

**FARKLI TEKSTÜRE SAHİP TOPRAKLARDA
EROZYON OLUŞUMUNA TOPRAK
DÜZENLEYİCİLERİN ETKİSİ**

Ferdi ACAR

**Yüksek Lisans Tezi
TOPRAK BİLİMİ VE BİTKİ BESLEME
ANABİLİM DALI**

**Yrd. Doç. Dr. Mücahit KARAOĞLU
2014**

Her hakkı saklıdır

**İĞDIR ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**FARKLI TEKSTÜRE SAHİP TOPRAKLARDA EROZYON OLUŞUMUNA
TOPRAK DÜZENLEYİCİLERİN ETKİSİ**

FERDİ ACAR

TOPRAK BİLİMİ VE BİTKİ BESLEME BÖLÜMÜ

**İĞDIR
2014**

Her hakkı saklıdır

Yrd. Doç. Dr. Mücahit KARAOĞLU danışmanlığında Ferdi ACAR tarafından hazırlanan bu çalışma 23/06/2014 tarihinde aşağıdaki jüri üyeleri tarafından Toprak bilimi ve Bitki Besleme Anabilim Dalı'nda Yüksek Lisans tezi olarak kabul edilmiştir.

Başkan : Doç. Dr. Müdahir ÖZGÜL

Üye : Yrd. Doç. Dr. Uğur ŞİMŞEK

Üye : Yrd. Doç. Dr. Mücahit KARAOĞLU

Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu'nun/...../ 2014 tarih ve 2014/..... sayılı kararı ile onaylanmıştır.

(İmza)

.....
Doç. Dr. Bünyamin YILDIRIM

ÖZET

FARKLI TEKSTÜRE SAHİP TOPRAKLARDA EROZYON OLUŞUMUNA TOPRAK DÜZENLEYİCİLERİN ETKİSİ

ACAR, Ferdi

Iğdır Üniversitesi

Yüksek Lisans Tezi, Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Anabilim Dalı

Danışman: Yrd. Doç. Dr. Mücahit KARAOĞLU

Haziran 2014/40 Sayfa

Yüksek yoğunluklu yağışların ve eğimli arazilerin mevcut olduğu her bölgede görülebilen su erozyonu toprakları en fazla aşındıran erozyon çeşididir. Yanlış kültürel işlemlerle insanın olumsuz katkısı da dikkate alındığında su erozyonu ile kaybolan toprak miktarı artmaktadır. Erozyonu önleme çalışmaları erozyonun ilk fark edilişi kadar eskidir. Bilim ve teknolojiadaki gelişmeler sayesinde günümüzde, toprak ıslahı ve toprak koruma amacıyla pek çok doğal ve yapay madde (toprak düzenleyici) kullanılmaktadır. Poliakrilamid (PAM) ve fosfojipsüm (PG) toprak koruma amacıyla yaygın olarak kullanılan maddelerden ikisidir. PAM şu anda ülkemizde üretilmemektedir ve fiyatı oldukça pahalıdır, fosfojipsüm (PG) ise fosforik asit üreten ve kullanan gübre fabrikalarının atık maddesidir ve ülkemizde elde edilmektedir. Bu çalışmada yapay yağmurlama aletinde oluşturulan ve yoğunluğu $100 (\pm 3) \text{ mm h}^{-1}$ olan yağışla Iğdır ili, Tuzluca ilçesinden alınan üç farklı ve erozyona uğramış ($K=0.24-033$) toprak örneğinin (Killi tın, Kumlu tın, Tın) toprak kaybı miktarları belirlenmeye çalışılmıştır. Toprak örnekleri %6 eğim verilmiş 55×20 cm boyutlu tavalara 3 cm derinlikte yerleştirilmiştir. Toprak örneklerine kontrol, PAM ($7,5 \text{ kg ha}^{-1}$) ve PG ($7,5 \text{ ton ha}^{-1}$) olmak üzere üç farklı ve üç tekrarlı olarak toplam seksen bir adet 1 saat süreli yağışlar uygulanmıştır. PAM uygulamaları son infiltrasyon değerlerini %70, toplam infiltrasyon değerlerini %39-48 oranında artırmış, yüzey akış değerlerini %19-41, yüzey akış ile meydana gelen erozyonu %200-300, yanlara sıçrama ile yer değiştiren toprak miktarlarını %250-300 azaltmıştır. PG uygulamaları son infiltrasyon değerlerini %54-57 ve toplam infiltrasyon değerlerini %28-38 artırmış, yüzey akış değerlerini %20, yüzey akış ile meydana gelen erozyonu %190-260, yanlara sıçrama ile yer değiştiren toprak

miktarlarını %200-260 azaltmıştır. Ancak PAM'in ithal ve pahalı bir toprak düzenleyici olması olumsuz bir durum olarak değerlendirilmektedir.

Anahtar kelimeler: Yapay yağmurlama, PAM, PG, infiltrasyon, yüzey akış, erozyon.

ABSTRACT

EFFECT OF SOIL CONDITIONERS ON EROSION FORMATION IN SOILS HAVING DIFFERENT TEXTURES

ACAR, Ferdi

Iğdır University

Master Thesis, Soil Science and Plant Nutrition Department

Advisor: Assist. Prof. Dr. Mücahit KARAOĞLU

June 2014/40 Pages

The water erosion, which can be observed in every region where heavy precipitation and sloping lands are present, is a type of erosion that erodes the soils at most. The quantity of the soil lost as a result of water erosion increases, when considering adverse contribution of incorrect cultural procedures and human. The history of studies for preventing the erosion dates back to its recognition. Thanks to the developments in the science and technology, today numerous natural and artificial substances (soil conditioners) are used for the purpose of soil reclamation and conservation. Polyacrylamide (PAM) and phospho-gypsum are two of substances used for soil conservation. PAM has not been produced in Turkey at the present time, and its price is very expensive. On the other hand, Phosphogypsum (PG) is waste product of the fertilizer plants that produce and use phosphoric acid and is produced in Turkey. This study tried to determine quantity of soil lost of three different soil samples (Clay loam, Sandy loam and Loam), which were taken from Tuzluca District, Iğdır Province and eroded, through the precipitation formed in artificial sprinkler and having the density of $100 (\pm 3) \text{ mm h}^{-1}$. The soil samples were placed on 3-cm deep pans of 55x20 cm with an slope of 6%. The soil samples were subject to eighty one 1-hour rainfall processes, involving three different and repeated rainfalls as control, PAM (7.5 kg ha^{-1}) and PG (7.5 ton ha^{-1}). While PAM practices increased final infiltration values at the rate of 70% and overall infiltration values at the rate of 39-48%, they decreased runoff at the rate of 19-41%, erosion occurring via runoff at the rate of 200-300% and quantity of soil replaced via side splash at the rate of 250-300%. While PG practices increased final infiltration values at the rate of 54-57% and overall infiltration values at the rate of 28-38%, they decreased runoff at the rate of 20%, erosion occurring via runoff at the rate of

190-260% and quantity of soil replaced via side splash at the rate of 200-260%. However, the fact that PAM is an imported and expensive soil conditioner is assessed as a negative situation.

Key words: Simulating rainfall, PAM, PG, infiltration, runoff, erosion.

ÖNSÖZ VE TEŞEKKÜR

Erozyon toprakların oluştuğu andan itibaren var olan, ancak insanın toprağı işlemeyle başlamasıyla hızlandırılan bir olaydır. Erozyon olayı sadece verimli üst toprağın taşınarak toprağın verimsizleşmesi değil, aynı zamanda taşınan toprağın yığıldığı yerlerde kirlilik ve diğer zararlara sebep olmasıdır. Yeryüzünün büyük bir bölümünde etkili olan su erozyonunun ana sebebi şiddetli yağışlardır. Şiddetli yağışlar, başka bir deyişle yüksek yoğunluklu yağışlar toprak agregatlarını dağıtarak toprağın direncini azaltır ve yüzey akış ile taşınmasını kolaylaştırır. Toprak agregat direncinin artırılması, agregasyonun teşvik edilmesi için toprak düzenleyicilerin kullanılması, etkilerinin araştırılması giderek yaygınlaşmaktadır. Toprak düzenleyicilerin erozyon üzerindeki azaltıcı etkilerinin miktarını belirlemek doğal şartlar altında hem zamana hem de iklim olaylarına bağlıdır. Araştırmacılar bu bağımlılıkları ortadan kaldırmak için benzetim çalışmalarına yönelmiş ve yapay yağmurlama aletlerini geliştirmişlerdir. Yapay yağmurlama aletleri ile laboratuvar şartlarında daha kısa sürede benzer sonuçlar almak mümkün olmaktadır. Bu araştırmada, Aras havzasına ait üç farklı toprak tipi üzerinde toprak düzenleyicilerden PAM ve PG'nin etkileri ve istatistiksel olarak önemi belirlenmiştir.

Araştırma konusunun tespiti, çalışmanın yürütülmesi, tez safhasına getirilmesi ve tezin hazırlanmasında yardımlarını esirgemeyerek her türlü desteği veren, çalışmanın sonuna kadar benimle büyük bir titizlikle ilgilenen danışmanım Yrd. Doç. Dr. Mücahit KARAOĞLU hocama; kendisinden ders aldığım Bölüm Başkanı Yrd. Doç. Dr. Uğur ŞİMŞEK hocama; ikinci dönem dersleri aldığım A.Ü. Ziraat Fakültesi Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü hocalarından ortak danışman Doç. Dr. Müdahir ÖZGÜL hocama; çalışmanın A.Ü. Ziraat Fakültesi Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümünde yürütülen kısmında her türlü imkânı sağlayan Prof. Dr. Mustafa R. ÇANGA hocama; projemize (2013-FBE-L11) destek sağlayan Iğdır Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimi'ne; fosfojips maddesinin temininde yardımcı olan Toros Tarım'a ve üretim sorumlusu İsmail TURAN bey'e ve göstermiş oldukları sabır ve vermiş oldukları maddi ve manevi destek için sevgili aileme sonsuz teşekkür ederim.

Ferdi ACAR
Haziran 2014

İÇİNDEKİLER	Sayfa No
ÖZET.....	i
ABSTRACT.....	iii
ÖNSÖZ VE TEŞEKKÜR.....	v
İÇİNDEKİLER.....	vi
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ.....	viii
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	ix
ÇİZELGELER DİZİNİ.....	x
1. GİRİŞ.....	1
2. KAYNAK BİLDİRİŞLERİ.....	3
3. MATERYAL VE METOT.....	7
3.1. Materyal.....	7
3.1.1. Araştırmada kullanılan toprak örnekler.....	7
3.1.2. Fosfojips (Phosphogypsum).....	7
3.1.3. Poliakrilamid (Polyacrylamide).....	7
3.1.4. Iğdır ve Tuzluca'nın uzun yıllar yağış verileri.....	7
3.1.5. Yapay yağmurlama aleti	8
3.1.5.a. Toprak tavaları.....	8
3.1.5.b. Sıçrama levhaları	9
3.1.5.c. Fanlar	10
3.1.5.d. Yağış suyu.....	10
3.2. Metot.....	10
3.2.1. Toprak örneklerinin alınması ve analize hazırlanması.....	10
3.2.2. Toprakta yapılan analizler.....	11
3.2.3. Üniversal toprak kayıpları eşitliğinin (USLE) çözümü.....	11
3.2.3.a. Yağış erozyon faktörünün (R) hesaplanması.....	11
3.2.3.b. Erozyon duyarlılık faktörlerinin (K) belirlenmesi.....	11
3.2.3.c. Eğim uzunluğu ve dikliği faktörünün (LS) hesaplanması..	13
3.2.3.d. Bitki amenajman faktörünün (C) hesaplanması.....	13
3.2.3.e. Toprak koruma önlemleri faktörünün (P) hesaplanması...	13
3.2.4. Fosfojips maddesinin sağlanması ve kullanıma hazırlanması.....	14

İÇİNDEKİLER	Sayfa No
3.2.5. Yapay yağmurlama uygulamaları.....	14
3.2.5.a. Kontrol denemeleri.....	15
3.2.5.b. Fosfajips denemeleri.....	16
3.2.5.c. Poliakrilamit denemeleri.....	16
3.2.5.d. İnfiltrasyon ölçümleri	16
3.2.5.e. Sıçrama erozyonu ölçümleri.....	17
3.2.5.f. Yüzey akış ve sediment ölçümleri.....	17
3.2.6. İstatistiksel değerlendirme.....	17
4. ARAŞTIRMA BULGULARI	18
4.1. Araştırmada Kullanılan Toprakların Fiziksel Özellikleri.....	18
4.2. Ünlversal Toprak Kayıpları Eşitliğinin (USLE) Çözüm Sonuçları.....	19
4.3. Kontrol, PAM ve PG'li Toprak Örneklerinde Yapay Yağmurlama Sonuçları.....	20
4.3.1. İnfiltrasyon ölçüm sonuçları.....	20
4.3.2. Yüzey akış ölçüm sonuçları.....	21
4.3.3. Erozyon ve yanlara sıçrayan toprak miktarı (g m ⁻²).....	22
4.4. İstatistiksel Değerlendirme ve Sonuçları	24
4.4.1. Son infiltrasyon değerlerine ait varyans analiz sonuçları.....	24
4.4.2. Toplam infiltrasyon değerlerine ait varyans analiz sonuçları.....	25
4.4.3. Yüzey akış değerlerine ait varyans analiz sonuçları.....	26
4.4.4. Erozyon değerlerine ait varyans analiz sonuçları.....	27
4.4.5. Yanlara sıçrama değerlerine ait varyans analiz sonuçları.....	28
5. TARTIŞMA VE SONUÇ.....	30
KAYNAKLAR	32
ÖZGEÇMİŞ	40

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

Simgeler

mm	milimetre
sn	saniye
%	yüzde
Kg	kilogram
h	saat

Kısaltmalar

K	Kontrol denemeleri
PAM	Poliakrilamit
PG	Fosfojips
USLE	Üniversal toprak kayıpları eşitliği

ŞEKİLLER DİZİNİ

	Sayfa No
Şekil 3.1. Araştırmada kullanılan yapay yağmurlama aleti ve donanımları.....	9
Şekil 3.2. Yağmurlamada kullanılan toprak tavaları.....	10
Şekil 3.3. K faktörünün bulunmasında kullanılan nomograf.....	12
Şekil 3.4. Eğim uzunluğu ve dikliği ile topografik faktörü belirleyen abak.....	14
Şekil 3.5. Yapay yağmurlama uygulamaları.....	15

ÇİZELGELER DİZİNİ

	Sayfa No
Çizelge 3.1. Iğdır ve Tuzluca'nın uzun yıllar yağış verileri.....	8
Çizelge 3.2. Iğdır ili toplam orajlı günler sayısı.....	8
Çizelge 3.3. Toprakların erozyon duyarlılık faktörüne göre sınıflandırılması.....	13
Çizelge 4.1. Toprak örneklerinin fiziksel özellikleri.....	18
Çizelge 4.2. İnfiltrasyon değerleri (mm m^{-2}).....	20
Çizelge 4.3. Yüzey akış değerleri (mm m^{-2}).....	22
Çizelge 4.4. Erozyon ve yanlara sıçrama ile yer değiştiren toprak miktarı (g m^{-2}).....	23
Çizelge 4.5. Son infiltrasyon değerlerine ait varyans analiz sonuçları.....	24
Çizelge 4.6. Son infiltrasyon değerleri üzerine olan etkilerin karşılaştırılması.....	24
Çizelge 4.7. Toplam infiltrasyon değerlerine ait varyans analiz sonuçları.....	25
Çizelge 4.8. Toplam infiltrasyon değerleri üzerine olan etkilerin karşılaştırılması.....	25
Çizelge 4.9. Yüzey akış değerlerine ait varyans analiz sonuçları.....	26
Çizelge 4.10. Yüzey akış değerleri üzerine olan etkilerin karşılaştırılması.....	26
Çizelge 4.11. Erozyon değerlerine ait varyans analiz sonuçları.....	27
Çizelge 4.12. Erozyon üzerine olan etkilerin karşılaştırılması.....	27
Çizelge 4.13. Yanlara sıçrama değerlerine ait varyans analiz sonuçları.....	28
Çizelge 4.14. Yanlara sıçrama üzerine olan etkilerin karşılaştırılması.....	28

1. GİRİŞ

Toprak miktarı artırılmayan, jeolojik veya doğal erozyonla kendini bir miktar yenileyebilen doğal bir varlıktır. Bu özelliği ve bugün hala canlıların besin ihtiyaçlarını karşılamak için en önemli yetiştirme ortamı olması sebebiyle değeri her geçen gün biraz daha iyi anlaşılmaktadır.

Hızlandırılmış erozyon insan kaynaklı olduğu için azaltılabilir ve toprak kaybı miktarları tolerans değerleri sınırına çekilebilir. Başka bir deyişle, insan, çocuklarından ödünç aldığı toprağı en az kayıpla onlara geri bırakmalıdır. Hızlandırılmış erozyonun ilk fark edilmişinden bugüne kadar toprak koruma çalışmaları artan bir hızla devam etmektedir. Toprak koruma çalışmalarında sadece kültürel işlemlerin doğru yapılması değil, aynı zamanda toprak düzenleyicilerin olumlu katkılarından da yararlanılmaktadır.

PG, toprağı giren ve yüzey akışa geçen sudaki elektrolitlerin serbest kalmasını sağlar, yüzeyde toprak parçacıklarının çökmesini engeller, toprak strüktürünü korur ve erozyonu azaltır (Agassi *et al.*, 1990).

Yağmur damlalarının çarpma enerjisi, toprak yüzeyinde kaymak tabakasının oluşumuna sebep olabilir. Bu durum kurak ve yarı kurak bölgelerdeki tarım alanlarında ciddi problemler meydana getirir. Toprak yüzeyine toprak düzenleyicilerin yayılması ve elektrolitlerin miktarında kararlılık meydana getirilerek kaymak oluşumu engellenebilir (Smith *et al.*, 1990).

PG, elektrolit seviyesini yüksek bir seviyede tutar ve killerin kümelenmesini sağlayarak kaymak oluşumunu azaltır ve yüzeyden yıkanan sediment miktarı azalır (Miller, 1987). Sızan suyun elektrolit konsantrasyonuna yaptığı etkinin yanında, PG toprak yüzeyinde kaymak oluşumunu engelleyerek malç görevi yapar ve toprağın infiltrasyon oranını artırır (Agassi *et al.*, 1986).

PAM genel bir toprak yapısı düzenleyicisidir. PAM uygulaması toprak parçacıkları arasındaki kohezyon kuvvetini artırır, toprak mikro yapılarını ve suya karşı agregat dayanıklılığını ıslah edebilir (Miller *et al.*, 1998; Levy and Miller, 1999; Zhang, 2006; Mamedov *et al.*, 2007) ve sonuç olarak kaymak oluşumunu ve toprak kaybını azaltır (Ben-Hur *et al.*, 1985; Bradford *et al.*, 1987; Ben-Hur and Keren, 1997; Bjorneberg *et al.*, 2003; Sojka *et al.*, 2007).

Toprağa PAM uygulaması toprağın strüktürünü dengede tutar (sağlamlaştırır), toprağın erozyona direncini artırır, toprak aşınabilirlik faktörünü (K) azaltır, toprağa su girişini (infiltrasyon) artırır ve yüzey akışı azaltır (Santos and Serralheiro, 2000; Santos *et al.*, 2003; Sepaskhah and Bazrafshan-Jahromi, 2006). Ancak literatürde toprak geçirgenliği üzerinde PAM etkileri (Falihat *et al.*, 1999; Santos and Serralheiro, 2000; Peng *et al.*, 2006; Li *et al.*, 2010) ve yüzey akış (Shainberg *et al.*, 1990; Levy and Agassi, 1995; Sirjacobs *et al.*, 2000; Sepaskhah and Bazrafshan-Jahromi, 2006) için bazı çelişkiler vardır. PAM özellikleri ve poliakrilamid (PAM) uygulama oranı ve uygulama metodu, toprak özellikleri vb. toprak geçirgenliği ve toprak kayıpları üzerindeki çelişkili sonuçların sebepleri olabilir (Zhang and Miller, 1996; Green *et al.*, 2000; Lentz, 2003; Bhardwaj *et al.*, 2009; Young *et al.*, 2009).

Yağmur damla enerjisinin artmasıyla yüzey akış ve toprak erozyonu miktarı artmaktadır. Fakat PAM, yağmur damla etkisinin sebep olduğu agregatların fiziksel dağılımını sınırlandırmaktadır (Sepaskhah and Bazrafshan-Jahromi, 2006).

PAM'in toprak agregatlarının içine işlemediği, sadece agregat yüzeyinde tutulduğu ve yağmur damlalarının kinetik enerjileri ile dağılmadıkları sürece hareketsiz kaldıkları bildirilmiştir (Malik and Lety, 1991; Ben-Hur and Keren, 1997).

Polimer zincirin uzunluğu ve Poliakrilamid (PAM) çözeltisinin vizkozitesi PAM molekül ağırlığının artmasıyla artar (Green *et al.*, 2000). Yüksek molekül ağırlığına sahip PAM kilin topaklaşmasında daha etkilidir ve infiltrasyon üzerindeki etkisi de düşük molekül ağırlığına sahip PAM'den daha büyüktür (Levy and Agassi, 1995; Green *et al.*, 2000).

Yapay yağmurlama çalışmalarının toprak erozyonu ve topraktaki su ile ilgili olaylara ait konuların değerlendirilmesinde önemli bir yöntem olduğu (Iserloh and ark., 2013) ve yapay yağmurlayıcıların özellikle toprak materyalinin ayrışma ve taşınma oranlarının belirlenmesi olmak üzere arazi ve laboratuvar şartlarındaki farklı erozyon süreçlerini araştırmak için temel bir unsur olduğu (Cerde, 1999) ortaya konmuştur.

Bu araştırmanın amacı, erozyona duyarlı farklı toprak örneklerinde yüksek yoğunluklu yağış ve kritik eğim altında PAM ve PG'nin infiltrasyon, yüzey akış ve erozyona etkilerini ve aralarındaki farkı belirleyerek istatistiksel olarak önemini ifade etmektir.

2. KAYNAK BİLDİRİŞLERİ

Karaoğlu ve Çanga (2002), PG'nin etkilerini yapay yağmurlayıcı altında 45 mm h⁻¹ yoğunluklu ardışık yağışlarla, killi ve siltli tın toprak örnekleri kullanılarak altı farklı eğim yüzdesinde (0, 2, 6, 9, 15, 24 ve 30) 5 ve 10 ton ha⁻¹ olarak araştırmışlardır. Araştırma sonuçlarına göre yüzey akış ve erozyon değerlerinde istatistiksel olarak önemli bir azalma kaydedilmiştir. Karaoğlu ve Çanga (2002), PG'nin infiltrasyon ve son infiltrasyon değerlerindeki artış etkilerini istatistiksel olarak önemli ve kaymak tabakası kalınlığında önemli bir azalış olarak belirlemişlerdir (Karaoğlu ve Çanga, 2000).

PG'nin (4 ton ha⁻¹) ve anyonik PAM'in (20 ton ha⁻¹) birlikte uygulanmasının infiltrasyon oranlarına etkisi yapay yağmurlayıcı kullanılarak, Xerofluent toprak örneği üzerinde araştırılmış ve kontrol denemelerine göre son infiltrasyon oranlarının üç kat arttığı bildirilmiştir (Ferreria *et al.*, 1994).

Su kalitesi toprak kimyasal özellikleri ve agregat dayanıklılığı, kaymak oluşumu ve infiltrasyon oranını etkilemektedir. Toprak erozyonu üzerinde bu faktörlerin etkilerini araştırmak için altı farklı Güney Afrika toprağı üzerinde Ben Hur *et al.* (1992) tarafından araştırmalar yapılmıştır. İnfiltrasyon oranı ve toprak kayıpları, 30x50 cm² tavalarda yer aldığı yapay yağmurlama aleti kullanılarak ölçülmüştür.

Eğim, toprak konumu ve PG'nin; yağış miktarı, yüzey akış ve erozyon üzerindeki etkileri arazi şartlarında 1x1.5 m² tavalarda ve Grumusol topraklardan yararlanılarak tabii yağış altında Agassi *et al.* (1990) tarafından belirlenmiştir. PG uygulamasının kontrol denemelerine göre yüzey akışı %25 ve toprak kayıplarını %1-3 oranında düşürdüğü ve çok dik eğimlerde PG'nin toprak kayıplarını belirgin bir şekilde azalttığı ortaya konmuştur.

Warrington *et al.* (1989), farklı eğim (%5-30) ve PG'nin su kalitesi, infiltrasyon oranı, yüzey akış ve erozyon üzerindeki etkilerini kumlu tın toprak (Rhodoxeralf) materyali ve yapay yağmurlayıcı kullanarak araştırmışlardır. PG uygulaması ile son infiltrasyon oranı değerinin kontrol denemelerine göre üç kat arttığı ve yüzey akış hacminin %50 azaldığı ortaya konmuştur. Erozyon, kontrol denemelerine göre düşük eğim açılarında %60, yüksek eğim açılarında %10-40 azalmıştır. Eğim açısı %5'den

25'e doğru arttıkça, PG uygulanmış toprak örneklerindeki toprak kaybı sadece 2 katına çıkarken, kontrol denemelerinde toprak kaybı 7 katına ulaşmıştır.

PAM'in toprak erozyonu ve yüzey akışı azaltma ve infiltrasyonu artırmadaki etkileri tuzsuz su ile karık ve yağmurlama sulama uygulamaları ile çalışılmıştır (Abu-Zreig *et al.*, 2007; Lentz and Sojka, 2009; Sepaskhah and Bazrafshan-Jahromi, 2006; Sepaskhah and Mahdi-Hosseiniabadi, 2008). Genel olarak, infiltrasyon veya yüzey akış üzerinde PAM'in etkileri toprak kayıpları üzerindeki etkilerinden daha düşük olmuştur (Yu *et al.*, 2003; Cochrane *et al.*, 2005; Sepaskhah and Bazrafshan-Jahromi, 2006) ve bu etki yağmurlama sulama altında karık sulamaya göre daha süreksiz olmuştur (Sojka *et al.*, 1998).

Yüksek yoğunluklu musluk suyu kullanılan yapay yağmurlar altında molekül ağırlığı 12 ve 18 Mg mol⁻¹ olan farklı PAM uygulamalarının (0, 0.5, 1.0 ve 2.0 g m⁻²) %9 eğim altında yüzey akış, erozyon ve besin elementleri kayıplarına olan etkileri Wang *et al.* (2011) tarafından araştırılmıştır. Düşük PAM uygulamalarının yüzey akışı, kontrol değerlerine göre azalttığı; yüksek PAM uygulamalarının yüzey akışı, kontrol değerlerine göre artırdığı gözlenmiştir.

Farklı PAM oranlarının (0, 2.0 ve 6.0 kg ha⁻¹) laboratuvar tipi yağmurlama aletinde atık su ve temiz su ile ve sadece ilk yağışta PAM uygulanan ardışık üç sulama uygulanarak üç farklı toprak tipinde (kumlu tın, tın ve siltli killi tın) çalışılmıştır (Sepaskhah and Shahabizad, 2010). Ağır tekstürlü örnekte yüksek PAM oranları son infiltrasyon oranlarını artırmış, yüzey akış ve toprak kayıplarını azaltmıştır. Tınlı toprak örneği için 2.0 kg ha⁻¹ PAM uygulaması yüzey akışı temiz su için %28 ve atık su için %25 azaltmıştır. Siltli killi tın örneğinde temiz su ve 6.0 kg ha⁻¹ PAM uygulamasında, birinci ve ikinci sulamalarda yüzey akış ve toprak kayıpları azalmıştır. Atık su ve 2.0 kg ha⁻¹ PAM uygulamasında birinci sulamada yüzey akış %32 ve toprak kayıpları %46 azalmış ancak sonraki sulamalarda azalma görülmemiştir.

Yağmurlama sulama ile farklı eğim derecelerinde (%2.5, 5.0 ve 7.5) ve farklı PAM oranlarında (0, 1, 2, 4 ve 6 kg ha⁻¹) laboratuvar tipi yağmurlama aleti kullanılarak sadece ilk yağışta PAM uygulanan ardışık üç sulama ile PAM'in infiltrasyon, yüzey akış ve erozyona etkileri araştırılmıştır (Sepaskhah and Bazrafshan-Jahromi, 2006). Araştırmacılar yüksek eğim yüzdelerinde yüzey akış ve erozyonun azaltılması için ve son infiltrasyon oranının artırılması için daha yüksek PAM uygulamalarına ihtiyaç

olduğunu ortaya koymuşlardır. Yüksek eğim yüzdelerinde, özellikle üçüncü sulamada, yüzey akışın azaltılması için daha yüksek PAM uygulama oranlarına (6 kg ha^{-1}) ihtiyaç duyulduğunu belirlemişlerdir. %7.5 eğimde ilk sulamada son infiltrasyon oranının artırılması için gerekli olan PAM oranının 4 kg ha^{-1} değerinden daha fazla olması gerektiğini ve PAM'in erozyonu azaltma etkisinin yüzey akışı azaltma etkisinden daha fazla olduğunu bildirmişlerdir.

Aase *et al.* (1998), 2 kg ha^{-1} PAM uygulamasının ilk 20 mm yağmurlama sulamada yüzey akışı %70 ve toprak kayıplarını %75 azalttığını bildirmişlerdir.

Zhang and Miller (1996), PAM uygulamasının yapay yağmurlama çalışmalarında toprak kayıplarını azalttığını bildirmişlerdir. Yapay yağmurlamada veya akış suyunda PAM'in bulunması yüzey akışın sediment taşınmasına uygun olduğu zaman PAM'in de toprak kayıplarını artırdığı Flanagan *et al.*, (1997) tarafından rapor edilmiştir.

Levy *et al.* (1992), küçük tepsilerle, laboratuarda, 10 mg lt^{-1} PAM uygulamasının son infiltrasyon oranı ve toplam infiltrasyonda erozyonu azaltmadaki gibi en uygun etkiyi yaptığını ortaya koymuşlardır.

Smith *et al.* (1990) ve Levin *et al.* (1991), 20 kg ha^{-1} PAM uygulamasının infiltrasyonu artırdığını yüzey akış ve erozyonu büyük ölçüde azalttığını bildirilmiştir. Shainberg *et al.* (1990), yapay yağmurlayıcı kullanarak, küçük tavalardaki kuru toprak örneklerinde yüksek infiltrasyon değerlerinin sürdürülmesi için en uygun PAM uygulamasının 20 kg ha^{-1} olduğunu bildirmişlerdir. Ayrıca araştırmacılar toprak çözeltisindeki tuzların kil minerallerini topaklaştırarak polimerlerin agregat dayanıklılığı üzerindeki faydalı etkilerini artırdığını bulmuşlardır.

Ben-Hur *et al.* (1989), küçük tepsilerle yürüttükleri laboratuvar çalışmalarında sulama suyu ile birlikte 5 kg ha^{-1} PAM uygulamasının, toprak yüzeyine püskürtülmesinden daha yüksek infiltrasyon oranları sağladığını bildirmişlerdir.

El-Morsy *et al.* (1991a, 1991b), doymuş hidrolik iletkenliğe sahip topraklarda polimerlerin ve sudaki tuzların birlikte etkisini, EC değeri 0.5, 2.0, ve 5.0 dS m^{-1} ve sodyum tutulma oranı (SAR) 5, 15 ve 25 değerlerinde araştırmışlar ve polimerlerin topraktaki faydalı etkilerini yüksek EC değerlerinde daha yüksek bulmuşlardır.

Lentz (2003) siltli tın ve kumlu tın toprak örneklerine anyonik yüzey ve 10 mg lt^{-1} poliakrilamid (PAM) uygulayarak doymuş hidrolik iletkenlik değerinin anyonik

yüzeysiz poliakrilamid (PAM) uygulamalarına göre %70'e kadar azaldığını ortaya koymuştur.

McElhiney and Osterli (1996), ince tekstürlü topraklarda PAM uygulamasının infiltrasyon değerini %10-40 artırdığını bildirmişlerdir. PAM çalışmalarının pek çoğu erozyona duyarlı, düşük agregat dayanıklılığına sahip killi tın ve siltli tın topraklarda yürütülmüştür (Sepaskhah and Shahabizad, 2010).

Cerda (1999), son 62 senedeki yapay yağmurlamanın tarihçesini rapor etmiş ve 229 farklı yapay yağmurlama aletini yazarı, yapım yılı, kullanıldığı ülke, başlık tipi, kapillar materyal, damla çapı, yağış yoğunluğu, parsel büyüklüğü ve araştırma problemleri olarak bildirmiştir.

Yapay yağmurlamada belirli bir standart olmaması ve yapay yağmurlayıcıların yapım, yağış yoğunluğu, üç boyutlu yağış dağılımı, damla çapı ve hızları yönünden farklılık göstermesi sonuçlar arasında anlamlı bir karşılaştırma yapmayı engellemektedir. Bununla birlikte toprak erozyon değerlendirmelerinde ve uygulama amaçlı erozyon önleme çalışmalarında karar vermek için yapay yağmurlama verileri sürekli bir şekilde önemli olmaktadır (Iserloh *et al.*, 2013). Bundan başka, deneme şartlarının tam olarak bilinmesi temel bir ihtiyaçtır ve sonuçları yorumlamak, birleştirmek ve sınıflamak için gereklidir (Boulal *et al.*, 2011; Clarke and Walsh, 2007; Lascelles *et al.*, 2000; Ries *et al.*, 2013).

3. MATERYAL VE METOT

3.1. Materyal

3.1.1. Araştırmada kullanılan toprak rnekleri

Araştırmada kullanılan 3 toprak rneği Iğdir ili Tuzluca ilçesi eğimli arazilerinden alınmış olup, erozyona uğramış topraklardır. Toprak rnekleri killi tın, kumlu tın ve tın tekstüre sahiptir.

3.1.2. Fosfojips (Phosphogypsum)

Araştırmada toprak düzenleyici olarak kullanılan fosfojips, fosfat gübre endüstrisinin bir yan ürünüdür. Fosforik asit üreten ve kullanan gübre fabrikalarının atık maddesidir. Gübre fabrikalarının ana hammaddesi fosfat kayası [$\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$] veya fosforittir. Ülkemizde fosfat kayası çok azdır. Mardin Mazıdağı yöresindeki mevcut fosfat kayası kullanılmadığı için, ihtiyacın tamamı yurt dışından karşılanmaktadır.

Fosfojips, ulaştırmadan tarıma kadar birçok sektörde kullanılan adeta bir süper atık maddesidir. Fosfojipsin kimyasal bileşimi oldukça zengindir. Fosfojipsin kuru haldeki bileşiminde; %97 CaSO_4 , %1 MgSO_4 , %0.6 P_2O_5 , %1.4 fluorapatit ve SiO_2 bulunmaktadır.

3.1.3. Poliakrilamit (Polyacrylamide)

Araştırmada kullanılan diğer bir toprak düzenleyici ise kuru taneli anyonik poliakrilamit ülkemizde üretilmediği için yurt dışından ithal edilmiştir ve oldukça pahalı bir maddedir. Bağıl yoğunluğu 0.750 gr cm^{-3} , molekül ağırlığı 16 Mg mol^{-1} dir.

3.1.4. Toprak rneklerinin alındığı Iğdir ve Tuzluca'nın yağış zellikleri

Uzun yıllar aylık yağış ortalamalarının yer aldığı izelge 3.1 incelendiğinde Iğdir ve Tuzluca'nın yıl içinde çok az yağış aldığı görülmektedir. En fazla yağış görülen aylar Mart-Haziran ve Ekim aylarıdır. Bu durum su erozyonu açısından olumlu bir durum olarak değerlendirilebilir. Ancak izelge 3.2 incelendiğinde en yağışlı ayların

kaynağının oraj olarak adlandırılan gök gürültülü sağanak yağışlar, diğer bir deyişle yoğunluğu fazla olan yağışlar olduğu görülmektedir.

Çizelge 3.1. Iğdır ve Tuzluca'nın uzun yıllar yağış verileri (Karaoğlu, 2012)

İstasyon	Dönem	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Yıllık
Iğdır	70-10	13.2	17.2	22.2	36.7	48.1	32.0	14.1	9.2	10.2	26.4	18.1	11.8	258.2
Tuzluca	70-00	15.2	21.8	31.6	37.2	66.1	43.5	15.0	11.8	13.4	32.4	23.4	14.1	322.4

Çizelge 3.2. Iğdır ili toplam orajlı günler sayısı (Karaoğlu, 2011)

Dönem	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Yıllık
1976-2005	-	1	12	91	268	231	121	85	52	21	-	-	882

3.1.5. Yapay yağmurlama aleti

Araştırmada Gabriels and De Boodt (1975) tarafından detayları bildirilen yapay yağmurlama aleti kullanılmıştır (Şekil 3.1). Yağmurlama aletinin yüksekliği 3 metredir. Üst bölümünde bir motor yardımıyla dönen su tankı bulunmaktadır. Su tankında açılan deliklere yerleştirilen yağmurlama başlıkları veya damla oluşturucular 5 mm uç çapına sahiptir ve 0.5 cm damla çapı oluşturmaktadır. Damla oluşturucuların, tavalardaki toprak örneklerine uzaklığı 2.75 metredir.

3.1.5.a. Toprak tavaları

Toprak örneklerinin yerleştirildiği tavalalar 50x22 cm ebadında, 0,11 m² yüzey alanına sahip ve metaldir. Tavaların içinde, yerleştirilecek toprak örneklerini istenen derinlikte tutacak ayaklı ızgaralar mevcuttur. İnfiltrasyon ölçümleri için tavaları alt kısmında çıkış delikleri, yüzey akış ve erozyonun ölçülebilmesi için tavaların ön kısmında eğimli önlükler bulunmaktadır (Şekil 3.2)

3.1.5.b. Sıçrama levhaları

Yapay yağmurlama süresince yağmur damlalarının vuruş enerjisi sonucu yanlara sıçrama ile taşınan sediment miktarını ölçmek için kullanılan sıçrama levhaları, yaklaşık 1.5 m. yüksekliğindedir ve alt kısmında toprak taneciklerini toplamak için kanallar yer almaktadır. Kanallar, toplanan toprak taneciklerinin kolayca toplama kaplarına alınmasını sağlamak için yaklaşık %15 eğime sahiptir (Şekil 3.1).



Şekil 3.1. Araştırmada kullanılan yapay yağmurlama aleti ve donanımları



Şekil 3.2. Yağmurlamada kullanılan toprak tavaları

3.1.5.c. Fanlar

Yapay yağmurlama süresince toprak örneğinin her noktasına yağmur damlası düşecek homojen bir yağış elde edebilmek ve gerçek yağışa yakın bir yağış düşüşü sağlamak amacıyla 2 adet fan kullanılmıştır (Şekil 3.1).

3.1.5.d. Yağış suyu

Yapay yağmurlama aletinde oluşturulan yağışlarda musluk suyu kullanılmıştır. Musluk suyunun pH değeri 7.29 ve elektriksel iletkenlik değeri 27.3 mS m^{-1} dir.

3.2. Metot

3.2.1. Toprak örneklerinin alınması ve analize hazırlanması

Iğdır-Tuzluca %6 eğimli tarım arazilerininin 0-20 cm seviyesinden yüzey toprak örnekleri alınmıştır. Toprak örnekleri havada kurutulduktan sonra fiziksel ve kimyasal bazı özelliklerinin belirlenebilmesi amacıyla yapılacak analizler için 2 mm elekten elenmiştir. Yağmurlamalarda kullanılan toprak örnekleri ise 7 mm elekten elenmiştir.

3.2.2. Toprakta yapılan analizler

Toprak tekstürü: Bouyoucus Hidrometre yöntemiyle belirlenmiştir (Gee and Bauder, 1986).

Organik madde: Smith-Weldon yöntemiyle belirlenmiştir (Nelson and Sommer, 1982).

Hidrolik iletkenlik: Sönmez'in (1960) bildirdiği gibi bozulmuş örneklerde sabit seviyeli geçirgenlik aleti ile ölçülmüştür.

Agregat stabilitesi: Black (1965) yöntemi ile belirlenmiştir.

Toprak strüktürü: Elle muayene yöntemi ile belirlenmiştir.

3.2.3. Üniversal toprak kayıpları eşitliğinin (USLE) çözümü

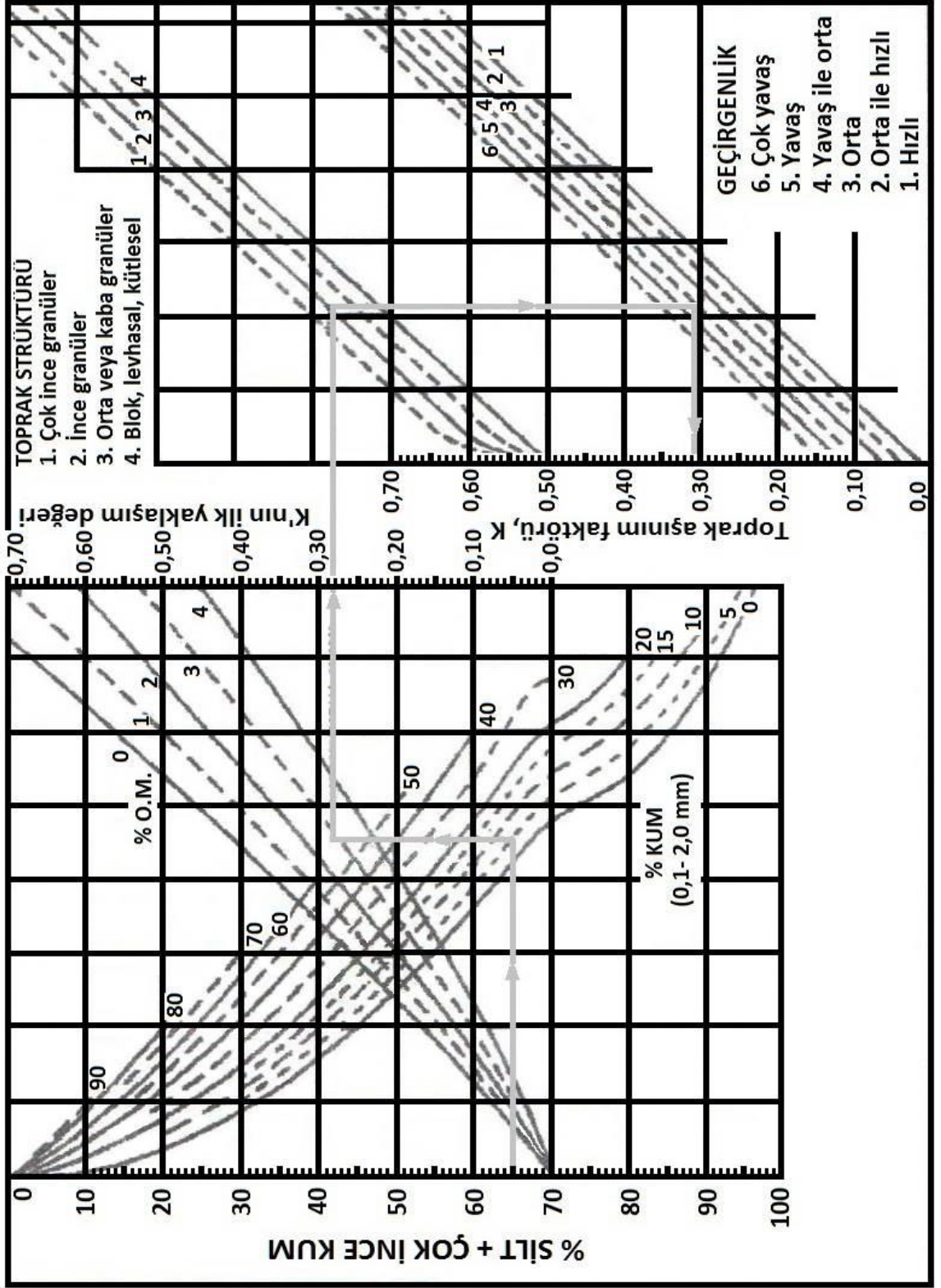
$A = RKLSCP$ şeklinde bildirilen USLE eşitliğinde (Wischmeier ve Smith, 1978); R yağış erozyon faktörü, K erozyon duyarlılık faktörü, L eğim uzunluğu faktörü, S eğim derecesi faktörü, C bitki amenajman faktörü ve P koruma faktörü olarak ifade edilir.

3.2.3.a. Yağış erozyon faktörünün (R) hesaplanması

Tek bir yağışın erozyon indeksi hesaplandığı gibi aylık ve yıllık yağışların erozyon indeksi de hesaplanabilmektedir. Tuzluca'ya ait yazıcı yağışölçer verileri olmadığı için en yakın Iğdır ili için hesaplanmış $R = 11.0$ değerinden (Karaoğlu, 2011) bir eşitlik yardımıyla Tuzluca için yağış erozyon faktörü değeri $R = 17.9$ (Karaoğlu, 2012) olarak hesaplanmıştır. Araştırmada kullanılan toprak örneklerinin tahmini erozyon kayıplarını belirlemek için bu değer kullanılmıştır.

3.2.3.b. Erozyon duyarlılık faktörlerinin (K) belirlenmesi

Araştırmada kullanılan toprak örneklerinin laboratuvar analizleri sonucunda elde edilen % silt + çok ince kum, % kum, % organik madde, strüktür ve hidrolik iletkenlik değerleri Wischmeier ve ark. (1971) tarafından geliştirilmiş nomografla (Şekil 3.3) çözümü yapılarak erozyon duyarlılık faktörleri belirlenmiş ve Çizelge 3.3'de verilen sınıflandırmaya göre erozyon duyarlılıkları açıklanmıştır.



Şekil 3.3. K faktörünün bulunmasında kullanılan nomograf.

Çizelge 3.3. Toprakların erozyon duyarlılık faktörüne göre sınıflandırılması (Doğan ve Güçer, 1976).

K faktörleri	Erozyon duyarlılığı
$0.00 < K \leq 0.05$	Çok az aşınabilir topraklar
$0.05 < K \leq 0.10$	Az aşınabilir topraklar
$0.10 < K \leq 0.20$	Orta derecede aşınabilir topraklar
$0.20 < K \leq 0.40$	Kuvvetli derecede aşınabilir topraklar
$0.40 < K \leq 0.60$	Çok kuvvetli derecede aşınabilir topraklar

3.2.3.c. Eğim uzunluğu ve dikliği faktörünün (LS) hesaplanması

USLE eşitliğinde eğim uzunluğu ve eğim dikliği faktörleri ayrı ayrı hesap edilebileceği gibi bir arada da hesaplanabilmektedir. Bunun için geliştirilmiş olan abak (FAO, 1986) Şekil 3.4’de verilmiştir. 1 nolu toprak örneğinin alındığı tarla 100 m uzunluğunda ve %6 eğime, 2 nolu toprak örneğinin alındığı tarla 140 m uzunluğunda ve %6 eğime, 3 nolu toprak örneğinin alındığı tarla 110 m uzunluğunda ve %6 eğime sahiptir.

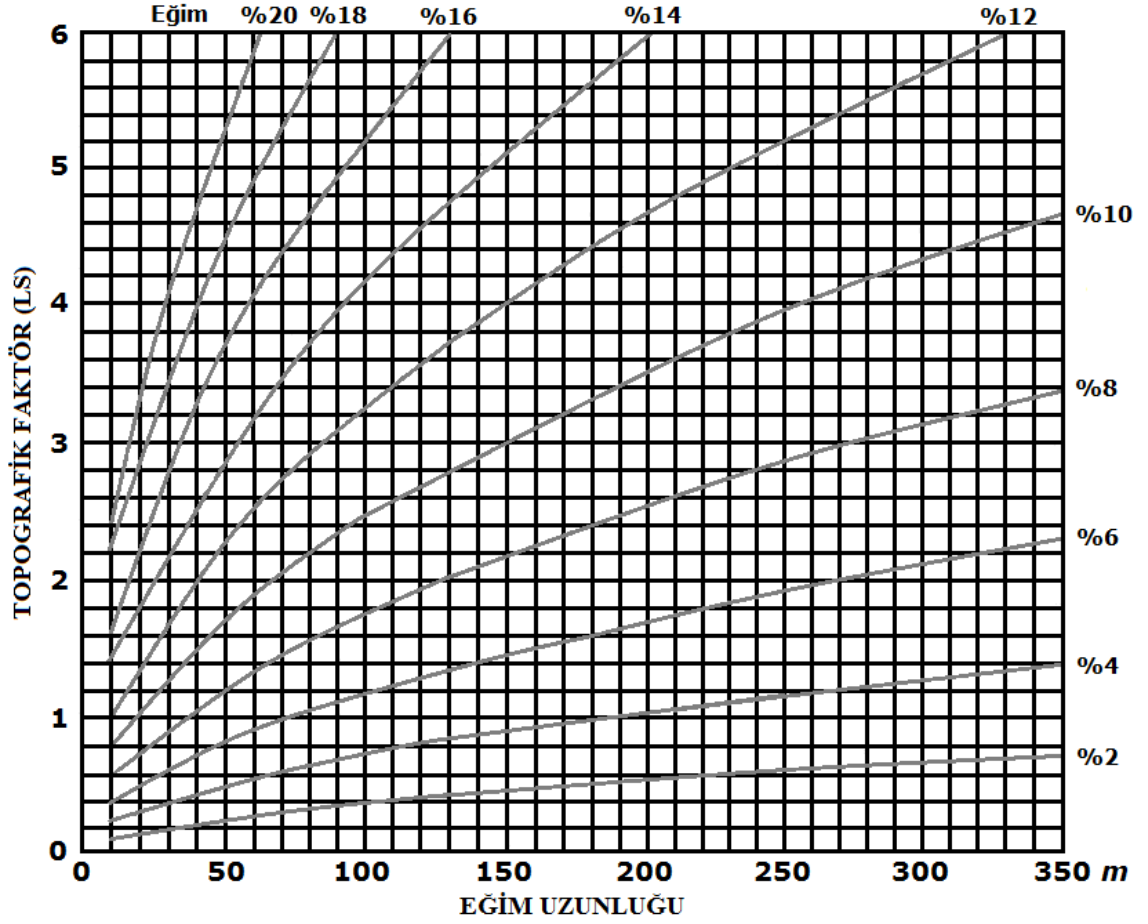
3.2.3.d. Bitki amenajman faktörünün (C) hesaplanması

Toprak kayıplarını azaltan en önemli etken arazideki bitki örtüsüdür. Bitkiler yüzeyde örtü teşkil ederek toprak kayıplarını azalttıkları gibi gelişen kök sistemleri ile agregasyonu ve agregat stabilitesini artırmak suretiyle de toprak kayıplarının azalmasında etkili olurlar.

Toprakların alındığı dönemde arazide bitki olmaması ve yapay yağmurlama denemelerinde çıplak toprak ile çalışılması sebebiyle hesaplamalarda $C=1$ olarak alınmıştır. Bu değer bitki örtüsü olmayan toprak için bitki amenajman faktörüdür.

3.2.3.e. Toprak koruma önlemleri faktörünün (P) hesaplanması

Toprakların korunması için mümkün olan kültürel ve mekanik önlemler düz eğrilere paralel sürüm ve ekim, şeritvari ekim ve teraslama olarak özetlenebilir. Arazide bu önlemler olmadığı zaman $P = 1$ olarak alınır.



Şekil 3.4. Eğim uzunluğu ve dikliği ile topografik faktörü belirleyen abak (FAO, 1986)

3.2.4. Fosfojips maddesinin sağlanması ve kullanıma hazırlanması

Araştırmada kullanılan fosfojips (PG), Samsun azot fabrikasından elde edilmiştir. Buradan alınan örnekler havada kurutularak ufalanmış ve 0.5 mm elekten elenmiştir (Agassi *et al.*, 1986).

3.2.5. Yapay yağmurlama uygulamaları

Yağmurlama aletinin üst kısmını oluşturan döner su tankının 1 ve 2. taşma borusu kapatılarak yağış yoğunluğu 100 mm h^{-1} olarak ayarlanmıştır. 1'er saatlik 81 yağmurlama süresince $100 \pm 3 \text{ mm}$ yağış uygulanmıştır.

Toplam yağış derinliği $100 \pm 3 \text{ mm}$, ortalama damla çapı $5.01 \pm 0.03 \text{ mm}$ olarak ölçülmüştür. Damlalar 2.75 m. yükseklikten düşmekte ve toprak yüzeyine ortalama 5.5

$m\ sn^{-1}$ lik bir düşme hızı ile vurarak $15.072\ Joul\ mm^{-1}\ m^{-2}$ değerinde kinetik enerji aktarmaktadırlar. Bu değer $1\ m^2$ lik alana $1\ mm$ lik yağışın (14492 yağmur damlası) aktardığı kinetik enerjidir.

50x22 cm boyutlardaki toprak tavalarının içinde, üstten 3 cm aşağıda yer alan ayaklı ızgaralar üzerine kaba filtre kâğıdı konulmuş ve üzerine 3 cm derinlikte toprak örnekleri yerleştirilmiş ve tavalara %6 eğim verilmiştir. Kontrol, PAM ve PG denemelerinde toprak örnekleri doyurulmadan hava kuru ortamda yapay yağmurlamaya tabi tutulmuştur (Şekil 3.5). Her örnek için 1 saatlik yağış süresi infiltrasyon başladığı andan itibaren başlatılmıştır.



Şekil 3.5. Yapay yağmurlama uygulamaları

3.2.5.a. Kontrol denemeleri

Herhangi bir koruma önlemi alınmamış veya toprak düzenleyici uygulanmamış kontrol toprak örnekleri %6 eğimde ve $100\ mm\ h^{-1}$ yoğunluklu yağışa maruz kaldığında; meydana gelecek infiltrasyon değerlerinin, yüzey akışın, sıçrama ve yüzey akışı ile kaybolan toprak miktarının belirlenmesi için kontrol denemeleri yapılmıştır.

3.2.5.b. Fosfojips denemeleri

PG'nin (7.5 ton ha^{-1}), %6 eğimde infiltrasyon, yüzey akış, sıçrama ve yüzey akış ile kaybolan toprak miktarı değerlerine olan etkisini belirlemek için, tavalardaki toprak örneklerinin üst 1cm lik kısmına 82.5 gr karıştırılarak uygulanmıştır.

3.2.5.c. Poliakrilamit denemeleri

PAM'in (7.5 kg ha^{-1}), %6 eğimde infiltrasyon, yüzey akış, sıçrama ve yüzey akış ile kaybolan toprak miktarı değerlerine olan etkisini belirlemek için, 1 litre saf suda 25 dakika süreyle eritilmiş 82.5 mg PAM tavalardaki toprak örneklerinin yüzeyine püskürtülerek uygulanmıştır. Toprak örnekleri 1 saat bekletildikten sonra 100 mm h^{-1} yoğunluklu yağış uygulanmıştır.

3.2.5.d. İnfiltrasyon ölçümleri

Tavaların alt kısmında yer alan çıkış deliklerine yerleştirilen ölçüm kapları yardımıyla, toprak örneği doygunluğa ulaştıktan sonra meydana gelen infiltrasyon 10 dakika ara ile 6 defa ölçülmüştür.

Topraklarda infiltrasyon değerleri yağış süresince azalarak devam eder ve belli bir değere ulaştıktan sonra sabit kalır. Bu değere son infiltrasyon adı verilir ve toprak düzenleyiciler genel olarak toplam ve son infiltrasyon değerlerinin artmasında katkı sağlarlar.

3.2.5.e. Sıçrama erozyonu ölçümleri

Yapay yağmurlama aletine yerleştirilen tavaların yanlarına sıçrama levhaları 6 cm mesafe ile yerleştirilmiştir (Çanga, 1994; Karaoğlu ve Çanga, 2002). Levhalarda toplanan toprak tanecikleri; her 15 dakikada bir pisetle yıkanarak, levhaların alt kısmında bulunan yaklaşık %15 eğimli toplama kanalının boşaltım ağzına yerleştirilen kaplara alınmıştır. Toplanan materyal toplam yanlara sıçrayarak yer değiştiren toprak miktarı olarak değerlendirilmiştir.

3.2.5.f. Yüzey akış ve sediment ölçümleri

%6 eğimli tavalardan meydana gelebilecek yüzey akış ve yıkanan sediment miktarının belirlenebilmesi için tavaların ucundaki eğimli önlüklerin çıkış ağzına parmakların olduğu anda toplama kapları yerleştirilmiştir. Tava önlüklerine düşen yağmur damlalarının yüzey akışa karışmasını önlemek amacıyla önlük üzerine bir cam örtü yerleştirilmiştir (Çanga, 1994; Karaoğlu ve Çanga, 2002). Yüzey akış ölçümleri 15 dakika ara ile yapılmıştır.

Yüzey akış ve sedimentlerin toplandığı kavanozlar bir müddet çökme işlemi için bekletilmiş ve yüzey akış suyu berraklaşınca sifonlama yaparak yüzey akış suyu miktarı ölçülmüştür. Ancak bir miktar yüzey akış suyu sedimentle birlikte kaldığından, ölçüm kapları sifonlama işleminden hemen sonra tartılmış ve kuruması için 60°C hot-plate üzerinde bekletilmiştir. Kuruma işleminden sonra tekrar tartım yapılarak ıslak ve kuru sediment miktarları arasındaki fark akış miktarına ilave edilmiştir (Çanga, 1994; Karaoğlu ve Çanga, 2002).

3.2.6. İstatistiksel değerlendirme

Araştırmada kullanılan kontrol, PAM ve PG uygulanmış toprak örneklerinde ölçülen son infiltrasyon, toplam infiltrasyon, yüzey akış, yanlara sıçrama ve yüzey akış ile kaybolan toprak miktarları arasındaki farkların önemli olup olmadığını, diğer bir deyişle PAM ve PG'nin olumlu bir etkisi olup olmadığını belirlemek için Stat grafik 15.1 istatistik programı kullanılarak Varyans analizi uygulanmıştır.

4. ARAŞTIRMA BULGULARI

4.1. Araştırmada Kullanılan Toprakların Fiziksel Özellikleri

Iğdır Üniversitesi ve Ankara Üniversitesi, Ziraat Fakülteleri Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü laboratuvarlarında yapılan analizler sonucu elde edilen değerler Çizelge 4.1'de verilmiştir.

Çizelge 4.1. Toprak örneklerinin fiziksel özellikleri

Toprak örnekleri	% Kum	% Ç.İ.K.	% Silt	% Kil	% A.S.	% O.M.	H.G. (mm h⁻¹)	G.S.	T.S.	K
Killi tın	12.1	25.1	25.6	37.2	53.76	0.73	62.1	3	1	0,24
Kumlu tın	34.6	32.2	18.0	15.2	40.95	1.07	65.7	3	1	0,28
Tın	24.2	28.5	28.5	18.8	43.71	0.59	63.9	3	1	0,33

Ç.İ.K: Çok ince kum; A.S: Agregat stabilitesi; O.M: Organik madde; H.G: Hidrolik geçirgenlik; G.S: Geçirgenlik sınıfı; T.S: Toprak strüktürü (1: Çok ince granüler); K: Erozyon duyarlılık faktörü.

Tekstür analizi sonuçlarına göre topraklar sırasıyla killi tın, kumlu tın ve tın tekstüre sahiptir. 1 nolu örnekte kil kapsamı (%37.2), 2 ve 3 nolu örnekte kum kapsamı (%66.8 ve 52.7), 1 ve 3 nolu örnekte silt kapsamı (%25.6 ve 28.5) yüksektir.

Agregat stabilitesi değerleri %40-55 arasında belirlenmiştir. Bu değerler toprak örneklerinin su erozyonuna duyarlı olduğunu göstermektedir. Ayrıca agregat stabilitesi ile organik madde miktarı arasında da bir ilişki belirlenmiştir. Topraklarda organik madde miktarı arttıkça agregat stabilitesi değerleri de artmaktadır (Kemper ve Koch, 1965).

Toprak örneklerinin organik madde miktarları oldukça düşüktür ve %0.5-1 seviyesindedir. Ülkemizde karasal iklimin etkin olduğu iç bölgelerdeki mineral toprakların organik madde miktarları genellikle en düşük seviyededir. Bunun en önemli sebebi organik maddenin birikmesini sağlayacak yeterli yağışın olmaması, sıcak ve kurak şartlarda mevcut organik maddenin çabuk yanmasıdır.

Hidrolik iletkenlik değerleri 60-70 mm h⁻¹ arasında değişmektedir. Bu değerlere göre toprak örnekleri orta geçirgenliğe sahiptir. Toprakların hidrolik iletkenlikleri ile su erozyonuna duyarlılıkları arasında bir ilişki vardır. Hidrolik iletkenliği yüksek olan toprakların su erozyonuna duyarlılıkları düşük olmaktadır (Wischmeier ve ark., 1971).

Toprak strüktür tayini gözle yapılmış ve 1 nolu örnek çok ince granüler, 2 ve 3 nolu örnek ince granüler olarak belirlenmiştir.

Toprak erozyon duyarlılık faktörü (K) değerleri toprak örnekleri için sırasıyla 0.24, 0.28, 0.33 olarak bulunmuştur. Çizelge 3.3'e göre tüm toprak örnekleri kuvvetli derecede aşınabilir topraklar sınıfına girmektedir.

4.2. Üniversal Toprak Kayıpları Eşitliğinin (USLE) Çözüm Sonuçları

Üniversal toprak kayıpları eşitliğine (USLE) göre toprak örneklerinin alındığı arazilere ait toprak kayıplarını ortaya koyan çözümler aşağıda gösterilmiştir:

A=	R*	K*	LS*	C*	P	
A ₁ =	17,9	0,24	1,20	1	1	A ₁ =5,2 ton ha ⁻¹ yıl ⁻¹
A ₂ =	17,9	0,28	1,40	1	1	A ₂ =7,0 ton ha ⁻¹ yıl ⁻¹
A ₃ =	17,9	0,33	1,23	1	1	A ₃ =7,3 ton ha ⁻¹ yıl ⁻¹

Üniversal toprak kayıpları eşitliğine (USLE) göre her toprak örneği için, arazide, hiçbir bitki örtüsü ve koruma önleminin olmadığı durumda ton ha⁻¹ yıl⁻¹ olarak bulunan toprak kayıpları, kabul edilen ortalama toprak kaybı tolerans değeri 5 ton ha⁻¹ yıl⁻¹ değerinden biraz yüksektir ve çok tehlikeli olduğu düşünülmemektedir.

Ancak tek yağış fırtınası şeklindeki yüksek yoğunluğa sahip şiddetli yağışlarda durum daha tehlikeli olabilecektir. Iğdır Meteoroloji İstasyonu kayıtlarına göre 21.04.2014 tarihi saat 15:35-15:47 arasında meydana gelen şiddetli yağışın miktarı 10.8 mm ve yoğunluğu 54 mm h⁻¹ olmuştur. Bu ve benzeri yağışlar zaman zaman meydana gelmekte ve başta erozyon olmak üzere çeşitli zararlara sebep olmaktadır. Yüksek yoğunluklu yağışlarda etkiler ve farklar daha belirgin olduğundan bu araştırmada 100 mm h⁻¹ yağış yoğunluğu kullanılmıştır.

4.3. Kontrol, PAM ve PG'li Toprak Örneklerinde Yapay Yağmurlama Sonuçları

4.3.1. İnfiltrasyon ölçüm sonuçları

Çizelge 4.2'de araştırmada kullanılan toprak örneklerine ait kontrol, PAM ve PG uygulanmış infiltrasyon değerleri görülmektedir.

Kontrol denemelerinin toplam infiltrasyon değerleri her toprak örneği için Çizelge 4.1'deki hidrolik iletkenlik değerlerinden düşük bulunmuştur. Bunun en önemli sebebi yağmur damlalarının aşındırıcı etkisiyle agregatların parçalanması ve küçük toprak taneciklerinin yüzeydeki boşlukları doldurarak kaymak tabakası meydana getirmesidir. Yarı kurak bölgelerin tınlı toprakları iyi strüktüre sahip değildir ve bir yağış fırtınası süresince kaymaklaşma eğilimi gösterirler (Warrington ve ark., 1989). Kaymak tabakası infiltrasyonu azaltan ve engelleyen önemli bir erozyon sürecidir.

Çizelge 4.2. İnfiltrasyon değerleri (mm m⁻²)

Killi tın	1	2	3	4	5	6	Toplam
K	10.0	8.6	8.0	6.0	4.7	4.5	41.8
PAM	14.0	12.6	10.1	9.3	7.8	7.8	61.6
PG	13.4	11.9	9.9	8.6	7.0	7.0	57.8
Kumlu tın	1	2	3	4	5	6	Toplam
K	11.2	9.6	8.5	6.8	5.2	4.8	46.1
PAM	14.7	13.1	10.8	9.1	8.1	8.1	63.9
PG	13.7	12.4	9.9	8.8	7.4	7.4	59.6
Tın	1	2	3	4	5	6	Toplam
K	10.5	9.0	8.2	7.3	5.1	4.4	44.5
PAM	14.0	12.6	11.2	9.6	7.5	7.5	62.4
PG	13.7	11.9	10.2	8.0	6.9	6.9	57.6

K: Kontrol, PAM: Poliakrilamit, PG: Fosfojips.

PAM uygulamaları son infiltrasyon ve toplam infiltrasyon değerlerini artırmıştır. Toplam infiltrasyon değerlerindeki artışlar 1 nolu toprak örneği için 1.5, 2 nolu toprak örneği için 1.4 ve 3 nolu toprak örneği için 1.4 kat olmuştur. Son infiltrasyon değerlerindeki artışlar her üç toprak örneği için 1.7 kat olmuştur. Diğer bir ifadeyle PAM uygulamasının olumlu etkisi kontrol denemelerine göre toplam infiltrasyon değerleri için %39-48, son infiltrasyon değerleri için %70 daha fazla olmuştur.

PG uygulamaları da son infiltrasyon ve toplam infiltrasyon değerlerini artırmıştır. Toplam infiltrasyon değerlerindeki artışlar 1 nolu toprak örneği için 1.4, 2 nolu toprak örneği için 1.3 ve 3 nolu toprak örneği için 1.3 kat olmuştur. Son infiltrasyon değerlerindeki artışlar 1 nolu toprak örneği için 1.6, 2 nolu toprak örneği için 1.5 ve 3 nolu toprak örneği için 1.6 kat olmuştur. Başka bir deyişle PG uygulamasının olumlu etkisi kontrol denemelerine göre toplam infiltrasyon değerleri için %28-38, son infiltrasyon değerleri için %54-57 daha fazla olmuştur.

Toplam ve son infiltrasyon değerleri ve her üç toprak örneği için PAM ile PG arasındaki olumlu etki oranı 1.1 kat veya %10 PAM daha etkili olmuştur.

Genel olarak infiltrasyon oranları, tekstüre bağlı olarak kum>tın>kil şeklindedir. Araştırmada benzer sonuçlar elde edilmiştir.

4.3.2. Yüzey akış ölçüm sonuçları

Yağış uygulamasının başında, yağmur damlalarının çarpma etkisi sonucunda parmaklar görülmeye başlar (Hardy *et al.*, 1983). Yağmur damlalarının kinetik enerjisi (KE) toprak agregatlarını teksele taneler şeklinde dağıtır. Yüzey akış tarafından taşınabilecek mevcut toprak miktarı yağmur damlası etkisinin dağıtıcı gücüne karşı agregatların dayanıklılığına bağlıdır (Bruce-Okine and Lal, 1975). Toprak yüzeyine ulaşan su eğim aşağı yüzey akışa geçer. Uygulanan yağışın kinetik enerjisi arttıkça, toprak kayıpları artar (Smith ve ark., 1990).

Rose (1985) ve Foster'e (1982) göre üç süreç yüzey akıştaki sediment konsantrasyonunu sürekli olarak etkiler: 1) Yağış düşüşü ile toprak parçacıkları dağılır; 2) toprak parçacıkları yüzey akış suyu ile taşınır ve 3) yerçekimi etkisi ile sediment yükü yığılır. Bu olay sediment büyüklüğüne ve yağış düşüş hızına bağlıdır.

Toprak parçacıklarının büyüklükleri arttıkça yüzey akış ile taşınmaları güçleşir (Warrington ve ark., 1989).

Çizelge 4.3'de araştırmada kullanılan toprak örneklerine ait kontrol, PAM ve PG uygulanmış yüzey akış değerleri mm m^{-2} olarak verilmiştir.

Çizelge 4.3. Yüzey akış değerleri (mm m^{-2})

Killi tın	1	2	3	4	Toplam
K	0.4	1.1	5.3	7.9	14.7
PAM	0.2	0.6	2.7	6.9	10.4
PG	0.2	0.6	4.3	7.2	12.3
Kumlu tın	1	2	3	4	Toplam
K	0.3	1.0	4.7	7.8	13.8
PAM	0.1	0.8	3.6	7.1	11.6
PG	0.1	1.0	3.9	7.0	12.0
Tın	1	2	3	4	Toplam
K	0.2	0.9	5.0	7.9	14.0
PAM	0.1	0.5	3.9	6.3	10.8
PG	0.1	0.5	4.2	6.9	11.7

K: Kontrol, PAM: Poliakrilamit, PG: Fosfojips.

PAM uygulaması yüzey akış ve toprak kayıplarını etkiler ve bunun sonucunda da topraktaki besin elementi kayıpları üzerinde belirli etkileri olur (Kay-Shoemake *et al.*, 1998; Lentz *et al.*, 1998; Entry and Sojka, 2003; Flanagan and Canady, 2006b; Oliver and Kookana, 2006).

PAM uygulamaları yüzey akış değerlerini azaltmıştır. Bu azalma 1 nolu toprak örneğinde 1.4; 2 nolu toprak örneğinde 1.2 ve 3 nolu toprak örneğinde 1.3 kat olmuştur. Diğer bir deyişle PAM uygulamasının yüzey akışı azaltıcı etkisi kontrol denemelerine göre yüzey akış değerleri için %19-41 olmuştur.

Araştırmada PG uygulamaları da yüzey akış değerlerini azaltmıştır. Bu azalma her üç toprak örneğinde 1.2 kat veya %20 olmuştur.

4.3.3. Erozyon ve yanlara sıçrayan toprak miktarı ($g\ m^{-2}$)

Yarı kurak bölgelerdeki sulanan eğimli arazilerin büyük bir bölümü sığ ve zayıf yüzeyli üst toprak horizonuna sahiptir. Bu topraklar erozyona açıktır ve iyi idare edilmezlerse verimlilikleri azalır (Carter, 1993).

PG'nin yüzey akış ve sızan sudaki elektrolit konsantrasyonlarını artırması sonucu agregat dağılması engellenir ve daha büyük agregatlar daha az taşınır. Böylece yüzey akışın sebep olduğu erozyon azaltılmış olur (Agassi *et al.*, 1981). PG aynı zamanda yüzey akış hacmi içerisindeki sediment konsantrasyonunu da azaltmaktadır (Warrington *et al.*, 1989).

Yüzey akış ile taşınan veya su erozyonuna maruz kalan ve yanlara sıçrama ile yer değiştiren toprak miktarları $g\ m^{-2}$ olarak Çizelge 4.4'de verilmiştir. PAM ve PG'nin olumlu etkileri toprak kayıplarında da görülmektedir.

Çizelge 4.4. Erozyon ve yanlara sıçrama ile yer değiştiren toprak miktarı (g m⁻²)

Yüzey akış erozyonu						Yanlara sıçrama		
Killi tın	1	2	3	4	Toplam	1	2	Toplam
K	19.11	50.05	269.36	691.60	1030,12	1840.33	1928.41	3768,74
PAM	9.10	20.02	90.30	223.02	313,32	690.42	626.62	1317,04
PG	12.20	21.56	128.80	238.21	400,77	770.45	665.05	1435,50

Yüzey akış erozyonu						Yanlara sıçrama		
Kumlu tın	1	2	3	4	Toplam	1	2	Toplam
K	20.99	58.51	270.40	782.19	1132,09	2065.21	2246.46	4311,67
PAM	12.00	24.22	99.75	266.25	402,22	831.01	910.90	1741,91
PG	13.85	33.24	128.80	328.98	504,87	1060.44	1120.19	2180,63

Yüzey akış erozyonu						Yanlara sıçrama		
Tın	1	2	3	4	Toplam	1	2	Toplam
K	23.11	72.05	303.40	801.10	1199,66	2330.96	2480.08	4811,04
PAM	15.10	30.92	102.37	366.25	514,64	786.40	816.19	1602,59
PG	17.20	43.62	178.58	382.09	621,49	1155.90	1240.80	2396,70

K: Kontrol, PAM: Poliakrilamid, PG: Fosfojips.

Yüzey akış erozyonu kontrol değerleri PAM uygulamasında 1 nolu toprak örneği için 3.3, 2 nolu toprak örneği için 2.8, 3 nolu toprak örneği için 2.3, diğer bir deyişle PAM uygulaması yüzey akış ile meydana gelen erozyonu %200-300 azaltmıştır; PG uygulamasında 1 nolu toprak örneği için 2.6, 2 nolu toprak örneği için 2.2, 3 nolu toprak örneği için 1.9 kat daha azalmıştır. PG uygulaması da yüzey akış ile meydana gelen erozyonu %190-260 azaltmıştır.

PAM, yanlara sıçrama ile yer değiştiren toprak miktarlarını 1 nolu toprak örneği için 2.9, 2 nolu toprak örneği için 2.5, 3 nolu toprak örneği için 3.0 kat veya %250-300 azaltmıştır.

PG, yanlara sıçrama ile yer değiştiren toprak miktarlarını 1 nolu toprak örneği için 2.6, 2 nolu toprak örneği için 2.0, 3 nolu toprak örneği için 2.0 kat veya %200-260 daha azaltmıştır.

4.4. İstatistiksel Değerlendirme ve Sonuçları

Araştırmada kullanılan farklı toprak örnekleri ve farklı toprak düzenleyicilerle %6 eğim ve 100 mm h⁻¹ yoğunluklu yapay yağış uygulamalarında elde edilen toplam ve son infiltrasyon, yüzey akış, erozyon ve yanlara sıçrama değerlerinin varyans analiz sonuçları Çizelge 4.5. verilmiştir.

4.4.1. Son infiltrasyon değerlerine ait varyans analiz sonuçları

Çizelge 4.5. Son infiltrasyon değerlerine ait varyans analiz sonuçları.

Varyans kaynakları	SS	KT	KO	F
Toprak örnekleri	2	0,389	0,194	43,75**
Toprak düzenleyiciler	2	17,362	8,681	1953,25**
Hata	4	0,018	-	-
Toplam	8	17,769	-	-

*p<0.05, **p<0.01

Çizelge 4.6. Son infiltrasyon değerleri üzerine olan etkilerin karşılaştırılması.

Toprak örnekleri	Sayı	Ortalama	SH	LSD
Killi tın	3	6,43	0,038	b
Kumlu tın	3	6,76	0,038	a
Tın	3	6,26	0,038	c
Toprak düzenleyiciler	Sayı	Ortalama	SH	LSD
Kontrol	3	4,56	0,038	c
PAM	3	7,80	0,038	a
PG	3	7,10	0,038	b

K: Kontrol, PAM: Poliakrilamit, PG: Fosfojips.

Tablo 4.5 'de de görüldüğü üzere son infiltrasyon değerleri üzerinde toprak örneklerinin ve toprak düzenleyicilerinin etkileri önemli (p<0.01), bulunmuştur (Çizelge 4.5).

Ortalama son infiltrasyon değerleri ortalamalarını karşılaştırmak amacıyla yapılan LSD çoklu karşılaştırma testi sonuçları çizelge 4.6'da verilmiştir. Toprak

örneklerinin son infiltrasyon değerleri ortalamaları birbirinden farklı gruplarda yer almış ve farklı harflerle ifade edilmiştir. Son infiltrasyon değerleri ortalamalarına göre kumlu tın toprak 1. Grupta yer alırken killi tın 2. Grupta ve tın 3. Grupta yer almıştır.

Son infiltrasyon değerleri ortalamalarına Ttoprak düzenleyicilerin etkisi irdelendiğinde PAM 1. grupta, PG 2. grupta ve kontrol 3. grupta yer almıştır(Çizelge 4.6).

4.4.2. Toplam infiltrasyon değerlerine ait varyans analiz sonuçları

Çizelge 4.7. Toplam infiltrasyon değerlerine ait varyans analiz sonuçları.

Varyans kaynakları	SS	KT	KO	F
Toprak örnekleri	2	11,94	5,97	8,98**
Toprak düzenleyiciler	2	562,38	281,19	422,84**
Hata	4	2,66	-	-
Toplam	8	576,98	-	-

**p<0.01

Çizelge 4.8. Toplam infiltrasyon değerleri üzerine olan etkilerin karşılaştırılması.

Toprak örnekleri	Sayı	Ortalama	SH	LSD
Killi tın	3	53,73	0,47	b
Kumlu tın	3	56,53	0,47	a
Tın	3	54,83	0,47	ab
Toprak düzenleyiciler	Sayı	Ortalama	SH	LSD
Kontrol	3	44,13	0,47	c
PAM	3	62,63	0,47	a
PG	3	58,33	0,47	b

K: Kontrol, PAM: Poliakrilamit, PG: Fosfojips.

Toplam infiltrasyon değerleri (Çizelge 4.7) üzerinde toprak örneklerinin etkileri önemli (P<0.05), toprak düzenleyicilerin etkileri ise çok önemli bulunmuştur (P<0.001). Toplam infiltrasyon değerleri üzerinde her iki varyans kaynağı önemli etkiye sahiptir.

Çizelge 4.8'de hem toprak örneklerinin hem de toprak düzenleyici etkilerinin birbirinden istatistiksel olarak farklı olduğu görülmektedir. Toplam infiltrasyon

değerleri için toprak örneklerinin farklılıklarındaki önem sırası kumlu tın>tın>killi tın şeklinde olmuştur.

Toprak düzenleyici etkileri de birbirinden istatistiksel olarak farklı bulunmuş ve farklı harflerle ifade edilmiştir. Toplam infiltrasyon değerleri için toprak düzenleyicilerin farklılıklarındaki önem sırası PAM>PG>kontrol şeklinde olmuştur.

4.4.3. Yüzey akış değerlerine ait varyans analiz sonuçları

Çizelge 4.9. Yüzey akış değerlerine ait varyans analiz sonuçları.

Varyans kaynakları	SS	KT	KO	F
Toprak örnekleri	2	0,18	0,09	0,30
Toprak düzenleyiciler	2	16,28	8,14	27,30**
Hata	4	1,19	-	-
Toplam	8	17,66	-	-

**p<0.01

Çizelge 4.10. Yüzey akış değerleri üzerine olan etkilerin karşılaştırılması.

Toprak örnekleri	Sayı	Ortalama	SH	LSD
Killi tın	3	12.46	0.31	
Kumlu tın	3	12.46	0.31	
Tın	3	12.46	0.31	
Toprak düzenleyiciler	Sayı	Ortalama	SH	LSD
Kontrol	3	14,16	0,31	a
PAM	3	10,93	0,31	b
PG	3	10,93	0,31	b

K: Kontrol, PAM: Poliakrilamit, PG: Fosfojips.

Yüzey akış değerleri (Çizelge 4.9) üzerinde toprak örneklerinin etkileri önemsiz, toprak düzenleyicilerin etkileri ise önemli bulunmuştur (P<0.01).

Çizelge 4.10'da toprak örneklerinin yüzey akış üzerindeki etkilerinin farksız olduğu görülmektedir. Toprak düzenleyici etkilerinin istatistiksel olarak kontrol değerlerinden farklı, kendi aralarında farksız olduğu belirlenmiştir.

Yüzey akış değerleri için toprak düzenleyicilerin farklılıklarındaki önem sırası PAM=PG>kontrol şeklinde olmuştur.

4.4.4. Erozyon değerlerine ait varyans analiz sonuçları

Çizelge 4.11. Erozyon değerlerine ait varyans analiz sonuçları.

Varyans kaynakları	SS	KT	KO	F
Toprak örnekleri	2	58328	29164	118,67**
Toprak düzenleyiciler	2	888728	444364	1808,16**
Hata	4	983,02	-	-
Toplam	8	948039	-	-

**p<0.01

Çizelge 4.12. Erozyon üzerine olan etkilerin karşılaştırılması.

Toprak örnekleri	Sayı	Ortalama	SH	LSD
Killi tın	3	581,40	9,05	a
Kumlu tın	3	679,72	9,05	b
Tın	3	778,59	9,05	c
Toprak düzenleyiciler	Sayı	Ortalama	SH	LSD
Kontrol	3	1120,62	9,05	c
PAM	3	410,06	9,05	a
PG	3	509,04	9,05	b

K: Kontrol, PAM: Poliakrilamit, PG: Fosfojips.

Erozyon değerleri üzerinde toprak örneklerinin ve toprak düzenleyicilerin etkileri çok önemli ($P<0.001$) bulunmuştur (Çizelge 4.11).

Toprak örneklerinin erozyon üzerindeki etkilerinin birbirinden istatistiksel olarak farklı olduğu görülmektedir (Çizelge 4.12). Erozyon değerleri için toprak örneklerinin farklılıklarındaki önem sırası tın>kumlu tın>killi tın şeklinde olmuştur.

Toprak düzenleyicilerin erozyon üzerindeki etkilerinin birbirinden istatistiksel olarak farklı olduğu belirlenmiştir. Erozyon değerleri için toprak düzenleyicilerin farklılıklarındaki önem sırası PAM>PG>kontrol şeklinde olmuştur. Toprak

düzenleyicilerin erozyon miktarını azaltıcı etkisi olduğundan bu analiz için küçük değer daha etkili ve önemli anlamındadır.

4.4.5. Yanlara sıçrama değerlerine ait varyans analiz sonuçları

Çizelge 4.13. Yanlara sıçrama değerlerine ait varyans analiz sonuçları.

Varyans kaynakları	SS	KT	KO	F
Toprak örnekleri	2	945088	472544	9,41*
Toprak düzenleyiciler	2	1,29859E7	6,49293E6	129,31**
Hata	4	200847	-	-
Toplam	8	1,41318E7	-	-

*p<0.05; **p<0.01

Çizelge 4.14. Yanlara sıçrama üzerine olan etkilerin karşılaştırılması.

Toprak örnekleri	Sayı	Ortalama	SH	LSD
Killi tın	3	2173,76	129,37	a
Kumlu tın	3	2744,74	129,37	b
Tın	3	2936,78	129,37	b
Toprak düzenleyiciler	Sayı	Ortalama	SH	LSD
Kontrol	3	4297,15	129,37	c
PAM	3	1553,85	129,37	a
PG	3	2004,28	129,37	b

K: Kontrol, PAM: Poliakrilamit, PG: Fosfojips.

Çizelge 4.13'e göre yanlara sıçrama değerleri üzerinde toprak örneklerinin etkileri önemli (P<0.05) ve toprak düzenleyicilerin etkileri çok önemli bulunmuştur (P<0.001).

Kumlu tın ve tın tekstüre sahip toprak örneklerinin yanlara sıçrama üzerindeki etkileri birbirinden farksız, killi tının etkileri ise farklı olmuştur. Yanlara sıçrama değerleri killi tın toprak örneğinde daha az meydana geldiği için buradaki küçük değer daha etkili ve önemli anlamındadır (Çizelge 4.14).

Toprak düzenleyicilerin yanlara sıçrama üzerindeki etkilerinin birbirinden istatistiksel olarak farklı olduğu belirlenmiştir. Erozyon değerleri için toprak

düzenleyicilerin farklılıklarındaki önem sırası PAM>PG>kontrol şeklinde olmuştur. Toprak düzenleyicilerin yanlara sıçrama miktarını azaltıcı etkisi olduğundan bu analiz için küçük değer daha etkili ve önemli anlamındadır.

TARTIŞMA VE SONUÇ

Araştırmada kullanılan killi tın, kumlu tın ve tın tekstüre sahip üç toprak örneği Iğdır ili Tuzluca ilçesi eğimli arazilerinden (%6) alınmıştır. Bölgenin yağış durumuna bakıldığında Iğdır'ın yağışı 258.2 mm ve Tuzluca'nın 322.4 mm dir (Karaoğlu, 2012). Ancak mevcut yağışların büyük bir bölümünün yüksek yoğunluklu sağanak yağışlar şeklinde olduğu bilinmektedir (Karaoğlu, 2011).

USLE eşitliğinde kullanılan R değeri 17.9 gibi düşük bir değer olmasına ve hesaplamalar sonucunda toprak örneklerinin alındığı arazilerden oldukça düşük toprak kayıpları (5.2-7.3 ton ha⁻¹ yıl⁻¹) bulunmasına rağmen kısa süreli yüksek yoğunluklu sağanak yağışların etkilerini belirlemek için yapay yağmurlama aletinde 100 mm h⁻¹ yoğunluklu yağışlar oluşturulmuş ve toprak tekstürü ve toprak düzenleyicilerin etkileri bu değere göre belirlenmiştir.

USLE eşitliğinde kullanılan erozyon duyarlılık faktörü (K) her toprak örneği için hesaplanmış ve değerler 0.24-0.33 arasında bulunarak seçilen toprakların kuvvetli derecede aşınabilir topraklar olduğu belirlenmiştir.

Toprak düzenleyiciler olarak seçilen PG, fosforik asit üreten ve kullanan gübre fabrikalarının atık maddesidir. Elde edilmesi kolay ve ucuzdur. PAM ülkemizde üretilmediği için yurt dışından ithal edilmiştir ve oldukça pahalı bir maddedir. Araştırmada PAM ve PG uygulanan denemelerde toplam ve son infiltrasyon, yüzey akış, erozyon ve yanlara sıçrama ile kaybolan toprak miktarı değerlerinde istatistiksel olarak önemli (p<0.05, p<0.01) sonuçlar bulunmuştur. PAM ithal ve pahalı olması sebebiyle geniş alanlarda kullanılmasının zor olduğu düşünülmektedir.

PAM uygulamaları son infiltrasyon değerlerini %70, toplam infiltrasyon değerlerini %39-48 oranında artırmış, yüzey akış değerlerini %19-41, yüzey akış ile meydana gelen erozyonu %200-300, yanlara sıçrama ile yer değiştiren toprak miktarlarını %250-300 azaltmıştır.

PG uygulamaları son infiltrasyon değerlerini %54-57 ve toplam infiltrasyon değerlerini %28-38 artırmış, yüzey akış değerlerini %20, yüzey akış ile meydana gelen erozyonu %190-260, yanlara sıçrama ile yer değiştiren toprak miktarlarını %200-260 azaltmıştır.

Varyans analiz sonuçlarına göre, son infiltrasyon değerlerinde PAM ve PG uygulamaları istatistiksel olarak kontrol değerlerinden farklı ve PAM denemeleri de PG denemelerinden farklı ve önemli bulunmuştur.

Toplam infiltrasyon değerlerinde PAM ve PG uygulamaları istatistiksel olarak kontrol değerlerinden farklı ve PAM uygulamaları da PG uygulamalarından farklı ve önemli bulunmuştur.

Yüzey akış değerlerinde PAM ve PG denemeleri istatistiksel olarak kontrol değerlerinden farklı ve PAM ile PG farksız bulunmuştur.

Yüzey akış ile meydana gelen erozyon miktarlarında PAM ve PG uygulamaları istatistiksel olarak kontrol değerlerinden farklı ve PAM kullanılan örnekler de PG'li örneklerden farklı ve önemli bulunmuştur.

Yanlara sıçrama ile yer değiştiren toprak miktarlarında PAM ve PG uygulamaları istatistiksel olarak kontrol değerlerinden farklı ve PAM denemeleri de PG denemelerinden farklı ve önemli bulunmuştur.

KAYNAKLAR

- Aase, J.K., Bjorneberg, D.L., Sojka, R.E. (1998). *Sprinkler irrigation runoff and erosion control with polyacrylamide-Laboratory test*. Soil Science Society of America Journal, 62, 1681–1687.
- Abu-Zreig, M., Al-Sharif, M., and Amayreh, J. 2007. *Erosion control of arid land in Jordan with two anionic polyacrylamides*. Arid Land Research Management, 21, 315-328.
- Agassi, M., Shainberg, I. and Morin, J. 1990. *Slope aspect and phospogypsum effects on runoff and erosion*. Soil Science Society of America Journal 54, 1102-1106.
- Agassi, M., Shainberg, I. and Morin, J. 1986. *Effect of powdered phospogypsum on the infiltration rate of sodic soils*. Irrigation Science 7, 53-61.
- Agassi, M., Shainberg, I. and Morin, J. 1981. *Effect of electrolyte concentration and soil sodicity on the infiltration rate and crust formation*. Soil Science Society of America Journal 45, 848-851.
- Ben-Hur, M., Keren, R. 1997. *Polymer effects on water infiltration and soil aggregation*. Soil Science Society of America Journal, 61, 565-570.
- Ben-Hur, M., Shainberg, I., Keren, R. and Gal, M. 1985. *Effect of water quality and drying on soil crust properties*. Soil Science Society of America Journal, 49, 191-196.
- Ben-Hur, M., Stern, R., Van Der Merwe, A.J., and Shainberg, I. 1992. *Slope and gypsum effects on infiltration and erodibility of dispersive and nondispersive soils*. Soil Science Society of America Journal, 56, 1571-1576.
- Ben-Hur, M., Faris, J., Malik, M., Letey, J. 1989. *Polymers as soil conditioners under consecutive irrigations and rainfall*. Soil Science Society of America Journal, 53, 1173-1177.
- Bhardwaj, A.K., McLaughlin, R.A., Shainberg, I. and Levy, G.J. 2009. *Hydraulic characteristics of depositional seals as affected by exchangeable cations, clay mineralogy, and polyacrylamide*. Soil Science Society of America Journal, 73, 910-918.

- Bjorneberg, D.L., Santos, F.L., Castanheira, N.S., Martins, O.C., Reis, J.L., Aase, J.K. and Sojka, R.E. 2003. *Using polyacrylamide with sprinkler irrigation to improve infiltration*. Journal of Soil Water Conservation. 58, 283-289.
- Black, C.A., 1965. Methods of soil analysis. Part 1-2; American Society of Agriculture Inc., Publisher Madison, USA.
- Boulal, H., Gómez-Macpherson, H., Gómez, J.A., Mateos, L., 2011. *Effect of soil management and traffic on soil erosion in irrigated annual crops*. Soil and Tillage Research 115-116, 62-70.
- Bradford, J.M., Ferris, J.E. and Remley, P.A. 1987. *Interrill soil erosion processes: I. Effect of surface sealing on infiltration, runoff, and soil splash detachment*. Soil Science Society of America Journal, 51, 1566-1577.
- Bruce_Okine, E., Lal, R. 1975. Soil *erodibility as determined by raindrop technique*. Soil Science, 19, 149-157.
- Carter, D.L. 1993. Furrow irrigation *erosion lowers soil productivity*. Journal of Irrigation and Drainage Engineering, 119, 964-974.
- Cerdà, A., 1999. *Simuladores de lluvia y su aplicación a la Geomorfología. Estado de lacuestión*. Cuadernos de I. Geográfica 25, 45-84.
- Clarke, M.A., Walsh, R.P.D., 2007. *A portable rainfall simulator for field assessment of splash and slopewash in remote locations*. Earth Surface Processes and Landforms 32, 2052-2069.
- Cochrane, B.H.W., Reichert, J.M., Eltz, F.L.F. and Norton, L.D. 2005. *Controlling soil erosion and runoff with polyacrylamide and phosphogypsum on subtropical soil*. Transaction ASAE. 48, 149-154.
- Çanga, M.R. 1994. *Anız yakmanın yüzey akış ve erozyona etkileri*. A.Ü. Ziraat Fakültesi Yayın No: 1381. Ankara.
- El-Morsy, E.A., Malik, M., and Letey, J. 1991a. *Interactions between water quality and polymer treatment on infiltration rate and clay migration*. Soil Technology, 4, 221-231.
- El-Morsy, E.A., Malik, M., and Letey, J. 1991b. *Polymer effects on the hydraulic conductivity of saline and sodic soil conditions*. Soil Science, 151, 430-435.
- Entry, J.A. and Sojka, R.E. 2003. *The efficacy of polyacrylamide to reduce nutrient movement from an irrigated field*. Transactions of the ASAE. 46, 75-83.

- Falatah, A.M., Al-Omran, A.M., Shalaby, A.A. And Mursi, M.M. 1999. *Infiltration in a calcareous sandy soil as affected by water-soluble polymers*. Arid Soil Reserach Rehabilitation, 13, 61-73.
- Ferreria, A.G., Alexandre, C., Cassama, S. and Rickson, R.J. 1994. *Effect of soil conditioners on the infiltration rate of an alluvial soil*. 1st International Congress of the European Society for Soil Conservation. 398-404.
- Flanagan, D.C. and Canady, N.H. 2006. *Use of polyacrylamide in simulated land application of lagoon effluent: Part II. Nutrient loss*. Transactions of the ASAE. 49, 1371-1381.
- Flanagan, D.C., Norton, L.D., Shainberg, I. 1997. *Effect of water chemistry and soil amendments on a silt loam soil-part 2: soil erosion*. Transactions of the ASAE, 40, 1555-1561.
- Foster, G.R., 1982. *Modelling the erosion process*. Pp: 297-379. In C.T. Haan, (Ed). Hydrological modelling of small watersheds. ASAE Monograph no. 5. St. Joseph, MI.
- Gabriels, D. and M. De Boodt, 1975. *A rainfall simulator for erosion studies in the laboratory*. Pedologie, 2, 80-86.
- Gee, G.W. and Bauder, J.W. 1986. *Particle-Size Analysis, Methods of Soil Analysis, Part I*. Physical and Mineralogical Methods Second Edition, Agronomy No: 9. 2nd Edition. Pp: 383-441.
- Green, V.S., Stott, D.E., Norton, L.D. and Graveel, J.G. 2000. *Polyacrylamide molecular weight and charge effects on infiltration under simulated rainfall*. Soil Science Society of America Journal, 64, 1786-1791.
- Hardy, N., Shainberg, I., Gal, M., and Keren, R. 1983. *The effect of water quality and storm sequence upon infiltration rate and crust formation*. Soil Science Society of America Journal. 34, 665-676.
- Iserloh, T., Ries, J.B., Arnáez, J., Boix-Fayos, C., Butzen, V., Cerdà, A., Echeverría, M.T., Fernández-Gálvez, J., Fister, W., Geißler, C., Gómez, J.A., Gómez-Macphersoni, H., Kuhn, N.J., Lázaro, R., León, F.J., Martínez-Mena, M., Martínez-Murillo, J.F., Marzen, M., Mingorance, M.D., Ortigosa, L., Peters, P., Regüés, D., Ruiz-Sinoga, J.D., Scholten, T., Seeger, M., Solé-Benet, A.,

- Wengel, R., Wirtz, S. 2013. *European small portable rainfall simulators: A comparison of rainfall characteristics*. Catena, 110, 100-112
- Karaoğlu, M., 2012. *Iğdır Yöresi Topraklarının Erozyon Açısından Değerlendirilmesi*. Iğdır Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, Cilt: 2, Sayı: 1, Sayfa 23-30. Iğdır, Türkiye.
- Karaoğlu, M., 2011. *Zirai Meteorolojik Açısından Iğdır İklim Etüdü*. Iğdır Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, Cilt 1, Sayı 1, Sayfa 97-104. Iğdır, Türkiye.
- Karaoğlu, M., Çanga, M.R. 2000. *Slope and phosphogypsum's effects on seal and crust formation and infiltration rate*. Proceeding of International Symposium of Desertification. 13-17 June. Konya, TURKEY.
- Karaoğlu, M., Çanga, M.R. 2002. *The consecutive simulated rainfall, slope and phosphogypsum's effects on runoff and erosion*. Proceeding of International Symposium of Desertification. 13-17 June. Çanakkale, TURKEY.
- Kay-Shoemaker, J.L., Watwood, M.E., Lentz, R.D. and Sojka, R.E. 1998. *Polyacrylamide as an organic nitrogen source for soil microorganisms with potential effects on inorganic soil nitrogen in agricultural soil*. Soil Biol. Biochemistry. 30, 1045-1052.
- Kemper, W.D. and Koch E.J. 1965. *Aggregate stability*. Ed. Black C.A. Methods of soil analysis. Part I. American Society of Agriculture. Madison. Wisconsin. USA. 1, 511-519.
- Lascelles, B., Favis-Mortlock, D.T., Parsons, A.J., Guerra, A.J.T., 2000. *Spatial and temporal variation in two rainfall simulators: implications for spatially explicit rainfall simulation experiments*. Earth Surface Processes and Landforms 25, 709-721.
- Lentz, R.D. 2003. *Inhibiting water infiltration with polyacrylamide and surfactants: Applications for irrigated agriculture*. Journal of Soil Water Conservation, 58, 290-300.
- Lentz, R. D. and Sojka, R. E. 2009. *Long-term polyacrylamide formulation effects on soil erosion, water infiltration, and yields of furrow-irrigated crops*. Agronomy Journal, 101, 305-314.

- Lentz, R. D., Sojka, R. E. and Robbins, C. W. 1998. *Reducing phosphorus losses from surface-irrigated fields: Emerging polyacrylamide technology*. Journal of Environmental Quality, 27, 305-312.
- Levin, J.M., Ben-Hur, M., Gal, M., Levy, G.J. 1991. *Rain energy and soil amendments effects on infiltration and erosion of three different soil types*. Australian Journal of Soil Research, 29, 455-465.
- Levy, G.J., Levin, J., Gal, M., Ben-Hur, M., Shainberg, I. 1992. *Polymers' effects on infiltration and soil erosion during consecutive simulated sprinkler irrigations*. Soil Science Society of America Journal, 56, 902-907.
- Levy, G.J. and Agassi, J.M. 1995. *Polymer molecular weight and degree of drying effects on infiltration and erosion of three different soils*. Australian Journal of Soil Research. 33, 1007-1018.
- Levy, G. J. and Miller, W. P. 1999. *Polyacrylamide adsorption and aggregate stability*. Soil Tillage Research. 51, 121-128.
- Li, F.H., Yang, S.M. and Peng, C. 2010. *Effects of domestic sewage water and ameliorant effectiveness on soil hydraulic conductivity*. Soil Science Society of America Journal, 74, 461-468.
- Malik, M., Letey, J. 1991. *Adsorption of polyacrylamide and polysaccharide polymers on soil materials*. Soil Science Society of America Journal, 55, 380-383.
- Mamedov, A.I., Beckmann, S., Huang, C. and Levy, G.J. 2007. *Aggregate stability as affected by polyacrylamide molecular weight, soil texture, and water quality*. Soil Science Society of America Journal, 71, 1909-1918.
- McElhiney, M., and Osterli, P. 1996. *An integrated approach for water quality: The PAM connection-West Stanislaus HUA, CA*. In R. E. Sojka, & R. D. Lentz (Eds.), Proc.: Managing irrigation-induced erosion and infiltration with polyacrylamide (pp. 27-30). Twin Falls, ID: University of Idaho, Misc. Publ. No. 101-96.
- Miller, W.P., Willis, R.L. and Levy, G.J. 1998. *Aggregate stabilization in kaolinitic soils by low rates of anionic polyacrylamide*. Soil Use Manage. 14, 101-105.
- Miller, W.P., 1987. *Infiltration and soil loss of three gypsum amended ultisols under simulated rainfall*. Soil Science Society of America Journal, 51, 1314-1320.

- Nelson, D.W. and Sommers, L.E. 1982. *Organic matter, Methods of soil analysis Part-2, Chemical and microbiological Properties, 2nd E.D.* Agronomy No: 9. Pp: 574-579.
- Oliver, D.P. and Kookana, R.S. 2006. *Minimising off-site movement of contaminants in furrow irrigation using polyacrylamide (PAM). II. Phosphorus, nitrogen, carbon, and sediment. Australian Journal of Soil Research.* 44, 561-567.
- Peng, C., Li, F. H. and Pan, X. Y. 2006. *Effects of polyacrylamide application on hydraulic conductivity of sodic and nonsodic soils.* Acta Pedology Sin. (in Chinese). 143, 835-842.
- Ries, J.B., Iserloh, T., Seeger, M., Gabriels, D., 2013. *Rainfall simulations-constraints, needs and challenges for a future use in soil erosion research.* Z. Geomorphology Supplementary. 57 (1), 1–10.
- Rose, C.W., 1985. *Developments in soil erosion and deposition models.* In B.A. Stewart (Ed.) Advanced Soil Science, 2, 1-63.
- Santos, F.L., Reis, J.L., Martins, O.C., Castanheira, N.L., Serrlheiro, R.P. 2003. Comparative assessment of infiltration, runoff and erosion of sprinkler irrigated soils. Biosystems Engineering, 86 (3), 355-364.
- Santos, F.L., Serrlheiro, R.P. 2000. *Improving infiltration of irrigated Mediterranean soils with polyacrylamide.* Journal of Agricultural Engineering Research, 79, 83-90.
- Sepaskhah, A.R., Bazrafshan-Jahromi, A.R. 2006. *Controlling Runoff and Erosion in Sloping Land with Polyacrylamide under a Rainfall Simulator.* Biosystems Engineering, 93 (4), 469-474.
- Sepaskhah, A. R., and Mahdi-Hosseiniabadi, Z. 2008. *Effect of polyacrylamide on the erodibility factor of a loam soil.* Biosystems Engineering, 99, 598-603.
- Sepaskhah, A.R., Shahabizad, V. 2010. *Effects of water quality and PAM application rate on the control of soil erosion, water infiltration and runoff for different soil textures measured in a rainfall simulator.* Biosystems engineering 106, 513-520.
- Shainberg, I., Warrington, D.N., Rengasamy, P. 1990. *Water quality and PAM interactions in reducing surface sealing.* Soil Science, 149, 301-307.

- Sirjacobs, D., Shainberg, I., Rapp, I. and Levy, G. J. 2000. *Polyacrylamide, sediments, and interrupted flow effects on rill erosion and intake rate*. Soil Science Society of America Journal, 64, 1487-1495.
- Smith, H.J.C., Levy, G.J. and Shainberg, I. 1990. *Water droplet energy and soil amendments: Effect on infiltration and erosion*. Soil Science Society of America Journal, 54, 1084-1087.
- Sojka, R.E., Bjorneberg, D.L., Entry, J.A., Lentz, R.D. and Orts, W.J. 2007. *Polyacrylamide in agriculture and environmental land management*. Advanced Agronomy, 92, 75-162.
- Sojka, R.E., Lentz, R.D., Ross, C.W., Trout, T.J., Bjorneberg, D.L. and Aase, J.K. 1998. *Polyacrylamide effects on infiltration in irrigated agriculture*. Journal Soil Water Conservation. 53, 325-331.
- Sönmez, N., 1960. *Hidrolik kondaktivite ve burgu deliği (Auger hole) metodu ile taban suyu altında hidrolik kondaktivitenin ölçülmesi*. A.Ü. Ziraat Fakültesi Yayın No: 64. Ankara.
- StatGraphics, 2006. *StatGraphics Centrium Release 15.1*. Warrenton, Virginia: Statpoint Inc.
- Wang, A.P., Li, F.H., and Yang, S.M. 2011. *Effect of polyacrylamide application on runoff, erosion, and soil nutrient loss under simulated rainfall*. Pedosphere 21 (5), 628-638.
- Warrington, O., Shainberg, I., Agassi, M., and Morin, J. 1989. *Slope and PG's effects on runoff and erosion*. Soil Science Society of America Journal, 53, 1201-1205.
- Wischmeier, H.W., Johnson, C.B. and Cross, B.V., 1971. *A soil erodibility nomograph for farmland and construction sites*. Journal of Soil and Water Conservation, 26, 189-192.
- Wischmeier, W.H., and Smith, D.D. 1978. ["Predicting Rainfall Erosion Losses: A Guide to Conservation Planning."](#) Agriculture Handbook No. 537. USDA/Science and Education Administration, US. Govt. Printing Office, Washington, DC. 58pp.
- Young, M.H., Moran, E.A., Yu, Z.B., Zhu, J.T. and Smith, D.M. 2009. *Reducing saturated hydraulic conductivity of sandy soils with polyacrylamide*. Soil Science Society of America Journal, 73, 13-20.

- Yu, J., Lei, T.W., Shainberg, I., Mamedov, A.I. and Levy, G.J. 2003. *Infiltration and erosion in soils treated with dry PAM and gypsum*. Soil Science Society of America Journal, 67, 630-636.
- Zhang, X.C. 2006. *Erosion and sedimentation control: Amendment techniques*. In *Lal, R. (ed.) Encyclopedia of Soil Science. 2nd Edition*. Taylor & Francis, London, UK. pp. 544-547.
- Zhang, X.C. and Miller, W.P. 1996. *Polyacrylamide effect on infiltration and erosion in furrows*. Soil Science Society of America Journal, 60, 866-872.

ÖZGEÇMİŞ

19.03.1986 yılında Afyonkarahisar'da doğdu. İlk, orta ve lise öğrenimini Afyonkarahisar'da tamamladı. 2005 yılında Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi Ziraat Fakültesinde yükseköğrenimine başladı. 2009 yılında Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümünden mezun oldu. 2012 yılında Iğdır Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Anabilim Dalında Yüksek Lisans eğitimine başladı.