

# LİZİMETRELER VE BİTKİ SU TÜKETİMİ ÇALIŞMALARINDA KULLANIMI

Köksal AYDINŞAKİR<sup>1</sup> Dursun BÜYÜKTAŞ<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Batı Akdeniz Tarımsal Araştırma Enstitüsü /Antalya

<sup>2</sup> Akdeniz Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarımsal Yapılar ve Sulama Bölümü /Antalya

## ÖZET

Toprak-bitki-su sisteminde, yağış veya sulama ile kazanılan nem derine sızma, yüzey akış ve evapotranspirasyon (bitki su tüketimi) yoluyla kaybolmaktadır. Kurak ve yarı-kurak bölgelerde bir su kaynağının veya bir sulama sisteminin yeterli olup olmayacağı konusunda karar verilirken, sulanacak alan için planlanan bitki deseninde oluşacak su tüketiminin önceden belirlenmesi gerekmektedir. Sulama projelerinin uygulanacağı alanlarda, bitki su tüketiminin bilinmesi, hem ziraat hem de inşaat mühendisliği yönünden büyük bir önem taşımaktadır.

Su dengesini oluşturan parametreleri değerlendirmek için kullanılan bir yöntem, bitki-toprak sisteminin bir bölümünü çevresinden izole etmek, sistemin su girdi ve çıktılarını ölçmektir. Toprak ve bitkilerden evapotranspirasyon, yağış, sulama ve drenaj süreçleriyle su kaybı ve kazancındaki değişimleri ölçmeye yarayan bir düzenek veya aygıt olarak tanımlanabilecek olan lizimetreler, önemli hidrolojik ve meteorolojik olaylardan biri olan suyun atmosfere yeniden dönüşü ile ilgili çalışmalarda uzun yıllardan beri kullanılmaktadır. Bu makalede lizimetrelerle ilgili şimdiki kadar ulusal ve uluslararası literatürde yapılmış olan çalışmalar derlenmiş ve son yıllarda lizimetrelerde yapılan çalışmalarda yoğunluk kazanan konular irdelenmeye çalışılmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** Lizimetre, Bitki su tüketimi, Sulama

## Lysimeters and Their Usage in Evapotranspiration Studies

### ABSTRACT

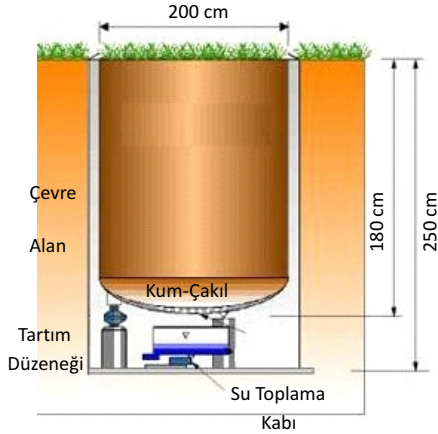
Soil water, gained by irrigation and precipitation, is depleted by deep percolation, runoff, evapotranspiration (ET) in the soil-plant-water system. In arid and semi-arid areas, it is essential to determine in advance the ET considering the crop pattern in irrigated land whether the irrigation water source or irrigation system would be sufficient. To know the ET in areas, where irrigation project would be applied, has great importance both for agricultural and civil engineering.

A method to evaluate the water budget parameters is isolating crop-soil system from its surrounding area and measuring input and output parameters of the system. Lysimeters defined as a mechanism used to measure change in soil water content during ET, precipitation, irrigation and drainage processes has been used for a long time in hydrological and meteorological studies. In this paper, studies published in international as well as national journals are reviewed and recent popular topics, which were conducted in lysimeters, are examined.

**Keywords:** Lysimeter, Evapotranspiration, Irrigation

## 1. GİRİŞ

Lizimetre, Yunanca kökenli bir kelime olup çözüme anlamına gelen “lysis” ve ölçme anlamına gelen “metron” kelimelerinden türetilmiştir. Lizimetreler önceleri sadece toprak içerisine süzülen suyun hareketi ile ilgili çalışmalarda kullanıldığı için ilk çalışmalar “Drenaj Ölçümleri” olarak da adlandırılmaktadır. Günümüze kadar lizimetrelerle ilgili çeşitli tanımlamalar yapılmasına rağmen en kapsamlı tanımlama Aboukhaled ve ark. (1982) tarafından yapılmıştır. Bu tanıma göre, lizimetreler, toprakla doldurulmuş veya toprak kütlesi içeren (çıplak veya bitki ile örtülü), tarla koşullarını temsil etmek için araziye yerleştirilmiş, gelişen bir bitkiden veya kıyas bitki örtüsünden oluşan bitki su tüketimini veya çıplak topraktan meydana gelen buharlaşmayı ölçmeye yarayan büyük tanklar olarak tanımlanmaktadır (Şekil 1).



Şekil 1. Lizimetre.

Lizimetre tarihi yaklaşık 300 yıl öncesine dayanmaktadır. Lizimetre ile ilgili ilk çalışmalar 1688 yılında, matematik ve iklim bilimcisi olan De La Hare tarafından Paris'te yapılmıştır. Araştırmada, yarısı toprakla doldurulup içerisine çim ekilmiş, diğer yarısı da çıplak bırakılmış kurşuni renkli bidonlar kullanılarak yapılan gözlemler

sonucunda, çim ekili bidonlardan çıplak bidonlara oranla daha fazla suyun buharlaştığı tespit edilmiştir (Kanber ve ark., 1999).

İlk monolith lizimetre 1870 yılında İngiltere-Rothamsted'de Lawes ve Gilbert tarafından yapılmıştır. İlk büyük boyutlu monolith lizimetreler ise 1888 yılında Missouri Tarımsal Araştırma Enstitüsünde Sanborn tarafından yapılmıştır. Bu lizimetreler 40.50 m<sup>2</sup> genişliğindeki toprak kütlesinin çevresi geçirimsiz duvarlarla kaplanarak inşa edilmiştir. Toprak içerisine süzülen suları toplamak için lizimetrenin 1.20 m derinliğine drenaj boruları yerleştirilmiştir.

İlk tartılı ve monolith lizimetre 1906 yılında Almanya'da Von Seelhorst tarafından yapılmıştır (Aboukhaled ve ark., 1982).

Kendiliğinden tartım sistemine sahip ilk lizimetre, 1937 yılında Ohio-Coshocton'da Soil Conservation Service tarafından yaptırılmıştır. Bu lizimetrelerle derine süzülme, bitki su tüketimi, yağış ve yüzey akış olarak saptanan hidrolojik döngünün tüm öğeleri güvenilir bir şekilde belirlenebilmektedir (Schneider ve ark., 1996).

Ülkemizde ise ilk lizimetreler Topraksu Araştırma Enstitüleri tarafından 1950'li yıllarda Thorntwaite prensipleri kullanılarak yapılmaya başlanmıştır (Kanber ve ark., 1999).

Daha sonra, Bornova iklim koşullarında kış yağışlarından (1 Ekim-31 Mart) toprak içerisine sızarak yeraltına ulaşan veya buharlaşan su miktarlarını belirlemek amacıyla Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Kültürteknik ve Zirai İnşaat Kürsüsü'nde, her birinin alanı 4.00 m<sup>2</sup> ve 75 cm derinliğindeki 8 adet tabandan drenaj olanağına sahip lizimetreler yapılmıştır. Ülkemizde ilk tartılı lizimetre ise 1970'li yıllarda Topraksu

Merkez Araştırma Enstitüsü'nde yapılmıştır (Kanber, 1977).

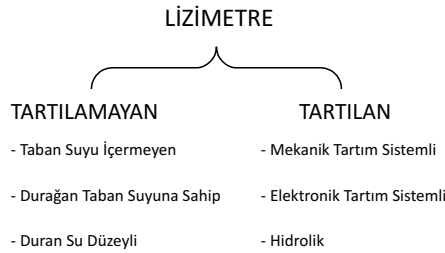
## 2. LİZİMETRE TİPLERİ VE KARŞILAŞTIRILMALARI

Lizimetreler, su dengesi eşitliğindeki parametrelerin belirlenmesinde değişik çözümler üretmektedir. Lizimetrelerden elde edilen sonuçların değerlendirilmesi su dengesi eşitliğindeki parametrelerin ölçümüne dayanmaktadır. Lizimetre tankına giren ve çıkan su akışları formüle edilecek olunursa;

$$P + I \pm R_o = ET + D \pm W$$

Eşitlikte, P:yağışı, I: sulamayı, R<sub>o</sub>: yüzey akışı, ET: bitki su tüketimini (toprakta oluşan buharlaşma ile bitkilerden oluşan terleme), D: derine süzülme veya drenaj suyunu, W: toprak suyu içeriğinde meydana gelen değişimleri ifade etmektedir.

Genel olarak lizimetreleri toprak tankın su içeriğindeki değişimlerin ölçümü için kullanılan yöntemlere göre aşağıdaki şekilde sınıflandırmak mümkündür (Aboukhaled ve ark., 1982).



Tartılamayan lizimetreler, değişik derinliklerde, bir m<sup>2</sup> veya daha fazla yüzey alanına sahip, toprak içerisine yerleştirilmiş, su geçirmez, madeni veya beton havuzlar şeklinde inşa edilmektedir. Günümüze kadar tartılamayan lizimetrelerle birçok çalışma yapılmıştır (Kristensen ve Aslyng, 1971; Kanber, 1977; Tekinel ve

Kanber, 1981; Dugas ve ark., 1985; Sammis ve ark., 1985; Saatçılar, 1989; Kruse ve ark., 1993; Shih ve ark., 1997; Steduto ve ark., 1996).

Ülkemizde şimdiki Köy Hizmetleri Araştırma Enstitülerinin (eski Topraksu) bir çoğunda, örneğin, Tarsus, Menemen, Konya, Eskişehir, Şanlıurfa, Erzurum vb., tartılamayan tipte lizimetreler bulunmaktadır (Kanber, 1977).

Tartılan lizimetrelerde, lizimetre tankı tartım için serbest bir şekilde hareket edebilen, toprağa gömülü ikinci ve daha büyük bir tankın içerisine yerleştirilmektedir. Tank içerisinde meydana gelen ağırlık değişimleri, tanka giren ve çıkan su miktarının direkt olarak ölçülmesiyle belirlenmektedir. Lizimetre tank ağırlığının artması, yağmur veya sulama ile lizimetre içerisine su girdiğini, tank ağırlığının azalması ise bitki su tüketimi veya drenaj yoluyla tank içerisinden suyun kaybolduğunu ifade etmektedir (Van Bavel ve Harris, 1962; McIlroy, 1980; Howell ve ark., 1985; Dugas ve ark., 1985; Schneider ve ark., 1996; Steduto ve ark., 1996; Poss ve ark., 2004).

Türkiye'de ilk tartılı lizimetre Topraksu Merkez Araştırma Enstitüsünde yapılmıştır. Sistem, lizimetre odası, tartım aleti ve toprak tankı diye adlandırılan 3 ayrı bölümden oluşmaktadır. 1990'lı yıllara kadar lizimetre ile mekanik olarak tartım yapılırken bu yıldan sonra elde edilen gelişmelerin ışığında tartım elektro-mekanik olarak yapılmaya başlanmıştır (Kanber ve ark., 1999). Hem tartılan hem de tartılamayan lizimetrelerden drene olan su miktarı, lizimetrenin tabanına yerleştirilen kaplarda toplanıp ölçülmektedir.

Lizimetreler, bitki su tüketimine ilişkin bilgilerin toplanmasından başka, meteorolojik yöntemlerin uygunluğunun kontrolü ve bitki su tüketiminin belirlenmesinde kullanılan ampirik

formüllerin kalibrasyonu için oldukça büyük bir öneme sahiptirler. Bitki su tüketimini belirlemek için kullanılan lizimetre tiplerinin birçok kullanım sınırlılıkları bulunmaktadır.

Tartılamayan lizimetreler, ölçüm ve yapımlarındaki basitlikten dolayı dünyada geniş bir kullanım alanı bulmuşlardır. Bu lizimetrelerde birçok tarla ve yem bitkileri için en küçük yüzey alanının 2-4 m<sup>2</sup> arasında olması tavsiye edilmektedir. Daha küçük alanlarda çalışılması durumunda lizimetre çap ve kenar etkileri, toprak su içeriğinin her zaman tarla kapasitesinde olmaması, ağır bünyeli topraklarda suyun tümünün süzülmesi ve denge halinin meydana gelmesi için birkaç günün geçmesi, elde edilecek sonuçları önemli derecede etkileyecektir (Dugas ve ark., 1985; Allen ve ark., 1986)

Tartılan lizimetreler çok kısa dönemler içerisinde oluşan bitki su tüketimleri ölçümlerine olanak sağlamaktadırlar. Bu tür lizimetrelerde, ölçümler 0.03 mm duyarlılıkla yapılabilmesine rağmen yapım ve kurulmasındaki karmaşıklık, zaman alıcı olmaları ve maliyetleri kullanım sınırlılıklarını oluşturmaktadır. Bu tip lizimetreler, basınç göstergesi, sıcaklık değişimleri ve yükleme hücrelerindeki sürüklenmeye karşı duyarlılık göstermektedir. Aynı zamanda basınç göstergesi rüzgara karşı da aynı tepkiyi vermektedir (McIlroy, 1980; Aboukhaleed ve ark., 1982; Dugas ve ark., 1985; Howell ve ark., 1985; Howell ve ark., 1997; Poss ve ark., 2004).

Bütün bu dezavantajlarına rağmen, lizimetreler, bitki su tüketimi formüllerinin kontrol edilmesinde, toprak ve bitki modellerinin oluşturulmasında ve diğer yeni geliştirilen buharlaşma modellerinin kalibrasyonunda kullanılmakta olan vazgeçilmez aletler olarak günümüzdeki yerini almaktadır.

### 3.LİZİMETRELERDE YAPILAN ÇALIŞMALAR

Ülkemizde bitki su tüketiminin belirlenmesiyle ilgili çeşitli çalışmalar yapılmıştır. Kanber (1977) Çukurova'da lizimetre koşullarında üç farklı toprak serisinde gerçekleştirdiği çalışmada, pamuk bitkisinin gerçek su tüketimini Arıklı, İncirlik ve Arpacı serilerinde sırasıyla 630.25, 798.32 ve 787.62 mm olarak belirlerken; Blaney-Criddle, Penman, Thornthwaite, Turc ve Hargreaves yöntemine göre sırasıyla 692.2, 711.86, 825.54, 968.22 ve 694.87 mm olarak saptamıştır.

Tekinel ve Kanber (1981) Çukurova koşullarında pamuk bitkisinin lizimetrelerde elde edilen su tüketimleri ile Blaney-Criddle, Penman, Turc, Hargreaves ve Thornthwaite yöntemleriyle elde edilen su tüketimleri arasında istatistiksel anlamda önemli bir ilişki bulmuşlar ve pamuk bitkisinin su tüketiminin tahmin edilmesinde sırasıyla, Penman, Hargreaves ve Blaney-Criddle yöntemlerinin kullanılabilirliğini belirlemişlerdir.

Ankara koşullarında şekerpancarı bitkisi için Jensen-Haise, Penman (FAO) ve Kap buharlaşması (FAO) yöntemlerinin, ayçiçeği, patates, yonca, mısır, fasulye ve çilek bitkisi için Penman (FAO) ve Kap buharlaşması (FAO) yöntemlerinin ve ayçiçeği bitkisi için Christiansen-Hargreaves ve Jensen-Haise yöntemlerinin (Selenay ve Kadayıfçı 1999) daha sağlıklı sonuç verdiği saptanmıştır.

Kanber ve Kırdı (1984) lizimetreleri kullanarak Çukurova iklim koşullarında en fazla verimin elde olunduğu sulama programına ilişkin su tüketim değerleri ile 13 ayrı ampirik yöntemle sezilenen tüketim miktarlarını karşılaştırarak birer aylık devreler için pamuk su tüketiminin belirlenmesinde Penman, Christiansen-Hargreaves, Makking, Blaney-Criddle, Hargreaves ve Hamon

eşitliklerinin kullanılabilceğini bildirmişlerdir.

Oğuzer ve ark. (1984) A sınıfı buharlaşma kabı, Piche, Livingstone, Wild tank ve evaporimetre yöntemleriyle ölçülen buharlaşma değerleri ile yonca, pamuk, pırasa, mısır ve fiğ bitkilerinin lizimetrelerde saptanan bitki su tüketim miktarlarını karşılaştırmışlar, A sınıfı buharlaşma kabı değerlerinin birer aylık periyotlardaki bitki su tüketimi kestiriminde kullanılabilceğini saptamışlardır.

Saatçılar (1989) Gediz serisi topraklarının kullanıldığı bir lizimetre çalışmasında, 4 farklı tuz içeriği ve 4 farklı derinliklerde tutulan taban suyu seviyelerinin pamuk bitkisinin verimine ve topraktaki tuzluluk durumuna etkilerini incelemiştir. Araştırmada, taban suyu tuz konsantrasyonunun pamuk bitkisinin verimini önemli derecede etkilediği ancak, taban suyu düzeylerinin verime etkisinin istatistiksel anlamda önemli olmamakla beraber en yüksek verimin taban suyu düzeyinin 100 cm olduğu konudan alındığı belirlenmiştir.

Kanber ve ark. (1990) lizimetrelerde yaptıkları bir çalışmada, aylık toplam yağış (P) ile bu yağışın etkili bölümü (Pe) arasında doğrusal ve artan, aylık toplam su tüketimi ve sulama suyu arasında ise logaritmik olarak sırasıyla artan ve azalan bir ilişki olduğunu belirlemişlerdir. Aylık etkili yağışın lizimetrelerle belirlenmesi için  $Pe = 0.85 P + \log ET^{3.35} - \log I^{0.72} - 3.73$  denkleminin kullanılabilceğini belirtmişlerdir.

Selenay ve Kadayıfçı (1999) Ankara koşullarında tartılı lizimetre ile elde edilen yoncanın bitki su tüketim değerlerini bazı kısa periyotlu bitki su tüketimi yöntemleriyle karşılaştırmışlar, deneme koşulları için en sağlıklı yöntemin Jensen-Haise yöntemi olduğunu belirlemişlerdir.

Aydınşakir ve ark. (2003) çim kıyas bitki su tüketiminin hesaplanmasında kullanılan farklı yöntemleri, tarla ve mini lizimetre koşullarında elde edilen değerlerle karşılaştırmışlar ve en uygun çim kıyas bitki su tüketimi hesaplama yönteminin FAO-A sınıfı buharlaşma kabı yöntemi olduğunu ve bunu da Penman yönteminin izlediğini saptamışlardır.

Van Bavel ve Harris (1962) North Carolina'da lizimetre çalışmalarında Bermudagrass (*Cynodon spp.*) çiminin gerçek bitki su tüketim değerlerini Penman, 0.8 x H (H: Gelen net radyasyon) ve Penman nomogramı yardımıyla hesaplanan potansiyel bitki su tüketim değerleriyle karşılaştırmışlar, maksimum bitki su tüketim değerlerini söz konusu yöntemler için sırasıyla 420.90, 474.20, 396.80 ve 369.90 mm olarak saptamışlardır.

Namken ve ark. (1969) farklı seviyelerde sabit tutulan az ve orta tuzlu taban suyunun, lizimetrelerde yetiştirilen pamuk bitkisinin su tüketimine olan katkısını araştırmışlar ve elverişli kapasitenin % 50'si tüketildiğinde sulama yapılması durumunda 91, 183 ve 274 cm taban suyu derinliğinin pamuğun su tüketimine katkısının toplam su kullanımının sırasıyla, % 54.4, % 26.4 ve % 17.3'ü olduğunu belirlemişlerdir. Elverişli kapasitenin % 90'ı tüketildiği zaman sulama yapıldığında ise yukarıda verilen taban suyu derinlikleri için, taban suyunun pamuğun toplam su tüketimine olan katkısının % 60.6, 48.9 ve 39.2 olduğu belirlenmiştir.

Wright ve Jensen (1978) Kimberly, Idaho'da, yonca bitkisinin gerçek su tüketimini tartılı lizimetrelerde, 128 günlük bir periyotta ortalama olarak 7.23 mm/gün, bu devrede Penman'ın geliştirilmiş denkleminin hesaplanan bitki su tüketimini ise 7.15 mm/gün olarak belirlemişlerdir. Gerçek bitki su



tüketimi ile hesaplanan bitki su tüketimi arasındaki farkın standart sapması 0.84 mm/gün olmuştur.

Howell ve ark. (1985) çim ekili lizimetrelerden elde edilen bitki su tüketimi değerlerini potansiyel bitki su tüketim değerleriyle karşılaştırmışlar, Mayıs ayının son dört gününde hesaplanan bitki su tüketimi değerlerini lizimetre değerlerinden % 5 daha fazla olarak belirlemişlerdir.

Sammis ve ark. (1985) mısır, sorgum, yonca ve pamukta aylık bitki su tüketimini tartılamayan tipteki lizimetrelerde ölçmüşler ve potansiyel bitki su tüketimini Penman denklemi ile hesaplamışlar, aylık bitki katsayısını (ET/ETp) anılan bitkiler için sırasıyla 0.71, 0.65, 0.91 ve 0.69 olarak saptamışlardır.

Allen (1986) Kimberly, Idaho ve Ohio'da, çim ve yonca ekili lizimetrelerdeki bitki su tüketim değerlerini Penman kombinasyon bitki su tüketimi eşitlikleriyle kıyaslamıştır. Monteith ve Thom-Oliver eşitlikleri her üç bölgede en iyi sonuçları verirken, Orijinal Penman ve Priestely-Taylor versiyonlu eşitlikler Kimberly'de bitki su tüketimini düşük olarak hesaplamıştır.

Fry ve Butler (1989) Fort Collins, Colorado'da, 1985-1986 yıllarında tek yıllık salkım otu (*Poa annua L.*) ve tavus otunun (*Agrostis palustris Huds.*) bitki su tüketimlerini 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.

Rahimzadeghan (1992) çim ekili lizimetrelerden elde edilen bitki su tüketim değerlerini 12 farklı eşitlikten elde edilen değerlerle kıyaslamının

sonucunda Penman, Jensen-Haise, Christiansen&Hargreaves, Modifiye Blaney-Criddle ve Turc yöntemlerinin en iyi sonuçlar verdiğini saptamıştır.

Roth ve Gunther (1992) buğday, arpa, patates ve şekerpancarı ekili tartılı lizimetrelerden elde ettikleri gerçek su tüketim değerlerini iki farklı pan buharlaşma kabı ve 4 farklı bitki su tüketim eşitliklerinden elde edilen değerlerle karşılaştırmışlar ve güvenilir sonuçlar elde edilebilmesi için söz konusu eşitliklere bitkiye dayalı parametrelerin mutlaka eklenmesi gerektiği sonucuna varmışlardır.

Kruse ve ark. (1993) yüksek ve tuzlu taban suyunun lizimetrelerde yetiştirilen yonca, mısır ve kışlık buğdayın sulama gereksinimi üzerine etkisini araştırmışlar, mevsimlik su tüketiminin önemli bir kısmının yüksek taban suyundan karşılandığını ancak, mısır ve buğdayın tuzlu taban suyundan az düzeyde etkilendiğini belirtmişler ve yüksek taban suyu koşullarında yüzey sulamaların azaltılabileceği sonucuna varmışlardır.

Abo-Ghobar ve Mohammad (1995) 4.00 m<sup>2</sup> boyutlarında yonca ekili drenaj tipi lizimetrelerle ölçülen bitki su tüketim değerlerini üç farklı yöntemle karşılaştırmışlar ve en yüksek korelasyon değerinin A sınıfı buharlaşma kabından ( $R^2=0.97$ ) elde edildiğini belirlemişlerdir.

Pereira ve ark. (1995) farklı taban suyu seviyelerine sahip lizimetrelerde gerçekleştirdikleri araştırmada, 104 günlük büyüme dönemine sahip patates için toplam su tüketimini 282.30 mm, günlük su tüketimini ise 2.77 mm olarak hesaplamışlar, en düşük su tüketiminin çimlenme döneminde, en yüksek su tüketiminin stolon oluşturma ve yumru bağlama dönemi boyunca gerçekleştiğini bildirmişlerdir.

Abteu ve Obeysekera (1995) kofa (*Typha dimongensis*) bitkisinin lizimetrelerden elde ettikleri bitki su

tüketim değerlerini Penman-Monteith, Priestley-Taylor ve Penman modelleri ile karşılaştırmışlardır. Araştırma sonuçlarına göre, Penman eşitliği 0.57, Priestley-Taylor eşitliği 0.53, Penman-Monteith eşitliği ise 0.39 mm/gün hatayla bitki su tüketimini vermiştir.

Oad ve ark. (1997) çim ekili küçük drenaj tipi lizimetrelerle tartılı lizimetreleri karşılaştırmışlar ve referans olarak da hidrolik lizimetreleri kullanmışlardır. Araştırma sonuçları küçük drenaj tartılı lizimetrelerin de tartılı lizimetreler gibi bitki su tüketimi hesaplamalarında kullanılabileceğini göstermiştir.

Steduto ve ark. (1996) 7 Akdeniz ülkesinde yaklaşık 3000 günlük tartılı lizimetre ve 750 günlük drenaj tipi lizimetre değerlerinden hesaplanan bitki su tüketim değerlerini karşılaştırmışlar, FAO Penman-Monteith eşitliğinin her ülkede sağlıklı sonuçlar verdiği, ancak bazı iklim koşullarında bu eşitliğin bitki su tüketimini düşük tahmin ettiği sonucuna varmışlardır.

Wright (1996) Idoha, Kimberly'de iklim verileri ve lizimetreleri kullanarak yonca ve çim kıyas bitki su tüketimini belirlemişlerdir. Araştırma sonucuna göre yoncanın günlük su tüketimi birkaç günün dışında 10 mm/gün'ü geçerken, çimin günlük su tüketimi 8 mm/gün olarak belirlenmiştir. Çim bitkisinin 569 gün boyunca toplam su tüketimi Penman eşitliği ile 3 038 mm bulunurken, lizimetreden elde edilen değer 3 015 mm olarak hesaplanmıştır. Araştırmacı, eşitlikle hesaplanan değerle lizimetreden hesaplanan değer arasında % 0.4'lük küçük bir fark bulunduğunu saptamıştır.

Schneider ve ark. (1996) Bushland, U.S.A ve Mısır'da çim ve yonca ekili lizimetrelerden elde edilen su tüketimlerini eşitliklerden belirlenen su tüketimleri ile karşılaştırmışlar, Penman-Monteith eşitliği bitki su tüketimini lizimetrelerden ölçülen

gerçek su tüketiminden az, Kimberly-Penman eşitliği gerçek su tüketimi değerinden daha fazla hesaplarken Penman 1963 eşitliği ile belirlenen bitki su tüketiminin lizimetrelerden elde edilen değerlere çok yakın olduğunu belirlemişlerdir.

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.

Henggeler ve ark. (1996) Texas ve New Mexico'da çim bitkisinin lizimetrelerden elde edilen kıyas bitki su tüketim değerlerini sekiz farklı eşitlikle karşılaştırmışlar, Penman-Monteith eşitliğinden elde edilen sonuçların en güvenilir yaklaşım olduğunu belirlemişlerdir.

Howell ve Steiner (1997) mısır, sorgum ve kışlık buğday bitkilerinde lizimetreleri kullanarak elde edilen bitki su tüketimi değerlerini, Penman-Monteith, Penman 1948, Priestly-Taylor, Jensen-Haise ve Pan buharlaşması eşitliklerinden elde edilen değerlerle karşılaştırarak, bitki su tüketiminin tahmininde kullanılacak en güvenilir eşitliğin Penman-Monteith eşitliği olduğunu saptamışlardır.

Shih ve ark. (1997) drenaj tipi lizimetreleri kullanarak mısır, sorgum ve soya fasulyesini gerçek su tüketimlerini belirledikleri araştırma sonucunda dört büyüme dönemi göze alındığında bitki katsayılarını mısır için 0.40, 0.78, 0.89 ve 0.71, sorgum için 0.44, 0.71, 0.87 ve 0.62, soya fasulyesi için 0.45, 0.89, 0.92 ve 0.58 olarak bulmuşlardır.

Tyagi ve ark. (2000) 4.00 m<sup>2</sup> yüzey alana sahip elektronik tartılı lizimetrelerde buğday ve sorgumun mevsimlik bitki su tüketimi sırasıyla

336 ve 495 mm bitki katsayılarını 4 bitki büyüme dönemine göre buğday için 0.50, 1.36, 1.24 ve 0.42, sorgum için 0.53, 0.82, 1.24 ve 0.85 olarak belirlemişlerdir.

#### 4. SONUÇ

Lizimetreler önceleri tamamen deneysel ölçülerde doğal yağış dağılımının toprak profili içindeki su hareketine etkilerini anlamak ve bu etkilerin doğal kaynaklara olan katkılarını bulmak amacıyla hidrolojik araştırmalar için kullanılmıştır.

Lizimetrelerle bitki su tüketimleri ölçümleri ise ancak 20.yüzyılın başından itibaren gerçekleştirilmeye başlanmıştır. Lizimetrelerin mikrometeorolojik çalışmalarda kullanımını son 40 yıllık süre içerisinde büyük bir aşama kaydetmiştir. Daha sonraları ise, lizimetrelerde elde edilen veriler nümerik modellerin doğruluklarının kontrol edilmesinde kullanılmıştır.

Lizimetreler, toprak-bitki-su ilişkilerinin incelenmesi yanında, bitki besin elementleri ve tarımsal amaçlı kullanılan ilaçların topraktan yıkanması, son yıllarda gündemden düşmeyen çevre kirliliğinin belirlenmesi ve önlenmesine ilişkin çalışmalarda kullanılmaya başlanmıştır (Kanber ve ark., 1991; Francaviglia ve Capri, 2000; Yang ve ark., 2002; Renaud ve ark., 2004).

Sonuç olarak, sulamada kullanılacak su miktarı dünya üzerinde giderek azalmakta ve mevcut sular kirlenmektedir. Sudan devamlı ve en yüksek yararın sağlanabilmesi için sulama projelerinin bölge şartlarına uygun bir şekilde hazırlanması, bölgede yetişen bitkilerin su tüketim miktarlarının önceden bilinmesi gerekmektedir.

Çeşitli çalışmalarda bitki su tüketimi değerlerine duyulan ihtiyaçtan dolayı lizimetrelerin önemi gün geçtikçe daha da iyi anlaşılmaktadır. Giderek sınırlanmakta olan su kaynaklarından en rasyonel biçimde yararlanmak için lizimetrelerin kullanımı hakkında daha da çok araştırma yapılması gerektiği bir gerçektir. Yabancı kaynaklı bilgilerle yetinmeyip ülkemizde de, lizimetreler ve bitki su tüketim çalışmalarında lizimetrelerin kullanım ilkelerine yönelik araştırmaların yoğunlaştırılması gerekmektedir.

#### KAYNAKLAR

- Abo-Ghobar, H. and F.S. Mohammad, 1995. Evapotranspiration Measurement by Lysimeters in A Desert Climate. Arab Gulf J. of Scie. Research. 13:1, 109-122.
- Aboukhaled, A., A. Alfaro and M. Smith, 1982. Lysimeters. Food and Agr. Org. of The United Nations, FAO, Irr. and Drain. Paper No:39, Rome, 68 pp.
- Abtew, W. and J. Obeysekera, 1995. Lysimeter Study of Evapotranspiration of Cattails and Comparison of Three Estimation Methods. Trans. of the ASAE, Vol.38(1):121-129.
- Allen, R.G., 1986. A Penman For All Seasons. J. of Irr. and Drain. Eng., Vol: 12 (4) : 348-367.
- Aydınşakir, K., R. Baştuğ, ve D. Büyüктаş, 2003. Antalya Yöresinde Çim Kıyas Bitki Su Tüketimini Veren Bazı Ampirik Eşitliklerin Tarla ve Lizimetre Koşullarında Kalibrasyonu. Akd. Üniv. Zir. Fak. Derg., 16(1), 107-119.
- Dugas, W.A., W.L. Bland and G.F. Arkin, 1985. Evapotranspiration Measurements from Different-Sized Lysimeters. Advances in Evapotranspiration. ASAE Pub. 14-85, s., 208-215.
- Francaviglia, R. and E. Capri, 2000. Lysimeter Experiments with Metolachlor in Tor Mancina (Italy). Agric. Water Man., 44:63-74.
- Fry, J.D. and J.D. Butler, 1989. Annual Bluegrass and Creeping Bentgrass Evapotranspiration Rates. HortScience, Vol:24(2):269-271.



- Henggeler, J.C., Z. Samani, M.S. Flynn and J.W. Zeitler, 1996. Evaluation of Various Evapotranspiration Equations for Texas and New Mexico. *Evap. and Irr. Sched.*, pp.962-967, Texas.
- Howell, T.A. and J.L. Steiner, 1997. Seasonal and Maximum Daily ET of Irrigated Winter Wheat, Sorghum and Corn –Southern High Plants. *Trans. of the ASAE*. Vol.40:623-634.
- Howell, T.A., R.L. McCormick and C.J. Phene, 1985. Design and Installation of Large Weighing Lysimeters. *Trans. of the ASAE*, Paper No:83-2060, 1106-1117.
- Kanber, R. ve C. Kırdar, 1984. Çukurova İklim Koşullarında Pamuk su Tüketiminin Sezinlemesinde Kullanılabilecek Çeşitli Ampirik İlişkilerin İncelenmesi. *Doğa Bilim Derg.*, D2:213-226.
- Kanber, R., 1977. Çukurova Koşullarında Bazı Toprak Serilerinin Değişik Kullanılabilir Nem Düzeylerinde Yapılan Sulamaların Pamuğun Verim ve Su Tüketimine Etkileri Üzerinde Bir Lizimetre Araştırması. *Tarsus Bölge Topraksu Araş. Enst. Müd. Yay. Genel Yayın No:78:33*, Tarsus, 169 ss.
- Kanber, R., M. Ünlü, K. Diker ve B. Ödemiş, 1999. Bitki Su Tüketiminin Ölçümünde Kullanılan Lizimetrelik Yöntemler. *Bitki Su Tüketiminin Belirlenmesinde Kullanılan Yöntem Bilimi: İnceleme ve Değerlendirmeler*, Adana, 211 ss.
- Kanber, R., R. Baştuğ ve M. Eylene, 1990. Çukurova Koşullarında Yağış Etkinliğinin Lizimetrelerle Belirlenmesi. *Tarsus Araş. Enst.*, Yayın No:162.
- Kanber, R., R. Baştuğ, H. Köksal ve M. Eylene, 1991. Farklı Toprak ve Kültürel Uygulama Koşullarında Etkili Yağışın Lizimetrelerle Belirlenmesi. *Tr. J. of Agric. and For.*, 15, s. 105-120.
- Kristensen, K.J. and H.C. Aslyng, 1971. Lysimeters with Rainfall and Soil Water Control. *Nordic Hydrology*. 11:79-92.
- Kruse, E.G., D.F. Champion, D.L. Cuevas, R.E. Yoder and D. Young, 1993. Crop Water Use from Shallow Saline Water Tables. *Trans. of the ASAE*, 36(3), 697-707.
- Mcllory, I.C., 1980. Instructions for Installing a Monolith, Weighed Lysimeter. *CSIRO, Div. Of Atm. Phs*. 3R:10, Australia, 45 s.
- Namken, L.N., Wiegand, C.L., Brown, R.G., 1969. Water Use by Cotton from Low and Moderately Saline Static Water Tables. *Argon. J.*, 61, 305-310.
- Oad, R., K. Lusk and T. Podmore 1997. Consumptive Use and Return Flows in Urban Lawn Water Use. *J. of Irr. and Dra. Eng.* 123:1, 62-69.
- Oğuzer, V., R. Kanber ve M. Eylene, 1984. Çukurova Koşullarında Lizimetrelerde Ölçülen Evapotranspirasyon Miktarları İle Buharlaşma Değerleri Arasındaki İlişkiler Üzerinde Bir İnceleme. *Doğa Bilim Derg.*, D2:346-361.
- Pereira, A.B., J.F. Pedras, N.A. Villa Nova and D.M. Cury 1995. Water Consumption and Crop Coefficient of Potatoes (*Solanum tuberosum* cv. Itarare) Grown in Botucatu, Sao Paulo, Brazil. *Revista Brasileira de Agrometeorologia*. 3:59-62.
- Poss, J.A., W.B. Russell, P.J. Shouse, R.S. Austin, S.R. Grattan, C.M. Grieve, J.H. Lieth and L. Zeng, 2004. A Volumetric Lysimeter System (VLS): A Alternative to Weighing Lysimeters for Plant-Water Relations. *Studies. Computers and Electronics in Agric.* 43:55-68.
- Qian, T.M., J.D. Fry, S.C. Wiest and W.S. Upham, 1996. Estimating Turfgrass Evapotranspiration Using Atmometers and Penman-Monteith Model. *Crop Science* 36:3:699-704.
- Rahimzadeghan, R., 1992. Determination of an Appropriate Estimating Method of Evapotranspiration in Isfahan. *Iranian J. of Agric. Sci.* 23:2, 1-10.
- Renaud, F.G., C.D. Brown, C.J. Fryer and A. Walker, 2004. A Lysimeter Experiment to Investigate Temporal Changes in The Availability of Pesticide Residues for Leaching. *Envir. Pol.*, 131:81-91.
- Roth, D. and R. Gunther, 1992. Comparison of Measured and Estimated Potential Evapotranspiration. *Zeitschrift für Kulturtechnik und Landentwicklung*. 33:1, 13-22.
- Saatçılar, M. 1989. Lizimetrelerde Değişik Taban Suyu Tuz Konsantrasyonu ve Düzeylerinin Pamuk Gelişimine, Verimine ve Topraktaki Tuz İçeriğine Etkisi. *Menemen Araş. Enst. Md. Yayın No*. 153.
- Sammis, T.W., C.L. Mapel, D.G. Lugg, R.R. Lansford and J.T. McGuckin, 1985. Evapotranspiration Crop Coefficients Predicted Using Growing-Degree-Days. *Trans. of the ASAE*, Vol.28(3):773-781.
- Schneider, A.D., T.A. Howell, A.T.A. Moustafa, S.R. Evett and W. Abou-Zeid, 1996. A Weighing Lysimeter for Developing Countries. *Evap. and Irr. Sched.*, pp.289-294, Texas.
- Selenay, M.F. ve A. Kadayıfçı, 1999. Ankara Koşullarında Yoncanın Su Tüketimi. *Tarım Bil. Derg.*, 5(1):71-76.

- Shih, C.C.C., S. Ho, S. Kuo, S.S. Ho and S.F. Kuo, 1997. Estimation of Crop Coefficients for Corn, Sorghum and Soybean in Taiwan Under Subtropical Conditions. *Int. Agric. Eng. Journal.* 6:2, 95-108.
- Steduto, P., A. Caliandro, P. Rubino, N. Ben Mechlia, M. Masmoudi, A. Martinez-Cob, M. Jose Faci, G. Rana, M. Mastroilli, M. El Mourid, M. Karrou, R. Kanber, C. Kırda, D. El Quosy, K. El-Askari, M. Ait Ali, D. Zareb and R.L. Snyder, 1996. Penman-Monteith Reference Evapotranspiration Estimates in The Mediterranean Region. *Evap. and Irr. Sched.*, pp.357-363, Texas.
- Tekinel, O. ve R. Kanber, 1981. Çukurova Koşullarında Pamuk Su Tüketiminin Belirlenmesinde Kullanılan Bazı Yöntemlerin Kıyaslanması Üzerinde Bir Araştırma. *Topraksu Tek. Dergisi*, Yıl:1981, Sayı:56, ss.1-13, Ankara.
- Tyagi, N.K., D. K. Sharma and S. K. Luthra, 2000. Evapotranspiration and Crop Coefficients Of Wheat and Sorghum. *J. of Irr. and Drain. Eng.*, Vol. 126, No. 4:215-222.
- Van Bavel, C.H.M. and D.G. Harris, 1962. Evapotranspiration Rates from Bermudagrass and Corn at Raleigh, North Carolina. *Agron. Journal Paper No:1291*, 319-322.
- Wright, J.L. and M.E. Jensen, 1978. Development and Evaluation of Evapotranspiration Models for Irrigation Scheduling. *Trans. of the ASAE, Paper No:76-2063*, 88-91.
- Wright, J.L., 1996. Derivation of Alfalfa and Grass Reference Evapotranspiration. *Evap. and Irr. Sched.*, pp.133-140, Texas.
- Yang, S., T. Yano, M. Aydin, Y. Kitamura and S. Takeuchi, 2002. Short Term Effects of Saline Irrigation on Evapotraspiration from Lysimeter Grown Citrus Trees. *Agric. Water Man.* 56:131-141.