

Karık Sulama Yönteminde Toprak Erozyonunu Önlemek İçin Uygun Akış Debisinin Belirlenmesi

Ramazan MERAL¹

ÖZET: Bitkilerin ihtiyaç duydukları suyun veriliş biçimi olarak, gerek dünyada gerekse ülkemizde, halen yüzey sulama yöntemleri çoğunlukla kullanılmaktadır. Özellikle karık sulama yönteminde karık sonunda oluşan su kayıpları, uygulama randımanını düşürürken aynı zamanda toprak taşınımına da neden olmaktadır. Karık debisi ve uzunluğu su ve toprak kayıpları açısından önemli planlama kriterleri olup; özellikle toprak bünyesi ve eğimine bağlı olarak belirlenmesi gerekmektedir. Karık uzunluğu konusunda yapılmış pek çok çalışma olmasına rağmen, erozyona neden olmayan optimum debinin belirlenmesinde önemli eksiklikler bulunmaktadır. Çoğu kez sadece eğimin bir fonksiyonu olarak belirlenen debi değeri; toprak bünyesi, agregat boyutu ve stabilitesi, infiltrasyon ve ilerleme özelliklerinin etkisi ile değişim gösterebilmektedir. Bu çalışmada, ilgili kriterler dikkate alınarak, karık geometrisi ve su ilerleme hızından hareketle optimum debi tahmin yaklaşımları incelenmiştir. Bu amaçla karık içerisindeki maksimum akış hızının; hassas topraklar için 0.13-0.17 m.s⁻¹, daha stabil topraklar için 0.22-0.25 m.s⁻¹ olarak kabul edilebilerek uygun debi değerinin belirlenebileceği üzerinde durulmuştur. Bununla birlikte arazi gözlemleri esas alınmak şartıyla daha fazla toprak kriterini dikkate alan yaklaşımların kullanılması önerilmiştir. Bu şekilde belirlenen karık debisi ile uygulanacak karık sulama yönteminde daha etkin bir su kullanımı ile su ve toprak kaynaklarının korunmasına katkı sağlayacaktır.

Anahtar kelimeler: Karık sulama, erozyon, karık debisi

Determination of optimum flow rate to prevent erosion in furrow irrigation

ABSTRACT: The surface irrigation methods are commonly used to apply crop water requirement in our country and the world. The runoff losses decrease irrigation efficiency and caused soil losses, especially at furrow irrigation. Furrow rate and length are important parameter for water and soil losses and are determined depend on the soil texture and slope. Although many studies on the length of the furrow; there are significant shortcomings in the determination of non-erosive flow rate. Generally flow rate is determined as a function of only the slope; but it can be varied by the soil texture, aggregate size and stability, infiltration and water advance features. In this study, different methods will investigate to determine non-erosive flow rate with using furrow geometry and flow velocity. As a result of evaluation of literatures, field observations and secondly semi-empirical method with the using more field data are recommended. For this aim maximum acceptable flow velocity was accepted as 0.13-0.17 m.s⁻¹ for erosive soil, and 0.22-0.25 m s⁻¹ for more stable soils. In this way, optimal flow rate using will contribute to more efficient water use and conservation of water and land resources

Keywords: Furrow irrigation, erosion, flow rate

¹ Bingöl Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Biyosistem Müh., Bingol, Türkiye
Sorumlu yazar/Corresponding Author: Ramazan MERAL, rmeral@bingol.edu.tr

GİRİŞ

Sulama yöntem ve teknolojilerindeki günümüz gelişmelerine rağmen, gerek dünyada gerekse ülkemizde halen çoğunlukla yüzey sulama yöntemleri kullanılmaktadır. Bugün ülkemizde sulanan alanların yaklaşık %92'sinde yüzey sulama yöntemleri kullanılmaktadır. Yüzey sulama yöntemlerinin bu derece yaygın olarak kullanılması daha etkin su kullanımı çalışmalarını ön plan çıkarmaktadır (Temizel ve Apan, 2010). Karık sulama yöntemi gerek uygulama kolaylığı, gerekse sıraya ekilen bitkilerin sulanması için daha uygun olması nedeniyle yüzey sulama yöntemleri içinde en yaygın kullanılan yöntemdir. Bu yöntemde yüzey akış ve derine sızma kayıpları azaltılabilirse sulama randımanları yükseltilebilir. Genellikle suyun karık sonuna daha kısa sürede ulaşması için erozyona neden olmayacak maksimum debinin kullanılması önerilmektedir. Gereğinden fazla debi kullanımı yüzey akış kayıplarının aşırı ölçüde artmasına neden olurken, düşük debilerin kullanıldığı koşullarda ilerleme süresi çok uzadığı için karık başında aşırı ölçüde derine sızma gerçekleşmektedir. Bu durum su uygulama randımanını azaltırken, aynı miktar suyla daha fazla alanın sulanması olanağını ortadan kaldırmaktadır (Burt et al., 2000; Temizel, 2007). Karık sulama yönteminde karıklara verilecek debiye bağlı olarak akış uzunluğu ile su uygulama süresi arasında iyi bir dengenin sağlanması gerekmektedir. Bu nedenle hedeflenen amaçlara ulaşabilmek için su akışıyla ilgili hidrolik etmenlerin çok iyi anlaşılması gerekir. Yüzey akışıyla ilgili temel değişkenler: 1) Akış miktarı, 2) İlerleme hızı, 3) Akış uzunluğu ve Süresi, 4) Akış derinliği, 5) Toprağın su alma hızı 6) Arazi yüzeyi eğimi, 7) Yüzey pürüzlülüğü, 8) Erozyon zararı, 9) Akış karışının şekli ve 10) Verilecek su derinliği şeklinde sıralanabilir (Walker, 1989; Kara ve ark., 2008).

Diğer yüzey sulama yönteminden farklı olarak karık yan yüzey eğimi ve düzenli akış koşulu nedeniyle toprak taşınım riski daha yüksek olmaktadır. Bu durum toprak verimliliğini azaltırken, taşınan tarımsal kimyasal ve sediment yoluyla da akarsu kirliliğine neden olmaktadır (Agassi et al., 1995).

Koluvek et al. (1993) Amerika'da Toprak Koruma Servisince (USDA) yapılan uzun yıllık çalışmalar sonucunda arazilerin %21'sinin sulama kaynaklı olarak

erozyondan etkilendiğini belirtmişlerdir. Yine benzer bir çalışmada toprak verimliliğinin toprak aşınımı nedeniyle % 25 azaldığı belirtilmiştir. İnceleme yapılan son 80 yıl içinde üst toprak katmanında 38 cm den 13 cm ye düşmesinin her bir cm toprak derinliğine karşılık buğday veriminde % 2 azalmaya neden olduğu belirtilmiştir (Carter et al., 1989).

Öztürk ve ark. (1989) yapmış olduğu çalışmada 100 m karık uzunluğundaki sediment taşınım değerlerini $7-776.4 \text{ g.dakika}^{-1}$ ($0.05-5.55 \text{ g.m}^{-2}.\text{dakika}^{-1}$) olarak; Önder (1995) yapmış olduğu karık sulama denemelerinde toplam sediment taşınımını $19.04-357.8 \text{ g.m}^{-1}$ olarak belirlenmiştir. Campo-Bescos et al. (2015) tarafından % 2 eğimli karık sulamalarda 5.8 t.ha^{-1} ' a kadar toprak kaybı belirlenirken, % 0.5 eğimli karıklarda bu değer 1.2 t.ha^{-1} olarak belirlenmiştir. Fernandez-Gomez et al. (2004) ise siltli ve siltli kil toprak koşullarında , % 0.8 eğim ve 1.7 L.s^{-1} akış uygulamasında oluşan toprak taşınımının $0-10 \text{ t.ha}^{-1}$ olarak gerçekleştiğini belirtmişlerdir. Sonuç olarak karık sulamada sediment taşınım değerleri farklı sınırlar içinde gerçekleşmiştir. Bu durum Trout (1996) da belirtildiği gibi karıktaki toprak parçacıklarının hareketine, karık debisi, eğim derecesi ve uzunluğu, karık yatağındaki toprak parçacıkların ortalama dane çapı ve su yoğunluğu gibi bir çok faktörün etkisinden kaynaklanmaktadır. Sevinç (1993) ise sediment taşınımı üzerine toprak yapısı ve stabilitesi ile organik madde içeriğinin de önemli etkisinin olduğunu belirtmiştir.

Sulama alanında erozyonla kaybolan toprak tolerans sınırı kesin olarak ifadesi güç olmakla beraber USDA (2013) tarafından $12 \text{ t.ha}^{-1}.\text{yıl}^{-1}$ değeri bir kriter olarak verilmiştir. USEPA (2012) da ise yüzey sularında taşınan sediment miktarını, su depolama yapıları açısından, 100 mg.L^{-1} nin altında olması gerektiği belirtilmiştir.

Karık sulama yönteminde erozyon oluşumunun minimuma indirilmesi çalışmalarında iki hedef söz konusudur: a) Akış içerisindeki toprak konsantrasyonunun azaltılması, b) yüzey akış miktarının kontrol edilerek toplam taşınan toprak miktarının azaltılmasıdır. Dolayısıyla yöntemin diğer planlama kriterleri de dikkate alınarak yapılacak sulamalarla bu amacın gerçekleşmesi mümkündür.

Uygulanacak sulama suyu miktarı, infiltrasyon hızı ve buna bağlı sulama süresi, karık geometrisi ve uzunluğu gibi parametrelerin deneysel veya teorik olarak gerçekçi sınırlar içinde belirlenmesi mümkündür. Ancak erozyona neden olmayacak karık debisinin seçilmesinde bir takım zorluklar bulunmakta olup kritik bir öneme sahiptir.

Diğer planlama kriterlerinde olduğu gibi istenen gerçek değer belirlenmesi, arazide yapılacak uzun denemeler sonucunda elde edilebilecektir. Her koşul için bu denemelerin yapılması oldukça zor olduğu için önceki çalışmalar ile de edilmiş yaklaşım ve eşitlerin bu amaçla kullanılması uygulama açısından daha yapılabilir niteliktedir.

Bu çalışmada üç farklı alternatif üzerinde durulacaktır. Böylece bu konuda yapılacak çalışmalara ve uygulamalara katkı sağlanması amaçlanmıştır.

MATERYAL VE YÖNTEM

Erozyona neden olmayacak koşulların sağlanmasında karık debisinin seçilmesi önemli bir yer tutmaktadır. Diğer sulama planlama kriterleri ile de ilişkili olan debi seçiminde kullanılacak yaklaşımlardan üç tanesi bu çalışmada incelenmiştir.

1. Karık eğimine bağlı debi seçimi

Karık eğimi erozyon sürecinde en önemli faktörlerden biridir. Eğime bağlı olarak artan akım hızı ve enerji ile toprak daha fazla parçalama ve sürüklemeye başlar. Ayrıca su içindeki parçacıklar bir sonraki süreçte suyun aşındırma gücünü de artırır (Özdemir, 1997).

Belirleyici bu etkisinden dolayı karık eğimi bazı araştırmacılar tarafından karık debisinin belirlenmesinde tek kriter olarak kabul edilmiş ve denklem 1'de gösterilen ampirik eşitlikle ifade edilmiştir.

$$Q = \frac{0.64}{s} \dots\dots\dots (1)$$

Q : Erozyona neden olmayacak maksimum karık debisi, L.s⁻¹

s : Karık eğimi, %. (Delibaş, 1994; Güngör ve Yıldırım, 1989).

2. Toprak bünyesi ve eğime bağlı debi seçimi

Hamad and Stringham (1978) karık sulama yönteminde, toprak özelliğine bağlı olarak erozyona

neden olmayacak maksimum debinin belirlenmesi amacıyla denklem 2 'de belirtilen eşitliği vermişlerdir.

$$Q_{max} = \frac{\alpha}{s\beta} \dots\dots\dots (2)$$

Eşitlikte;

Q_{max} : Erozyona neden olmayan maksimum karık debisi, L.s⁻¹

s : Karık eğimi, %

α ve β : Toprak bünyesine bağlı katsayılarıdır (Çizelge 1).

Çizelge 1. Maksimum karık debisinin belirlenmesinde kullanılan toprak bünyesine bağlı α ve β katsayıları

Toprak Grubu	α	β
Ağır Bünyeli	0.892	0.937
Orta Ağır Bünyeli	0.988	0.550
Orta Bünyeli	0.613	0.733
Hafif Bünyeli	0.665	0.548

3. Akım hızına bağlı akış debisi seçimi

Debi seçiminde eğim, toprak özellikleri ve karık geometrisi gibi parametrelerin dikkate alınması; dolaylı olarak bu faktörlerin bir sonucu olan akım hızını dikkate alınması anlamına gelmektedir. Doğrudan akım hızının gözlemlenmesi veya ampirik akış denklemleri ile tahmin edilmesi debi seçiminde daha doğru sonuçlar vereceği düşünülebilir.

Bu bağlamda Walker (1989) toprağın erozyona duyarlılık durumuna göre karık içerisindeki izin

verilebilecek maksimum karık hızlarını önermiştir. Bu değerler;

- Erozyona hassas siltli topraklar için: 0.13-0.17 m.s⁻¹
- Stabil killi ve kumlu topraklar için 0.22-0.25 m.s⁻¹.

İzin verilen maksimum akım hızları dikkate alınarak süreklilik ve Manning akış denklemleri (denklem 3-5) ile debi değerleri elde edilebilir.

$$Q=A.V \dots\dots\dots(3)$$

$$V = \frac{1}{n} \cdot R^{\frac{2}{3}} \cdot S^{\frac{1}{2}} \dots\dots\dots(4)$$

Q : Debi m³.s⁻¹

A : Kesit alanı, m²

V : Akım hızı, m.s⁻¹

R : Hidrolik yarıçap; $R = \frac{A}{P}$

P : Islak çevre , m

n : Manning pürüzlülük katsayısı

S : Taban eğimi, m.m⁻¹

Seçilen maksimum hız değeri için, Hız eşitliği süreklilik denkleminde yerine konursa:

$$Q_{max} = A \cdot \frac{1}{n} \cdot \left(\frac{A}{P}\right)^{\frac{2}{3}} \cdot S^{\frac{1}{2}} \dots\dots\dots(5)$$

eşitliği elde edilir.

Walker and Skogerboe (1987) bu eşitliğin kullanımında; kesit alanı, ıslak çevre ve karıktaki su yüksekliği arasındaki ilişkinin deneysel olarak elde edilmesini önermişlerdir. Böylece debi seçiminde

kullanılacak olan kritik hız değerini sağlayacak karık geometrisinin elde edilebileceğini belirtmişlerdir (denklem 6,7).

$$y = \sigma_1 A^{\sigma_2} \dots \dots \dots (6)$$

$$A^2 R^{1.33} = \rho_1 A^{\rho_2} \dots \dots \dots (7)$$

y: su yüksekliği, m

$\sigma_1, \sigma_2, \rho_1$ ve ρ_2 = karık şekline bağlı deneysel parametreler

Sonuç olarak karık içerisinde istenen maksimum akış debisinin belirlenmesinde kullanılacak eşitlik

denklem 7 de verildiği gibi ifade edilebilir.

$$Q_{max} = \left[\left(\frac{V_{max}^{\rho_2} n^2}{3600 \cdot S_0 \rho_1} \right) \right]^{\frac{1}{\rho_2 - 2}} \dots \dots \dots (8)$$

Söz konusu eşitlikler ile optimum karık geometrisi ile birlikte erozyona neden olamayacak maksimum karık debisinin belirlenmesi amacıyla farklı bilgisayar yazılımları oluşturulmuştur. Bunlar arasında SASIS (Software Applied to Simulation of the Surface Irrigation) birçok araştırmacı tarafından kullanılmıştır (Lima et al., 2014).

Bu çalışmada akım hızına bağlı debi seçiminde karık kesiti hidrolik açıdan en uygun kesit dikkate alınarak işlemler yapılmıştır. İzin verilen maksimum akış hızı ise; siltli hassas topraklar için 0.17 m.s⁻¹, daha stabil killi ve kumlu topraklar için 0.25 m.s⁻¹ olarak kabul edilmiştir (Walker, 1989).

Arazi çalışması ve yöntemlerin karşılaştırılması

Seçilen yöntemlerin değerlendirilmesi amacıyla Meral (2002) tarafından Amasya farklı toprak koşullarında yapılmış olan karık sulama uygulamalarında elde edilen değerler ile Fernandez-Gomez et al. (2004) tarafından yapılan arazi uygulamaları sonuçları dikkate alınmıştır. Arazi eğimi ve bünye değerleri dikkate alınarak

üç farklı yöntemle erozyona neden olmayacak debi değerleri tahmin edilmiştir. Söz konusu koşullarda gerçekleşen erozyon değerleri dikkate alınarak tahmin yöntemlerinin güvenilirliği tartışılmıştır.

Toprak kaybı toleransı; ortalama düzeyde bitki gelişmesine olanak sağlayacak toprak kalitesinin korunduğu maksimum toprak taşınım miktarı olarak tanımlanmaktadır. Bu değer USDA (2013) tarafından yıllık olarak 12 Mg.ha⁻¹ olarak verilmiş; bu değer yıl içerisinde yapılacak 7-8 adet sulama koşulunda her bir sulama için 1.5-1.7 Mg.ha⁻¹ toprak kaybına karşılık geldiği belirtilmiştir. Bu çalışmada sonuçların değerlendirilmesinde söz konusu sınır değerler baz olarak alınmıştır.

BULGULAR VE TARTIŞMA

Önceki çalışmalar arasında Meral (2002) ve Fernandez-Gomez et al. (2004) tarafından yapılan karık sulama uygulamalarında; farklı eğim ve debi koşullarında gerçekleşen sediment taşınım değerleri, arazi koşulları ile birlikte Çizelge 2'de verilmiştir.

Çizelge 2. Farklı toprak ve debi koşullarında karık sulamada gerçekleşen taşınım değerleri

Arazi eğimi,%	%kil	%kum	%silt	Bünye	Karık debisi, L.s ⁻¹	Sediment taşınımı t.ha ⁻¹	Referans
1.5	38.00	39.84	22.16	Killi tın	0.6	2.69	Meral (2002)
1.5	38.00	39.84	22.16	Killi tın	0.3	0.24	
1.5	38.00	39.84	22.16	Killi tın	1.0	6.41	
1.2	27.59	30.73	41.68	Killi tın	0.6	1.56	
1.2	27.59	30.73	41.68	Killi tın	0.3	0.15	
0.8	20.60	35.00	44.30	Tınlı	1.8	7.63	Fernandez-Gomez et al. (2004)
0.8	20.60	35.00	44.30	Tınlı	1.2	4.84	
0.8	20.60	35.00	44.30	Tınlı	0.8	1.68	
0.3	20.60	35.00	44.30	Tınlı	1.8	0.27	
0.5	46.10	27.30	26.60	Killi	1.6	3.93	
0.5	46.10	27.30	26.60	Killi	1.3	2.47	
0.5	46.10	27.30	26.60	Killi	0.6	0.32	

Karık sonunda ölçülen sediment taşınım değerleri 0.15 ile 7.63 t.ha⁻¹ arasında değiştiği çizelge 2’de görülmektedir. Söz konusu değişimde karık debisi ile eğiminin daha etkili olduğu görülmektedir. Kabul edilebilir erozyon sınır değeri (1.5-1.7 Mg.ha⁻¹) dikkate alındığında

seçilen debi değerlerinin pek çoğunda daha yüksek düzeyde erozyona neden olduğu görülmektedir.

Araştırmaların yürütüldüğü koşullar dikkate alınarak, her bir yöntem için elde edilen debi değerleri ile birlikte Çizelge 3 de verilmiştir.

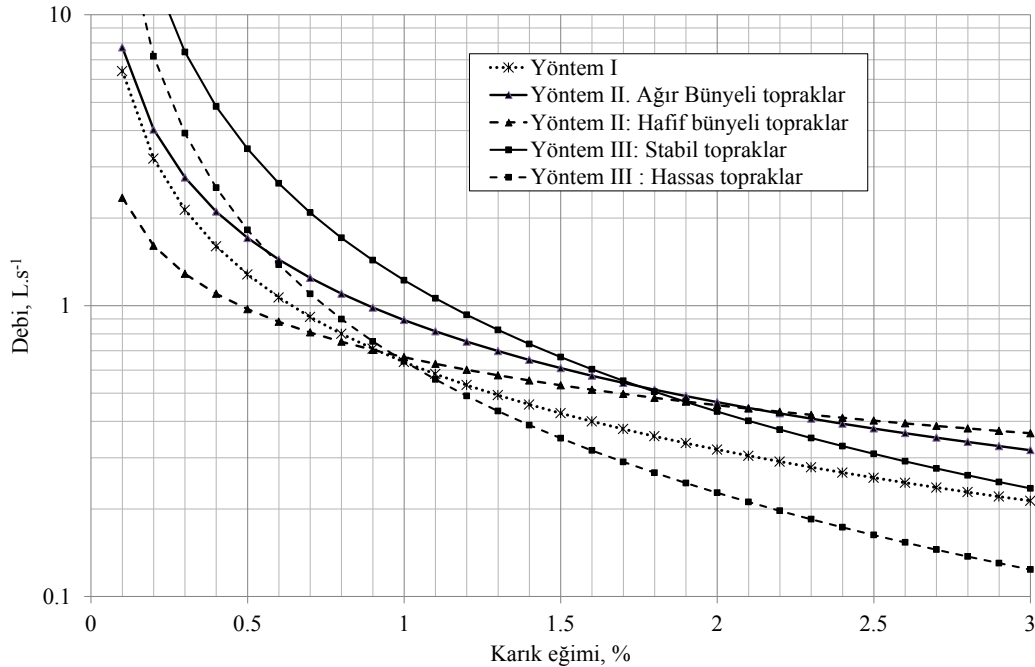
Çizelge 3. Arazi koşullarında kullanılan debi değerlerinin önerilen debi değerleri ile karşılaştırılması

Toprak koşulu (% eğim/bünye)	Önerilen en yüksek akış debisi L.s ⁻¹			Uygulanan debi L.s ⁻¹	Sediment taşınımı, t.ha ⁻¹
	Yöntem I	Yöntem II	Yöntem III		
0.3 / Tın	1.48	2.13	3.91-7.44	1.8	0.27
0.5 / Kil	1.71	1.28	1.81-3.45	0.6	0.32
				1.3	2.47
				1.6	3.93
0.8 / Tın	0.72	0.8	0.89-1.71	0.8	1.68
				1.2	4.84
				1.8	7.63
1.2 / Killi tın	0.89	0.53	0.49-0.93	0.3	0.15
				0.6	1.56
				1.0	6.41
1.5 / Killi tın	0.79	0.42	0.35-0.67	0.3	0.24
				0.6	2.69
				1.0	7.41

Eğimin % 0.3 olduğu koşullarda oldukça düşük taşınım değerleri gözlenmiştir. Bu bakımdan uygulanan debi (1.8 L.s^{-1}) değerinden daha yüksek debinin uygulanabileceği anlaşılmaktadır. Yöntem III ile diğer yöntemlere göre çok daha yüksek debiler belirlenmiştir. Bu değerler arasında Yöntem III ile hesaplanan alt sınır değerlerinin daha uygulanabilir olduğu görülmektedir. Killi toprakta ve % 0.5 eğimde yapılan sulamalarda önerilen debi değerlerinin altında bir debi (1.3 L.s^{-1}) kullanılmasına rağmen beklenilenden bir miktar fazla taşınım gerçekleşmiştir. Bu durum dikkate alınan eğim

ve bünye dışında; organik madde içeriği (Magdoff and Weil 2004) ve agregat stabilitesi özelliklerine (Holifield Collins et al., 2015) bağlı olarak farklılık gösterdiği düşünülebilir. Killi tın bünye koşullarında Yöntem I ile hesaplanan debi değerleri diğer iki yönteme göre daha yüksek bulunmuştur. Gerçekleşen taşınım değerlerine bakıldığında Yöntem II ve III 'ün daha güvenilir sonuçlar verdiği görülmektedir.

Çalışmada dikkate alınan her üç yöntemin farklı debi seçeneklerinde rahat kullanımı sağlamak için grafik hazırlanmış ve şekil 1 de verilmiştir.



Şekil 1. Karık sulama yönteminde erozyon açısından kullanılabilir debi değerleri.

Toprağın erozyon hassaslığı baz alınarak izin verilen akım hızı değerleri ile uygulanan Yöntem III oldukça stabil değerler vermiştir. Sadece eğimin dikkate alındığı Yöntem I ise 1.0 L.s^{-1} debi sınırına kadar daha düşük değerler verirken, sonrasında Yöntem II ile uyumlu sonuçlar vermiştir.

Yöntem III ise benzer sınırlar arasında sonuçlar vermesine karşın; 2.0 L.s^{-1} debi sınırından sonra hafif bünyeli topraklar için önerilen debi değerinin yine aynı yöntemle ağır bünyeli topraklar için önerilen değerlerin üzerine çıkması gibi bir dezavantaj göstermiştir

SONUÇ

Tüm sulama yöntemlerinde olduğu gibi karık sulama yönteminde de en iyi sonuçların alınması, koşullara uygun şekilde planlanması ve uygulanmasıyla mümkündür. Toprak özellikleri gerek yüzeysel dağılımı gerekse derinlik olarak büyük ölçüde değişim gösterebilmektedir. Ayrıca aynı toprak bünyesine sahip olmakla beraber içerdiği organik madde, işlenme durumu, mevcut nem içeriği gibi etkenler altında; sulama sırasında farklı infiltrasyon, ilerleme ve yüzey akış koşulları oluşabilmektedir. Sulama ile

taşınan toprak miktarı için izin verilen kesin bir sınır olmamakla birlikte bu değer her bir sulama için 1.5-1.7 Mg.ha⁻¹ arasında olması genel bir sınır olarak kabul edilebilir. Bu çalışmada ilgili bu faktörlerin bir sonucu olan akım hızı değerinin baz alınarak erozyon açısından en uygun debinin belirlenmesi ön plana çıkmıştır. Ancak en uygun hidrolik kesitin dikkate alınarak yapıldığı bu değerlendirmeler, arazi koşullarında gözlemlenen kesit, hatta gerçekleşen hız değeri gözlemlenerek uygun debinin seçilmesi daha yararlı olacaktır. Bu bakımdan karık debisinin seçilmesinde doğrudan arazi koşullarında gözlemlenen hız değeri veya taşınan sediment miktarı dikkate alınması öncelikle önerilmektedir. Bu amaçla debi seçimi için önerilen eşitlik ve yöntemlerin kullanımında daha çok arazi verisini kullanan alternatiflerin seçilmesi ve arazi gözlemleri ile doğrulanması faydalı olacaktır.

KAYNAKLAR

- Agassi M, Letey J, Farmer WJ, Clark P. 1995. Soil erosion contribution to pesticide transport by furrow irrigation. *J Environ. Quality.*, 24:892-895.
- Burt CM, Clemmens AJ, Bliesner R, Merriam JL, Hardy L, 2000. Selection of irrigation methods for agriculture, P.144.
- Campo-Bescós MA, Muñoz-Carpena R, Kiker GA, Bodah BW, Ullman JL, 2015. Watering or buffering? Runoff and sediment pollution control from furrow irrigated fields in arid environments. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 205, 90-101.
- Carter DL, Berg RD, Sanders BJ. 1985. The effect of furrow irrigation erosion on crop productivity. *Soil Sci Soc Am J.*, 49:207-211.
- Delibaş L, 1994. Sulama, Trakya Üniversitesi Tekirdağ Ziraat Fakültesi Yayın No:213.
- Eminoğlu E, 2007. Türkiyede Su Yönetimi ve Sulama İşletmeciliği. Orta Asya Sulama Suyu Yönetimi Çalıştayı 12-14 Eylül 2007. Toprak Gübre ve Su Kaynakları Merkez Araştırma Enstitüsü, Ankara.
- Ferna'ndez Go'mez R, Mateos L, Gira'ldez JV., 2004 Furrow irrigation erosion and management. *Irrig Sci*, 23:123-131.
- Hamad NS. Stringham GE,1978. Maximum Nonerosive Furrow Irrigation Stream Size. *Journal of the Irrigation and Drainage Division, ASCE*, 104(3), 275-281.
- Holifield Collins CD, Stone JJ, Cratic L, 2015. Runoff and sediment yield relationships with soil aggregate stability for a state-and-transition model in southeastern Arizona, *Journal of Arid Environments*, 117, 96-103.
- Kara T, Temizel KE, Apan M, 2008. Using empirical equations to determine appropriate furrow length under field condition. *Pakistan Journal of Biological Science*, 11(2), 220-225.
- Koluvek PK, Tanji KK, Trout TJ. 1993. Overview of soil erosion from irrigation. *J. Irr. Drain. Eng.*, 119(6):929-946.
- Lima, VIA, Pordeus, RV, Vieira de Azevedo, CA, Pereira, JO, Antunes de Lima, VL, Rejane de Queiroz Almeida Azevedo, M. 2014. Optimization of furrow irrigation systems with continuous flow using the software applied to surface irrigation simulations - SASI. *African Journal of Agricultural Research*, 9(42), 3115-3125.
- Magdoff F, Weil RR, 2004. *Soil Organic Matter in Sustainable Agriculture*, CRC Press,412p.
- Meral R, 2002. Karık Sulama Yönteminde Polyacrylamid (PAM) ve Sıkıştırılmış Karık Uygulamalarının Farklı Akış Koşullarında Sediment Taşınımı ve Su Uygulama Randımanı Üzerine Etkilerinin Araştırılması. 19 Mayıs Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü. Doktora tezi, Samsun.
- Önder S, 1995. Çukurova koşullarında fasıllı (surge) ve sürekli sulama yöntemlerinin karşılaştırılması. Ç.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Tarımsal Yapılar ve Sulama Anabilim Dalı, Doktora Tezi, Adana.
- Özdemir N, 1997. Toprak ve Su Koruma. Ondokuz Mayıs Üniv. Ziraat Fakültesi Ders notu no:22, 47s, Samsun.
- Öztürk F, Tokgöz MA, Yıldırım O, 1989. Karık sulamada sediment taşınımı. AÜZF Yayınları no:1136, Ankara.
- Sevinç AN, 1993. Havza Sediment Verimi. KHGM Ankara Araştırma Enstitüsü yayınları, Ankara.
- Temizel KE, 2007. Bafra ovası arazi koşullarında yüzey sulama yöntemlerinden karık, tava ve uzun tava boyutlarının belirlenmesi ve genel ampirik eşitliklerle değerlendirilmesi. 19 Mayıs Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü Doktora tezi, Samsun.
- Temizel KE, Apan M. 2010. Bafra ovası arazi koşullarında uygun karık uzunluklarının belirlenmesi. *Anadolu Tarım Bilimleri Dergisi*, 25(2), 84-88.
- Walker WR, 1989. Guidelines for designing and evaluating surface irrigation systems. *FAO Irrigation and Drainage paper* 45.
- Walker WR, Skogerboe GV, 1987. *Surge flow surface irrigation. in: surface irrigation*. Prentice Hall, Inc, Englewood Cliffs, New Jersey.
- USDA, 2013. *National soil survey handbook*, Natural Resources Conservation Service 430-VI.
- Trout T, 1996. Furrow irrigation erosion and sedimentation: on-field distribution. *Trans. ASAE* 39, 1717-1723.
- USEPA 2012. *Construction General Permit – NPDES General Permit for Discharges from Construction Activities*. USEPA NPDES Publications.