

## Polivinilalkol (PVA) Uygulamasının Strüktürel Stabilité Ölçütleri ve Yüzeý Akış Kayıpları Üzerine Etkisi

Serdar SARI\*

Taşkın ÖZTAŞ

Atatürk Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü, Erzurum  
(Sorumlu yazar e-mail: serdar.sari@atauni.edu.tr)

Geliş Tarihi :03.03.2017

Kabul Tarihi :28.04.2017

**ÖZET :** Erozyon doğal kaynakları tehdit eden en önemli degradasyon tipidir. Toprağın erozyona karşı direncinin artırılması sürdürülebilir toprak yönetiminin temel prensiplerinden biridir. Bu çalışma, polivinilalkol (PVA) uygulamasının farklı tekstür sınıftaki [kil (C), tın (L), kumlu tın (SL)] toprakların strüktürel stabilite ölçütleri (agregat stabilitesi ve dispersiyon oranı) üzerine etkilerini ve yapay yağmurlama koşulları altında yüzeý akış kayıplarının azaltılmasında ki etkinliğini belirlemek amacıyla yürütülmüştür. Yapay yağış için kullanılan yağış simülatörünün yağış yoğunluğu 40 mm h<sup>-1</sup> ve yüksekliği ise 80 cm olarak ayarlanmıştır. Yapay yağışa maruz bırakılan toprak tablası da %9 eğim derecesinde konumlandırılmıştır. PVA uygulaması araştırma konusu üç toprağın tüm agregat fraksiyonlarının agregat stabilitesi (AS) değerlerini (<0.25, 0.25-0.5, 0.5-1, 1-2, 2-4, 4-6, 6-8, >8 mm) ve ortalama AS değerlerini istatistiki anlamda önemli seviyede artırırken dispersiyon oranlarını azaltmıştır (p<0.05). Bunun yanında PVA uygulaması yüzeý akışla hem toprak hem de su kayıplarını önemli düzeyde azaltmıştır. Araştırma sonunda ayrıca yüzeý akış ile uzaklaşan toprak ve su miktarları bakımından toprakların birbirinden önemli seviyede farklılık gösterdiği belirlenmiştir.

**Anahtar kelimeler:** Erozyon, yüzeý akış, polivinilalkol, agregat stabilitesi, dispersiyon oranı

### Effects of Polyvinylalcohol (PVA) Application on Structural Stability Parameters and Runoff Looses

**ABSTRACT :** Erosion is the most important degradation type threatening natural resources. Increasing soil's resistance against erosive forces is one of the fundamental principles of sustainable soil management. The objectives of this study were to determine effects of PVA applications on soil structural parameters of three soils with different textures (clay, loam, sandy loam) and to assess effectiveness of PVA on reducing runoff and soil losses under artificial rainfall conditions. The rainfall simulator was set to 70 cm height with 40 mm h<sup>-1</sup> rainfall intensity. The soil pan was located with 9% slope gradient. The results indicated that the PVA applications increased aggregate stability in all aggregate fractions (<0.25, 0.25-0.5, 0.5-1, 1-2, 2-4, 4-6, 6-8 and >8 mm) in all three soils and also significantly increased mean aggregate stability of soils at p<0.05. Dispersion rate decreased and the resistance of soil against erosion increased in all PVA treated soils. There were great differences in soil and water losses removed by runoff among soils studied. The highest soil and water losses occurred in loam and sandy loam textured soils, respectively. The results of this study clearly indicated that soil and water losses were significantly reduced by PVA applications. On the average, soil losses decreased about 77% and water losses nearly 18% in PVA treated soils.

**Keywords:** Erosion, runoff, polyvinylalcohol, aggregate stability, dispersion rate

### GİRİŞ

Toprak erozyonu doğal kaynakları tehdit eden tarımsal ve gıda üretimini sınırlayan küresel bir çevre problemidir. Dünya genelinde yaklaşık her yıl 75 milyar ton toprak erozyonla uzaklaşmaktadır (Toy et al. 2002). Erozyonun başlangıç noktası yüzeý akışın başlamasıyla ve hatta onun öncesinde yağmur damlalarının toprağa çarpması ile zayıf agregat yüzeýlerindeki fraksiyonların damlanın enerjisini kıramayarak sıçramasıyla başlamaktadır. Bu sebeple erozyon sürecinin başlaması toprak strüktürünün bozulmasıyla başlamaktadır. Toprak strüktürü bir bitki büyüme faktörü olmamasına rağmen, bitki büyümesi ile dolaylı olarak yakından ilgilidir. Bu nedenle, toprak strüktürü üzerine etkili olan faktörlerin incelenmesine ve bilinmesine ihtiyaç vardır. Strüktürel açıdan bozulmuş topraklarda agregasyonu sağlamak ve agregat stabilitesini artırmak için üst toprak içerisine organik atıkların karıştırılması en yaygın yol olarak izlenmekle birlikte, bu toprakların rehabilitasyonunda fazla

miktarda organik girdiye ihtiyaç duyulması ve topraktaki inkübasyon sürecinin uzun olması bu alanda sentetik organik toprak düzenleyicilerinin alternatif kullanım olanaklarının araştırılmasına yön vermiş ve organik polimerlerin kullanımı yoğun olarak araştırılmaya başlanmıştır (Aksakal 2009). 1970'li yıllardan günümüze kadar polisakkaritler ve nişasta kopolimerleri başta olmak üzere birçok sentetik organik polimerler toprakların strüktürel stabilitesini sağlamak amacıyla araştırmalara konu edilmektedir. Bu konuda yapılan çalışmalarda, sentetik polimerlerin toprak yüzeyine çok düşük dozlarda uygulanmasının bile agregat stabilitesi ve strüktürel yapıyı geliştirme bakımından önemli pozitif etkiler yapabileceği genel bir sonuç olarak vurgulanmaktadır (Sivapalan 2002; Imbufe et al. 2005). Organik polimerler toprak agregatlarının oluşumunda çimentolayıcı veya yapıştırıcı olarak strüktürel yapının ortaya çıkmasında çok önemli bir işlevi yerine getirmektedir (Tisdall and Oades 1982).

\*Bu çalışma Serdar Sarı'nın doktora tezinden çıkarılmıştır.

Katyonik organik polimerlerin kil mineralleri üzerindeki negatif elektrostatik yük dengesini sağladığı ve böylece koagüle edici özellik taşıdığı bilinmektedir. Polimer moleküllerinin agregat boşlukları arasındaki hareketinin ve penetrasyonunun agregatların stabilizasyonu sağladığı ifade edilmektedir (Ben-Hur and Keren 1997). Flokulant materyallerin, taneler arasında bağlanma kuvvetlerini arttırarak agregatları parçalayıcı ve yıkıcı kuvvetlerin olumsuz etkilerini azalttığı bildirilmektedir (Sharma et al. 2006).

Chiellini et al. (2003) organik bir polimer olan polivinilalkolün (PVA) yıkanma ile kaybı üzerine yapmış oldukları çalışmada, toprağa 5-10 g m<sup>-2</sup> oranlarında uygulanan PVA'nın toprak tarafından tamamen tutulduğunu ve yıkama solüsyonunda PVA'ya rastlanmadığını tespit etmişlerdir. Stefanson (1973) sentetik organik polimerlerle toprağın strüktürel stabilitesinin sağlanması üzerine yapılan ilk çalışmalarında PVA'nın diğer birçok organik polimer kadar etkili olduğunu belirtmekte ve yüze toprağının strüktürel yapısının toprak organik maddesi tarafından korunduğu sürece PVA uygulamasının toprağın strüktürel yapısını etkili bir şekilde stabilize ettiğine dikkat çekmektedir. Ayrıca, bozulmamış toprak kolonları üzerine ağırlık esasına göre %0.005 oranında PVA uygulamasının bile suni yağmur koşulları altında toprak tarafından infiltre edilen yağış miktarının iki katına çıkarılabileceğini bildirmektedir. Yönter ve Uysal (2010) kumlu killi tın ve kumlu tın bünyedeki iki toprağa laboratuvar koşullarında farklı yoğunluktaki poliakrilamid (PAM) ve polivinilalkol (PVA) (6.70 ve 33.50 kg ha<sup>-1</sup>) püskürterek uygulamışlardır. Erozyon parsellerinde yapay yağış uyguladıktan sonra, bu polimerlerin yüze akış, toprak kaybı ve kaymak tabakası üzerine etkisini incelemişlerdir. Araştırma sonucunda incelenen parametrelerin her iki toprak örneğinde de PVA ve PAM uygulamalarının önemli derecede azalttığı belirlenmiştir. Koerner ve Okrasinski (1978) PVA'nın erozyona duyarlı bir toprağa 48 g m<sup>-2</sup> oranında uygulanması halinde 3.8 cm h<sup>-1</sup> yoğunlukta 120 dakika boyunca yağın yağışa karşı erozyona dirençli kalabildiğini rapor etmiştir. Yüze serpilerek veya sulama sularında çözündürülerek toprağa uygulanan polimerlerin; toprak hidrolik iletkenliğini (Aksakal 2009; Sarı 2011) ve infiltrasyonu önemli derecede artırdığı (Abu-Zreig 2006; Sojka et al. 2007), kaba bünyeli topraklarda strüktürü düzelttiği ve toprakların su tutma kapasitelerini arttırdığı (Abd El-Rehim et al. 2004; Abedi-Koupai and Asadkazemi 2006), agregat stabilitesini %17'lerden %90'lara kadar çıkarabildiği (Bronick and Lal 2005; Kukal et al. 2007; Aksakal 2009), kaymak bağlama, akma ve dispersiyona karşı toprak yüzeyinin stabilitesini sağladığı (Fox et al. 2004; Bronick and Lal 2005), yüze akış ve toprak

kayıplarını önemli ölçüde azalttığı (Abu-Zreig 2006; Sojka et al. 2007) belirtilmektedir.

Bu çalışmada, farklı tekstür sınıftaki (kil, tın, kumlu tın) topraklara polivinilalkol (PVA) uygulamasının toprakların strüktürel stabilite ölçütleri üzerine etkileri ile yapay yağmurlama koşulları altında yüze akış kayıplarının azaltılmasında ki etkinliğini belirlemek amaçlanmıştır.

## MATERYAL ve METOT

Araştırmada kullanılan toprak örnekleri Erzurum yöresinde yaygın olarak bulunan büyük toprak gruplarından Daphan ovasından Vertisol ordosu Typic Ustert, Erzurum ovasından Entisol ordosu Fluvaquent ile Ustorthent büyük toprak gruplarından, 0-30 cm'lik işlemeli tarım yapılan farklı tekstürel yapıdaki arazilerden toplanmıştır. Örnekleme noktaları Akgül (1992) ve Özgül (2003) tarafından yapılan çalışma sonuçları dikkate alınarak belirlenmiştir.

Hava kuru nem düzeyine getirilen topraklar 8 mm'lik elekten elenmiş ve her toprak örneği için bazı fiziksel ve kimyasal analizlerin yapılması amacıyla 2 mm'lik elekten geçirilmiş alt örnekler hazırlanmıştır. Toprak örneklerine uygulanacak polivinilalkol (PVA) miktarları bu konuda daha önce yapılmış etkin doz deneme sonuçlarına göre belirlenmiş olup; bu oran kuru ağırlık esasına göre %0.05 g/g belirlenmiştir (Öztaş vd 2002; Chiellini et al. 2003; Aksakal ve Öztaş 2010). Deneme kapları içerisindeki toprakları tarla kapasitesi nem içeriğine getirebilecek su miktarları tespit edilmiştir. Topraklara uygulanacak su içerisine ilave edilen PVA su içerisinde çözünmesi için 70°C'de ısıtılmıştır. Su içerisinde çözünen ve uygulamaya hazır hale gelen çözelti, topraklara püskürtülerek ve toprak yapısını bozmamaya dikkat ederek homojen bir şekilde uygulanmıştır. PVA uygulaması yapılan topraklar 33x33x5 cm'lik çelik kaplara konularak yapay yağış uygulaması için hazırlanmıştır. Yapay yağış için kullanılan yağmurlayıcının yağış yoğunluğu 40 mm h<sup>-1</sup> yağış yoğunluğunda ve toprak örneğinden 80 cm yükseklikte olacak şekilde ayarlanmış olup yapay yağışa maruz kalacak olan toprak tablası %9 eğim derecesinde ayarlanmıştır.

Toprak tablasının ön kısmına yüze akış ile kayıpların tespit edilebilmesi için bir toplama kanalı eklenmiştir. Yüze akış ile uzaklaşan su ve toprak bu kanal vasıtası ile süspans halde toplanmıştır. Deneme sonunda süspans haldeki sıvı mezür ile ölçülerek yüze akış ile kaybolan su miktarı, süspans haldeki sıvı etüvde buharlaştırılarak geriye kalan materyal ise tartılarak yüze akışla uzaklaşan toprak miktarı olarak değerlendirilmiştir. Agregat büyüklük dağılımı ve ortalama ağırlık çapı belirlemek için >8 mm, 8-6 mm, 6-4 mm, 4-2 mm, 2-

1 mm, 1-0.5 mm, 0.5-0.25 mm ve <0.25 mm'den oluşan elek seti kullanılmıştır. Yaklaşık 1 kg toprak örneği elek setinden geçirilmiş ve her bir elek boyutu içerisinde kalan toprak fraksiyonlarının miktarları ağırlık esasından belirlenerek toplam toprak miktarı içerisindeki yüzde dağılımları hesaplanmıştır. Her bir elek aralığındaki toprak fraksiyonlarından agregat stabilitesi ve dispersiyon oranı analizi için örnek alınmıştır. Agregat büyüklük dağılımı belirlenen her bir agregat büyüklüğü fraksiyonunun agregat stabilitesi 12.7 mm darbe uzunluğu ve 42 devir dak<sup>-1</sup> darbe frekansına sahip Yoder tipi ıslak eleme aleti kullanılarak belirlenmiştir (Kemper and Rosenau 1986). Dispersiyon oranı 2 mm'den küçük agregat fraksiyonunun su içerisinde disperse edilmesinden önce ve sonra 50 mikrondan daha küçük fraksiyonların hidrometre yardımıyla ölçülmesi hesaplanmıştır (Lal 1988). Yapay yağış sonucu meydana gelen yüzey akış kayıplarının ve PVA uygulamasının toprak özellikleri ile araştırma konusu erozyon parametreleri üzerine etkinliğinin değerlendirilmesinde ANOVA, Duncan çoklu

karşılaştırma ve Pearson korelasyon analizi yapılmıştır (SPSS 2000).

### BULGULAR ve TARTIŞMA

Araştırmada kullanılan topraklara ait bazı fiziksel ve kimyasal özellikler Çizelge 1'de verilmiştir. Araştırma toprakları arasında en fazla kil içeriğine %51.43 ile Pellustert büyük toprak grubu, en az kil içeriğine %16.67 ile Ustorthent büyük toprak grubu sahiptir. Buna karşılık en fazla kum içeriği %52.52 Ustorthent büyük toprak grubunda, en az kum içeriği ise %24.15 ile Pellustert büyük toprak grubunda belirlenmiş olup toprakların tekstür sınıfları kil, tın ve kumlu tın olarak belirlenmiştir. Toprakların kireç içerikleri her üç toprak örneğinde az; pH değerleri ise 7.11, 7.73 ve 6.91 olarak belirlenmiş olup, reaksiyon bakımından nötr ile hafif alkali karakterde olduğu tespit edilmiştir. Organik madde içerikleri %1.60, 2.07 ve 2.59 olarak belirlenmiş olup, az ve orta sınıfına girmektedir. Elektriksel iletkenlik (EC) ve değişebilir Na<sup>+</sup> içeriklerine göre tuzluluk ve alkalilik probleminin olmadığı saptanmıştır.

Çizelge 1. Araştırma konusu topraklara ait bazı fiziksel ve kimyasal analiz sonuçları

Toprak Özellikleri	Örnek No		
	1	2	3
Kil, %	51.43	21.13	16.67
Silt, %	24.42	43.51	30.82
Kum, %	24.15	35.36	52.52
Tekstür Sınıfı	Kil	Tın	Kumlu Tın
Büyük Toprak Grubu	Pellustert	Fluvaquent	Ustorthent
pH	7.11	7.73	6.91
EC, mS cm <sup>-1</sup>	0.50	0.45	0.31
Tane Yoğunluğu, g cm <sup>-3</sup>	2.67	2.63	2.66
Hacim Ağırlığı, g cm <sup>-3</sup>	1.07	1.21	1.32
CaCO <sub>3</sub> , %	1.33	1.77	1.27
Organik Madde, %	1.60	2.07	2.59
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> , kg da <sup>-1</sup>	15.19	8.67	7.52
KDK, cmol kg <sup>-1</sup>	58.38	29.32	21.78
Ca, cmol kg <sup>-1</sup>	8.18	7.70	4.00
K, cmol kg <sup>-1</sup>	1.60	1.77	1.60
Na, cmol kg <sup>-1</sup>	0.13	0.31	0.15

### Polivinilalkol (PVA) uygulamasının agregat büyüklük dağılımı, agregat stabilitesi ve dispersiyon oranı üzerine etkileri

Toprağın erozyona duyarlılığını etkileyen en önemli parametrelerden olan agregat büyüklük

dağılımı, ortalama ağırlık çap (OAC), agregat stabilitesi (AS) ve dispersiyon oranı (DO) üzerine PVA'nın etkileri Çizelge 2 ve Çizelge 3'de görülmektedir.

Çizelge 2. Araştırma topraklarının agregat büyüklük dağılımı (ABD) ve ortalama ağırlık çap (OAÇ) değerlerinin Duncan çoklu karşılaştırma testi sonuçları

Toprak	Muamele	Agregat Büyüklük Dağılımı, (%)											OAÇ, mm
		<0.25 mm	0.25-0.5 mm	0.5-1 mm	1-2 mm	2-4 mm	4-6 mm	6-8 mm	>8mm				
Kil	Kontrol	4.10±0.20g	8.87±0.49f	13.80±0.26d	15.60±0.70c	18.23±0.15b	12.17±0.85e	6.57±0.97g	20.60±1.57a	2.82±0.02A			
	PVA	14.17±0.64d	23.20±0.52a	21.10±0.35b	15.73±0.25c	13.67±1.06d	6.97±0.49e	3.03±0.38f	2.13±0.68f	1.55±0.05B			
Tın	Kontrol	6.23±1.06f	9.67±0.15e	13.57±0.32c	16.97±0.35b	21.13±0.64a	14.00±0.79c	6.67±0.25f	11.77±1.70d	2.67±0.06A			
	PVA	10.97±0.71f	13.73±0.32d	16.17±0.25c	18.77±0.12b	22.17±0.11a	12.90±0.36e	4.03±0.59g	1.33±0.15h	2.11±0.04B			
Kumlu tın	Kontrol	8.53±2.32e	8.97±1.72de	12.23±0.38cd	15.80±0.62b	19.13±0.32a	13.87±0.45bc	9.40±2.60de	12.03±2.94cd	2.78±0.19A			
	PVA	12.90±4.50c	14.67±0.72bc	15.80±0.26bc	17.83±0.49ab	20.50±0.95a	13.30±1.32c	5.00±1.31d	0±0.0e	2.08±0.19B			

Küçük harfler yatay değerlendirme, büyük harfler dikey değerlendirme için kullanılmıştır.

Çizelge 3. Araştırma topraklarının agregat stabilitesi (AS) değerlerinin Duncan çoklu karşılaştırma testi sonuçları

Toprak	Muamele	Agregat Stabilitesi, (%)											Ortalama Agregat Stabilitesi, %		Dispersiyon Oranı, %
		<0.25 mm	0.25-0.5 mm	0.5-1 mm	1-2 mm	2-4 mm	4-6 mm	6-8 mm	>8mm						
Kil	Kontrol	40.01±7.51a	6.41±2.59b	12.20±6.27b	9.00±0.34b	6.85±1.44b	8.22±2.91b	5.92±1.20b	7.39±1.15b	12.00±11.43B	77.8±7.8A				
	PVA	73.40±0.78a	53.20±2.77b	47.45±5.88bc	39.98±3.73c	41.07±4.75c	45.18±2.16bc	47.68±8.97bc	67.34±6.55a	51.91±12.42A	48.5±3.5B				
<b>Genel Ortalama</b>										<b>31.96±21.93C</b>			<b>63.15±16.9A</b>		
Tın	Kontrol	21.61±5.36bc	16.16±3.90c	26.23±3.28ab	20.23±3.25bc	23.12±0.39bc	32.85±5.96a	25.59±2.38b	23.92±3.97b	23.71±5.70B	44.4±5.5A				
	PVA	45.51±1.74f	63.93±3.20de	72.70±1.98c	65.99±2.08de	61.91±2.46e	68.40±4.89cd	81.20±1.79b	93.86±0.65a	69.19±0.45A	21.9±1.6B				
<b>Genel Ortalama</b>										<b>46.45±24.91B</b>			<b>33.1±12.8B</b>		
Kumlu tın	Kontrol	28.55±3.97a	26.69±7.52a	24.99±2.89a	21.89±0.81abc	23.78±1.69ab	16.28±1.31cd	17.31±3.21bcd	13.44±2.86d	21.61±5.97B	23.3±1.5A				
	PVA	50.30±3.83c	81.89±2.03a	87.00±1.89a	82.37±1.96a	80.78±8.47a	68.46±5.76b	87.41±0.33a	0±0.0d	76.89±28.71A	4.7±2.0B				
<b>Genel Ortalama</b>										<b>49.25±25.05A</b>			<b>14.0±10.3C</b>		

Küçük harfler yatay değerlendirme, büyük harfler dikey değerlendirme için kullanılmıştır.

Kil tekstür sınıfındaki toprağın kontrol düzeyinde toplam toprak kütlesi içerisinde oransal olarak en fazla >8 mm agregat fraksiyonunda, Tın ve Kumlu tın tekstür sınıfındaki toprakların kontrol düzeyinde ise 2-4 mm agregat fraksiyonunun en fazla olduğu belirlenmiştir. Söz konusu topraklarda oransal olarak en az miktarda ise 0.25 mm'den küçük agregat fraksiyonunun olduğu belirlenmiştir. Araştırma topraklarının kontrol düzeylerinde OAÇ değerleri sırasıyla 2.82 mm, 2.67 mm ve 2.78 mm olarak hesaplanmıştır. PVA uygulaması her üç toprakta özellikle <0.25 mm, 0.25-0.5 mm ve 0.5-1 mm agregat fraksiyonlarının oransal miktarlarını önemli düzeyde artırırken; 8 mm'den büyük agregat fraksiyonlarının miktarını ise önemli düzeyde azaltmıştır. Bu değişimlerden dolayı PVA uygulaması her üç toprakta OAÇ değerlerinde önemli düzeyde düşümlere neden olmuş ve PVA uygulaması sonrasında OAÇ değerleri 1.55 mm, 2.11 mm ve 2.08 mm olarak hesaplanmıştır.

Araştırma topraklarının farklı agregat fraksiyonlarında belirlenen AS değerleri arasında istatistiksel olarak önemli düzeyde farklılıklar olduğu belirlenmiştir. Kil tekstür sınıfındaki toprağın kontrol düzeyinde en yüksek AS değeri 0.25 mm'den küçük agregat fraksiyonunda %40.01 olarak belirlenirken, en düşük AS değeri 6-8 mm agregat fraksiyonunda %5.92 olarak belirlenmiştir. Tın tekstür sınıfındaki toprağın kontrol düzeyinde en yüksek AS değeri (%32.85) 4-6 mm, en düşük AS değeri (%16.16) 0.25-0.5 mm agregat fraksiyonunda; Kumlu tın tekstür sınıfındaki toprağın kontrol düzeyinde ise en yüksek (%28.55) ve en düşük (%13.44) AS değerleri ise <0.25 mm ve >8 mm agregat fraksiyonlarında tespit edilmiştir.

PVA uygulamasının araştırma konusu üç toprağın tüm agregat fraksiyonlarında ve ortalama AS değerlerinde önemli düzeyde ( $p<0.05$ ) artışlar meydana getirdiği belirlenmiştir. PVA uygulaması sonrasında; Kil tekstür sınıfındaki toprağın en yüksek AS değeri (%73.40) 0.25 mm'den küçük agregatlarda, en düşük AS değeri (%39.98) 1-2 mm agregat fraksiyonlarında, Tın tekstür sınıfında en yüksek (%93.86) ve en düşük (%45.51) AS değerleri 8 mm'den büyük ve 0.25 mm'den küçük agregat fraksiyonlarında, kumlu tın tekstür sınıfındaki toprakta ise en yüksek (%87.41) ve en düşük (%50.30) AS değerleri 6-8 mm ve 0.25 mm'den küçük agregat fraksiyonlarında belirlenmiştir. Killi, Tınlı ve Kumlu tın tekstür sınıfındaki toprakların kontrol düzeylerinde ortalama AS değerleri sırasıyla %12.00, %23.71 ve %21.61 iken, PVA uygulaması sonrasında söz konusu toprakların ortalama AS değerleri %51.91, %69.19 ve %76.89 olarak belirlenmiştir. PVA uygulamasının Killi, Tınlı ve Kumlu tın tekstür sınıfındaki toprakların ortalama AS değerlerinde sırasıyla %333, %193 ve %256 oranında

artışlar meydana getirdiği hesaplanmıştır. Aksakal (2009), Sarı (2011) yapmış oldukları araştırmalarda da PVA uygulamasının toprakların agregat stabilitesi ve toprak özelliklerini iyileştirdiği sonucuna varmışlardır. Ayrıca toprakların AS değerleri arasında önemli düzeyde ( $p<0.05$ ) farklılıklar olduğu, ortalama olarak en yüksek AS değeri (%49.25) Kumlu tın tekstür sınıfındaki toprakta belirlenirken, en düşük ortalama AS değeri (%31.96) Kil tekstür sınıfındaki toprakta belirlenmiştir.

Dispersiyon oranı; toprağın su içerisinde kolaylıkla dispers olabilir durumdaki kil ve silt fraksiyonları toplamının, mekanik analizde belirlenen toplam kil ve silt fraksiyonlarına oranlanması ile elde edilen bir değerdir. Bu oranın küçük olması, toprağın erozyona karşı dayanıklılığının fazla olduğunu göstermektedir. Dispersiyon oranı değeri, %15'ten büyük olan toprakların erozyona karşı hassas oldukları belirtilmektedir (Lal 1988; Sönmez 1994). Araştırma topraklarının DO değerlerinin genel ortalamada birbirlerinden önemli düzeyde farklı olduğu belirlenmiş olup Killi, Tınlı ve Kumlu tın tekstür sınıflarında sırasıyla %63.15, %33.1 ve %14.0 olarak belirlenmiştir. PVA uygulaması toprakların DO değerlerini önemli düzeyde azaltmıştır. Killi tekstür sınıfındaki toprağın kontrol düzeyinde %77.8 olan DO değeri PVA uygulaması ile %37.6'lık azalışla %48.5 olmuştur. PVA uygulaması ile benzer azalışlar Tınlı tekstür sınıfında kontrol düzeyindeki %44.4'lük DO değeri %50.6'lık azalışla %21.9'a, Kumlu tın tekstür sınıfının kontrol düzeyinde %23.3 olan DO değeri ise %79.8'lik azalışla %4.7'ye düşmüştür. PVA uygulaması farklı tekstür sınıfındaki toprakların DO değerlerini azaltmış olup kumlu tın tekstür sınıfındaki toprağın DO değerini erozyon için kritik olan %15 değerinin altına düşürmüştür.

#### **Yüzey akış ile taşınan toprak ve su miktarı**

Araştırma konusu topraklardan yüzey akış ile uzaklaşan toprak ( $g\ m^{-2}$ ) ve su ( $L\ m^{-2}$ ) miktarları Çizelge 4'de verilmiştir. Toprak ve su kayıpları yönünden toprakların ve muamelelerin birbirlerinden önemli derecede ( $p<0.05$ ) farklı olduğu belirlenmiştir.

Kontrol düzeyinde kil tekstür sınıfındaki toprakta yüzey akış ile taşınan toprak miktarı  $17.05\ g\ m^{-2}$ , tın tekstür sınıfındaki toprakta  $20.72\ g\ m^{-2}$  ve kumlu tın tekstür sınıfındaki toprakta ise bu miktar  $15.28\ g\ m^{-2}$  olarak belirlenmiştir. En yüksek toprak kaybı tın tekstür sınıfında, en düşük kayıp ise kumlu-tınlı tekstür sınıfındaki toprakta meydana gelmiştir. Yüzey akış ile taşınan toprak miktarı üzerine tekstürün önemli bir faktör olduğu Adekula et al. (2007), Ekwue et al. (2009) tarafından yapılmış olan çalışmalarda da belirtilmiştir.

PVA uygulamasının yüze akış ile toprak kayıplarını kontrole göre önemli düzeyde ( $p<0.05$ ) azalttığı belirlenmiştir. Kil tekstür sınıfındaki toprakta yüze akış ile uzaklaşan toprak miktarı PVA uygulaması sonrasında %56 oranında azalarak  $7.44 \text{ g m}^{-2}$  olarak belirlenmiştir.

Tınlı ve kumlu tın tekstür sınıfındaki topraklarında yüze akış ile uzaklaşan toprak miktarları

PVA uygulaması sonrasında sırasıyla %90 ve %83 oranlarında azalarak  $2.14 \text{ g m}^{-2}$  ve  $2.54 \text{ g m}^{-2}$  olarak belirlenmiştir. Genel ortalamada yüze akış ile kaybolan toprak miktarları bakımından muameleler karşılaştırıldığında PVA uygulamasının toprak kayıplarını kontrole göre %77 oranında azalttığı tespit edilmiştir. Yüze akış ile uzaklaşan su miktarı genel ortalamada kumlu tınlı tekstür sınıfına sahip toprakta en fazla meydana gelirken, en az su kaybı kil tekstür sınıfındaki toprakta meydana gelmiştir. Yüze akış ile uzaklaşan su miktarı bakımından

topraklar arasında önemli düzeyde ( $p<0.05$ ) farklılıklar belirlenmiştir.

PVA uygulamasının yüze akış ile su kayıplarını kontrole göre önemli düzeyde ( $p<0.05$ ) azalttığı belirlenmiştir. Kil tekstür sınıfındaki toprağın yüze akış ile uzaklaşan su miktarı kontrolde  $1.64 \text{ L m}^{-2}$  olarak belirlenirken, PVA uygulaması sonrasında söz konusu kayıp %6 oranında azalarak  $1.54 \text{ L m}^{-2}$  olarak belirlenmiştir. Tınlı ve kumlu tın tekstür sınıfındaki toprakların kontrollerinde yüze akış ile uzaklaşan su miktarları sırasıyla  $2.08 \text{ L m}^{-2}$  ve  $2.86 \text{ L m}^{-2}$  olarak belirlenmiş olup, PVA uygulaması sonrasında %23 ve %22 oranlarında azalarak  $1.61 \text{ L m}^{-2}$  ve  $2.23 \text{ L m}^{-2}$  olarak belirlenmiştir. Genel ortalamada yüze akış ile uzaklaşan su miktarları bakımından muameleler karşılaştırıldığında PVA uygulamasının su kayıplarını kontrole göre %18 oranında azalttığı hesaplanmıştır.

Çizelge 4. Yapay yağış koşullarında yüze akış ile uzaklaşan toprak ve su miktarlarının Duncan çoklu karşılaştırma test sonuçları

Toprak	Muameleler	Yüze Akışla Uzaklaşan Toprak Miktarı, $\text{g m}^{-2}$	Yüze Akışla Uzaklaşan Toprak Miktarı, $\text{g m}^{-2}$ Ortalama	Yüze Akışla Uzaklaşan Su Miktarı, $\text{L m}^{-2}$	Yüze Akışla Uzaklaşan Su Miktarı, $\text{L m}^{-2}$ Ortalama
Kil	Kontrol	17.05±3.60a	12.24±5.59A	1.64±0.02a	1.59±0.06C
	PVA	7.44±1.82b		1.54±0.05b	
Tınlı	Kontrol	20.72±0.34a	11.43±9.31B	2.08±0.09a	1.84±0.28B
	PVA	2.14±0.38b		1.61±0.20b	
Kumlu Tınlı	Kontrol	15.28±4.55a	8.91±7.14C	2.86±0.13a	2.55±0.36A
	PVA	2.54±0.31b		2.23±0.21b	

Küçük harfler yatay değerlendirme, büyük harfler dikey değerlendirme için kullanılmıştır.

Muameleler	Toprak	Yüze Akışla Uzaklaşan Toprak Miktarı, $\text{g m}^{-2}$	Yüze Akışla Uzaklaşan Toprak Miktarı, $\text{g m}^{-2}$ Ortalama	Yüze Akışla Uzaklaşan Su Miktarı, $\text{L m}^{-2}$	Yüze Akışla Uzaklaşan Su Miktarı, $\text{L m}^{-2}$ Ortalama
Kontrol	Kil	17.05±3.60b	17.68±4.05A	1.64±0.02c	2.19±0.52A
	Tınlı	20.72±0.34a		2.08±0.09b	
	Kumlu Tınlı	15.28±4.55c		2.86±0.13a	
PVA	Kil	7.44±1.82a	4.04±2.64B	1.54±0.05c	1.79±0.35B
	Tınlı	2.14±0.38c		1.61±0.20b	
	Kumlu Tınlı	2.54±0.31b		2.23±0.21a	

Küçük harfler yatay değerlendirme, büyük harfler dikey değerlendirme için kullanılmıştır.

Yüze akışın başlaması ve miktarı üzerine toprak fiziksel özelliklerinin (porozite, gözenek büyüklük dağılımı, infiltrasyon hızı ve kapasitesi, agregat stabilitesi, agregat büyüklük dağılımı, kil mineralojisi...) ve tekstürel yapısının çok önemli bir faktör olduğunu Cerdà (2002), Prosdociami et al.

(2016) ve Biddoccu et al. (2017) yapmış oldukları çalışmalarında ifade etmektedirler. Kil içeriği yüksek olan topraklarda spesifik yüzeyin ve porozitenin yüksek olması toprakta daha fazla suyun tutunmasına neden olduğu için yüze akışa geçen su miktarını azaltmaktadır (Pachepsky and Rawls 2003).Agregat

stabilitesi ve dispersiyon oranı toprağın erozyona karşı direncinin değerlendirilmesinde en önemli parametrelardendir (Chenu et al. 2000; Blanco-Canqui and Lal 2006). PVA uygulaması araştırma konusu topraklarının agregat stabilitesi değerlerini önemli düzeyde arttırarak yüzey akış ile toprak ve su kayıp miktarlarını önemli düzeyde azaltmıştır. PVA uygulaması ile agregat stabilitesi arasında çok önemli pozitif korelasyon (0.956\*\*) belirlenirken; agregat stabilitesi ile yüzey akış ile uzaklaşan toprak miktarı (-0.895\*\*) ve yüzey akış ile uzaklaşan su miktarı (-0.266\*\*) arasında çok önemli düzeyde negatif korelasyon belirlenmiştir. PVA uygulaması toprakların DO değerini önemli düzeyde azaltması da toprakları erozyona karşı daha dirençli yapmış olup, DO değerinin azalması ile yüzey akış ile uzaklaşan toprak ve su miktarları da azalmıştır. PVA uygulaması ile DO arasında önemli düzeyde negatif korelasyon (-0.495\*) tespit edilmiştir. Dispersiyon oranı ile yüzey akış ile uzaklaşan toprak miktarı ve yüzey akış ile uzaklaşan su miktarı arasında kil tekstür sınıfındaki toprakta 0.742\*, 0.818\* tın tekstür sınıfındaki toprakta 0.950\*\*, 0.805\* ve kumlu tın tekstür sınıfındaki toprakta söz konusu korelasyon katsayıları 0.916\*\*, 0.931\*\* olarak belirlenmiştir.

### SONUÇ ve ÖNERİLER

Farklı tekstür sınıfındaki (kil, tın, kumlu tın) topraklardan yapay yağmur koşullarında meydana gelen yüzey akış kayıplarının belirlenmesi ve organik bir polimer olan polivinilalkol (PVA) uygulanmasının yüzey akış kayıplarını minimize edilmesini amaçlayan bu çalışmada; PVA uygulaması araştırma konusu üç toprağın tüm agregat fraksiyonlarının AS değerleri ile ortalama AS değerlerini önemli düzeyde ( $p < 0.05$ ) arttırmıştır. PVA uygulaması araştırma konusu tüm toprakların dispersiyon oranlarını azaltmış olup toprakları erozyona karşı daha dirençli hale getirmiştir. Yüzey akış ile uzaklaşan toprak ve su miktarları bakımından toprakların birbirinden çok önemli derece farklı olduğu, en fazla toprak kaybı tın tekstür sınıfında meydana gelirken en fazla su kaybı ise kumlu tın tekstür sınıfındaki toprakta meydana gelmiştir. PVA uygulaması yüzey akışla hem toprak hem de su kayıplarını önemli düzeyde azaltmıştır. PVA uygulaması genel ortalamada yüzey akış ile kaybolan toprak miktarını %77 oranında, su miktarlarını ise %18 oranında azalttığı tespit edilmiştir. Yüzey akış kayıplarının azaltılmasında PVA'nın önemli bir amanjman uygulaması olduğu belirlenmiştir.

### KAYNAKLAR

- Abd El-Rehim, H.A., Hegazy, E. S. A. and Abd El-Mohdy, H.L., 2004. Radiation synthesis of hydrogels to enhance sandy soils water retention and increase plant performance. *Journal of Applied Polymer Science*, 93(3), 1360-1371.
- Abedi-Koupai, J. and Asadkazemi, J., 2006. Effects of a hydrophilic polymer on the field performance of an ornamental plant (*Cupressus arizonica*) under reduced irrigation regimes. *Iranian Polymer Journal*, 15(9), 715-725.
- Abu-Zreig, M., 2006. Control of rainfall-induced soil erosion with various types of polyacrylamide. *J. Soils Sediments*, 6(3), 137-144.
- Adekalu, K.O., Olorunfemi, I.A. and Osunbitan, J.A. 2007. Grass mulching effect on infiltration, surface runoff and soil loss of three agricultural soils in Nigeria. *Bioresource Technology*, 98, 912-917.
- Akgül, M., 1992. Daphan ovası topraklarının sınıflandırılması ve haritalanması. Doktora Tezi, Atatürk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Toprak Bilimi Bölümü.
- Aksakal, E.L., 2009. Polimer (PVA&PAM) ve hüyük asit (HA) uygulamalarının donma-çözölme süreçlerine maruz kalan toprakların stabilite ölçütleri üzerine etkileri. Doktora Tezi, Atatürk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Toprak Anabilim Dalı.
- Aksakal, E.L., Öztaş, T., 2010. Effects of PVA, PAM and HA on mean weight diameter and wet aggregate stability of soils. 45th Croatian and 5th International Symposium on Agriculture, 15-19 February, Opatija, CROATIA.
- Ben-Hur, M., and Keren, R., 1997. Polymer effects on water infiltration and soil aggregation. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 61(2), 565-570.
- Biddocqua, M., Ferraris, S., Pitacco, A. and Cavallo, E., 2017. Temporal variability of soil management effects on soil hydrological properties, runoff and erosion at the field scale in a hillslope vineyard, North-West Italy. *Soil & Tillage Research*, 165, 46-58.
- Blanco-Canqui, H. And Lal. R., 2006. Aggregates, Tensile Strength. *Encyclopedia of Soil Science Second Edition*, Rattan Lal. Taylor & Francis Group LLC, America, 1428-1432.
- Bronick, C.J., and Lal, R., 2005. Soil structure and management: a review. *Geoderma*, 124(1-2), 3-22.
- Cerdà, A., 2002. The effect of season and parent material on water erosion on highly eroded soils in Eastern Spain. *J. Arid Environ.* 52, 319-337.
- Chenu, C., Le Bissonnais, Y., Arrouays, D., 2000. Organic matter influence on clay wettability and soil aggregate stability. *Soil Science Society Journal of America*, 64, 1479-1486.
- Chiellini, E., Corti, A., and Swift, G., 2003. Biodegradation of thermally-oxidised, fragmented lowdensity polyethylene. *Polymer Degradation and Stability* 81, 341-351.
- Chiellini, E., Corti, A., and Swift, G., 2003. Biodegradation of thermally-oxidised, fragmented lowdensity polyethylene. *Polymer Degradation and Stability* 81, 341-351.
- Ekvwue, E.L., Bharat, C. and Samaroo, K., 2009. Effect of soil type, peat and farmyard manure addition, slope and their interactions on wash erosion by overland flow of some Trinidadian soils. *Biosystems Engineering*, 102, 236-243.
- Fox, D.M., Bryan, R.B., and Price, A.G., 2004. The role of soil surface crusting in desertification and strategies to reduce crusting. *Environmental Monitoring and Assessment*, 99, 149-159.
- Imbufe, A.U., Patti, A.F., Burrow, D., Surapaneni, A., Jackson, W.R., and Milner, A.D., 2005. Effects of potassium humate on aggregate stability of two soils from Victoria, Australia. *Geoderma*, 125(3-4), 321-330.

- Kemper, W.D., and Rosenau, R.C., 1986. Aggregate Stability and Size Distribution. Methods of Soil Analysis. Part 1. Physical and Mineralogical Methods. 2nd Edition. Agronomy No: 9. 425-442, 1188 p, Madison, Wisconsin USA.
- Koerner, R.M. and T.A. Okrasinski. 1978. Erosion control of granular soils using PVA. American Society of Civil Engineers, 104(3): 279-294.
- Kukal, S.S., Kaur, M., Bawa, S.S., and Gupta, N., 2007. Water-drop stability of PVA-treated natural soil aggregates from different land uses. *Catena*, 70(3), 475-479.
- Lal, R., 1988. Soil Erosion Research Methods. Soil and Water Conservation Society, Iowa-USA.
- Özgül, M., 2003. Erzurum Yöresinde Yaygın Olarak Bulunan Büyük Toprak Gruplarının Sınıflandırılması ve Haritalanması. Doktora Tezi, Atatürk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Toprak Anabilimdalı.
- Öztaş, T., Özbek, A.K. ve Aksakal, E.L., 2002. Structural developments in soils treated with polyvinylalcohol. International Conference on Sustainable Land Use and Management, 143-148, 10-13 June, Çanakkale, TURKEY.
- Pachepsky, Y.A., Rawls, W.J., 2003. Soil structure and pedotransfer functions. *European J. Soil Sci.* 54, 443-451.
- Prosdocimi, M., Cerdà, A., Tarolli, P., 2016. Soil water erosion on Mediterranean vineyards: A review. *Catena*, 141, 1-21.
- Sarı, S., 2011. Iğdır yöresi tuzlu ve tuzlu-alkali toprakların ıslahında polimerlerin (PAM&PVA kullanım etkinliğinin belirlenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Atatürk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Toprak Anabilimdalı.
- Sharma, B.R., Dhuldhoya, N.C., and Merchant, U.C., 2006. Flocculants-an ecofriendly approach. *Journal of Polymers and the Environment*, 14(2), 195-202.
- Sivapalan, S., 2002. Potential use of polyacrylamides (PAM) in reclaiming some problem soils. Conference Proceedings, ASSSI Future Soils National Conference, UWA, Perth, Australia.
- Sojka, R.E., Bjorneberg, D.L., Entry, J.A., Lentz, R.D. and Orts, W.J., 2007. Polyacrylamide in agriculture and environmental land management. *Advances in Agronomy*, 92, 75-162.
- Sönmez, K., 1994. Toprak Koruma. Atatürk Üniv. Ziraat Fakültesi Yayınları No: 169, 192. sayfa, Erzurum.
- SPSS for Windows, Release 10.0.5., SPSS Inc., USA.
- Stefanson, R.C. 1973. Polyvinyl alcohol as a stabilizer of surface soils. *Soil Sci.* 115(6), 420-428.
- Tisdall, J.M. and Oades, J.M., 1982. Organic matter and water-stable aggregates in soils. *J. Soil Science*, 33, 141-163.
- Toy, T.J., Foster, G.R., and Renard, K.G., 2002. *Soil Erosion: Processes, Prediction, Measurement, and Control*. New York: John Wiley & Sons.
- Yönter, G. ve Uysal, H., 2010. Bazı polimerlerin laboratuvar koşullarında yüzey akış, toprak kaybı ve kaymak tabakası direnci üzerine etkileri. *Ege Üniv. Ziraat Fak. Dergisi*, 2010, 47 (1), 21-30.