

ANTALYA'DA TARLA KOŞULLARINDA BERMUDA ÇİMİNİN SU TÜKETİMİ VE BAZI KIYAS BİTKİ SU TÜKETİMİ EŞİTLİKLERİNİN GEÇERLİLİĞİNİN BELİRLENMESİ

Yaşar EMEKLİ^a

Ruhi BAŞTUĞ

Akdeniz Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarımsal Yapılar ve Sulama Bölümü, 07070-Antalya

Kabul Tarihi: 9 Şubat 2007

Özet

Bu araştırmada, açık tarla koşullarında farklı düzeyde uygulanan sulama suyunun Bermuda çiminin su tüketimine etkisi ve su tüketiminin tahmini için kıyas bitki su tüketimi hesaplanmasında kullanılan bazı deneysel eşitliklerin geçerliliğinin belirlenmesi amaçlanmıştır. Çalışmada A sınıfı buharlaşma kabından iki gün ara ile meydana gelen buharlaşmanın % 100, 75, 50 ve 25'i düzeylerinde sulanan sırasıyla I₁, I₂, I₃ ve I₄ olmak üzere dört sulama konusu oluşturulmuştur. Toprak profilindeki nem değişiminin nötron probe aleti ve bitki kök bölgesindeki nem tansiyonunun tansiyometrelerle izlendiği çalışmada, bermuda çiminde sulama düzeylerine bağlı olarak görsel kalite değişimi bir renk skalası kullanılarak mevsim boyunca izlenmiştir. İklimsel veriler kullanılarak çim bitkisi kıyas bitki su tüketiminin farklı yöntemlerle hesaplanmasında IAM.ETo bilgisayar yazılımı kullanılmıştır. Gerçek bitki su tüketimini en iyi tahmin edebilecek kıyas bitki su tüketimi eşitliğinin belirlenmesinde hata kareler ortalaması (HKO) en düşük olan yöntem dikkate alınmıştır. Çalışmada en iyi görsel kalite I₁ ve I₂ konularından elde edilmiştir. Sulama düzeylerine bağlı olarak I₁, I₂, I₃ ve I₄ konularında deneme süresince ortalama günlük su tüketim değerleri sırasıyla 9.80, 7.43, 5.10 ve 2.82 mm olarak belirlenmiştir. Antalya koşullarında A sınıfı buharlaşma kabından olan buharlaşmanın %75'i düzeyinde sulama yapılmasının bermuda çimi için yeterli olacağı, anılan çim bitkisi için su tüketimi tahmininde kıyas bitki su tüketimi eşitliklerinin kullanılması durumunda en iyi tahmin eşitliklerinin sırasıyla FAO Radyasyon, Orijinal Penman ve Penman-Monteith eşitlikleri olduğu sonuçlarına ulaşılmıştır.

Anahtar Kelimeler : Bermuda Çimi, Kıyas Bitki Su Tüketimi, Sulama Programlaması

Determination of Bermudagrass Evapotranspiration and Validation of Some Reference Evapotranspiration Equations under Open Field Conditions in Antalya

Abstract

This research was carried out to determine the effects of different irrigation levels on evapotranspiration of bermudagrass and validation of some empirical reference evapotranspiration equations under open field conditions. The experiment consisted of four irrigation treatments: 100, 75, 50 and 25 % of class A pan evaporation (I₁, I₂, I₃ and I₄). Soil moisture changing in the soil profile was monitored by a neutron probe and soil moisture tension changing in the root zone was also monitored by tensiometers. Visual quality changing as regarded by irrigation levels was monitored with a color scale during the season. IAM.ETo software program was used for computation of reference ET from different equations with the using of meteorological data. The equation which had the lowest root mean square errors (RMS) was considered the best equation for representing actual evapotranspiration under open field conditions. The best visual quality was obtained from I₁ and I₂ treatments. Average seasonal ETc values for I₁, I₂, I₃ and I₄ were determined as 9.80, 7.43, 5.10 and 2.82 mm/day, respectively. The amount of irrigation water more than 75% of evaporation measured in Class A pan does not affect visual quality of turfgrass and is enough to sustain an acceptable turfgrass quality under Antalya conditions. According to the above mentioned criteria, FAO Radiation method was chosen the best equation and this followed by Original Penman and Penman-Monteith equations, respectively.

Keywords: Bermudagrass, reference evapotranspiration, irrigation scheduling

1. Giriş

Su kaynaklarının tarımsal ve peyzaj amaçlı sürdürülebilir kullanımının zorunlu hale geldiği Akdeniz Bölgesinde sulama suyundan tasarruf sağlayıcı uygulamalara

temel oluşturan bitki su tüketimi çalışmaları büyük bir öneme sahiptir. Türkiye'nin güneyinde bulunan ve en önemli turizm kenti olan Antalya'da peyzaj ve spor amaçlı

^a İletişim: Y. Emekli, e-posta: yemekli@akdeniz.edu.tr

kurulan çim alanların sulanması ve bakımı işletmeler için önemli bir masraf unsurunu oluşturmaktadır. Anılan yörede yeşil alan oluşturmada yaygın olarak kullanılan Bermuda çiminin su tüketiminin belirlenmesine yönelik çalışmalar, çim alanlarda sulama suyundan tasarruf sağlayıcı uygulamalar açısından önem kazanmaktadır.

Çim alanlarda sulama esas olarak toprakta yeterli düzeyde nemi sağlamak üzere yapılır. Ayrıca, gübre ve pestisid uygulamalarının etkili olabilmesi, çimlenmeyi sağlamak ve sıcak günlerde çimlerin doku sıcaklıklarının düşürülmesi için de sulama yapılabilir (Turgeon, 1980).

Bitki su gereksinimi bitkiden belirli bir verimi sağlayabilmek için gerek duyulan yağış ve sulama suyunun toplamı olarak tanımlanabilir. Ancak çim alanlarda su gereksinimi, verimden çok kalite ve performans standartlarını karşılamak için gerekli olan suyu ifade eder. Çim alanlarda sulamanın önceliği, kurak iklimlerde çimin canlılığını sürdürebilmesi için zorunlu olan düzeyden, nemli iklimlerde istenilen yeşil rengin sürdürülmesi için gereken düzeye kadar değişebilir (Kneebone ve ark., 1992).

Çimin su tüketimi, bitkiden transpirasyonla (terlemeyle) ve topraktan evaporasyonla (buharlaşımla) meydana gelen su kaybının toplamı olup evapotranspirasyon (ETc) olarak ifade edilir. ETc miktarı ile net radyasyon, toprak nem içeriği, hava sıcaklığı, A sınıfı buharlaşma kabından olan buharlaşma, rüzgar hızı, oransal nem ve bitki yüzeyi-hava sıcaklığı farkı arasındaki ilişkiyi gösteren birçok çalışma yapılmıştır (Olufayo ve ark., 1996; Kjelgaard ve ark., 1996; Al-Faraj ve ark., 2000; Alves ve ark., 2000).

Bitki su tüketiminin belirlenmesinde kullanılan yöntemler doğrudan ölçüm yöntemleri (lizimetreler, tarla deneme parselleri ve havza düzeyinde giren-çıkan akışın ölçülmesi) ve iklim verilerinden tahmin yöntemleri (mikrometeorolojik yöntemler ve kıyas bitki su tüketimi yöntemleri) olarak sınıflandırılabilir (Jensen, 1973).

Tarla koşullarında gerçek su tüketiminin belirlenmesi zor olduğundan meteorolojik verilere dayalı bitki su tüketimi hesaplama yöntemlerinin sulama

programlaması amacıyla kullanılması yaygınlaşmıştır. Bu yöntemler, standart çim ve yonca gibi kıyas alınan bir bitkinin su tüketimini (ETo) tahmin etmek amacıyla geliştirilmiştir (Aronson ve ark., 1987). Kıyas bitki ise, çim bitkisi esas alındığında uzunluğu üniform olarak 8-15 cm arasında olan, toprak yüzeyini tamamen örten, hiç su eksikliği çekmeyen ve hızlı gelişen yeşil çim bitkisi olarak tanımlanabilir (Doorenbos ve Pruitt, 1977).

Kıyas bitki su tüketiminin belirlenmesi; sulama sistemlerinin planlanması, sulama programlaması, havza hidrolojisi çalışmaları, bitki büyüme modelleri ve toprak-su bütçesi simülasyon modelleri için gereklidir (Donatelli ve ark., 2006).

Farklı bitkiler için gerçek su tüketimi (ETc) bitkiye ve yöreye bağlı olarak değişen bitki katsayıları (kc) ile kıyas bitki su tüketimi değerleri kullanılarak ($ETc = kc \times ETo$) mm/gün olarak hesaplanabilir (Allen vd 1998). Eşitlikteki kc değeri; bitki cinsi, bitki gelişim dönemi, bitki yüzeyinin yapısı ve yersel iklime bağlıdır. Ayrıca, bitki büyüme dönemi boyunca bitkinin yaprak alanıyla doğru orantılı olarak değişir (Dodds ve ark., 2005).

Çim bitkisi su tüketimi çim türü, yöresel iklim koşulları, uygulanan sulama programlaması ve kültürel işlemlere bağlı olarak değişmektedir (Richie ve ark., 2002). Çim bitkileri su yetersizliğine çeşitli biçimlerde tepki verirler. Kuraklık görsel kaliteyi, büyüme hızını ve su tüketimini etkiler. Sulamalarda, bitkilerde kuraklık belirtilerinin ortaya çıkmasına neden olan gecikmeler, çim bitkisinin su tüketiminde azalmalara yol açar (Gold ve ark., 1987).

Baştuğ ve Büyüктаş (2003), farklı sulama düzeylerinin çim bitkisi su tüketimi ve bazı kalite özelliklerine etkisini inceledikleri araştırmalarında A sınıfı buharlaşma kabından olan buharlaşmanın % 100, 88, 75 ve 50'si düzeyinde günlük olarak sulanan serin iklim çim karışımında mevsimlik ortalama bitki su tüketimi değerlerinin sırasıyla 7.3, 6.6, 5.8 ve 4.3 mm/gün olduğunu ve en iyi görsel kalitenin buharlaşmanın % 75'i düzeyinde sulanan konudan elde edildiğini bildirmişlerdir.

Garrot ve Mancino (1994), kurak

koşullarda yıllık 834-930 mm su uygulanması durumunda Bermuda çiminin genel çim kalitesi, dayanım, renk ve toprağı örtme yönünden kayba uğramaksızın kalabileceğini bildirmişlerdir.

Kneebone ve Pepper (1982), çim su kullanımı ile A sınıfı buharlaşma kabından olan buharlaşmaya ilişkin verileri incelemişler ve kp kap katsayısının 0.5-0.9 arasında değiştiğini ileri sürmüşlerdir.

Jalali-Farahani ve ark. (1993), hesaplanan FAO-Penman ET miktarının % 66'sı oranında günlük olarak sulama yapılması durumunda Bermuda çimi için kabul edilebilir görsel kalitenin bitki gelişme periyodu boyunca sürdürülebildiğini bildirmişlerdir.

Öte yandan, çim bitkisi su tüketiminin deneysel olarak geliştirilen referans bitki su tüketimi eşitlikleri kullanılarak tahmin edilebileceği yapılan birçok araştırmada ortaya konmuştur. Ayrıca, her bir bölge için farklı ETo hesaplama yöntemleri kullanılarak en uygun yöntemin belirlenmesi veya eşitliklerin yöreye uyarlanması gerektiği belirtilmektedir (Ventura ve ark., 1999; Lecina ve ark., 2003; Temesgen ve ark., 2005).

Bu çalışma, farklı sulama suyu düzeylerinin çim bitkisi su tüketimine ve görsel kalitesi üzerine etkisi, yöre şartlarında bermuda çimi için en uygun sulama düzeyinin saptanması ve yörede bermuda çimi su tüketiminin tahmini için kullanılacak en uygun kıyas bitki su tüketimi eşitliğinin belirlenmesi amacıyla yapılmıştır.

2. Materyal ve Yöntem

Araştırma, Antalya il merkezindeki Akdeniz Üniversitesi Ziraat Fakültesi Araştırma ve Uygulama Alanında, 2004 yılı Haziran-Eylül ayları arasında yürütülmüştür. Araştırma alanı 36° 54' Kuzey enlemi ve 30°

38' Doğu boylamında denizden 54 m yükseklikte yer almaktadır. Araştırma alanı kışları ılık ve yağışlı, yazları sıcak ve kurak geçen tipik Akdeniz iklimine sahiptir.

Araştırma alanı toprakları, masif travertenler üzerinde gelişmiş, sıg bir toprak profiline sahip Entisoller olup killi-tın tekstür içermektedir (Sarı ve ark. 1993). Araştırmanın yürütüldüğü alandaki toprak profiline ilişkin bazı fiziksel özellikler Çizelge 1'de verilmiştir.

Araştırma alanındaki çim örtüsü 2003 yılı Mayıs ayında oluşturulmuştur. Anılan çim örtüsü için Antalya bölgesinde yaz döneminde yeşil alan oluşturmada başarıyla kullanılan, hızlı gelişen ve çok yıllık bir sıcak iklim çimi olan Bermuda (*Cynodon dactylon* L. Pers.) çimi kullanılmıştır (Arslan ve Çakmakçı, 2004). Deneme alanındaki çimler boyları yaklaşık 10-12 cm'ye ulaşınca 4 cm yükseklikten biçilmiştir (Richie ve ark., 2002). İklim ve bitki gelişim dönemine bağlı olarak biçim aralığı 9 ile 16 gün arasında değişmiştir. Deneme parsellerinde ayda bir kez 5 gr/m² saf azot düşecek şekilde gübreleme yapılmıştır (Martin ve ark., 1994). Azot kaynağı olarak sırasıyla 15-15-15 NPK, amonyum sülfat ve amonyum nitrat gübrelere kullanılmıştır.

Araştırma alanı, tesadüf blokları deneme desenine göre üç yinelenmeli olarak düzenlenmiştir. Deneme parselleri 4x5 m boyutunda olup 20 cm yüksekliğinde üzeri çimlendirilmiş toprak seddelerle çevrilmiştir. Ayrıca bloklar ve parseller arasında 1 m genişliğinde tampon alanlar bırakılmıştır. Araştırmada, A sınıfı buharlaşma kabından iki gün ara ile meydana gelen buharlaşmanın I₁ konusunda %100'ü, I₂ konusunda % 75'i, I₃ konusunda % 50'si, ve I₄ konusunda % 25'i uygulanarak 4 farklı sulama konusu oluşturulmuştur.

Toprak profilinin 0-60 cm derinliğindeki toprak nem içeriğinin

Çizelge 1. Araştırma Alanı Topraklarının Fiziksel Özellikleri

Derinlik (cm)	Bünye Analizi				TK (% W/W)	SN (% W/W)	Hacim Ağırlığı (gr/cm ³)
	Kum (%)	Silt (%)	Kil (%)	Bünye			
0-30	29.28	40.00	30.72	CL	20.86	13.18	1.37
30-60	59.28	24.00	16.72	SL	13.19	6.35	1.46

değişimi bir nöron prob aleti (Troxler Model 4300) ile izlenmiştir. Her bir parselin ortasına bir alüminyum akses tüp yerleştirilmiş ve nötron okumaları günlük olarak yapılmıştır. Nötron okumaları yaklaşık 15 günde bir gravimetrik örneklemeyle kontrol edilmiştir. Ayrıca, deneme alanında bitki kök bölgesindeki nem tansiyonu değişiminin izlenebilmesi için her bir parselin orta kısmına yaklaşık 10 cm derinliğe tansiyometre yerleştirilmiştir. Deneme parselleri göllendirmeli tava yöntemiyle sulanmıştır. Sulama suyu bir su sayacıdan geçirilerek her bir parselde üzerinde 1.5 cm çaplı 0.5 m aralıklı 7 adet orifis bulunan 40 mm çapında ve 3.5 m uzunluğundaki PVC boru yardımı ile kontrollü bir şekilde uygulanmıştır.

Araştırmada, çim kalite kriteri olarak renk durumu ve görsel yoğunluk dikkate alınmıştır. Deneme süresince çim renginin değerlendirilebilmesinde bitki dokuları için renklerin bilimsel bir kavram olarak tanımlanması ve analizi amacıyla renk, renk tonu ve sayısal değer olarak belirlenmesi esasına dayanan Munsell Renk Skalasından yararlanılmıştır (Wilde ve Voigt, 1977). Çim bitkisinde renk; görsel kalite, topraktaki nem ve bitki besin elementi durumunun en önemli göstergesidir (Karcher ve Richardson, 2003).

Deneme süresince tüm parsellerde ortalama 10 gün aralıklarla çim rengi anılan renk skalasındaki renkler ile karşılaştırılarak skaladaki sayfa ve renk numaraları saptanmıştır. Renk değerlendirmesinde kullanılan Munsell Renk Skalası renk isimleri, skaladaki sayfa ve renk numaraları ile denemedeki derecelendirme numaraları Çizelge 2'de gösterilmiştir. Denemedeki derecelendirme numaralarında 9 ile gösterilen renk koyu yeşil rengi, 1 ile gösterilen renk ise uyku dönemindeki veya tamamen ölmüş bitkinin renk durumunu ifade etmektedir. Aradaki değerlerde ise büyükten küçüğe doğru gidildikçe renk kalitesi koyu yeşilden açık yeşil ve sarıya dönüşmektedir. Arazi derecelendirme numarası belirlenirken, sadece renk değeri değil aynı zamanda parselin genel görünüşü ve parsel içindeki çim yoğunluğu da görsel olarak dikkate alınmıştır (Throssell ve ark., 1987). Deneme sonunda, çim rengine ilişkin

derecelendirme numarası bulgularının istatistiksel açıdan değerlendirilmesinde Parametrik Olmayan Friedman Testi kullanılmıştır (İkiz ve ark., 1996).

Deneme süresince kıyas bitki su tüketimi hesaplamaları için gerekli olan meteorolojik veriler deneme alanının yanında kurulan bir meteoroloji istasyonundan elde edilmiştir (Çizelge 3). Nem, sıcaklık, buharlaşma, yağış ve rüzgar hızı değerleri anılan istasyon ölçümlerinden günlük olarak alınmıştır. Günlük güneşlenme süresi ve barometrik basınç değerleri ise deneme alanına yaklaşık 10 km uzaklıkta olan Antalya Meteoroloji Bölge Müdürlüğüne ait meteoroloji istasyonu kayıtlarından alınmıştır.

Açık tarla koşullarında gerçek bitki su tüketimini hesaplamak için aşağıda verilen su bütçesi eşitliğinden yararlanılmıştır (Kırda ve ark., 1996).

$$ET_c = I + P - D_p \pm \Delta S$$

Eşitlikte; ET_c : Gerçek bitki su tüketimini (mm), I : Sulama suyunu (mm), P : Yağış miktarını (mm), D_p : Derine Süzülmeyi (mm) ve ΔS : Toprak profilindeki nem değişimini (mm) belirtmektedir.

Çimin topraktan su kullanımının büyük bir kısmı toprağın üst 0-25 cm'lik katmanından olmaktadır (Doty ve ark., 1990). Dolayısıyla bitki su tüketimi hesaplamasında toprağın 0-30 cm derinliğinden kullanılan su dikkate alınmıştır. 30 cm derinliğindeki bitki kök bölgesinin altında kalan toprak profilinde nem değerleri düşük olduğundan açık tarla koşulundaki çim bitkisi su tüketimi hesaplamasında derine sızılma kayıplarının ihmal edilebilecek düzeyde olduğu kabul edilmiştir (Kırda ve ark., 1996).

Kıyas bitki su tüketimi hesaplamasında Penman, Radyasyon, Blaney-Criddle ve A Sınıfı Buharlaşma Kabı yöntemlerinin FAO (Birleşmiş Milletler Tarım ve Gıda Örgütü) uyarlamaları (Doorenbos ve Pruitt, 1977), Penman-Monteith (Allen ve ark., 1998), Orijinal Penman (Penman, 1948), Priestley-Taylor (Priestley ve Taylor, 1972), Blaney-Criddle SCS (Blaney ve Criddle, 1950), ve

Çizelge 2. Çim Renginin Değerlendirmesinde Kullanılan Munsell Renk Skalası Sayfa ve Renk Numaraları İle Denemedeki Derecelendirme Numaraları.

Skaladaki Sayfa Numarası	Renk Numarası (Değer/Renk Tonu)	Derecelendirme Numarası	Renk Değişimi
5GY	3/4	9	Koyu Yeşil ↓ Açık Yeşil Sarı
5GY	4/4	8	
5GY	4/6,8	7	
5GY	5/4,6,8,10	6	
5GY	6/4,6,8,10	5	
5GY	7/4,6,8,10	4	
2.5GY	7/4,6,8	3	
2.5GY	8/4,6,8	2	
2.5Y and 5Y	All Colors	1	

Çizelge 3. Deneme Süresince Ölçülen 10 günlük Ortalama İklimsel Veriler

Aylar	Sıcaklık (°C)	Barometrik Basınç (kpa)	Oransal Nem (%)	Rüzgar Hızı (m/s)	Güneşlenme Süresi (h)	Buharlaşma (mm)	Toplam Yağış (mm)
Haziran							
01-10	25.96	100.59	64.58	2.11	12.04	8.30	-
11-20	29.89	100.16	50.81	2.13	12.11	9.88	4.7
21-30	30.93	100.18	55.02	2.48	12.07	10.20	2.3
Temmuz							
01-10	32.77	99.88	45.41	1.23	13.10	12.45	-
11-20	32.30	99.93	42.49	1.49	12.25	12.90	-
21-31	31.45	99.92	55.81	1.29	12.50	10.86	-
Ağustos							
01-10	30.03	99.82	70.94	1.17	11.12	7.40	-
11-20	30.75	99.96	54.15	1.45	12.13	9.80	-
21-31	30.63	100.13	50.12	1.71	11.81	10.32	-
Eylül							
01-10	27.99	100.82	46.75	2.19	10.56	9.55	-
11-20	26.05	101.14	48.44	1.96	10.27	8.50	-
21-30	28.17	101.17	55.23	2.33	9.56	7.10	1.5

Hargreaves (Hargreaves, 1974) yöntemleri kullanılmıştır. Anılan yöntemlere ait eşitliklerin çözümünde ise IAM.ETo bilgisayar yazılımı kullanılmıştır. Anılan yazılım kıyas bitki su tüketimi eşitliklerinin çözümü için gerekli olan alt verileri deneme süresince ölçülen meteorolojik verilerden hesaplayarak eşitlikleri çözmektedir (Steduto ve Snyder, 1998).

Deneme süresince tarla koşullarında belirlenen gerçek bitki su tüketimi ve farklı yöntemlerle belirlenen kıyas bitki su tüketimi değerleri arasındaki ilişki 10 günlük dönemler için istatistiksel analizle belirlenmiştir. Çalışmada kıyas bitki su tüketimi hesaplama yöntemleri içerisinde hata kareler ortalaması (HKO) en düşük olan yöntemin en uygun olduğu varsayılmıştır (Steduto ve Snyder, 1998).

3. Bulgular ve Tartışma

Deneme süresince bitki kök bölgesindeki nem tansiyonunu izlemek amacıyla 10 cm derinliğe yerleştirilen tansiyometre okumalarına ilişkin aylık ortalama değerler Çizelge 4’de verilmiştir.

Çizelge 4’den de görüleceği gibi deneme süresince I_1 , I_2 ve I_3 konularında tansiyometre okumaları yaklaşık 9-19 santibar (cb) arasında değişmiştir. Ancak I_4 konusunda ise Haziranda ortalama 53 cb iken Temmuzdan itibaren denemenin sonuna kadar 80 cb’lık yüksek bir toprak nem tansiyonu görülmektedir.

Baştuğ ve Büyüктаş (2003), Antalya koşullarında serin iklim çimleri için bitki kök bölgesindeki nem tansiyonunun 8-11 cb arasında tutulması durumunda en iyi çim

Çizelge 4. Deneme Konularında 10 cm Derinlikteki Tansiyometre Okumalarının Aylık Ortalama Değerleri (cb).

Konular	Aylar				Mevsimlik Ortalama
	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	
I ₁	9.172	9.387	9.774	9.633	9.491
I ₂	9.931	10.258	10.354	10.166	10.177
I ₃	18.620	19.000	18.903	18.366	18.722
I ₄	53.517	80.000	80.000	80.000	73.379

Çizelge 5. Deneme Konularında Mevsimlik Toplam Bitki Su Tüketimi Unsurları

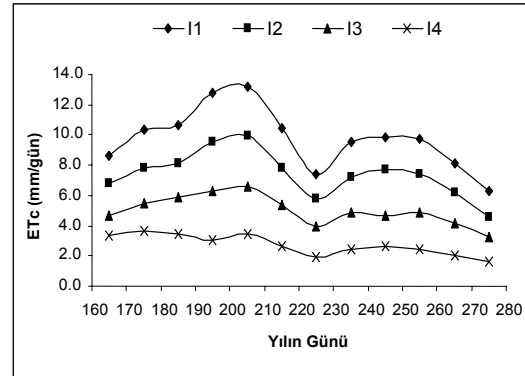
Konular	Topraktan Kullanılan Nem (mm)	Sulama Suyu (mm)	Yağış (mm)	Mevsimlik ETc (mm)	Günlük Ortalama ETc (mm/gün)
I ₁	8.88	1168.20	8.5	1186	9.80
I ₂	14.71	877.18	8.5	900	7.43
I ₃	21.79	584.10	8.5	614	5.10
I ₄	40.23	292.08	8.5	341	2.82

kalitesine ulaşılabileceğini bildirmişlerdir. I₁ ve I₂ konularındaki tansiyon değerlerinin anılan sınırlar içinde olduğu söylenebilir. Toprak bünyesine bağlı olarak 0-10 cb'lık tansiyometre okumaları doymun toprak koşullarını belirtir (Kanber, 2002). Bu durum göz önüne alınırsa kıyas bitki su tüketimi eşitlikleri ile belirlenen ETo değerlerinin I₁ ve I₂ konularından elde edilen ETc değerleri ile karşılaştırılmasının daha doğru olacağı söylenebilir.

Deneme konularına ilişkin uygulanan mevsimlik toplam sulama suyu miktarı, topraktan kullanılan nem, yağış, bitki su tüketimi ve günlük ortalama ETc değerleri (121 günlük deneme süresi için) Çizelge 5'de verilmiştir. Ayrıca araştırma süresince günlük ortalama olarak uygulanan sulama suyu miktarları ise I₁, I₂, I₃ ve I₄ konularında sırasıyla 9.65, 7.25, 4.82 ve 2.41 mm olmuştur.

Deneme konularına ilişkin tarla koşullarında 10 günlük dönemler için belirlenen bitki su tüketimi değerlerinin deneme süresince değişimi Şekil 1'de verilmiştir. Şekil 1'den görüleceği üzere deneme konularına uygulanan sulama suyu düzeyine bağlı olarak bitki su tüketimi I₁ konusunda 6-13 mm/gün, I₂ konusunda 4.5-10 mm/gün, I₃ konusunda 3-6.5 mm/gün ve I₄ konusunda 1.5-3.5 mm/gün değerleri arasında değişmiştir. Bu değerlere bağlı olarak I₁, I₂, I₃ ve I₄ konularında mevsimlik ortalama bitki su tüketimi değerleri sırasıyla 9.80, 7.43, 5.10 ve 2.82 mm/gün olarak

belirlenmiştir (Çizelge 5).



Şekil 1. Deneme Konularında Ölçülen Bitki Su Tüketimi Değerlerinin Deneme Süresince Değişimi.

Kneebone ve ark. (1992), çimin olağan su tüketiminin 2.5-7.5 mm/gün arasında değiştiğini, Carrow ve ark. (1990) ise ETc düzeylerine göre yaptıkları sınıflamada değişim aralığını 4.0-9.0 mm/gün olarak belirtmişlerdir. Denemede konularından elde edilen su tüketimi değerlerinin anılan literatürlerle uyumlu olduğu söylenebilir.

Deneme konularında Çizelge 2 kullanılarak belirlenen görsel kalite değerleri Çizelge 6'da verilmiştir. Çizelge 6'dan deneme başlangıcında tüm konulardaki renk derecelendirme numarasının 7 olduğu görülmektedir. I₁ ve I₂ konularındaki renk değişimi araştırma süresince aynı olarak belirlenmiştir. Bu durum her iki konuda da mevsim boyunca toprak nem tansiyonunun

Çizelge 6. Deneme Süresince Konulara İlişkin Görsel Kalite Değerlerinin Değişimi

Konular	Görsel Kalite Değerleri					
	Başlangıç	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Mevsimlik Ortalama
I ₁	7	7	6	6	7	6.5
I ₂	7	7	6	6	7	6.5
I ₃	7	6	5	5	6	5.5
I ₄	7	5	3	3	3	3.5

birbirine çok yakın düzeylerde devam etmesi ile açıklanabilir (Çizelge 4). Öte yandan, I₂ konusundaki sulama düzeyinin en iyi renk kalitesinin elde edilmesi için yeterli olduğu sonucuna da ulaşılabilir.

Baştuğ ve Büyüktaş (2003), A sınıfı buharlaşma kabından olan buharlaşmanın %75'i düzeyinde sulama yapılması durumunda Antalya koşullarında serin iklim çimleri için en iyi renk kalitesinin elde edilebileceğini bildirmişlerdir. Buradan, Antalya koşullarında iklimden dolayı serin ve sıcak iklim çim türlerinin iyi bir renk kalitesi için aynı düzeyde (A sınıfı buharlaşma kabından olan buharlaşmanın %75'i düzeyinde) sulanabileceği sonucu çıkarılabilir.

Çizelge 6'daki değerlere Parametrik Olmayan Friedman Testi uygulanarak yapılan istatistiksel değerlendirme ise farklı sulama konuları ve aylara göre Çizelge 7'de verilmiştir. Anılan test sonuçlarına göre hem sulama konuları ve hem de aylar arasında renk kalitesi bakımından istatistiksel açıdan önemli (P<0.05) farklar bulunmuştur.

Çizelge 7. Parametrik Olmayan Friedman Testi Sonuçları.

		N*	Medyan	P†
Konular	I ₁	4	6.50	0.01
	I ₂	4	6.50	
	I ₃	4	5.50	
	I ₄	4	3.50	
Aylar	Haziran	4	6.50	0.05
	Temmuz	4	5.50	
	Ağustos	4	5.50	
	Eylül	4	6.50	

* N : Örnek Sayısı, † P : Olasılık

Genel olarak değerlendirme yapıldığında deneme süresince I₁ ve I₂ konularından I₄ konusuna doğru gidildikçe görsel kalitede azalma olduğu görülmektedir. Mevsimlik ortalama olarak I₁ ve I₂ konularında renk derecelendirme numarasının 6.5 ile aynı, I₃ konusunda 5.5 ve I₄ konusunda 3.5 olduğu görülmektedir. Önceki çalışmalardan, renk kalitesi

derecelendirme numarasının 1 ile 9 arasında değiştiği geleneksel görsel kalite değerlendirmesinde kabul edilebilir minimum renk derecelendirme numarasının 6 olduğu söylenebilir (Kopp ve Guillard, 2002; Karcher ve Richardson, 2003).

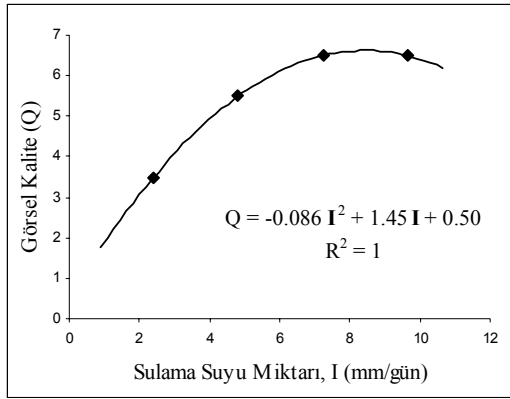
Bu bulguların incelenmesinden, I₁ ve I₂ sulama konularında kabul edilebilir bir görsel kalitenin sürdürüldüğü, I₃ ve I₄ konularında ise çimde görsel kalite açısından tatmin edici bir sonuç alınmadığı söylenebilir.

Fry ve Butler (1989), potansiyel ET'nin %100, 75 ve 50'si düzeyinde iki gün ara ile sulanan bir serin iklim çimi olan uzun yumak çiminde (*Festuca arundinacea* Schreb.) sulama düzeyindeki kısıntıya bağlı olarak renk kalitesinde azalma olduğunu bildirmişlerdir. Çizelge 6 incelendiğinde benzer durumun bu araştırma için de söz konusu olduğu görülmektedir.

Bonos ve Murphy (1999), yaz sıcaklığına bağlı olarak çim bitkisinde meydana gelen stresin görsel kaliteyi etkilediğini bildirmişlerdir. Buradan, hava sıcaklığının en yüksek olduğu Temmuz ve Ağustos aylarında deneme konularında meydana gelen renk kalitesindeki azalmanın bitki için karakteristik olan yaz sıcaklığına bağlı stresten meydana gelmiş olabileceği, Eylül ayında ise sıcaklığın düşmesi sonucu anılan durumun ortadan kalkmasıyla renk kalitesinin tekrar yükseldiği söylenebilir (Reginato, 1983).

Tarla koşullarında bermuda çimine uygulanan mevsimlik ortalama sulama suyu miktarları ile görsel kalite değerleri arasında eğrisel bir ilişki elde edilmiş ve Şekil 2'de gösterilmiştir.

Anılan ilişki bermuda çiminde uygulanan sulama suyu miktarına bağlı olarak görsel kalitede meydana gelebilecek değişimin belirlenmesinde kullanılabilir niteliktedir. Şekil 2'de verilen eğrinin tipik bir su-verim fonksiyonu eğrisi olduğu görülmekte ve drenaj koşullarının iyi olması



Şekil 2. Bermuda Çiminde Uygulanan Sulama Suyu Miktarına Bağlı Olarak Görsel Kalitedeki Değişim.

durumunda görsel kalite değerinin uygulanan sulama suyu miktarının artmasına karşın değişmeyeceği fakat kötü drenaj koşullarında görsel kalitede azalma olmasının beklenebileceği söylenebilir (Güngör ve ark., 1996).

I_1 ve I_2 konularında uygulanan sulama düzeylerinin farklı olmasına rağmen elde edilen görsel kalite değerlerinin mevsim boyunca aynı olması, her iki konudaki 0-30 cm'lik toprak profilindeki nemin birbirine çok yakın düzeylerde devam etmesi (Çizelge 4) ve I_1 konusu için hesaplanan bitki su tüketimi değerlerinin (Şekil 1) kıyas bitki su tüketimi eşitlikleriyle hesaplanan tüm değerlerden de yüksek olması (Çizelge 8) durumları göz önüne alındığında I_1 konusu için hesaplanan yüksek bitki su tüketimi değerinin derine süzülmenin ihmal edilmesinden kaynaklandığı söylenebilir.

Dolayısı ile su bütçesi eşitliği kullanılarak tarla koşullarında bitki su tüketimi hesabında derine süzülme kayıplarının ihmal edilebileceği kabulünün I_1 konusu için geçerli olmadığı söylenebilir. Bu nedenle bermuda çiminin su tüketiminin belirlenmesinde kıyas bitki su tüketimi eşitliklerinin geçerliliği I_2 konusunda tarla koşullarında ölçülen su tüketimi değerleri ile belirlenmiştir.

Araştırma süresince ölçülen meteorolojik veriler kullanılarak farklı yöntemlerle 10 günlük dönemler için belirlenen kıyas bitki su tüketimi değerleri ile tarla koşullarında I_2 konusunda 10 günlük dönemler için ölçülen bermuda çiminin su

tüketimi değerlerinin karşılıklı grafiklendiği Şekil 3'deki her bir grafikte kıyas ET hesaplama yöntemlerinin gerçek su tüketimini belirlemede tam geçerlilik durumu (1:1 oranda) ve bundan sapma durumu da gösterilmiştir. Ayrıca, her bir yöntem bağımsız olarak değerlendirildiğinde gerçek su tüketiminin kestirimi için kullanılacak düzeltme denklemleri ve bu denklemlere ilişkin korelasyon katsayıları da grafikler üzerinde gösterilmiştir.

Bermuda çimine ilişkin tarla koşullarında ölçülen ve kıyas bitki su tüketimi yöntemleriyle belirlenen 10 günlük dönemler için ortalama günlük bitki su tüketimi değerleri Çizelge 8'de verilmiştir. Anılan çizelgede her bir yöntemin yöre için çim su tüketimini belirlemede geçerlilik düzeyini gösteren hata kareler ortalaması (HKO) değerleri ve mevsimlik ortalama su tüketimi değerleri de verilmiştir. Hata kareler ortalaması en düşük olan yöntemin anılan yörede çim su tüketiminin hesaplanması için en uygun yöntem olduğu söylenebilir (Steduto ve Snyder, 1989).

Şekil 3 ve Çizelge 8 incelendiğinde, deneme süresince tüm dönemler için FAO Penman ve Blaney-Cridde (FAO ve SCS uyarlamaları) yöntemlerinin çim su tüketimini daha yüksek, Priestley-Taylor ve Hargreaves yöntemlerinin ise daha düşük değerlerde hesapladığı görülmektedir.

Ventura ve ark. (1999), çim bitkisi su tüketimini belirlemek için farklı kıyas bitki su tüketimi yöntemlerini değerlendirdikleri çalışmalarında İtalya'daki meteoroloji istasyonlarından elde edilen veriler kullanılarak FAO Penman yöntemiyle hesapladıkları ETo değerlerinin 1:1 çizgisinin biraz üzerinde olduğunu bildirmişlerdir. Ayrıca Allen ve ark. (1989), kıyas bitki su tüketiminin belirlenmesi üzerine yaptıkları araştırmalarında FAO Penman yönteminin ETo değerini lizimetre ölçümleri ve diğer deneysel yöntemlere göre daha yüksek belirlediğini saptamışlardır.

Allen ve ark. (1998), Blaney-Cridde yönteminin kıyas bitki su tüketimini hesaplamada hassas olmadığını rüzgar hızının düşük ve hava neminin kısmen yüksek olduğu dönemler için kıyas bitki su tüketimini yüksek hesaplayabildiğini

Çizelge 8. 10 Günlük Dönemler İçin Tarla Koşullarında Ölçülen ve Kıyas Bitki Su Tüketimi Yöntemleriyle Belirlenen Ortalama Günlük Bitki Su Tüketimi Değerleri

Aylar	Ölçülen ETçim	PM	PEN	FAO PEN	PT	FAOR	FAOB	SCSB	HARG	Epan
Haziran										
01-10	6.79	6.5	6.7	7.8	5.4	6.3	6.8	6.7	5.6	7.9
11-20	7.85	8.7	8.5	9.8	5.9	8.1	9.4	8.1	6.2	7.3
21-30	8.16	8.9	8.8	10.5	6.1	8.3	9.8	8.2	6.1	7.2
Temmuz										
01-10	9.58	9.1	8.9	10.4	7.1	9.4	11.2	9.7	7.2	8.3
11-20	9.97	8.9	9	10.4	6.9	9.7	11.1	9.2	6	7.6
21-31	7.84	7.6	7.8	9.1	6.2	8.2	9.4	8.6	5.7	8.1
Ağustos										
01-10	5.76	5.7	6	6.9	5.2	5.7	6.3	7.9	4.9	7.8
11-20	7.23	7.4	7.4	9.1	5.6	7.4	9.2	8.3	5.3	7.8
21-31	7.67	8.1	7.9	9.1	5.3	7.7	9.2	8	5.2	7.3
Eylül										
01-10	7.37	8.5	8	9.1	4.6	6.9	8.4	7.2	5	6.2
11-20	6.20	6.8	6.4	7.4	4.1	5.6	6.7	6.2	4.7	6.4
21-30	4.60	6.7	6.1	7.1	3.7	4.7	6.1	6.6	4.3	5.9
Ortalama	7.42	7.74	7.63	8.89	5.51	7.33	8.63	7.89	5.52	7.32
HKO	0.00	0.647	0.362	2.162	3.552	0.084	1.536	0.794	3.779	1.250

PM : Penman-Monteith, PEN : Orijinal Panman, FAO-PEN : FAO Penman, PT : Priestley-Taylor, FAOR : FAO Radyasyon, FAOB : FAO Blaney-Cridle, SCSB : SCS Blaney-Cridle, HARG: Hargreaves, Epan : A Sınıfı Buharlaşma Kabı Yöntemi.

bildirmişlerdir. FAO Penman ve Blaney-Cridle yöntemlerinin kıyas bitki su tüketimini yüksek değerlerde hesaplamasının bu çalışma içinde geçerli olduğu söylenebilir.

Utset ve ark. (2004), Akdeniz iklim koşullarında mısır bitkisi su kullanımının modellenmesi için Penman-Monteith ve Priestley-Taylor eşitliklerini karşılaştırdıkları çalışmalarında Priestley-Taylor yönteminin kıyas bitki su tüketimini Akdeniz iklim koşullarında daha düşük değerlerde hesapladığını bildirmişlerdir.

Garcia ve ark. (2004), Bolivia'nın yüksek rakımlı bölgelerinde lizimetre koşullarında farklı kıyas bitki su tüketimi hesaplama yöntemlerinin geçerliliği üzerine yaptıkları araştırmalarında Hargreaves yönteminin güneydeki kurak bölgelerde kıyas bitki su tüketimini daha düşük değerlerde belirlediğini bildirmişlerdir. Priestley-Taylor ve Hargreaves yöntemleri için benzer sonuçlar bu çalışmada da söz konusu olmuştur.

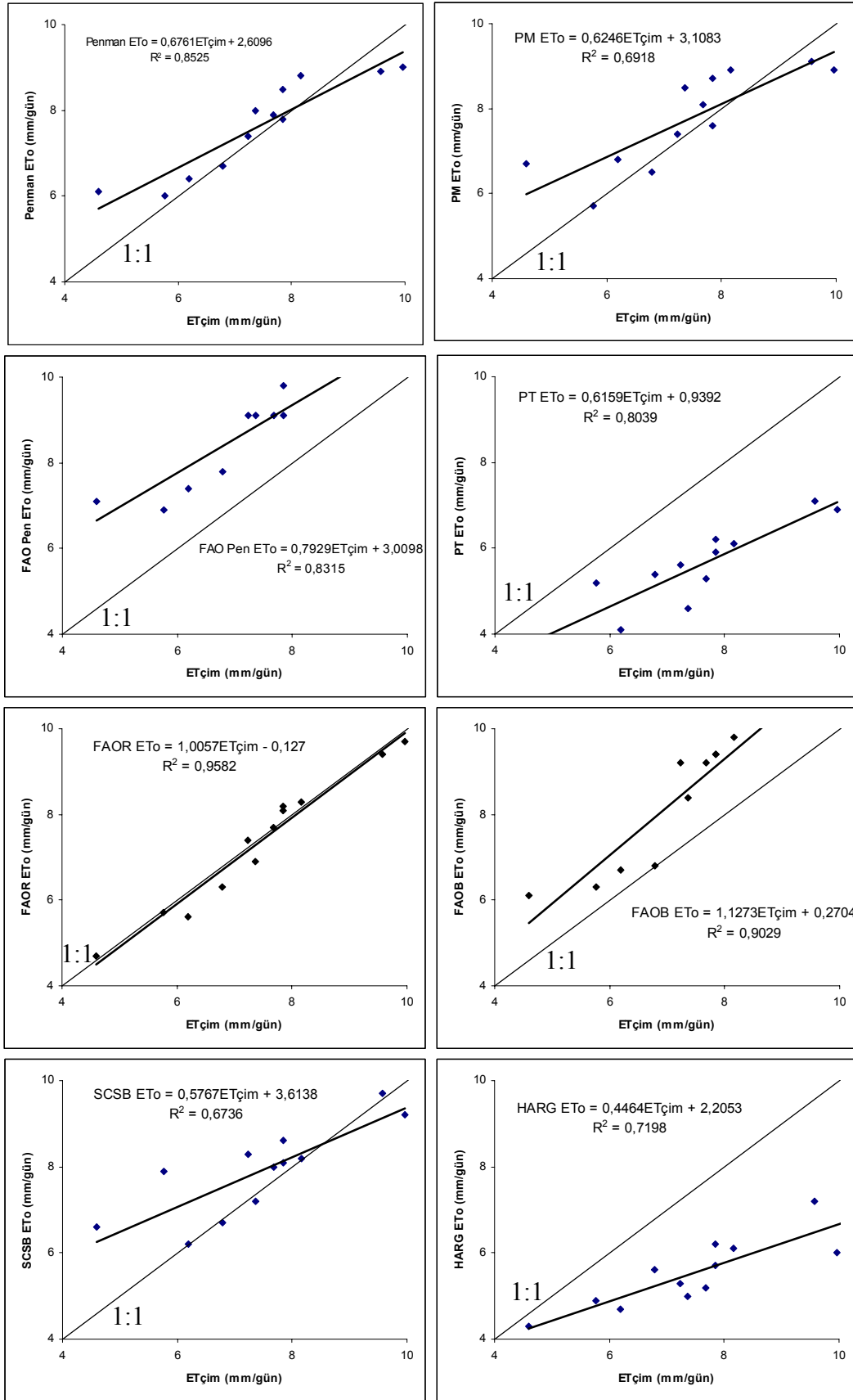
A sınıfı buharlaşma kabı yöntemiyle hesaplanan ETo değerlerinin tarla koşullarında belirlenen bermuda çimi su tüketimini iyi temsil etmediği görülmektedir (Çizelge 8). Sumner ve Jacobs (2005), farklı ETo yöntemlerinin subtropik iklime sahip Florida koşullarında kullanılabilirliği üzerine yaptıkları çalışmalarında A sınıfı buharlaşma kabı yönteminin diğer

yöntemlere göre daha az doğrulukta sonuçlar verdiğini bildirmişlerdir.

Şekil 3 ve Çizelge 8'de görüldüğü üzere kıyas bitki su tüketimini veren hesaplama yöntemleri içerisinde hata kareler ortalaması en düşük ve düzeltme denkleminin korelasyon katsayısı en yüksek olan FAO Radyasyon yöntemidir. Bu yöntemi sırasıyla Orijinal Penman ve Penman-Monteith yöntemleri izlemektedir.

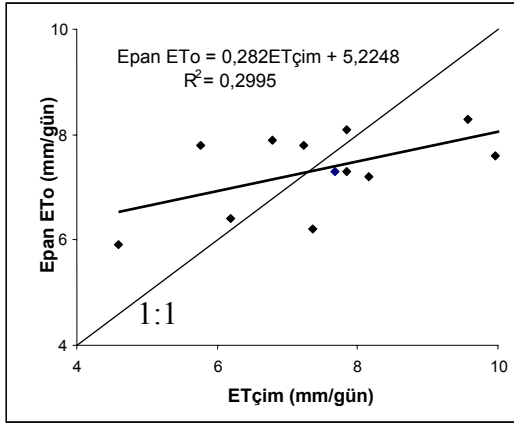
Diğer yöntemler kullanılarak anılan yörede bermuda çimi su tüketiminin belirlenmesinin doğruluk düzeyinin daha düşük olduğu ancak önerilen yöntemler için gerekli meteorolojik verilerin elde edilememesi durumunda herhangi bir yöntem için gerekli minimum verilerin kullanılması ile belirlenecek ETo değerlerinin düzeltme denkleminde yerine konulmasıyla çim su tüketiminin tahmin edilebileceği söylenebilir.

Penman-Monteith yönteminin her yöre ve iklim koşulunda kıyas bitki su tüketimi tahmini için başarıyla kullanılabileceği birçok çalışmada ortaya konmuştur (Jensen ve ark., 1990; Allen ve ark., 1998; Ventura ve ark., 1999). Irmak ve ark. (2005), 21 farklı çim ve yonca kıyas bitki su tüketimi hesaplama yöntemlerinin Florida koşullarında geçerliliğini belirlemek üzere yaptıkları çalışmalarında eşitliklerinin kıyaslamasını Penman-Monteith yöntemine göre yapmışlar ve bu yöneme en yakın



Şekil 3. Tarla Koşullarında Belirlenen Bitki Su Tüketimi (ETçim) Değerleri ve Kıyas Bitki Su Tüketimi Eşitlikleri ile hesaplanan ETo Değerleri Arasındaki İlişki.

Şekil 3'ün devamı.



sonuçların Orijinal Penman yönteminden elde edildiğini bildirmişlerdir.

Jensen ve ark. (1990), 20 farklı ETo eşitliğinin geçerliliğini araştırdıkları çalışmalarında kurak iklim bölgelerinde en iyi tahmin yöntemlerinin sırasıyla Penman-Monteith, 1982 Kimberley-Penman ve FAO Radyasyon yöntemleri olduğunu bildirmişlerdir.

Zhao ve ark. (2005), kurak iklime sahip Heihe Nehri havzasında 7 farklı kıyas bitki su tüketimi hesaplama yöntemini karşılaştırdıkları çalışmalarında en iyi tahmin yöntemlerinin sırasıyla FAO-Penman Orijinal Penman ve FAO Radyasyon yöntemleri olduğunu bildirmişlerdir.

Bu çalışmanın Akdeniz bölgesinde kurak geçen yaz döneminde yapıldığı göz önüne alınırsa, deneme periyodu boyunca tarla koşullarında elde edilen ETc değerlerini en iyi tahmin edebilecek ETo eşitliklerinin sırasıyla FAO Radyasyon, Orijinal Penman ve Penman-Monteith yöntemleri olarak belirlendiği ve bu sonucun daha önce yapılan araştırma sonuçları ile büyük benzerlik gösterdiği söylenebilir.

4. Sonuç ve Öneriler

Tarla koşullarında farklı sulama suyu düzeylerinin bermuda çimi su tüketimine ve görsel kalitesi üzerine etkisi, yöre şartlarında bermuda çimi için en uygun sulama düzeyinin saptanması ve yöre koşullarında farklı kıyas bitki su tüketimi hesaplama eşitliklerinin geçerliliğinin araştırılması amacıyla Antalya'da bir çalışma yapılmıştır.

Çalışmada A sınıfı buharlaşma kabından olan buharlaşmanın %100, 75, 50 ve 25'i düzeylerinde iki gün ara ile sulanan sırasıyla I₁, I₂, I₃ ve I₄ olmak üzere 4 sulama konusu denenmiştir. Deneme konularına uygulanan sulama suyu düzeyine bağlı olarak bitki su tüketimi I₁ konusunda 6-13 mm/gün, I₂ konusunda 4.5-10 mm/gün, I₃ konusunda 3-6.5 mm/gün ve I₄ konusunda 1.5-3.5 mm/gün değerleri arasında değişmiştir ve I₁, I₂, I₃ ve I₄ konularında mevsimlik ortalama bitki su tüketimi değerleri sırasıyla 9.75, 7.42, 5.01 ve 2.73 mm/gün olarak belirlenmiştir.

Toprak nem içeriğinin nötron probe aleti ve tansiyometrelerle izlendiği çalışmada bermuda çiminde sulama düzeylerine bağlı olarak görsel kalite değişimi gözlenmiş ve görsel kalite ile mevsim boyunca uygulanan günlük ortalama sulama suyu miktarları arasında eğrisel bir ilişki elde edilmiştir. Anılan ilişkiye ait denklem $Q = -0.0861I^2 + 1.45I + 0.50$ olarak verilmiştir. Anılan denklem Antalya koşullarında bermuda çimi su tüketimi düzeyine bağlı olarak görsel kalitedeki değişimin belirlenmesi amacıyla kullanılabilir niteliktedir.

Çalışmada en iyi görsel kalite I₁ ve I₂ konularından elde edilmiş, diğer iki sulama konusunda ise kabul edilebilir bir görsel kalite elde edilememiştir. Ayrıca, A sınıfı buharlaşma kabından olan buharlaşmanın % 75'i düzeyinde sulama suyu uygulanmasının Bermuda çiminde kabul edilebilir bir görsel kalitenin sürdürülmesi için yeterli olacağı, A sınıfı buharlaşma kabından olan buharlaşmanın %75'inden %100'üne kadar olacak sulama suyu artışlarının çim bitkisinde görsel kalite üzerinde etkili olmadığı ve sadece derine süzülme kayıplarını artırabileceği sonuçlarına da ulaşılmıştır.

Antalya yöresinde bermuda çimi su tüketiminin ETo hesaplama eşitlikleri ile tahmin edilmesi durumunda en iyi tahmin eşitliklerinin sırasıyla FAO Radyasyon, Orijinal Penman ve Penman-Monteith yöntemleri olduğu belirlenmiştir. Bu yöntemlere ilişkin hata kareler ortalaması değerleri sırasıyla 0.084, 0.362 ve 0.647 olarak belirlenmiştir.

Yörede bermuda çiminde kabul

edilebilir bir görsel kalitenin sürdürülebilmesi için sulama programlamasının; tansiyometre okumalarına dayalı yapılması durumunda bitki kök bölgesindeki toprak nem tansiyonun 10 cb civarında tutulması, A sınıfı buharlaşma kabından olan buharlaşma değerlerine dayalı yapılması durumunda buharlaşmanın %75 düzeyinde sulama suyu uygulanmasının yeterli olacağı ve ETo değerlerine dayalı olarak yapılması durumunda ise sırasıyla FAO Radyasyon, Orijinal Penman ve Penman-Monteith eşitlikleri ile belirlenecek ETo değerlerinin kullanılması önerilerinde bulunulabilir.

Kaynaklar

- Al-Faraj, A., Meyer, G.E., Schade, G.R. and Horst G.L., 2000. Dynamic Analysis of Moisture Stres in Tall Fescue (*Festuca arundinacea* Schreb.) using Canopy Temperature, Irradiation and Vapor deficit. *Trans. of ASAE*, 43 (1) : 101-109.
- Allen, R.G., Pereira, L.S., Raes, D. and Smith, M., 1998. *Crop Evapotranspiration: Guidelines for Computing Crop Water Requirements*. Irrigation and Drainage Paper 56, FAO, Rome, Italy.
- Allen, R.G., Jensen, M.E., Wright, J.L. and Burman, R.D., 1989. Operational Estimates of Reference Evapotranspiration. *Agronomy J.* 81: 650-662.
- Alves, I., Fontes, J.C. and Pereira, L.S., 2000. Evapotranspiration Estimation from Infrared Surface Temperature I : The performance of the Flux Equation. *Trans. of ASAE*, 43(3): 591-598
- Aronson, L.J., Gold, A.J., Hull, R.J. and Cisar, J.L., 1987. Evapotranspiration of Cool Season Turfgrasses in the Humid Northeast. *Agronomy J.* 79: 901-905.
- Arslan, M. ve Cakmakçı, S., 2004. Farklı Çim Tür ve Çeşitlerinin Antalya İli Sahil Koşullarında Adaptasyon Yeteneklerinin ve Performanslarının Belirlenmesi. *Akd. Üniv. Zir. Fak. Dergisi*, 17 (1): 31-42.
- Bastug, R. and Buyuktas, D., 2003. The Effects of Different Irrigation Levels Applied in Golf Courses on Some Quality Characteristics of Turfgrass. *Irrig. Sci.*, 23: 87-93.
- Blaney, H.F. and Criddle, W.D., 1950. Determining Consumptive Water Use and Irrigation Water Requirements. *USDA Technical Bulletin* No.1275.
- Bonos, S.A., and Murphy, J.A., 1999. Growth Responses and Performance of Kentucky Bluegrass under Summer Stress. *Crop Science*, 39: 770-774.
- Carrow, R.N., Shearman R.C. and Watson J.R., 1990. Turfgrass. In: *Irrigation of Agricultural Crops* (B.A. Stewart and D.R. Neilsen. Co-editors). Madison, Wisconsin, USA. pp 889-919.
- Dodds, P.E., Wayne, S.M. and Barton A., 2005. A Review of Methods to Estimate Irrigated reference Crop Evapotranspiration across Australia. *CRC for Irrigation Futures Technical Report No.04/05*, 48pp.
- Doty, J.A., Braunworth, W.S., Tan, Jr.S., Lombard, P.B. and William, R.D., 1990. Evapotranspiration of Cool-Season Grasses Grown with Minimal Maintenance. *HortSci.* 25(5): 529-531.
- Donatelli, M., Bellocchi, G. and Carlini, L., 2006. Sharing Knowledge Via Software Components: Models on Reference Evapotranspiration. *European Journal of Agronomy*, 24: 186-192.
- Doorenbos, J. and Pruitt, W.O., 1977. *Guidelines for Predicting Crop Water Requirements*. Irrigation and Drainage Paper 24, FAO, Rome.
- Fry, D.J., and Butler, D.J., 1989. Responses of Tall and Hard Fescue to Deficit Irrigation. *Crop Sci.*, 29: 1536-1541.
- Garcia, M., Raes, D., Allen, R.G. and Herbas, C., 2004. Dynamics of Reference Evapotranspiration in the Bolivian Highlands (Altiplano). *Agricultural and Forest Meteorology*, 125:67-82.
- Garrot, D.J. and Mancino, C.F., 1994. Consumptive Water Use of Three Intensively Managed Bermudagrasses Growing under Arid Conditions. *Crop Sci.*, 34: 215-221.
- Gold, A.J., Aranson, L.J. and Hull, R.J., 1987. Cool-Season Turfgrass Responses to Drought Stres. *Crop. Sci.* 27: 1261-1266.
- Güngör, Y., Erözel, A.Z. ve Yıldırım, O., 1996. *Sulama*. Ankara Üniv. Ziraat Fak. Yayın No:1443, Der Kitabı No:424, Ankara, 295s.
- Hargreaves, G.H., 1974. Estimation of Potential and Crop Evapotranspiration. *Trans. of ASAE*, 17: 701-704.
- Irmak, S., Allen, R.G. and Whitty, E.B., 2003. Daily Grass and Alfalfa Reference Evapotranspiration estimates and Alfalfa to Grass Evapotranspiration Ratios in Florida. *Journal of Irrig. and Drain. Engineering-ASCE*, 129(5): 360-370.
- İkiz, F., Püskülcü, H. ve Eren, S., 1996. *İstatistiğe Giriş*. Barış Yayınları. Fakülteler Kitabevi, 435s.
- Jensen, M.E., 1973. *Consumptive Use of Water and Irrigation Water Requirements*. ASCE Irrigation and Drain. Div. New York, 215pp.
- Jensen, M.E., Burman R.D. and Allen, R.G., 1990. *Evapotranspiration and Irrigation Water Requirements*. ASCE Manuals and Reports on Engineering Practice, No.70, New York.
- Jalali-Farahani, H.R., Slack, D.C., Kopec, D.M. and Matthias, A.D., 1993. *Crop Water-Stress Index Models For Bermudagrass Turf - A Comparison*. *Agronomy J.*, 85(6): 1210-1217
- Kanber, R., 2002. *Sulama*. Çukurova Üniv. Ziraat Fak. Gen. Yayın No:174, Ders Kitapları Yayın No:52, Adana, 530s.
- Karcher, D.E. and Richardson, M.D., 2003. Quantifying Turfgrass Color Using Digital Image Analysis. *Crop Sci.*, 43: 943-951.
- Kjelgaard, J.F., Stockle, C.O. and Evans, R.G., 1996. Accuracy of Canopy Temperature Energy

- Balance for Determining Daily Evapotranspiration. *Irrig. Sci.*, 16:149-157.
- Kırda, C., Van Cleemput, O. and Moutonnet, P., 1996. Plant Nutrient and Water Balance Studies Under Legume-Cereal Rotation Systems. Nuclear Methods for Plant Nutrients and Water Balance Studies. IAEA, pp. 11-2., Vienna.
- Kneebone, W.R., Kopec, D.M. and Mancino, C.F., 1992. Water Requirement and Irrigation in: Turfgrass (D.V. Waddington, R.N. Carrow and R.C. Shearman, co-editors). *Agronomy* No:32, ASA-CSSA-SSSA, Madison, Wisconsin USA, pp.441-473.
- Kneebone, W.R. and Pepper, I.L., 1982. Consumptive Water Use by Sub-Irrigated Turfgrass under Desert Conditions. *Agronomy Journal*, 74 : 419-423.
- Kopp, L.K. and Guillard, K., 2002. Clipping Management and Nitrogen Fertilization of Turfgrass: Growth, Nitrogen Utilization and Quality. *Crop Sci.*, 42: 1225-1231.
- Lecina, S., Martinez-Cob, A., Perez, P.J., Villalobos, F.J. and Baselga, J.J., 2003. Fixed Versus Variable Bulk Canopy Resistance for Reference Evapotranspiration Estimation Using The Penman-Monteith Equation under Semiarid Conditions. *Agric. Water. Management*, 60: 181-198.
- Martin, D.L., Wehner, D.J. and Throssell, C.S., 1994. Models For Predicting The Lower Limit Of The Canopy-Air Temperature Difference Of 2 Cool-Season Grasses. *Crop Science*, 34 (1): 192-198.
- Olufayo, A., Baldy, C. and Ruelle, P., 1996. Sorghum Yield, Water Use and Canopy Temperatures under Different Levels of Irrigation. *Agricultural Water Management*, 30:77-90.
- Penman, H.L., 1948. Natural Evaporation from Open Water, Bare Soil and Grass. *Proceedings of Royal Society London. Ser. A*, 193: 120-145.
- Priestley, C.H.B. and Taylor, R.J., 1972. On the Assessment of Surface Heat Flux and Evaporation Using Large-Scale Parameters. *Monthly Weather Review*, 100: 81-92.
- Reginato, R.J., 1983. Field Quantification of Crop Water Stress. *Trans. of the ASAE*, 26: 772-775.
- Richie, W.E., Green, R.L., Klein, G.J. and Hartin, J.S., 2002. Tall Fescue Performance Influenced by Irrigation Scheduling, Cultivar, and Moving Height. *Crop Science*, 42: 2011-2017.
- Sarı, M., Aksoy, T., Köseoğlu, T., Kaplan, M., Kılıç, Ş. ve Pılanalı, N., 1993. Akdeniz Üniversitesi Yerleşim Alanının Detaylı Toprak Etüdü ve İdeal Arazi Kullanım Planlaması. Akdeniz Üniv. Yayınları, Antalya, 245pp.
- Steduto, P. and Snyder, R.L., 1998. IAM_ETo Software Program and User's Guide. Options Mediterraneennes (Edited by The Water Use Efficiency Network), Series B: Research and Analysis, No.20, CIHEAM /IAM Bari, Italy.
- Sumner, D.M. and Jacobs, J.M., 2005. Utility of Penman-Monteith, Priestley-Taylor Reference Evapotranspiration and Pan Evaporation Methods to Estimate Pasture Evapotranspiration. *Journal of Hydrology*, 308: 81-104.
- Temesgen, B., Eching, S., Davidoff, B. and Frame, K., 2005. Comparison of Some Reference Evapotranspiration Equations for California. *J. Irrig. and Drain. Eng.-ASCE*, 131: 73-84.
- Throssell, C.S., Carrow, R.N. and Milliken, G.A., 1987. Canopy Temperature Based Irrigation scheduling Indices for Kentucky Bluegrass Turf. *Crop Sci.*, 27: 126-131.
- Turgeon, A.J., 1980. Turfgrasses Management. Reston Publishing Company Inc., A Prentice-Hall Company reston Virginia.
- Utset, A., Fare, I., Martinez-Cob, A. and Cavero, J., 2004. Comparing Penman-Monteith and Priestley-Taylor Approaches as Reference Evapotranspiration Inputs for Modelling Maize Water Use under Mediterranean Conditions. *Agricultural Water Management*, 66: 205-219.
- Ventura, E., Spano, D., Duce, P. and Snyder, R.L., 1999. An Evaluation of Common Evapotranspiration Equations. *Irrig. Sci.*, 18: 163-170.
- Wilde, S.A. and Voigt, G.K., 1977. Munsell Color Chart for Plant Tissues. Munsell Color, Gretagmacbeth, New Windsor, New York.
- Zhao, C., Nan, Z., Cheng, G., 2005. Evaluating Methods of Estimation and Modelling Spatial Distribution of Evapotranspiration in the Middle Heihe River Basin, China. *American Journal of Environmental Sci.*, 1 (4): 278-285.