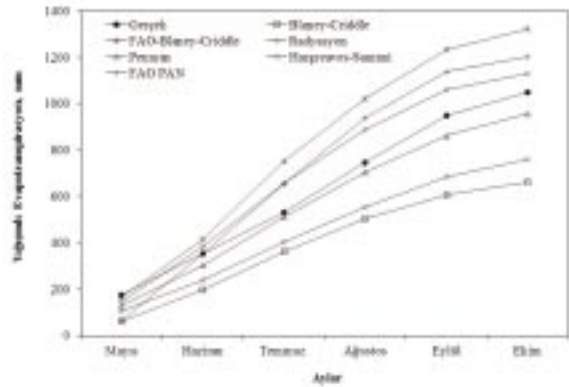
Gerçek bitki su tüketimi ile ampirik eşitlikler yardımıyla tahmin edilen aylık potansiyel su tüketimi değerleri Şekil 5'de ve yığışlımlı değerleri ise Şekil 6'da gösterilmiştir. Şekillerden de görüleceği gibi gerçek su tüketimine en yakın değerleri Penman ve Radyasyon yöntemleri vermektedir. Yığışlımlı su



Şekil 4. Deneme konularında sulama suyu- evapotranspirasyon (ET) ilişkisi



Şekil 5. Gerçek ET ile ampirik eşitlikler yardımıyla tahmin edilen potansiyel ET değerleri



Şekil 6. Eşitlikler yardımıyla hesaplanan yığışlımlı potansiyel ET değerleri

tüketimi değerleri göz önüne alındığında Penman yöntemi gerçek su tüketimi değerinden %8.9 daha düşük tahmin ederken Radyasyon yöntemi ise %7.6 daha yüksek tahmin etmiştir. Elde olunan sonuçlar t istatistik testi ile karşılaştırıldığında %1 önem düzeyinde Blaney Criddle (t hesaplanan 2.642) ve Hargreaves-Samani (t hesaplanan 2.338) yöntemlerinden elde edilen değerler arasında önemli farklılıklar olduğu belirlenmiştir.

Uygun bitki su tüketim tahmin yöntemini saptamak amacıyla dikkate alınan parametrelere ilişkin sonuçlar Çizelge 5'de verilmiştir. Çizelgeden de izleneceği gibi su tüketimini karşılama yüzdesi %91.1 ve %107.6, hata kareler ortalaması (HKO) 30.1 ve 51.6 ile en düşük ve ölçülen - tahmin edilen bitki su tüketimleri arasındaki ilişkiye ait korelasyon katsayısı (R^2) 0.58 ve 0.50 ile Penman ve Radyasyon yöntemleri en iyi sonucu vermektedir.

Evapotranspirasyon-Epan İlişkisi

Konularda belirlenen su tüketimi (ET) ile aynı dönemde A sınıfı buharlaşma kabından ölçülen buharlaşma (Epan) değerleri arasında ilişkiler saptanmıştır. Bunların yanında sözü edilen dönemdeki Evapotranspirasyon - Epan buharlaşma değerleri arasındaki ilişkiyi gösteren denklemler ve regresyon katsayıları (R^2) Çizelge 6'da verilmiştir. Çizelgeden de anlaşılacağı gibi tüm konularda evapotranspirasyon ile Epan buharlaşması arasında %1 önem düzeyinde önemli doğrusal ilişkiler olduğu belirlenmiştir. Konulara bağlı olarak doğruların eğim değerleri 0.43-0.72 arasında değişmektedir. En yüksek eğim değeri Kcp1 konularında gözlemlenirken

en düşük eğim değeri ise Kcp3 konularında belirlenmiştir. Bitki su tüketimi ile açık su yüzeyi buharlaşması arasında yakın bir ilişkinin olduğu bir çok araştırmada çok sayıda araştırmacı tarafından dile getirilmektedir. Örnek verecek olursak; Kanber ve ark., (1988) yerfıstığı bitkisinde; Ertek ve Kanber (1999) pamuk bitkisinde söz konusu ilişkiyi benzer şekillerde belirlemişlerdir.

Bitki Katsayıları (Kc)

Araştırma sonunda belirlenen bitki su tüketimi değeri, gerçek bitki katsayılarının hesaplanmasında kullanılmıştır (Şekil 7). Katsayıların hesaplanmasında (Kc) son yıllarda yaygın olarak kullanılan FAO yaklaşımlarından biri olan Doorenbos ve Pruitt (1992)'in önerileri dikkate alınmıştır.

Kc değerleri buharlaşmaya ve bitki su tüketimine bağlı olarak artmış ve III. Dönemde en yüksek değere (1.19) ulaşmıştır. Anılan dönem Temmuz ayının sonundan Eylül ayının sonuna kadarki süreyi kapsamaktadır. Şekilde dikkat çeken husus Mayıs ayına ilişkin Kc değerinin yüksekliğidir. Anılan aydaki yağışlar ve adaptasyonun sağlanması için uygulanan sulama suyu neticesinde toprak yüzeyinden olan buharlaşma kayıpları yüksek olmuştur. Ayrıca, anılan ayda alınan ilk iki toprak örnekleme 0-90 cm'lik toprak profilinin tarla kapasitesinde olduğu gözlemlenmiş olup uygulanan adaptasyon suyunun ve yağışların bir kısmının derine süzülme yoluyla kayıp edildiği düşünülmektedir. Bu iki duruma bağlı olarak da söz konusu aya ilişkin bitki su tüketimi değeri yüksek belirlenmiştir. Konuya ilişkin benzer sonucu Kanber ve ark., (1980)'da

Çizelge 5. Uygun Bitki Su Tüketim Yönteminin Belirlenmesinde Dikkate Alınan Kriterler

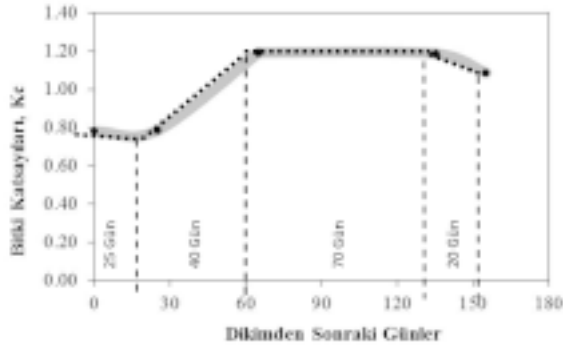
Tahmin Yöntemleri	HKO	Denklemler	R^2	Karşılama Yüzdesi (%)
Blaney-Criddle	73.3	$ET = 0.7166 ET_0 - 15.258$	0.38	62.9
FAO-Blaney-Criddle	75.2	$ET = 1.5616 ET_0 - 52.955$	0.49	125.9
Radyasyon	51.6	$ET = 1.3512 ET_0 - 48.075$	0.50	107.6
Penman	30.1	$ET = 0.8275 ET_0 + 14.569$	0.58	91.1
Hargreaves-Samani	53.4	$ET = 0.6382 ET_0 + 14.879$	0.61	72.3
FAO Pan	87.4	$ET = 1.846 ET_0 - 122.56$	0.42	114.5

Çizelge 6. Bitki Su Tüketimi ile Açık Su Yüzeyi Buharlaşması Arasındaki İlişki

Konular	Denklemler	R^2
S2Kcp1	$Et = 0.72 Epan - 132.58$	0.99**
S2Kcp2	$Et = 0.58 Epan - 62.24$	0.99**
S2Kcp3	$Et = 0.43 Epan + 8.46$	0.99**
S4Kcp1	$Et = 0.71 Epan - 113.80$	0.99**
S4Kcp2	$Et = 0.57 Epan - 42.71$	0.99**
S4Kcp3	$Et = 0.43 Epan + 29.76$	0.99**
S6Kcp1	$Et = 0.71 Epan - 102.29$	0.99**
S6Kcp2	$Et = 0.58 Epan - 31.04$	0.99**
S6Kcp3	$Et = 0.43 Epan - 43.28$	0.99**

** %1 düzeyinde önemli.

Kahramanmaraş koşullarında yaptıkları çalışmalarında elde etmişlerdir.



Şekil 7. Gerçek bitki su tüketimine bağlı olarak ampirik Kc'nin zamanla değişimi

Ampirik yöntemlerle (Blaney-Criddle, FAO-Blaney-Criddle, Radyasyon, Penman, Hargreaves-Samani ve FAO Pan buharlaşma) elde edilen kıyas bitki su tüketimlerinden yararlanılarak ampirik bitki katsayıları hesaplanmıştır (Çizelge 7). Ampirik olarak elde edilen Kc değerleri arasında, gerçek Kc değerine en yakın değerleri Penman yöntemi ile elde edilen kıyas bitki su tüketiminden elde edilen değerler olmuştur.

Çizelge 7'den de görüldüğü gibi Temmuz ayına ait deneysel olarak elde edilen Kc değerleri düşmektedir. Bu durumun sebebi daha öncede belirtildiği gibi anılan aya ait bitki su tüketimi değerinin düşmesidir. Yani artan buharlaşmaya karşılık bitkinin karşılaştığı olumsuz etmenler neticesinde taç gelişiminin yavaşlaması ve buna bağlı olarak da uygulanan sulama suyu miktarı azalmış ve de bunun sonucunda bitki su tüketimi artış göstermemiştir. Sözü edilen aya ait tahmin edilen kıyas bitki su tüketimleri ile gerçekte bitkinin tükettiği su aynı paralellikte artış göstermektedir.

Çizelgede ayrıca istatistiksel değerlendirme sonucunda bulunan t değerleri de verilmiştir. Araştırma sonunda elde edilen Kc değerleri ile Blaney Criddle ve Hargreaves-Samani yöntemleri ile elde edilen deneysel Kc değerleri arasında %1 önem düzeyinde önemli farklılık bulunmuştur.

SONUÇ VE ÖNERİLER

Çalışma sonunda gravimetrik nem yöntemiyle elde edilen su tüketimine en yakın değerleri, hesaplamalarda kullanılan 6 ampirik eşitlik arasından Penman ve Radyasyon eşitlikleri vermiştir. Yığışım su tüketimi değerleri göz önüne alındığında Penman yöntemi gerçek su tüketimi değerinden %8.9 daha düşük tahmin ederken Radyasyon yöntemi ise %7.6 daha yüksek tahmin etmiştir. Benzer koşullardaki bölgelerde yapılacak bitki su tüketimi tahminlerinde her iki yöntemde rahatlıkla kullanılabilir. Radyasyon yöntemi hava sıcaklığının, güneşlenme süresinin, bulutluluğun ve solar radyasyon gibi iklim parametrelerinin ölçülebildiği buna karşılık rüzgar hızı ve nispi nemin ölçülemediği alanlarda kolaylık sağlamaktadır. Buna karşılık Penman hava sıcaklığının, rüzgar hızının, güneşlenme süresinin veya solar radyasyonun ölçülebildiği durumlarda kullanılabilir. Söz konusu eşitlik enerji (solar radyasyon) veya aerodinamik (nem ve rüzgar) terimlerinden oluşmaktadır. Eşitlikteki her bir terimin önemi iklim koşullarına göre değişiklik göstermektedir. Durgun hava koşullarının baskın olduğu şartlarda aerodinamik yöntem enerji yöntemine göre daha az önem ihtiva eder. Rüzgarlı koşullarda ve kurak bölgeler için aerodinamik faktörler daha önemlidir. Gerçek su tüketimi ile tahmin edilen su tüketimi değerleri arasındaki farklılıkların en önemli nedeni iklimsel parametrelerdir. Hesaplama kullanılan her hangi bir iklimsel parametre her yöntemde farklı etkiye sahiptir. Bu nedenle aynı parametre ile her yöntemde farklı sonuçlar elde edilebilir.

Kc değerleri buharlaşmaya ve bitki su tüketimine bağlı olarak artmış ve pik dönem olan III. dönemde en yüksek değere (1.19) ulaşmıştır. Ampirik olarak elde edilen Kc değerleri arasında, gerçek Kc değerine en yakın değerler Penman yöntemi ile elde edilen değerler olmuştur. Söz konusu tüm değerlendirmeler dikkate alındığında gerçek verilerin olmadığı durumda Penman yöntemiyle yarı kurak iklim bölgelerinde su tüketimi ve Kc katsayıları güvenilir bir şekilde hesaplanarak çalışmalarda kullanılabilir.

Çizelge 7. Şanlıurfa koşullarında elde edilen ampirik Kc katsayıları

Aylar	Blaney-Criddle	FAO Blaney Criddle	Radyasyon	Penman	Hargreaves-Samani	FAO Pan
Mayıs	2,87	1,07	1,21	1,36	1,67	2,75
Haziran	1,32	0,71	0,75	1,02	1,34	0,62
Temmuz	1,07	0,53	0,65	0,86	1,08	0,59
Ağustos	1,53	0,79	0,92	1,10	1,42	0,75
Eylül	1,94	0,96	1,19	1,29	1,56	1,01
Ekim	1,90	1,16	1,45	1,09	1,34	1,60
t-Hesaplanan	3.143**	0.366 ns	1.089 ns	1.731 ns	3.189**	1.109 ns

** %1 düzeyinde önemli; ns: önemsiz

KAYNAKLAR

- Allen, R.G., Jensen, M.E., Wright, J.L., Burman, R.D., 1989. Operational estimates of reference evapotranspiration. *Argon. J.*, 81: 650-662.
- Allen, R.G., Pereir, L.S., Raes, D., Smith, S., 1998. Crop evapotranspiration - guidelines for computing crop water requirements. *Irrigation and Drainage Paper 56*. FAO, Roma.
- Balçın, M., Çelik, S., Güleç, H., 1996. Tokat kazova koşullarında ikinci ürün lahananın su tüketimi. *Toprak ve Su Kaynakları Araştırma Yıllığı 1997*. T.C. Başbakanlığı Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğü APK Daire Başkanlığı Toprak ve Su Kaynakları Araştırma Şube Müdürlüğü Yayınları No:102. Ankara.
- Burman, R., Pochop, L. O., 1994. Evaporation. *Evapotranspiration and climatic data. Development in Atmospheric Science, Elsevier, The Netherlands*, 22:278.
- Cuenca, R.H., 1989. *Irrigation system design. an engineering approach*. Prentice Hall, Englewood Cliffs, New Jersey.
- Değirmenci, V., 1993. GAP bölgesi Harran ovasında biber su tüketiminin class A pan'dan yararlanarak tespiti. *Köy Hizmetleri Şanlıurfa Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü 1993 Yıllık Sonuç Raporları*. Şanlıurfa.
- Değirmenci, V., Sözbilici, Y., 1995. GAP bölgesinde Harran ovası koşullarında biberin sulama programı. *Toprak ve Su Kaynakları Araştırma Yıllığı 1996*. T.C. Başbakanlığı Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğü APK Daire Başkanlığı Toprak ve Su Kaynakları Araştırma Şube Müdürlüğü Yayınları No:98. Ankara.
- Dinç, U., Şenol, S., Sayın, M., Kapur, S., Güzel, N., Derici, R., Yeşilsoy M. Ş., Yeğenil, İ., Sarı, M., Kaya, Z., Aydın, M., Kettaş, F., Berkman, A., Çolak, A.K., Yılmaz, K., Tunçgöğüs, B., Çavuşgil, V., Özbek, H., Gülüt, K.Y., Karaman, C., Dinç, O., Öztürk, N., Kara, E.E., 1988. Güneydoğu anadolu bölgesi toprakları. (GAT): I. Harran Ovası. TÜBİTAK Tarım ve Ormanlık Araştırma Grubu Güdümlü Araştırma Projesi Kesin Raporu. Proje No: TOAG-534, Adana.
- Doorenbos, J., Pruitt W. O., 1992. *Crop water requirements. Irrigation and Drainage Paper 24*, FAO, Roma.
- Ertok, A., Kanber, R., 1999. Farklı sulama programlarında pamuk tipik bitki pan katsayılarının değişimi. *Çukurova Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi 1999*, 14(3):61-70.
- Evsahibioğlu, A.N., 1989. Uzaktan algılama tekniklerinden yararlanılarak biber bitkisinde su tüketimi tahminleri. *Ankara Üni. Ziraat Fakültesi Yıllığı Cilt 40. Fasikül No: 1-2* Ankara.
- Eylen, M., Kanber, R., Tok, A., 1986. Çukurova koşullarında karık ve damla sulama yöntemleri ile sulanan çileğin verim ve su tüketimi. *Köy Hizmetleri Araştırma Enstitüsü Yayınları 135. 77. 39 s.* Tarsus.
- İlbeyi, A., Kodal, S., 1996. Araştırma bölgeleri için bitki su tüketimleri tahmininde kullanılacak bitki katsayılarının belirlenmesi. *Köy Hizmetleri Araştırma Projesi*. Ankara, 1-8 s.
- Jensen, M.E., Burman, R.D., Allen, R.G., 1990. *Evapotranspiration and irrigation water requirements*. ASAE. New York, 70:80-163.
- Kadayıfçı, A., Yıldırım, O. 1998. Ankara koşullarında ayçiçeğinin su tüketimi. *Tarım Bilimleri Dergisi 1998*, 4(3), 9-14.
- Kanber, R., Baştuğ, R., Yazar, A., 1988. Farklı toprak, ekim zamanı ve sulama aralığı koşullarında yetiştirilen yerfıstığında evapotranspirasyon ile açık su yüzeyi buharlaşması arasındaki ilişki. *Doğa Bilim Dergisi 13*, 36: 1049-1062.
- Kanber, R., Köksal, H., Önder, S., Eylen, M., 1994. Farklı sulama yöntemlerinin genç portakal ağaçlarında veri, su tüketimi ve kök gelişimine etkileri. *J. of Agriculture and Forestry 20* (1996) 163-172.
- Kanber, R., Öğretir, K., Ünlü, M., 1999. Evapotranspirasyonun hesaplanmasında (Etc) kullanılan bitki katsayıları. *Bitki Su Tüketiminin Belirlenmesinde Kullanılan Yöntem Bilimi: İnceleme ve Değerlendirme Konulu Ulusal Çalışma Toplantısı*. Adana, 187-211 s.
- Kanber, R., Ünlü, M., Köksal, H., 2000. Bitki su tüketimi (ETc) ve bitki katsayıları (Kc). T.C. Başbakanlık Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğü Köy Hizmetleri Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü. *Bitki - Atmosfer İlişkileri Semineri*. 4-8 Eylül 2000.
- Kanber, R., Yüksel, G., Eylen, M., Demiröz, C., 1980. Kahramanmaraş koşullarında phytophthora capsici leonian ile bulaşık alanlarda azot miktarı ve sulama suyunun kırmızı biberin verim ve su tüketimine etkisi. *T.C. Köyişleri ve Kooperatifler Bakanlığı TOPRAKSU Genel Müdürlüğü Tarsus Bölgesi TOPRAKSU Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü Yayınları*. Genel Yayın No: 105. Tarsus.
- Orta, A.H., Yüksel, A.N., Erdem, T. 2000. Tekirdağ koşullarında farklı sulama yöntemlerinin elma ağaçlarının su tüketimine etkisi. *Tarım Bilimleri Dergisi 2000*, 6(3), 109-115.
- Şeniz, V., 1992. *Domates, biber ve patlıcan yetiştiriciliği. Tarımsal Araştırmaları Destekleme ve Geliştirme Vakfı Yayın No:26* Yalova.
- USDA-SCS., 1967. *Irrigation water requirements. Technical Release, USA*, 21:160.
- Ünlü, M., 2000. Çukurova koşullarında mikrometeorolojik yöntemlerle pamuk bitkisinin su tüketiminin ve bitki katsayılarının belirlenmesi. *Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tarımsal Yapılar ve Sulama Anabilim Dalı Doktora Tezi*. Adana.
- Waker, S.W., Skogerboe, G.V., 1987. *Surface irrigation: theory and practice*. Prentice-Hall, Inc., Englewood Cliffs, New Jersey, 375 s.

Geliş Tarihi : 22.04.2011

Kabul Tarihi : 30.05.2011

Copyright of Journal of Adnan Menderes University, Agricultural Faculty is the property of Adnan Menderes University and its content may not be copied or emailed to multiple sites or posted to a listserv without the copyright holder's express written permission. However, users may print, download, or email articles for individual use.