

TAVA VE KARIKLARDA YÜZEY SULAMA HİDROLİĞİ İLKELERİNİN TARLA KOŞULLARINDA ARAŞTIRILMASI (1)

Lokman DELİBAŞ (2)

ÖZET:

Yüzey sulamada hidrolik değişkenlerin tarla koşullarında değişimlerini ve karşılıklı ilişkilerini belirlemek, bu değişkenlerin sulama randımanları üzerine etkilerini incelemek amacı ile eğim, akış debisi ve su uygulama süresinin değişik kombinasyonları tarla koşullarında tava ve kariğa uygulanarak bunların infiltrasyon, akış hızı, su ilerleme hızı ve pürüzlülük gibi diğer faktörlere etkileri araştırıldı.

Akış debisi ve eğimdeki değişimler infiltrasyon ve su ilerleme karakteristiklerini önemli derecede etkilemiştir. Topraktaki nem dağılımı ve su uygulama randımanı üzerine debinin büyüklüğünden ziyade uygulama süresinin etkili olduğu tesbit edilmiştir.

1. GİRİŞ:

Genel anlamda sulama, bitkilerin gelişmesi için gerekli olan suyun yapay yollarla toprağa verilmesidir. Hızla çoğalan dünya nüfusunun giderek artan beslenme ihtiyacı, tarımsal üretimin de artırılmasını zorunlu kılmaktadır. Mevcut tarım alanları önemli miktarda artırılamayacağına göre; üretimin artırılması gübreleme, nitelikli tohumluk kullanımı ve tarımsal savaş gibi diğer faktörlerin yanında etkili bir sulama ile mümkündür.

Ülkemizin su kaynakları potansiyeli tüm tarım alanlarını sulamaya yetecek kapasitede değildir, üstelik mevcut kapasiteden gereğince yararlanılmadığı da bir gerçektir. Geniş tarım alanlarına sulama imkânı sağlayacak sulama tesisleri büyük yatırımları gerektirmektedir, bu ise ülkemizin sınırlı ekonomik imkânları ile uzun vadede çözülebilecek bir sorun olmaktadır. Bu bakımdan sulu tarımcının amacı tarlasına vereceği suyun her m³'ünden en yüksek verimi elde etmek olmalıdır. Bu da sulu tarım için önemli olan faktörlerin iyice bilinmesine bağlıdır.

(1) Prof.Dr. Ali Özdengiz, Prof.Dr. Ayhan Aksoy, Prof.Dr. Gülağa Şimşek'ten kurulu jüri tarafından kabul edilmiş doktora tezinin özetidir.

(2) Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Kültürteknik bölümü.

Sulu tarım için ilk şart suyun tarla başına getirilmesidir; ancak toprak ve su kaynaklarının en iyi bir şekilde değerlendirilmesi ve beklenen verim artışının sağlanması etkili bir sulama planlaması ile mümkündür. Planlamanın esası ise, su toprağa ne şekilde verirse verilsin mümkün olan en yüksek sulama randımanını sağlamaktır.

Yüzey sulama yöntemleriyle sulama yapıldığında sulanacak ünitenin (uzun tava, karık vs.) uzunluğu boyunca üniform bir su dağılımı istenir. Bu durum akış uzunluğunun yeterince kısa olması ile sağlanabilir; ancak kısa boyutlu sulama ünitelerinin hazırlanmaları ve sulanmalarında fazla işgücü ihtiyaçlarından dolayı da akış uzunluklarının mümkün olduğu kadar uzun olması istenir. Bu iki alternatif arasında optimum bir uyum sağlamak planlamanın temelini oluşturur. Çünkü, bir sulama sisteminin planlanmasında asıl amaç suyu en az masrafla ve en etkin bir şekilde toprağa vermektir. Sulama hidroliğinde planlamaya esas olan temel değişkenler; tarlaya verilen suyun debisi, suyun yüzeyde ilerleme hızı, akış uzunluğu ve sulama süresi, su akış derinliği, infiltrasyon hızı, eğim, pürüzlülük ve uygulanacak net su derinliği olarak sıralanabilir. Bu değişkenlerden akış uzunluğu, akış debisi ve her sulamada tarlaya verilecek su miktarı gibi sadece birkaç tanesi bir dereceye kadar planlayıcı tarafından kontrol edilebilir.

Çoğu zaman tarlanın eğimi ve su kaynağının kapasitesi bellidir, tarlaya verilmesi gereken su miktarı ile toprağın infiltrasyon özellikleri de önceden belirlenebilir. Asıl sorun verilecek debiye bağlı olarak, akış uzunluğu ile su uygulama süresi arasında iyi bir dengenin sağlanamamasıdır. Akış uzunluğunun gereğinden fazla olması tarla başında derine sızma kayıplarının artmasına, gereğinden kısa olması ise tarla sonunda yüzey akışla kaybolan su miktarının artmasına yol açar.

Yüzey sulamada akış uzunluğu ile su uygulama süresi arasındaki ilişkiyi belirlemek amacıyla pek çok araştırmacı tarafından çalışmalar yapılmış ve problemin çözümü için çok sayıda değişik yöntemler geliştirilmiştir. Fakat konunun oldukça karmaşık oluşu ve tarla koşullarının değişkenliği nedeniyle sulama planlamalarında kullanılacak geçerli bir ölçüt tam olarak ortaya konulamamıştır. Bu nedenle daha ileri çalışmalarla konunun değişik yönleriyle ele alınıp araştırılması gerekmektedir.

2. LİTERATÜR ÖZETİ

2.1 İnfiltrasyon

İnfiltrasyon kısaca toprak yüzeyindeki suyun toprağa girişi olarak tanımlanır (Lal ve Pandya, 1972). İnfiltrasyon doygun olmayan topraklarda meydana gelen bir olaydır, toprak yüzeyi doygunluğa yaklaşırken infiltrasyon hızı da toprağın hidrolik iletkenliğine yaklaşır (Lin ve arkadaşları, 1973).

İnfiltrasyonu zamanın bir fonksiyonu olarak tanımlamak için değişik eşitlikler geliştirilmiş ve önerilmiştir. Bunlardan bir tanesi ve belki de en çok kullanılanı

$$Y = k t^a \quad (1)$$

şeklindeki Kostiakov eşiliğidir (Christiansen ve arkadaşları, 1966; Fangmeier ve Strelkoff, 1979; Clemmens ve Dedrick, 1981). Eşitlikte Y, herhangi bir t anındaki toplam infiltrasyon; a, değeri 0 ile 1 arasında değişen bir üs; k ise t=1 iken toplam infiltrasyon değeridir.

İnfiltrasyonun ölçülmesinde kullanılmak üzere çeşitli tarla yöntemleri geliştirilmiştir. Ancak, su akışında karşılaşılan yüzey koşullarının değişkenliği nedeniyle zaman zaman bu yöntemlerin geçerliliği tartışma konusu olmuş ve daha doğru sonuçlar verecek yeni yöntemlerin arayışı içine girilmiştir.

İnfiltrasyonun ölçülmesinde; belli bir süre içerisinde tarlaya verilen su miktarının aynı süre içerisinde toprağa infiltre olan ve yüzeyde depolanan su hacimlerinin toplamına eşit olduğu varsayımından hareketle, son yıllarda yeni bir yöntem üzerinde durulmaktadır. Hacim-denge yöntemi olarak bilinen bu yöntem ilk defa Christiansen ve arkadaşları (1966) tarafından geliştirilmiş ve bir çok araştırmacı tarafından tarla koşullarına uygulanarak oldukça iyi sonuçlar elde edilmiştir.

2.2 Akış Hidroliği

Yüzey sulamada su akışı üniform pürüzlülük ve infiltrasyon özelliklerine sahip, az eğimli bir yatak üzerinde yüzlek bir akış olarak karakterize edilir (Kincaid ve arkadaşları, 1972). Değişken ve karasız olan bu akış şeklinde, akış ne profil boyunca üniform ne de bir noktada zaman içinde sabit değildir (Bassett ve Fitzsimons, 1976).

Bir çok araştırmacının yüzey sulama hidroliği problemine yaklaşımı ve elde ettikleri çözümler birbirinden oldukça farklı olmakla birlikte, kullanılan tekniklerin esas olarak iki kategoriden birine girdiği görülmektedir (Hart ve arkadaşları, 1968). Bunlardan birincisi akış olgusunun kinematik yönden ele alındığı hacim-denge yaklaşımı, diğeri ise kinematik ve dinamik ilişkilerin birlikte analiz edildiği hidrodinamik yaklaşımdır (Bassett, 1972).

Hacim-denge yaklaşımları tavaya giren toplam suyun, yüzeyde depolanan su ve toprak tarafından absorbe edilerek depolanan su olmak üzere iki kısma ayrıldığı varsayımına dayanır (Farrell, 1963). Fok ve Bishop (1965) başlangıçta bazı temel varsayımları kabul ederek hacim-denge yöntemini aşağıdaki şekilde analiz etmişlerdir; herhangi bir anda tavaya verilen toplam su hacmi

$$Q t = W x (D_a + Y_d) \quad (2)$$

olup, burada Q, tavaya verilen su debisi, W, tava genişliği; x, su ilerleme uzaklığı; D_a, toprak yüzeyindeki ortalama su derinliği; Y_a, ortalama infiltrasyon derinliği; t ise su uygulama süresidir. Araştırmacılar toplam infiltrasyon için $Y = k t^a$, ilerleme fonksiyonu için $x = A t^b$ eşitliklerini kullanarak

$$Y_a = \frac{F k t^a}{a + 1} \quad (3)$$

eşitliğini elde etmişlerdir. Eşitlikteki F faktörü için

$$F = \frac{a - b (a - 1) + 1}{b + 1} \quad (4)$$

eşitliği kullanılabilir (Christiansen ve arkadaşları, 1966).

Fok ve Bishop (1965) yüzeydeki ortalama su derinliği için D_o tava başındaki su derinliği olmak üzere

$$D_a = \frac{D_o}{1 + b} \quad (5)$$

bağıntısını vermişler ve ilerleme fonksiyonundaki üs olan b'nin $b = e^{-0.6 a}$ bağıntısından bulunabileceğini belirtmişlerdir.

Bir tava üzerinde ilerleyen suyun akış derinliği tavaya verilen suyun debisine, tavanın eğimine, toprağın infiltrasyon hızına ve bitki örtüsünün neden olduğu engellemeye bağlıdır. Bununla birlikte tava başında D_o olan su derinliği tava uzunluğu boyunca giderek azalır. Toprak yüzeyinde akan suyun yüzey profilinin yaklaşık olarak bir parabolle temsil edilebileceğini belirten Ostromecki (1960), bu parabolün $2 < m < 3$ olmak üzere

$$D = D_o \left(1 - \frac{x}{L} \right)^{1/m} \quad (6)$$

eşitliği ile ifade edilebileceğini önermiştir. Bu eşitlikte D, herhangi bir x uzaklığında akış derinliği; D_o, tava başındaki su derinliği; L ise tavanın su ile kaplı uzunluğudur.

Yüzey sulamada su akışı yüzlek bir açık kanal akışı olarak kabul edilerek, suyun yüzeyde akış hızı Manning eşitliğinden bulunabilir (Linderman ve Stegman, 1971; Katopodes ve Strelkoff, 1977; Clemmens, 1980). Suyun akış hızı bitki örtüsünün engelleme kuvveti ile yakından ilgilidir. Hidrolik direnç olarak adlandırılan bu kuvvet akış karakteristiklerini etkileyen önemli bir değişkendir (Michael ve Pandya, 1971).

2.3 Yüzey Sulamada Su İlerlemesi ve İnfiltrasyon İlişkileri

Yüzey sulama probleminin analizinde suyun toprak yüzeyinde ilerlemesi sırasında, infiltrasyon yoluyla yüzey altındaki nem dağılım profilinin bir parabolle

uygunluk gösterdiği ve infiltre olan toplam su hacminin bu parabolik yüzeyin kapladığı alana eşit olduğu kabul edilmektedir (Christiansen ve arkadaşları, 1966; Clemmens ve Derrick, 1981).

Eşitlik 2 birim genişlik için yazılarak Y_a 'ya göre düzenlenip, Eşitlik 3'e eşitlendiğinde

$$\frac{q t}{x} - D_s = \frac{F k t^a}{a + 1} \quad (7)$$

eşitliği elde edilir. Bu eşitliğin sol tarafındaki değerler tarla ölçümleri ile belirlenerek sağ tarafındaki infiltrasyon parametreleri k ve a hesaplanabilir (Christiansen ve arkadaşları, 1966).

3. MATERYAL VE YÖNTEM

3.1 Materyal

Araştırma, enlemi $39^\circ 56'$, boylamı $41^\circ 16'$ ve denizden yüksekliği 1800 m civarında olan Erzurum ovası içinde yer alan Atatürk Üniversitesi Ziraat İşletmesi arazisinde yapılmıştır. Yörede yıllık ortalama yağış 460,5 mm, yıllık ortalama buharlaşma ise 1059 mm'dir. Araştırmanın yürütüldüğü alandaki topraklar genç alüvyon karakterli olup "Kân serisi" olarak adlandırılmaktadır. Deneme tarlasının toprağı tın, killi tın tekstürlü olup hacim ağırlığı 1,36 - 1,38 gr/cm³ ve toplam prozitetleri % 46-48 civarındadır. Yarıyışlı su tutma kapasitesi, 1,9 cm su/10 cm toprak olarak bulunmuştur.

3.2 Yöntem

Deneme alanında 120 m uzunluğunda, 10 m genişliğinde ve A, B, C diye adlandırılan üç deneme parseli hazırlanarak, bunlar uzunlukları boyunca eğimleri sırasıyla % 0,5, % 1,0, % 1,5 olacak şekilde tesviye edilmiştir. Parseller uzunlukları boyunca 5'er m genişliğinde iki kısma ayrılmış, birer tarafları yanlarına seddeler yapılarak tava şekline getirilmiş diğer taraflarında ise 0,75 m aralıklarla üçer karık açılmıştır. Tavalara yöresel bir çeşit olan yazlık Kırık buğday (*T. aestivum* v. *delfii*) ekilmiş, karıklara ise karık sırtlarına olmak üzere patates dikilmiştir. Tava larda ve karıklarda su akışıyla ilgili hidrolik ölçümlerde kullanılmak üzere tava seddeleri üzerine 10'ar m aralıklarla işaret kazıkları çakılmıştır.

Farklı debi ve eğimlerde tava ve karıklarda suyun akış, infiltrasyon ve ilerleme karakteristiklerini belirlemek amacıyla tavalarda ilki buğdayın kamışa kalkma döneminde olmak üzere dört sulama yapılmıştır. Bu sulamalarda birim tava genişliği için erozyon oluşturmayacak ölçüde seçilen 2,0, 2,5, 3,0 ve 3,5 lt/sn'lik debiler sırasıyla 150, 120, 100 ve 86 dakika sürelerle uygulanmıştır.

Karıklarda A karığına 0,75, 1,0 1,25 lt/sn'lik debiler 200. 150. 120 dakika; B

karığına 0,40, 0,50, 0,60 lt/sn'lik debiler 225, 180, 150 dakika; C karığına 0,30, 0,40, 0,50 lt/sn' lik debiler 200, 150, 120 dakikalık sürelerle uygulanmak suretiyle üçer sulama yapılmıştır.

Her debi uygulamasında su ilerleme hızı, akış derinliği, akış hızı ve yüzey akış kaybı ölçümleri yapılmıştır. Su ilerleme hızının belirlenmesi için suyun her bir işaretleme kazığına ulaşma sürelerinden yararlanarak "en küçük kareler yöntemi" ile $x = At^b$ şeklindeki ilerleme eşitliğinin A ve b parametreleri bulunmuştur. Su akış hızı boya maddesi (siyah mürekkep) kullanılarak ölçülmüştür. Akış derinliğinin parsel boyunca zamana göre değişimini belirlemek amacıyla akış uzunluğu boyunca her 20 m'de bir yerleştirilen bir düzenek yardımıyla su derinliği ölçümleri yapılmıştır.

Parsel başlarında yapılan akış hızı ve su derinliği ölçümlerinden yararlanarak Manning pürüzlülük katsayıları hesaplanmıştır.

Parsellerin infiltrasyon özellikleri sulama öncesinde çift silindir ve karık infiltratometre ile, sulama sırasında tek silindir infiltratometre ve su ilerleme verilerine göre hacim-denge yöntemleriyle ayrı ayrı belirlenmiştir. İnfiltrasyon ölçümlerinin değerlendirilmesinde $Y = k t^a$ şeklindeki Kostiaikov eşitliği kullanılmıştır.

Hidrolik faktörlerin topraktaki nem dağılımına ve su uygulama randımanına etkilerini belirlemek amacıyla her sulamadan sonra parsel boyunca, 30, 60, 90 ve 120 m'lerde 0-15, 15-30, 30-45, 45-60 ve 60-90 cm derinliklerden toprak örnekleri alınarak topraktaki nem miktarları saptanmıştır.

4. ARAŞTIRMA SONUÇLARI. TARTIŞMA VE ÖNERİLER

4.1 İnfiltrasyon Eşitlikleri

Sulama öncesi ve sulama sırasındaki infiltratometre ölçümlerinden ve su ilerleme verilerinden hacim-denge yöntemine göre elde edilen $Y = k t^a$ şeklindeki infiltrasyon eşitliklerinin ortalamaları Çizelge 4.1'de, tava ve karıklarda farklı su debilerinde su ilerleme verilerinden elde edilen infiltrasyon eşitlikleri de Çizelge 4.2 ve 4.3'te verilmiştir. Bu eşitliklerde toplam infiltrasyonun birimi tavalarda için m, karıklar için m³/m'dir.

Tavalarda ve karıklarda sulamadan önce ve sulama sırasında yapılan infiltratometre denemelerinden bulunan infiltrasyon eşitliklerindeki 'a' ve 'k' parametreleri arasında farklılık olmasına rağmen iki yöntem arasında sonuç bakımından önemli bir fark görülmemiştir. Ancak hangi koşullarda yapılsa yapılsın infiltratometre denemeleri gerçek infiltrasyonu belirlemede yetersiz kalmaktadır. Buna karşılık hacim-denge yöntemi tarla verilerine çok iyi uygunluk göstermektedir. Bu yöntemle bulunan infiltrasyon eşitliklerinden hesaplanan toplam infiltratometre olan su miktarları ile toprakta nem ölçümleriyle bulunan su miktarları birbirine oldukça yakın bulunmuştur. Bu sonuca dayanarak araştırma sonuçlarının değerlendirilmesi hacim-denge yöntemine göre yapılmıştır.

Çizelge 4.1 Tava ve karıklarda infiltrometre ölçümlerinden ve su ilerleme verilerinden elde edilen ortalama infiltrasyon eşitlikleri

Uygulanan yöntem	Parseller		
	A	B	C
Sulama öncesi çift silindir infiltrometre	$Y = 0,00372 t^{0,715}$	$Y = 0,00458 t^{0,719}$	$Y = 0,00340 t^{0,661}$
Sulama anında tek silindir infiltrometre	$Y = 0,00524 t^{0,656}$	$Y = 0,00551 t^{0,644}$	$Y = 0,00545 t^{0,636}$
Tavalarda su ilerlemesi	$Y = 0,00521 t^{0,540}$	$Y = 0,00567 t^{0,474}$	$Y = 0,00745 t^{0,410}$
Sulama öncesi karık infiltrometre	$Y = 0,00115 t^{0,688}$	$Y = 0,000948 t^{0,765}$	$Y = 0,000924 t^{0,767}$
Sulama anında karıklarda tek silindir tin-filtrometre	$Y = 0,00125 t^{0,691}$	$Y = 0,00132 t^{0,723}$	$Y = 0,0122 t^{0,704}$
Karıklarda su ilerlemesi	$Y = 0,00541 t^{0,457}$	$Y = 0,00384 t^{0,491}$	$Y = 0,00327 t^{0,454}$

Çizelge 4.2 Tavalarda su ilerleme verilerinden hacim-denge yöntemine göre bulunan infiltrasyon ve ilerleme eşitliklerindeki parametreler.

Parsel	Sulama debisi q,lt/sn	$Y = k t^a$		$x = A t^b$	
		k	a	A	b
A S= 0.005	2.0	0.00363	0.598	5.98	0.634
	2.5	0.00420	0.580	6.28	0.647
	3.0	0.00532	0.532	6.04	0.693
	3.5	0.00771	0.449	6.01	0.730
B S=0.01	2.0	0.00403	0.536	6.20	0.688
	2.5	0.00484	0.511	6.33	0.697
	3.0	0.00620	0.453	6.36	0.728
	3.5	0.00760	0.398	6.57	0.758
C S=0.015	2.0	0.00536	0.478	6.16	0.690
	2.5	0.00675	0.434	6.20	0.712
	3.0	0.00782	0.390	6.36	0.752
	3.5	0.00988	0.340	6.73	0.773

Çizelge 4.3 Karıklarda su ilerleme verilerinden hacim-denge yöntemine göre bulunan infiltrasyon ve ilerleme eşitliklerindeki parametreler.

Parsel	Sulama debisi q, lt/sn	Y = k t ^a		x = A t ^b	
		k	a	A	b
A	0.75	0.00444	0.493	6.974	0.582
	1.00	0.00534	0.455	7.284	0.623
	1.25	0.00645	0.422	7.277	0.648
B	0.40	0.00321	0.565	6.912	0.505
	0.50	0.00377	0.492	7.047	0.584
	0.60	0.00456	0.418	7.148	0.647
C	0.30	0.00303	0.484	6.476	0.554
	0.40	0.00327	0.449	6.650	0.607
	0.50	0.00370	0.428	7.470	0.636

4.2 İnfiltrasyon ve Su İlerleme Eşitliklerindeki Parametrelerin Debi ve Eğimle İlişkileri

Tavalarda ve karıklarda farklı su debilerinde, hacim-denge yöntemine göre bulunan $Y = k t^a$ şeklindeki toplam infiltrasyon eşitliklerinde (Çizelge 4.2, 4.3) "k" parametresi hem debi hem de eğimle doğru orantılı olarak artmakta; "a" parametresi ise debi ile ters, eğimle doğru orantılı olarak değişmektedir. Eşilikteki "k" parametresi başlangıçta toprağa giren su yüksekliğini göstermektedir. "k" parametresinin büyük oluşu yüzeyde akan suyunu derinliği ile ilgilidir. "a" parametresi ise toprağa giren toplam su derinliğinin zamana göre değişiminin bir ölçüsüdür. Ancak, bu iki parametre aynı zamanda birbirleriyle de yakından ilgilidir; aynı toprak şartlarında su yüküne bağlı olarak "k" parametresi artarken, "a" parametresi tersine küçülmektedir.

$x = A t^b$ şeklindeki su ilerleme eşitliğindeki "A" parametresi debi ve eğimle önemli derecede değişmemektedir; bu parametrenin aldığı değerler tavalarda 5,98-6,73, karıklarda ise tavalardakinden biraz daha büyük olarak 6,476-7,277 arasında bulunmuştur. "b" parametresi ise debi ve eğimle doğru orantılı olarak artmaktadır (Çizelge 4.2, 4.3). Aynı eğimde su debisinin artırılması veya belirli bir debi için eğimin artırılmasına paralel olarak su akış hızı da artmakta ve bu durum ilerleme eşitliğindeki "b" parametresinin büyük oluşu ile karakterize edilmektedir (Çizelge 4.5, 4.6).

Suyun yüzeyde ilerleme hızının infiltrasyon hızını etkilediği gözlenmiştir. Bu durum ilerleme eşitliğindeki üs "b" ile toplam infiltrasyon eşitliğindeki üs "a" arasındaki ters ilişki ile yansıtılmaktadır. Bu ilişki tavlarda $b = (a-0,85)/(a-1)$, karıklarda ise $b = (a-0,80)/(a-1)$ şeklinde bulunmuştur.

4.3 YüzeY Suyu Profili ve YüzeYaltı Nem Dağılım Profiline Analizi.

Tavalarda ve karıklarda gerek parsel başında, gerekse suyun ilerlemesi esnasında parsel boyunca yapılan akış derinliği ölçümleri, yüzeYde ilerleyen su tabakasının yüzeYinin az çok bir parabole benzediğini göstermiştir. Yapılan analitik çözümlerde bu parabol eşitliği $D = D_0 (1-x/L)^{1/2}$ şeklinde bulunmuştur. Eşitlikte D_0 sembolü ile gösterilen parsel başındaki su derinliği başlangıçta az da ola bir miktar artmakta, fakat kısa bir süre sonra sabit bir değer almaktadır. YüzeYdeki ortalama su derinliğini hesaplamak için yukarıda verilen parabol eşitliği x 'in 0 ile L değerleri arasında integre edilerek parsel uzunluğuna (L) bölünmüş ve $D_a = 0,667 D_0$ bağıntısı bulunmuştur. Burada 0,667 sabitesi şekil faktörü olarak adlandırılmaktadır.

Parsele verilen suyun bir kısmı yüzeYde eğim doğrultusunda ilerlerken bir kısmı da infiltrasyon yoluyla toprağa girmekte ve herhangi bir noktadaki infiltrasyon derinliği suyun toprakla temas süresine bağılı olarak değişim göstermektedir. Pek çok araştırmacı tarafından kabul edilen bir görüşe göre; yüzeY altındaki nem dağılımı da akış uzunluğu boyunca parabolik bir yüzeY oluşturmaktadır. Araştırmada bulunan infiltrasyon ve ilerleme parametreleri kullanılarak ve nem ölçümlerinin sonuçları da dikkate alınarak yapılan analiz sonucunda, yüzeY altında nem dağılım profiline $Y = Y_0 (1-x/L)^{1/3}$ eşitliği ile tanımlanabilecek bir parabole uygunluk gösterdiği tesbit edilmiştir. Ortalama infiltrasyon derinliğinin bulunmasına yarayan şekil faktörü, yüzedekine benzer bir analizle, 0,75 olarak bulunmuştur. Parsel başındaki infiltrasyon derinliği (Y_0) bu faktörle çarpılarak ortalama infiltre olan su derinliği bulunabilir.

4.4 Debi ve Su Uygulama Süresinin Topraktaki Nem Dağılımına Etkisi

Aynı eğimde debi artırıldıkça su parsel sonuna daha kısa sürede ulaşmakta ve bunun sonucu olarak verilen suyun daha büyük bir kısmı yüzeY akışla uzaklaşmaktadır. Bu ilişki belli bir debi için eğimin artması durumunda da gözlenmektedir. Dolayısıyla debi ve eğimdeki artışlar toprakta depolanan su miktarının azalmasına yol açmaktadır (Çizelge 4.4).

Üç farklı eğimde dört değişik debinin tarlaya aynı miktarda su verilecek şekilde, değişik sürelerle uygulanması suretiyle yapılan sulamalarda, en yüksek su uygulama randımanı en az eğimli parselde, en küçük debide elde edilmiştir (Çizelge 4.4). Bu durum belirli uzunluktaki bir parselde maksimum su uygulama randımanı elde etmek için büyük debideki suyun kısa süre uygulanması yerine küçük debideki suyu uzun süre uygulamanın daha uygun olacağı kanısını vermektedir. Eğimin artması halinde de belirli bir debi için randıman düşmektedir, bu nedenle yüzeY sulama sistemlerinde zorunlu olmadıkça araziye fazla eğim vermekten kaçınılmaktadır.

Karıklarda elde edilen su uygulama randımanları tavalardakine göre biraz daha yüksek olmakla beraber, tavalarda debi ve eğimle randıman arasındaki ilişki karıklar için de söylenebilir.

Çizelge 4.4 Tavalarda toprakta depolanan ve yüzey akışla uzaklaşan su miktarına debi ve eğimin etkisi

Parsel	Su debisi, lt/sn	Verilen su miktarı m ³	Toprakta depolanan su mik. m ³	Yüzey akış mik. m ³	Su uygulama randımanı %
A S=0.005	2.0	18.0	7.97	7.95	44
	2.5	18.0	8.07	8.76	45
	3.0	18.0	6.36	10.67	35
	3.5	18.0	6.02	10.82	33
B S=0.01	2.0	18.0	7.21	9.25	40
	2.5	18.0	6.92	9.93	38
	3.0	18.0	6.31	10.88	35
	3.5	18.0	5.43	11.25	30
C S=0.015	2.0	18.0	6.51	10.12	36
	2.5	18.0	6.23	10.66	35
	3.0	18.0	6.03	11.26	33
	3.5	18.0	5.05	12.48	28

4.5 Manning Pürüzlülük Katsayısının Debi ve Eğimle Değişimi

Buğday tavalarında Manning katsayısı (n)'nin değeri debi ve eğime bağlı olarak 0,1310-0,1654 arasında (Çizelge 4.5); karıklarda ise 0,0496-0,0552 arasında (Çizelge 4.6) bulunmuştur. Hem tavalarda hem de karıklarda "n" değeri ile debi ve eğim arasında doğrusal fakat ters bir ilişkinin varlığı dikkati çekmektedir. Bununla birlikte buğday tavalarında bu değerlerin ortalama 0,15, karıklarda ise ortalama 0,050 olarak kullanılması önerilebilir. Buğdayın gelişme devrelerinin Manning katsayısı üzerinde pek etkili olmadığı söylenebilir.

Çizelge 4.5 Tavalarda farklı su debilerinde su akış hızları ve Manning pürüzlülük katsayıları.

Parsel	Sulama debisi, q lt/sn	Su akış hızı, V, m/sn	Tava başındaki su derinliği, D ₀ ,m	Manning katsayısı n
A S=0.005	2.0	0.050	0.040	0.1654
	2.5	0.056	0.045	0.1610
	3.0	0.061	0.049	0.1546
	3.5	0.066	0.053	0.1512
B S=0.01	2.0	0.0625	0.032	0.1613
	2.5	0.070	0.036	0.1570
	3.0	0.077	0.039	0.1495
	3.5	0.083	0.042	0.1450
C S=0.015	2.0	0.070	0.028	0.1581
	2.5	0.083	0.030	0.1419
	3.0	0.090	0.033	0.1386
	3.5	0.100	0.035	0.1310

Çizelge 4.6 Karıklarda farklı su debilerinde su akış hızı ve Maning pürüzlülük kat sayıları.

Parsel	Sulama debisi, q lt/sn	Su akış hızı, V, m/sn	Karık başın- da su derin- liği, D _o , m	Manning katsayısı, n
A S=0.005	0.75	0.11	0 039	0 0552
	1.00	0.12	0 045	0 0548
	1.25	0 13	0 050	0 0534
B S=0.01	0.40	0.12	0 025	0 0533
	0.50	0.13	0 027	0 0511
	0.60	0.14	0 029	0 0503
C S=0 015	0.30	0.13	0 019	0 0515
	0.40	0.14	0 022	0 0508
	0 50	0.15	0 024	0 0496

SUMMARY

"Studying the Hydraulic Variables of Surface Irrigation in Borders and Furrows under Field Conditions"

The success in design and operation of surface irrigation systems depends on appropriate evaluation of variables related to irrigation hydraulics and application of optimum combinations of these variables. Most important factors affecting the design of irrigation systems are inflow rate, flow velocity, length of run, water application time, flow depth, infiltration rate, bottom slope of field and surface roughness.

The purpose of this research is to determine the interrelations and variations of the hydraulic variables under actual field conditions and to study the effects of these factors on the irrigation efficiencies.

Parameter A in advance equation $x = A t^b$ has not been significantly changed with inflow rate and slope, parameter b has been linearly increased with inflow rate and slope.

Parameter a in the cumulative infiltration equation, $Y = kt^a$ obtained from advance data decreased as the slope increased and increased with increasing entrance stream size. Parameter k increased with increasing both inflow rate and slope.

It has been observed that the advance rate of water on the soil surface affected the infiltration rate. This case was reflected by inverse relationships between parameters a and b, found as $b = (a-0,85)/(a-1)$ in borders and $b = (a-0,80)/(a-1)$ in furrows.
