



Polimer ve hümik asit uygulamalarının toprağın strüktürel gelişimi üzerine etkileri

● Hachim Kassım, ● Nutullah ÖZDEMİR*

Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü, 55139 Samsun

Özet

Günümüzde kullanılan tarımsal yöntemler sebebiyle topraklar üretim kapasitelerini kaybedip önemli düzeyde bozulmaya maruz kalmaktadırlar. İyi gelişmiş bir strüktür ve yüksek agregat stabilitesine sahip bir toprak yapısı, verimliliğin artırılması ve aşınabilirliğin azaltılması açısından oldukça önemlidir. Bu çalışma, polivinil alkol (PVA), poliakrilamid (PAM) ve hümik asit (HA) uygulamalarının toprakta bazı strüktürel parametrelerin (agregat stabilitesi ve dispersiyon oranı) gelişimi üzerine etkilerini belirlemek amacıyla sera şartlarında yürütülmüştür. Araştırmada üç farklı tekstüre sahip (kil, tın ve kumlu tın) yüzey toprak örnekleri kullanılmıştır. Serada, 1 kg'lık saksılara aktarılan toprak örneklerine PVA, PAM ve HA sırasıyla 500, 100 ve 500 ppm dozlarında uygulanmış ve dört farklı periyotta (0, 15, 30 ve 45 gün) inkübasyona tabi tutulmuştur. İnkübasyon sırasında topraklardaki elverişli nemin %50'si tükenince sulama yapılmıştır. İnkübasyon tamamlandıktan sonra toprakların yapısal parametreleri üzerinde analizler ve değerlendirmeler yapılmıştır. Elde edilen sonuçlar; killi, tınlı ve kumlu tınlı topraklara PVA, PAM ve HA uygulamasının suya dayanıklı agregatlar miktarını denete göre (ortalama) sırasıyla %5,38, %6,34 ve %12,91 oranında artırdığını göstermektedir. Dispersiyon oranı değerlerini (ortalama olarak) ise sırasıyla %46,56, %8,11 ve %12,91 oranında azalttığını göstermektedir. Agregat stabilitesini arttırmada 1 nolu periyot (24.52), dispersiyon oranı değerini düşürmede 2 nolu periyot (29.92) en etkili dönemler olarak belirlenmiştir. Süre uzadıkça etkinliğin düştüğü tespit edilmiştir. Her üç toprak grubunda da PVA'nın en etkili düzenleyici olduğu belirlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Toprak düzenleyiciler, toprak tekstürü, aşınabilirlik, strüktürel gelişim parametreleri

Effects of polymer and humic acid applications on the structural development of soil

Abstract

Due to the agricultural methods used today, soils lose their production capacity and are exposed to significant degradation. A well-developed structure and a soil structure with high aggregate stability are very important in terms of increasing productivity and reducing erodibility. This study was carried out in three replications according to the full chance block design in greenhouse conditions in order to determine the effects of polyvinyl alcohol (PVA), polyacrylamide (PAM) and humic acid (HA) applications on the structural development of the soil. Surface soil samples with three different textures (clay, loam and sandy loam) were used in the study. In the greenhouse, PVA, PAM and HA were applied at doses of 500, 100 and 500 ppm, respectively, to the soil samples transferred to 1 kg pots and incubated in four different periods (0, 15, 30 and 45 days). Irrigation was done when 50% of the available moisture in the soil was depleted during incubation. After the completion of the incubation, analyzes and evaluations were made on the structural parameters of the soils. The obtained results show that application of PVA, PAM and HA to clay, loamy and sandy loam soils increased (on average) the water-stable aggregate values by 5.38%, 6.34% and 12.91%, respectively. It shows that the dispersion ratio values decreased (on average) by 46.56%, 8.11%, and 12.91%, respectively. Period 1 (24.52) in increasing the aggregate stability and period 2 (29.92) in decreasing the dispersion ratio value were determined as the most effective periods. It has been determined that the efficiency decreases as the period gets longer. It was determined that PVA was the most effective regulator in all three soil groups.

Keywords: Soil conditioners, soil texture, erodibility, structural development parameters

© 2022 Türkiye Toprak Bilimi Derneği. Her Hakkı Saklıdır

* Sorumlu yazar:

Tel. : 0 (362) 312-1919

E-posta : nutullah@omu.edu.tr

Makale Türü: **ARAŞTIRMA MAKALESİ**

Geliş Tarihi : 9 Şubat 2022

Kabul Tarihi : 22 Mayıs 2022

e-ISSN : 2146-8141

DOI : 10.33409/tbbbd.1070567

Giriş

Toprak parçacıklarının organizasyonunu ve düzenlenmesini ifade eden toprak strüktürü önemli bir kalite parametresi olup (Ghezzehei, 2012; Brevik ve ark., 2015) toprağın üretkenliği ve erozyona uğraması ile yakından ilişkilidir. İyi bir strüktürel yapıya sahip toprakta biyolojik aktivite yüksek olup mineral ve organik gübrelerin etkinliği artmaktadır (Breune ve ark., 2000). Toprak strüktürü, topraktaki suyun ve havanın hareketini etkiler, toprağın yaşamı sürdürme ve diğer hayati işlevlerini yerine getirme yeteneği büyük ölçüde strüktürel yapı ile ilişkilidir. İyi gelişmiş bir strüktür ve yüksek agregat stabilitesine sahip bir toprak yapısı, verimliliğin artırılması ve aşınabilirliği azaltması açısından oldukça önemlidir (Aksakal ve Öztaş, 2010a).

Toprağın yapısal stabilitesini geliştirmek ve agregasyon derecesini yükseltmek için doğaldan kaynaklanan organik materyal kullanımının yanı sıra kısa sürede sonuç verebilen yapay organik polimerlerin uygulanması önemli yararlar sağlamaktadır (Harris ve ark., 1966). Bu amaçla son yıllarda polivinil alkol (PVA), poliakriamid (PAM) ve hümik asit (HA) gibi organik kökenli çeşitli toprak stabilizatörleri üzerinde durulmaktadır. Yapılan araştırmalar sentetik organik polimerlerin çok düşük konsantrasyonlarda bile uygulandıklarında agregat stabilitesi ve toprağın yapısal özellikleri üzerinde olumlu etkileri olduğunu göstermektedir (Sojka ve Lentz, 1994; Nadler ve ark., 1996; Imbufe ve ark., 2005; Houndonougbo ve Yönter, 2020).

Aksakal ve Öztaş (2010b) PVA, HA ve PAM uygulamalarının vertisol, entisol, mollisol ve aridisol sınıflarına ait dört farklı toprak grubunda strüktürel stabilite ve toprak kayıpları üzerindeki etkilerini araştırdıkları çalışma sonucunda, PVA, PAM ve HA uygulamalarının agregat stabilitesini, su geçirgenliğini, hidrolik iletkenliğini, geometrik ortalama çapı ve tarla kapasitesi değerlerini önemli düzeyde arttırdığını, dispersiyon oranını, hacim ağırlığı, yüzey akış ve toprak kayıplarını ise önemli ölçüde azalttığını belirlemişlerdir. Kukul ve ark., (2007) ise farklı dozlarda PVA uygulamalarının tarım, orman ve mera olarak kullanılan toprakların aşınabilirlik değerleri üzerine etkilerini irdelikleri araştırmada, PVA uygulamalarının agregatların stabilitesini önemli düzeyde arttırdığını belirlemişlerdir. PAM ve PVA uygulamalarının toprak erozyon sürecinin ilk aktivasyonu üzerindeki etkilerini araştıran Yakupoğlu ve ark., (2019) kumlu kil bünyeye sahip toprakta polimerlerin yüzey akışın başlamasını geciktirmediğini, toplam yüzey akışını, sediment verimini ve sıçrama ile taşınan toprağı azalttığını gözlemişlerdir. Araştırmacılar PVA'nın ilk yağış sırasında toplam yüzey akışını azaltmada etkili olmadığını, PAM'ın ise daha etkili olduğunu vurgulamışlardır. Benzer bir araştırma yürüten Houndonougbo ve Yönter (2020), sıvılaştırılmış hümik madde, PAM ve PVA uygulamalarının yüzey akışını ve buna bağlı olarak toprak kayıplarını sırasıyla %0,8-29, %0,6-44 ve %5-24 azalttığını, PAM'ın toprak kaybını azaltmada diğerlerinden daha etkili olduğunu ifade etmişlerdir.

Sojka ve Lentz (1996) tarafından yapılan çalışmalarda, karık sulamada 10 ppm (%18 anyonik formu) dozunda uygulanan PAM'ın ıslak agregat stabilitesini %63'ten %84'e ve infiltrasyonunu %50'ye kadar arttırdığını, yüzey akışı ise %94'e kadar azalttığını belirlemişlerdir. Benzer doğrultuda Teo ve ark., (2006), laboratuvar koşullarında yürüttükleri çalışmada çeşitli oranlarda kuru ve çözelti olarak PAM uyguladıkları ve simüle yağışa tabi tuttukları toprak örneklerinde yüzey akışla ve sıçrama ile sediment miktarını azaltmada PAM'ın etkili olduğunu vurgulamışlardır.

Dodd ve ark., (2004), alkali ve alkali olmayan topraklarda farklı konsantrasyonlarda (%0.2, %0.001 ve %0.00005) PAM ve polimer uygulamalarının suya stabil agregat yüzdesini, sızma oranını ve hidrolik iletkenliği artırdığını belirlemişlerdir. Laz (2011) ise polimer (PVA, PAM, HJ) ve HA uygulamalarının bazı toprak özellikleri ile bitki gelişimine etkilerini incelemiştir. Tınlı bir toprağın ve 0.0, 0.0005, 0.0010, 0.0015 ve 0.0020 g g⁻¹ dozlarının ve buğday bitkisinin kullanıldığı araştırma sonucunda, polimerler ve HA uygulamalarının hidrolik iletkenliğini, tarla kapasitesi ile yarayışlı nem miktarını, geometrik ortalama çapını, agregat stabilitesini yükselttiğini ve yeni agregatlar oluşturulduğunu, uygulamaların verimi önemli ölçüde artırdığını, etkili dozların 0.0015 ile 0.0020 g g⁻¹ olduğunu ifade etmişlerdir.

Günümüzde kullanılan tarımsal yöntemler sebebiyle topraklar üretim kapasitelerini kaybedip önemli düzeyde bozulmaya maruz kalmaktadırlar. Sürdürülebilir bir arazi kullanımı için yapısal bozulmanın önlenmesi oldukça önemlidir. Bu amaçla farklı yapısal düzenleyicilerden istifade edilebilir. Bu çalışma, polivinil alkol (PVA), poliakrilamid (PAM) ve hümik asit (HA) uygulamalarının kil, tın ve kumlu tın tekstüre sahip topraklarda bazı strüktürel partametrelerin (agregat stabilitesi ve dispersiyon oranı) gelişimi üzerine etkilerini belirlemek amacıyla yürütülmüştür.

Materyal ve Yöntem

Bu araştırma Ondokuz Mayıs Üniversitesi Ziraat Fakültesi deneme alanı 41°36'-36°18' ile Ondokuz Mayıs Üniversitesi Bafra uygulama arazisinden 41°55'-35°86'; 41°50'-35°82' alınan yüzey (0-20 cm) toprak örnekleri üzerinde yürütülmüştür. Sera koşullarında yürütülen çalışmada, hümik asit (HA), polivinilalkol (PVA) ve poliakrilamid (PAM) olmak üzere üç farklı toprak düzenleyici kullanılmıştır. Hümik asit olarak piyasada ticari olarak satılan, içerisinde %15 humik madde içeren materyal kullanılmıştır. PVA olarak organik çözücülerde çözünmeyen ve özellikle sıcak suda çözünebilen PVA kullanılmıştır. PAM olarak suda çözünür yapıda olan ve ACROS firmasından temin edilen PAM kullanılmıştır.

Araziden alınan yüzey (0-20 cm) toprak örnekleri 4,75 mm'lik elekten geçirildikten sonra denemede kullanılmıştır. Çalışmada fırın kurusu ağırlıklar esas alınmış ve 1 kg'lık saksılar kullanılmıştır. Etiketlenen saksılara PVA, PAM ve HA ilgili düzenleyicilerin etkin olma dozları dikkate alınarak sırasıyla 500, 100 ve 500 ppm dozlarında (Aksakal ve Öztaş, 2010b; Özdemir ve ark., 2015; Yakupoğlu ve Öztaş, 2016) olmak üzere, PAM ve HA saf su ile karıştırılarak, PVA ise saf suda 80 °C'de çözelti haline getirildikten sonra uygulanmışlardır. Dört farklı periyodun (0, 15, 30, ve 45 gün) esas alındığı çalışma, Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü'ne ait serada 30 Eylül 2020 tarihinde kurulmuştur. Deneme süresince saksılar günlük olarak tartılarak topraktaki elverişli nemin %50'si tükenince sulama yapılmıştır. Her periyodun bitiminden sonra toprak örnekleri havada kurutularak elle ufalanmış ve analize hazır hale getirilmişlerdir.

Toprak tekstürü Bouyoucos hidrometre yöntemi (Demiralay, 1993); toprak reaksiyonu (pH) 1:2,5'lük toprak-su karışımında pH metre ile (Kacar, 2016); elektriksel iletkenlik (EC) değeri toprak-su karışımında (1:2.5) cam elektrotlu elektriksel iletkenlik aleti ile (Kacar, 2016); toprakların kireç kapsamları Scheibler kalsimetre yöntemi (Kacar, 2016); toprak organik maddesi Walkley-Black yöntemi (Kacar, 2016); tarla kapasitesi (Demiralay, 1993); kation değişim kapasitesi Bower metodu (Kacar, 2016) belirlenmiştir. Toprakların agregat stabilitesi değerleri ıslak eleme yöntemi (Demiralay, 1993); dispersiyon oranı değerleri toprağın su içerisinde dispers edilmesinden önce ve sonra belirlenen silt+kil içekleri (Özdemir, 2013) esas alınarak belirlenmiştir.

Araştırma sonucunda elde edilen verilerin istatistiksel olarak değerlendirilmesi SPSS bilgisayar paket programı kullanılarak yapılmıştır. Çoklu karşılaştırmalarda Duncan testinden yararlanılmıştır (IBM SPSS statistics 21.0).

Bulgular ve Tartışma

Toprak Özellikleri

Sera koşullarında yürütülen çalışmada kullanılan toprakların deneme öncesi bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri Çizelge 1'de verilmiştir.

Çizelge 1. Araştırmada kullanılan toprakların bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri ile strüktürel ve mekaniksel parametreleri

Toprak No*:	Toprak özellikleri								
	Kum	Silt	Kil	Tekstür sınıfı	pH (1:2.5)	EC dS m ⁻¹	CaCO ₃ %	OM %	KDK me 100g ⁻¹
1	31.70	23.14	45.16	C	6.97	0.1497	2.22	1.54	65.48
2	36.18	41.57	22.25	L	7.40	0.4924	8.47	3.02	38.26
3	58.91	29.34	11.75	SL	7.92	0.1173	8.26	0.77	31.66
Strüktürel parametreler									
	AS, %	DO, %							
1	69.74	13.10							
2	34.73	36.43							
3	46.39	54.07							

Toprak No* 1: Ondokuz Mayıs Üniversitesi Ziraat Fakültesi deneme alanı, 2: Ondokuz Mayıs Üniversitesi Bafra Uygulama arazisi, 3: Ondokuz Mayıs Üniversitesi Bafra Uygulama arazisi, OM: organik madde, KDK: kation değişim kapasitesi, AS: agregat stabilitesi DO: dispersiyon oranı.

Bu çizelgenin incelenmesinden de görüleceği üzere Ondokuz Mayıs Üniversitesi Ziraat Fakültesi deneme alanından alınan (1 nolu örnek) kil bünyeli, nötr reaksiyonlu, az kireçli, organik madde içeriği orta; Ondokuz Mayıs Üniversitesi Bafra Uygulama arazisinden alınan (2 nolu örnek), tın bünyeli, hafif alkalın reaksiyonlu, orta kireçli, organik madde içeriği fazla; Ondokuz Mayıs Üniversitesi Bafra Uygulama arazisinden alınan (3 nolu örnek) kumlu tın bünyeli, orta derecede alkalın reaksiyonlu, orta kireçli, organik madde içeriği az olan topraklardır. Toprakların pH değerleri 8.5'in altında olup topraklarda alkalilik sorunu bulunmamaktadır (Soil Survey Staff, 1993).

Araştırma konusu toprakların deneme öncesi belirlenen strüktürel dayanıklılık ve erozyona duyarlılıklarına ilişkin agregat stabilitesi (AS) ve dispersiyon oranı (DO) değerlerine ilişkin veriler irdelendiğinde agregat stabilitesi değerlerinin %34.73 ile %69.74 arasında değiştiği, kil tekstür sınıfına sahip 1'nolu örneğin en yüksek (%69.74) stabilite değerine sahip olduğu, tın tekstür sınıfına sahip olan 2'nolu örneğin ise en düşük (%34.73) stabilite değerine sahip olduğu belirlenmiştir. Toprakların dispersiyon oranı değerlerinin ise %13.10 ile %54.07 arasında değiştiği görülmüştür. Dispersiyon oranı (DO) değeri strüktürel dayanıklılığın ve erozyona karşı duyarlılığın değerlendirilmesinde kullanılan bir parametre olup, oran değeri ($DO < \%15$) %15'den az olan topraklar erozyona karşı dayanıklı olarak değerlendirilirler (Morgan, 2009). Bu sınır değer dikkate alındığında Ondokuz Mayıs Üniversitesi Ziraat Fakültesi deneme alanından alınan 1 nolu toprak örneğinin dispersiyon oranı değeri ($\%13.10 < \%15$) sınır değerinin altında olması nedeniyle erozyona karşı dirençli olduğu ifade edilebilir (Özdemir, 2013). Ondokuz Mayıs Üniversitesi Bafra Uygulama arazisinden alınan 2 ve 3 nolu örneklerin ise söz konusu oran değerleri, sınır değerlerin üzerinde ($DO > \%15$) bulunduğu için topraklar erozyona karşı duyarlı olarak değerlendirilebilirler. Diğer taraftan dispersiyon oranı değeri düşük olan toprakların agregat stabilitesi değerlerinin daha yüksek oldukları saptanmıştır (Çizelge 1).

Strüktürel Parametreler

Agregat Stabilitesi

Deneme konusu topraklara polivinil alkol (PVA), poliakrilamid (PAM) ve hümik asit (HA) karıştırılarak dört farklı periyotta inkübasyona tabi tutulması sonrasında belirlenen agregat stabilitesi değerlerine ilişkin varyans analiz sonuçları Çizelge 2'de, agregat stabilitesi değerlerindeki ortalama değişimler (üç değerlerin ortalaması) ve çoklu karşılaştırma (Duncan) testi sonuçları ise Çizelge 3'de verilmiştir. Çizelge 2'deki Varyans analiz sonuçlarının incelenmesinden görüleceği gibi, deneme topraklarının agregat stabilitesi değerlerine ilişkin kareler ortalaması önemli ($p < 0.01$) çıkmıştır. Başka bir deyişle, topraklar deneme sonundaki agregat stabilitesi değerleri bakımından farklılık göstermişlerdir.

Çizelge 2. Toprakların agregat stabilitesi değerlerine ilişkin varyans analizi sonuçları.

Kaynaklar	Serbestlik derecesi	Kareler toplamı	Kareler ortalaması	F değeri	P Değeri
A	2	24297.173	12148.587	3385,709	0.000
B	2	5942.578	2971.289	828,073	0.000
C	3	1911.699	637.233	177,591	0.000
A*B	4	281.336	70.334	19,602	0.000
A*C	6	1056.424	176.071	49,069	0.000
B*C	6	65.264	10.877	3,031	0.011
A*B*C	12	328.688	27.391	7,634	0.000
Hata	72	258.350	3.588		
Genel	108	351088.40			

A: Topraklar, B: Düzenleyiciler, C: Periyotlar

Yine aynı çizelgeden düzenleyicilerin ve uygulanan periyotların kareler ortalamasının da önemli ($p < 0.01$) olduğu görülmektedir. Bu sonuç, denemede kullanılan PVA, PAM ve HA gibi düzenleyiciler ile uygulanan periyotların agregat stabilitesi üzerindeki etkilerinin farklı olduğunu ortaya koymaktadır. Varyans analizi sonuçlarından A*B (topraklar x düzenleyiciler), A*C (topraklar x periyotlar), B*C düzenleyiciler x periyotlar ve A*B*C (topraklar x düzenleyiciler x periyotlar) interaksyonlarının da önemli olduğu belirlenmiştir.

Çizelge 3'teki verilerin incelenmesinden de anlaşılacağı üzere uygulanan düzenleyiciler agregat stabilitesi değerlerinde denete göre belirgin artışlara neden olmuşlardır. Meydana gelen artış toprak, düzenleyici çeşidi ve uygulama periyotlarına bağlı olarak değişkenlik göstermiştir. Kontrole göre oluşan değişimler (artışlar) dikkate alındığında PVA uygulaması her üç toprak grubunda da en etkili düzenleyici olmuştur.

Çizelge 3. Toprakların agregat stabilitesi değerleri (ortalama) ile Duncan Çoklu karşılaştırma testi sonuçları

Topraklar	Düzenleyiciler	Periyotlar				Toprak ortalamaları
		1	2	3	4	
1	PVA	85.11	88.13	86.81	85.69	73.49a
	PAM	74.81	70.18	70.77	64.65	
	HA	71.33	64.54	59.38	60.51	
2	PVA	58.92	42.05	41.99	37.31	36.93b
	PAM	52.58	34.71	29.87	28.45	
	HA	41.38	29.96	24.91	21.05	
3	PVA	64.13	64.01	58.73	56.93	52.093c
	PAM	53.24	50.02	47.59	46.98	
	HA	44.51	48.1	49.2	41.68	
Periyot ortalamaları		60.67a	54.63b	52.14c	49.25d	
Düzenleyici ortalamaları	PVA	64.15a				
	PAM	51.98b				
	HA	46.38c				

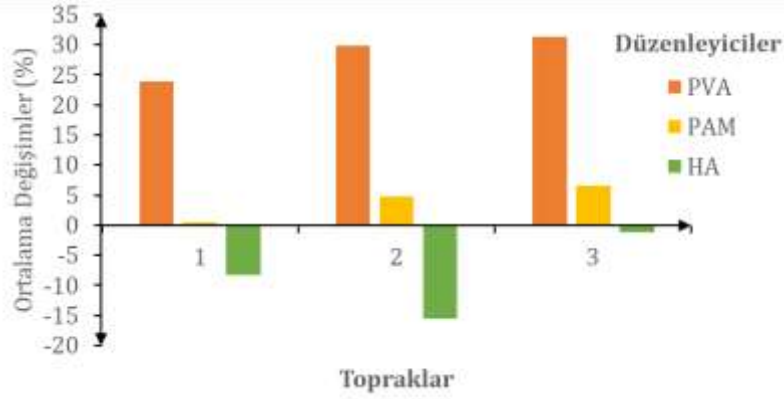
Topraklar 1: Ondokuz Mayıs Üniversitesi Ziraat Fakültesi deneme alanı, 2: Ondokuz Mayıs Üniversitesi Bafra Uygulama arazisi, 3: Ondokuz Mayıs Üniversitesi Bafra Uygulama arazisi, Düzenleyiciler PVA: polivinil alkol, PAM: poliakrilamid, HA: hümik asit, Periyotlar 1: 0, 2: 15, 3: 30 ve 4: 45 gün. Farklı harflerle gösterilen ortalamalar Duncan çoklu karşılaştırma testine göre farklıdır.

Deneme topraklarının ve uygulanan düzenleyicilerin deneme sonundaki agregat stabilitesi değeri ortalamalarına göre karşılaştırılması için verilere uygulanan Duncan'ın Çoklu karşılaştırma testi sonuçları irdelendiğinde, toprakların deneme sonundaki agregat stabilitesi ortalamaları bakımından önemli derecede farklılık gösterdikleri görülmüştür. Yine adı geçen test uygulanarak düzenleyici periyotlarının deneme sonundaki agregat stabilitesi ortalamalarına göre Çizelge 3'de verildiği gibi sıralandıkları belirlenmiştir. Bu grupta periyotlar arasındaki farkların önemli ($p<0.01$) olduğu ve periyot süresi uzadıkça etkinliğin düştüğü görülmektedir (Farklı harflerle gösterilen değerler adı geçen teste göre %1 düzeyinde önemlidir).

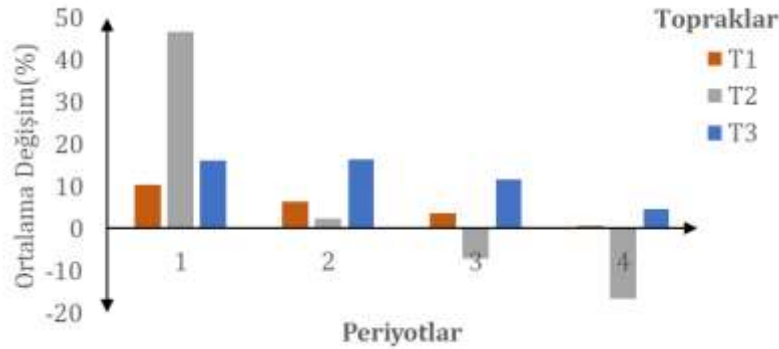
Denemede uygulanan düzenleyicilerin deneme sonundaki agregat stabilitesi değeri ortalamalarına göre karşılaştırılması için verilere, Duncan'ın çoklu karşılaştırma testi uygulanmıştır. Bu test sonucuna göre düzenleyiciler arasındaki farklar önemli ($p<0.01$) bulunmuştur (Bu grupta periyotlar arasındaki farklar ($p<0.01$) önemli bulunmuştur).

Topraklarda düzenleyici uygulamasının agregat stabilitesi değerinde denete göre oluşturduğu oransal ortalama değişimler (Şekil 1) dikkate alındığında her üç düzenleyicinin de uygulama periyotlarına bağlı olarak agregat stabilitesi değerinde artışlar sağladığı belirlenmiştir. Bu artış kil tekstür sınıfındaki toprakta %5.38, tın tekstür sınıfındaki 2'nolu toprakta %6,34 ve kumlu tın tekstür sınıfındaki 3'nolu toprakta ise %12.06 düzeyinde olmuştur. Bir başka ifade ile düzenleyicilerin etkinlikleri tekstüre bağlı olarak değişim göstermiş olup topraklar bu bakımdan 3>2>1 şeklinde etkilenmişlerdir. Diğer taraftan; PVA etkisinin 3 nolu toprak (31.38)> 2 nolu toprak (29.77)>1 nolu toprak(23.94), PAM'ın etkisinin 3 nolu toprak (6.59)> 2 nolu toprak 4.80)>1 nolu toprak (0.50), HA'in etkisinin 3 nolu toprak (-1.12)>1nolu toprak (-8.31) >2 nolu toprak (-15.54) şeklinde gerçekleşmiştir (Şeki,1). Bu veriler hümik asit uygulamasının her üç toprakta da stabilize değerini kontrole göre düşürdüğü, PVA'ise agregat stabilitesi üzerinde en etkili düzenleyici olduğunu ifade etmektedir. Kil tekstürüne sahip toprakta düzenleyicilerin oluşturduğu etkinin düşük düzeyde kalması muhtemelen kil ile söz konusu düzenleyiciler arasındaki etkileşimden kaynaklanmış olabilir. Aksakal ve Öztaş (2010a) kumlu tın ve killi tın tekstüre sahip iki toprakta ıslak agregatların stabilitesi üzerine PVA, PAM ve HA'in etkilerini araştırdıkları bir çalışmada her üç düzenleyicinin de kumlu tın tekstüre sahip toprakta killi tın tektüre sahip toprağa oranla daha etkili olduğunu ve etkinlik açısından PVA'nın en etkili düzenleyici olduğunu vurgulamışlardır.

Polivinil alkol, poliakrilamid ve hümik asit uygulamaları toprakların agregat stabilitesinde periyotlara bağlı olarak önemli farklılıklar oluşturmuştur. Bu farklılıklara ilişkin ortalama değişimler (%) Şekil 2'de verilmiştir. Bu şeklin incelenmesinden de anlaşılacağı üzere periyotların etki bakımından 1. periyot (24.52) > 2.periyot (8.47) > 3. periyot (2.78) > 4.periyot (-3.62) şeklinde sıralandıkları tespit edilmiştir. Diğer bir ifade ile polimer ve hümik asitinin agregat stabilitesi üzerindeki olumsuz etkisi süre uzadıkça azalmaktadır.



Şekil 1. Agregat stabilitesi değerinde düzenleyicilere göre belirlenen ortalama değişimler (PVA: polivinil alkol, PAM: poliakrilamid, HA:hüyük asit)



Şekil 2. Agregat stabilitesi değerinde kontrole göre periyotlara göre belirlenen ortalama değişimler

Agregat stabilitesi değerleri tarımsal uygulama ve işlemlerin toprak kalite parametreleri üzerindeki etkileri ile erozyona karşı dayanıklılıklarının değerlendirilmesinde kullanılan bir parametre olup agregat stabilitesi değeri yükseldikçe kalite parametrelerinde iyileşme meydana gelmekte ve erozyona karşı duyarlılık azalmaktadır. Günümüze kadar bu parametre ile bağlantılı bir sınır değer henüz tespit edilememiştir (Özdemir, 2013). Deneme bulguları bu doğrultuda irdelendiğinde agregat stabilitesi değerleri üzerinde kullanılan düzenleyicilerin PVA>PAM>HA şeklinde etkili olduğu ve uygulama sonrası süreç uzadıkça etkinliğin giderek azaldığı tespit edilmiştir.

Laz (2011) topraklara PVA, PAM, HA uygulamalarının etkilerini belirlemek üzere yürüttüğü çalışma sonucunda söz konusu toprak düzenleyicilerinin agregat stabilitesi üzerindeki iyileştirici etkilerinin toprak özelliklerinden etkilendiğini saptamışlardır. Kukul ve ark., (2007) ile Sarı ve Öztaş (2017) yaptıkları araştırmalarda farklı tekstür sınıflarındaki (kil, tın, kumlu tın) topraklara PVA uygulamasının agregat stabilitesini artırdığını, yüzey akışla oluşan toprak kayıplarını azalttığını, etkinin toprak tekstüründen önemli ölçüde etkilendiğini vurgulamışlardır.

Dispersiyon Oranı

Deneme konusu toprakların, PVA, PAM ve HA karıştırılarak dört farklı periyotta inkübasyona tabi tutulması sonrasında belirlenen dispersiyon oranı değerlerine ilişkin varyans analiz sonuçları Çizelge 4'de, dispersiyon oranı değerlerindeki ortalama değişimler (üç değerlerin ortalaması) ile çoklu karşılaştırma (Duncan) testi sonuçları ise Çizelge 5'de verilmiştir. Çizelge 4'deki varyans analiz sonuçlarının incelenmesinden görüleceği gibi, deneme topraklarının dispersiyon oranı değerlerine ilişkin kareler ortalaması önemli ($p < 0.01$) çıkmıştır. Başka bir ifade ile topraklar deneme sonundaki dispersiyon oranı değerleri bakımından farklılık göstermişlerdir.

Çizelge 5'deki verilerin incelenmesinden de anlaşılacağı üzere uygulanan düzenleyiciler dispersiyon oranı değerlerinde denete göre belirgin düşüşlere neden olmuşlardır. Meydana gelen düşüş toprak, düzenleyici çeşidi ve uygulama periyotlarına bağlı olarak değişkenlik göstermiştir. Kontrole göre oluşan değişimler (düşüşler) dikkate alındığında PVA uygulaması her üç toprak grubunda da en etkili düzenleyici olmuştur.

Çizelge 4. Toprakların dispersiyon oranı değerlerine ilişkin varyans analizi sonuçları

Kaynaklar	Serbestlik derecesi	Kareler toplamı	Kareler ortalaması	F değeri	P değeri
A	2	28903.723	14451.862	12575.757	0.000
B	2	1198.462	599.231	521.440	0.000
C	3	352.780	117.593	102.328	0.000
A*B	4	40.539	10.135	8.819	0.000
A*C	6	257.639	42.940	37.365	0.000
B*C	6	50.259	8.377	7.289	0.000
A*B*C	12	278.231	23.186	20.176	0.000
Hata	72	82.741	1.149		
Genel	108	121462.259			

Topraklar 1: Ondokuz Mayıs Üniversitesi Ziraat Fakültesi deneme alanı, 2: Ondokuz Mayıs Üniversitesi Bafra Uygulama arazisi, 3: Ondokuz Mayıs Üniversitesi Bafra Uygulama arazisi, Düzenleyiciler PVA: polivinil alkol, PAM: poliakrilamid, HA: hümik asit, Periyotlar 1: 0, 2: 15, 3: 30 ve 4: 45 gün. Farklı harflerle gösterilen ortalamalar Duncan çoklu karşılaştırma testine göre farklıdır. (Ayrı harflerle gösterilen ortalamalar Duncan çoklu karşılaştırma testine göre farklıdır)

Çizelge 5. Toprakların dispersiyon oranı değerleri (ortalama) ile Duncan çoklu karşılaştırma testi sonuçları

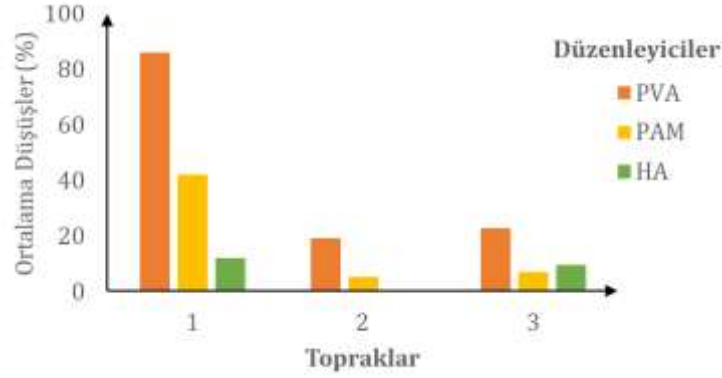
Topraklar	Düzenleyiciler	Periyotlar				Toprak ortalamaları
		1	2	3	4	
1	PVA	2.51	0.84	1.85	2.19	6.98c
	PAM	5.18	6.14	9.39	9.68	
	HA	9.24	9.95	13.36	13.67	
2	PVA	25.68	29.35	29.98	32.88	33.51b
	PAM	34	34.48	33.31	36.31	
	HA	32.43	36.05	38.28	38.39	
3	PVA	45.24	33.46	48.07	40.76	46.25a
	PAM	43.56	46.46	53.67	53.74	
	HA	50.71	43.01	51.01	51.36	
Periyot ortalamaları		27.72c	26.64d	31.10a	30.20b	
Düzenleyici ortalamaları	PVA	24.38c				
	PAM	30.08b				
	HA	32.29a				

Topraklar 1: Ondokuz Mayıs Üniversitesi Ziraat Fakültesi deneme alanı, 2: Ondokuz Mayıs Üniversitesi Bafra Uygulama arazisi, 3: Ondokuz Mayıs Üniversitesi Bafra Uygulama arazisi, Düzenleyiciler PVA: polivinil alkol, PAM: poliakrilamid, HA: hümik asit, Periyotlar 1: 0, 2: 15, 3: 30 ve 4: 45 gün. Farklı harflerle gösterilen ortalamalar Duncan çoklu karşılaştırma testine göre farklıdır. (Ayrı harflerle gösterilen ortalamalar Duncan çoklu karşılaştırma testine göre farklıdır)

Deneme topraklarının ve uygulanan düzenleyicilerin deneme sonundaki dispersiyon oranı değeri ortalamalarına göre karşılaştırılması için verilere uygulanan Duncan'ın Çoklu karşılaştırma testi sonuçları irdelendiğinde, toprakların deneme sonundaki dispersiyon oranı ortalamaları bakımından önemli derecede farklılık gösterdikleri görülmüştür. Uygulama periyotlarının deneme sonundaki dispersiyon oranı ortalamalarında oluşturdukları etki bakımından Çizelge 5'deki gibi sıralandıkları tespit edilmiştir. Bu gruplandırmada topraklar ve periyotlar arasındaki farklar önemli ($p < 0.01$) bulunmuştur.

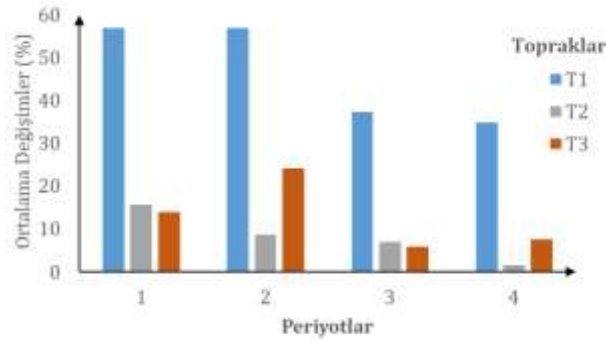
Denemede kullanılan düzenleyicilerin deneme sonundaki dispersiyon oranı değeri ortalamalarına göre karşılaştırılması için verilere, Duncan'ın çoklu karşılaştırma testi uygulanmıştır. Bu test sonucuna göre düzenleyiciler arasındaki farklar önemli ($p < 0.01$) çıkmıştır.

Dispersiyon oranı değerinde kontrole göre belirlenen ortalama (%) düşüşler Şekil 3'de verilmiştir. Söz konusu düşüşler (%) kil tekstür sınıfında yer alan 1 nolu toprakta 46.56, tınlı tekstürdeki 2 nolu toprakta 8.11 ve kumlu tın tekstürdeki 3 nolu toprakta ise 12.91 düzeyinde gerçekleşmiştir. Bir başka ifade ile düzenleyicilerin etkinlikleri tekstüre bağlı olarak değişim göstermiş olup topraklar bu bakımdan 1>3>2 şeklinde etkilenmişlerdir. PVA etkisinin 1 nolu toprak (85.90)> 3 nolu toprak (22.54)>2 nolu toprak(19.10), PAM'ın etkisinin 1 nolu toprak (42.0)> 3 nolu toprak (6.87)> 2 nolu toprak (5.23), HA'nın etkisinin 1 nolu toprak (11.79)>3 nolu toprak (9.33) >2 nolu toprak (0.00) belirlenmiştir (Şekil 1). Bu veriler hümik asit uygulamasının her üç toprakta da dispersiyon oranı değerini kontrole göre düşürdüğü, PVA'nın dispersiyon oranı değerini düşürmede ve erozyona karşı direnci artırmada en etkili düzenleyici olduğunu ifade etmektedir.



Şekil 3. Dispersiyon oranı değerinde düzenleyicilere göre belirlenen ortalama düşüşler, (PVA: polivinil alkol, PAM: poliakrilamid, HA:hüyük asit)

PVA, PAM ve HA uygulamaları toprakların dispersiyon oranında neden olduğu ortalama (%) değişimler, adı geçen düzenleyiciler arasında önemli farklılıklar göstermiştir. Bu üç düzenleyiciye ilişkin periyot uygulamalarının dispersiyon oranında ortaya çıkardığı düşüşler (%) Şekil 4'de sunulmuştur. Bu verilerden de görüleceği üzere, periyotların etki bakımından 2. periyot (29.92) > 1.periyot (28.88) > 3. periyot (16.76) > 4.periyot (14.73) şeklinde sıralandıkları tespit edilmiştir. Diğer bir ifade ile polimer ve hüyük asit uygulamalarının etkileri 2 periyotta en yüksek olup süre uzadıkça etkinlik azalmaktadır.



Şekil 4. Dispersiyon oranı değerinde kontrole göre periyotlarda belirlenen ortalama düşüşler

Dispersiyon oranı değeri toprakların erozyona karşı dirençlerinin değerlendirilmesinde kullanılan bir parametre olup oran değeri 15'in altında olan topraklar erozyona karşı dayanıklı, büyük olanlar ise erozyona karşı duyarlı olarak değerlendirilmektedir (Morgan, 2009; Özdemir, 2013). Deneme toprakları bu açıdan değerlendirildiğinde başlangıçta 1nolu örnek erozyona karşı dayanıklı, 2 ve 3 nolu örnekler ise erozyona karşı duyarlı olarak değerlendirilebilir. Uygulanan düzenleyiciler uygulama periyotlarına bağlı olarak oran değerini düşürerek toprakların erozyona karşı dirençlerini artırmakla birlikte dayanıklılık için verilen sınır değer (<%15) altına düşürmede 2 ve 3 nolu toprakta yeterli olamamışlardır. Diğer taraftan deneme bulguları bu doğrultuda irdelendiğinde dispersiyon oranı değerlerinin kullanılan düzenleyici türünden (PVA>PAM>HA) ve uygulama periyotlarından (1>2>3>4) şeklinde etkilendikleri ifade edilebilir (Çizelge 5).

Painuli ve Abrol (1988) kumlu tınlı tekstüre sahip sodik topraklar üzerinde PVA, PAM ve organik atıkları kullanarak yürüttükleri bir araştırmada PVA'nın dispersiyonu azaltmada etkili olduğunu belirlemişlerdir. Aksakal ve Öztaş (2010b) ise yürüttükleri bir araştırmada PVA, HA ve PAM uygulamalarının vertisol (kil), entisol (kil), mollisol (killi tın) ve aridisol (tın) sınıflarına ait dört farklı toprak grubunda strüktürel stabilite ve toprak kayıpları üzerindeki etkilerini araştırmışlardır. Araştırmacılar PVA, PAM ve HA uygulamalarının agregat stabilitesini, su geçirgenliğini, hidrolik iletkenliğini, geometrik ortalama çapı ve tarla kapasitesi değerlerini önemli düzeyde arttırdığını, dispersiyon oranını, hacim ağırlığı, yüzey akış ve toprak kayıplarını ise önemli ölçüde azalttığını belirlemişlerdir. Benzer bir araştırma yürüten Hacımüftüoğlu ve Canbolat (2020) ise PVA uygulamasının üç farklı tekstüre sahip (kumlu tın, killi tın ve kil) toprakta dispersiyon oranı değerlerini kontrole göre önemli ölçüde düşürdüğünü vurgulamışlardır.

Sonuç ve Öneriler

Polivinil alkol (PVA), poliakrilamid (PAM) ve hümik asit (HA) uygulamalarının toprakta agregatlaşma ve dispersiyon oranı parametrelerinin gelişim süreci üzerine etkilerini belirlemek amacıyla sera koşullarında yürütülen bu çalışma sonucunda;

1. Deneme topraklarına uygulanan PVA, PAM ve HA, toprağın agregat satibilitesi değerini önemli ölçüde arttırmış, PVA'nın diğer düzenleyicilerden daha etkili olduğu, söz konusu artışların killi toprakta oransal olarak daha düşük düzeyde kaldığı belirlenmiştir. Uygulanan düzenleyicilerin PVA>PAM>HA ve uygulama periyotlarının 1>2>3>4 şeklinde etkili oldukları belirlenmiştir.

2. Deneme konusu topraklarından killi tekstüre sahip 1 nolu toprağın erozyona karşı dayanıklı ($DO < \%15$), tınlı ve kumlu tın tekstüre sahip 2 ve 3 nolu toprakların ise ($DO > \%15$) erozyona karşı duyarlı oldukları tespit edilmiştir. PVA, PAM ve HA uygulamaları uygulama periyotlarına ve toprak bünyesine bağlı olarak oran değerlerinde belirgin düşüşler meydana getirerek toprakların erozyona karşı dirençlerini arttırmışlardır. Dispersiyon oranı değerinde 2 ve 3 nolu topraklarda meydana gelen değişimler bu toprakları erozyona karşı dirençli kılan değerlerin altına düşürmede yeterli olamamışlardır. Uygulanan düzenleyicilerin PVA>PAM>HA ve uygulama periyotlarının 1>2>3>4 şeklinde etkili oldukları görülmüştür.

Sonuç olarak, PVA, PAM ve HA uygulamalarının toprakta strüktürel parametrelerin gelişimini (agregat stabilitesi ve dispersiyon oranı) olumlu yönde etkilediği, etkinliğin adı geçen düzenleyicilerin kendi özelliklerine, toprak tekstür sınıfına ve periyot süresine bağlı olduğu, süre uzadıkça etkinliğin azaldığı saptanmıştır. Uygulamada bu hususa dikkat edilmesinde yarar vardır.

Kaynaklar

- Aksakal EL, Öztaş T, 2010a. Effects of PVA, PAM and HA on Mean Weight Diameter and Wet Aggregate Stability of Soils. 45th Croatian & 5th International Symposium on Agriculture, 1201-1205.
- Aksakal EL, Öztaş T, 2010b. Polivinilalkol, Hümik Asit ve Poliakrilamid Uygulamalarının Strüktürel Stabilitate ve Toprak Kayıpları Üzerine Etkileri. III. Ulusal Karadeniz Ormancılık Kongresi, 953-962.
- Breune I, Forest L, Jobin P, Petit J, 2000. La Structure Du Sol Un Élément Clé De Sa Fertilité. Bibliothèque Nationale Du Québec.
- Brevik EC, Cerdà A, Mataix-Solera J, Pereg L, Quinton JN, Six J, Van Oost K, 2015. The interdisciplinary nature of soil. *Soil*, 1, 117-129.
- Demiralay İ, 1993. Toprak fiziksel analiz yöntemleri. Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları. Erzurum.
- Dodd K, Guppy CN, Lockwood P, Rochester I, 2004. Comparison of applications of sand and polyacrylamide for separating the impact of the physical and chemical properties of sodic soils on the growth and nutrition of cotton (*Gossypium hirsutum* L.). *Supersoil 2004: Proceedings of the 3rd Australian New Zealand Soils Conference, University of Sydney, Australia, 5-9 December*.
- Ghezzehei T A, 2012. Soil Structure. *Handbook of Soil Sciences: Vol. 1. Properties and Processes*, 1-17.
- Hacımuftuoğlu F, Canbolat MY, 2020. Polivinil Alkol Uygulamasının Toprak Fiziksel Özellikleri ve Mısır Bitkisi (*Zea mays* L.) Gelişimi Üzerine Etkisi. *Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 51 (1), 32-43.
- Harris RF, Chesters G, Allen ON, 1966. Dynamics of soil aggregation. *Advances in Agronomy*, 18: 107-169.
- Houndonougbo MH, Yönter G, 2020. Comparing of the Effects of Liquefied Humic Substance (LHS), Polyacrylamide (PAM) and Polyvinylalcohol (PVA) on Runoff and Soil Losses. *Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 57 (3): 351-358, 10.20289/zfdergi.580533.
- Imbue AU, Patti AF, Burrow D, Surapaneni A, Jackson WR, Milner AD, 2005. Effects of potassium humate on aggregate stability of two soils from Victoria, Australia. *Geoderma*, 125(3-4): 321-330.
- Kacar B, 2016. Biki, Toprak ve Gübre Analizleri, Fiziksel ve Kimyasal toprak Analizleri. Ankara: Nobel Yayın Dağıtım, Yayın No.1524.
- Kukul SS, Kaur M, Bawa SS, Gupta N, 2007. Water-drop stability of PVA-treated natural soil aggregates from different land uses. *Catena*, 70: 475-479.
- Laz O, 2011. Toprak Düzenleyici Polimer (PVA, PAM & HJ) ve Hümik Asit (HA) Uygulamalarının Bazı Toprak Özellikleri ile Bitki Gelişimi Üzerine Etkisi. Yüksek Lisans Tezi. Atatürk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Ana Bilim Dalı, 79, Erzurum.
- Morgan RPC, 2009. *Soil erosion and conservation*. ISBN1-4051-1781-8. P:45-320. John Wiley & Sons.
- Nadler A, Perfect E, Kay BD, 1996. Effect of polyacrylamide application on the stability of dry and wet aggregates. *Soil Science Society of America Journal*, 60(2): 555-561.
- Özdemir N, Öztürk E, Ekberli İ, 2015. Effects of organic and inorganic amendments on soil erodibility. *Eurasian Journal of Soil Science*, 4(4), 266-271.

- Özdemir N, 2013. Toprak ve Su Koruma. OMÜ Ziraat Fakültesi Ders kitabı No. 22. Samsun.
- Painuli DK, Abrol IP, 1988. Improving aggregate stability of sodic sandy loam soils by organics. *Catena*, 15(3-4), 229-239.
- Sarı S, Öztaş T, 2017. Polivinilalkol (PVA) Uygulamasının Strüktürel Stabilité Ölçütleri ve Yüzey Akış Kayıpları Üzerine Etkisi. *Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 48(1): 17-24.
- Soil Survey Staff. 1993. Soil survey manual. IICA CO 631.4 S6831s 1952.
- Sojka RE, Lentz RD, 1994. Time for yet another look at soil conditioners. *Soil Science*, 158: 233-234.
- Sojka RE, Lentz RD, 1996. A PAM primer: A brief history of PAM and PAM related issues. Symp. Managing Irrigation Induced Erosion and Infiltration with Polyacrylamide May 6-8, Twin Falls ID, University of Idaho, Miscellaneous Publication, 101/96, 11-20.
- Teo JA, Ray C, El-Swaf SA, 2006. Screening of polymers on selected Hawaii soils for erosion reduction and particle settling. *Hydrological Processes*, 20(1): 109-125.
- Yakupoğlu T, Öztaş T, 2016. Düzenleyici Olarak Kullanılan Bazı Polimerlerin Toprak ve Su Kayıpları Üzerine Etkilerinin Agregat Büyüklüğüne Bağlı Olarak Yapay Ardıl Yağışlar Altında Araştırılması. TÜBİTAK MİAG Projesi.
- Yakupoglu T, Rodrigo-Comino J, Cerdà A, 2019. Potential Benefits of Polymers in Soil Erosion Control for Agronomical Plans: A Laboratory Experiment. *Agronomy*, 9(6), 276.