

Gökçen YÖNTER<sup>1</sup>  
Huriye UYSAL<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Dr., Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi  
Toprak Bölümü, Bornova, İzmir  
g.yonter@hotmail.com

<sup>2</sup> Prof. Dr., Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi  
Toprak Bölümü, Bornova, İzmir

## **Bazı Polimerlerin Laboratuvar Koşullarında Yüzeysel Akış, Toprak Kaybı ve Kaymak Tabakası Direnci Üzerine Etkileri**

Effects of some polymers on runoff, soil loss and crust strength under laboratory conditions

Alınış (Received): 19.03.2009

Kabul tarihi (Accepted): 02.06.2009

### **Anahtar Sözcükler:**

Yüzeysel akış, toprak kaybı, kaymak tabakası direnci, yapay yağmurlayıcı, poliakrilamid, polivinilalkol

### **Key Words:**

Runoff, soil loss, crust strength, rain simulator, polyacrylamide, polyvinylalcohol

### **ÖZET**

**B**u çalışmada kumlu killi tın ve kumlu tın bünyede iki toprak örneği kullanılmış ve araştırma laboratuvar koşullarında 3 tekrarlı olarak yürütülmüştür. Farklı yoğunluklardaki poliakrilamid (PAM) ve polivinilalkol (PVA) (6.70 ve 33.50 kg ha<sup>-1</sup>) püskürtülmüş erozyon parsellerine yapay yağış uygulandıktan sonra, bu polimerlerin yüzeysel akış, toprak kaybı ve kaymak tabakası direnci üzerine etkileri incelenmiştir. Araştırma sonucunda, her iki toprak örneğinde de bu değerlerin düştüğü saptanmıştır. İstatistiksel analizlere göre, kumlu tın toprak örneğinde PAM ve PVA uygulamalarının yüzeysel akış ve kaymak tabakası direncini önemli düzeyde azalttığı belirlenmiştir (P < 0.05).

### **ABSTRACT**

**T**wo soil samples with sandy clay loam and sandy loam textures were used and it was carried out in laboratory conditions with 3 replicates at this study. After artificial rainfall were applied on erosion plots which were sprayed polyacrylamide (PAM) and polyvinylalcohol (PVA) at different intensities (0, 6.70 and 33.50 kg ha<sup>-1</sup>), it was investigated the effects of these polymers on runoff, soil loss and crust strengths. End of this study, it was found that these values were decreased for both of soils. According to statistical analyses, it was determined that PAM and PVA applications reduced runoff and crust strengths significantly (P < 0.05) in sandy loam textures soil sample.

### **GİRİŞ**

Erozyon, ülkemizde tarım ve ekoloji ile ilgili oldukça önemli bir sorun olarak karşımıza çıkmakta ve en büyük etkiyi de su erozyonu olarak göstermektedir. Özellikle yağış rejiminin düzensiz oluşu, topografya ve yanlış uygulanan tarım teknikleri bu olguyu günden güne arttırmaktadır (Taysun, 1989). Erozyon, sadece toprakların doğal etmenlerle aşınıp taşınması değildir, aynı zamanda çok karmaşık bir doğa olayıdır. Yağmur damlaları toprak yüzeyine çarptıkları anda aktarmış oldukları kinetik enerjileri yardımıyla çimentolayıcı maddelerden (**kil, seskioksitler, kireç ve organik madde**) oluşan toprak agregatlarını parçalar. Parçalanan agregatlar, yağışın yoğunluğu ve süresine bağlı olarak toprak boşluklarını tıkırlar. Güneş ışığı ve rüzgâr etkisiyle toprak yüzeyinde sert bir tabaka (**kaymak tabakası**) oluşur. Toprak yüzeyinde oluşan kaymak tabakası, sadece yağış sularının

toprak içine infiltre olmasını engellemez aynı zamanda sert oluşu nedeniyle tohumların çimlenmesi ve gelişmesini de engeller. Bu da geçimini bitkisel üretimden sağlayan çiftçilerimizin koşullarını zorlamaktadır. Bu nedenlerden dolayı, tarımsal amaçlı kullanılan topraklar sıklıkla toprak işlemeye gereksinim duyar. Doğal olarak da toprak işleme, işgücünü, maliyeti ve eğimli arazilerde de erozyonu artırır. Bu nedenle kaymak tabakasının oluşumu ve erozyonla ilişkileri konusunda yapılan çalışmalar büyük önem taşımaktadır.

Reichert ve ark. (1994), Alfisol, Oxisol, Ustisol ve Vertisol topraklarda yeni sürülmüş (FT), kurumuş kaymak tabakalı (DC) ve ıslak kaymak tabakalı (WC) parseller üzerine 74, 39 ve 107 mm saat<sup>-1</sup> yoğunluktaki yağışları sırasıyla 90, 30 ve 30 dakika sürelerde uygulamışlardır. Araştırmacılar, kurumuş kaymak tabakalı toprakların çok aşınabilen topraklar olduğunu ve kil tiplerinin erozyonu farklı etkilediğini, özellikle kaolinitik toprakların smektitik ve illitik topraklardan daha stabil olduklarını bildirmişlerdir.

Tanaka ve ark. (1999), yapay olarak hazırladıkları 3 farklı çapta granül agregatları kullanarak doğal yağış özellikleri ile kaymak tabakası oluşumu arasındaki ilişkileri araştırmışlardır. Araştırmacılara göre, yağmur damlalarının çarpma hızları, kaymak tabakasının oluşumu üzerinde etkili olmuştur.

Graef ve Stahr (2000), Sahra (Kuzey Afrika)'da oluşan kaymak tabakasının infiltrasyonu azaltırken yüzey akışları ise arttırdığını bildirmişlerdir. Araştırmacıların bildirdiklerine göre, kaymak tabakası toprak bünyesinden, bitki örtüsünden, erozyondan ve rüzgâr ile yüzey akış sularının taşıdıkları sedimentleri biriktirmesinden etkilenmektedir. Bu nedenle yarı kurak bölgelerdeki kum bünyeli topraklarda kaymak tabakasının kırılması için sıklıkla toprak işlemeye gereksinim duyulmaktadır.

Wakindiki ve Ben Hur (2002), toprak mineralojisinin ve bünyesinin kaymak tabakası mineralojisi, infiltrasyon ve erozyon üzerine etkilerini saptamak amacıyla kil bünyeli kaolinitik, kil ve kum bünyeli montmorillonit ve

kil bünyeli filosilikatsız topraklara 80 mm saat<sup>-1</sup> yağış uygulamışlardır. Elektron mikroskopu ile yapılan ölçümlere göre, kaolinitik topraklar büyük tanecikleri içeren (0.1 mm) ince kaymak tabakasına (0.1 mm), montmorillonit topraklar küçük tanecikleri içeren (0.02-0.2 mm) çok ince tabakaya (>0.2 mm), filosilikatsız topraklar ise küçük tanecikleri içeren (0.01 mm) tabakaya (0.2 mm) sahip oldukları saptanmıştır. Araştırmacılar, toprak kayıplarını kaolinitik topraklarda 0.33 kg m<sup>-2</sup>, montmorillonit topraklarda 1.14-1.24 kg m<sup>-2</sup> ve filosilikatsız topraklarda ise 0.75-0.80 kg m<sup>-2</sup> olarak bulmuşlardır.

Fox ve ark. (2004), kaymak tabakasının infiltrasyonu azalttığını, erozyonu arttırdığını ve bitki örtüsünün gelişmesini engellediğini böylece çölleşme ile mücadelede en büyük önemin, kaymak oluşumunun önlenmesi olduğunu vurgulamışlardır. Araştırmacılara göre kaymak tabakası 2 aşamada oluşmaktadır. (i): başlangıçta yağışın etkisi ile agregatlar parçalanmakta, (ii): ardından ise kuruyarak sertleşmektedir. Araştırmacılar, kaymak tabakası oluşumunu azaltmak için toprak yüzeyinin yağmur damlalarının çarpma etkisinden korunması, agregatlaşmanın geliştirilmesi ya da her ikisinin de birlikte sağlanması gerektiğini belirterek; kaymak tabakasının iş gücü ve maliyetleri arttırdığını bildirmişlerdir.

Issa ve ark. (2006), arazi (40 m<sup>2</sup>) ve laboratuvar (0.25 m<sup>2</sup>) koşullarında hazırladıkları parsellerde zayıf agregatlı kum bünyeli topraklara 70 mm saat<sup>-1</sup> yapay yağışı 1 ile 2 saat aralıklarda yağdırmışlardır. Araştırmacılar, iki yağış arasında oluşan kaymak tabakasının yüzey akışı, toprak kaybı ve sıçrama kayıplarını önemli derecede etkilediğini saptamışlardır.

Daha ekonomik ve uzun süreli etkilere sahip olan bazı toprak düzenleyiciler, toprak yüzeyinde kaymaklaşmayı ve erozyonu önlemek amacıyla son yıllarda kullanılmaya başlanmıştır. Bu düzenleyicilerden en yaygın kullanılanları; hidrofilik (su seven), diğer bir anlamıyla suyu bünyesine alan özelliklere sahip ve yüksek moleküllü poliakrilamid (PAM) ve polivinilalkol (PVA)'dür. Bu polimerlerle çeşitli

çalışmalar yapılmış ve farklı sonuçlara ulaşılmıştır (Uysal ve Taysun, 1993).

Oades (1976), 0-2 cm toprak katmanına 8-10 g m<sup>-2</sup> PVA püskürttükten sonra yapay yağış uygulamıştır. Araştırmacı, PVA'nın kaymak tabakası oluşumunu önleyerek yüzeY akış ve toprak kaybını tanığa göre 1.5 kat azalttığını bulmuştur.

Koerner ve Okrasinski (1978), kum bünyeli toprak örneklerine 48 g m<sup>-2</sup> PVA püskürttükten sonra 3.8 cm saat<sup>-1</sup> yoğunlukta yağışı 120 dakika süre ile uygulamışlardır. Araştırma sonuçlarına göre, PVA toprakları tanığa kıyasla 28 kat daha fazla korumuştur.

Page ve Quick (1979), 18 tip polimeri farklı oranlarda (0, 6, 13.4, 27, 54, 108 ve 216 kg ha<sup>-1</sup>) kumlu tın bünyeli bir toprak örneğine püskürtmüşler ve bir geceden fazla sürede infrared enerjisi (300 Watt) uygulamışlardır. Toprak yüzeYi kuruduktan sonra parsellere 45 dakika sürede 25 mm yapay yağış uygulamışlardır. Toprak örnekleri 70 saat infrared enerjisi altında bekletildikten sonra el tipi penetrometre ile kaymak tabakasının dirençleri ölçülmüştür. Araştırma sonuçlarına göre, polivinilalkol (PVA) kaymak tabakası dirençlerini diğer polimerlere ve tanığa göre % 42-142 arasında arttırmış ancak sadece 216 kg ha<sup>-1</sup> PVA uygulamasında kaymak tabakası direncinin % 46 azaldığı saptanmıştır.

Levin ve ark. (1991), Tipik Chromoxerert, Tipik Rhodoxeralf ve Calcic Haploxeralf toprak örneklerine fosfojipsum (PG), poliakrilamid (PAM) ve poliakrilamid + fosfojipsum (PAM+PG) karışımını uyguladıkları parsellere 3 mm çaplı yağışı farklı yüksekliklerden (0.4, 1.0 ve 1.6 m) yağdırmışlardır. Araştırmanın sonunda, yağış yüksekliği arttıkça infiltrasyonun azaldığı, toprak kaybının ise arttığı saptanmıştır. Ayrıca toprak yüzeYine verilen (PAM +PG)'nin, tanık parsele ve (PG) uygulanmış parsele göre infiltrasyonu önemli derecede arttırırken erozyonu da azalttığını bildirmişlerdir.

Levy ve ark. (1992), farklı oranlarda poliakrilamid (PAM) ve polisakkarit (PS)'ti Tipik Chromomert ve Tipik Haploxeralf toprak

örneklerine püskürtmüşler ve 60 mm saat<sup>-1</sup> yoğunlukta yağışı 5 kez uygulamışlardır. Araştırma sonuçlarına göre, PAM'in permeabiliteyi arttırırken toprak kayıplarını azalttığı saptanmıştır.

Ben Hur (1994), siltli tın ve kil bünyeli Vertisoller üzerinde hazırladığı erozyon parsellerine, PAM (20 kg ha<sup>-1</sup>) ve PS (40 kg ha<sup>-1</sup>) uyguladıktan sonra 100 mm saat<sup>-1</sup> yoğunlukta yapay yağmurlama yapmıştır. Araştırmacı, tanık parsellerde yüzeY akışın yağışın % 39-53'ü arasında olduğunu, PAM ve PS uygulamalarının ise yüzeY akış ve toprak kaybını önemli seviyelerde azalttığını ancak kaymak tabakasının yüzeY akışları arttırdığını bildirmiştir.

Uysal ve ark. (1995), 30x45x15 cm boyutlarındaki erozyon parsellerine yerleştirdikleri 6 adet toprak örneğine 1 ve 5 g l<sup>-1</sup> dozlarında hazırladıkları PVA ve PAM solüsyonlarını püskürtmüşler ve 24 saat sonra 64 mm saat<sup>-1</sup> yağış uygulamışlardır. PVA ve PAM'in yüzeY akış ve toprak kayıplarını azalttığını, en iyi sonucun 5 g l<sup>-1</sup> uygulamalarından elde edildiğini bildirmişlerdir.

Uysal ve ark. (1996), farklı bünye ve organik madde yüzdelere sahip 8 adet toprak örneği ile yaptıkları araştırmada PVA'nın toprakların erozyona karşı direncini arttırmadaki etkilerini araştırmışlar ve araştırma sonucunda agregatlaşmış mil+kil ve agregat stabilitesi değerlerinde büyük oranda artışlar elde etmişlerdir. Aynı araştırmada PVA'nın etkisinde toprakta bulunan kilin, organik maddeden daha etkili olduğu saptanmıştır.

Zhang ve ark. (1998), doğal yağış koşullarında kumlu tın bünyeli bir toprakta (killi Tipik Kanhapludult) toprak düzenleyicilerin (PAM, PG), toprak işlemenin (kaymak tabakasını kıran yüzeysel işleme) ve yüzeY örtüsünün yüzeY akış ve toprak kayıpları üzerine olan etkilerini incelemişlerdir. Araştırma bulgularına göre, PG ve PAM uygulamaları yüzeY akışları, tanığa kıyasla % 67 ve 44; toprak kayıplarını ise % 16 ve 19 azaltmıştır. PG ve PAM yüzeY akışın azaltılmasında toprak kayıptan daha etkili olmuştur. YüzeY akış, PG ve PAM uygulamalarıyla önemli seviyelerde

azalmıştır. Araştırmacılar, kaymak tabakası oluşumunun azaltılmasında PG ve PAM etkilerinin kalıcı olurken, yüzey örtü ve toprak işleminin etkilerinin ise geçici olduğunu bildirmişlerdir.

Levy ve Rapp (1999), 120 mm çapında ve 78 mm yüksekliğinde olan kaplara yerleştirdikleri siltli tın topraklara (Calcic Haploxeralf), PAM ve PS püskürttükten sonra 40 mm saat<sup>-1</sup> yapay yağış uygulamışlardır. Kaplar, 40 °C'de kurutma dolabında bekletilmiş daha sonra toprak yüzeyinde oluşan kaymak dirençleri el tipi penetrometre ile ölçülmüştür. Araştırmacılar, PS ve PAM püskürtülen parsellerde kaymak dirençlerinin tanığa göre daha düşük olduğunu saptamışlardır.

El Hady ve Wahba (2003), yüksek miktarda kalker içeren kumlu killi tın bünyeli toprak yüzeylerine % 0.2 w/w hidrofilik poliakrilamid jel (PAM) püskürtmüşler ve toprak yüzeyi kuruduktan sonra % 0.5 ve 1.0 w/w hidrofobik polivinilasetad (PVAc) püskürtmüşlerdir. Araştırmacılar, polimerlerin kaymak tabakası oluşumunu önemli seviyelerde azalttığını saptamışlardır.

Lei ve ark. (2003), PAM uyguladıkları farklı eğimlere sahip topraklara farklı yoğunluklarda yapay yağış yapmışlardır. Araştırma sonuçlarına göre, PAM uygulamaları toprak erozyonunun azaltılmasında etkili bulunmuştur.

Martinez ve ark. (2007), laboratuvar koşullarında % 20 eğimde hazırladıkları parsellere yerleştirdikleri kil bünyeli Tipik Hapludult toprak örneğine farklı oranlarda: 0 (tanık), 20, 80 ve 120 kg ha<sup>-1</sup> PAM püskürttükten 1, 2, 8, 30 ve 60 gün sonra 70 mm saat<sup>-1</sup> yapay yağış uygulamışlardır. Araştırma sonuçlarına göre, 80 ve 120 kg ha<sup>-1</sup> dozlarında uygulanan PAM, yüzey akış ve sediment miktarlarını önemli derecede azaltmıştır. Araştırmacılar, PAM uygulamalarından sonraki bekleme zamanları sırasında toprak yüzeyinde meydana gelen kaymak tabakasının sert oluşu nedeniyle, yüzey akışların artarken toprak kayıplarının ise azaldığını bildirmişlerdir.

Bu çalışmada da iki farklı bünyeye sahip toprak örneklerinde PVA ve PAM'ın farklı

dozlarının yüzey akış, toprak kaybı ve kaymak tabakası oluşumu üzerine etkilerini saptamak amaçlanmıştır.

## MATERYAL VE YÖNTEM

Araştırmada kumlu killi tın ve killi tın bünyeli toprak örnekleri ile erozyon araştırmalarında en yaygın toprak düzenleyicilerden olan poliakrilamid (PAM) ve polivinilalkol (PVA) (Taysun ve ark., 1984) deneme materyali olarak kullanılmıştır.

Araştırmada kullanılan toprak örneklerinin bir kısmı fiziksel ve kimyasal analizlerde kullanılmak üzere 2 mm'lik elekten (Richards, 1954), diğer kısmı ise erozyon araştırmaları için 8 mm'lik elekten (Byran, 1969) elenmiştir. Toprakların bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri saptanmış ve sırasıyla; iskelet (%), (Soil Survey Staff, 1951), tekstür (Bouyoucos, 1962), kil ve mil oranları (%) (Neal, 1938), tarla kapasitesi (%), pH, elektriki geçirgenlik, su ile doymuşluk (US Salinity Lab. Staff, 1954), dispersiyon oranı (Middleton, 1930), erozyon oranı (%) (Akalan, 1967), agregat stabilitesi (US Salinity Lab. Staff, 1954; Black, 1965), kireç (%) (Çağlar, 1949), toplam tuz (%) (Soil Survey Staff, 1951) ve organik madde (%) (Black, 1965; Kovancı, 1964) analizleri yapılmıştır.

Çalışmada laboratuvar tipi yapay yağmurlayıcı (Veejet 80100 tipi püskürtücülü) (Bubenzer ve Meyer, 1965; Taysun, 1986) (Şekil 1) ve 30×45×15 cm boyutlarında altı delikli metal erozyon kapları kullanılmıştır (Taysun, 1986; Abraham ve Rickson, 1989; Grill ve ark., 1989; Yönter, 2001; 2006).

Bu araştırmada, erozyon kapları 5 cm kaba kumla doldurulup, kumun yüzeyi düzeltilmiş ve üzerine tülbent serildikten sonra 8 mm' den elenmiş toprak örneği ile doldurulmuştur. Poliakrilamid (PAM) ve polivinilalkol (PVA)'den, etkili ve ekonomik dozlar olarak 1 ve 5 g tartıldıktan sonra 1 lt saf su'da 65 °C sıcaklığa ayarlanmış su banyosu üzerinde çözündürülerek solusyon haline getirilmiş (Stefenson, 1973; Polyakasa, 1980) ve her bir solusyondan 90 ml, parsellere yerleştirilmiş toprak örneklerinin yüzeyine 30 cm yukardan bir el pompası yardımıyla uniform olarak püskürtülmüştür.



Şekil 1. Yapay yağmurlayıcı ve hazırlanmış parselden bir görüntü.

Polimer püskürtülen parseller, 16 saat (1 gece; 16<sup>00</sup>-08<sup>00</sup> arası) 4 adet 250 Watt infrared lamba içeren bir platform altında bekletilmiştir. Bu işlemlerden sonra % 9 eğim verilen parsellere, 2.50 m yükseklikten 1 saat süre ile 65 mm saat<sup>-1</sup> yapay yağış uygulanmış (KE: 27.73 J m<sup>-2</sup> mm<sup>-1</sup>) (Wischeimer ve Smith, 1958; Foster ve ark, 1981), uygulama sırasında ise her 10 dakikada bir yüzey akış ve sediment örnekleri alınmıştır. Yağışlardan sonra parseller tekrar infrared lambalı platform altında 24 saat

bekletildikten sonra kaymak dirençleri bir el penetrometresi (EL 516-030) yardımıyla ölçülmüştür (Page ve Quick, 1979; Levy ve Rapp, 1999; Yönter, 2006).

Deneme sırasında alınan sediment örnekleri 24 saat kaplarda çökmesi için bekletildikten sonra, kaplardaki yüzey akışlar sifonlanarak miktarları saptanmış, sediment örnekleri ise cam beherlere aktarıldıktan sonra etüvde 105 °C'de kurutularak tartılmış ve miktarları kaydedilmiştir. Daha sonra kaydedilen yüzey akış ve toprak kayıpları hesaplanmıştır (Taysun, 1986). 3 tekrarlamalı ve tesadüf blokları desenine göre düzenlenen denemeden elde edilen verilerin değerlendirilmesinde, SPSS hazır istatistik paket programı kullanılmıştır (Özdamar, 2004).

#### ARAŞTIRMA BULGULARI

Araştırmada kullanılan toprak örneklerinin bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri Çizelge 1'de, yüzey akış, toprak kaybı ve kaymak tabakası dirençleri de Çizelge 2'de verilmiştir.

Çizelge 1. Araştırmada kullanılan toprak örneklerinin bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri

Örnek No	1	2	Örnek No	1	2
İskelet (%)	11.16	18.79	Süspansiyon (%)	18.28	8.52
Kum (%)	46.36	72.40	Dispersiyon oranı (%)	35.15	33.02
Mil (%)	26.36	21.60	Agr. Mil+Kil (%)	64.85	66.98
Kil (%)	27.28	6.00	Erozyon oranı (%)	28.62	96.58
Bünye (%)	Kumlu Killi Tın	Kumlu Tın	Agregat stabilitesi (%)	26.36	21.58
Kil oranı (%)	2.67	15.67	pH (%)	7.60	5.83
Mil oranı (%)	0.97	3.60	Toplam tuz (%)	0.078	0.030<
Tarla kapasitesi (%)	22.21	13.41	Kireç (%)	17.19	0.22
			Organik madde (%)	2.76	0.34

Çizelge 2. Araştırmadan elde edilen yüzey akış, toprak kaybı ve kaymak tabakası dirençleri

Örnek No	Konular (kg ha <sup>-1</sup> )	Yüzey akış (mm saat <sup>-1</sup> )		Toprak kaybı (g m <sup>-2</sup> )		Kaymak tabakası direnci (kgf cm <sup>-2</sup> )		
		Ortalama	Standart Sapma	Ortalama	Standart Sapma	Ortalama	Standart Sapma	
1	PAM	0	41.87	0.26	584.65	3.52	3.91	0.07
		6.70	36.26	0.07	460.82	0.18	3.65	0.05
		33.50	29.05	0.10	213.06	1.16	3.25	0.04
	PVA	6.70	38.39	0.08	487.78	0.33	3.50	0.09
33.50		30.34	0.25	235.47	0.23	3.00	0.10	
2	PAM	0	26.62	0.06	316.95	0.07	1.95	0.03
		6.70	21.81	0.04	229.62	1.45	1.75	0.04
		33.50	2.73	0.05	13.48	0.06	0.75	0.06
	PVA	6.70	19.48	0.06	86.96	0.12	1.60	0.006
33.50		0.97	0.06	1.34	0.01	0.50	0.04	

Çizelge 1’de anlaşılacağı gibi toprak örnekleri birbirinden farklı fiziksel ve kimyasal özelliklere sahiptir. Bu fiziksel ve kimyasal özellikler toprak erozyonunu ayrı ayrı etkilediği gibi birlikte de etkilemektedir (Akalan, 1974; Scheffer ve Schachtschabel, 1993). Çizelge 2 incelendiğinde, en yüksek yüzey akışların her iki toprak örneğinde de tanık parsellerde, en düşük yüzey akışların 1 no’lu (kumlu killi tın) toprak örneğinde 33.50 kg ha<sup>-1</sup> dozunda PAM uygulanan parsellerde, 2 no’lu (kumlu tın) toprak örneğinde ise 33.50 kg ha<sup>-1</sup> PVA uygulanan parsellerde meydana geldiği görülmektedir. Genel olarak ortalama yüzey akışlar incelenecek olursa, PAM uygulamaları 1 no’lu (kumlu killi tın) örnekte yüzey akışların azaltılmasında daha etkili olurken, 2 no’lu (kumlu tın) örnekte ise PVA uygulamalarının daha etkili olduğu anlaşılmaktadır.

Araştırmada her iki toprak örneğinde de en yüksek toprak kayıpları tanık parsellerden elde edilmiştir. Buna karşılık en düşük toprak kayıpları sırasıyla 1 no’lu (kumlu killi tın) örnekte 33.50 kg ha<sup>-1</sup> PAM uygulanan parsel-lerde, 2 no’lu (kumlu tın) örnekte ise 33.50 kg ha<sup>-1</sup> PVA uygulanan parsellerde saptanmıştır. Uygulanan polimer dozları arttıkça yüzey akış ve toprak kayıpları azalmıştır. Yüzey akışlara paralel olarak PAM uygulamaları 1 no’lu (kumlu killi tın) örnekte, PVA uygulamaları ise 2 no’lu (kumlu tın) örnekte toprak kayıplarının azaltılmasında daha etkili olmuştur. Yüzey akışların en az olduğu parsellerde toprak kaybı da en az meydana gelmiştir.

Yapay yağış uygulamasından sonra en yüksek kaymak tabakası dirençleri her iki toprak örneğinde tanık parsellerde ölçülmüştür. En düşük dirençler ise her iki örnek için de 33.50 kg ha<sup>-1</sup> PVA uygulamalarında saptanmıştır. Kaymak tabakası dirençlerinin azaltılmasında PVA, PAM’dan daha etkili olmuştur.

Araştırmada, 1 (kumlu killi tın) ve 2 no’lu (kumlu tın) toprak örneklerinin her biri için PAM ve PVA uygulamalarının yüzey akış, toprak kaybı ve kaymak tabakası dirençleri üzerine etkileri istatistik olarak değerlendirilmiş, ikili ilişkiler Çizelge 3 ve 4’de, varyans analizi sonuçları ise Çizelge 5 ve 6’da verilmiştir.

Çizelge 3’e göre, 1 no’lu (kumlu killi tın) toprak örneğinde PAM ve PVA uygulamaları; yüzey akış, toprak kaybı ve kaymak tabakası direncini % 1 önem seviyesinde azaltmıştır. 2 no’lu (kumlu tın) toprak örneğinde de PAM ve PVA uygulamaları ile yüzey akış, toprak kaybı ve kaymak tabakası direnci arasında % 1 önem düzeyinde negatif ilişkiler elde edilmiştir (Çizelge 4).

Çizelge 5 ve 6’ya göre, PAM ve PVA uygulanan konular ile yüzey akış, toprak kaybı ve kaymak tabakası dirençlerine ait tanık konular arasında % 1 önem düzeyinde farklılıklar bulunmuştur. Bu sonuçlara göre polimer uygulamaları yüzey akış, toprak kaybı ve kaymak tabakası dirençlerinin azaltılmasında önemli etkilere sahiptir.

Çizelge 3. 1 no’lu (kumlu killi tın) toprak örneğinde PAM ve PVA uygulamaları ile yüzey akış, toprak kaybı ve kaymak dirençleri arasındaki ilişkiler

PAM	Doz	Yüzey Akış	Toprak Kaybı	Kaymak Tabakası Direnci
Doz	1.000	-	-	-
Yüzey Akış	-0.966**	1.000	-	-
Toprak Kaybı	-0.990**	0.993**	1.000	-
Kaymak Tabakası Direnci	-0.966**	0.985**	0.984**	1.000
PVA	Doz	Yüzey Akış	Toprak Kaybı	Kaymak Tabakası Direnci
Doz	1.000	-	-	-
Yüzey Akış	-0.994**	1.000	-	-
Toprak Kaybı	-0.997**	0.999**	1.000	-
Kaymak Tabakası Direnci	-0.958**	0.981**	0.976**	1.000

(\*\* : 0.01, \* : 0.05, ns: önemsiz)

Çizelge 4. 2 no'lu (kumlu tın) toprak örneğinde PAM ve PVA uygulamaları ile yüzey akış, toprak kaybı ve kaymak dirençleri arasındaki ilişkiler

PAM	Doz	Yüzey Akış	Toprak Kaybı	Kaymak Tabakası Direnci
Doz	1.000	-	-	-
Yüzey Akış	-0.999**	1.000	-	-
Toprak Kaybı	-0.996**	0.996**	1.000	-
Kaymak Tabakası Direnci	-0.996**	0.997**	0.989**	1.000
PVA	Doz	Yüzey Akış	Toprak Kaybı	Kaymak Tabakası Direnci
Doz	1.000	-	-	-
Yüzey Akış	-0.996**	1.000	-	-
Toprak Kaybı	-0.830**	0.873**	1.000	-
Kaymak Tabakası Direnci	-0.996**	0.997**	0.851**	1.000

(\*\* : 0.01, \* : 0.05, ns: önemsiz)

Çizelge 5. 1no'lu (kumlu killi tın) örnekte polimer (PAM ve PVA) uygulamalarının varyans analizi sonuçları

PAM	Varyasyon Kaynağı	SD	KT	KO	F	F (Çizelge)	
						0.05	0.01
Yüzey Akış	Konular	2	247.809	123.904	4687.426**	5.140	10.920
	Hata	6	0.159	0.026			
	Toplam	8	247.967				
Toprak Kaybı	Konular	2	214835.200	107417.589	23265.836**	5.140	10.920
	Hata	6	27.702	4.617			
	Toplam	8	214862.900				
Kaymak Tabakası Direnci	Konular	2	0.663	0.332	119.855**	5.140	10.920
	Hata	6	0.017	0.003			
	Toplam	8	0.680				
PVA	Varyasyon Kaynağı	SD	KT	KO	F	F (Çizelge)	
						0.05	0.01
Yüzey Akış	Konular	2	209.854	104.927	4158.266**	5.140	10.920
	Hata	6	0.151	0.025			
	Toplam	8	210.005				
Toprak Kaybı	Konular	2	194970.800	97485.403	17522.316**	5.140	10.920
	Hata	6	33.381	5.563			
	Toplam	8	195004.200				
Kaymak Tabakası Direnci	Konular	2	1.186	0.593	161.196**	5.140	10.920
	Hata	6	0.022	0.004			
	Toplam	8	1.208				

Çizelge 6. 2no'lu (kumlu tın) örnekte polimer (PAM ve PVA) uygulamalarının varyans analizi sonuçları

PAM	Varyasyon Kaynağı	SD	KT	KO	F	F (Çizelge)	
						0.05	0.01
Yüzey Akış	Konular	2	957.915	478.957	44762.364**	5.140	10.920
	Hata	6	0.064	0.011			
	Toplam	8	957.979				
Toprak Kaybı	Konular	2	146437.100	73218.535	2168367.000**	5.140	10.920
	Hata	6	0.203	0.034			
	Toplam	8	146437.300				
Kaymak Tabakası Direnci	Konular	2	2.480	1.240	496.000**	5.140	10.920
	Hata	6	0.015	0.003			
	Toplam	8	2.495				
PVA	Varyasyon Kaynağı	SD	KT	KO	F	F (Çizelge)	
						0.05	0.01
Yüzey Akış	Konular	2	1051.522	525.761	6839.919**	5.140	10.920
	Hata	6	0.461	0.077			
	Toplam	8	1051.963				
Toprak Kaybı	Konular	2	159835.900	79917.928	314678.800**	5.140	10.920
	Hata	6	1.524	0.254			
	Toplam	8	159837.400				
Kaymak Tabakası Direnci	Konular	2	3.435	1.717	525.250**	5.140	10.920
	Hata	6	0.020	0.003			
	Toplam	8	3.455				

(\*:0.05; \*\*: 0.01; ns: önemsiz)

## TARTIŞMA VE SONUÇ

PAM ve PVA uygulanan parsellerden elde edilen yüzey akış, toprak kaybı ve kaymak tabakası dirençlerinin tanık parsellere göre azalma yüzdeleri Çizelge 6'da verilmiştir.

Çizelge 7 incelendiğinde, 1 no'lu (kumlu killi tın) toprak örneğinde yüzey akışta PAM ve PVA uygulamalarıyla meydana gelen azalmaların birbirine yakın olduğu görülmektedir. Polimerlerin uygulama dozları birbirleriyle karşılaştırıldıklarında ise şu sonuçlara ulaşılmıştır.

PAM'ın ikinci dozu birinci dozdan 2.4 kat, PVA'nın ikinci dozu birinci dozdan 3.5 kat daha fazla etkili olmuştur. Toprak kaybında meydana gelen azalmada, PAM uygulamalarında ikinci doz birinci dozdan 3 kat, PVA uygulamasında 3.5 kat daha fazla azalmaya neden olmuştur. Kaymak tabakası direncinde meydana gelen azalmanın ise PAM uygulamasında ikinci dozun birinci dozdan 2.4 kat, PVA uygulamasında ise ikinci dozun birinci dozdan 2.3 kat daha fazla etkili olduğu belirlenmiştir.

Her iki polimer de yüzey akış, toprak kaybı ve kaymak tabakası direncinin azaltılmasında etkili olmuştur. Polimerlerin yoğunluklarının artmasıyla bu etki de artmıştır. 1 no'lu (kumlu killi tın) toprak örneğinde toprak kaybında yüzey akışa göre daha fazla bir azalma meydana gelmiştir. Bu duruma, polimer uygulama

masıyla büyük çaplı agregatların miktarında ve agregat stabilitelerinde meydana gelen artışların neden olduğu ileri sürülebilir (Uysal ve ark., 1996). Levin ve ark.(1991)'da, PAM uygulamalarının permeabilityyi artırarak erozyonu azalttığını ifade etmişlerdir. PAM ve PS ile yapılan bir başka çalışmada da yüzey akış ve toprak kayıplarının azaldığı saptanmıştır (Ben Hur, 1994). Page ve Quick (1979)'de, yüksek dozda uygulanan PVA'nın kaymak tabakası direncini % 46 oranında azalttığını saptamışlardır.

2 no'lu (kumlu tın) toprak örneğinde elde edilen değerler incelendiğinde PAM ve PVA uygulamalarının birbirinden farklı etkiler yaptığı görülmektedir. Yüzey akış üzerinde PAM ve PVA uygulamalarının her iki dozu da benzer etki yaparken, toprak kaybı üzerine 6.70 kg ha<sup>-1</sup> yoğunluktaki PVA uygulaması % 73'lük bir azalmaya, aynı yoğunluktaki PAM uygulaması ise % 28'lik bir azalmaya neden olmuştur. Bu yoğunluktaki PVA, PAM'dan daha etkili olmuştur. 33.50 kg ha<sup>-1</sup> PAM ve PVA uygulamaları arasında ise önemli bir fark bulunamamıştır. Bu duruma düşük yoğunluktaki PVA'nın PAM'dan daha fazla büyük çaplı agregatları oluşturmasının neden olduğu söylenebilir. Kumlu tın toprak örneği ile yapılan bir çalışmada PAM'ın yüzey akışı % 67, toprak kaybını % 16, PG'nin yüzey akışı % 44, toprak kaybını ise % 19 azalttığı saptanmıştır (Zhang ve ark., 1998). Kaymak tabakası direncinin azaltılmasında PAM ve

Çizelge 7. PAM ve PVA uygulanmış parsellerde yüzey akış, toprak kaybı ve kaymak tabakası dirençlerinde meydana gelen yüzde değişimler

Örnek No	Konular (kg ha <sup>-1</sup> )	Yüzey Akış (mm saat <sup>-1</sup> )			Toprak Kaybı (g m <sup>-2</sup> )		Kaymak Tabakası Direnci (kgf cm <sup>-2</sup> )	
		Tanık	Yüzde Değişim	Yüzde Değişim	Yüzde Değişim	Yüzde Değişim	Yüzde Değişim	Yüzde Değişim
1	PAM	Tanık	100		100		100	
		6.70	86.60	-13.40	78.82	-21.18	93.35	-6.65
		33.50	69.38	-30.62	36.44	-63.56	83.12	-16.88
	PVA	6.70	91.69	-8.31	83.43	-16.57	89.51	-10.49
		33.50	72.46	-27.54	40.28	-59.72	76.73	-23.27
2	PAM	Tanık	100		100		100	
		6.70	81.93	-18.07	72.45	-27.55	89.74	-10.56
		33.50	10.25	-89.75	4.25	-95.75	38.46	-61.54
	PVA	6.70	73.18	-26.82	27.44	-72.56	82.05	-17.95
		33.50	3.64	96.36	0.42	-99.58	25.64	-74.36



PVA'nın ikinci dozlarının daha etkili olduğu saptanmıştır. İkinci doz PAM, birinci doz PAM'dan 6.2 kat, ikinci doz PVA birinci doz PVA'dan 4.6 kat daha fazla kaymak tabakası direncinin azalmasına neden olmuştur. PAM ve PVA'nın farklı dozları arasında önemli bir fark bulunamamıştır.

Araştırma sonuçları istatistik olarak değerlendirildiğinde, 1 no'lu (kumlu killi tın) ve 2 no'lu (kumlu tın) toprak örneklerinde polimer uygulamalarının yüzey akış, toprak kaybı ve kaymak tabakası dirençleri üzerine etkileri % 1 seviyede önemli bulunmuştur (Ben Hur, 1994; Zhang ve ark.,1998). Ayrıca, her iki toprak örneğinde de yüzey akış ve toprak kayıpları ile kaymak tabakası dirençleri arasında % 1 önem düzeyinde ilişkiler saptanmıştır. Bazı araştırmalarda da kaymak tabakası ile erozyon arasında önemli ilişkiler bulunmuştur (Issa ve ark., 2006; Yönter, 2006). Araştırmanın amaçlarına uygun olarak, her iki toprak örneğinde de kaymak tabakası dirençleri, polimer (PAM ve PVA)

uygulamalarının etkisiyle tanığa göre azalmıştır. Yapılan bazı çalışmalarda da çeşitli polimerlerin toprak yüzeyinde oluşan kaymak tabakası dirençlerini önemli düzeyde azalttıkları saptanmıştır (Page ve Quick, 1979; Levy ve Rapp, 1999; El Hady ve Wahba, 2003; Martinez ve ark., 2007).

Sonuç olarak, tarım arazilerinde yağışlardan sonra güneş ya da rüzgâr etkisiyle toprak yüzeyinde oluşan kaymak tabakası, kültür bitkilerinin gelişimini engelleyerek çiftçilerimizin koşullarını olumsuz etkilemektedir. Bu durum kaymak tabakasının kırılması gibi ek işgücü ve maliyetin artmasına neden olmaktadır.

Bu çalışma da çok düşük oranlarda uygulanan polimerlerin yüzey akış, toprak kaybı ve kaymak tabakası dirençlerini azaltabildiği belirlenmiştir. Polimerlerin ekonomik olarak elde edilebilmesi bazı maddelerin erozyonla mücadelede ve kaymak tabakasının giderilmesinde kolaylıkla kullanılmasını sağlayacaktır.

## KAYNAKLAR

- Abraham, Y.B. and R.J. Rickson. 1989. The effectiveness of stuble mulching in soil erosion control. Soil Erosion Protection Measures in Europe Soil Technology Series, 1: 115-126.
- Akalan, İ. 1967. Toprak Fiziksel Özellikleri ve Erozyon. Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yıllığı, (3-4): 490-503, Ankara.
- Akalan, İ. 1974. Toprak Su Muhafazası. Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayın No:532, Ankara.
- Ben Hur, M. 1994. Runoff, erosion and polymer application in moving-sprinkler irrigation. Soil Sci. 158: 4, 283-290.
- Black, C.A. 1965. Methods of soil analysis. Part 1-2; Amer. Soc. of Agr. Inc., Publisher Madison, USA.
- Bouyoucos, G.J. 1962. Hydrometer method improved for making particle size analysis of soil. Agr. Jour. 54:464-465.
- Bubbenzer, G.D. and L. D. Meyer. 1965. Simulation of rainfall and soils for laboratory research. Trans. ASAE, 8: 73-75.
- Byran, R.B. 1969. The relative erodibility of soil, developed in the peak district of Derbyshire. Geogr. Abs. 51 A, 3:145-159.
- Çağlar, K.Ö. 1949. Toprak Bilgisi. Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayın No:10, Ankara.
- El Hady, O.A. and S.A. Wahba. 2003. Hydrophobic (polyvinylacetate) - hydrophilic (polyacrylamide gel) combination for calcareous soil conditioning and plantation. Egyptian Journal of Soil Science, 43(3): 303-318. ISSN: 0302-6701.
- Foster, G.R., D.K. Mc Cool, , K.G. Renard, and W.C. Mollenhauer. 1981. Conversion of the universal soil loss equation to simetric units. J. Soil Water Cons., 36: 355-359.
- Fox, D.M., R.B. Bryan and A.G. Price. 2004. The role of soil surface crusting in desertification and strategies to reduce crusting. Environmental Monitoring and Assessment, 99(1/3): 149-159. ISSN: 0167-6369.
- Graef, F. and K. Stahr. 2000. Incidence of soil surface crust types in semi-arid Niger. Soil & Tillage Research, 55(3/4): 213-218. ISSN: 0167-1987.
- Gril, J.J., J.P. Canler and J. Carsouille. 1989. The benefit of permanent grass and mulching for limiting. Runoff and erosion in vineyards. Experimentations using rainfall simulators in the Beaujolais. Soil Erosion Protection Measures in Europe Soil Technology Series, 1: 157-166.
- Issa OM, Y. Le Bissonnais, O. Planchon, D.F. Mortlock, N. Silvera and J. Wainwright. (2006). Soil detachment and transport on field- and laboratory-scale interrill areas: erosion processes and the size-selectivity of eroded sediment. Earth Surface Processes and Landforms, 31(8): 929-939.
- Koerner, R.M. and T.A. Okrasinski. 1978. Erosion control of granular soils using PVA. American Society of Civil Engineers, 104(3): 279-294.

- Kovancı, İ. 1964. İzmir bölgesi topraklarının humus durumu ve C/N münasabetleri üzerinde araştırmalar (Doçentlik Tezi). E.Ü.Z.F. İzmir.
- Lei, T.W., Z.J. Tang, Q.W. Zhang and J. Zhaou. 2003. Effects of polyacrylamide application on infiltration and soil erosion under simulated rainfalls. II. Erosion Control. ACTA Pedologia Sinica, 40(3): 401-406. ISSN: 0564-3929.
- Levin, J., M. Ben Hur, M. Gal and G.J. Levy. 1991. Rain energy and soil amendments effect on infiltration and erosion of three different soil types. Australian Journal of Soil Res. 29: 3, 455-465, 24 ref.
- Levy, G.J., J. Levin, M. Gal, M. Ben Hur and I. Shainberg. 1992. Polymers effects on infiltration and soil erosion during consecutive simulated springler irrigations. Soil Sci. Amer. J., 56: 902-907.
- Levy, G.J. and I. Rapp. 1999. Polymer effect on surface mechanical strength of a crusting loessial soil. Australian Journal of Soil Research, 37(1): 91-101.
- Martinez-Rodriguez G.A, M. A. Vazquez, J.L. Guzman, R. Ramos-Santana and O. Santana. 2007. Use of polyacrylamide as an erosion control strategy in a highly eroded soil of Puerto Rico. Journal of Agriculture of The University of Puerto Rico, 91(3-4): 87-100.
- Middleton, H.E. 1930. Properties of soil which influence soil erosion. USPA Tech. Bul. No:178.
- Neal, J.H. 1938. The effect of the degree of slope and rainfall characteristics on runoff and soil erosion. Agr. Exp. St. Res. Bul., No:280.
- Oades, J.M. 1976. Prevention of crust formation in soils by polyvinylalcohol. Australian Journal of Soil Research, 14(2): 139-148.
- Özdamar, K. 2004. Paket Programlar ile İstatistiksel Veri Analizi-1, 648 s.
- Page, E.R. and M.J. Quick. 1979. A comprasion of the effectiveness of organic polymers as soil anti-crusting agents. J.Sci. Food Agr. 30: 112-118.
- Polyakasa, E. Yu., 1980. Residual effects of polymer soil structure conditioner. Agrokhimya, 3: 93-96.
- Reichert, J.M., L.D. Norton and C. Huang. 1994. Sealing amendment and rain intensity effects on erosion of high-clay soils. Soil Sci. Soc. of America Journal. 58(4): 1199-1205. ISSN: 0361-5995.
- Scheffer, F. and P. Schachtschabel. 1993. Toprak Bilgisi. Çukurova Üniversitesi Ziraat Fakültesi Genel Yayın No: 73, Ders Kitapları Yayın No: 16, Adana.
- Soil Survey Staff. 1951. Soil Survey Manual. U.S.Dept. agr. Handbook No:18, U.S Government Print Office, Washington.
- Stefenson, R.C. 1973. Polyvinyl alcohol as a stabilizer of surface soils. Soil Sci., 115: 420-428.
- Tanaka, U., Y. Yokoi, T. Kosaki and K. Kyuma. 1999. Mechanisims and processes of crust formation on artificial aggregates: III. Relations between natural rainfall characteristics and degree of crusting. Soil Science and Plant Nutrition, 45(3): 537-549. ISSN: 0038-0768.
- Taysun, A., F. Saatçı ve H. Uysal. 1984. Topraklara PVA (Polivinilalkol) uygulamasının agregatlaşmaya etkisi üzerinde bir ön çalışma. E.Ü.Z.F. Yayın No: 21/3: 27-33.
- Taysun A. 1986. Gediz havzasında rendzina tarım topraklarında yapay yağmurlayıcı yardımıyla taşlar, bitki artıkları ve polivinilalkol'ün (PVA) toprak özellikleri ile birlikte erozyona etkileri üzerinde araştırmalar. EÜZF Yayın No:474.
- Taysun, A. 1989. Toprak ve Su Korunumu. EÜZF Teksir No:92-III, Bornova-İzmir.
- U.S. Salinity Lab. Staff. 1954. Diognosis and Improvement of Saline and Alkali Soils, U.S.Goverment Print Office, Washington.
- Uysal, H., A. Taysun. 1993. Tarımsal amaçlarla kullanılan bazı yapay polimerler ve bunların toprağı bağlama mekanizması. E.Ü.Z.F. Dergisi, 30 (1-2): 127-133.
- Uysal, H., A. Taysun and C. Köse. 1995. Toprak özellikleriyle birlikte kümeleşmeyi sağlayan bazı polimerlerin laboratuvar koşulları altında su erozyonu üzerine etkileri. İ Akalan Toprak ve Çevre Semp., Ankara.pp. 101-111.
- Uysal, H., A. Taysun, G. Yönter, G. Yolcu. 1996. Toprakların erozif özellikleri üzerine polivinilalkol'ün (PVA) etkileri. I. Uludağ Çevre Müh. Semp., Bursa, 771-778.
- Wakindiki, I.I.C. and M. Ben Hur. 2002. Soil mineralogy and texture effects on crust micromorphology, infiltration, and erosion. Soil Science Society of America Journal, 66(3): 897-905. ISSN: 0361-5995.
- Wischmeier, W.D. and D.D. Smith. 1958. Rainfall energy and its relationship to soil loss. Trans. Amer. Geophys Union. 39: 285-291.
- Wischmeier, W.D. and J.V. Mannering. 1969. Relation of soil properties and erodibility. Soil Sci. Soc. Amer. Proc., 33:131-137
- Zhang, X.C., W.P. Miller, M.A. Nearing and C.D. Norton. 1998. Effects of surface treatment on surface sealing, runoff, and interrill erosion. Transaction of the ASAE, 41(4): 989-994.
- Yönter, G., 2001. Toprak iskeletinin yapay yağmurlayıcı koşulları altında su erozyonuna etkisi. (Doktora Tezi). Bornova-İZMİR.
- Yönter, G., 2006. Laboratuvar koşulları altında yağış yoğunlukları, kaymak tabakası oluşumu ve su erozyonu arasındaki ilişkiler. E.Ü.Z.F. Derg., 43(1): 109-119.