

Karık Sulama Yönteminde *Polyacrylamide* (PAM) ve Sıkıştırılmış Karık Uygulamalarının Farklı Akış Koşullarında Sediment Taşınımına Etkisi*

Ramazan MERAL** Mehmet APAN***

ÖZET

Karık sulama yönteminde, farklı karık ve akış tiplerinin karıklarda oluşan sediment taşınımına etkisinin belirlenmesi amaçlanan bu çalışma Amasya ili sınırları içerisinde yapılmıştır. Çalışmada normal, sıkıştırılmış ve polyacrylamide (PAM) uygulanmış karık tipleri ile sabit debili, değişken debili ve fasıllı akış tipleri uygulanmıştır. PAM uygulamaları birinci sulamada %77.7-87.7, ikinci sulamada %35.6-58.0 arasında sediment taşınımını azaltmıştır. Sıkıştırılmış karık uygulamasının sediment taşınımına belirgin bir etkisi görülmemiştir. Sonuç olarak; birinci sulamalarda, sediment taşınımı azaltma açısından en iyi uygulamalar sırasıyla; PAM uygulanmış karıklarda değişken debili uygulama, PAM uygulanmış karıklarda fasıllı sulama uygulaması ve diğer tüm karık tiplerindeki değişken debili uygulamalar olarak belirlenmiştir. İkinci sulamalarda ise; PAM uygulamalarının etkisi devam etmiştir ancak genel olarak tüm karık tiplerinde değişken debili sulamalar en iyi grubu oluşturmuştur. Sıkıştırılmış karık uygulaması ise sıkıştırma ağırlığı ve sıkıştırma anındaki nem içeriğinin dikkate alınması yanısıra yüzey akış kayıplarını azaltacak önlemlerin alınmasıyla etkinliğinin artırılabilceği belirtilmiştir.

Anahtar Sözcükler: Karık sulama, *Polyacrylamide*, Sıkıştırılmış karık, Değişken debili sulama, Fasıllı sulama.

* Bu çalışma doktora çalışmasının bir bölümünün özetidir.

** Kahramanmaraş Üniv. Ziraat Fakültesi Tarımsal Yapılar ve Sulama Bölümü, Kahramanmaraş.

*** 19 Mayıs Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarımsal Yapılar ve Sulama Bölümü, Samsun.

ABSTRACT

A Research to Determine The Effect *Polyacrylamide* and Firming Furrow Applications on Sediment Transportation Under Different Flow Conditions of The Furrow Irrigation

This study aimed effect of different furrow types and flow types applications on sediment transportation was applied in Amasya. Furrow types are normal furrows, firming furrows, furrows with PAM treatment; flow types are continuous, cutback and surge flow were applied. PAM treatment reduced sediment transport by 77.7-87.7% during first irrigation and by 35.6-58.0% during the second irrigation. However the effect of the firming furrow on the sediment transport was not consistent. The best applications for the sediment transport were cutback flow in furrows with PAM treatment, surge flow in furrows with PAM treatment and cutback flow in the other furrows types, respectively at the first irrigation. PAM treatment's effect continued at second irrigation but cutback flow application in all furrow types generally was better than in those other application. In addition, the effectiveness of the firming furrow treatment can be improved by considering firming weight, soil moisture, and precautions for runoff losses.

Key Words: *Furrow irrigation, polyacrylamide, firming furrow, cutback furrow irrigation, Surge irrigation.*

GİRİŞ

Sulama uygulamaları ile oluşan sediment taşınımını kontrol etmek amacıyla, sediment taşınımının oluşumunu önlemek veya taşınan materyali arazide tutmak için farklı önlemler alınabilir. Bunlar arasında; kontrollü toprak işleme, sediment tutma havuzları, vejetatif filtreler, toprak yüzeyine bitki artıkları serilmesi ve yapay organik toprak düzenleyicilerin kullanılması sayılabilir. Bu önlemler içerisinde, sulamadan dönen yüzey akışlarının ve taşınan sediment konsantrasyonunun azaltılması çalışmaları öncelik taşımaktadır (Carter ve ark., 1993).

Karık sulama yönteminin planlanmasında önemli kriterlerden biri de erozyona neden olmayacak akış koşullarının sağlanmasıdır. Uygun olmayan eğim ve debide yapılan sulamalar sonucu toprak su erozyonu ile taşınarak zamanla verimsizleşmeye başlamaktadır. Aynı zamanda taşınan topraklar ulaştığı akarsularda sediment kirliliğine neden olmaktadır. Bu sakıncaların ortadan kaldırılması için öncelikle koşullara uygun planlamanın yapılmasının yanısıra, toprağın erozyona karşı direncinin artırılması da büyük önem taşımaktadır (Ertuğrul ve Apan, 1979; Özdemir, 1997).

Toprakların erozyona karşı dirençleri bakımından büyük önem taşıyan agregat stabiliteilerinin sağlanması için doğal ve yapay bir çok madde kullanılmaktadır. Son zamanlarda bu konuda yapılan çalışmalar yoğunluk kazanmaktadır. Bu konuda çalışan araştırmacılar suda çözünebilir veya emilsiyon halinde olan yapay polimerlerin çok küçük miktarlarının toprağa uygulanması ile işlenen toprakların zayıf strüktürlerinin ıslah edildiğini ve agregatlaşmanın arttığını, böylelikle su hareketinin ve havalanmanın önemli ölçüde arttığını belirtmişlerdir (Brady ve Weil, 1999).

Erozyon kontrolü amacıyla sulamada kullanılan Polyacrylamid (PAM), infiltrasyonu artırmakta ve toprak erozyonunu azaltmaktadır. Bu durum, karıktan çıkan suyun kalitesini artırmakta, dolayısıyla suyla taşınan nitrojen, fosfor, pestisit konsantrasyonunu düşürmektedir. PAM, suda kille rin taşınmasını engellediği gibi suda mikroorganizmaların taşınmasına da engel olmaktadır. Sojka ve Entry (2000) tarafından yapılan çalışmada, karık boyunca iki ayrı noktadan su örneği alınmış; PAM uygulamasının her iki noktada da kontrol uygulamalarına göre toplam bakteriyel ve mikrobiyal taşınımını azalttığı gözlenmiştir. Zhang ve Miller (1996) karıklarda Polyacrylamid (PAM) uygulamasının infiltrasyon ve erozyona etkisini incelemişlerdir. Çalışmada 15 ve 30 kg/ha PAM uygulamasının benzer sonuçlar verdiğini ve infiltrasyonun yaklaşık %50 arttığını, sediment taşınımının ise %79 oranında azaldığı sonucuna varmışlardır. Lentz ve Sojka (1994) yaptıkları çalışmada, 10 g/m³ konsantrasyondaki polyacrylamidin karık sulama yönteminde ilerleme fazı boyunca uygulamasının sediment taşınımını %94 oranında azalttığını belirtmişlerdir.

Yapılan çalışmalar toprak yüzeyinin sıkışmış olmasının toprağın erozyona karşı direncini artırdığını göstermiştir. West ve ark. (1992) yapmış oldukları çalışmada geleneksel işlenmiş topraklarda, toprağın bastırılmış (sıkışmış) olma koşulunda, yeni işlenmiş ve bastırılmamış toprak koşullara göre erozyona duyarlılık (K) değerinin %80, kritik hidrolik kesme direncinin de %40 daha düşük olduğunu belirtilmiştir. En düşük erozyona duyarlılık ise işlenmemiş topraklarda elde edilmiştir. Mostaghimi ve ark. (1988) işlenmiş ve işlenmemiş topraklarda yüzey akışı, sediment ve fosfor taşınımını incelemişlerdir. İşlenmemiş topraklarda işlenmiş topraklara oranla yüzey akışta %87, sediment taşınımında ise %97 oranında azalma görülmüştür.

Hill (1993) toprak işleme ve tekerlekle toprak sıkışmasının yüzey akış ve sediment taşınımına etkisini incelemiştir. Çalışmada işlenmiş ve tekerlekle sıkıştırılmış olan topraklarda yüzey akış ve sediment taşınımında önemli bir azalma olmadığını belirtmişlerdir. Ancak bunun farklı uzunluk ve eğimlerde etkili olabileceği belirtilmiştir. İşlenmemiş topraklarda yüzey akış ve sediment taşınımı, işlenmiş topraklara oranla önemli düzeyde azaldığı gözlenmiştir. Helming ve ark. (1998) toprak yüzeyi 75 kg ağırlıkla

sıkıştırılmasının yüzey pürüzlülüğü azalttığını ve buna bağlı olarak sediment taşınımını da azalttığını belirtmişlerdir.

Bu çalışmada, karık sulama yönteminde sediment taşınımını azaltmak amacıyla uygulanabilecek sıkıştırılmış karık ve PAM uygulamalarının kendi aralarında ve geleneksel karık uygulamasına göre üstünlükleri ve bu uygulamaların farklı akış koşullarında etkinliklerinin artırılması olanakları araştırılmıştır.

MATERYAL ve YÖNTEM

Çalışma, Amasya il sınırları içerisinde 2001 yılında yapılmıştır. Çalışmaların yapıldığı Suluova Ovası 35° 23' ve 35° 47' doğu boylamı ile 40° 43' ve 40° 52' kuzey enlemleri arasında bulunmaktadır. Denemede kullanılan karıklar 0.70 m genişlik ve 70 m uzunlukta olup karık eğimi %1.5 olarak belirlenmiştir. Deneme alanı topraklarının yapılan analizler sonucu belirlenen bazı özellikleri Çizelge I'de verilmiştir.

Çizelge I.
Deneme Alanı Topraklarının Bazı Özellikleri

Derinlik cm	Tane irilik dağılımı(%)			Bünye Sınıfı	Tarla kap. Pw (%)	Solma nok. Pw (%)	Hacim ağır. g/cm ³	pH	EC mmhos/cm (saturasyon)
	Kum	Silt	Kil						
0-30	39.84	22.16	38.00	Killi tın	30.60	21.71	1.41	7.5	3.42
30-60	45.05	16.95	38.00	Kumlu kil	28.06	21.44	1.50	7.8	3.60
60-90	38.79	19.05	42.16	Kil	24.23	18.68	1.52	7.9	3.52

Denemede 3x3 bölünmüş parseller faktöriyel deneme deseni kullanılmıştır (Gomez ve Gomez, 1984). Konular öncelikle normal (tanık) karıklar (N), yüzeyi sıkıştırılmış karıklar (S) ve ilerleme aşamasında PAM uygulanacak karıklar (P) olmak üzere 3 ana gruba ayrılmış ve her birine sabit debili (s), değişken debili (d) ve fasıllı sulamalar (f) uygulanmıştır. Sulama uygulamaları üçer tekerrürlü yapılmıştır

Uygulanacak debilerin parsellere verilmesi amacıyla sabit su yüklü vanalardan oluşan su uygulama düzeneği oluşturulmuştur. Sulamalarda 0.6 L/s debi uygulanmıştır. Değişken debili sulamalarda su karık sonuna ulaştıktan sonra debi yarıya düşürülmüştür. Fasıllı sulamalarda ilerleme aşamasında 30 dakika döngü süresi ve 1/2 döngü oranı kullanılmış; ilerleme sonrası ise 10 dakika döngü süresi ve yine 1/2 döngü oranı kullanılmıştır.

Sıkıştırılmış karık uygulamalarında, Fornstrom ve ark. (1985)'de verilen boyutlar dikkate alınarak karık şekline uygun olarak hazırlanan 95 kg ağırlıkta sıkıştırma tekerliği kullanılmıştır ve karıkların açılmasının ar-

dından karık yüzeyi sıkıştırılmıştır. Çalışmada yük yoğunluğu; % 20, molokül ağırlığı; 14-18 milyon mg/mole olan suda çözülebilen toz halindeki PAM kullanılmıştır. PAM uygulamaları birinci sulamalarda, 10 gr/m³ (10ppm) konsantrasyonda ve sadece ilerleme aşamasında sulama suyuna karıştırılarak yapılmıştır.

Yüzey akış kayıplarının ölçülmesi amacıyla karık sonuna savak derinliği 15.24 cm olan H savakları yerleştirilmiş ve serbest akış koşullarında okumalar yapılmıştır. Savaklarda ölçüm işlemine su önünün karık sonuna ulaşmasından sonra, 15 dakika aralıklarla okumalara başlanmış ve sulama sonlarına doğru 30 dakika ara ile okuma yapılmıştır. Zaman zaman volümetrik ölçümlerle yüzey akış değerleri kontrol edilmiştir.

Karıklardan taşınan sediment miktarını belirlemek amacıyla savaklardan çıkan sudan 15 dakika aralıklarla 0.5 litrelik su örnekleri alınmıştır. Alınan su örneklerindeki sedimentin dibe çökmesi beklenilmiş ve üzerindeki temiz su çalkalanmadan alınmıştır. Sediment ağırlıklarının bulunmasında buharlaştırma yöntemi kullanılmıştır. Bu yöntemde, örnek şişelerinde çökelmiş olan sediment yıkanarak buharlaştırma kaplarına alınmış ve fırında kurutularak kuru ağırlıkları belirlenmiştir (Apan, 1982).

ARAŞTIRMA SONUÇLARI ve TARTIŞMA

Sulama uygulamalarında uygulanan su miktarı, toplam yüzey akış hacmi, karıktan çıkan sediment konsantrasyon değerleri, o andaki yüzey akış debisi değerleri kullanılarak belirlenen sediment miktarları Çizelge II'de verilmiştir.

Çizelge II'de görüldüğü gibi taşınan sediment miktarı değerleri 0.039 ile 1.921 gr/m²/dakika arasında değişmiştir. Zhang ve Miller (1996)'ın laboratuvar koşullarında 3.5 m uzunluktaki karıklara yağmurlama simülasyonu ile yapmış olduğu çalışmada; PAM uygulanan karıklarda sediment taşınımı 0.8-20.2 g/m²/dakika olurken, herhangi bir işlem uygulanmamış normal karıklarda 47.3-52.3 g/m²/dakika olarak gerçekleşmiştir. Önder (1994) yapmış olduğu karık sulama denemelerinde toplam sediment taşınımını 19.04-357.8 g/m olarak belirlenmiştir.

Sonuç olarak karık sulamada sediment taşınım değerleri gerek bu çalışmada gerekse literatürde görüldüğü gibi farklı sınırlar içerisinde gerçekleşmiştir. Sediment taşınımındaki bu değişim Öztürk (1989) da belirtildiği gibi bir karıktaki toprak parçacıklarının hareketine, karık debisi, eğim derecesi ve uzunluğu, karık yatağındaki toprak parçacıkların ortalama tane çapı, su yoğunluğu, yerçekimi ivmesi gibi bir çok etmenin etkili olmasından kaynaklanmaktadır. Sevinç (1993) ise sediment taşınımı üzerine toprak yapısı ve stabilitesi ile organik madde içeriğinin de önemli etkisinin olduğunu belirtmiştir.

Çizelge II.
Sulamalara ilişkin uygulanan su miktarı, yüzey akış ve taşınan sediment değerleri.

Sulama No	Uygulama	Uygulanan su miktarı (m ³)	Toplam yüzey akış hacmi (m ³)	Sediment konst. mg/L	Sediment Miktarı (g/m ² /dakika)
1	Ns	6.95	2.25	5.110	1.921
	Nd	4.36	0.54	2.118	0.174
	Nf	6.73	1.69	3.401	0.836
	Ss	6.14	2.39	4.139	1.639
	Sd	3.85	0.67	2.105	0.234
	Sf	6.55	1.93	2.720	0.908
	Ps	7.31	1.86	1.288	0.429
	Pd	4.75	0.52	0.363	0.039
	Pf	6.91	1.55	0.372	0.104
2	Ns	6.19	2.53	4.524	1.865
	Nd	3.67	0.61	2.249	0.225
	Nf	6.16	2.18	3.449	1.334
	Ss	6.08	2.54	4.004	1.676
	Sd	3.74	0.66	1.770	0.192
	Sf	6.19	2.29	3.016	1.150
	Ps	6.41	2.44	2.424	1.009
	Pd	3.71	0.69	1.260	0.146
	Pf	6.12	2.17	1.188	0.476
3	Ns	5.98	2.57	2.892	1.213
	Nd	3.56	0.71	1.449	0.163
	Nf	6.05	2.45	2.447	0.921
	Ss	6.05	2.53	2.249	0.917
	Sd	3.60	0.72	1.695	0.223
	Sf	6.05	2.53	2.148	0.849
	Ps	6.12	2.37	2.819	1.163
	Pd	3.67	0.69	1.254	0.148
	Pf	6.12	2.57	1.991	0.885

Birinci sulamalarda en az sediment taşınımı 0.039 gr/m²/dakika ile PAM uygulanan karıklarda değişken debili akış koşullarında elde edilmiştir. Genel olarak PAM uygulanan karıklardaki sulamalarda en az sediment taşınımı gerçekleşmiştir. En fazla sediment taşınımı ise birinci sulamalarda Ns ve Ss uygulamalarında sırayla 1.921 ve 1.639 g/m²/dakika olarak gerçekleşmiştir. İkinci sulamalarda PAM uygulanan karıklar hariç diğer uygulamalarda sediment taşınım değerlerinde düşüş izlenmiştir. En düşük sediment taşınımı Pd, Sd, Nd ve Pf uygulamalarında sırayla 0.146, 0.192, 0.225 ve 0.476 gr/m²/dakika olarak gerçekleşmiştir. En fazla sediment taşınımı yine Ns ve Ss uygulamalarında 1.865 ve 1.676 gr/m²/dakika olarak gerçekleşmiştir. Üçüncü sulamalarda ise uygulamalar arası fark azalmış ve belirgin olarak değişken debili uygulamalarda az, diğer uygulamalarda daha fazla sediment taşınımı gerçekleşmiştir.

Farklı karık tipi ve akış uygulamalarının sediment taşınımına etkisini incelemek amacıyla normal karıklar ve sabit debili uygulamalar baz alınarak karşılaştırma yapılmıştır. Değişken debili ve fasıllı sulama uygulamalarının sabit debili uygulamalara göre sediment taşınımını azaltma oranları belirlenmiş ve Çizelge III'te verilmiştir.

Çizelge III.
Farklı Akış Tipi Uygulamalarının Sabit Debili Uygulamalara Göre Sediment Taşınımını Azaltma Oranları (%)

Akış Tipi	Karık Tipi	Sulama no		
		1.sulama	2.sulama	3.sulama
Değişken	N	90.9	87.9	86.6
	S	85.8	88.5	75.7
	P	91.1	85.6	87.3
Fasıllı	N	56.5	39.2	24.0
	S	44.7	31.4	7.4
	P	75.9	52.8	23.8

Çizelge III'te görüldüğü gibi değişken debili akış uygulaması tüm karık tiplerinde %75.7-91.1 oranında sediment taşınımını azaltmıştır. Bu durum değişken debili uygulamalarda hem taşınan sediment konsantrasyonunun düşük olması hem de yüzey akış miktarının önemli düzeyde düşük olmasından kaynaklanmıştır. Fasıllı sulama uygulamaları ise birinci sulamada % 44.7-75.9 arasında sediment taşınımını azaltmıştır. İlerleyen sulamalarda bu etki azalarak devam etmiştir.

Miller ve ark. (1987) fasıllı sulamanın sürekli sulamaya göre sediment taşınımını artırdığını belirtmişlerdir. Ancak Önder (1994) çalışmasında fasıllı sulamanın yüzey akış miktarını azaltması ile sediment taşınımında da avantaj sağlandığını belirtmiştir. Goldhamer ve ark. (1987) fasıllı sulamada sürekli sulamaya göre sediment kaybının önemli derecede azaldığını belirtmişlerdir. Fasıllı sulamanın sediment taşınımına olan bu farklı etkileri; seçilen işletme programına bağlı olarak oluşan yüzey akış kayıplarındaki farklılıktan kaynaklandığı söylenebilir.

Belirlenen sediment taşınım miktarlarından yararlanılarak, farklı karık tipi uygulamalarının normal karıklara göre sediment taşınımını azaltma oranları belirlenmiş ve Çizelge IV'te verilmiştir.

Çizelge IV.
Farklı Karık Tipi Uygulamalarının Normal Karık Uygulamalarına
Göre Sediment Taşınımını Azaltma Oranları (%)

Karık Tipi	Akış Tipi	Sulama no		
		1.sulama	2.sulama	3.sulama
Sıkıştırılmış	s	14.7	10.1	24.3
	d	-33.9	14.7	-36.8
	f	-8.6	-1.4	7.8
PAM	s	77.7	46.0	4.1
	d	78.2	35.6	9.8
	f	87.7	58.0	3.9

(-) işareti sediment taşınımındaki artışı ifade etmektedir.

Çizelge IV'te sıkıştırılmış karık uygulamasının sediment taşınımını bazı uygulamalarda azalttığı, bazılarında ise artırdığı görülmektedir. Bu değişimde belirgin bir ilişki bulunamamıştır. Liebig ve ark. (1993), Nearing ve ark. (1988) ve West ve ark. (1992) sıkışma ile toprağın erozyona duyarlılık değerinin düştüğünü belirtmişlerdir. Ancak sıkıştırma işleminin; sıkıştırma ağırlığı ve sıkıştırma anındaki nem içeriğine bağlı olarak çok değişim göstermesi ve bu uygulamanın belirli oranda yüzey akışın artmasına neden olması sonucu bu çalışmada sediment taşınımına belirgin bir etkisi saptanamamıştır.

PAM uygulamaları ise özellikle birinci sulamada %77.7-87.7 arasında sediment taşınımını azaltmıştır. Bu etki ikinci sulamada %35.6-58.0 oranına düşmüş, üçüncü sulamada ise bu etki %3.9-9.8 oranına kadar düşmüştür. Benzer olarak Lentz vd (1992) sadece birinci sulamada PAM uygulamasının diğer sulamalarda etkisinin önemli ölçüde azalarak devam ettiğini belirtmişlerdir.

Taşınan sediment miktarı üzerine farklı karık tipi ve su uygulamalarının etkisinin önemli olup olmadığını belirlemek amacıyla Duncan çoklu t testi ayrı ayrı yapılmış ve sonuçlar Çizelge V ve Çizelge VI'de verilmiştir.

Çizelge V'te görüldüğü gibi uygulamaların genelinde, değişken debili ve fasıllı sulama uygulamaları sabit debili uygulamalara göre sediment taşınımı açısından farklı bulunmuştur. Birinci sulamada PAM uygulanan karıklarda değişken debili ve fasıllı sulamalar aynı grubu oluşturmuştur. Bunun dışında genel olarak değişken debili sulama uygulamaları en iyi grubu oluşturmuştur

Çizelge V.
Akış Tipi Bazında, Ortalama Sediment Taşınım Değerleri
(g/m²/dakika) Arasında Yapılan Duncan Çoklu t Testi Sonuçları

Sulama No	Karık Tipi	Akış Tipi		
		Sabit	Değişken	Fasılalı
1	N	1.921c**	0.174a	0.836b
	S	1.639c	0.234a	0.908b
	P	0.429b	0.039a	0.104a
	ORTALAMA	1.329c**	0.149a	0.615b
2	N	1.865c**	0.225a	1.334b
	S	1.676c	0.192a	1.150b
	P	1.009c	0.146a	0.476b
	ORTALAMA	1.516c**	0.188a	0.920b
3	N	1.213c*	0.163a	0.921b
	S	0.917b	0.223a	0.849b
	P	1.163c	0.148a	0.885b
	ORTALAMA	1.097c**	0.177a	0.885b

*: P<0.05, **: P<0.01, ns: önemsiz, (Her satır kendi arasında karşılaştırılmıştır)

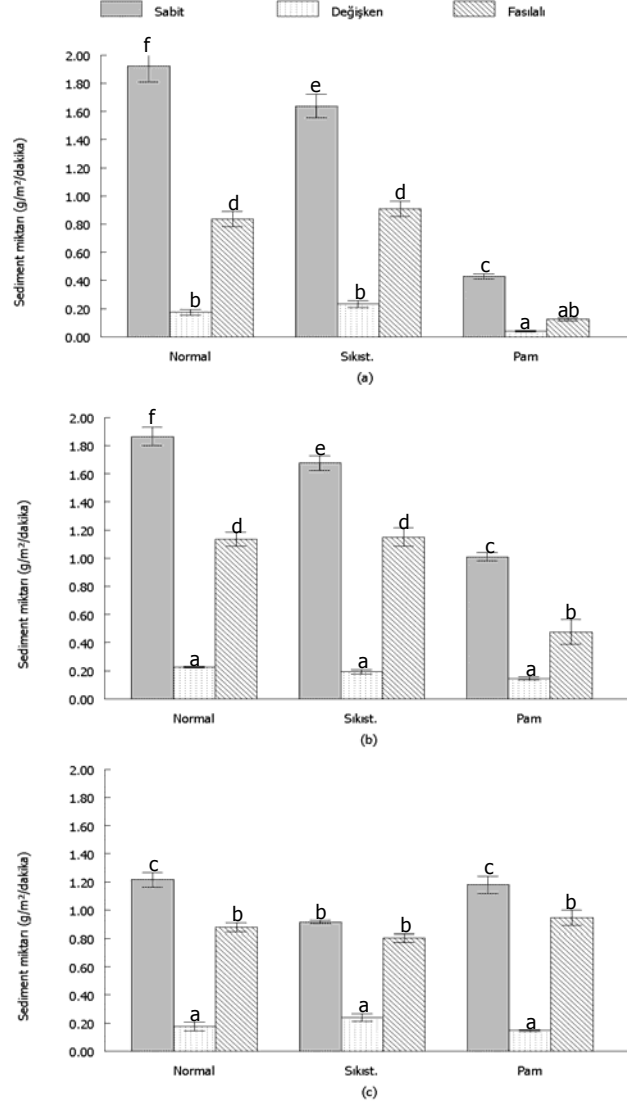
Çizelge VI.
Karık Tipi Bazında, Ortalama Sediment Taşınım Değerleri
(g/m²/dakika) Arasında Yapılan Duncan Çoklu t Testi Sonuçları

Sulama No	Akış Tipi	Karık Tipi		
		Normal	Sıkıştırılmış	PAM
1	s	1.921c**	1.639b	0.429a
	d	0.174ab	0.234b	0.039a
	f	0.935b	0.908b	0.104a
	ORTALAMA	0.977b**	0.926b	0.190a
2	s	1.865b**	1.676b	1.009a
	d	0.225a	0.192a	0.146a
	f	1.333b	1.150b	0.476a
	ORTALAMA	1.141b**	1.006b	0.443a
3	s	1.213b*	0.917a	1.163b
	d	0.163a	0.223a	0.148a
	f	0.921a	0.849a	0.885a
	ORTALAMA	0.765 ns	0.663	0.731

*: P<0.05, **: P<0.01, ns: önemsiz, (Her satır kendi arasında karşılaştırılmıştır)

Farklı karık tipleri açısından; PAM uygulanmış karıklar diğer karık tipi uygulamalarına göre, birinci sulamada tüm akış koşullarında, ikinci sulamada sabit debili ve fasılalı sulama koşullarında farklı bulunmuştur. Üçüncü sulamalarda ise tüm karık tipi uygulamaları genel olarak aynı grupta toplanmıştır.

Farklı akış ve karık tiplerinin sediment taşınımına birlikte etkisini incelemek amacıyla uygulamaların tamamı dikkate alınarak karşılaştırılma yapılmış ve elde edilen sonuçlar hata çubukları ile birlikte Şekil 1’de verilmiştir.



Şekil 1.
Yapılan uygulamalarda belirlenen sediment miktarlarının karşılaştırılması. (a) Birinci sulamalar, (b) İkinci sulamalar, (c) Üçüncü sulamalar. ($P < 0.05$)

Şekil 1’de, birinci sulamada PAM uygulanmış karıklarda değişken debili uygulamalar sediment taşınımı açısından en uygun uygulama olduğu görülmektedir. İkinci olarak yine PAM uygulanmış karıklarda fasıllı sulama uygulaması gelmektedir. Diğer tüm karık tiplerindeki değişken debili uygulamalar ise üçüncü sırada yer almıştır. İkinci sulamalarda genel olarak değişken debili sulamalar ilk sırada, PAM uygulanmış karıklarda fasıllı sulamalar, ikinci sırada yer almış bu uygulamaları PAM uygulanan karıklarda sabit debili uygulamalar takip etmiştir. Üçüncü sulamalarda yine değişken debili uygulamalar en iyi grubu oluştururken diğer uygulamalar arasında belirgin bir fark bulunmamıştır.

Genel olarak karık sulama yönteminde PAM uygulamaları sediment taşınımını önemli düzeyde azaltmıştır. Değişken debili ve fasıllı akış uygulamaları ile birlikte PAM kullanılması etkinliğini daha da artırmıştır. Ayrıca bu akış uygulamaları yüzey akış miktarını azaltması ve dolayısıyla yüzey akışla birlikte PAM’ın parsel dışına taşınmasının önlenmesi açısından olumlu sonuçlar verecektir.

Sıkıştırılmış karık uygulamaları yüzey akış miktarına olan artırıcı etkisinden dolayı, taşınan sediment miktarına etkisi sınırlı olmuştur. Bu uygulamanın; sıkıştırma ağırlığı ve sıkıştırma anındaki toprak nem içeriğinin dikkate alınması yanısıra, yüzey akış kayıplarını azaltacak önlemlerin alınmasıyla daha etkili olacağı söylenebilir.

Sonuç olarak sediment taşınımını azaltmak amacıyla yapılacak PAM uygulaması veya sıkıştırılmış karık uygulamalarının etkinliğinin artırılması; öncelikle sulama planlama ilkelerinin dikkate alınması ve yüzey akış kayıplarını minimuma indirilebilecek akış uygulamalarının seçilmesiyle mümkündür.

KAYNAKLAR

- Apan, M., 1982. Hidroloji Ders Notu. Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi, Erzurum.
- Brady, N.C. and Weil, R., 1999. The Nature and Properties of Soils, Published by Prentice Hall., New Jersey.
- Carter, L.D., Brock C.E. and Tanji K.K., 1993. Controlling Erosion and Sediment Loss from Furrow- Irrigated Cropland. Journal of Irrigation and Drainage Eng., 119(6), 975-987.
- Goldhamer, D.A., Alemi, M.H., Phene, R.C., 1987. Comparison of Surge and Continuous Flow Irrigation in California. Irrigation Systems for the 21st Century Proceedings of a Conference, Oregon, ASCE:
- Ertuğrul, H. ve Apan, M., 1979. Sulama Sistemlerinin Projelenmesi. A.Ü Yayınları No:562, Ziraat Fak. Yayınları No:252, Ders Kitapları Serisi:38, Erzurum.

- Fornstrom, K.J., Michel, J., A., Borrelli, J., and Jackson, G., D., 1985. Furrow Firming for Control of irrigation Advance rates. Transactions. of the ASAE, 28(2), 529-531.536.
- Gomez, K.A., Gomez, A.A., 1984. Statistical Procedures for Agricultural Research, 2 th Edition, John Willey and Sons Ltd., Singapore.
- Helming, K., Römken, M.J.M. and Prasad, S.N., 1998. Surface Roughness Related Processes of Runoff and Soil Loss: A Flume Study. Soil Sci. Soc. Am. J., 62, 243-250.
- Hill, R.L., 1993. Tillage and Wheel Traffic Effects on Runoff and Sediment Losses from Crop Interrows. Soil Sci. Soc.Am. J., 57, 476-480.
- Lentz, R.D., Shainberg, I., Sojka R.E. and Carter, L.D., 1992. Preventing Irrigation Furrow Erosion with Small Applications of Polymers. Soil Sci. Soc. Am. J., 56, 1926-1932.
- Lentz, R.D.and Sojka, R., E., 1994. Field Results Using Polyacrylamide to Manage Furrow erosion and Infiltration. Soil Science, 158(4), 274-282.
- Liebig, M.A., Jones, A.J., Mielke, L.M. and Doran, J.W., 1993. Controlled Wheel Traffic Effects on Soil Properties in Ridge Tillage. Soil Sci. Soc. Am. J., 57,1061-1066.
- Miller, D.E., Arstad J.S. and Evans, R.G., 1987. Control of Furrow erosion with Crop Residues and Surge Flow Irrigation Soil Sci. Soc. Am. J., 41, 421-425.
- Mostaghimi, S., Dillaha, T.A. and Shanhdztz, V.D., 1988. Influence of Tillage Systems and Residue Levels on Runoff, Sediment and Phosphorus losses. Trans. of the ASAE, 31(1), 128-132.
- Nearing, M.A., West L.T., Brown, L.C., 1988. A Consalidation Model for Estimating Changes in Rill Erodibility. Trans. of the ASAE, 31(3), 696-700.
- Önder, S., 1994. Çukurova koşullarında Fasilalı (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 Üniversitesi, Ziraat Fakültesi Ders Notu No:22, Samsun.
- Öztürk, F., 1989. Karık Sulama ile Taşınan Sediment Miktarının Tahmininde Matematiksel Bir Modelin Kullanılma Olanağı. A.Ü.Z.F. Yayınları No:1130. Ankara.
- Sevinç, A.N., 1993. Havza Sediment verimi. KHGM Ankara Araştırma Enstitüsü yayınları, Ankara.

- Sojka, R.E. and Entry, J.A., 2000. Influence of Polyacrylamide Application to Soil on Movement of Microorganisms in Runoff Water. *Environmental Pollution*, 108, 405-412.
- West, L.T., Miller, W.P., Bruce, R.R., Langolale, G.V., Laflen J.M. and Thomas, A.W., 1992. Cropping System and Consolidation Effects on Rill Erosion in the Georgia Piedmont. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 56, 1238-1243.
- Zhang, X.C., Miller, W.P., 1996. Polyacrylamide Effect on Infiltration and Erosion in Furrows. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 60, 866-872.