

Karadeniz Geçit Bölgesi İçin Uygun Bir Bitki Su Tüketim Eşitliği¹

Mehmet BALÇIN²Süleyman KODAL³Hamdi KARAATA²Hikmet GÜLEÇ²

Geliş Tarihi :25.03.2004

Özet: Gerçek bitki su tüketimleri ve iklim verilerinden yararlanılarak, Karadeniz Geçit Bölgesinde bitki su tüketimini, gerçeğe yakın olarak tahmin edebilecek matematiksel bir eşitlik geliştirmek amacıyla yapılan bu çalışmada, iklim faktörleri olarak hava sıcaklığı (ortalama, minimum, maximum), nisbi nem (ortalama, minimum, maximum), toprak sıcaklığı (5 cm, 10 cm, 20 cm), rüzgar hızı, bulutluluk, ölçülen güneşlenme süresi, beklenen güneşlenme süresi, güneş ışınları şiddeti, bulutsuz gökyüzü radyasyonu, atmosfer üstü radyasyon, buharlaşma, yağış, ay ve takvim günü faktörü kullanılmıştır. Bu değerlerle birlikte bitki yetiştirme dönemi yüzdesi de ele alınmıştır. Tüm bu faktörlerle birlikte günlük bitki su tüketimleri arasındaki ilişki aşamalı (Stepwise) regresyon yöntemi kullanılarak belirlenmiştir. Yonca bitkisi kıyas bitki alınarak yapılan değerlendirme neticesinde doğrusal ve eğrisel eşitliklerden en yüksek determinasyon katsayısını ve kısmi F değerini veren aşağıdaki eğrisel eşitliğin aylık su tüketiminin tahmini için kullanılması önerilmiştir.

$$ET_o = 1.627 + 0.00141 (T_{20})^3 + 11.2 \left(\frac{1}{C^3} \right) - 0.007 (n^3) - 0.038 (T_{min})^2$$

Eşitlikte; ET_o= Yonca bitkisi için referans su tüketimi (mm/gün), T₂₀= 20 cm toprak derinliğindeki sıcaklık (°C), C= Bulutluluk (0-10), n=Ölçülen güneşlenme süresi (saat/gün), T_{min}= Ortalama minimum hava sıcaklığı (°C). Eşitlik ile elde edilen yonca kıyas su tüketimi değeri raporda verilen bitki katsayıları ile düzeltildikten sonra diğer bitkilere ilişkin su tüketimi tahmin edilebilir.

Anahtar Kelimeler: Karadeniz geçit bölgesi, iklim parametreleri, bitki su tüketimi tahmini, bitki katsayıları

The Evapotranspiration Equation for Blacksea Transition Region

Abstract: This research has been investigated to determine the evapotranspiration equation for Black Sea Transition Region. For this reason real monthly evapotranspiration and climatic factors were used. Temperature (average, minimum, maximum), relative humidity (average, minimum, maximum), soil temperature (5 cm, 10 cm, 20 cm), wind speed, cloud cover, measured daylight hours, possible daylight hours, sunshine radiation, extraterrestrial radiation, solar radiation on a cloudless day, evaporation, rainfall, month factor and calendar day factor were taken as factors in the research. Crop growing stage percentage is also taken into consideration together with these factors. The relation between daily evapotranspiration and above factors has been determined with stepwise regression. The below non linear equation has been recommended to estimate the monthly evapotranspiration when alfalfa crop was taken as the reference crop. The equation is;

$$ET_o = 1.627 + 0.00141 (T_{20})^3 + 11.2 \left(\frac{1}{C^3} \right) - 0.007 (n^3) - 0.038 (T_{min})^2$$

In the equation; ET_o: Alfalfa reference evapotranspiration (mm/day), T₂₀: Soil temperature at 20 cm depth (°C), C: Cloud cover (0-10), n: measured duration of sunshine (hour/day), T_{min}: Average minimum air temperature. The alfalfa reference evapotranspiration value reached with the equation, can be used to estimate evapotranspiration for other plants, after correcting with the crop coefficient given in the report.

Key Words: Black Sea Transition Region, climatic factors, evapotranspiration estimate, crop coefficients

Giriş

Tarımsal üretimde önemli bir verim artırıcı unsur olan sulamanın belirlenen sulama programına göre yapılması çok önemlidir. Bilinçsizce yapılan sulama uygulamaları istenen verim artışını sağlayamayacağı gibi toprak ve çevreye de olumsuz etki bırakacaktır. Sürdürülebilir bir tarımsal faaliyet için sulamanın da usulüne uygun olarak yapılması gerekmektedir.

Sulamada önemli bir parametre olan bitki su tüketiminin sağlıklı olarak belirlenmesi gerekmektedir. Bitki su tüketimi doğrudan tarla denemeleri veya lizimetre koşullarında denemeler yapılarak ölçülmektedir. Gerçek su tüketiminin elde edilmesi, arazide kontrollü ve ölçülü sulamalarla en az 3 yıl süreyle yapılan denemelerle

yapılabilmektedir. Bu ise uzun zaman, büyük emek ve masraf gerektiren bir yöntemdir. Bu güçlüklerden dolayı, tüm dünyada araştırmacılar, değişik iklim bölgeleri için amprik eşitlikler ve paket programlar geliştirerek bitki su tüketimini tahmin etmeye çalışmışlardır (Morton 1976, Kodal ve Benli 1984, Samani 2000). Yaygın olarak kullanılan yöntemler arasında Penman-Monteith, Kimberly-Penman, Blaney-Criddle, Jensen-Haise, Hargreaves, Christiansen ve FAO Pan buharlaşması yöntemleri sayılabilir (Jensen ve ark 1990).

Amprik eşitliklerin bir kısmı, bitki su tüketimini etkileyen birkaç iklim faktörünü içerdiği gibi bir kısmı da daha fazla faktörü içermektedir. Geliştirilen bu eşitlikler

¹ Bu araştırma, Köy Hizmetleri Tokat Araştırma Enstitüsünün 98210G01 no'lu araştırma projesinin sonuç raporundan özellenerek hazırlanmıştır.

² Köy Hizmetleri Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü-Tokat.

³ Ankara Üniv., Ziraat Fak., Tarımsal Yapılar ve Sulama Bölümü-Ankara.

genel olarak baz alınan bölgeyi temsil ettiği için diğer bölgelere uygulanması durumunda çok büyük sapmalara yol açabilmektedir. Bu eşitliklerin geliştirildikleri ortamın iklimine benzer yerlerde uygulanması durumunda daha sağlıklı sonuçlar alınabilmektedir (Kanber ve Steduto 1999, Kodal ve Benli 1984).

Bu çalışma ile Karadeniz Geçit Bölgesinde tamamlanmış bitki su tüketimi çalışmaları ve iklim verilerinden yararlanılarak bitki su tüketiminin tahmini amacıyla matematiksel bir eşitlik geliştirilmiştir. Bu eşitlik kullanılarak, benzer iklim şartları için yatırım projelerinin temel donelerinden olan bitki su tüketimi gerçeğe daha yakın olarak tahmin edilebilecektir.

Materyal ve Yöntem

Karadeniz Geçit Bölgesi araştırma alanını oluşturmaktadır. Karadeniz Geçit Bölgesi Gümüşhane, Tokat, Çankırı, Amasya ve Bolu arasındaki şeridi kapsamaktadır.

Karadeniz Geçit Bölgesi iklim bakımından İç Anadolu'ya geçiş özelliği gösterir. Bölgenin doğal yapısını büyük ölçüde belirleyen Kuzey Anadolu Dağları, iklim ve bitki örtüsü açısından kıyı ile iç kesimler arasında önemli farklılıkların ortaya çıkmasına yol açmaktadır. Deniz etkisiyle kıyı kesimi iliman ve nemlidir. Bu etki mevsimler arası sıcaklık farklarının azalmasına yol açmaktadır. Dağ sıralarının arasında yer alan iç kesimlerde ise kara ikliminin etkisi görülmektedir. Kıyı kesiminin ılık ve yağışlı olmasına karşın iç kesimlerde yazlar sıcak ve kurak, kışlar soğuk ve yağışlı geçmektedir.

Bölgenin iç kesimlerinde mevsimler arasındaki sıcaklık farkları birden artar, yağışlar ise azalır. Kıyı dağlarının ardında yer alan kesimlerde yıllık ortalama yağış miktarı genellikle 500 mm'nin altındadır. İç kesimlerde kar yağışlı gün sayısı yılda ortalama 20 dolayındadır. Karadeniz Geçit Bölgesi yalnız yer şekilleri ve iklim bakımından değil, tarımsal bakımdan da İç Anadolu'ya geçiş özelliği gösterir. Karadeniz Geçit Bölgesinde yaşayan halkın büyük bölümü geçimini tarımdan ve tarıma dayalı ticarettten sağlamaktadır. Bölgede yetiştirilen tarla bitkileri şekerpancarı, patates, buğday, mısır, yonca, nohut, arpa, prinç, soğan, ayçiçeği ve kendirdir. Eskiden yaygın olan tütün üretimi önemini yitirmektedir. Yetiştirilen başlıca meyveler elma, şeftali, vişne, kiraz ve armut; sebzeler ise domates, lahanası, hıyar, fasulye ve pırasadır.

Araştırmada Karadeniz Geçit İklim Bölgesi sınırları içerisinde yer alan illerde Köy Hizmetleri Tokat Araştırma Enstitüsü ile Köy Hizmetleri Samsun Araştırma Enstitüsü tarafından çeşitli bitkilerde yapılmış olan bitki su tüketimi araştırma sonuçları veri olarak kullanılmıştır. Bu amaçla ayçiçeği (Bayrak 1978, Demirören 1978), buğday (Günbatılı 1980), biber (Çelik 1991), domates (Balçın ve Güleç 1999), elma (Günbatılı ve Demirören 1980), fasulye (Günbatılı 1993), hıyar (Balçın ve Çelik 1996), lahanası (Bayrak 1994, Balçın ve ark. 1997), mısır (Günbatılı 1979a, Bayrak 1979), nohut (Günbatılı 1986b), patates (Günbatılı 1986a), şeftali (Günbatılı 1979b), şekerpancarı (Günbatılı 1978 ve Günbatılı 1989a), Bayrak 1992), soya (Çelik 1989, Bayrak 1989a) ve yonca (Günbatılı 1989b,

Bayrak 1989b) bitkisinde yapılmış olan su tüketimi değerleri veri olarak kullanılmıştır. Bu amaçla deneme sonucunda önerilen konuya ait su tüketimleri dikkate alınmıştır. Araştırmalarda, toprak nemi dikkate alınarak sulama uygulamaları yapılmıştır.

Araştırma alanında yapılan bitki su tüketimi denemelerinin herbirine ilişkin bilgiler ve denemenin yapıldığı yer, yıl ve aya ait iklim faktörleri hazırlanarak veri derleme formuna işlenmiştir. Ayrıca bitki verisi olarak yetiştirme dönemi yüzdesi de kullanılmıştır. Veri girişi tamamlandıktan sonra derlenen veriler incelenmiş ve diğer yıllara göre fazla sapma gösteren veya yeterli iklim verileri olmayan denemeler ayrılarak değerlendirme dışı tutulmuştur.

Araştırmaya alınan bitkiler içerisinde gözlem sayısı fazla ve bölge için önemli olan yonca bitkisi, tahmin eşitliğinin elde edilmesi amacıyla seçilmiş ve yonca bitkisi referans bitki olarak ele alınmıştır.

Araştırmada iklim faktörleri olarak hava sıcaklığı (ortalama, minimum, maksimum), nisbi nem (ortalama, minimum, maksimum), toprak sıcaklığı (5 cm, 10 cm, 20 cm), rüzgar hızı, bulutluluk, ölçülen güneşlenme süresi, beklenen güneşlenme süresi, güneş ışınları şiddeti, bulutsuz gökyüzü radyasyonu, atmosfer üstü radyasyon, buharlaşma, yağış, ay ve takvim günü faktörü kullanılmıştır. Bu değerlerle birlikte bitki yetiştirme dönemi yüzdesi de ele alınmıştır. Tüm bu faktörlerin kendileriyle birlikte bu değerlerin x^2 , x^3 , $1/x$, $1/x^2$, $\ln x$ ve \sqrt{x} leri alınmış ve bu değerlerle günlük bitki su tüketimleri arasındaki ilişki MINITAB programında aşamalı (Stepwise) regresyon yöntemi kullanılarak belirlenmiştir.

Drapper ve Smith, ikiden fazla değişkene bağlı olan bir değişken için en iyi tahmin eşitliğinin seçiminde Tüm Mümkün Regresyon Yöntemi, Geriyedöğru Eliminasyon Yöntemi, İleriye Doğru Seçim Yöntemi, Aşamalı Regresyon Yöntemi, Bölümlü Regresyon Yöntemi veya konunun özelliğine göre bu yöntemlerin bazı kombinasyonlarının kullanılmasını önermiştir (Kodal ve Benli 1984). Bu araştırmada Aşamalı Regresyon (Stepwise Regression) yöntemi kullanılmıştır.

Aşamalı regresyon yönteminde girdi olarak değişkenlerin kendileri kullanıldığında doğrusal bir tahmin eşitliği elde edilmektedir. Ancak, değişkenlerin kendileri yanında çeşitli fonksiyonları da yeni değişkenler gibi kullanıldığında eğrisel bir tahmin eşitliğinin elde edilmesi mümkün olmaktadır.

Bu araştırmada, seçilecek değişkenlerin aşamalı regresyon yönteminde kullanılmasıyla çoklu doğrusal tahmin eşitlikleriyle birlikte, bu değişkenlerin alınmasına karar verilen çeşitli fonksiyonlarının aşamalı regresyonda kullanılmasıyla çoklu eğrisel tahmin eşitlikleri elde edilmiştir. İzlenen bu yöntemin diğer tahmin yöntemlerine göre avantajlı yönleri şunlardır:

1. Aşamalı regresyon yöntemi, her aşamada bağımlı değişken üzerinde en büyük etkiye sahip olan değişkeni modele almaktadır.

2. Birkaç terimden, örneğin üç terimden oluşan bir eşitlik türünün kullanılması durumunda, terimlerden biri

çok önemli diğerleri önemsiz de olsa, her üç terimin de eşitlikte yer alması gerekmektedir. Bu yöntemde ise önemli olan terim modele alındıktan sonra, diğer iki önemsiz terim yerine daha önemli başka terimler modele alınabilmektedir.

3. Bu yöntemde her aşamada modele yeni bir değişken alınmakta, ancak her aşamada modele önceki aşamalarda giren değişkenlerin önemi tekrar araştırılmakta ve önemi azalan herhangi bir değişken modelden dışarı çıkarılabilmektedir (Kodal ve Benli 1984).

Araştırmada seçilen bitkiler ve iklim etmenlerine ilişkin elde edilen veriler MINITAB ve EXCEL paket programında değerlendirilmiş ve eğrisel ve doğrusal tahmin eşitlikleri elde edilmiştir. Elde edilen eğrisel ve doğrusal tahmin eşitliklerinden biri esas alınarak tahmin eşitliği olarak kullanılmıştır. Bu eşitliğin seçiminde şu özellikler dikkate alınmıştır:

- Eşitlikteki değişken sayısının ve ölçümü gereken değişken sayısının az olması,
- Eşitliğin ait olduğu bitkinin yetiştirme döneminin uzun olması.

Uygun tahmin eşitliğinin seçilmesinde kısmi F testi ve değişkenler arasında matematiksel ilişkiyi belirleyen matematiksel ifadenin yanlış seçilip seçilmediğini, bağımsız değişkenlerde ölçme hatasının bulunup bulunmadığını kontrol amacıyla Durbin Watson istatistik analizi yapılmıştır.

Araştırmaya alınan referans bitkinin her gözlemi için doğrusal tahmin eşitliği ile bitki su tüketimleri hesaplanmıştır. Hesaplamalarda denemenin yürütüldüğü yıl ve aylardaki iklim verileri kullanılmıştır. Hesaplanan bitki su tüketimleri gerçek bitki su tüketimlerine oranlanarak su tüketim oranları belirlenmiştir.

Araştırma sonucu elde edilen tahmin yönteminin karşılaştırılması amacıyla Penman-Monteith (PM), Kimberly Penman 1972 (KP72a (Kurak ve yarı kurak bölgeler), KP72b (Nemli ve kıyı bölgeler)), Kimberly Penman 1982 (KP82), Priestley Taylor (PT), Jensen Haise (JH) ve Kodal-Benli (1984) (KB84) yonca referans eşitlikleri kullanılmıştır. Priestley-Taylor, Jensen-Haise ve Penman-Monteith yöntemlerinin çözümünde California Üniversitesinde Snyder ve Pruitt tarafından hazırlanan DAVIS adlı bilgisayar programından yararlanılmıştır. Kimberly-Penman 1972 ve 1982 çözümlerinde Kanber ve ark. (2000), Jensen ve ark. (1990) ile Smith ve Segeren (1990) kaynaklarından yararlanılmıştır. Bu yöntemlerle hesap yapılabilmesi için Excel elektronik hesap tablosunda bir program hazırlanmıştır. Kodal-Benli (1984) yönteminin çözümünde ise Kodal ve Benli (1984)'den yararlanılmıştır.

Gerçek su tüketiminin ve tahmin yöntemlerinin karşılaştırılması aylık ve mevsimlik yapılmış ve değerlerin istatistiksel olarak karşılaştırılması regresyon analizi ile yapılmıştır (Yurtsever 1984; Jensen ve ark. 1990). Gerçek su tüketiminden olan sapmaları gözleyebilmek için aylık ve mevsimlik % farklar belirlenmiştir. Bu amaçla gerçek ve tahmin sonucu bulunan su tüketimi değerlerinden yararlanılmıştır. Bu amaçla kullanılan eşitlik aşağıda verilmiştir:

$$\% Fark = \left(\frac{ET_r - ET}{ET} \right) * 100$$

Gerçek su tüketimleri ve tahmin eşitlikleri sonucu bulunan su tüketimlerinden yararlanılarak tahminin standart hatası bulunmuştur. Bu amaçla aşağıda verilen eşitlik kullanılmıştır:

$$SEE = \left[\frac{\sum (ET - ET_r)^2}{n - 1} \right]^{0.5}$$

Bu eşitliklerde; ET: Gerçek su tüketimi mm/gün, ET_r: Tahmin yöntemleri ile bulunan su tüketimi mm/gün ve n: gözlem sayısını göstermektedir.

Yörede su tüketimi çalışması yapılmış diğer bitkilere ait su tüketimleri, tahmin yöntemine ait su tüketimlerine oranlanarak su tüketim oranı bulunmuştur. Bulunan su tüketim oranlarının bitkinin yetiştirme dönemi yüzdesine bağlı olarak grafiklenmesi sonucunda yetiştirme dönemi yüzdesine bağlı olarak bitki katsayıları elde edilmiştir. Herhangi bir bitkinin su tüketimi; esas alınan eşitlik ile hesaplanan su tüketiminin, su tüketimi hesaplanacak bitkiye ait bitki katsayısı ile çarpılması suretiyle bulunmuştur.

Bulgular ve Tartışma

Bitki su tüketimi, bitki ve iklim faktörlerinin fonksiyonlarının MINITAB programında değerlendirilmesiyle doğrusal ve eğrisel eşitlikler elde edilmiştir. Elde edilen eğrisel eşitlikler daha iyi sonuç vermiştir. Eğrisel eşitliklerden en yüksek kısmi F değerini (8.93) veren eşitlik tahmin eşitliği olarak önerilmiştir. Önerilen eşitliğin determinasyon katsayısı ise % 92.69 olarak bulunmuştur.

Değişkenler arasında matematiksel ilişkiyi belirleyen matematiksel ifadenin yanlış seçilip seçilmediğini, bağımsız değişkenlerde ölçme hatasının bulunup bulunmadığını kontrol amacıyla yapılan Durbin-Watson istatistiği sonucunda bu değer 1.88 olarak bulunmuş ve otokorelasyon olmadığı ortaya çıkmıştır. Yani bu değer matematiksel ifadenin seçiminde herhangi bir hatanın olmadığı ve bağımsız değişkenlerde ölçme hatası bulunmadığını göstermektedir.

Yonca bitkisinde aylık bazda ortalama bitki su tüketiminin tahmininde kullanılabilecek eşitlik aşağıda verilmiştir:

$$ET_0 = 1.627 + 0.0014 (T_{20})^3 + 11.2 \left(\frac{1}{C^2} \right) - 0.007 (n^3) - 0.038 (T_{min})^2$$

$$R^2 = \% 92,69$$

Eşitlikte; ET₀= Yonca bitkisi için referans su tüketimi (mm/gün), T₂₀= 20 cm toprak derinliğindeki aylık ortalama sıcaklık (°C), C= Aylık ortalama bulutluluk (0-10), n=Ölçülen güneşlenme süresinin aylık ortalaması (saat/gün), T_{min}= Aylık ortalama minimum hava sıcaklığı (°C)'dir.

Çizelge 1. Tahmin eşitliğinde kullanılan parametrelerin maksimum ve minimum değerleri

Parametre	Maximum	Minimum
T ₂₀	25.1	4.4
C	7.2	1.4
n	11.7	3.0
T _{min}	13.8	-3.0

Eşitlikte yer alan parametrelerin, eşitliğin elde edilmesinde kullanılan maksimum ve minimum değerleri Çizelge 1'de verilmiştir. Bu tahmin eşitliğinin, geliştirildiği bölge koşullarına uygun iklim koşullarında kullanılması durumunda gerçeğe yakın değer vermesi beklenir. Tahmin yapılan yörenin iklim koşullarının Çizelge 1'de verilen sınırların dışına çıkması durumunda, çok yüksek veya çok düşük ETo tahminlerinin elde edilmesi doğal karşılanmalıdır. Örneğin bulutluluk değerinin sıfıra yaklaşması durumunda çok yüksek ETo tahminleri elde edilebilecektir.

Yukarıda verilen eşitlikte yer alan ve her istasyonda ölçümü yapılmayan 20 cm derinlikteki toprak sıcaklığı ve güneşlenme sürelerinin diğer iklim faktörlerinden yararlanarak tahmin etmek amacıyla, 31 yıllık gözlemlerden yararlanılarak elde edilen regresyon eşitlikleri aşağıda verilmiştir. Bu eşitliklerden yararlanılarak diğer iklim faktörlerinin bulunması durumunda istenilen yöreye ait evapotranspirasyon değerleri hesaplanabilecektir.

$$T_{20} = 1,842 + 0,98 T_{ort} \quad R^2 = \% 96,21^{**}$$

$$n = 8,023 + 0,995 \sqrt{T_{ort}} - 0,799 C - 22,8 \frac{1}{R_a} \quad R^2 = \% 95,06^{**}$$

Eşitliklerde; T₂₀: Aylık ortalama toprak sıcaklığı, 20 cm'de (°C), n=Günlük güneşlenme süresinin aylık ortalaması (saat/gün), T_{ort}: Aylık ortalama hava sıcaklığı (°C), C: Aylık ortalama bulutluluk (0-10), R_a: Aylık ortalama atmosferüstü radyasyon (mm/gün)'dur.

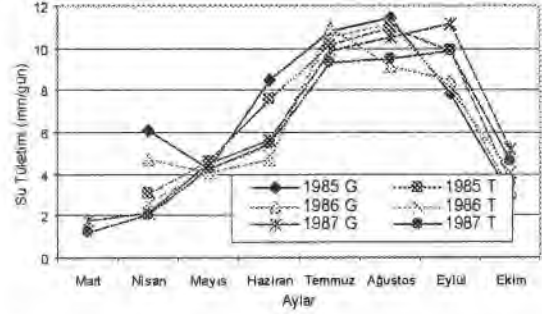
Eşitlikte yer alan parametrelerin, eşitliklerin elde edilmesinde kullanılan maksimum ve minimum değerleri Çizelge 2'de verilmiştir.

Yonca bitkisi için denemenin yapıldığı yıl ve aylara ait günlük su tüketimleri ile yukarıda verilen tahmin eşitliğinden yararlanılarak hesaplanan günlük bitki su tüketimlerinin şekilsel gösterimi Şekil 1'de verilmiştir. Yine aynı şekilde tahmin eşitliğinden bulunan su tüketimlerinin, gerçek su tüketimine oranlanması ile bulunan su tüketim oranlarının şekilsel gösterimi de Şekil 2'de verilmiştir. Şekil incelendiğinde aşırı sapma gösteren ilk aylar dikkate alınmadığında su tüketim oranlarının 1'e yakın olduğu görülmektedir.

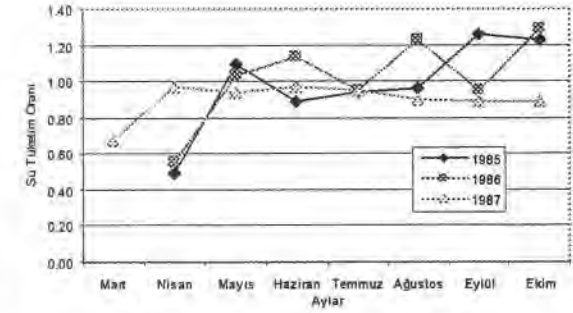
Yukarıda verilen tahmin eşitliği ile yonca esaslı amprik yöntemlerden elde edilen su tüketimlerinin gerçek su tüketimleriyle Şekil 3, 4 ve 5'te karşılaştırılmıştır. Şekillerden de görüleceği gibi gerçek su tüketimine en yakın eğriyi önerilen eşitlik vermektedir. Tahmin eşitliklerinden elde edilen su tüketimlerinin gerçek su tüketimine oranlanmasıyla elde edilen su tüketim oranları yıllar itibarıyla Şekil 6, 7 ve 8'de verilmiştir. Şekiller incelendiğinde 1'e en yakın su tüketim oranını önerilen tahmin eşitliğinin verdiği görülmektedir.

Çizelge 2. Eşitliklerde kullanılan parametrelerin maksimum ve minimum değerleri

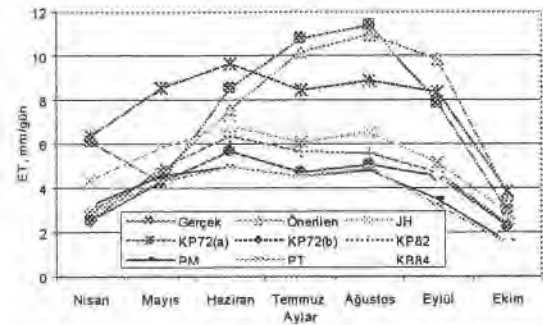
Parametre	Maksimum	Minimum
T _{ort}	24.2	-6.3
C	8.6	1.1
Ra	17.3	6.4
T ₂₀	26.1	0.8
n	12.4	1.2



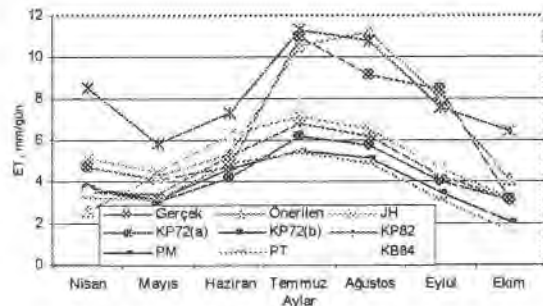
Şekil 1. Gerçek ve tahmin eşitliği sonucu bulunan bitki su tüketimleri



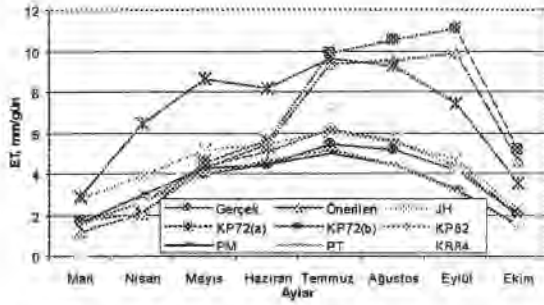
Şekil 2. Tahmin eşitliğinin su tüketim oranları



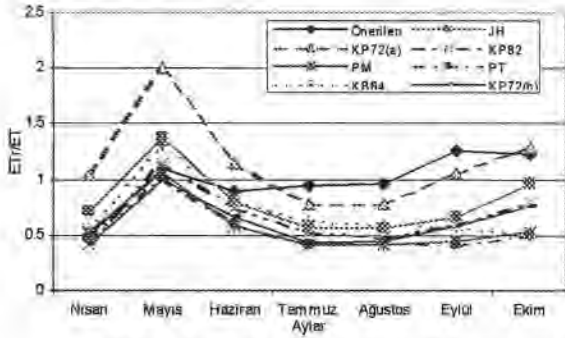
Şekil 3. Gerçek ve tahmin edilen su tüketimleri (1985)



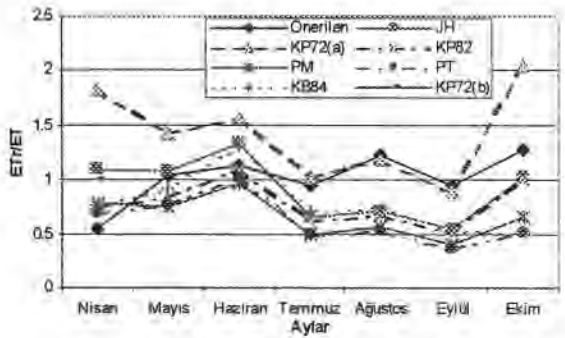
Şekil 4. Gerçek ve tahmin edilen su tüketimleri (1986)



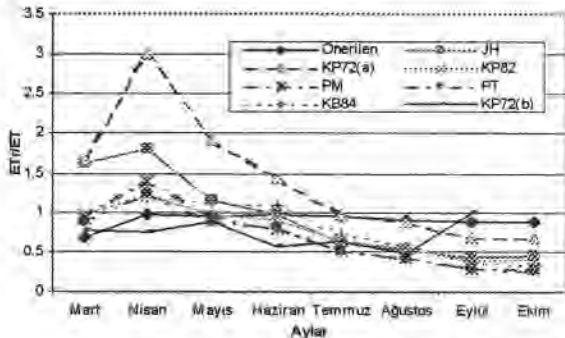
Şekil 5. Gerçek ve tahmin edilen su tüketimleri (1987)



Şekil 6. Tahmin eşitliklerinin su tüketim oranı (1985)



Şekil 7. Tahmin eşitliklerinin su tüketim oranı (1986)



Şekil 8. Tahmin eşitliklerinin su tüketim oranı (1987)

Gerçek su tüketimleri ile tahmin yöntemleri sonucu bulunan su tüketimlerinin karşılıklı grafiklenmesi sonucu elde edilen doğrusal regresyon ilişkileri ve regresyon katsayıları Şekil 9'da verilmiştir. Şekiller incelendiğinde gerçek ile önerilen tahmin eşitliğinden elde edilen su tüketimlerinin regresyon doğrusu yakınlarında dağıldığı görülmektedir. Diğer yöntemlerde ise bu dağılımlar daha

da açılmaktadır. Aynı şekilde regresyon katsayıları incelendiğinde, önerilen yöntemin regresyon katsayısı en yüksek çıkmış ve ilişki %99 seviyesinde önemli bulunmuştur. Önerilen eşitliği sırasıyla Kimberly Penman 1972b ve Kimberly Penman 1982 yöntemleri takip etmiştir.

Gerçek su tüketiminden olan sapmaları gözleyebilmek için aylık ve mevsimlik % farklar belirlenmiştir. Bu amaçla gerçek (ET) ve tahmin sonucu bulunan (ETr) su tüketimi değerlerinden yararlanılmıştır. Yapılan değerlendirme sonucunda gerçek su tüketiminden en az % farkı önerilen yöntem (%5) vermiştir. Bunu sırasıyla KP72(a) (%14), JH (%29), KB84 (%30), KP82 (%34), KP72(b) (%40), PM (%47) ve PT (%48) yöntemleri takip etmiştir.

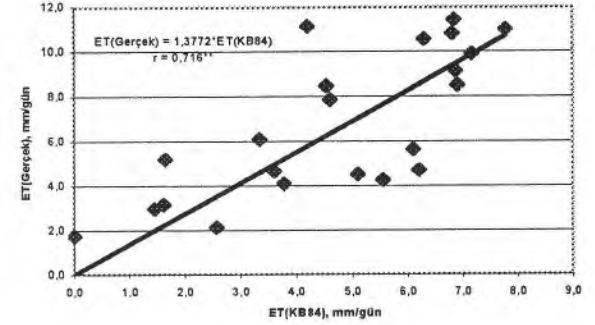
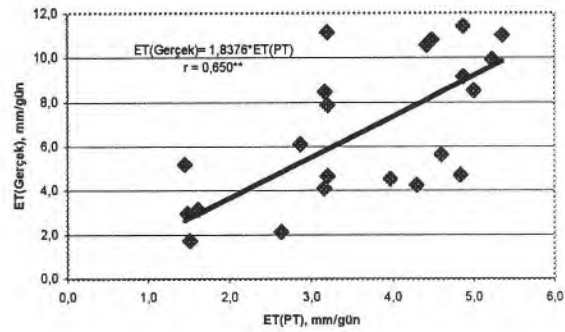
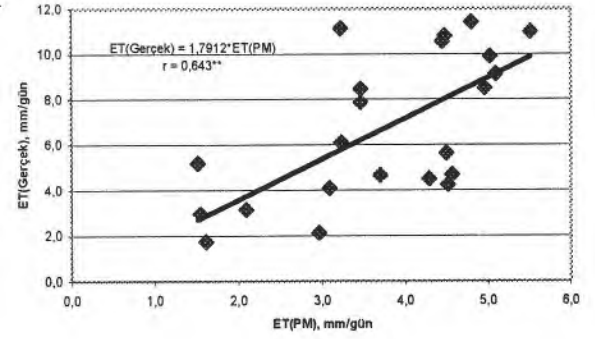
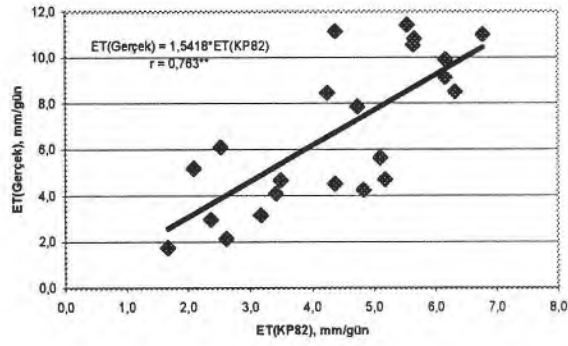
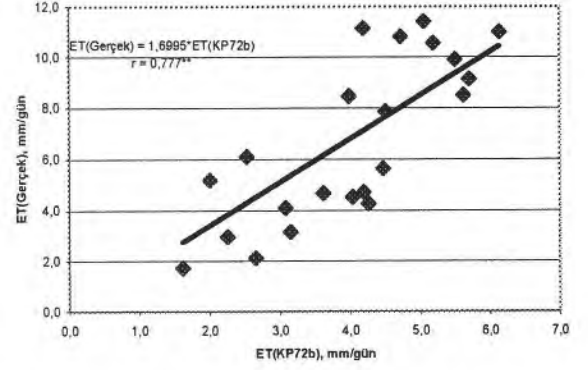
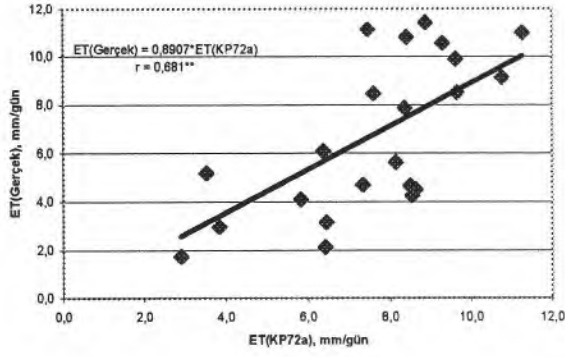
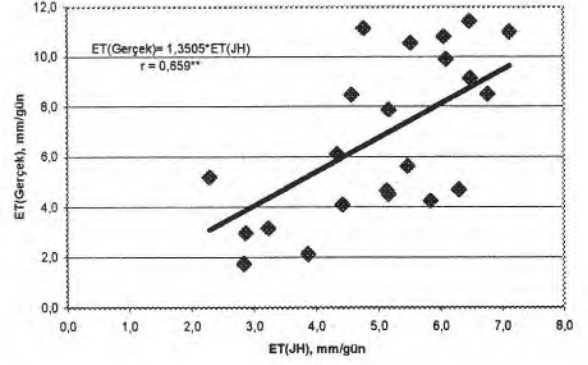
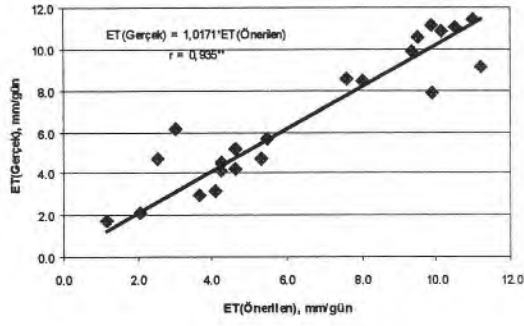
Gerçek su tüketimleri ve tahmin eşitlikleri sonucu bulunan su tüketimlerinden yararlanılarak tahminin standart hatası bulunmuştur. Tahmin eşitliklerinin standart hata değerleri Çizelge 3'te verilmiştir. Yine aynı çizelgede regresyon eşitliğine göre düzeltilen tahminlerin standart hata değerleri de verilmiştir. Çizelgeden görüldüğü gibi en düşük standart hata değerini önerilen yöntem verirken bunu sırasıyla KP72a, KB84 ve JH yöntemleri takip etmiştir. Regresyon eşitliği ile düzeltme işleminden sonra da en düşük standart hata değerini yine önerilen yöntem verirken bunu sırasıyla KP72b, KP82 ve KB84 yöntemleri takip etmiştir.

Yonca bitkisinde Tokat yöresine benzer iklime sahip olan Samsun Bafra'da yapılan bitki su tüketimi araştırmasına ait sonuçlar ile tahmin eşitliklerinden elde edilen su tüketimleri karşılaştırılmıştır. Tahmin eşitlikleriyle su tüketimlerinin hesaplanmasında denemenin yürütüldüğü yıllardaki iklim verileri dikkate alınmıştır. Bafra'da yapılan gerçek su tüketimlerine her 3 yılda da önerilen tahmin eşitliğinin yaklaştığı görülmüştür. KP72 (a) yöntemi gerçek değerden yüksek sonuç verirken diğer yöntemler gerçek değerden altında sonuç vermiştir. Bafra'da yapılan su tüketimi sonuçlarının tahmin yöntemleriyle istatistiksel olarak karşılaştırılması neticesinde de en az standart hata değerini (SEE=1.73) ve en az sapma değerini (%11.7) önerilen eşitlik vermiştir.

Önerilen yöntem ile hesaplanan referans su tüketiminin çeşitli bitkiler için ölçülen bitki su tüketimlerinin oranlanması ile elde edilen bitki katsayıları yetişme dönemi yüzdesine bağlı olarak çizelge 4'te verilmiştir. Bitki katsayılarının bulunmasında her bitki için araştırmanın yürütüldüğü yıl ve aylara ait katsayılar grafiklenmiş ve bu grafikleri temsil eden tek bir eğri çizilerek yetişme dönemi boyunca değerler bu eğri üzerinden okunmuştur.

Çizelgeden de görüleceği gibi bitki katsayıları genel olarak yetişme döneminin başlangıcında küçük değer taşımakta, yetişme döneminin ortalarına doğru yükselmekte ve bu dönemden sonra da tekrar düşüşe geçmektedir.

Örnek çözüm: Şekerpancarı su tüketimi araştırmasının yürütüldüğü yıllardan 1969 yılına ait iklim verileri kullanılarak elde edilen örnek çözüm Çizelge 5'te verilmiştir. Yetişme dönemi nisan-eyül dönemi alınmıştır. Bu aylara denk gelen yetişme dönemi yüzdesinden yararlanılarak elde edilen bitki katsayıları çizelgede verilmiştir. Bu katsayı ile referans su tüketimi çarpılarak şekerpancarı için su tüketimi bulunmuştur. Su tüketimleri ayın gün sayısı ile çarpılarak aylık olarak verilmiştir.



Şekil 9 Gerçek ve tahmin yöntemlerinin regresyon ilişkileri

Çizelge 3. Tahmin eşitliklerinin standart hata (SEE) değerleri

SEE	Yıllar	Önerilen yöntem	Yonca esaslı tahmin yöntemleri						
			JH	KP72(a)	KP72(b)	KP82	PM	PT	KB84
Düzeltilmemiş	1985	1.61	3.23	2.35	4.29	3.85	4.58	4.65	3.21
	1986	1.31	2.58	2.55	3.11	2.78	3.52	3.73	2.48
	1987	0.72	3.65	2.95	3.94	3.66	4.45	4.44	3.59
	Ort	1.22	3.16	2.61	3.78	3.43	4.19	4.27	3.09
Düzeltilmiş	1985	1.61	2.21	2.42	2.23	2.23	2.36	2.27	2.00
	1986	1.35	2.30	1.99	1.71	1.82	2.03	2.25	1.92
	1987	0.61	2.97	2.87	2.35	2.42	3.15	3.02	2.92
	Ort	1.19	2.49	2.42	2.10	2.16	2.51	2.52	2.28

Çizelge 4. Yonca bitkisi eğrisel tahmin eşitliği için hesaplanan bitki katsayıları

Bitki	Yetiştirme dönemi yüzdesi										
	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
Yonca	1.00	1.10	1.09	1.09	1.13	1.16	1.17	1.11	1.07	1.00	0.92
Fasulye	0.51	0.68	0.96	1.28	1.29	1.13	0.95	0.75	0.63	0.57	0.52
Ayçiçeği	0.30	0.62	0.91	1.07	1.21	1.29	1.32	1.25	1.02	0.67	0.25
Domates	0.80	1.02	1.14	1.07	0.89	0.76	0.68	0.61	0.54	0.48	0.47
Lahana(II.ürün)	1.28	1.20	1.14	1.10	1.08	1.04	0.96	0.82	0.72	0.69	0.67
Hıyar	0.52	1.03	1.49	1.75	1.90	1.89	1.66	1.25	0.84	0.57	0.33
Soya	0.49	1.03	1.41	1.54	1.46	1.25	1.02	0.81	0.60	0.43	0.28
Biber	0.50	0.90	1.27	1.44	1.40	1.25	1.03	0.77	0.58	0.43	0.30
Şekerpancarı	0.91	1.04	1.19	1.38	1.58	1.63	1.33	0.96	0.77	0.61	0.45
Mısır	0.55	0.58	0.63	0.82	1.00	0.90	0.71	0.59	0.50	0.52	0.45
Nohut	0.80	0.96	1.22	1.50	1.42	1.15	0.82	0.57	0.41	0.32	0.24
Patates	0.82	0.90	1.01	1.20	1.48	1.70	1.81	1.76	1.45	1.05	0.70
Buğday	0.50	0.65	0.92	1.12	-	-	0.60	0.83	1.42	1.30	1.00
Elma	1.10	1.34	1.41	1.35	1.24	1.10	0.85	0.60	0.50	0.40	0.42
Şeftali	0.94	1.02	1.21	1.31	1.13	0.88	0.60	0.41	0.35	0.32	0.29

Çizelge 5. Şekerpancarı için tahmin eşitliği ile bulunan su tüketimi

Aylar	T _{min} (°C)	C (saat)	N (saat)	T ₂₀ (°C)	Referans su tüketimi (mm/ay)	Bitki katsayısı	Tahmin eşitliği su tüketimi	Gerçek su tüketimi (mm/ay)
Nisan	4,6	6,1	5,5	10,3	20	0,97	19	64
Mayıs	9,5	4,4	8,8	17,9	65	1,17	76	85
Haziran	13,5	3,7	10,2	23,5	192	1,56	299	255
Temmuz	13,4	3,4	10,1	23,1	184	1,33	245	278
Ağustos	13	2	10,6	23	212	0,77	163	148
Eylül	10,6	2,5	8,5	21,1	121	0,54	66	37
Toplam							868	867

Elde edilen tahmin eşitliğinde bitki su tüketimi üzerine en büyük etkiyi toprak sıcaklığı yapmaktadır. Bu da toprak sıcaklığı ile su tüketimi arasında yakın bir ilişkinin olduğunu göstermektedir. Bitki su tüketimi bitkiden oluşan terlemenin yanında topraktan oluşan tüketimi de kapsadığından bu ilişki doğal olarak gösterilebilir. Aynı zamanda toprak sıcaklığı bitkiden terleme yoluyla meydana gelen su tüketiminde de doğrudan etkili olmaktadır. Kodal ve Benli (1984) tarafından geliştirilen tahmin eşitliğinde de toprak sıcaklığı en önemli faktör olarak denkleme girmiştir.

Eşitliğe giren bir diğer faktörde bulutluluk terimidir. Toprak yüzeyinden ve bitkiden oluşan buharlaşmada önemli faktörlerden biri olan bulutluluk değeri su tüketimi üzerine doğrudan etkilidir. Bulutluluk eşitlikte de görüleceği gibi ters orantıya sahiptir. Yüksek bulutluluk değerinde su tüketimi düşmekte, düşük bulutluluk değerinde ise su tüketimi artmaktadır. Lisat ve Snyder (1998) net radyasyonun tahmininde en az hatayı veren faktörlerden birinin de bulutluluk olduğunu belirtmiştir.

Güneşlenme süresi eşitlikte yer alan bir diğer faktördür. Güneşlenme süresi, Penman-Monteith, Kimberly-Penman 1972 ve 1982, Jensen-Haise, Priestley Taylor, Patill (1962), Goldberg ve Gornat (1967) ve Morton (1976) eşitliklerinde de yer alan bir terimdir.

Eşitlikte yer alan son faktör minimum sıcaklık değeridir. Bu faktör de Penman-Monteith, Kimberly-Penman 1972 ve 1982, Jensen-Haise ve Priestley Taylor eşitliklerinde yer alan bir terimdir. Samani (2000)'de orijinal eşitlikte değişiklik yapmak suretiyle maksimum ve minimum sıcaklık değerlerini kullanarak güneş radyasyonunu tahmin etmiştir.

Sonuçlar

Tokat yöresinde tamamlanmış bitki su tüketimleri araştırmalarından yararlanılarak bitki su tüketimini tahmin edebilen matematiksel bir eşitlik geliştirmek amacıyla yapılan bu çalışma 1998-2000 yıllarında yürütülmüştür.

Araştırmada iklim faktörleri olarak hava sıcaklığı (ortalama, minimum, maximum), nem (ortalama, minimum, maximum), toprak sıcaklığı (5 cm, 10 cm, 20 cm), rüzgar hızı, bulutluluk, ölçülen güneşlenme süresi, beklenen güneşlenme süresi, güneş ışınları şiddeti, bulutsuz gökyüzü radyasyonu, atmosfer üstü radyasyon, buharlaşma, yağış, ay ve takvim günü faktörü kullanılmıştır. Bu değerlerle birlikte bitki yetiştirme dönemi yüzdesi de ele alınmıştır. Tüm bu faktörlerin kendileriyle birlikte bu değerlerin x^2 , x^3 , $1/x$, $1/x^2$, $\ln x$ ve \sqrt{x} 'leri alınmış ve bu değerlerle günlük bitki su tüketimleri arasındaki ilişki aşamalı (Stepwise) regresyon yöntemi kullanılarak belirlenmiştir.

Yonca bitkisi esas alınarak denemenin yürütüldüğü yıllara ait iklim değerleriyle bitki su tüketiminin MINITAB programında aşamalı regresyon ile değerlendirilmesi neticesinde doğrusal ve eğrisel eşitliklerden en yüksek determinasyon katsayısını veren aşağıdaki eğrisel eşitliğin su tüketiminin tahmini için kullanılması önerilmiştir.

$$ET_0 = 1.627 + 0.00141(T_{20})^3 + 11.2\left(\frac{1}{C}\right) - 0.007(n^3) - 0.038(T_{min})^2$$

$$R^2 = \% 92.69$$

Eşitlikte; ET_0 = Yonca bitkisi için referans su tüketimi (mm/gün), T_{20} = 20 cm toprak derinliğindeki sıcaklık ($^{\circ}C$), C = Bulutluluk (0-10), n =Ölçülen güneşlenme süresi (saat), T_{min} = Ortalama minimum hava sıcaklığı ($^{\circ}C$). Bu eşitliğin eşitlikteki parametrelerin çizelge 1'de verilen sınırlar içerisinde kaldığı koşullarda gerçeğe daha yakın sonuçlar vereceği göz önüne alınmalıdır. Eşitlik ile elde edilen değerler, Çizelge 7'de verilen bitki katsayıları ile düzeltildikten sonra diğer bitkilere ilişkin su tüketimi tahmin edilmeye başlanmıştır.

Su tüketimi tahmini yapılacak benzer yörelerde diğer iklim parametrelerinin bulunması durumunda ölçümü yapılmayan 20 cm'deki toprak sıcaklığı ve güneşlenme sürelerini hesaplamada aşağıda verilen eşitlik kullanılmalıdır:

$$T_{20} = 1,842 + 0,98 T_{ort} \quad R^2=96,21^{**}$$

$$n = 8,023 + 0,995 \sqrt{T_{ort}} - 0,799 C - 22,8 \frac{1}{R_a}$$

$$R^2=95,06^{**}$$

Eşitliklerde; T_{ort} :Ortalama hava sıcaklığı ($^{\circ}C$), R_a : Atmosferüstü radyasyon (mm/gün)

Elde edilen eşitliğin yonca esaslı diğer ampirik eşitliklerle karşılaştırılması neticesinde en yaklaşık sonucu önerilen tahmin eşitliği vermiştir. Önerilen eşitlik en az standart hata (SEE) ve en az % sapma değerini vermiştir. Araştırmanın yürütüldüğü yöreye benzer olan Samsun Bafra'da yapılan su tüketimlerinin tahmin eşitlikleri ile karşılaştırılması neticesinde de yine önerilen eşitlik en yaklaşık sonucu vermiş ve istatistiksel olarak ta en az % sapma değeri ve standart hata değerini sağlamıştır.

Öneriler

Bitki su tüketimi araştırmaları yoğun emek istemekte ve uzun zaman alan bir uğraşı sonucunda elde edilmektedir. Oysa bu bilgilerin kullanıldığı yatırım projelerinin çoğu zaman beklemeye tahammülü yoktur. Bu güçlüklerden dolayı araştırmacılar uzun yıllardan beri bitki su tüketimini iklim, toprak ve bitki faktörlerine dayandırarak tahmin etmeye çalışmışlardır. Yalnız elde edilen sonuçlar sadece çalışma yapılan yöre ile benzer iklim koşulları için sağlıklı sonuç vermektedir. Bu amaçla dünyanın değişik yörelerinde birçok araştırma yürütülmüştür. Çok farklı iklim bölgelerine sahip olan Türkiye'de bu konuda yapılan çalışmalar çok denecek kadar azdır.

Yapılan bu çalışma ile Karadeniz Geçit Bölgesi ve bu yöreye benzer iklime sahip yöreler için bir bitki su tüketim eşitliği geliştirilmiştir. Bu eşitlik ve bitki katsayıları kullanılmak suretiyle bu ve benzeri yöreler için su tüketimi tahmini yapmak mümkün olabilecektir. Elde edilen tahmin eşitliğinin, geliştirildiği bölge koşullarına uygun iklim koşullarında kullanılması durumunda gerçeğe yakın değer vermesi beklenir. Tahmin yapılan yörenin iklim koşullarının Çizelge 1'de verilen sınırların dışına çıkması durumunda, çok yüksek veya çok düşük ET_0 tahminlerinin elde edilebileceği uzak tutulmalıdır.

Çeşitli iklim bölgelerine sahip ülkemiz için özellikle daha sağlıklı sonuçlar vermesi beklenen fiziksel eşitliklere dayalı modellerin geliştirilmesi gerektiği gözlerden uzak tutulmalıdır. Yapılacak çalışmaların tartılı lizimetre sonuçlarına göre yapılması daha sağlıklı sonuçlara ulaşmaya yardımcı olacaktır.

Kaynaklar

- Balçın, M., S. Çelik, 1996. Tokat yöresinde hıyar su tüketimi. Köy Hizmetleri Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü Yayınları, Genel Yayın No:137, Rapor Seri No:87, 46s., Tokat.
- Balçın, M., S. Çelik ve H. Güleç, 1997. Tokat Kazova'da II.ürün lahananın su tüketimi. Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğü APK Daire Başkanlığı Toprak ve Su Kaynakları Araştırma Yıllığı 1996, Yayın no:102, s.239-251, Ankara.
- Balçın, M., H. Güleç, 1999. Tokat Yöresinde Class A pan buharlaşmasından yararlanılarak domates su tüketiminin tespiti ve sulama programının oluşturulması. Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğü APK Daire Başkanlığı Toprak ve Su Kaynakları Araştırma Yıllığı 1998, Yayın no:108, s.238-253, Ankara.
- Bayrak, F. 1978. Bafra Ovası koşullarında ayçiçeği su tüketimi. Topraksu Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü Yayınları, Genel Yayın No: 7, Rapor Seri No:5, 34 s., Samsun.
- Bayrak F. 1979. Bafra Ovası koşullarında mısır su tüketimi. Topraksu Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü Yayınları, Genel Yayın No:15, Rapor Seri No:13, 30 s., Samsun.
- Bayrak, F. 1989a. Bafra Ovasında soyanın fosfor su ilişkileri ve su tüketimi. Köy Hizmetleri Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü Yayınları, Genel Yayın No:50, Rapor Seri No:44, 55s., Samsun.
- Bayrak, F. 1989b. Bafra Ovasında yoncanın fosfor su ilişkileri ve su tüketimi. Köy Hizmetleri Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü Yayınları, Genel Yayın No:53, Rapor Seri No:47, 60s., Samsun.

- Bayrak, F. 1992. Bafra ve Çarşamba Ovalarında açık su yüzeyi buharlaşmasına göre şekerpancarının sulama suyu miktarı ve su tüketimi. Köy Hizmetleri Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü Yayınları, Genel Yayın No:75, Rapor Seri No:62, 84s., Samsun.
- Bayrak, F. 1994. Bafra Ovasında beyaz ve kırmızı baş lahananın su tüketimi. Köy Hizmetleri Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü Yayınları, Genel Yayın No:84, Rapor Seri No:71, 62s., Samsun.
- Çelik, S. 1991. Tokat-Kazova'da biberin su tüketimi ve farklı sulama programlarının bitki kurumalarına olan etkisi. Köy Hizmetleri Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü Yayınları, Genel Yayın No:110, Rapor Seri No:67, 44s., Tokat.
- Çelik, S. 1989. Tokat-Kazova'da soyanın (Amsoy-71) su tüketimi. Köy Hizmetleri Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü Yayınları, Genel Yayın No:97, Rapor Seri No:59, 39s., Tokat.
- Demirören, T. 1978. Tokat'ta ayçiçeği su tüketiminin saptanması. Topraksu Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü Yayınları, Genel Yayın No:25, Rapor Seri No:15, 27s., Tokat.
- Goldberg, S. D., B. Gornat, 1967. Further studies on the Blaney and Criddle formula $U=KF$ to ascertain the consumptive use of water by plants by means of analyses of climatological data. USDA Agric. Res. Service and Hebrew Univ. Faculty of Agriculture, Rehovot, 203s.
- Günbatılı, F. 1976. Tokat'ta şekerpancarının su tüketimi. Topraksu Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü Yayınları, Genel Yayın No:24, Rapor Seri No:14, 63s., Tokat.
- Günbatılı, F. 1979a. Tokat-Kazova koşullarında mısırın su tüketimi. Topraksu Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü Yayınları, Genel Yayın No:33, Rapor Seri No:21, 44s., Tokat.
- Günbatılı, F. 1979b. Tokat-Kazova koşullarında şeftalinin su tüketimi. Topraksu Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü Yayınları, Genel Yayın No:35, Rapor Seri No:23, 40s., Tokat.
- Günbatılı, F., T. Demirören, 1980. Tokat-Kazova koşullarında elmanın su tüketimi. Topraksu Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü Yayınları, Genel Yayın No:37, Rapor Seri No:25, 47s., Tokat.
- Günbatılı, F. 1980. Tokat-Kazova koşullarında buğdayın su tüketimi. Topraksu Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü Yayınları, Genel Yayın No:45, Rapor Seri No:28, 48s., Tokat.
- Günbatılı, F. 1986a. Tokat-Kazova ve Niksar Ovalarında erkenci patatesin su tüketimi. Köy Hizmetleri Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü Yayınları, Genel Yayın No:78, Rapor Seri No:48, 51s., Tokat.
- Günbatılı, F. 1986b. Tokat-Kazova ve Zile Ovalarında nohudun su tüketimi. Köy Hizmetleri Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü Yayınları, Genel Yayın No:79, Rapor Seri No:49, 51s., Tokat.
- Günbatılı, F. 1989a. Tokat-Kazova koşullarında kısıntılı su uygulamasında şekerpancarının su verim ilişkisi. Köy Hizmetleri Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü Yayınları, Genel Yayın No:95, Rapor Seri No:57, 47s., Tokat.
- Günbatılı, F. 1989b. Tokat-Kazova'da yonca su tüketimi. Köy Hizmetleri Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü Yayınları, Genel Yayın No:98, Rapor Seri No:60, 47s., Tokat.
- Günbatılı, F. 1993. Tokat-Kazova'da kısıntılı su uygulamasında bodur fasulyenin su tüketimi. Köy Hizmetleri Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü Yayınları, Genel Yayın No:123, Rapor Seri No:75, 53s., Tokat.
- Jensen, M. E., R. G. Burman and R. G. Allen, (ED) 1990. Evapotranspiration and irrigation water requirements. Manuals and Reports on Engineering Practice No:70, ASCE, 331p., New York.
- Kanber, R., M. Ünlü ve H. Köksal, 2000. Bitki su tüketimi (Etc) ve bitki katsayıları (Kc). Başbakanlık Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğü Köy Hizmetleri Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü. Bitki Atmosfer İlişkileri Semineri 4-8 Eylül 2000, Erzurum.
- Kodal, S., E. Benli, 1984. İç Anadolu'da bitki su tüketiminin saptanması için uygun yöntemin belirlenmesi üzerinde bir araştırma (Doktora). Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yayın No: KT4, Ankara.
- Lisat, M. C., R. L. Snyder, 1998. Data error effects on net radiation and evapotranspiration estimation. Agricultural and Forest Meteorology, 1998, 91: 3-4, 209-221, 35 ref.
- Morton, F. I. 1976. Climatological estimates of evapotranspiration. Journal of hydraulics division, vol.102, No:3, March 1976, pp. 275-291.
- Patill, B. B. 1962. A new formula for the evaluation of evaporation. Utah State Univ. Engineering Experiment Station, College of Engineering, Master of Science Thesis, Utah, 87 p.
- Samani, Z. 2000. Estimating solar radiation and evapotranspiration using minimum climatological data. Journal of Irrigation and Drainage Engineering, vol.126, No:4, July/August 2000.
- Smith, M., A. Segeren, 1990. Comparative Analysis. Crop Water Requirement Methodologies. Expert Consultation on Procedures for Revision of FAO Guidelines for Prediction of Crop Water Requirements, 28-31 May 1990, FAO, Rome Italy.
- Yurtsever, N. 1984. Deneysel İstatistik Metotları. Toprak ve Gübre Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü Yayınları, Genel Yayın No:121, 624s., Ankara.

İletişim adresi:

Mehmet BALÇIN

Köy Hizmetleri Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü-Tokat

Tel: 0356 252 12 50

Faks: 0356 252 12 53

e-mail: mbalcin@khgm.gov.tr