

Tekirdağ Koşullarında Farklı Sulama Yöntemlerinin Elma Ağaçlarının Su Tüketimine Etkisi¹

A. Halim ORTA²A. Nedim YÜKSEL²Tolga ERDEM²

Geliş Tarihi : 26.03.2000

Özet : Trakya Üniversitesi Tekirdağ Ziraat Fakültesi deneme alanında 1997 ve 1999 yıllarında yürütülen bu çalışmada, damla ve yüzey (çanaklarda gölendirme) sulama yöntemleri ile sulanan Starking Delicious çeşidi elma ağaçlarının on günlük periyotlardaki su tüketimi ölçülmüş ve ölçülen bu değerler bazı bitki su tüketimi tahmin eşitlikleri ile karşılaştırılmıştır. Sonuçta, mevsimlik bitki su tüketimi değerleri damla sulama yönteminde yüzey sulama yöntemine göre % 60.5 - 64.9 (ortalama % 62.7) daha az olmuştur. Ayrıca, elma ağaçlarının su tüketimi tahmininde Penman yönteminin FAO modifikasyonunun daha sağlıklı sonuç verdiği belirlenmiş ve bu yöntemle ilişkin bitki katsayısı (kc) eğrisi hazırlanmıştır.

Anahtar Kelimeler : Elma, sulama yöntemi, sulama zamanı planlaması, bitki su tüketimi, bitki katsayısı.

Effect of Different Irrigation Methods on Evapotranspiration of Apple Trees in Tekirdağ Environments

Abstract : In this study, Starking Delicious apple trees in the experimental area of Tekirdağ Agricultural Faculty were irrigated by drip and surface methods during the years of 1997 and 1999. The decade evapotranspiration values were measured and compared with the values calculated by some estimating methods of evapotranspiration. As a result, the measured evapotranspiration values were lower 60.5 - 64.9 % (avg. 62.7 %) in drip irrigation than those in surface irrigation. In addition, it was found that the most suitable estimation method was FAO modification of Penman. So, the crop coefficient curve was prepared for this method selected.

Key Words : Apple, irrigation method, irrigation scheduling, evapotranspiration, crop coefficient

Giriş

Toprak yüzeyinden olan buharlaşma ve bitki yapraklarından olan terlemenin toplamı biçiminde tanımlanan bitki su tüketimi, doğrudan ölçülebildiği gibi iklim verilerinden tahmin yöntemleriyle de belirlenebilmektedir. Doğrudan ölçme yöntemleri zaman alıcı ve pahalı olmaları nedeniyle, ancak amprik eşitliklerin yöre koşullarına göre kalibrasyonu amacıyla kullanılmaktadır. Gerek sulama projelerinde ortalama bitki su tüketiminin tahmininde gerekse sulama zamanının planlamasında, uygulamada yaygın olarak iklim verilerinden tahmin yöntemleri kullanılmaktadır. Sulama projelerinin ortalama bitki su tüketiminin tahmininde kullanılan amprik eşitlikler, genellikle uzun periyotlar için sağlıklı sonuçlar veren ve birkaç iklim elemanını kapsayan basit eşitliklerdir. Sulama zamanının planlanmasında dikkate alınan bitki su tüketimi tahminlerinde kullanılan amprik eşitlikler ise günlük, haftalık ve en çok on günlük periyotlar için sağlıklı sonuçlar veren, genellikle çok sayıda iklim elemanını içeren nisbeten karmaşık eşitliklerdir (Jensen 1974, Doorenbos ve Pruitt 1977, Burman ve ark. 1983).

İklim verilerine dayalı bitki su tüketimi tahmin yöntemlerinin belli başlıları Doorenbos ve Pruitt (1977) ile Jensen (1974)' de özetlenmiştir. Bu yöntemlerde izlenen

yol, ilk önce belirli koşulları yansıtan çayır bitkileri veya yonca için referans ya da potansiyel (E_{To} , E_{Tp}) bitki su tüketimlerini tahmin etmek ve daha sonra bu değerleri bitki katsayısı (k_c) ile düzelterek bitki su tüketimini elde etmektir (ET).

Bitki su tüketimi tahmin yöntemleri, geliştirildikleri bölgeden farklı iklim koşullarına sahip bölgelerde, yöresel kalibrasyonları yapılmamışsa, genellikle sağlıklı sonuçlar vermemektedirler. Bu nedenle, birçok araştırmacı, farklı bölgelerde kullanılacak tahmin yöntemlerini ortaya koyabilmek amacıyla çalışmalar yapmıştır. Güney Florida' da U.S. Whether Bureau yönteminin (Stephens ve Stewart 1963), Nevada'da Oliver yönteminin (Behnke ve Maxey 1969), Ohio' da mısır için radyasyon ölçümlerine dayalı yöntemlerinin (Parmele ve Mc Guinness 1974), Kuzey Tayland' da çeltik için Penman yönteminin (Christiansen 1968), ve İsrail' de yonca için Kap Buharlaşması yönteminin (Lomas ve Schesinger 1970) daha sağlıklı sonuçlar verdiği bulunmuştur. Türkiye' de yapılan araştırmalarda ise Çukurova koşullarında pamuk için aylık su tüketimlerinin tahmininde sırası ile Blaney- Criddle, Hargraves ve Penman yöntemlerinin (Tekinel ve Kanber 1981), Ankara koşullarında şeker pancarı için Jensen Haise, Penman (FAO) ve Kap buharlaşması (FAO)

¹ Bu çalışma (TÜAF 128), Trakya Üniversitesi Araştırma Fonu tarafından desteklenen araştırma projesinin bir bölümünden özetlenmiştir.

² Trakya Üniv. Tekirdağ Ziraat Fak. Tarımsal Yapılar ve Sulama Bölümü-Tekirdağ

yöntemlerinin (Yıldırım 1982), ayçiçeği, patates, yonca, mısır, fasulye ve çilek için Penman (FAO) ve Kap Buharlaşması (FAO) yöntemlerinin (Hisarlı 1988, Akgün 1989) biber bitkisi için Penman (FAO) yönteminin (Orta 1997), ayçiçeği için Christiansen-Hargraves Kap Buharlaşması yöntemi ile Jensen - Haise yönteminin (Kadayıfçı ve Yıldırım 1998) elma ağaçları için Radyasyon FAO yönteminin (Köksal ve ark. 1999), Kırklareli koşullarında buğday için Penman FAO, şeker pancarı ve ayçiçeği için Penman FAO ve Blaney Criddle yöntemlerinin (Erdem 1996), Tekirdağ koşullarında mısır ve soğan için Jensen - Haise yönteminin (Orta ve ark. 1997, Orta ve Şener 1999) daha sağlıklı sonuçlar verdiği saptanmıştır.

Bitki su tüketimi tahmin eşitlikleri, çoğunlukla alanın tamamının ıslatıldığı koşullar için geliştirilmiştir. Oysa, alanın belirli kesiminin ıslatıldığı damla yönteminde, toprak yüzeyinden olan buharlaşma miktarı ve sonucunda bitki su tüketimi daha düşük olmaktadır (Goldberg ve ark. 1976). Bu nedenle, bitki su tüketimi tahmin yöntemlerinin damla sulama yöntemi için de ayrıca kalibrasyonuna gerek vardır (Köksal ve ark. 1999).

Bu çalışmada, Tekirdağ koşullarında elma ağaçlarının sulama zamanı planlamasına esas olacak su tüketiminin belirlenmesi amaçlanmıştır. Tarla deneme parsellerinde ölçülen bitki su tüketimi değerleriyle, Jensen (1974) ile Doorenbos ve Pruitt (1977) de yer alan bazı bitki su tüketimi tahmin yöntemleriyle hesaplanan referans bitki su tüketimi değerleri karşılaştırılmıştır. Sonuçta, yöre koşulları için elma ağaçlarının sulama zamanı planlamasında kullanılabilecek uygun bitki su tüketimi tahmin yöntemi ve bu yöntemle ilişkin bitki katsayıları (K_c) belirlenmeye çalışılmıştır.

Materyal ve Yöntem

Araştırma, 1997 ve 1999 yıllarında Trakya Üniversitesi Tekirdağ Ziraat Fakültesi Bahçe Bitkileri Bölümüne ait elma bahçesinde yürütülmüştür. Deneme alanı 40°59' kuzey enlemi ve 27°29' batı boyları üzerinde yer almakta olup, denizden yüksekliği 4 m' dir. Yıllık ortalama sıcaklık 13,7°C, bağıl nem %75, rüzgar hızı 3.1 m/s, güneşlenme süresi 6.5 h ve yıllık ortalama yağış 579.7 mm' dir. Ortalama ilk don Kasım ayı başlangıcında, son don ise Mart ayı başlangıcında olmaktadır. Araştırma alanının yürütüldüğü yıllara ilişkin Mayıs-Eylül ayları arasındaki bazı iklim elemanlarının on günlük ortalama değerleri Çizelge 1' de verilmiştir.

Araştırma alanı toprakları genellikle killi yada killi-tin bünyelidir. Tuzluluk, sodyumluluk ve taban suyu gibi problemler bulunmamaktadır. Sulama açısından önemli bazı fiziksel özellikleri Çizelge 2' de verilmiştir. Denemede kullanılan sulama suyu, kampüse su sağlayan şehir şebekesinden alınmıştır. Su kalitesi Ayyıldız (1983)' te belirtilen esaslara göre T₂S₁ olarak bulunmuştur.

Denemenin yürütüldüğü alanda Starking Delicious çeşidi elma ağaçları 6x6 m dikim aralığında 1989 yılında dikilmişlerdir. Denemenin başlatıldığı 1997 yılında kadar bahçede sulama yapılmamıştır.

Araştırmada, damla ve yüzey (çanaklarda göllendirme) sulama yöntemlerini içeren 2 ana konu ile kullanılabilir su tutma kapasitesinin %40 ve % 70' i tüketildiğinde sulamaya başlanan iki all konunun, tesadüf bloklarında bölünmüş parseller deneme deseninde yürütülmesi planlanmıştır. Araştırma sonucunda, sulama programları arasında elma ağaçlarının vegetatif gelişme, verim ve kalite unsurları açısından önemli bir fark gözlenmediğinden, bu çalışmada her iki sulama yöntemi için de kullanılabilir su tutma kapasitesinin %40 ve %70'inin tüketildiği konuların ortalama bitki su tüketimi değerleri dikkate alınmıştır.

Deneme parsellerine sulama suyu şehir şebekesinden sağlandığı için damla sulama yönteminde kontrol birimi unsurlarının tümüne ihtiyaç duyulmamıştır. Ana boru hatları 40 mm dış çaplı, 6 atm işletme basınçlı sert PVC borulardan oluşturulmuştur. Damla sulama yönteminin uygulandığı parsellerde, her alt parsele su ana boru hattından alınmış ve yan boru hattı olarak 20 mm dış çaplı 4 atm işletme basınçlı yumuşak PE borular kullanılmıştır. Deneme parselleri içerisinde su dağılımı 4 atm işletme basınçlı, 16 mm dış çaplı yumuşak PE borulardan oluşan lateraller ile yapılmıştır. Her ağaç sırasına 2 adet lateral boru hattı döşenmiş, böylece ıslatma oranının % 30 olması sağlanmıştır. Lateral boru hatları üzerine 0.90 m ara ile 1 atm işletme basıncından itibaren 4 L/h debi veren on-line tipli, basınç düzenleyicili damlatıcılar yerleştirilmiştir.

Yüzey (çanaklarda göllendirme) sulama yönteminin uygulandığı parsellerde, ana boru hatlarından 20 mm dış çaplı yumuşak PE boru ile alınan sulama suyu, 3 m çapında tabanı eğimsiz olarak açılan çanaklara iletilmiş ve göllendirilmesi sağlanmıştır. Su denetiminin yapılabilmesi için ana boru hattı çıkışına bir adet ϕ 20 PE küresel vana ve %" lik su sayacı yerleştirilmiştir.

Toprak nemi nötronmetre aracı ile ölçülmüştür. Bu amaçla, nötron kaynağı olarak Berilyum 241 elementi içeren nötronmetre kullanılmıştır. Nem belirlemeleri için, her bir parsele, et kalınlığı 3.54 mm ve dış çapı 55 mm olan alüminyum access tüpleri çakılmıştır. Çalışmaya başlamadan önce, arazi koşullarında aracın kalibrasyonu yapılmış ve herbir 30 cm' lik katman için denklemler elde edilmiştir (Evelt ve ark. 1993). Değişik katmanlar için hazırlanan bu kalibrasyon eğrileri Yurtsever (1984) tarafından verilen esaslara göre test edilerek homojen oldukları belirlenmiştir. Bu nedenle, tüm katmanları ilişkin kalibrasyon eğrileri ve eşitlikleri yerine tüm profili temsil eden bir eğri ve eşitlik kullanılmıştır (Şekil1). Üst toprak katmanında söz konusu araç ile sağlıklı okumalar yapılamadığından ilk 30 cm' lik derinlikte nem değişimi gravimetrik yöntemle izlenmiştir.

Çizelge 1. Deneme alanında 1997 ve 1999 yıllarında ölçülen bazı iklim elemanları

Aylar	Ortalama sıcaklık (°C)	Ort. bağıl nem (%)	Ortalama rüzgar hızı (m/s)	Güneşlenme süresi (h)	Buharlaştırma miktarı (mm)	Yağış miktarı (mm)
1997 yılı						
Mayıs						
1-10	17.0	67.9	2.5	6.0	42.3	1.5
11-20	17.8	74.4	2.2	10.3	53.7	4.2
21-31	17.2	78.6	2.6	7.5	43.0	-
Ortalama	17.3	73.6	2.4	7.9	139.0	5.7
Haziran						
1-10	18.3	80.2	1.6	6.9	37.3	10.2
11-20	22.2	85.0	1.8	9.2	44.6	23.7
21-31	23.8	74.7	2.3	10.8	66.0	-
Ortalama	21.4	80.0	1.9	9.0	147.9	33.9
Temmuz						
1-10	25.0	70.9	2.4	10.2	76.2	-
11-20	22.8	75.1	2.0	9.5	49.2	36.9
21-31	23.9	76.2	1.9	9.2	50.2	9.9
Ortalama	23.9	74.1	2.1	8.6	175.6	46.8
Ağustos						
1-10	23.4	78.0	2.2	9.5	51.4	5.9
11-20	20.9	76.1	2.0	5.9	32.5	23.5
21-31	23.3	73.4	1.8	7.5	45.4	25.0
Ortalama	22.5	75.8	2.0	7.6	129.3	54.3
Eylül						
1-10	19.3	70.9	2.2	8.6	37.5	-
11-20	18.2	73.9	2.6	6.3	38.6	0.2
21-30	15.5	73.2	2.4	7.4	34.3	-
Ortalama	17.7	72.7	2.4	7.8	110.4	0.2
1999 yılı						
Mayıs						
5-10	16.5	75.7	3.25	7.62	20.1	1.7
11-20	20.2	76.7	2.02	8.72	33.4	-
21-31	22.2	77.8	1.88	9.17	43.8	-
Ortalama	20.6	77.5	2.16	8.61	97.3	2.1
Haziran						
1-10	21.2	76.7	2.18	9.79	45.5	9.7
11-20	23.3	77.1	2.38	9.72	46.8	3.0
21-31	22.6	75.5	1.95	8.08	45.6	-
Ortalama	22.4	76.4	2.17	9.20	137.9	12.7
Temmuz						
1-10	25.7	74.6	1.85	10.50	53.5	-
11-20	25.0	70.2	3.12	11.09	65.3	0.8
21-31	25.5	77.5	2.45	9.44	57.2	23.4
Ortalama	25.4	74.1	2.47	10.34	176.0	24.2
Ağustos						
1-10	25.1	78.9	2.10	10.35	52.4	-
11-20	26.3	79.1	2.45	10.48	52.2	-
21-31	22.9	73.8	2.69	8.52	47.1	5.2
Ortalama	24.7	77.3	2.41	9.78	151.7	5.2
Eylül						
1-10	20.9	79.8	1.90	6.30	31.7	10.5
11-21	20.3	77.8	2.72	7.82	35.6	-
Ortalama	20.6	78.8	2.31	7.06	67.3	10.5

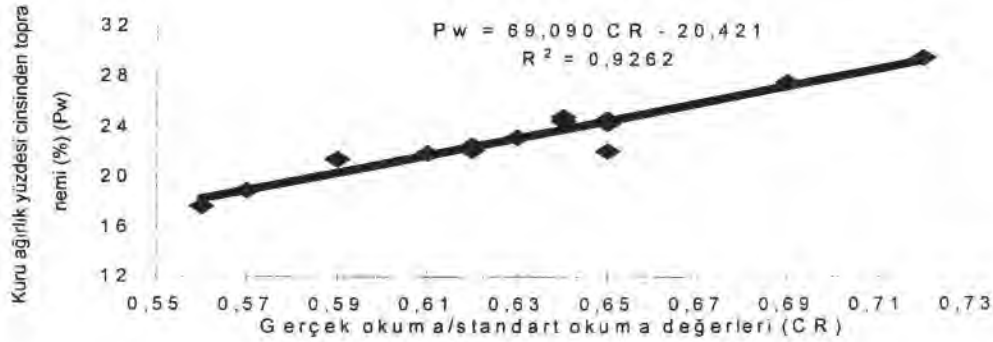
Araştırma alanı topraklarında, kısa periyotlu bitki su tüketimi değerlerini elde etmek amacıyla, deneme süresince, her ayın yaklaşık 10, 20, 30 yada 31. gününe denk gelecek biçimde ve mutlaka sulama uygulamaları öncesinde olmak üzere mevcut nem belirlenmiştir. Sulama yapılacak gün ve uygulanacak sulama suyu miktarını belirleyebilmek için ara günlerde de nem ölçmeleri yapılmıştır. Etkili kök bölgesi altında oluşabilecek sızmaları izleyebilmek amacıyla, su tüketimi ölçmeleri 150 cm toprak derinliğinde yapılmıştır. Bu değerlerden yararlanarak, bitki su tüketimi, su dengesi esasına göre;

$ET = d_1 + P + I - d_2$
eşitliği ile hesaplanmıştır. Eşitlikte;

ET : Bitki su tüketimi, mm,
 d_1 : Periyot başlangıcındaki toprak nemi, mm/150 cm,
P : Periyot boyunca düşen yağış, mm,
I : Periyot boyunca uygulanan sulama suyu miktarı, mm ve
 d_2 : Periyot sonundaki toprak nemi, mm/150 cm dir.

Çizelge 2. Deneme alanı topraklarının bazı fiziksel özellikleri

Profil derinliği cm	Bünye sınıfı	Hacim ağırlığı g/cm ³	Tarla kapasitesi		Solma noktası		Kullanılabilir su tutma kapasitesi	
			%	mm	%	mm	%	mm
0-30	C	1.56	29.00	135.72	18.64	87.24	10.36	48.48
30-60	C	1.57	26.11	122.98	18.19	85.67	7.92	37.30
60-90	C	1.60	27.41	131.57	19.46	93.41	7.95	38.16
90-120	C	1.63	28.86	141.13	20.68	101.13	8.18	40.00
120-150	C	1.57	29.00	136.59	20.56	96.84	8.44	39.75
0-120				531.40		367.45		163.95
0-150				667.99		464.29		203.70



Şekil 1. Nötronmetre aracının kalibrasyon eğrisi ve eşitliği

On günlük periyotlar için ölçülen bitki su tüketimleri, Çizelge 1' deki iklim elemanlarından yararlanılarak bazı bitki su tüketimi tahmin yöntemleri ile hesaplanan referans yada potansiyel bitki su tüketimleri ile karşılaştırılmıştır. Bu yöntemler; Penman yönteminin FAO modifikasyonu (P-FAO), Blaney - Criddle yönteminin FAO modifikasyonu (BC-FAO), Kap buharlaşması yönteminin FAO modifikasyonu (A-FAO), Kap buharlaşması yönteminin Christiansen-Hargreaves modifikasyonu (A-CH), Jensen-Haise yöntemi (J-H) ve Penman- Monteith (P-M) yöntemleridir.

Ölçülen bitki su tüketimi ile tahmin edilen referans yada potansiyel bitki su tüketimi değerleri arasındaki karşılaştırmada aşağıdaki parametreler dikkate alınmıştır.

1. Ölçülen bitki su tüketimi değerleri ile hesaplanan referans bitki su tüketimi arasındaki ilişkinin korelasyon katsayısı (r).

2. Tahmin yöntemleri ile hesaplanan referans bitki su tüketimi değerlerinin elde edildiği eşitliğin gerçek bitki su tüketimi değerini mevsimlik karşılama yüzdesi (%ET),

3.Hata kareler ortalaması (RMS)' dir. Bu değer aşağıdaki eşitlik ile hesaplanmıştır.

$$RMS = \left[\frac{\sum D^2}{n} \right]^{0.5}$$

Eşitlikte;

$\sum D^2$: Ölçülen bitki su tüketimi değerleri ile tahmin edilen referans bitki su tüketimi arasındaki farkların kareler toplamı ve

n : Gözlem sayısıdır.

Değerlendirmede; en düşük hata kareler ortalaması (RMS), en yüksek korelasyon katsayısı (r) ve 100' e en yakın mevsimlik karşılama yüzdesine sahip yöntemin en sağlıklı tahmin verdiği yaklaşımı yapılmış ve bu yöntemle ilişkin bitki katsayısı eğrisi hazırlanmıştır (Orta 1997).

Bulgular ve Tartışma

Denemenin yürütüldüğü 1997 ve 1999 yıllarına ilişkin ölçülen bitki su tüketimi değerleri ve farklı yöntemlerle tahmin edilen referans bitki su tüketimi değerleri Çizelge 3' de verilmiştir. Çizelgeden izleneceği gibi, ölçülen bitki su tüketimi değerleri damla sulama yönteminde 1.6 - 4.2 mm/gün ve yüzey sulama yönteminde 5.4 - 9.1 mm/gün arasında değişmiştir. Mevsimlik bitki su tüketimi değerleri ise damla sulama yönteminde yüzey sulama yöntemine göre birinci yıl % 60.5, ikinci yıl % 64.9 daha az olmuştur. Bitki su tüketimine etki eden iklim elemanlarının yıldan yıla değişiklik göstermesine karşın sulama yöntemlerinin arasında elde edilen oransal ilişkinin birbirlerine yakın olduğu gözlenmektedir. Damla sulama yönteminde elde edilen düşük bitki su tüketimi, alanın tamamının yerine belirli bir kısmının ıslatılmasına bağlanabilir. Uygun bitki su tüketimi tahmin yöntemini saptamak amacıyla dikkate alınan parametrelere ilişkin sonuçlar Çizelge 4' de verilmiştir.

Çizelge 3. Farklı sulama yöntemlerinde ölçülen bitki su tüketimi ve farklı yöntemlerle hesaplanan referans bitki su tüketimi değerleri (mm/gün)

Yıl	Periyot	Ölçülen bitki su tüketimi (mm/gün)		Farklı yöntemlerle hesaplanan referans bitki su tüketimi (mm/gün)				
		Damla	Yüzey	J-H	P-FAO	P-M	A-FAO	A-CH
1997	1-10/5	1.7	5.7	2.6	4.4	3.6	2.7	3.0
	11-20/5	3.1	6.9	3.5	5.3	4.0	3.8	4.3
	21-31/5	2.9	7.2	2.9	4.5	3.4	2.7	2.9
	1-10/6	3.6	8.2	3.1	4.4	3.5	3.0	3.0
	11-20/6	3.5	8.2	4.1	5.5	4.1	3.6	3.8
	21-30/6	3.4	9.1	4.8	6.5	4.9	4.3	5.4
	1-10/7	3.4	8.8	4.7	6.5	5.2	4.8	6.1
	11-20/7	3.6	7.1	4.2	5.9	4.6	3.9	4.0
	21-31/7	4.2	8.9	4.3	5.9	4.6	3.7	3.8
	1-10/8	3.4	7.9	4.0	5.2	4.2	3.6	4.3
	11-20/8	4.0	8.2	2.9	4.3	3.4	2.6	2.5
	21-31/8	2.9	7.8	3.5	4.9	3.9	3.3	3.3
	1-10/9	2.4	8.8	2.8	4.0	3.2	2.6	2.9
	10-20/9	2.4	8.1	2.3	3.6	2.9	2.4	2.8
20-30/9	1.7	5.4	2.2	3.5	2.8	2.4	2.6	
	Mevsimlik toplam (mm)	470.30	1186.90	528.70	759.30	594.90	503.70	547.0
1999	5-10/5	2.4	6.1	2.8	5.1	3.5	2.3	2.4
	11-20/5	2.6	7.2	3.6	5.0	3.9	2.3	2.7
	21-31/5	2.7	6.8	4.0	5.4	4.1	3.2	3.3
	1-10/6	3.1	6.9	4.2	6.2	4.4	3.2	3.7
	11-20/6	3.2	7.1	4.5	6.5	4.6	3.3	3.8
	21-30/6	2.8	7.5	3.9	5.6	4.3	3.6	3.6
	1-10/7	2.5	8.5	5.0	6.8	5.1	4.3	4.5
	11-20/7	2.7	7.6	5.0	7.6	5.6	4.6	5.1
	21-31/7	3.1	8.9	4.6	6.4	4.5	4.0	4.2
	1-10/8	2.5	7.0	4.5	6.3	4.5	3.7	4.5
	11-20/8	2.5	7.2	4.8	6.4	4.7	3.7	4.4
	21-31/8	2.0	6.9	3.8	5.3	4.3	3.0	3.3
	1-10/9	2.4	6.6	2.6	3.9	2.8	2.5	2.5
	10-21/9	1.6	7.3	2.8	4.1	3.1	2.3	2.5
	Mevsimlik toplam (mm)	359.20	1021.70	553.24	738.11	570.90	461.00	505.20

Çizelgeden izleneceği gibi damla sulama yöntemi dikkate alındığında, hata kareler ortalaması 0.85 ile en düşük, su tüketimini mevsimlik karşılama yüzdesi % 117 ile % 100 en yakın ve ölçülen ile tahmin edilen bitki su tüketimleri arasındaki ilişkiye ait korelasyon katsayısı 0.53 olan A sınıfı kap buharlaşması yönteminin FAO modifikasyonu en iyi sonuç vermektedir. Ancak, referans bitki su tüketimi tahmin eşitliklerinin alanın tamamının ıslatıldığı koşullar için geliştirildiğinden, ayrıca, farklı sulama yöntemleri için değişik bitki su tüketimi tahmin eşitliklerinin kullanılması uygun olmayacağından bitki su tüketimi tahmininde kullanılacak eşitliğin belirlenmesinde yüzey sulama yöntemi altındaki ağaçlardan elde edilen su tüketimi değerlerinin kullanılması daha uygun olacaktır. Bu doğrultuda benzer değerlendirme, yüzey sulama yöntemi için yapıldığında hata kareler ortalaması 2.46 ile en düşük, mevsimlik bitki su tüketimini karşılama yüzdesi % 54 ile %100'e en yakın ve ölçülen ile tahmin edilen su tüketimleri arasındaki ilişkiye ait korelasyon katsayısı 0.31 ile Penman yönteminin FAO modifikasyonunun daha sağlıklı tahminler vereceği söylenebilir. Daha önce yapılan çalışmalarda da Türkiye genelinde meyve ağaçları için Penman yönteminin kullanılabileceği belirlenmiştir (Kodal 1991).

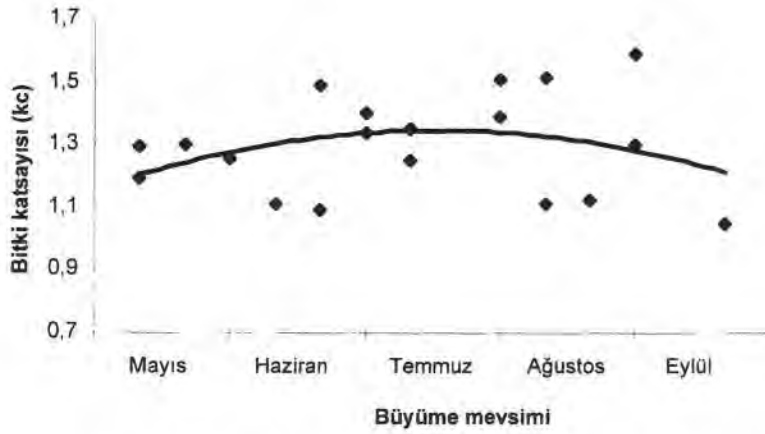
Sonuç

Sonuç olarak deneme koşullarında elma ağaçlarının su tüketimi tahmininde Penman yönteminin FAO modifikasyonunun kullanılması önerilebilir. Bu yöntemle ilişkin bitki katsayısı eğrisi Şekil 2 ve bu eğriye göre elde edilen bitki katsayıları ile Doorenbos ve Pruitt (1977)'de önerilen bitki katsayıları Çizelge 5' de görülmektedir. Çizelgeden izleneceği gibi, yüzey sulama yöntemi ile sulanan elma ağaçlarının Penman yönteminin FAO modifikasyonu için Mayıs - Eylül ayları arasındaki aylık ortalama bitki katsayıları Doorenbos ve Pruitt (1977)'de aynı aylar için verilen bitki katsayılarına oranla % 42.0 - 51.1 kadar daha yüksektir. Bunun nedeni, araştırmanın yürütüldüğü iklim, toprak ve bitki koşullarının farklı olmasına bağlanabilir. Buna göre bitki su tüketimi tahmin yöntemlerinin kullanılacağı yöre koşullarına göre en azından, bitki katsayılarının düzeltilerek kullanılması gerektiği söylenebilir.

Damla sulama yönteminin uygulanacağı koşullarda ise Penman yönteminin FAO modifikasyonu ile elde edilen referans bitki su tüketimi değerlerinin yüzey sulama yöntemi için Şekil 2 ve Çizelge 5' de verilen bitki katsayıları ile düzeltildikten sonra ortalama olarak % 58 oranında azaltılarak kullanılması önerilebilir.

Çizelge 4. Uygun bitki su tüketimi tahmin yönteminin belirlenmesinde göz önüne alınan kriterler

Sulama yöntemi	Bitki su tüketimi tahmin yöntemi	Hata kareler ortalaması (RMS)	(ET) ile (ET _o) arasındaki regresyon denklemleri ve korelasyon katsayısı	Mevsimlik bitki su tüketimini karşılama yüzdesi
Damla	J-H	1.21	ET = -0.0545 ET _o ³ + 0.2176 ET _o ² + 0.9649 ET _o - 0.6852 r = 0.55	133
	P-FAO	2.71	ET = 0.0042 ET _o ³ - 0.2477 ET _o ² + 2.4992 ET _o - 3.8868 r = 0.47	190
	P-M	1.44	ET = 0.0136 ET _o ³ - 0.4690 ET _o ² + 3.4562 ET _o - 4.2107 r = 0.47	145
	A-FAO	0.85	ET = 0.1600 ET _o ³ - 2.0149 ET _o ² + 8.3828 ET _o - 8.4211 r = 0.53	117
	A-CH	1.21	ET = 0.0906 ET _o ³ - 1.2212 ET _o ² + 5.4636 ET _o - 5.0829 r = 0.42	129
Yüzey	J-H	3.91	ET = 0.3701 ET _o ³ - 4.0703 ET _o ² + 14.940 ET _o - 10.796 r = 0.47	50
	P-FAO	2.46	ET = -0.0304 ET _o ³ + 0.5094 ET _o ² - 2.4860 ET _o + 10.875 r = 0.31	54
	P-M	3.58	ET = -0.0012 ET _o ³ + 0.0718 ET _o ² - 0.0362 ET _o + 6.5308 r = 0.37	54
	A-FAO	4.31	ET = -0.0238 ET _o ³ + 0.3746 ET _o ² - 1.0479 ET _o + 7.6861 r = 0.49	44
	A-CH	4.01	ET = 0.1040 ET _o ³ - 1.2638 ET _o ² + 5.3341 ET _o - 0.1522 r = 0.47	49



Şekil 2. Penman yönteminin FAO modifikasyonu için elma ağaçlarının bitki katsayısı eğrisi (kc)

Çizelge 5. Penman yönteminin FAO modifikasyonu için elma ağaçları aylık bitki katsayıları*

Aylar	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül
Araştırma sonucu k _c	1.25	1.33	1.36	1.33	1.24
Doorenbos ve Pruitt (1977)' e göre k _c	0.88	0.93	0.93	0.88	0.85

*: Çizelgedeki değerler yüzey sulama yöntemi içindir. Söz konusu değerlerin damla sulama uygulamalarında kullanılabilmesi için %58 oranında azaltılması gerekir.

Kaynaklar

- Akgün, M. 1989. Ankara Koşullarında Kısa Periyotlu Bitki Su Tüketimi Tahmin Yöntemlerinin Karşılaştırılması. Ank. Üniv. Fen Bilimleri Ens. Yüksek Lisans Tezi, Ankara, 102 s.
- Ayyıldız, M. 1983. Sulama Suyu Kalitesi ve Tuzluluk Problemleri. A.Ü. Zir. Fak. Yayınları No:879, Ankara, 282s.
- Behnke, J. and G.B. Maxey, 1969. An empirical method for estimating monthly potential evapotranspiration in Nevada. Jour. Hydrology, 8(4), 418-430.
- Burman, R. D., P. R. Nixon, J. L. Wright and W. O. Pruitt, 1983. Water Requirements Design and Operation of Farm Irrigation Systems. Editör: Jensen, M.E., ASCE, St Joseph, Michigan. 829 p.
- Christiansen, J. E. 1968. Evaporation and evapotranspiration from climatic data. Jour. Irrig. Drain Div., 94 (2): 243-265.
- Doorenbos, J. and W. O. Pruitt, 1977. Guidelines for Predicting Crop Water Requirements. FAO Irrigation and Drainage Paper, No: 24, Rome, Italy. 156 p.
- Erdem, Y. 1996. Kırklareli Koşullarında Bitki Su Tüketimi Tahmin Eşitliklerinin Karşılaştırılması. Trakya. Üniv. Fen Bilimleri Ens. Yüksek Lisans Tezi, Edirne, 61s.
- Evet, S. R., T. A. Howell, J.L. Steiner and J.L. Cresap, 1993. Management of Irrigation and Drainage Systems. Sponsored by the Irrigation Drainage Div./ASCE, Part City, Utah.

- Goldberg, D., B.Gornat and D. Rimon, 1976. Drip Irrigation. Drip Irrig. Sci. Public, Kfar Shmaryahu, Israel, 296 p.
- Hisarlı, S. 1998. Ankara Koşullarında Bitki Su Tüketimi Tahmin Yöntemlerinin Karşılaştırılması. Ank. Üniv. Fen Bilimleri Ens. Yüksek Lisans Tezi, Ankara.
- Jensen, M. E. 1974. Consumptive Use of Water and Irrigation Water Requirements, ASCE, New York, USA. 215 p.
- Kadayıfçı, A., O. Yıldırım, 1998. Ankara koşullarında ayçiçeğinin su tüketimi. Tarım Bilimleri Dergisi 4 (3), Ankara, 11-14.
- Kodal, S. 1991. Ülkemizde meyve ağaçlarının su tüketiminde kullanılabilecek yöntemler. Ank. Üniv. Zir. Fak. Yıllığı, 36 (1-2), 121-131.
- Köksal, A. İ., O. Yıldırım, H. Dumanoğlu, A. Kadayıfçı ve N. Güneş, 1999. Farklı Sulama yöntemlerinde elma ağaçlarının su tüketimi. Tarım Bil. Dergisi, Ankara.
- Lomas, J. and G. Schlesinger, 1970. Actual and Potential Evapotranspiration from Lucern. Israel Meteorology Service 2/70, Bet Dagan. Israel, 21p.
- Orta, A. H. 1997. Ankara koşullarında biberin su tüketimi. Tr. Jour. of Agriculture and Forestry. 21 Ankara, 513-517.
- Orta, A. H., A. İstanbulluoğlu ve S. Albut, 1997. Tekirdağ koşullarında mısırın su tüketimi. Tarım Bilimleri Dergisi. 3 (2), Ankara, 38-43.
- Orta, A. H. ve M. Şener, 1999. Tekirdağ koşullarında soğanın su tüketimi. VII. Kültürteknik Kongresi, Kapadokya, 154-161.
- Parmele, L. H. and Mc Guinness, J. L. 1974. Comparison of measured and estimated daily potential evapotranspiration in a humid region. Jour. Hydrology. 22(3/4), 239-251.
- Stephens, J. C. and E. H. Stewart, 1963. A comparison of procedures for computing evaporation and evapotranspiration. Sci. Hydrology, 62: 123-133.
- Tekinel, O ve R. Kanber, 1981. Çukurova koşullarında pamuk su tüketiminin belirlenmesinde kullanılan bazı yöntemlerin kıyaslanması üzerinde bir araştırma. TOPRAKSU, 56; 1-13.
- Yıldırım, O. 1982. Ankara koşullarında şeker pancarının su verim ilişkileri ve su tüketimi. Ank. Üniv. Zir. Fak. Yıllığı 41(1-2): 23-31.
- Yurtsever, N. 1982. Deneysel İstatistik Metotları. Köy Hizm. Gen. Müd. Yayınları No:121, Ankara. 623 s.