



## Büyüme-Derece-Günlere Dayalı Bitki Katsayıları Kullanılarak Erzurum Koşullarında Patatesin Sulama Planlaması

Sebahattin KAYA

Bingöl Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarımsal Yapılar ve Sulama Bölümü, BİNGÖL

\*Sorumlu Yazar

sebahattinkaya@yahoo.com

### Özet

Ürün katsayıları birçok sulama planlaması yönteminin önemli bir parçasıdır. Ürün katsayısı, özel bir ürünün fizyolojik ve fenolojik gelişimini evapotranspirasyona ilişkilendirir. Kc değerleri, genellikle dikimden sonraki günler, çıkıştan sonraki günler veya diğer bazı belirgin zaman temeline dayandırılır. Ancak, zaman temeline dayalı ürün katsayıları, ürün büyümesi ve gelişmesi üzerinde iklim değişikliklerinin etkisini yeterince hesaba katamaz. Zamana dayalı ürün katsayılarını normalize etmek için birkaç yöntem kullanılmaktadır. Bunlardan birisi, zamanın yerine değişen iklim senaryolarıyla daha çok ilgili, bitki büyümesinin dinamik karakterlerine ilişkilendirilme potansiyeline sahip büyüme-derece-günlere (GDD) veya ısı birimine dayanan yöntemdir. Bu çalışmada kümülatif büyüme-derece-günlere dayalı bitki katsayılarının Erzurum koşullarında patates bitkisine uygulanabilirliği irdelendi. Patates bitkisi için GDD'ye dayalı bitki katsayısı eğrisinin elde edilmesi ve buna bağlı olarak sulama planlamasının yapılması için AZSCHED (Arizona Irrigation Scheduling, Version1.3) sulama planlaması programı kullanıldı. Erzurum koşulları için patatesin mevsimlik evapotranspirasyonu 565 mm olarak tespit edildi. Ayrıca, yılda toplam olarak 12 kez sulama yapılacağı ve brüt olarak 838 mm sulama suyu verileceği tespit edildi.

**Anahtar Kelimeler:** Sulama Planlaması, Evapotranspirasyon, Büyüme-Derece-Günler, Patates.

## Irrigation Scheduling Of Potato Using Growing-Degree-Days-Based Crop Coefficients Under Erzurum Conditions

### Abstract

Crop coefficients are an important element of many irrigation scheduling methods. The crop coefficient relates the phenological and physiological development of the particular crop to evapotranspiration. However, when based on days post planting, days post emergence or some other explicit time base, such coefficients cannot adequately account for the effects of climatic variability on crop growth and development. Several methods have been utilized to normalize crop coefficient. One of them is the method related parameters which may be used as a base for crop coefficients instead of time include growing-degree-days, solar-thermal units and accumulated reference ET. In this study, the applicability on the potato plant of the cumulative degree-days based crop coefficients was examined under Erzurum conditions. AZSCHED (Arizona Irrigation Scheduling, Version1.3) irrigation scheduling program was used for obtaining the GDD based the crop coefficient curve and irrigation scheduling for potato. Seasonal evapotranspiration was identified as being 565 mm for the potatoes in Erzurum conditions. In addition, it was identified that a total of 12 times irrigation should be done and given to 838 mm of irrigation water as a gross per year.

**Key Words:** Irrigation scheduling, Evapotranspiration, Growing-degree-days, Potato.

## GİRİŞ

Ürün katsayıları bir çok su dengesi planlaması metodunun önemli bir elemanıdır. Ürün katsayısı gerçek ürün su kullanımının, standardize edilmiş bazı referans ürün su kullanımına oranıdır ve evapotranspirasyon için belirli bir ürünün fenolojik ve fizyolojik gelişimi ile ilgilidir [1]. Kısacası, bu katsayı, evapotranspirasyon ile herhangi bir ürünün gelişmesini ilişkilendiren sayısal bir simgedir. Ürün katsayılarını standardize etmek için, araştırmacılar bu katsayıları E<sub>Tr</sub> veya E<sub>To</sub> olarak simgelenirilmiş olan referans evapotranspirasyona ilişkilendirmişlerdir. Kullanılan eşitlik:

$$Kc = E_{Tc} / E_{To} \text{ dur.}$$

(1)

Burada; Kc, ürün katsayısı; E<sub>Tc</sub>, ürün evapotranspirasyonu ve E<sub>To</sub>, referans ürün evapotranspirasyonudur. Eşitlik 1'in kullanımında olan birçok çeşitleri vardır.

Bitki katsayılarının zamana karşı noktalanması ile bitki katsayıları eğrisi elde edilir. Genellikle Kc değerleri, dikimden sonraki günler, çıkıştan sonraki günler veya diğer bazı belirgin zaman temeline dayandırılır. Kc ve zaman arasındaki bu ilişki kullanılırken, olağan olmayan iklim değerlerine sahip olan yıllar için veya Kc değerlerinin geliştirildiği hava paternlerinin değiştiği (aynısının oluşmadığı) alanlarda hatalar ortaya çıkmaktadır. Kısacası, zaman temeline dayalı ürün katsayıları, ürün büyümesi ve gelişmesi üzerinde iklim değişikliklerinin etkisini yeterince hesaba katamaz. Bu yüzden, belli bir

ürün katsayısının kullanımı, onun geliştirilmiş olduğu benzer iklimdeki bir saha ile sınırlıdır [1].

Zamana dayalı ürün katsayılarını normalize etmek için birkaç metod kullanılmaktadır [1,2-3]. Yaygın olarak kullanılan yaklaşım, yüzde olarak full örtü (tamamen kaplama) için dikimden sonraki zaman ve geçmiş günler olarak full örtüden sonraki zaman ifade edilmek suretiyle zaman temelini normalize etmektir. Diğer gelişme, zamanın yerine ürün katsayıları için temel olarak büyüme-derece – günleri, solar termal birimleri ve birikmiş referans ET'yi içeren parametrelerin alınmasıdır [3,4].

Büyüme-derece-günler (GDD) maksimum ve minimum değerleri ile sınırlanmış sıcaklıklara sahip olan günlerdeki fazla sıcaklıkların entegrasyonu olarak tanımlanmaktadır. GDD kavramı (sık sık ısı birimleri ile ifade edilir), araştırmacıların yeşil ürünlerde (sebzelerde) fenolojik gelişmelerin özel noktalarını belirlemek için GDD'lerin birikimini kullanmaya başladığı 1940 ve 1950'lere kadar dayanmaktadır. Hoover (1955), Lana ve Haber (1952), Madrianga ve Knott (1951) yıllarca muayyen fenolojik olayların tahmin edilmesinde hayli doğru sonuç vermiş olan GDD'leri kullanmışlardır. Bu kavramın, sonradan, tarla ürünlerinin birçoğu için geçerli olduğu tespit edilmiştir [1,3,5-6].

Bitkinin fizyolojik olgunluğunun bir ölçüsü olarak kullanıldığında, bitkilerin gelişebildiği zamandaki sıcaklıklara dayalı minimum ve maksimum değerler seçilir. Birçok bitki için büyüme sezonunun uzunluğunun ölçülmesi GDD birikimine dayanır [1]. Diğer bitkiler foto-periyot gibi etkilere daha duyarlıdır ve bu basit yaklaşımın kullanılması ile modellenemez. GDD'yi hesaplamak için; ortalama sıcaklık metodu, sinüzoidal metod ve integrasyon (sürekli verilerin kullanılması) gibi farklı metodlar kullanılabilir [7].

Özel bir ürün için GDD, basit bir formda aşağıdaki eşitlikle tanımlanır.

$$GDD = T_{ort} - T_{base} \quad (2)$$

Eşitlik (2),  $T_{base} \leq ((T_{max} + T_{min})/2) \leq T_{Gmax}$  için geçerlidir.

Burada; GDD, büyüme-derece-günler,  $T_{max}$ , günlük maksimum hava sıcaklığı,  $T_{min}$ , günlük minimum hava sıcaklığı,  $T_{base}$ , ürünün gelişmesinin başladığı temel eşik sıcaklığı ve  $T_{Gmax}$ , ürünün büyümesinin durduğu günlük ortalama hava sıcaklığıdır.

Ürünler için gerekli olan  $T_{base}$  ve  $T_{Gmax}$  değerleri, geçmişte bitki fizyolojisi üzerine yapılan çalışmalardan alınmaktadır. Daha sonra yapılan çalışmalarda ağaç dallarına bağlanan ısı sensörleri ile bitki özsu akışı gözlenerek ağaçlar için eşik ve maksimum sıcaklık değerleri tespit edilmektedir [8].

Lokasyonlardaki ve hava senaryolarındaki değişimi dikkate almayarak, bitki gelişimi ile bitki katsayılarını ilişkilendirmeye zamanla ihtiyaç duyulmuştur. Bitki büyümesi ve gelişmesini sıcaklığa ilişkilendirmek için girişilmiş olan birçok kavramlardan ısı birimleri metodu yaygın olarak kabul edilmiştir [7]. Bitki fizyolojik olgunluğunun bir ölçüsü olarak ısı birimleri

kullanıldığında, bitki fizyolojik büyümesini ve gelişmesini belirlemek için eşik değerlere ihtiyaç duyulur. Ölçülmüş ısı birimleri birikimi, zaman üzerinde bitki gelişimini temsil etmiş olur ve bitki gelişmesi üzerinde iklim değişkenliğinin tesirlerini açıklar [8].

Stegman (1988), hububat için büyüme-derece-günlere dayalı ürün katsayıları verilerini kullanmış ve sonuç katsayıların Kuzey Dakota ve Nebraska arasında bazal eğrilere uygunluk sağlamış olduğunu tespit etmiştir. Kuzey Dakota ve Kansas için normalize edilmiş ürün katsayıları ile Jensen-Haise Eşitliği kullanılırken dahi bu uygunluk tespit edilmiştir [3].

Sammis ve ark. (1985), New Meksiko'da bir ağırlıksız lizimetre kullanılması ile birkaç ürün için, ürün katsayılarını temel almış olan birkaç GDD geliştirmişlerdir. Onlar, hububat ve sorgum için kümülatif GDD'ye dayanan eğrilerin, takvim gününe dayalı eğrilerden daha az değişkenliğe sahip olduğunu tespit etmişlerdir [3]. Sonradan tahıl ve sorguma ilaveten pamuk ve yonca için de GDD'ye dayalı eğri geliştirmişlerdir [1].

Scherer ve ark. (1990) ve Slack ve ark. (1996), Arizona'da pamuk ve diğer ürünler için GDD'ye dayalı ürün katsayılarını geliştirmek ve daha farklı iklim koşulları altında onların uygulanabilirliğini daha fazla değerlendirmek için bir program geliştirmişlerdir [1-9].

Birçok araştırmacı (Sammis ve ark., 1985; Stegman, 1988), deneysel ürün katsayısı verilerini dört dereceye kadar polinomal eğrilere uydurmuşlardır. Ancak, GDD birikiminin aşılmış olduğu bazı durumlarda, az bir miktar da olsa, polinomal ürün katsayılarının gerçekçi olmayarak artabileceği tespit edildiği için GDD'nin bir fonksiyonu olarak ürün katsayılarını ifade eden doğrusal sinüzoidal form seçilmiştir [1].

Böylece;

$$Kc = C_1 \sin(y) + C_2 \sin(2y) + C_3 \sin(3y) + C_4 \sin(4y) + C_5 \sin(5y) + C_6 \sin(6y) \quad (3)$$

şeklinde ifade etmişlerdir. Burada;

$$C_1 \text{ ve } C_6 \text{ regresyon katsayıları ve } y = \pi \text{ gdd}_{cum} / C_0 \quad (4)$$

Burada;

$\text{gdd}_{cum}$ : Kümülatif büyüme-derece-günler ve

$C_0$ : Ürün katsayısının 0 (sıfır) a veya minimum bir değere dönüştüğü andaki (yerdeki) kümülatif büyüme-derece-günlerin değeridir.

Literatürden veri kullanmak suretiyle patates ve birçok ürün için doğrusal sinüzoidal formda ürün katsayıları geliştirilmiştir.

Bu çalışmada GDD'ye dayanan ürün katsayılarının ve bu katsayılar kullanılarak sulama planlaması yapılmasının Erzurum koşullarında patates bitkisine uygulanabilirliği irdelenmiştir.

## MATERYAL VE YÖNTEM

### Materyal

Araştırma sahası olarak seçilen Erzurum İli Doğu Anadolu Bölgesi'nde, Yukarı Fırat Havzası'nda olup, 39° 10' - 40° 57' kuzey enlemleri ile 40° 15' - 42° 35' doğu boylamları arasında yer almaktadır.

Araştırma sahasında karasal iklim hüküm sürmekte olduğundan, kışlar uzun,soğuk ve genellikle kar yağışlı, yazlar ise kısa,sıcak ve kurak geçmektedir. Yıllık ortalama yağış miktarı 447,4 mm.dir.Yağışlar en çok Mart ve Temmuz ayları arasında düşmektedir. En fazla yağış mayıs ayında (73.5 mm), en az yağış ise Ağustos ayında (18.4mm) düşmektedir.Bitki vejetasyon periyodu olan 1 Mayıs - 20 Ekim döneminde 225.9 mm yağış düşmektedir [10].

Erzurum İli genelinde; hububat, yem bitkileri (yonca, korunga, fiğ), patates, şeker pancarı ve bazı sebze türleri (fasulye, lahana, bostan v.s ) yetiştirilmektedir. Patates yetiştirilen yörelerde, patates yetiştirilen alanların sulu tarım yapılan alanlara oranı % 10 civarındadır [11-12]. Erzurum İli'nde patates tarımı yoğun olarak Erzurum ve Pasinler Ovalarında yapılmaktadır.

Erzurum Ovası'ndaki taban araziler milli ve kumlu teressubattan oluşmuş bir allüviyal yapıya, yamaç araziler ise kaba materyalden oluşmuş kollüviyal bir yapıya sahiptirler [12-13].Pasinler Ovası'nda da Erzurum Ovası'nda olduğu gibi allüviyal ve kollüviyal toprak grupları hakimdir. Yöre arazileri, derin ve orta-yavaş geçirimsizliğe sahip topraklardan oluşan, taşsız, tuzluluk, sodyumluluk ve erozyon bakımından sorun olmayan arazilerdir [14].

Bu çalışmada bitki olarak patates seçilmiştir. Çünkü GDD'ye dayalı olarak patates için bir bitki katsayısı eğrisi geliştirilmiş ve bu eğrinin Arizona, Idaho ve Mısırdaki başarılı olarak kullanıldığı belirtilmiştir [1].Ayrıca, patates bitkisinin su tüketimi üzerine Erzurum koşullarında birçok araştırma [15,16,17-18] yapılmış olduğu için,bu çalışmadan elde edilecek olan sonuçların yukarıda bahsedilen araştırma sonuçları ile karşılaştırılabileceği de dikkate alınmıştır.

### Yöntem

Patates bitkisi için GDD'ye dayalı bitki katsayısı eğrisinin elde edilmesi ve buna bağlı olarak sulama planlamasının yapılması için AZSCHED (Arizona Irrigation Scheduling, Version 1.3) sulama planlaması programı kullanılmıştır. Arizona Sulama Planlaması Programı (AZSCHED),Birleşik Devletlerin kurak güneybatısında,sulama suyu kaynaklarını daha iyi kullanmaları için yetiştiricilere yardım etmek amacıyla

geliştirilmiştir ve ilk olarak 1992'de yayınlanmıştır [3-19].

Diğer bilgisayar sulama programlarına benzer olan AZSCHED, toprağın su tutma kapasitesini, su ve çevresel isteğin günlük girdilerini hesaba katan bir su dengesi planlaması programıdır. Yağış, kök gelişmesi, sezon boyunca sulama randımanındaki değişiklikler ve sulama sonrasında drenajdaki gecikmeler de su dengesi içerisine dahil edilir [3-20].

Patates de dahil olmak üzere bir çok ürün için; Tbase, TGmax, C<sub>0</sub>, C<sub>1</sub>, C<sub>2</sub>, C<sub>3</sub>, C<sub>4</sub>, C<sub>5</sub> ve C<sub>6</sub> değerleri AZSCHED yazılımı içerisinde bulunmaktadır.

Ürün su kullanımı, sıcaklık birimine dayalı ürün katsayısı ile birleştirilen referans ürün evapotranspirasyonu için Modifiye Penman Metodu (Doorenbos and Pruitt,1977) kullanılarak hesaplanır. Isı birimleri (büyüme-derece-günler) sinüs eğrisi metodunun kullanılması ile hesap edilir.

ET<sub>o</sub> ve K<sub>c</sub> hesap edildikten sonra, ET<sub>c</sub> veya ürün su kullanımı aşağıdaki eşitliğe göre hesap edilir.

$$ET_c = ET_o \cdot K_c \cdot K_d \quad (5)$$

Burada; K<sub>d</sub>,bitki kök bölgesindeki nemin yararlanılabilirliği üzerine dayalı toprak kuruluk faktörüdür.

Sulama ve yağış verileri eşliğinde kullanıcı tarafından girilen toprak ve su verileri kullanılarak ürün tarafından kullanılan günlük su ve ürün için yararlanılabilir toprak suyu miktarı ile ilgili bilgi alınır [20].

AZSCHED ile referans ürün evapotranspirasyonu hesaplamak için günlük veya uzun dönem hava verileri kullanılır. İhtiyaç duyulan veriler; maksimum ve minimum sıcaklık, maksimum ve minimum bağıl nem, rüzgar, solar radyasyon ve gündüz/gece rüzgar oranıdır. Gerekli olan toprak ve su yönetim bilgileri ise; toprağın yararlı su tutma kapasitesi, başlangıç toprak su içeriği,su uygulama randımanı ve izin verilebilir toprak suyu tüketim miktarıdır.

Bu araştırma için gerekli olan toprak özellikleri, Sevim (1986)'dan alındı [15]. İklim değerleri olarak da Erzurum İli Meteoroloji İstasyonunda gözlemlenmiş olan değerler dikkate alınmıştır [10].

Bu çalışmada kullanılan toprak özellikleri ve iklim değerleri Çizelge 1 ve Çizelge 2'de verilmiştir.

Ayrıca, Erzurum koşullarında patatesin yetiştirme süresi, yörede yapılmış olan araştırmalardan tespit edilmiş ve bu değer ile birlikte eğri üretilmesi için gerekli olan TGmax, Tbase, C<sub>0</sub> ve diğer regresyon katsayıları (C<sub>1</sub>-C<sub>6</sub>) konu ile ilgili literatürden [1-3] alınarak AZSCHED içerisine dahil edilmiştir.

**Çizelge 1.** Araştırmada kullanılan bazı toprak özellikleri [15].

Toprak Derinliği (cm)	Tarla Kapasitesi (mm)	Solma Noktası (mm)	Hacim Ağırlığı (g/cm <sup>3</sup> )	Bünye
0-30	99.08	52.29	1.23	CL
30-60	80.53	43.27	1.20	CL
60-90	80.65	42.76	1.19	L

**Çizelge 2.** Araştırmada kullanılan bazı iklim değerleri [10].

İklim Unsurları	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	May.	Haz.	Tem.	Ağus.	Eylül	Ekim	Kas.	Aral.
Max. Sıc. (°C)	-0.8	-2.4	2.7	12.6	15.3	22.0	27.7	27.5	23.3	14.4	8.1	-1.1
Min. Sıc. (°C)	-10.1	-11.1	-6.5	1.7	4.5	8.4	12.0	13.1	7.6	1.7	-0.4	-9.8
Max. Nem (%)	96.0	94.3	95.7	94.7	97.7	93.3	89.0	92.8	93.0	96.3	96.3	93.3
Min. Nem (%)	43.7	49.7	37.7	27.0	31.3	27.3	16.0	17.5	19.7	23.7	32.3	37.7
Rüzgar Hızı (km/gün)	94.0	142.2	162.9	177.3	154.7	144.1	148.5	152.2	137.8	131.5	137.8	95.8
Güneşl. Süresi (saat)	2.8	2.6	5.1	6.1	6.1	9.5	10.6	9.8	9.4	5.4	3.6	2.6

## BULGULAR

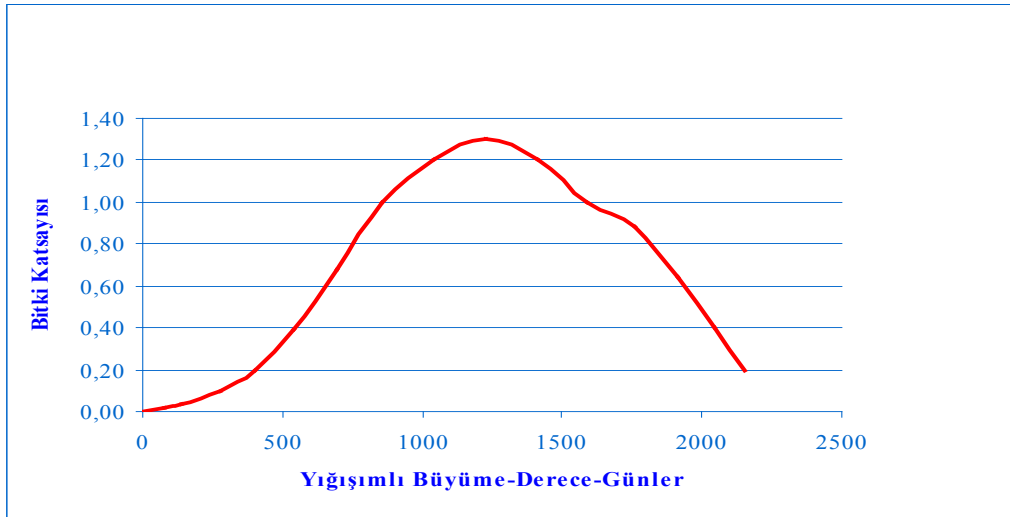
Erzurum koşullarında patates bitkisi için oluşturulan GDD'ye dayalı ürün katsayısı eğrisi Şekil 1 ve Şekil 2'de gösterilmektedir. Zaman periyotları farklı olmasına rağmen, elde edilen bu eğrinin Maricopa (Arizona), Rexburg (Idaho) ve Alexandria (Mısır) koşullarına göre elde edilmiş olan eğrilere benzerlik gösterdiği tespit edilmiştir. Maksimum kc değerinin yukarıdaki üç farklı lokasyonda olduğu gibi 1.3 olduğu ve 1220 °C olan yığışlı GDD değerine karşılık geldiği belirlenmiştir. Hasat için yığışlı GDD değerinin 2100 civarında (2143) olduğu tespit edilmiştir.

Büyüme-derece-günlere dayalı bitki katsayıları kullanılarak sulama planlaması yapılan AZSCHED (V 1.3) bilgisayar programına göre Erzurum koşulları için patatesin mevsimlik evapotranspirasyonu 565 mm olarak tespit edilmiştir. Ayrıca, %60 su uygulama randımanına, maksimum 0.70 m'lik kök derinliğine ve yararlanılabilir suyun %50'si tüketildiğinde sulama yapılması durumuna göre, yılda toplam olarak 12 kez sulama yapılacağı ve brüt olarak 838 mm sulama suyu verileceği tespit edilmiştir.

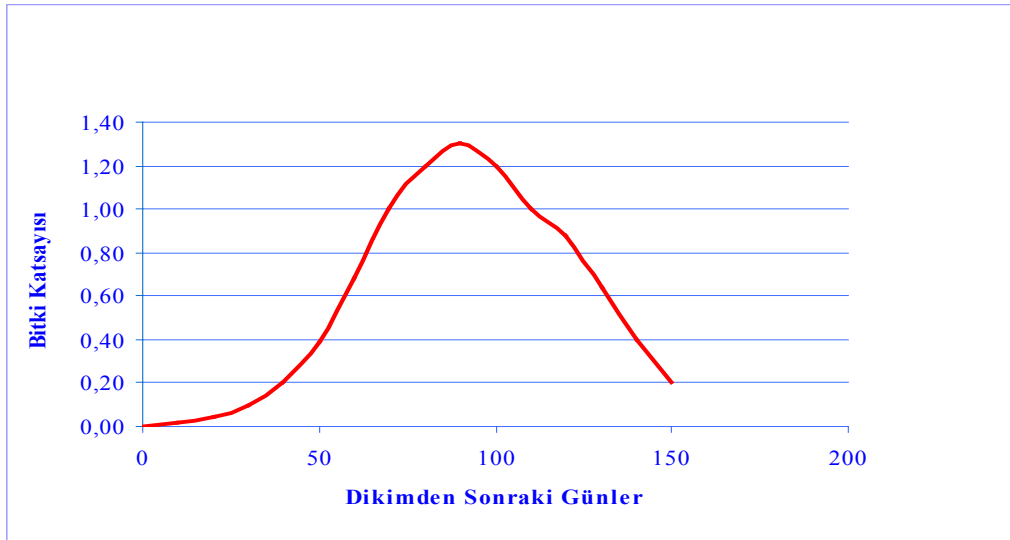
## TARTIŞMA ve SONUÇ

Erzurum koşulları için elde edilen ürün katsayısı eğrisinin, zaman periyotları farklı olmasına rağmen, Arizona, Idaho ve Mısır koşullarına göre elde edilmiş olan eğrilere benzerlik gösterdiği tespit edilmiştir. Erzurum koşullarında, hasat tarihinde yığışlı GDD değeri 2143 olarak tespit edilmiştir. Bu değer diğer üç lokasyon için de 2100 civarında olmuştur. Maksimum kc değeri diğer üç lokasyonda olduğu gibi 1.3 olmuştur ve 1200 GDD karşılık gelmiştir [1-3]. Erzurum koşullarında patatesin yetiştirme periyodu uzunluğu (149 gün) diğer lokasyonlara göre farklı (Arizona'da 121, Idaho'da 160 ve Mısır'da 97 gün) olduğu için [1-3] maksimum kc'ye karşılık gelen dikimden sonraki gün sayısı da farklı olmuştur.

AZSCHED içerisinde kullanılan Modifiye Penman yöntemi, referans ürün evapotranspirasyonunu, CROPWAT'da kullanılan Penman-Monteith yöntemine göre daha yüksek olarak tespit etmesine rağmen [21], AZSCHED sulama planlaması programı içerisinde, özellikle ürün çıkış ve gelişme dönemlerinde çok düşük bitki katsayısı ve kök derinliği değerleri kullanıldığı için, mevsimlik su tüketimi değerleri düşük çıkmıştır.

**Şekil 1.** Bitki katsayısı ile yığışlı büyüme-derece-günler arasındaki ilişki

Şekil 2. Bitki katsayısı ile dikimden sonraki günler arasındaki ilişki



AZSCHED sulama planlaması programına göre sulama sayısı 12 olurken, bu değer CROPWAT sulama planlaması programı ile 10 ve yöre şartlarında yapılmış olan araştırma sonucuna göre 9 olarak tespit edilmiştir [15-18]. Aradaki farklılıklar; su tüketimini belirlemek için farklı yöntemlerin kullanılmasından ve iklim, toprağın yararlı su tutma kapasitesi ve bitki kök derinliği için farklı değerlerin kullanılmasından kaynaklanmıştır.

Sonuç olarak, Erzurum koşulları için büyüme-derece-günlere dayalı bitki katsayıları eğrisinin, önceden kullanılmış olduğu lokasyonlar için elde edilmiş olan eğrilere benzer olduğu tespit edilmiştir. Ancak, Modifiye Penman yöntemini kullanan AZSCHED sulama planlaması programına göre elde edilen sulama planlaması sonuçları, Erzurum koşullarında önceden yapılmış olan çalışmalardan elde edilen sonuçlardan az da olsa farklı olmuştur. Bu nedenle, Erzurum koşullarında önceden yapılmış olan çalışmalar dikkate alınarak büyüme-derece-günlere dayalı bitki katsayısı eğrisinin elde edilmesi ve bu eğri dikkate alınarak yöre için daha sağlıklı sonuç veren referans evapotranspirasyon yöntemi ile birlikte kullanılması durumunda daha iyi sonuçlar alınabileceği kanaatine varılmıştır.

## KAYNAKLAR

- [1] Slack DC, Martin EC, Sheta AE, Fox FA, Jr., Clark LJ, Ashley RO.,1996. Crop coefficients normalized for climatic variability with growing-degree-days. Proceeding of International Evaporation and Irrigation Scheduling Conference:892-898,3-6 November 1996,San Antonio,TX.
- [2] Jensen ME, Burman RD, Allen RG.,1990. Evaporation and irrigation water requirements. Amer. Soc. Civil Engrs. Manual and Report on Engr. Practice No.70.332pp.
- [3] Martin EC, Slack DC,1999.Irrigation scheduling based on growing-degree-days for arid climates. Agricultural Water Management Course Documents, 20 September-18 October, The University of Arizona, Tucson, AZ.
- [4] Kanber R, Ünlü M, Köksal H., 2000. Bitki su tüketimi ve bitki katsayıları.Bitki-Atmosfer İlişkileri Semineri Notları. 4-8 Eylül 2000, Köy Hizmetleri Araştırma Enstitüsü, Erzurum.
- [5] Sammis TW, Mapped CL, Lugg DG, Lansford RR, Mc.Guckin JT.,1985. Evapotranspiration crop coefficients predicted using growing degree days. Trans. of the ASAE,28:773-780.
- [6] Stegman EC.,1988. Corn crop curve comparisons for the central and northern great plains of the U.S. Trans. of the ASAE,4(3):226-233.
- [7] Snyder RL., 1985. Hand calculation degree days. Agricultural and Forest Meteor.35:353-358.
- [8] Hla AK, Martin EC, Waller P, Slack DC., 1996. Heat unit-based crop coefficients for grapefruit trees. Proceeding of International Evaporation and Irrigation Scheduling Conference: 429-434,3-6 November 1996, San Antonio,TX.
- [9] Scherer TF, Fox FA, Jr., Slack DC, Clark LJ., 1990. Near real time irrigation scheduling using heat unit based crop coefficients.Proc.1990 National Conf. On Irrig. And Drainage.ASCE.544-551.9-13 July. Durango,CO.
- [10] Meteorolojik Veriler, 1994, D.M.İ. Genel Müdürlüğü, Sayı 296-1, Ankara.
- [11] Erzurum Projesi Sakalikesik Sulaması Planlama Revize ve Ek Alan Arazi Sınıflandırma Raporu. 1987, D.S.İ. Genel Müdürlüğü, VIII. Bölge Müdürlüğü, Erzurum.
- [12] Kaya, S., 1997, Erzurum-Sakalikesik Ovası Topraklarının Sulama Yönünden İncelenmesi Üzerine Bir Araştırma (Doktora Tezi). Atatürk Üni. Ziraat Fak., Erzurum.



- [13] Erzurum İli Verimlilik Rehberi ve Gübre İhtiyaç Raporu. 1984, Köy Hizmetleri Genel Müd. Araştırma, Etüt Proje Daire Başkanlığı, Yayın No. 775, s 2-3, Ankara.
- [14] Anonim, 1978. Erzurum İli Toprak Kaynağı Envanter Raporu. TOPRAKSU Genel Müdürlüğü Yayınları,78.ANKARA.
- [15] Sevim Z., 1986. Erzurum koşullarında patatesin su tüketimi. Köy Hiz. Gen. Müd. Erzurum Araştırma Enstitüsü Müd. Yayını, No. 11, s 21-40.
- [16] Tahtacıoğlu L., Duman, İ. ve Ünal, S., 1990. Erzurum çiftçi koşullarında patatete ideal sulama sayısı ve sulama aralığının tesbiti. Doğu Anadolu Tarımsal Araşt. Enst. Yayını. No. 2, s 17-26.
- [17] Karadoğan T., 1990. Farklı gelişme dönemlerinde değişik seviyelerde sulama ve su kesme zamanlarının patatesin verim ve unsurlarına etkileri üzerine bir araştırma (Doktora Tezi). Atatürk Üni. Ziraat Fak., Erzurum.
- [18] Kaya S, Adıgüzel MC., 1999.Erzurum ovası koşullarında patatesin sulama programının cropwat bilgisayar programı ile belirlenmesi. II. Ulusal Patates Kongresi,142-152. 28-30 Haziran, Erzurum.
- [19] Fox, FA,Jr., Scherer TF, Slack DC, Clark LJ., 1992. AZSCHED: AriZona irrigation SCHEDuling, V1.3:Users Manual. The University of Arizona, Coop. Ext. Publ. 191049-1, Tucson, AZ.
- [20] Fox, FA,Jr., Martin EC, Slack DC, Clark LJ., 1996. AZSCHED: AriZona irrigation SCHEDuling, V1.3:Users Manual. The University of Arizona, Coop. Ext. Publ. 191049-3, Tucson, AZ.
- [21] Mokabel MA, Fahmy MI.,1996.Use of PVC columns and plastic mulch to reduce soil evaporation of tomato crop in greenhouse and field conditions. Proceeding of International Evaporation and Irrigation Scheduling Conference: 851-857. 3-6 November,San Antonio,TX.