

ANTALYA YÖRESİNDE ÇİM KIYAS BİTKİ SU TÜKETİMİNİ VEREN BAZI AMPRİK EŞİTLİKLERİN TARLA VE LİZİMETRE KOŞULLARINDA KALİBRASYONU*

Köksal AYDINŞAKİR¹ Ruhi BAŞTUĞ² Dursun BÜYÜKTAŞ²

¹Narenciye ve Seracılık Araştırma Enstitüsü, Antalya

²Akdeniz Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarımsal Yapılar ve Sulama Bölümü, Antalya

Özet

Bu çalışmada, çim kıyas bitki su tüketimini hesaplamada kullanılan Blaney-Criddle, Radyasyon, A Sınıfı Buharlaşma Kabı ve Penman yöntemlerinin FAO (Birleşmiş Milletler Gıda Örgütü) uyarlaması ile Penman-Monteith yöntemlerine ilişkin amprik eşitliklerin Antalya yöresinde tarla ve mini lizimetre koşullarında kalibrasyonu ve en iyi tahmin yönteminin belirlenmesi amaçlanmıştır.

Çalışma, tarla koşullarında 18 x 60 m boyutlu bir alanda ve 20 cm çaplı 40 cm yüksekliğinde lizimetre saksılarında üçer tekerrürlü olarak yürütülmüştür. Deneme süresince topraktaki nem değişimi tarla parsellerinde gravimetrik yöntem ve tansiyometrelerle, mini lizimetrede ise Tensior 5 tansiyometre ile bir saksıda izlenmiştir. Deneme parselleri yağmurlama yöntemiyle, mini lizimetre saksıları süzgeçli kova ile ölçülü olarak sulanmıştır. Deneme süresince her iki koşulda da toprak nemi tarla kapasitesi civarında tutulmuştur.

Tarla ve mini lizimetre koşullarında belirlenen gerçek su tüketimleri ile farklı yöntemlerle hesaplanan çim kıyas bitki su tüketimleri arasında regresyon denklemleri elde edilmiştir. Gerçek su tüketimlerini en iyi temsil eden çim kıyas bitki su tüketimi hesaplama yönteminin seçiminde, hata kareler ortalaması (RMS) en düşük, korelasyon katsayısı (r^2) en yüksek ve mevsimlik bitki su tüketimini karşılama yüzdesi %100'e en yakın olan yöntemin en uygun olduğu kabul edilmiştir.

Hem tarla hem de mini lizimetre koşullarında en uygun çim kıyas bitki su tüketimi hesaplama yönteminin FAO-A Sınıfı Buharlaşma Kabı yöntemi olduğu, bunu Penman yönteminin izlediği saptanmış, bu yöntemlerden yararlanılarak gerçek su tüketimini bulmada kullanılabilecek denklemler elde edilmiştir. Ayrıca mini lizimetre koşullarının tarla koşullarını iyi temsil etmediği sonucuna ulaşılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Çim, Mini Lizimetre, Bitki Su Tüketimi, Bitki Su Tüketimi Eşitlikleri.

A Research on Calibration of Some Amprical Equations for Grass Reference Evapotranspiration Under Field and Small Lysimeter Conditions in Antalya Region

Abstract

In this study, it was aimed at calibrating some amprical equations of grass reference evapotranspiration under field and small lysimeter conditions in Antalya region. In the study, Penman-Monteith and FAO versions of Blaney-Criddle, Radiation, Class A Pan and Penman equations were used in order to compute grass reference evapotranspiration utilizing climatic data.

The study was carried out an experimental plot size of 18 x 60 m has been set up to measure actual grass reference evapotranspiration under field conditions and in three containers, as lysimeter, having 20 cm of diameter and 40 cm of height. During the study, the water content in the soil profile was monitored gravimetrically and by tensiometers in three replications, while it was only monitored in one container by Tensior 5 tensiometer in lysimeter. The experimental plot was irrigated by sprinkler irrigation, while the containers were irrigated by a measured cup. The soil water content was kept around field capacity both field and lysimeter.

The actual evapotranspiration under field and lysimeter conditions during the study and the reference evapotranspiration obtained from the different equations were evaluated by a statistical approach and regression equations were obtained. The equation which had the lowest root mean squares (RMS), the highest correlation coefficient (r^2) and the highest ratio of reference evapotranspiration to actual evapotranspiration was considered the best equation for representing actual evapotranspiration under field and lysimeter conditions.

According to the above mentioned criteria, Class A Pan was chosen the best equation for field and lysimeter conditions and this was followed by Penman Equation. Additionally, the actual evapotranspiration values obtained from lysimeters and field were plotted in the same graph and analyzed statistically. It was concluded that, based on t-test results, small lysimeters were not able to represent field conditions.

Keywords: Grass, small lysimeter, evapotranspiration, reference evapotranspiration equations

*: Bu Araştırma Akdeniz Üniversitesi Araştırma Fonunca Desteklenmiştir (Proje No: 99.02.0121.22).

1. Giriş

Toprak ve su kaynaklarının korunması, geliştirilmesi ve toplum yararına en iyi biçimde değerlendirilmesi çağımızda hemen tüm ülkelerin önde gelen sorunları arasında yer almaktadır. Sudan devamlı ve yüksek düzeyde yarar sağlanabilmesi için bölge koşullarına uygun sulama programlarının hazırlanması, bunun içinde bitkilerin tükettikleri su miktarlarının bilinmesi gerekir (Baştuğ, 1987).

Bitki su tüketimi değerleri, sulama sistemlerinin planlama, projeleme, yapım, işletme ve bakım aşamalarında, bitkilerin sulama suyu gereksinimlerinin belirlenmesinde ve sulama programlarının hazırlanmasında kullanılabilir (Güngör, 1990).

Bitki su tüketiminin deneysel olarak ölçülmesi ve çeşitli iklimsel verilerden yararlanılarak hesaplanması yoluyla belirlenmesine ilişkin bir çok yöntem geliştirilmiştir. Sulama projelerinin planlanmasında kullanılan bitki su tüketimine ilişkin verilerin tarla koşullarında birkaç yıl süren denemelerden elde edilmesi arzu edilir. Ancak bu tür çalışmaların uzun zaman, fazla emek ve maliyet gerektirmesi nedeniyle dolaylı yöntemlerle bitki su tüketiminin belirlenmesi yoluna gidilir.

Evapotranspirasyon (ET); toprak yüzeyinden oluşan buharlaşma (evaporasyon) ve bitki yapraklarından oluşan terleme (transpirasyon) ile atmosfere verilen toplam su miktarı olarak tanımlanır. ET miktarının hesaplanması veya ölçülmesine ilişkin geniş bir literatür söz konusudur (Jensen, 1973; Doorenbos ve Pruitt, 1977; Teare, 1984; Jensen ve ark., 1990).

Jensen (1973) bitki su tüketiminin belirlenmesinde kullanılan yöntemleri; doğrudan ölçüm yöntemleri (tank ve lizimetreler, tarla deneme parselleri, nem azalmasının denetimi ve havzaya giren ve çıkan akışın ölçülmesi) ve iklim verilerinden kestirim yöntemleri (mikrometeorolojik yöntemler, ampirik yöntemler ve kıyas bitki su tüketim yöntemleri) şeklinde sınıflandırmıştır. Günümüzde bitki su tüketiminin belirlenmesinde yaygın olarak kullanılan yaklaşım, önce kıyas (referans)

bir bitki (çim veya yonca gibi) için su tüketimini tahmin etmek, sonrada bu değeri bitki katsayısı ile düzeltmek yoluyla bitki su tüketimini elde etmektir (Doorenbos ve Pruitt, 1977).

Doorenbos ve Pruitt (1977) Blaney-Criddle, Penman, Net Radyasyon ve A Sınıfı Buharlaşma Kabı olmak üzere dört yöntemle çim kıyas bitki evapotranspirasyonu (ET_o) hesaplamada kullanılabilecek bir rehber hazırlamışlardır.

Bitki su tüketim tahmin yöntemleri, geliştirildikleri bölgeden farklı iklim koşullarına sahip bölgelerde, yöresel kalibrasyonları yapılmamışsa, genellikle sağlıklı sonuçlar vermemektedir (Jensen ve ark., 1990). Bu nedenle birçok araştırmacı hangi bölgelerde hangi tahmin yönteminin kullanılabileceğini saptamak amacıyla çalışmalar yapmışlardır.

O'Neil ve Carrow (1983) üç farklı toprak tipinde (sıkıştırılmamış, orta derecede sıkıştırılmış ve ağır derecede sıkıştırılmış) İngiliz çiminin (*Lolium perenne* L.) günlük su tüketimini sırasıyla 10.1, 6.3 ve 3.2 mm/gün olarak hesaplamışlardır.

Kneebone ve Pepper (1984) aşırı (364 mm/hafta) sulanması durumunda Bermuda çiminin yıl boyunca 8 mm/gün su kullandığını belirlemişlerdir. Kneebone ve ark., (1992) ise çimin tipik su kullanımının 2.5-7.5 mm/gün arasında değiştiğini, en fazla 12 mm/gün olduğunu bildirmişlerdir. Söz konusu çalışmada maksimum günlük su kullanımı 25 mm olarak saptanmış, ancak bunun yüksek advectif ısı ve toprak yüzünün nemli kalmasından ileri gelen aşırı bir kayıp olduğu açıklanmıştır.

Howell ve ark., (1985) çim ekili lizimetrelerden elde edilen bitki su tüketimi değerlerini Doorenbos ve Pruitt (1977)'de verilen potansiyel evapotranspirasyon değerleriyle karşılaştırmışlar, mayıs ayının son dört gününde hesaplanan bitki su tüketimi değerlerini lizimetre değerlerinden %5 daha fazla olarak belirlemişlerdir.

Shearman (1986) sulanan 20 çayır salkım otu çeşidinde ET'nin çeşitlere bağlı olarak 3.86-6.43 mm/gün arasında değiştiğini, yeşil görünümün ET ile önemli bir korelasyon gösterdiğini, sıcaklığın 25°C'den 35°C'ye yükselmesiyle ET'nin 1.1'den 1.7 kata kadar arttığını

saptamışlardır.

Fry ve Butler (1989a) serin iklim türleri olan kamışsı yumak (*Festuca arundinacea*) ve sert yumak (*Festuca longifolia* Thuill.) çimleriyle lizimetrelerde yaptıkları çalışmada en iyi sonuçları 2 ve 4 gün aralıklarla ETp'nin (potansiyel ET'nin) %75 veya %100'ü düzeyinde sulamalardan almışlardır. Aynı araştırmacılar başka çalışmalarında bataklık tavus otu (*Agrostis palustris* Huds.) ve yıllık salkım otu (*Poa annua* L.)'nun ET düzeylerinde küçük farklılıklar belirlemişlerdir.

Fry ve Butler (1989b) Fort Collins, Colorado'da, 1985-1986 yıllarında tek yıllık salkım otu (*Poa annua* L.) ve tavus otunun (*Agrostis palustris* Huds.) bitki su tüketimlerini, Feldhake ve ark., (1983) tarafından belirtilen lizimetreleri kullanarak belirlemeye çalışmışlardır. Biçim yüksekliği 6 mm olan tek yıllık salkım otunun 1985 ve 1986 yıllarındaki ortalama günlük su tüketimi sırasıyla 4.1 ve 4.6 mm/gün olarak hesaplanırken, biçim yüksekliği 12 mm olan tavus otunun günlük su tüketimi 4.4 ve 4.9 mm/gün olarak hesaplanmıştır.

Phene ve ark., (1996) çim bitkisinin su tüketimini lizimetreleri kullanarak 9.3 mm/gün olarak belirlerken, A sınıfı buharlaşma kabından elde edilen değeri 8.9 mm/gün olarak belirlemişlerdir.

Wright (1996) Idaho, Kimberly'de iklim verileri ve lizimetreleri kullanarak yonca ve çimin kıyas evapotranspirasyonunu belirlemişlerdir. Araştırma sonucuna göre yoncanın günlük su tüketimi birkaç günün dışında 10 mm/günü geçerken, çimin günlük su tüketimi 8 mm/gün olarak belirlenmiştir. Çim bitkisinin 569 gün boyunca toplam su tüketimi Penman eşitliği ile 3038 mm bulunurken, lizimetreten elde edilen değer 3015 mm olarak hesaplanmıştır. Araştırmacı, eşitlikle hesaplanan değerle lizimetreten hesaplanan değer arasında %0.4'lük küçük bir fark bulunduğunu saptamıştır.

Çim alan yöneticilerinin su tasarrufuna ilgisi büyüktür. Kneebone ve Pepper (1982) Bermuda çiminin farklı iki çeşidinde ET düzeylerinin farklı olmadığını bulmuşlardır. Buna karşın Biran ve ark., (1981), Kneebone ve Pepper (1982), Shearman (1986), Aronson ve ark., (1987),

Kopec ve ark., (1988), Kim ve Beard (1988) gibi araştırmacılar ET miktarlarında türler arası farklar bildirmişlerdir. Elde edilen veriler çim alan oluşturulurken ET düzeyi düşük çeşitlerin seçilmesinin ıslah ve seleksiyon programlarında ET düzeyi düşük çeşitlerin geliştirilmesinin su muhafazası açısından kuvvetli bir potansiyele sahip olduğunu göstermiştir. Meyer ve Gibeault (1986) sıcak iklim çimlerinin, su muhafazası açısından serin iklim çimlerinden daha büyük bir potansiyele sahip oldukları sonucuna ulaşmışlardır.

Ülkemizin Antalya yöresi, toprak ve iklim özellikleriyle tarımsal potansiyeli en yüksek yörelerin başında gelmektedir. Öte yandan Antalya aynı zamanda ülkemizin en önemli turistik merkezlerinden biri olup, turistik işletmelere ait yeşil alanların, çim alanların ve golf sahalarının sulanması ve bakımı işletmelerin önemli bir harcama unsurunu oluşturmaktadır. Dolayısıyla, sulama suyunda tasarruf sağlayıcı uygulamalara temel olacak bitki su tüketimi çalışmaları karar vericiler, işletmeciler ve üreticilerce oldukça önemsenmektedir.

Bu çalışmada, Antalya yöresi için kıyas bitki su tüketiminin tarla ve mini lizimetre koşullarında belirlenmesi, çim kıyas bitki su tüketiminin hesaplanmasında kullanılabilecek bazı amprik eşitliklerin kalibrasyonu ile tarla ve mini lizimetre koşullarında kıyas bitki su tüketimleri arasındaki ilişkinin araştırılması amaçlanmıştır.

2. Materyal ve Yöntem

Çalışma, Antalya'da, Akdeniz Üniversitesi, Kampüs sahası içinde bulunan Ziraat Fakültesi Araştırma ve Uygulama Alanında yürütülmüştür. Araştırma alanı 30° 38'-30° 39' Doğu boylamları ve 36° 53'-36° 54' Kuzey enlemleri arasında yer almakta olup denizden yüksekliği 54 m'dir (Anonim 1998).

Deneme alanı toprakları masif travertenler üzerinde gelişmiş Entisoller olup fazla profil gelişimi göstermeyen ve derinliği 30-40 cm'yi geçmeyen genç topraklardır.

Deneme yeri topraklarında taban

suyna rastlanılmamıştır. Deneme, killi tın ve kumlu tın bünyeli toprakta yürütülmüş olup bazı özellikleri Çizelge 1’de verilmiştir.

Akdeniz iklim kuşağı içerisinde bulunan Antalya ilinde, kışlar ılık ve yağışlı, yazlar kurak ve sıcak geçmektedir. Antalya’da yıllık olarak ortalama sıcaklık 18.5°C, ortalama oransal nem % 64, ortalama rüzgar hızı 3.1 m/sn ve ortalama güneşlenme şiddeti 412.21 cal/cm²/dak’dır. Yıllık ortalama yağış toplamı 1052.3 mm olmasına karşın yağışların yıl içerisindeki dağılımı eşdeğer değildir. Açık su yüzeyinden olan yıllık toplam buharlaşma miktarı 1796.8 mm’dir.

Araştırmanın yürütüldüğü aylara ilişkin bazı iklim elemanlarının 10 günlük ortalama değerleri Çizelge 2’de verilmiştir.

Araştırmada, çim alanlarında oldukça sık kullanılan bir çim türü olan Bermuda çimi (*Cynodon dactylon* L. Pers.)

kullanılmıştır (Açıkgöz, 1994). Bermuda çimi, uzun ömürlü, kurağa ve sıcağa oldukça dayanıklı, uygun koşullarda çok sık, üniform ve yüksek kaliteli örtü oluşturan bir sıcak iklim çim türüdür (Avcıoğlu, 1997).

Deneme alanı ve lizimetre saksılarına çim ekimi 15 Nisan 2000 tarihinde m² ye 35-40 gr çim tohumu gelecek şekilde yapılmış ve deneme süresince gerekli bakım işlemleri düzenli olarak sürdürülmüştür.

Çimler, boyları 10-12 cm yüksekliğe ulaşıncaya kadar düzenli olarak biçilmiş ve toplam 9 biçim yapılmıştır.

Araştırma, tarla koşullarında 18 x 60 m boyutlu bir parselde, mini lizimetre koşullarında ise deneme parselinin hemen yanında meteorolojik gözlemler için ayrılan alana yerleştirilen lizimetre saksılarında yürütülmüştür (Şekil 1).

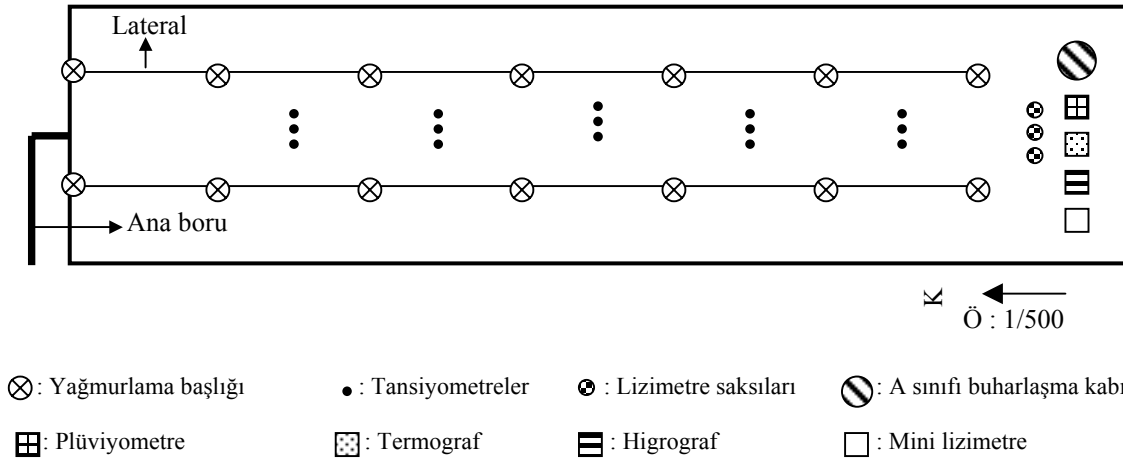
Deneme süresince tarla deneme

Çizelge 1. Deneme Alanı Topraklarının Bazı Özellikleri.

Derinlik (cm)	Bünye Analizi				pH	T.K. (%)	S.N. (%)	Hacim Ağırlığı (gr/cm ³)
	Kum (%)	Kil (%)	Silt (%)	Bünye				
0-30	44.89	33.04	22.07	Killi Tın	8.17	17.03	11.10	1.81
30-60	58.55	14.24	27.21	Kumlu Tın	8.23	10.83	5.21	1.76

Çizelge 2. Deneme Süresince Ölçülen Bazı İklimsel Verilerin 10 Günlük Ortalama Değerleri.

Aylar	ORTALAMA				TOPLAM	
	Sıcaklık (°C)	Nem (%)	Rüzgar Hızı (2 m) (m/sn)	Güneşlenme Süresi (h)	Yağış (mm)	Buharlaşma (mm/gün)
Mayıs						
01-10	18.4	66.8	2.6	8.1	59.1	6.3
11-20	22.8	72.7	2.1	10.2	11.4	5.6
21-31	24.6	66.5	2.6	11.0	13.6	7.2
Haziran						
01-10	27.7	57.2	3.5	12.4	0.1	10.5
11-20	31.3	32.3	4.2	13.4	-	16.3
21-30	29.3	60.4	2.3	13.2	-	11.2
Temmuz						
01-10	32.9	57.8	2.5	13.0	-	14.0
11-20	31.0	66.0	1.9	12.1	-	11.9
21-31	29.9	61.6	1.8	12.5	-	11.1
Ağustos						
01-10	29.9	59.2	3.6	12.2	5.6	12.0
11-20	30.6	61.8	2.0	11.2	-	12.5
21-31	30.0	51.8	3.2	11.4	2.9	12.1
Eylül						
01-10	28.0	62.5	2.2	10.9	-	11.8
11-20	27.3	64.5	2.2	10.1	-	9.2
21-30	26.0	50.3	2.7	10.0	-	10.8



Şekil 1. Deneme Parseli Planı.

parseli, lizimetre saksıları ve meteorolojik ölçüm aletlerine ayrılan alan aynı çimle örtülü bulundurulmuş ve aynı kültürel işlemler uygulanmıştır. Deneme parseli üzerinde toprak nemi ölçümleri üç farklı yerde yapılarak yineleme sağlanmıştır.

Araştırmada kullanılan üç adet lizimetre saksısı tarla parseli çevresinden ve mümkün olduğunca doğal katman sıralamasına dikkat edilerek alınan toprak ile doldurulmuştur.

Amprik eşitliklerin kalibrasyonunda kullanılan meteorolojik değerler, deneme parselinin hemen yanına yerleştirilen meteorolojik rasat parkından sağlanmıştır. Bu amaçla meteorolojik parka, günlük buharlaşma miktarını ölçen bir A sınıfı buharlaşma kabı, yağışı ölçen yayvan tabanlı bir plüviyometre, sıcaklık ölçümü için bir termograf, bağıl nem ölçümü için bir higrograf ve rüzgar hızının ölçümü için bir anemometre yerleştirilmiştir.

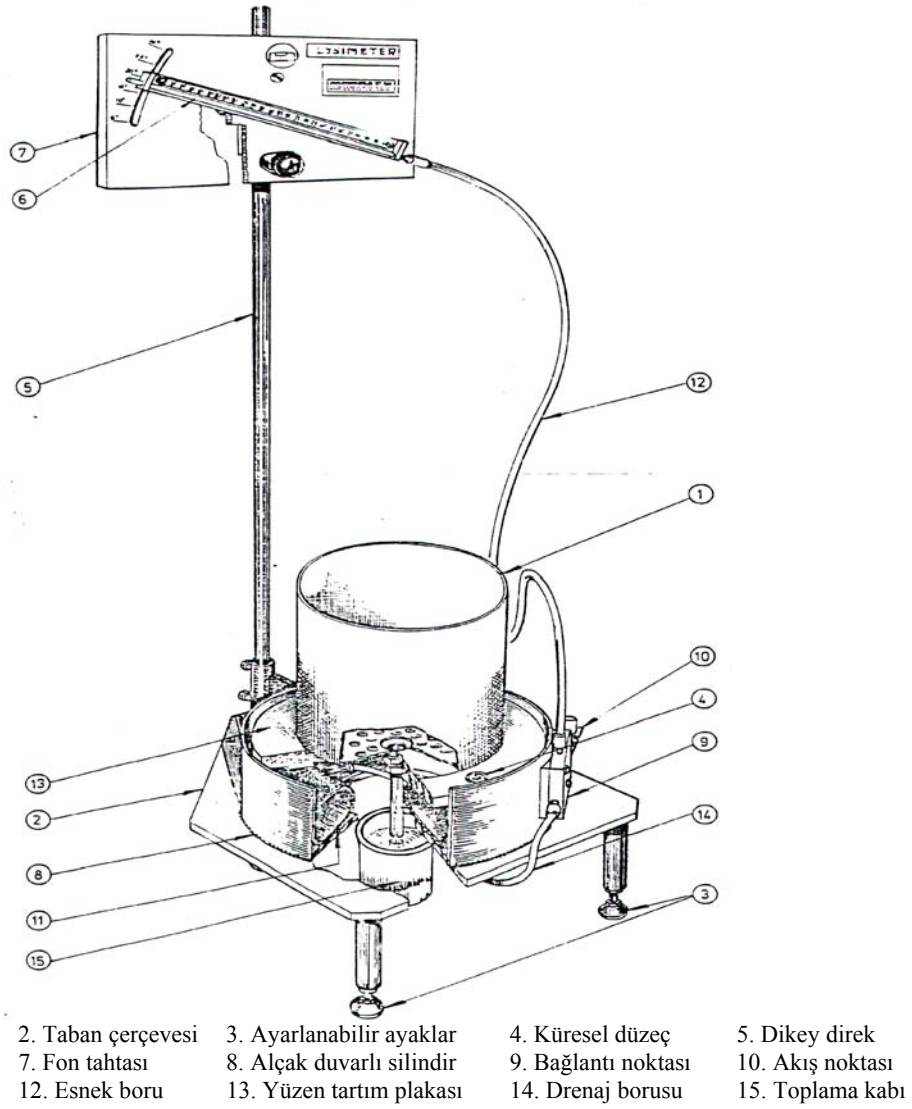
Deneme parseli 10 x 10 m tertip aralıklı düzenlenmiş olan yağmurlama sulama sistemi ile sulanmıştır. Yağmurlama sisteminde 2.5 atm işletme basıncında 880 l/h debi veren yağmurlama başlıkları (Lego Mod 55) kullanılmıştır. Deneme öncesi söz konusu tertip aralığı için tekil başlık testi yapılarak Christiansen yeknesaklık katsayısının % 87, diğer bir deyişle başlıklarda su dağılımının uygun ($Cu \geq \%84$) olduğu saptanmıştır. Sulamada kullanılan su, bir pompa sisteminden alınmış olup C_2S_1 kalite sınıfındadır.

Denemeye başlanmazdan önce deneme alanı toprağında kalibre edilen tansiyometreler (Soil Moisture Inc.) üç yinelemeli olarak 30 ve 60 cm derinliklere, iki yağmurlama başlığının ortak ıslattığı alana gelecek biçimde yerleştirilmiştir.

Araştırmada, 20 cm çaplı, 40 cm yüksekliğindeki lizimetre saksılarına sahip taşınabilir bir mini lizimetre sistemi (Armfield Laboratories Inc.) kullanılmıştır (Şekil 2). Söz konusu mini lizimetre, bitki-toprak sistemi içerisindeki su içeriği değişimlerini basit bir ölçüm yöntemi ile göstermektedir.

Donanım, üzerine periyodik veya sürekli izleme amacıyla standart kaplar yerleştirilebilen bir hidrolik tartım terazisinden oluşmaktadır. Taban çerçevesi, ayarlanabilir üç ayak üzerine monte edilmiş ve yüzen bir tartım plakası üzerine sabitleştirilmiş bir küresel düzeç kullanılarak tesviye edilmektedir. Dikey direk, taban çerçevesi üzerine monte edilerek üzerinde derecelenmiş bir skala ile ucu açık, eğim açısı ayarlanabilir bir manometreyi taşıma olanağını sağlamaktadır. Silindirin iç tarafında bulunan kauçuk tüp su ile doldurulmaktadır.

Lizimetre saksılarında meydana gelen ağırlık değişimleri kauçuk tüp üzerinde bir basınç farkı ortaya çıkarmakta ve söz konusu basınç farkı, aygıtta esnek bir boru ile bağlı manometredeki su seviyesinin yükselip alçalmasına neden olmaktadır. Sistemde ayrıca lizimetre saksılardan drene olan su



Şekil 2. Çalışmada Kullanılan Mini Lizimetre Sistemi.

miktarı da kauçuk tüpün altına yerleştirilen bir drenaj borusu yardımıyla bir kaptan toplanarak ölçülebilmektedir.

Denemeye başlamadan önce, çalışmada kullanılan mini lizimetrenin kalibrasyonu yapılmıştır. Bu amaçla, farklı manometre açılarında lizimetre saksılarında meydana gelen ağırlık değişiminin kaç mm su kaybı ya da kazancına karşılık olduğu saptanmış, uygun manometre açısı belirlenmiştir. Mini lizimetre sistemindeki su kaybı veya kazanımı, belirlenen açıya göre konumlandırılmış manometredeki su seviyesinin izlenmesi ile elde edilmiştir.

Lizimetre saksıları süzgeçli kova ile ölçülü olarak sulanmıştır. Topraktaki nem değişimi tansiyometrenin tek bir sensörü

olduğu için lizimetre saksılarının birinde, ucu yüzeyden 10 cm derine yerleştirilmiş Tensior 5 Dijital Tansiyometre ile izlenmiştir.

Çalışmada, 2-3 gün aralıklarla toprağın 30 cm derinliğindeki su tarla kapasitesine çıkarılacak biçimde sulama yapılarak bitki su stresine olanak verilmemesi esas alınmıştır.

Tarla koşullarında ve mini lizimetre saksılarında çim bitkisi gerçek su tüketim miktarı $ET = P + I - D_p \pm \Delta S$ biçiminde ifade edilebilen su dengesi eşitliği yardımıyla hesaplanmıştır (Beyce ve ark., 1972). Eşitlikte; ET: bitki su tüketimini (mm/gün); P: yağışı (mm); I: sulama suyunu (mm); D_p : derine süzülme veya drenajı

(mm); ΔS : toprak suyundaki değişmeyi (mm) göstermektedir.

Araştırmada, çim bitkisi kıyas bitki su tüketimini hesaplamada Blaney-Criddle, Radyasyon, A Sınıfı Buharlaşma Kabı ve Penman yöntemlerinin FAO (Birleşmiş Milletler Gıda Örgütü) uyarlaması (Doorenbos ve Pruitt, 1977) ile Penman-Monteith (Allen ve ark., 1998) yöntemleri kullanılmıştır.

Araştırmada çim bitkisinin su tüketimi belirlemeleri ve kıyas bitki su tüketimi hesaplamaları, ölçülü olarak sulamaya başlanılan tarih (01.05.2000) ile denemenin sona erdirildiği tarih (30.10.2000) arasındaki 153 günlük periyot için yapılmıştır.

Tarla ve lizimetre koşullarında elde edilen gerçek su tüketim değerleri aylık ve aylık değerler aydaki gün sayısına bölünerek günlük ortalama biçiminde belirlenmiştir. Kıyas bitki su tüketimi ile gerçek bitki su tüketimi arasındaki ilişki ise 10 günlük periyotlar için istatistiksel analizle belirlenmiştir.

Çalışmada hata kareler ortalaması (RMS) en düşük, korelasyon katsayısı (r) en yüksek ve mevsimlik bitki su tüketimini karşılama yüzdesi (%ET) 1'e en yakın olan kıyas bitki su tüketimi tahmin yönteminin daha sağlıklı sonuçlar verdiği varsayılmıştır (Bek ve Efe 1995).

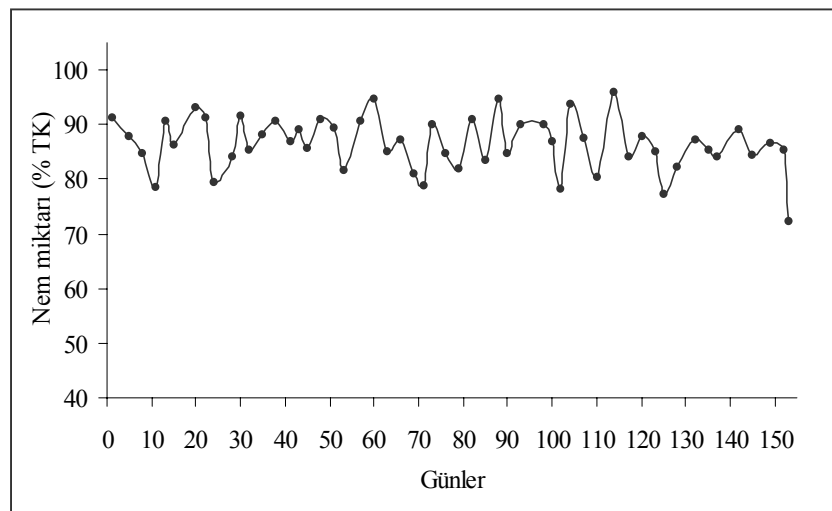
3. Bulgular ve Tartışma

Deneme süresince deneme parselinin 30 cm'lik toprak profilindeki nem içeriğinin değişimi Şekil 3'de verilmiştir. Şekilden de görüldüğü gibi deneme süresince çim parselinin 30 cm'lik profil derinliğindeki nem düzeyi tarla kapasitesinin ortalama olarak %72-%95'i arasında değişmiştir. Elde edilen nem düzeyleri arasındaki farkın önemli olup olmadığını belirlemek için t testi yapılmış ve bulunan nem düzeyleri arasında önemli bir farkın olmadığı ($p < 0.01$) görülmüştür (Bek ve Efe 1995).

Öte yandan deneme süresince deneme parselinin 30 cm derinlikteki tansiyometre okumaları 7.60-10.20 cb arasında, 60 cm derinlikteki tansiyometre okumaları ise 15.61-19.13 cb arasında değişmiştir. Buna göre toprakta genel olarak düşük bir toprak suyu tansiyonunun sürdürüldüğü söylenebilir.

Turgeon (1980), toprağa bağlı olarak 10-30 cm'lik tansiyometre okumasının tarla kapasitesini gösterdiğini, Kırdı ve Tekinel (1981) ise çim bitkisi için sulamanın yapılması gerektiği toprak suyu tansiyonunun 30 cb olduğunu bildirmişlerdir.

Lizimetre saksılarından birinde topraktaki nem değişimini izlemek için Tensior 5 Dijital Tansiyometre kullanılmıştır.



Şekil 3. Deneme Parselinde 30 cm'lik Toprak Profilindeki Nem İçeriğinin Değişimi.

Deneme süresince anılan lizimetre saksısında ölçülen tansiyometre değerleri 4.96-5.48 cb arasında değişmiştir. Buradan, lizimetre saksılarındaki toprakta da düşük bir toprak suyu tansiyonunun sürdürüldüğü görülmektedir.

Elde edilen bulgulardan, çim bitkisi kıyas bitki su tüketiminde kullanılabilecek deneysel bitki su tüketimi değerine ulaşabilmek için topraktaki nem içeriğinin deneme süresince hem tarla ve hem de lizimetre koşullarında sürekli olarak tarla kapasitesi civarında tutulduğu, bitkinin herhangi bir su stresi ile karşı karşıya kalmadığı sonucuna ulaşılabilir.

Araştırma süresince deneme parseli ortalama 2-3 gün aralıklarla 53 kez sulanmış olup, uygulanan sulama suyu miktarları onar günlük periyotlar için Çizelge 3'de verilmiştir. Çizelgeden de görüldüğü gibi toplam olarak deneme parseline 1405.0 mm sulama suyu uygulanmıştır.

Çalışma süresince aylara ve haftalara göre çim bitkisine uygulanan sulama suyu miktarları farklılık göstermiştir. İklim etmenleri ve bitki gelişmesine bağlı olarak yaz aylarında özellikle Temmuz ayında daha fazla sulama suyu uygulanmıştır.

Öte yandan araştırma süresince lizimetre saksılarına uygulanan sulama suyu miktarları onar günlük periyotlar için Çizelge 4'de verilmiştir.

Anılan çizelgeden görüldüğü gibi, çalışma süresince aylara ve haftalara göre çim bitkisine uygulanan sulama suyu miktarları farklılık göstermiştir.

Lizimetre saksıları mevsim boyu 30 kez sulanmış ve ortalama olarak lizimetre

saksılarına 1635.6 mm sulama suyu uygulanmıştır.

Deneme süresince elde edilen iklim verilerinden yararlanılarak kısa periyotlu tahmin yöntemleri ile hesaplanan bitki su tüketimleri değerleri ile tarla ve lizimetre koşullarında elde edilen gerçek su tüketim değerleri onar günlük periyotlarda günlük ortalama değerler olarak Çizelge 5'de verilmiştir. Çizelgeden izleneceği gibi, en yüksek gerçek bitki su tüketimi tarla koşullarında 12.0 mm/gün ile Ağustos ayının ikinci on günlük periyodunda, lizimetre koşullarında en yüksek su tüketimi 14.4 mm/gün ile Temmuz ayının ikinci on günlük periyodunda saptanmıştır.

Aynı çizelgeden görüleceği üzere, solar radyasyon ve sıcaklığa dayanan amprik eşitlikler (Blaney-Criddle ve Radyasyon) deneme süresince bitki su tüketimini düşük (7.4 ve 8.0 mm/gün) hesaplamışlardır. Diğer yöntemlerde ise bitki su tüketimi 6.9-8.3 mm/gün arasında değişmiştir.

Sanchez ve ark., (1996), çim kıyas bitki su tüketimini belirlemek için gerçekleştirdikleri çalışmalarında, benzer sonuçlara ulaşarak sıcaklık ve radyasyona dayanan amprik eşitliklerin bölgesel kalibrasyonları yapıldığı takdirde kullanılabileceğini saptamışlardır.

Onar günlük periyotlar dikkate alındığında tarla ve lizimetre koşullarında ölçülen gerçek bitki su tüketim değerleri, amprik eşitliklerle belirlenen bitki su tüketim değerlerinden yüksek bulunmuştur.

Tarla ve mini lizimetre koşullarında ölçülen gerçek bitki su tüketimi ile amprik eşitliklerle hesaplanan bitki su tüketim

Çizelge 3. Onar Günlük Periyotlarda Deneme Parseline Uygulanan Sulama Suyu Miktarları (mm).

	Aylar														
	Mayıs			Haziran			Temmuz			Ağustos			Eylül		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
Uygulanan Su	80	30	90	85	95	85	110	120	115	100	120	95	100	90	90
Toplam	1405.0														

Çizelge 4. Onar Günlük Periyotlarda Lizimetre Saksılarına Uygulanan Sulama Suyu Miktarları (mm).

	Aylar														
	Mayıs			Haziran			Temmuz			Ağustos			Eylül		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
Uygulanan Su	113	55.6	68	71.5	153	96	85.5	122	135	120	138	140	146	124	68
Toplam	1635.6														

Çizelge 5. Tarla ve Lizimetre Koşullarında Ölçülen ve Amprik Eşitliklerle Hesaplanan Onar Günlük Periyotlar İçin Ortalama Günlük Bitki Su Tüketim Değerleri (mm/gün).

Aylar	Ölçülen Bitki Su Tüketimi		Referens Bitki Su Tüketimi Tahmin Yöntemleri					
			B-C Yöntemi	Radyasyon Yöntemi	Class A Pan Yöntemi	Penman Yöntemi	P-M Yöntemi	
	Tarla	Lizimetre						
Mayıs								
01-10	8.6	-	5.8	5.9	5.2	6.2	4.8	
11-20	8.9	9.2	5.9	7.2	4.5	6.5	5.4	
21-31	11.0	9.6	6.4	7.8	6.3	7.6	5.8	
Haziran								
01-10	9.2	11.6	8.1	8.9	7.6	8.2	7.9	
11-20	9.4	12.8	8.8	9.7	9.5	9.4	10.3	
21-30	9.7	9.8	8.5	9.4	8.4	9.5	7.8	
Temmuz								
01-10	10.3	13.5	8.8	9.4	10.6	10.1	8.8	
11-20	10.6	14.4	8.5	8.8	9.6	8.8	7.1	
21-31	10.8	12.0	7.8	8.9	9.5	8.5	7.0	
Ağustos								
01-10	11.5	12.8	7.8	8.4	8.5	9.6	8.2	
11-20	12.0	12.9	7.9	8.0	10.1	8.0	6.5	
21-31	10.5	13.7	7.8	8.1	9.5	9.8	8.2	
Eylül								
01-10	8.5	12.0	6.8	6.9	9.4	7.0	5.6	
11-20	9.5	11.0	6.7	6.5	7.1	6.6	4.4	
21-30	9.0	9.2	6.6	6.4	7.8	6.8	6.1	
Ortalama	10.0	11.8	7.4	8.0	8.3	8.2	6.9	

değerleri arasındaki ilişki Şekil 4a ve b'de gösterilmiştir.

Elde edilen gerçek bitki su tüketim değerleri, Blaney-Criddle, Radyasyon, A Sınıfı Buharlaşma Kabı, Penman ve Penman-Monteith yöntemleri ile hesaplanan bitki su tüketim değerleri arasında regresyon denklemi ile hesaplanan hata kareler ortalaması (RMS), korelasyon katsayısı (r^2) ve mevsimlik su tüketimini karşılama yüzdesi (%ET) değerleri Çizelge 6'da verilmiştir.

Çizelgeden 6'dan izleneceği gibi tarla koşullarında hata kareler ortalaması (RMS) en düşük korelasyon katsayısı (r^2) en yüksek ve mevsimlik bitki su tüketimini karşılama yüzdesi (%ET) 100'e a yakın olan tahmin yöntemi A sınıfı buharlaşma kabı yöntemidir.

Söz konusu yöntemin hata kareler ortalaması (RMS) 1.96, korelasyon katsayısı (r^2) 0.679, bitki su tüketimini karşılama yüzdesi (%ET) 86.35 ve söz konusu yöntem için regresyon denklemi ise $ET=0.001 ETo^2 + 0.41 ETo + 6.28$ olarak belirlenmiştir. Tarla koşullarında çimin gerçek su tüketimi deneme süresince 8.5-12.0 mm/gün arasında değişerek ortalama 10.0 mm/gün olarak

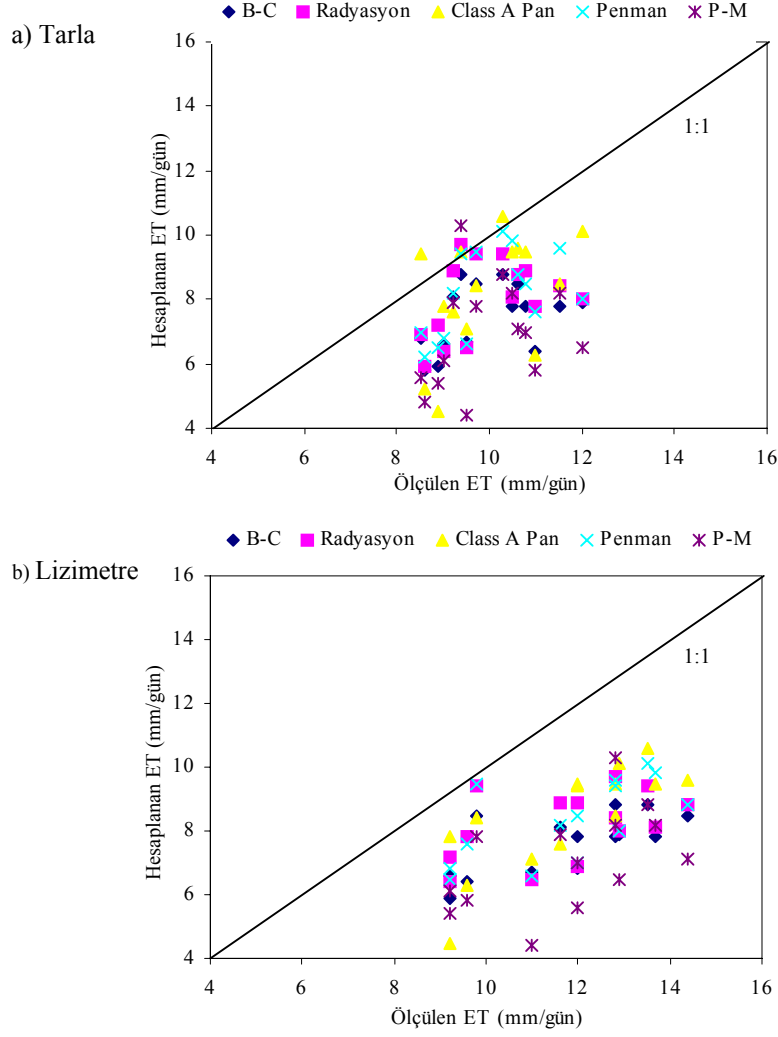
hesaplanmıştır.

Kneebone ve Pepper (1984) Bermuda çiminin su tüketimini 8 mm/gün bulmuşlardır. Tankut (1986) tarla koşullarında aynı aylardaki gerçek bitki su tüketimini 6.64 mm/gün olarak hesaplamıştır.

Çalışmadan elde edilen günlük su tüketim değerleri Tankut (1986)'daki değerlerle karşılaştırıldığında çimin günlük su kullanımının fazla olduğu görülmektedir.

Shearman (1986) çimin su tüketimindeki bu farklılığı bölgelerin iklimsel özelliklerine bağlayarak sıcaklığın 25°C'den 35°C'ye yükselmesiyle evapotranspirasyonun 1.1-1.7 kat kadar arttığını saptamıştır. Bu sonuçlara göre tarla koşullarında elde edilen çim bitki su tüketiminin tahmininde ve sulama zamanı planlamasında A Sınıfı Buharlaşma Kabı yönteminin kullanılması önerilebilir. Bu yöntemi sırasıyla Penman, Radyasyon, Blaney-Criddle ve Penman-Monteith yöntemleri izlediği söylenebilir.

Öte yandan, lizimetre koşullarında hata kareler ortalaması (RMS) en düşük, korelasyon katsayısı (r^2) en yüksek ve mevsimlik bitki su tüketimini karşılama



Şekil 4. Tarla ve Mini Lizimetre Koşullarında Ölçülen Gerçek Bitki Su Tüketimi İle Amprik Eşitliklerle Hesaplanan Değerlerin Karşılaştırılması.

Çizelge 6. Tarla ve Mini Lizimetre Koşullarında Uygun Bitki Su Tüketimi Tahmin Yönteminin Belirlenmesinde Göz Önüne Alınan Kriterler.

a) Tarla

Tahmin yöntemi	(RMS)	Regresyon denklemi	Korelasyon katsayısı (r^2)	(%ET)
Blaney-Criddle	2.47	$ET = -0.61ET_o^2 + 9.63ET_o - 27.6$	0.615	76.54
Radyasyon	2.09	$ET = -0.381ET_o^2 + 6.43ET_o - 16.8$	0.492	82.10
A Sınıfı Buh. Kabı	1.96	$ET = 0.0011ET_o^2 + 0.41ET_o + 6.28$	0.679	86.35
Penman	1.97	$ET = -0.307ET_o^2 + 5.56ET_o - 14.6$	0.446	84.32
Penman-Monteith	3.40	$ET = -0.161ET_o^2 + 2.59ET_o - 0.08$	0.417	70.87

b) Lizimetre

Tahmin yöntemi	(RMS)	Regresyon denklemi	Korelasyon katsayısı (r^2)	(%ET)
Blaney-Criddle	2.70	$ET = -0.387ET_o^2 + 6.28ET_o - 15.0$	0.503	75.15
Radyasyon	2.41	$ET = -0.182ET_o^2 + 3.11ET_o - 3.1$	0.255	80.57
A Sınıfı Buh. Kabı	2.10	$ET = 0.0775ET_o^2 - 0.69ET_o + 10.2$	0.707	84.79
Penman	2.20	$ET = -0.103ET_o^2 + 2.04ET_o + 0.3$	0.366	82.78
Penman-Monteith	3.44	$ET = +0.005ET_o^2 + 0.17ET_o + 8.52$	0.314	69.59

yüzdesi (%ET) 100'e a yakın olan tahmin yöntemi A sınıfı buharlaşma kabı yöntemidir. Söz konusu yöntemin hata kareler ortalaması (RMS) 2.1, korelasyon katsayısı (r^2) 0.707, bitki su tüketimini karşılama yüzdesi (%ET) 84.79 ve söz konusu yöntem için regresyon denklemi ise $ET=0.0775 ETo^2 - 0.69 ETo + 10.2$ olarak saptanmıştır. Anılan yöntemde çim bitkisi kıyas bitki su tüketimi deneme süresince 4.5-10.6 mm/gün arasında değişerek ortalama 8.3 mm/gün olarak belirlenirken, lizimetre koşullarında gerçek bitki su tüketim değeri 9.2-14.4 mm/gün arasında değişerek ortalama 11.8 mm/gün olarak saptanmıştır.

Kneebone ve ark., (1992) çimin su kullanımının 2.5-7.5 mm/gün arasında değiştiğini en fazla 12 mm/gün olduğunu bildirmişlerdir. Aynı çalışmada maksimum günlük su tüketimi 25 mm hesaplanmış, ancak bu değer yüksek advektif ısı ve toprak yüzeyinin nemli kalmasından ileri gelen aşırı bir kayıp olduğu açıklanmıştır.

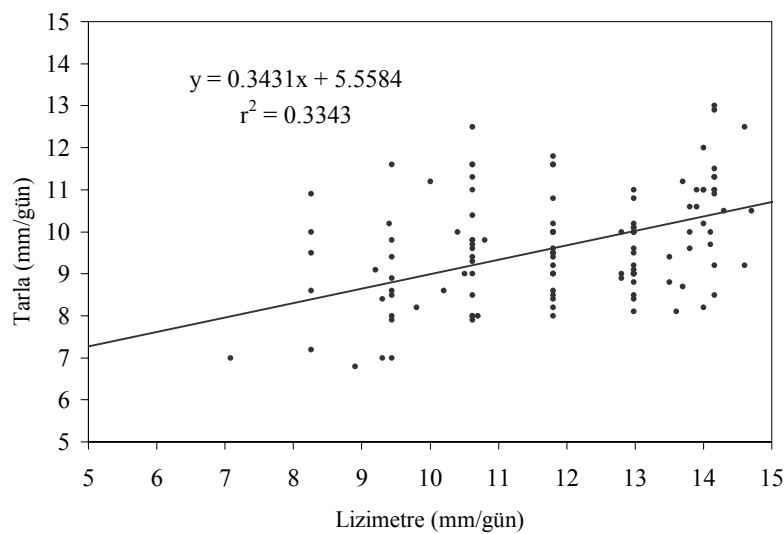
Tovey ve ark., (1969) lizimetrelerden elde edilen su tüketim değerlerini A sınıfı buharlaşma kabı, Radyasyon, Olivier ve Penman yöntemleriyle karşılaştırmışlar, A sınıfı buharlaşma kabı yönteminin sağlıklı sonuç verdiğini saptamışlardır. Qian ve ark., (1996) tartılı lizimetrelerle ölçtükleri gerçek bitki su tüketim değerleri ile A sınıfı buharlaşma kabı ve Penman-Monteith

eşitlikleriyle hesaplanan bitki su tüketim değerlerini karşılaştırmışlar, lizimetre koşullarına yakın değerlerin A sınıfı buharlaşma kabı değerleri olduğunu belirlemişlerdir. Benzer şekilde Sanchez (1996), lizimetre ile aylık ve on günlük dönemler için ölçülen çim kıyas bitki su tüketimini Blaney-Cridde, Radyasyon, A sınıfı buharlaşma kabı, Penman ve Penman-Monteith eşitliklerinden elde edilen değerlerle karşılaştırmışlar, A sınıfı buharlaşma kabının kullanılabilceğini saptamışlardır. Buradan elde edilen bulguların benzer çalışmalarda bulgularla uyumlu olduğu sonucuna ulaşılabilir.

Bu sonuçlara göre tarla koşullarında elde edilen çim bitki su tüketiminin tahmininde ve sulama zamanı planlamasında A Sınıfı Buharlaşma Kabı yönteminin kullanılması önerilebilir. Bu yöntemi sırasıyla Penman, Radyasyon, Blaney-Cridde ve Penman-Monteith yöntemleri izlemiştir.

Araştırmada kullanılan mini lizimetre sistemiyle belirlenen gerçek bitki su tüketim değerleri ile tarla koşullarında elde edilen gerçek bitki su tüketim değerleri arasındaki ilişki Şekil 5'de gösterilmiştir. Tarla ve lizimetre koşullarındaki bitki su tüketim değerleri arasında t testi yapılmış ve % 5 düzeyinde önemli farklar bulunmuştur.

Şekil 5'den görüleceği gibi, araştırmada kullanılan mini lizimetre sistemi



Şekil 5. Tarla ve Lizimetre Koşullarında Ölçülen Gerçek Bitki Su Tüketim Değerlerinin Değişimi.

ile elde edilen gerçek bitki su tüketimi ile tarla koşullarında ölçülen bitki su tüketimi arasındaki ilişkiye ilişkin korelasyon katsayısı oldukça düşüktür ($r^2=0.3343$). Lizimetre koşullarında belirlenen su tüketiminin daha fazla olmasının nedeni, söz konusu lizimetre saksılarının sınırlı miktarda toprak içermesi ve tarla deneme parseline kıyasla daha fazla güneş enerjisi alması olarak açıklanabilir. Öte yandan çalışmada kullanılan mini lizimetre sisteminin laboratuvar koşulları için geliştirilmesi nedeniyle, içi su dolu kauçuk tüpün esnekliğinin zamanla değişmesinin de bu sonuca yol açtığı söylenebilir. Elde edilen bulgulara dayanarak, mini lizimetre sisteminin tarla koşullarında kullanımının uygun olmayacağı ancak laboratuvar koşullarında kullanılabileceği sonucuna varılabilir.

Kaynaklar

- Açıkgöz, E., 1994. Çim Alanlar Yapım ve Bakım Tekniği. Çevre Peyzaj Mimarlığı Yayınları, Bursa, 193 s.
- Allen, R.G. Pereira, L.S. and Raes, D., 1998. Crop Evapotranspiration- Guidelines for Computing Crop Water Requirements- FAO Irrigation and Drainage Paper 56, Rome, 280 pp.
- Anonim, 1998. 1997 Yılı Çalışma Raporu. T.C. Tarım ve Köyişleri Bakanlığı, Tarım İl Müdürlüğü, Antalya, 71 s.
- Aronson, L.J. Gold, A.J. Hull, R.J. and Cisar, J.L., 1987. Evapotranspiration of Cool-Season Turfgrasses in the Humid Northeast. *Agron. J.* 79:901-905.
- Avcıoğlu, R., 1997. Çim Tekniği, Yeşil Alanların Ekimi Dikimi ve Bakımı. Ege Üniv. Matbaası, İzmir, 267 s.
- Baştuğ, R., 1987. Çukurova Koşullarında Pamuk Bitkisinin Su-Üretim Fonksiyonunun Belirlenmesi Üzerinde Bir Çalışma. Çukurova Üniv. Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana, 120 s.
- Bek, Y. ve Efe, E., 1995. Araştırma ve Deneme Metodları. Ç.Ü. Ziraat Fak. Ders Kitabı No:71, Adana, 395 s.
- Beyce, Ö., Madanoğlu, K. ve Ayla, Ç., 1972. Türkiye'de Yetiştirilen Bazı Sulanır Mahsüllerin Su İhtlakleri. Merkez Topraksu Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü Yayınları, Genel Yayın No:15, Teknik Yayın No:12, Ankara, 213 ss.
- Biran, I., Bravdo, B., Bushkin-Harav, I. and Rawitz, E., 1981. Water Consumption and Growth Rate of 11 Turfgrasses as Effected by Mowing Height, Irrigation Frequency, and Soil Moisture. *Agron. J.* 73:85-90.
- Doorenbos, J. and Pruitt, W.O., 1977. Guidelines for Predicting Crop Water Requirements. Irrigation and Drainage Paper No:24, Food and Agriculture organization of The United Nations, Rome, 144 pp.
- Fry, J.D. and Butler, J.D., 1989a. Responses of Tall and Hard Fescue to Deficit Irrigation. *Crop Sci.*, 29:1536-1541.
- Fry, J.D. and Butler, J.D., 1989b. Annual Bluegrass and Creeping Bentgrass Evapotranspiration Rates. *HortScience*, Vol:24(2):269-271.
- Güngör, H., 1990. Bitki Su Tüketiminin Belirlenmesinde Kullanılabilecek Amprik Bir Yöntem Üzerinde Araştırma. Eskişehir Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü Yayınları, Genel Yayın No:223, Teknik Yayın No:23, Eskişehir, 73 s.
- Howell, T.A., McCormick, R.L. and Phene, C.J., 1985. Design and Installation of Large Weighing Lysimeters. Transactions of The ASAE, Paper No:83-2060, 106-1117.
- Jensen, M.E., 1973. Consumptive Use of Water and Irrigation Water Requirements. ASCE, Irrig. Drain. Div. New York, 215 pp.
- 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, ASCE, New York, 332 pp.
- Kim, K.S. and Beard, J.B., 1988. Comparative Turfgrass Evapotranspiration Rates and Associated Plant Morphological Characteristics. *Crop Sci.* 28:328-331.
- Kırda, C. ve Tekinel, O., 1981. Tansiyometreler ve Sulama Uygulamalarında Kullanılabilir Olanakları, DSİ Teknik Bülteni, Sayı:48, Ankara ss.23-33.
- Kneebone, W.R. and Pepper, I.L., 1982. Consumptive Water Use by Sub-Irrigated Turfgrass Under Desert Conditions. *Agronomy Journal* 74:419-423.
- Kneebone, W.R. and Pepper, I.L., 1984. Luxury Water Use by Bermudagrass Turf. *Agronomy Journal* No:76, 999-1002.
- 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 Journal* No:32, pp:441-473, ASA-CSSA-SSSA, Madison Wisconsin, USA.
- Kopec, D.M., Shearman, R.C. and Riordan, T.P., 1988. Evapotranspiration of Tall Fescue Turf. *HortScience* 23(2):300-301.
- Meyer, J.L. and Gibeault, V.A., 1986. Turfgrass Performance under Reduced Irrigation. *Calif. Agriculture*, July-August, pp.19-20.
- O'Neil, K.J. and Carrow, R.N., 1983. Perennial Ryegrass Growth, Water Use and Soil Aeration Status Under Soil Compaction. *Agronomy Journal*, Vol.75:177-180.
- Phene, C.J., Clark, D.A. and Cardon, G.E., 1996. Real-Time Calculation of Crop Evapotranspiration Using an Automated Pan Evaporation System. Evapotranspiration and Irrigation Scheduling, pp.189-194, San Antonio,

- Texas.
- Qian, T.M., Fry, J.D, Wiest, S.C and Upham, W.S., 1996. Estimating Turfgrass Evapotranspiration Using Atmometers and Penman-Monteith Model. *Crop Science* 36:3:699-704.
- Sanchez, B.F., Del Amor, F. and Leon, A., 1996. Assesment of Reference Evapotranspiration (Eto) in Semi-Arid Mediterranean Climate Conditions. *ICID Journal*, 1996, Vol.45 No.1.
- Shearman, R.C., 1986. Kentucky Bluegrass Cultivar Evaporation Rates. *HortScience* 21(3):455-457.
- Tankut, Y., 1986. Çukurova Bölgesinde Kıyas Bitki Su Tüketimini Veren Bazı Amprik Eşitliklerin Kalibrasyonu Üzerinde Bir Araştırma. Çukurova Üniv. Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana, 80 s.
- Teare, J.D., 1984. *Crop-Water Relations*. John Wileyand Sons, New York.
- Tovey, R., Spencer, J.S. and Muckel, D.C., 1969. Turfgrass Evapotranspiration. *Agron. J.* Vol. 61, pp.863-867.
- Turgeon, A.J., 1980. *Turfgrasses Management*. Reston Publishing Company. Inc., A Pretince-Hall Company Reston, Virginia.
- Wright, J.L., 1996. Derivation of Alfalfa and Grass Reference Evapotranspiration. *Evapotranspiration and Irrigation Scheduling*, San Antonio, Texas pp.133-140.