

ANKARA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

76651

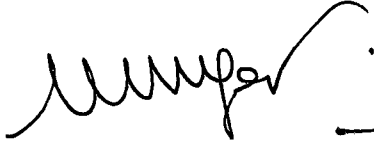
FOSFOJİPS VE EĞİMİN YÜZEY AKIŞ, İNFİLTRASYON VE EROZYONA ETKİLERİ

Mücahit KARAOĞLU

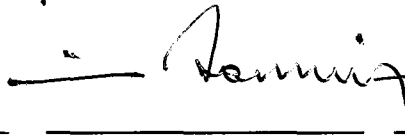
76651

DOKTORA TEZİ
TOPRAK ANABİLİM DALI

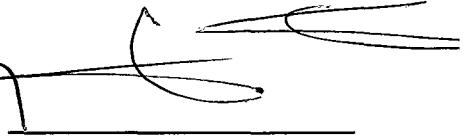
Bu tez 09/01/1998 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından Oybirliği ile kabul edilmiştir.



Prof.Dr. Mustafa R.ÇANGA
(Danışman)



Prof.Dr. Özcan TANJU



Prof.Dr.Alaettin TAYSUN

**FOSFOJİPS VE EĞİMİN
YÜZEY AKIŞ, İNFİLTRASYON
VE EROZYONA ETKİLERİ**

Mücahit KARAOĞLU

**DOKTORA TEZİ
TOPRAK ANABİLİM DALI
1998**

ÖZET

Doktora Tezi

FOSFOJİPS VE EĞİMİN YÜZEY AKIŞ, İNFİLTASYON VE EROZYONA ETKİLERİ

Mücahit KARAOĞLU

Ankara Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Toprak Anabilim Dalı

Danışman: Prof.Dr. Mustafa R. ÇANGA
1998, Sayfa: 58

Jüri : Prof.Dr. Mustafa R. ÇANGA
Prof.Dr. Özcan TANJU
Prof.Dr. Alaettin TAYSUN

Bu çalışmada fosfojips ve eğimin yüzey akış, infiltrasyon ve erozyona etkileri araştırılmıştır. Samsun yöresine ait ağır killi (Typic Udorhent) ve Ankara yöresine ait siltli tın (Typic Calciorthid) toprak örnekleri kullanılmıştır.

Yapay yağmurlama aleti kullanılarak 0, 2, 6, 15, 24 ve 30 olmak üzere altı farklı eğim yüzdesinde, kontrol ve fosfojips (5 ve 10 ton.ha⁻¹) uygulanmış toprak örnekleri, aralarında 7 günlük kuru dönem bırakılarak 45 mm.sa⁻¹ yoğunlukta 1'er saatlik iki yapay yağmurlamaya tabi tutulmuştur.

Sonuç olarak fosfojips uygulanmış denemelerde, kontrol denemelerine göre kaymak ve kabuk oluşumu, yüzey akış ve toprak kayıpları azalmış ve infiltrasyon değerleri artmıştır. Fosfojipsin olumlu yöndeki etkileri % 24 ve 30 eğimlerde daha fazla görülmüştür.

ANAHTAR KELİMELELER:

Fosfojips, eğim, yüzey akış, infiltrasyon, toprak kaybı, kaymak ve kabuk oluşumu, damla oluşturunuculu yapay yağmurlayıcı.

ABSTRACT

Ph.D. Thesis

SLOPE AND PHOSPHOGYPSUM'S EFFECTS ON RUNOFF AND EROSION

Mücahit KARAOĞLU

**Ankara University
Graduate School of Natural and Applied Sciences
Department of Soil Science**

**Supervisor: Prof.Dr. Mustafa R. ÇANGA
1998, Page: 58**

**Jury : Prof.Dr. Mustafa R. ÇANGA
Prof.Dr. Özcan TANJU
Prof.Dr. Alaettin TAYSUN**

In this study, slope and phosphogypsum's effects on runoff, erosion and seal and crust formation has been investigated. Clayey soil of Samsun (Typic Udorhent) and silty loam soil of Ankara (Typic Calciorthid) were used.

Using a rainfall simulator, control and phosphogypsum (at a rate of 5 and 10 ton.ha⁻¹) applied soil samples that have six different slope angles (0, 2, 6, 15, 24 and 30 %) were subjected to two simulated rainfalls with an intensity of 45 mm for 60 minutes leaving seven days dry interval between two treatments.

As a result of this study, it was found that in the phosphogypsum-treated soil samples seal and crust formation, and runoff and erosion were decreased, on the other hand infiltration rates were increased. The positive effects of phosphogypsum were observed in the slopes of 24 and 30 percent.

Key Words: Phosphogypsum, slope, runoff, infiltration, erosion, seal and crust formation, drop former type rainfall simulator.

TEŞEKKÜR

Her türlü akademik bilgi desteği sağlayan ve öğrencilik işlemlerimi titizlikle takip eden Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürlüğüne ve değerli personeline,

Bu araştırma konusunda bana çalışma fırsatı veren ve çalışmalarım süresince her türlü desteği sağlayan Toprak Anabilim Dalı Başkanlığına,

Araştırmalarımı yöneterek bana çalışma şevki veren sayın hocam Prof.Dr. Mustafa R. ÇANGA'ya,

Araştırmada kullanılan Fosfojips maddesinin temininde yardımcı olan Samsun Azot Fabrikasının Değerli Personeline,

Araştırmada kullanılan Samsun yöresine ait toprak örneklerinin temininde hiç bir yardımdan kaçınmayan Arş.Gör. Abdülkadir SÜRÜCÜ'ye,

Araştırmanın Samsun yöresinde yürütülen bölümünde bana ev sahipliği yapan Samsun Meteoroloji Bölge Müdürlüğü Personeline,

Bu araştırmanın en huzurlu bir şekilde tamamlanabilmesi için hiç bir fedakarlıktan kaçınmayan hayat arkadaşım Ayşe KARAOĞLU'na,

Sonsuz teşekkür ederim.

İÇİNDEKİLER

	SAYFA NO
1. GİRİŞ	1
2. LİTERATÜR ÖZETİ	2
3. MATERYAL VE METOD	6
3.1. Materyal.....	6
3.1.1. Araştırmada kullanılan toprak örnekleri.....	6
3.1.2. Fosfojips.....	6
3.1.3. Toprak örneklerinin alındığı Samsun ve Ankara illerinin yağış özellikleri.....	7
3.1.4. Yapay yağmurlama aleti.....	8
3.1.4.1. Toprak tavaları.....	8
3.1.4.2. Sıçrama levhaları.....	8
3.1.4.3. Fanlar	8
3.1.4.4. Yağış suyu.....	8
3.2. Metod.....	10
3.2.1. Toprak örneklerinin alınması ve analize hazırlanması.....	10
3.2.2. Toprakta yapılan analizler.....	10

İÇİNDEKİLER

	SAYFA NO
3.2.3. Fosfojips maddesinin sağlanması ve kullanıma hazırlanması.....	10
3.2.4. Yapay yağmurlama uygulamaları.....	13
3.2.4.1. Kontrol denemeleri.....	13
3.2.4.2. Fosfojips denemeleri.....	13
3.2.4.3. İnfiltrasyon ölçümleri.....	13
3.2.4.4. Sıçratma erozyonu ölçümleri.....	14
3.2.4.5. Yüzey akış ölçümleri.....	14
3.2.5. Önem testi.....	14
4. SONUÇLAR VE TARTIŞMA	15
4.1. Araştırmada Kullanılan Toprakların Genel Özellikleri.....	15
4.1.1. Araştırmada kullanılan toprak örneklerinin fiziksel ve kimyasal özellikleri.....	15
4.2. Kontrol ve Fosfojipsli Toprak Örnekleri Üzerinde Yapay Yağmurlama Uygulamaları ve Sonuçları.....	19
4.2.1. Kaymak ve kabuk oluşumunun incelenmesi.....	19
4.2.2. İnfiltrasyon ölçümleri.....	32

İÇİNDEKİLER

	SAYFA NO
4.2.3. Sıçratma erozyonu ölçümleri.....	33
4.2.4. Yüzey akış ölçümleri.....	36
4.2.5. Toplam sediment ölçümleri.....	41
4.2.6. Önem testleri ve sonuçları.....	43
4.2.6.1. Toplam infiltrasyon oranı değerlerinin önem testi ve sonuçları	43
4.2.6.2. Son infiltrasyon oranı değerlerinin önem testi ve sonuçları.....	45
4.2.6.3. Yüzey akış değerlerinin önem testi ve sonuçları.....	47
4.2.6.4. Toplam yıkanan sediment miktarlarının önem testi ve sonuçları.....	49
4.2.6.5. Toplam kaybolan sediment miktarlarının önem testi ve sonuçları.....	51
5. ÖNEM TESTİ SONUÇLARI VE ÖNERİLER.....	53
KAYNAKLAR.....	54
ÖZGEÇMİŞ.....	58

ŞEKİLLER DİZİNİ

SAYFA NO

Şekil 4.1. Samsun Kurupelit serisi toprak örneklerine ait 1. yağmurlama infiltrasyon oranları.....	28
Şekil 4.2. Samsun Kurupelit serisi toprak örneklerine ait 2. yağmurlama infiltrasyon oranları.....	28
Şekil 4.3. Ankara Çiftlik serisi toprak örneklerine ait 1. yağmurlama infiltrasyon oranları.....	29
Şekil 4.4. Ankara Çiftlik serisi toprak örneklerine ait 2. yağmurlama infiltrasyon oranları.....	29
Şekil 4.5. Samsun Kurupelit serisi toprak örneklerine ait 1. yağmurlama toplam infiltrasyon oranları.....	34
Şekil 4.6. Samsun Kurupelit serisi toprak örneklerine ait 2. yağmurlama toplam infiltrasyon oranları.....	34
Şekil 4.7. Ankara Çiftlik serisi toprak örneklerine ait 1. yağmurlama toplam infiltrasyon oranları.....	34
Şekil 4.8. Ankara Çiftlik serisi toprak örneklerine ait 2. yağmurlama toplam infiltrasyon oranları.....	34
Şekil 4.9. Samsun Kurupelit serisi toprak örneklerine ait 1. yağmurlama son infiltrasyon oranları.....	35
Şekil 4.10. Samsun Kurupelit serisi toprak örneklerine ait 2. yağmurlama son infiltrasyon oranları.....	35

ŞEKİLLER DİZİNİ

SAYFA NO

Şekil 4.11. Ankara Çiftlik serisi toprak örneklerine ait	
1. yağmurlama son infiltrasyon oranları.....	35
Şekil 4.12. Ankara Çiftlik serisi toprak örneklerine ait	
2. yağmurlama son infiltrasyon oranları.....	35
Şekil 4.13. Samsun Kurupelit serisi 1. yağmurlamaya ait	
toplam yüzey akış ve yıkanan sediment miktarları.....	40
Şekil 4.14. Samsun Kurupelit serisi 2. yağmurlamaya ait	
toplam yüzey akış ve yıkanan sediment miktarları.....	40
Şekil 4.15. Ankara Çiftlik serisi 1. yağmurlamaya ait	
toplam yüzey akış ve yıkanan sediment miktarları.....	40
Şekil 4.16. Ankara Çiftlik serisi 2. yağmurlamaya ait	
toplam yüzey akış ve yıkanan sediment miktarları.....	40
Şekil 4.17. Samsun Kurupelit serisi toprak örneklerine	
ait 1. yağmurlama toplam sediment miktarları.....	42
Şekil 4.18. Samsun Kurupelit serisi toprak örneklerine	
ait 2. yağmurlama toplam sediment miktarları.....	42
Şekil 4.19. Ankara Çiftlik serisi toprak örneklerine ait	
1. yağmurlama toplam sediment miktarları.....	42
Şekil 4.20. Ankara Çiftlik serisi toprak örneklerine ait	
2. yağmurlama toplam sediment miktarları.....	42

ÇİZELGELER DİZİNİ

	SAYFA NO
Çizelge 3.1. Samsun ili uzun yıllar aylık yağış ortalamaları (mm).....	7
Çizelge 3.2. Samsun ili standart zamanlara ait yağış değerleri (mm).....	7
Çizelge 3.3. Ankara ili uzun yıllar aylık yağış ortalamaları (mm).....	7
Çizelge 3.4. Ankara ili standart zamanlara ait yağış değerleri (mm).....	7
Çizelge 4.1. Samsun Kurupelit ve Ankara Çiftlik serilerine ait toprak örneklerinin fiziksel ve kimyasal özellikleri.....	16
Çizelge 4.2. Samsun Kurupelit ve Ankara Çiftlik serilerine ait toprak örneklerinin erozyon duyarlılık değerlendirmesi.....	16
Çizelge 4.3. Samsun Kurupelit serisine ait toprak örneklerinin 1. yağmurlama sonuçları.....	20
Çizelge 4.4. Samsun Kurupelit serisine ait toprak örneklerinin 2. yağmurlama sonuçları.....	21
Çizelge 4.5. Ankara Çiftlik serisine ait toprak örneklerinin 1. yağmurlama sonuçları.....	22
Çizelge 4.6. Ankara Çiftlik serisine ait toprak örneklerinin 2. yağmurlama sonuçları.....	23
Çizelge 4.7. Toplam infiltrasyon oranı değerleri (mm.s^{-1}).....	32
Çizelge 4.8. Son infiltrasyon ve son infiltrasyon oranı değerleri (mm.s^{-1}).....	33

RESİMLER DİZİNİ

	SAYFA NO
Resim 3.1. Araştırmada kullanılan yapay yağmurlama aleti.....	9
Resim 4.1. Eğimsiz örneklerde yüzeyde kaymak tabakası oluştuktan sonra meydana gelen göllenme.....	26
Resim 4.2. Samsun Kurupelit serisine ait eğimsiz toprak örneklerinde 1. yağmurlama sonunda kaymak tabakasının görünümü.....	27
Resim 4.3. Ankara Çiftlik serisine ait eğimsiz toprak örneklerinde 1. yağmurlama sonunda kaymak tabakasının görünümü.....	27
Resim 4.4. Samsun Kurupelit serisine ait eğimsiz toprak örneklerinde 1. yağmurlama sonunda 7 günlük kuruma döneminde oluşan kabuk tabakasının görünümü.....	31
Resim 4.5. Ankara Çiftlik serisine ait eğimsiz toprak örneklerinde 1. yağmurlama sonunda 7 günlük kuruma döneminde oluşan kabuk tabakasının görünümü.....	31
Resim 4.6. Eğimli toprak örneklerinde parmakların oluşması, toprak yüzeyinde su birikimi ve eğim aşağı yüzey akış.....	37

HARİTALAR DİZİNİ

SAYFA NO

Harita 3.1. Samsun Ondokuz Mayıs Üniversitesi arazisi	
temel toprak haritası.....	11
Harita 3.2. Ankara Üniversitesi Kenan Evren Araştırma	
ve Uygulama Çiftliği arazisi temel toprak haritası.....	12



SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

	SAYFA NO
Ton.ha⁻¹: Ton/hektar	2
Kg.ha⁻¹: Kilogram/hektar	2
Kfs: Tarla kapasitesinde hidrolik iletkenlik değeri	2
Mg.ha⁻¹: Megagram/hektar	2
mm.sa⁻¹: milimetre/saat	4
ESP: Değişebilir sodyum yüzdesi	4
dS.m⁻¹: desiSiemens/metre	4
me/100g: miliekivalan/100 gram	13
K: Toprak erozyon duyarlılığı katsayısı	16
Na⁺: Sodyum	17
Ca²⁺: Kalsiyum	24
IR: İnfiltrasyon oranı	25
K: Kontrol denemeleri	27
FJ: Fosfojips denemeleri	27
ΣX: Toplam değerler	43
X_o : Ortalama değerler	43
Σ(X-X_o)²: Ölçüm değerleri ile ortalama değerler farklarının kareler toplamı	43
S.D.: Serbestlik derecesi	43
S²_p : Birleştirilmiş varyans	43
S_{xo}: Ortalamanın standart hatası	43
SSR: Significant studentized ranges	43
LSR: Least significant ranges	43

1. GİRİŞ

Yeryüzünde topraklar varolduğundan bu yana su ve rüzgar erozyonu az veya çok, belli veya belirsiz olarak devam etmiştir. İnsanoğlu medeniyette ilerledikçe bilerek veya bilmeyerek erozyon sürecini hızlandırmıştır. Dünya nüfusunun hızla artması buna karşılık verimli tarım arazilerinin çeşitli sebeplerle hızla yok olması, tarımcıları yoğun tarıma yöneltmiştir. Bu birim alandan daha fazla ürün alma gayreti erozyonun ciddiyetini ortaya koymuş ve acil ve sürekli tedbirleri beraberinde getirmiştir. Toprak ve insan arasındaki ilişki; yok etme ve tüketme üzerine değil, toprağın korunması, üretim gücünün ve kullanma yeteneğinin artırılmasına dayanmalıdır (Lowdermilk 1953).

Toprakların erozyonla taşınan kısmı en üst katman olup verimliliğin azalmasında önemli bir paya sahiptir. Böylece üst toprak katmanı taşınırken hem bu katman ile birlikte, hem de toprak sistemi içerisinde suyun aşağı katmanlara sızması ile bitki besin elementleri topraktan uzaklaşmaktadır. Bu konuda yapılan çalışmalarda erozyon ile taşınan toprak taneciklerinde bitki besin elementi zenginleşmesi belirlenmiştir. Diğer bir deyişle erozyon, yüzey toprak katmanlarından bitkiye elverişli besin elementlerinin uzaklaşmasında önemli rol oynar (Barrows and Kilmer 1963, Crosson 1986).

Ülkemizde topoğrafya ve iklimin erozyonu artırıcı etkilerinin yanında insanların olumsuz davranışları sonucu, erozyon büyük bir problem haline gelmiştir. Topraksu Genel Müdürlüğü'nün 1980 verilerine göre, ülkemiz genelindeki toprakların %62.3'ü olan 57.148.884 ha alan ve toplam tarım alanlarının %72.1'ini kaplayan 15.859.455 ha arazi çeşitli derecelerde su erozyonunun etkisi altındadır.

Erozyon; yağış, yüzey akış, rüzgar, toprak yapısı, eğim, bitki örtüsü, koruma önlemleri gibi çoklu ilişkilere bağlı bir denklemdir. Erozyonu anlamak bu faktörleri incelemek ve açığa çıkarmak demektir. Başka bir ifade ile, erozyon etüdlerinin amacı; erozyonun oluşum ve gelişiminde rol oynayan faktörlerle birlikte koruma önlemlerinin uygulanabilirliğini incelemek ve koruma çalışmalarının düzenlenebilmesi için gerekli bilgileri sağlamaktır.

Ülkemizde meydana gelen erozyonun tamamına yakını su erozyonu olarak gerçekleşmektedir. Her yıl erozyonla denizlere taşınan toprak miktarı 500 milyon ton civarındadır. Su erozyonunun ana kaynağı şiddetli yağışlardır. Herhangi bir yağış fırtınası esnasında çok yüksek kinetik enerjilere sahip yağmur damlaları önce toprak agregatlarını parçalar ve sonra yüzey akışı ile toprak taneleri taşınır.

Bu araştırmada su erozyonu ile eğimli arazilerde meydana gelen toprak kayıplarının azaltılmasında fosfojipsin etkileri damla oluşturunuculu yapay yağmurlama aleti ile araştırılmıştır. Araştırma sonucunda toprak kayıplarını azaltıcı ve infiltrasyonu teşvik edici sonuçlar elde edilmiştir. Fosfojipsin; düz ve düze yakın arazilerde kaymak ve kabuk oluşumunu engellemek, eğimli arazilerde ise yüzey akış ve buna bağlı olarak toprak kayıplarını azaltmak ve infiltrasyonu teşvik etmek için 5-10 ton.ha⁻¹ uygulanması yararlı olacaktır.

2. LİTERATÜR ÖZETİ

Kumlu tınlı topraklara, elektriki iletkenliği 2.3 dS.m^{-1} olan fosfojips çözeltisi üzerine benzer elektrolit konsantrasyonuna sahip tuzlu su ile yapay yağmurlama Agassi et al (1981) tarafından uygulanmış ve değişebilir sodyum yüzdesi değeri 1.0 iken, son infiltrasyon oranı değeri 10 mm.sa^{-1} olarak ölçülmüştür.

Kazman et al (1983) değişebilir sodyum yüzdesinin, kaymak oluşumu ve infiltrasyon oranı üzerindeki etkilerini, yapay yağmurlama aleti ile farklı tekstür, mineral ve CaCO_3 içeren dört toprak çeşidi ve damıtılmış su kullanarak araştırmışlardır. Kullanılan toprak örneklerine ait infiltrasyon oranlarının, düşük değişebilir sodyum yüzde değerlerine (ESP) karşı oldukça hassas oldukları ve değişebilir sodyum yüzde değeri 2.5 olan siltli tınlı topraklara fosfojips uygulamasıyla; kontrol denemelerinde $2-3 \text{ mm.sa}^{-1}$ olan son infiltrasyon oranı değerinin $10-11 \text{ mm.sa}^{-1}$ değerine çıktığı bildirilmiştir. Kumlu tınlı toprakta değişebilir sodyum yüzde değeri 2.2 iken; son infiltrasyon oranı, kontrol denemelerinde 2.5 mm.sa^{-1} ve fosfojips denemelerinde 12 mm.sa^{-1} ölçülmüştür. Düşük değişebilir sodyum yüzde değerine bağlı olarak hidrolik iletkenlik değerlerinin düşüşünü engellemek için toprakta kireç bulunmalıdır. Tam tersine olarak kalkerli topraklarda infiltrasyon oranının sürdürülmesinde kireç etkili değildir. Fosfojips uygulaması, bütün değişebilir sodyum yüzde değerlerinde, infiltrasyon oranındaki düşüşü ani olarak engellemiştir.

Sodisite seviyesi %2.5, 6.5 ve 17-21 olan lës ve grumusol topraklara toz fosfojips 3, 5 ve 10 ton.ha^{-1} olarak Agassi et al (1986) tarafından uygulanmıştır. Araştırmada damıtılmış su ile yağmurlama yapılmıştır. 5 ton.ha^{-1} fosfojips uygulaması ile lës topraklarda son infiltrasyon oranı değerleri, değişebilir sodyum yüzde değerleri olan %2.5, 6.5 ve 17-21 için sırasıyla 13.4, 8.5 ve 8.3 mm.sa^{-1} , kontrol değerleri ise 3.0, 1.1 ve 0.9 mm.sa^{-1} olarak hesaplanmıştır. Aynı toprak ve aynı tuzluluk değerleri için fosfojips yerine doymuş jips çözeltisi uygulandığında son infiltrasyon oranı daha düşük bulunmuştur. Sızan suyun elektrolit konsantrasyonuna yaptığı etkinin yanında, fosfojips tozlarının toprak yüzeyinde kaymak oluşumunu engelleyerek malç görevi yaptığı ve böylece toprağın infiltrasyon oranını arttırdığı gözlenmiştir.

Miller (1987) tarafından fosfojipsin infiltrasyon ve erozyona olan etkilerinin belirlenmesi için, 0.3 m^2 lik yüzey akış tepsilerindeki üç farklı toprak tipine 5 ton.ha^{-1} olacak şekilde fosfojips uygulanmış ve yapay yağmurlama aleti ile 50 mm.sa^{-1} lik intensiteye sahip 2.5 saatlik yağış uygulanmıştır. Kuru toprak örneğine 1 saatlik ilk yağış uygulamasından sonra 24 saat ara verilmiş ve sonra yarımşar saatlik 10 dakika aralıklı toplam 120 mm lik yağış uygulanmıştır. Kontrol denemelerine göre fosfojipsli denemelerde toprak kayıplarının üç toprak tipi için %30-50 azaldığı, son infiltrasyon oranı değerlerinin ise en az 2 kat arttığı bildirilmiştir. Kontrol denemelerinde yüzey akış suyundaki sedimentlerin miktarı; kil için %15-30, silt için %60-75 olurken, fosfojipsli denemelerdeki yüzey akış suyunda kil görülmemiş, ancak silt içeriği daha

yüksek olmuştur. Fosfojipsin, elektrolit seviyesini yüksek bir seviyede ($0.5-1.3 \text{ dS.m}^{-1}$) tuttuğu ve toprak killerinin kümelenmesini sağlayarak kaymak oluşumunu azalttığı ve toprak yüzeyinden yıkanan sediment miktarını azalttığı bildirilmiştir.

Warrington et al (1989) farklı eğim ($5-30^\circ$) ve fosfojipsin, su kalitesi, infiltrasyon oranı, yüzey akış ve erozyon üzerindeki etkilerini kumlu tın toprak (Rhodoxeralf) materyali ve yapay yağmurlayıcı kullanarak araştırmışlardır. Fosfojips 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, fosfojips uygulanmış toprak örneklerindeki toprak kaybı sadece 2 katına çıkarken, kontrol denemelerinde toprak kaybı 7 katına ulaşmıştır.

Eğim, toprak konumu ve fosfojipsin; yağış miktarı, yüzey akış ve erozyon üzerindeki etkileri arazi şartlarında $1 \times 1.5 \text{ m}$ lik tavalarda ve grumusol topraklardan yararlanılarak tabii yağış altında Agassi et al (1990) tarafından belirlenmiştir. Yağış ölçerler yamaca dik olarak yerleştirmiş ve eğim üzerindeki etkili yağışı kaydedilmiştir. Rüzgar alan yamaçlarda etkili yağış miktarı %58 eğime kadar yavaş yavaş artmış ve daha yüksek eğim derecelerinde etkili yağış azalmıştır. Rüzgara kapalı yamaçlarda ise bütün eğim derecelerinde etkili yağış, meteorolojik yağış değerinin yarısına kadar düzenli olarak düşmüştür. Araştırmacılar rüzgar alan yamaçlardaki tavalarda görülen yüzey akış miktarının yüksek eğimden etkilenmediğini, rüzgara kapalı tavalarda eğimleri arttıkça yüzey akış miktarının ani bir düşüş yaptığını ortaya koymuşlardır. Fosfojips, toprağa giren ve yüzey akışa geçen sudaki elektrolitlerin serbest kalmasını sağlar, yüzeyde toprak parçacıklarının çökmesini engeller, toprak strüktürünü korur ve erozyonu azaltır. Fosfojips uygulamasının (5 ton.ha^{-1}) kontrol denemelerine göre yüzey akışı %25 ve toprak kayıplarını %1-3 oranında düşürdüğü ve çok dik eğimlerde fosfojipsin toprak kayıplarını belirgin bir şekilde azalttığı ortaya konmuştur.

Yağmur ve yağmurlama başlıklarından düşen su damlacıklarının 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 getirilmesi ile kaymak oluşumu engellenebilir. Damlacık çarpma enerjisi ve su kalitesinin infiltrasyon ve erozyon üzerindeki etkileri, damlatıcı tip tanklı yapay yağmurlayıcı kullanılarak kumlu tın topraklarda (Rhodoxeralf), anyonik poliakrilamid ve fosfojips denemeleri ile Smith et al (1990) tarafından araştırılmıştır. Çarpma enerjisi arttıkça; infiltrasyon oranı, toplam infiltrasyon ve erozyonun toprak düzenleyicilerin kullanıldığı bütün denemelerde azaldığı bildirilmiştir. Anyonik poliakrilamid, fosfojips ve musluk suyunun birlikte uygulanması sonucu, infiltrasyon oranı ve toplam infiltrasyon değerleri kontrol değerleri ile karşılaştırıldığında 7-8 kat daha yüksek bulunmuştur.

Fosfojips uygulaması sonucu yüzey sularının fosfor kirlenmesi üzerinde Korentajer et al (1991) çalışmışlardır. Toprak sedimentlerinin aşındırılması ve yüzey akış suyuna fosfor taşınmasında; fosfojipsin başlangıç ve sonraki etkileri, bir laboratuvar tip yağmurlayıcı kullanılarak araştırılmıştır. Denemelerde farklı dağılım özelliklerine sahip üç toprak çeşidi ve dört farklı fosfojips uygulama oranı (0, 2, 5 ve 10 ton.ha⁻¹) kullanılmıştır. Yapay yağmur düşüşü; 1'er saatlik uygulama arasında 4 ve 6 günlük kuruma periyotları şeklinde üç defa uygulanmıştır. Yağış fırtınaları, fosfojips oranı ve toprakların birbirlerinden etkileşimlerini yorumlamak için; basit bir etki analizi kullanılmıştır. Sediment yükü ve yüzey akış miktarını azaltmada fosfojipsin yararlı etkileri toprak dağılılırlığına bağlıdır. Yüksek derecede ayrışabilir toprakta fosfojipsin olumlu etkisi 5 ton.ha⁻¹ dan daha düşük değerlerde görülmüş ve daha yüksek uygulama oranlarında yavaş yavaş artmış ve daha sonra aynı seviyede kalmıştır. Tam tersine, daha güçlü dağılılırlı toprak üzerinde fosfojipsin yararlı etkisi ancak 5 ton.ha⁻¹ dan daha büyük uygulama oranlarında görülmüştür. Fosfojips uygulamasındaki farklılıklar, malç ve kimyasal ayrışma üzerindeki fosfojipsin tamamlayıcı etkilerine dayanarak açıklanmıştır. Sonraki yağış fırtınalarında fosfojips etkilerinin azalması, yüzey akış ile toprak yüzeyinden fosfojipsin yavaş yavaş uzaklaştırıldığını ve aşağı doğru yıkıldığını göstermektedir. Yüzey akış ve erozyonla fosfor uzaklaşması, sonraki yağış fırtınalarında yavaş yavaş azalmıştır. Fosfor giderilmesi, taşıma için uzaklaşmaya meyilli fosfor miktarı üzerinde fosfojips oranlarının toplam etkisiyle ve fosforun sediment yükü ile yüzey akış miktarı üzerindeki etkileriyle açıklanmıştır. Çalışma sonuçlarına göre, yüksek fosfojips oranlarının; fosforun, uygulama noktalarına yakın olan su yollarına taşınmasıyla sonuçlanabileceği ve bundan başka su yollarının ötrofikasyonunun artmasına yardım edebileceği ortaya konmuştur.

Toprak düzenleyici olarak fosfojipsin erozyon kontrolündeki etkisi; Rhodoxeralf toprak örneği ile oluşturulmuş toprak seddeler üzerinde, %48 eğimde, batı ve kuzeye bakan 1.5 ve 10 m lik uzunluğa sahip tavalarda ve tabii bir yağış fırtınası süresince batılı rüzgarın hakim olduğu bir ortamda Agassi and Ben Hur (1991) tarafından araştırılmıştır. Kontrol denemelerine göre, fosfojipsin yüzey akışı %23 ve erozyonu 2-3 kat azalttığı tespit edilmiştir.

Su kalitesi ve toprak kimyasal özellikleri, 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 cm lik tavaların yer aldığı yapay yağmurlama aleti kullanılarak ölçülmüştür. Topraklar, ayrışabilen ve kaymak oluşumuna hassas, güç ayrışabilen ve yüksek infiltrasyon değerlerini sürdürebilen olmak üzere iki gruba ayrılmıştır. Ayrışabilen topraklar diğerlerine göre aşınmaya karşı daha hassas bulunmuştur. 5 ton.ha⁻¹ lık fosfojips uygulaması sonucunda toprak kaybı; ayrışabilir topraklarda ani bir şekilde, güç ayrışabilen topraklarda ise orta derecede azalmıştır.

Tuzlu sodik toprakların ıslah edilmesinde ana problem yavaş ve içten süzülmedir. Pakistan, Lahor yakınlarındaki ince tınlı, karıştırılmış, termik tipik Natrustalf olan tuzlu sodik toprakta Ilyas et al (1993), tarla kapasitesindeki hidrolik iletkenlik değerlerini (K_f s) karşılaştırmak için; arazi denemeleri yapmış ve tuzlu sodik toprakların düşük geçirgenlikleri üzerinde yol gösterici olmuştur. Denemeler; derin köklü yonca, sesbanya-buğday-sesbanya münavebesi, 7.5 Mg.ha^{-1} sap saman ve nadas kontrolü şeklinde yürütülmüştür. Bu dört denemenin her biri, jipsli (25 Mg.ha^{-1}) ve jipssiz olarak, 0.45 m alt toprakta ve açık drenaj şartlarında gerçekleştirilmiştir. Her bir denemedeki toprağın hidrolik iletkenliği (K_f s), her 20 cm de bir olmak üzere 120 cm derinliğe kadar altı ve oniki ay sonra ölçülmüştür. Jips uygulaması, 20 cm lik üst toprak tabakasının K_f s değerini arttırmıştır. Ürünsüz tavalarla karşılaştırıldığında; 0-20 cm derinlikteki bitki desenli tavaların K_f s değeri jips ile beraber altı ay sonra 2 kat ve bir yıl sonra 4 kat olmuştur. Ürün münavebesi belirgin bir şekilde, jipsli ve jipssiz 0-20 cm toprağın K_f s değerini sap saman veya nadas denemelerine göre arttırmıştır. Jipsli yonca tavalarının 80 cm derinliğindeki K_f s değeri, belirgin bir şekilde, nadas tavalarının K_f s değerinden daha büyüktür. Ne alt toprak ne de açık drenaj toprak geçirgenliğini arttırmamıştır. Jips ve münavebe örnekleri yüzey toprak tabakasının geçirgenliğini, jips ve yonca örnekleri ise alt tabakaların geçirgenliğini önemli derecede arttırmıştır.

Fosfojipsin (4 ton.ha^{-1}) ve anyonik poliakrilamidin (20 kg.ha^{-1}) birlikte uygulanmasının; infiltrasyon oranlarına etkisi yapay yağmurlayıcı kullanılarak, Xerofluvent toprak örneği üzerinde Ferreira et al (1994) tarafından araştırılmıştır. Fosfojips ve anyonik poliakrilamid uygulamasının kontrol denemelerine göre son infiltrasyon oranlarını 3 kat arttırdığı bildirilmiştir.

3. MATERYAL VE METOD

3.1. Materyal

3.1.1. Araştırmada kullanılan toprak örnekleri

Araştırmada kullanılan ağır killi tekstüre sahip (Typic Udorthent) toprak örneği Samsun Ondokuz Mayıs Üniversitesi arazisinde yer alan Kurupelit serisine ve siltli tın tekstüre sahip (Typic Calciorthid) toprak örneği Ankara Üniversitesi Kenan Evren Araştırma ve Uygulama Çiftliği arazisinde yer alan Çiftlik serisine aittir. Her iki toprak örneği de erozyona uğramış topraklardır.

3.1.2. Fosfojips

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 kullanılamadığı için, ihtiyacın tamamı yurt dışından karşılanmaktadır.

Samsun azot fabrikasının hazırladığı şartnameye göre fosforit'in belli başlı fiziksel ve kimyasal özellikleri; P_2O_5 %29.9 (en az), CaO %52 (en fazla), organik madde %1 (en fazla), CO_2 %6.5 (en fazla), nem %3 (en fazla), tane iriliği 3 mm (en fazla) olmalıdır.

Samsun azot fabrikasında fosforik asit, sulu yöntemle elde edilmektedir. Fosforitten fosforik asit elde etmek için; %98 lik H_2SO_4 , deniz suyu, süreç suyu, elektrik enerjisi, basınçlı hava gereklidir. Fosforit tanelerinin yüzeyini arttırmak için öğütme işlemi uygulanır. Öğütülmüş fosforit, sülfürik asit ve su ile karıştırılır. Bu süspansiyonlama işlemi reaktörlerde gerçekleştirilir. Kimyasal reaksiyon sonunda sıvı fosfat asidi ile katı alçı tanecikleri elde edilir. Alçı şlamı (fosfojips) çökmeden filtreye aktarılır.

Fosfojips, ulaştırmadan tarıma kadar bir çok 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. Bu durum fosfojipse olan ilgiyi arttırmaktadır. Bu ilginin diğer bir sebebi de; fosforik asit üreten gübre fabrikalarında fosfojips atıklarının büyük yığınlar oluşturması ve bu yığınların fabrika toplama alanlarından uzaklaştırılmak istenmesidir.

3.1.3. Toprak örneklerinin alındığı Samsun ve Ankara illerinin yağış özellikleri

Uzun yıllar aylık yağış ortalamalarının yer aldığı Çizelge 3.2 incelendiğinde Samsun ilinin yaz ayları dışında kalan aylarda daha yağışlı olduğu görülmektedir. En yüksek yağışlar ise kış aylarında meydana gelmektedir. Çizelge 3.3 de Samsun iline ait standart zamanlarda görülen en yüksek intensiteli yağışlara ait bilgiler yer almaktadır. Uzun yıllar değerlerine göre 1 saatlik sürede görülen en yüksek yağış intensitesi 66.30 mm.sa^{-1} dir.

Çizelge 3.1. Samsun ili uzun yıllar aylık yağış ortalamaları (mm)

O	Ş	M	N	M	H	T	A	E	E	K	A	Yıllık
70.7	60.4	64.1	57.3	47.3	44.4	34.0	31.8	52.5	78.6	88.9	80.9	710.9

Çizelge 3.2. Samsun ili standart zamanlara ait yağış değerleri (mm)

	5'	10'	15'	30'	1h	2h	3h	4h	5h	6h	8h	12h	18h	24h
YIL	38	39	38	38	38	38	38	38	38	38	38	38	38	39
ORT.	7.63	10.79	12.97	18.21	24.51	30.60	34.16	37.52	40.60	43.68	47.68	53.82	58.38	62.53
E.B.	14.80	21.90	27.6	41.60	66.30	87.10	91.9	105.3	124.4	136.6	164.7	235.4	238.2	244.2
S.S.	3.23	4.36	5.61	9.13	14.19	18.28	20.20	21.59	23.30	25.63	28.51	36.32	34.92	34.5

YIL:Rasat süresi, ORT: Ortalama değer, E.B.: En büyük değer, S.S.: Standart sapma.

Uzun yıllar aylık yağış ortalamalarının yer aldığı Çizelge 3.4 incelendiğinde Ankara ilinin yağışı oldukça düşük ve yaz ayları dışında kalan aylarda daha yağışlı olduğu görülmektedir. En yüksek yağışlar ise ilkbahar aylarında meydana gelmektedir. Çizelge 3.5 de Ankara iline ait standart zamanlarda görülen en yüksek intensiteli yağışlara ait bilgiler yer almaktadır. Uzun yıllar değerlerine göre 1 saatlik sürede görülen en yüksek yağış intensitesi 60.90 mm.sa^{-1} dir.

Çizelge 3.3. Ankara ili uzun yıllar aylık yağış ortalamaları (mm)

O	Ş	M	N	M	H	T	A	E	E	K	A	Yıllık
40.1	34.9	37.0	42.1	52.1	33.2	14.9	10.7	17.3	25.6	32.5	45.1	385.5

Çizelge 3.4. Ankara ili standart zamanlara ait yağış değerleri (mm)

	5'	10'	15'	30'	1h	2h	3h	4h	5h	6h	8h	12h	18h	24h
YIL	51	51	51	51	51	51	51	51	51	51	51	51	51	51
ORT.	6.66	9.25	10.68	13.59	16.41	18.71	20.15	21.12	21.74	22.41	23.33	25.17	27.30	31.20
E.B.	12.00	22.00	27.70	47.40	60.90	61.80	62.00	62.00	62.50	62.60	62.60	62.60	68.10	72.10
S.S.	2.69	3.94	4.86	7.00	8.90	9.45	9.54	9.70	9.74	9.71	9.57	9.83	11.50	11.97

YIL:Rasat süresi, ORT: Ortalama değer, E.B.: En büyük değer, S.S.: Standart sapma.

Bu sonuçlara göre her iki istasyon için 1 saatlik sürede kaydedilmiş olan en yüksek yağış intensitesi 60 mm.sa^{-1} in üzerindedir. Araştırmada 45 mm.sa^{-1} lik intensite kullanılmıştır.

3.1.4. Yapay yağmurlama aleti

Araştırmada Gabriels et al (1973) tarafından detayları bildirilen yapay yağmurlayıcı kullanılmıştır. Yağmurlama aletinin yüksekliği 3 m. dir. Üst bölümde bir motor yardımı ile dönen su tankı bulunmaktadır. Su tankının deliklerine yerleştirilen yağmurlama başlıkları 5 mm uç çapına sahiptir ve 0.5 cm damla çapı oluşturmaktadır. Yağmurlama başlıklarının, tavalardaki toprak örneklerine uzaklığı 2.75 m. dir. Resim 3.1 de yapay yağmurlama aleti görülmektedir.

3.1.4.1. Toprak tavaları

Araştırmada kullanılan toprak örneklerinin yerleştirildiği tavalar 29x29.5 cm ebadında ve metaldir. Tavaların içinde, yerleştirilecek toprak örneklerini istenilen derinlikte tutacak ayaklı ızgaralar mevcuttur. İnfiltrasyon ölçümleri için tavaların alt kısmında çıkış delikleri, yüzey akış ve erozyonun ölçülebilmesi için tavaların ön kısmında eğimli önlükler bulunmaktadır.

3.1.4.2. Sıçrama levhaları

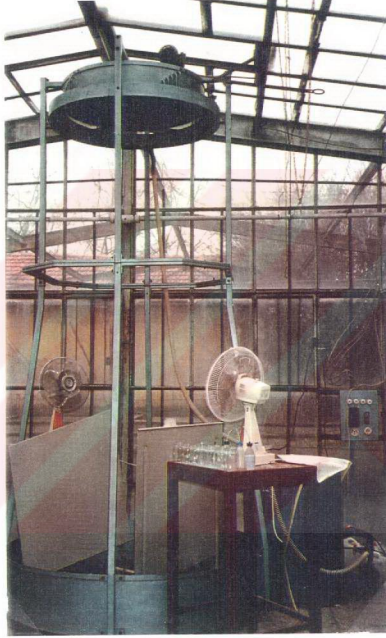
Yapay yağmurlama süresince yağmur damlalarının vuruş enerjisi sonucu yanlara sıçrama ile taşınan sediment miktarını tespit etmekte kullanılan sıçrama levhaları, yaklaşık 1.5 m. yüksekliğindedir ve alt kısmında toprak taneciklerini toplamak için kanallar yer almaktadır. Kanallar, toplanan toprak taneciklerinin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

3.1.4.3. Fanlar

Yapay yağmurlama süresince toprak örneğinin her noktasına yağmur damlası düşecek homojen bir yağış elde edebilmek ve gerçek yağışa yakın bir yağış düşüşü sağlayabilmek için 2 adet fan kullanılmıştır.

3.1.4.4. Yağış suyu

Yapay yağmurlama aletinde oluşturulan yağışlarda, musluk suyunun sertliğinin yüksek olması nedeniyle yağış suyu olarak damıtılmış su kullanılmıştır. Damıtılmış su saf su aleti yardımı ile elde edilmiştir.



Resim 3.1. Araştırmada kullanılan yapay yağmurlama aleti

3.2. Metod

3.2.1. Toprak örneklerinin alınması ve analize hazırlanması

Samsun Ondokuz Mayıs Üniversitesi ve Ankara Üniversitesi Kenan Evren Araştırma ve Uygulama Çiftliği temel toprak haritalarında (Harita 3.1 ve 3.2) gösterilen noktalardan yüzey toprak örnekleri (0-20 cm) alınmıştır. Toprak örnekleri havada kurutulduktan sonra fiziksel ve kimyasal özelliklerinin belirlenebilmesi için 2 mm lik elekten geçirilerek analizlere tabi tutulmuşlardır. Yağmurlamada kullanılan toprak örnekleri ise 7 mm lik elekten geçirilmiştir.

3.2.2. Toprakta yapılan analizler

Mekanik analiz: Pipet yöntemi ile Palmer and Troeh'de (1977) belirtildiği gibi yapılmıştır.

Disperse olabilir kil: Middleton (1930) tarafından açıklanan yöntemle belirlenmiştir.

Organik karbon: Walkey-Black yönteminin Jackson (1962) tarafından modifiye edilmiş şekli olan dikromat oksidasyonu ile belirlenmiştir.

pH: 1/5 oranında sulandırılmış toprakta pH metre ile USDA'da (1972) açıklandığı şekli ile ölçülmüştür.

Katyon değişim kapasitesi: USDA (1972) esas alınarak Amonyum Asetat yöntemi ile tespit edilmiştir.

Değişebilir sodyum yüzdesi: USDA (1972)'da belirtildiği gibi hesaplanmıştır.

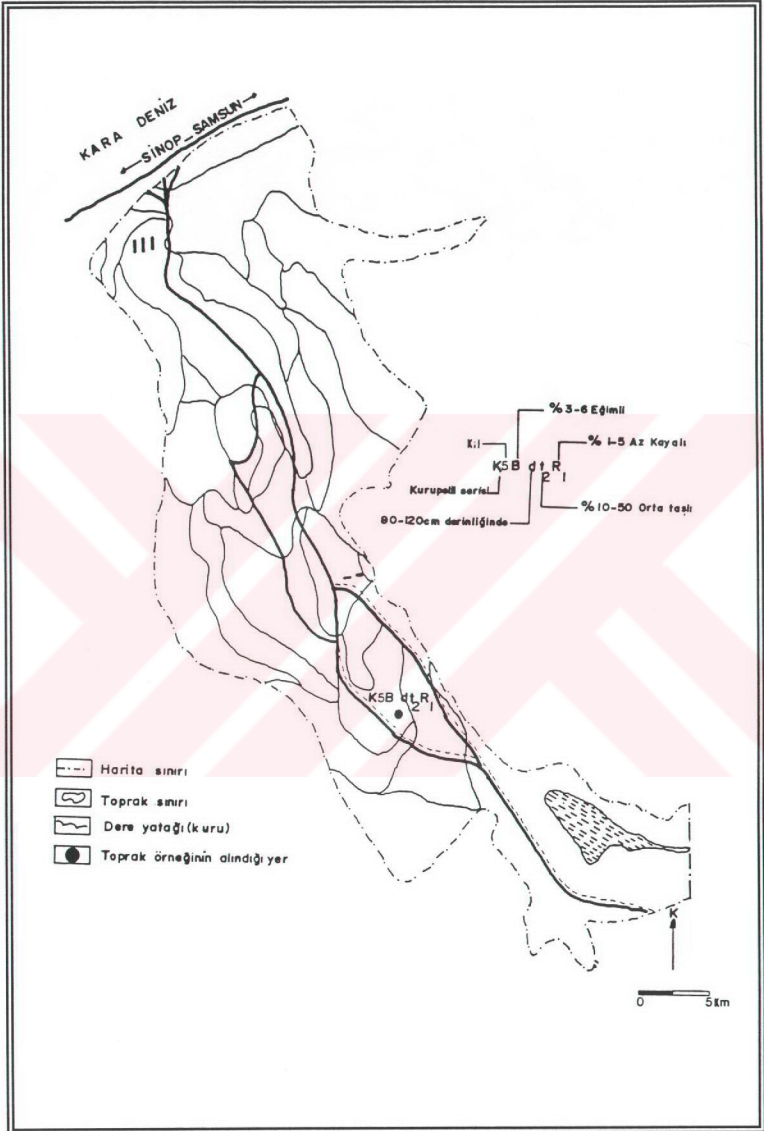
Hidrolik geçirgenlik: Sönmez'in (1960) bildirdiği gibi bozulmuş örneklerde sabit seviyeli geçirgenlik aleti yardımı ile ölçülmüştür.

Hacim ağırlığı, özgül ağırlık, porozite: USDA (1972) esas alınarak hesaplanmıştır.

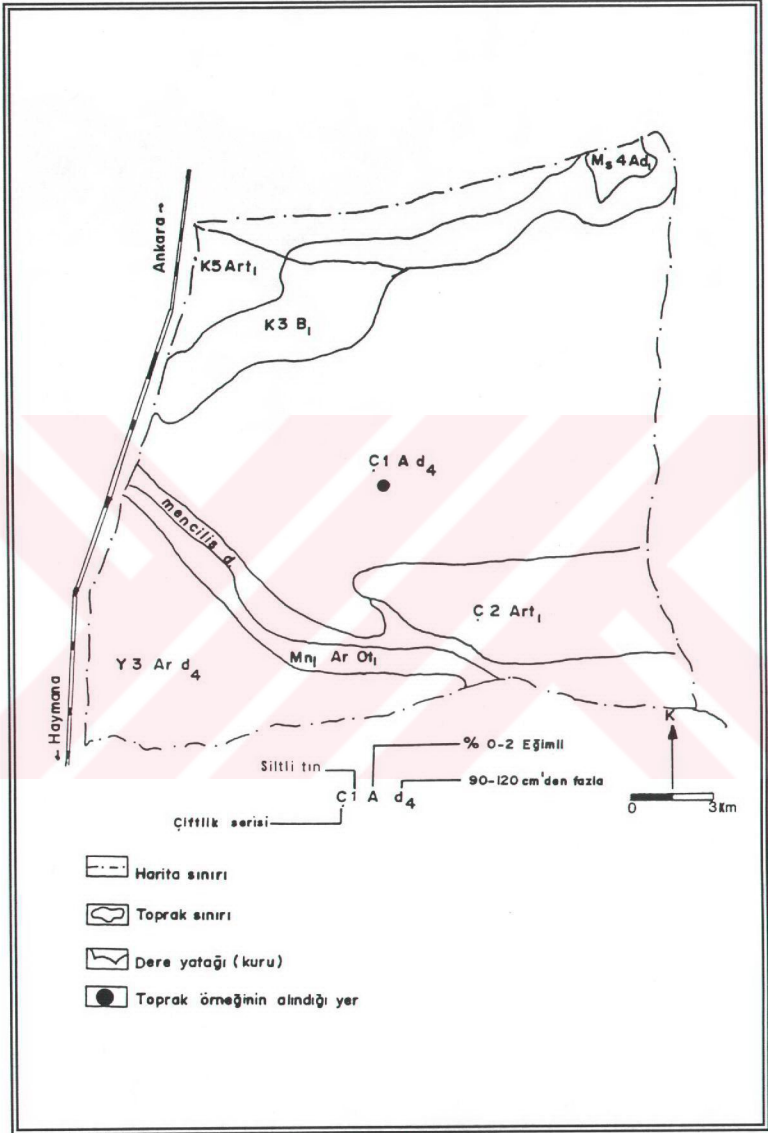
Agregat stabilitesi: Kemper'in (1965) bildirdiği ıslak eleme yöntemi esas alınarak tespit edilmiştir.

3.2.3. Fosfojips maddesinin sağlanması ve kullanıma hazırlanması

Daha önce de ifade edildiği gibi, fosfojips maddesi fosforik asit yöntemi ile gübre elde edilen azot fabrikalarının atık maddesidir. Bandırma ve Samsun azot fabrikaları bu yöntemle gübre elde etmektedir. Araştırmada kullanılan fosfojips Samsun azot fabrikasından elde edilmiştir. Fosfojips depolama sahasında nemli ve keskeleşmiş halde bulunmaktadır. Buradan alınan örnekler havada kurutularak ufalanmış ve 0.5 mm. lik elekten elenmiştir (Agassi et al 1986).



Harita 3.1. Samsun Ondokuz Mayıs Üniversitesi arazisi temel toprak haritası
(Kara vd 1993).



Harita 3.2. Ankara Üniversitesi Kenan Evren Araştırma ve Uygulama Çiftliği arazisi temel toprak haritası (Gökmen 1992).

3.2.4. Yapay yağmurlama uygulamaları

Yüzey akış, infiltrasyon, yanlara sıçrama ve toprak kayıpları sera şartlarında yapay yağmurlama aleti kullanılarak belirlenmiştir (Çanga 1994). Yağmurlama aletinin üst kısmını oluşturan döner su tankının 1. taşma borusu kapatılarak yağmur intensitesi 45 mm.sa^{-1} olarak ayarlanmıştır. 1'er saatlik 72 yağmurlama süresi boyunca $45 \pm 3 \text{ mm}$ lik yağış uygulanmıştır.

Toplam yağış derinliği $45 \pm 3 \text{ mm}$. dir. Ortalama damla çapı $5.09 \pm 0.03 \text{ mm}$ dir. Damlalar 2.75 m. yükseklikten düşmekte ve toprak yüzeyine ortalama 5.5 m.sn^{-1} lik bir düşme hızı ile vurarak $15.072 \text{ Joul.mm}^{-1}.\text{m}^{-2}$ lik kinetik enerji aktarmaktadırlar. Bu değer 1 m^2 lik alana 1 mm lik yağışın (14492 yağmur damlası) aktardığı kinetik enerjidir.

$29 \times 29.5 \text{ cm}$ lik boyutlardaki toprak tavalarının içinde üstten 5 cm aşağıda yer alan ayaklı ızgaralar üzerine kaba filtre kağıdı konulmuş ve üzerine 5 cm derinlikte toprak örnekleri yerleştirilmiştir. Kontrol ve fosfojips denemelerinde toprak örnekleri doyurulmadan hava kuru ortamda yapay yağmurlamaya tabi tutularak gerçek ortamın temsil edilmesi amaçlanmıştır. 1. yağmurlamaya maruz bırakılan toprak örnekleri 7 gün süre ile kurutulmuş ve bu esnada eğimsiz toprak örneklerinde kaymak ve kabuk oluşumları incelenmiş ve 8. gün 2. yağmurlama yapılmıştır.

3.2.4.1. Kontrol denemeleri

Herhangi bir koruma önlemi alınmamış kontrol toprak örnekleri 45 mm.sa^{-1} intensiteli yağışa maruz kaldığında; meydana gelecek toprak kayıplarının, infiltrasyon miktarlarının, kaymak ve kabuk oluşum sürecinin artan eğim derecesine bağlı olarak nasıl etkilendiğini belirlemek için $\%0$, 2, 6, 15, 24 ve 30 luk eğimlerdeki kontrol tavalarına 7 gün ara ile iki yağış uygulanmıştır.

3.2.4.2. Fosfojips denemeleri

Fosfojipsin, 0 ve artan eğim derecelerinde; kaymak ve kabuk oluşumu, yüzey akış, toprak kaybı ve infiltrasyon değerlerine olan etkisini belirleyebilmek için; $\%0$, 2, 6, 15, 24 ve 30 luk eğimlerdeki toprak örnekleri üzerine 5 ve 10 ton.ha^{-1} olacak şekilde fosfojips serpilmiş ve en etkili fosfojips miktarı tespit edilmeye çalışılmıştır. Örnekler üzerine serpilten fosfojips kalınlığı sırasıyla 2 ve 4 mm dir. Laboratuvar şartlarında, fosfojipsin olumlu etkileri; yüksek infiltrasyon oranlarının sürdürülmesi, yüzey akışın azalması ve toprak kayıplarının engellenmesi olarak belirlenmiştir (Agassi et al 1981, 1985b, Kazman et al 1983, Warrington et al 1989).

3.2.4.3. İnfiltrasyon ölçümleri

Tavaların alt kısmında yer alan çıkış deliklerine yerleştirilen ölçüm kapları yardımıyla, toprak örneği doygunluğa ulaştıktan sonra meydana gelen infiltrasyon 5 dakika ara ile ölçülmüştür.

3.2.4.4. Sıçratma erozyonu ölçümleri

Yapay yağmurlama aletine yerleştirilen tavaların yanlarına sıçrama levhaları 6 cm mesafe ile yerleştirilmiştir (Çanga 1994). Sıçrama levhalarında 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 sıçrayan toprak miktarının yarısı olarak değerlendirilmiş (Moore and Singer 1990) ve elde edilen değerler 2 ile çarpılarak sıçratma erozyonu değerleri bulunmuştur. Sıçrama suretiyle hareket eden toprak miktarı toprak parçalanabilirliğinin bir ölçüsü olarak alınmıştır. Sıçrayan ve yüzey akışla gelen sediment miktarları mukayese edilmiştir (Young and Wiersma 1973, Moore and Singer 1990).

3.2.4.5. Yüzey akış ölçümleri

Eğimli tavalardan (% 2, 6, 15, 24 ve 30) meydana gelebilecek yüzey akış ve yıkanan sediment miktarının belirlenebilmesi için tavaların ucundaki eğimli önlüklerin çıkış ağzına parmakların olduğu anda kaplar yerleştirilmiştir. Tava önlüklerine düşen yağmur damlalarının yüzey akışa karışmasını önlemek amacıyla önlük üzerine bir cam örtü yerleştirilmiştir (Çanga 1994). Yüzey akış ölçümleri 5 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 de hot-plate üzerinde bekletilmiştir. Kuruma işleminden sonra tekrar tartım yapılarak ıslak ve kuru sediment miktarları arasındaki fark akış miktarına ilave edilmiştir (Çanga 1994).

3.2.5. Önem testi

Araştırmada kullanılan kontrol ve fosfojips uygulanmış (5 ve 10 ton.ha⁻¹) toprak örneklerinde, 1. ve 2. yağmurlamada ölçülen infiltrasyon, yüzey akış, toplam ve yıkanan sediment değerlerinin arasındaki farkların önemli olup olmadığını; diğer bir ifade ile fosfojipsin olumlu bir etkisi olup olmadığını belirlemek için yeni değişim genişlikleri kontrol yöntemi (Yurtsever 1984) adı verilen Duncan testi uygulanmıştır.

4. SONUÇLAR VE TARTIŞMA

4.1. Araştırmada Kullanılan Toprakların Genel Özellikleri

Samsun Ondukuz Mayıs Üniversitesi Kurupelit serisine ait topraklar volkanik breş, asidik tüf ve aglomera kaya birimleri üzerinde oluşmuş sığ topraklardır. Orta eğimlerde yer almaları nedeniyle erozyona uğramışlardır. %14 eğim ve dalgalı röliyefe sahiptirler. Bütün profil boyunca kil bünyeye sahip olan bu topraklar kireçsiz ve organik madde yönünden zengindirler. Bu seriye ait yüzey topraklarında orta derecede kristalizasyon gösteren montmorillonit killer hakimdir. Toprak yetersizliği, verim düşüklüğü, kuraklık, taşlılık, düşük su tutma kapasitesi, tuzluluk ve alkalilik gibi olumsuz özelliklere sahiptir. Bu toprakların eğimli fazlarında erozyon tehlikesine karşı önlem alınmalı ve özellikle yağışlı dönemlerde arazi yüzeyinin çıplak bırakılmasından kaçınılmalıdır (Kara vd 1993).

Türkiyede tarım yapılan arazilerin büyük bir çoğunluğunun eğimli, yüzlek ve alt katmanlarının yoğun killi topraklardan oluştuğu Akalan (1972) tarafından bildirilmiştir. Bu arazilerde gerekli toprak ve su koruma önlemleri alınmadığından, yüzey topraklarının taşınması ile; ya tekrar işlemeye uygun alt toprak bulunmayacak ya da işlemenin kolaylıkla yapılamadığı yoğun killi alt toprak açığa çıkacaktır. Erozyondan zarar görmüş arazilerin yağışlı bölgelerde orman; kurak bölgelerde ise mer'a haline getirilmesi gerekliliği üzerinde durulmuştur.

Ankara Üniversitesi Kenan Evren Araştırma ve Uygulama Çiftliği Çiftlik serisine ait topraklar düz ve düze yakın eğimli (%0-5), hafif dalgalı röliyefe sahip ve derin profillidirler. Organik maddece fakir topraklardır. Bu seri topraklarının üst katmanları orta tekstüredir. Tekstür horizonlara göre Tın'dan Kil'e doğru değişmektedir. Bütün profil kireçlidir. Özellikle C1 horizonunda kireç kapsamı %50'yi geçmektedir. Renk kireç kapsamına göre değişmekte ve alt katmanlara doğru açılmaktadır (Gökmen 1992).

4.1.1. Araştırmada kullanılan toprak örneklerinin fiziksel ve kimyasal özellikleri

Yapılan fiziksel ve kimyasal analizler sonucu elde edilen değerler Çizelge 4.1 de verilmiştir. Yüzey toprak örneklerinde Kurupelit için %23.2 kum, %28.4 silt ve %48.4 kil; Çiftlik serisi için %22.0 kum, %55.1 silt ve %22.9 kil bulunmuştur. Bu değerlere göre Kurupelit serisi ağır kil, Çiftlik serisi siltli tın tekstüre sahiptir.

Toprakların silt ve kum kapsamı ile su erozyonuna duyarlılıkları arasında önemli bir ilişki bulunmaktadır. Silt ve kum miktarı arttıkça toprakların su erozyonuna duyarlılıkları artmaktadır (Wischmeier et al 1971). Kil gibi ince bünyeli topraklar kaba bünyeli kumlu topraklara nazaran güçlükle aşınmaya uğrarlar (Frevet et al 1955). Ancak aşındıkları takdirde kolayca taşınabilirler. Kil kapsamının yükselmesi agregat stabilitesinin artmasına neden olarak su erozyonuna duyarlılığın azalmasında etkili olmaktadır (Kemper and Koch 1965).

Çizelge 4.1. Samsun Kurupelit ve Ankara Çiftlik serilerine ait toprak örneklerinin fiziksel ve kimyasal özellikleri

Toprak Serileri	Kum	Silt	Kil	T.S.	D.O.K.	O.M.	A.S.	Ö.A.	H.A.	P.	pH	KDK	D. Na ⁺	H.G.	CaCO ₃
		%			%	%	%	(gr/cm ³)	%	%		me/100g	%	cm.sa ⁻¹	%
Kurupelit	23.2	28.4	48.4	C	82	4.09	90.40	2.58	1.24	49.61	6.58	41.61	1.97	6.25	0.10
Çiftlik	22.0	55.1	22.9	SiL	75	1.60	45.85	2.63	1.21	46.90	7.85	18.73	0.52	9.90	19.97

T.S.: Tekstür sınıfı, D.O.K.: Disperse olabilir kil, O.M.: Organik madde, A.S.: Agregat stabilitesi, Ö.A.: Özgül ağırlık, H.A.: Hacim ağırlığı, P.: Porozite, pH: Asit değeri, KDK: Katyon değişim kapasitesi, D.Na.: Değişebilir sodyum, H.G.: Hidrolik geçirgenlik, CaCO₃: Kireç kapsamı.

Çizelge 4.2. Samsun Kurupelit ve Ankara Çiftlik serilerine ait toprak örneklerinin erozyon duyarlılık değerlendirmesi

Toprak Serileri	Yılık Yağış (mm)	Eğim Dikliği (%)	T.E.D. (K)	Eğim tehlikesi	Yağış Erozyon Oluşturma Gücü	Erozyon Duyarlılık Değerlendirmesi		
						T.E.D.	Sınıf	P.E.R.
Kurupelit	711	14	0.27	14 S2	64.4 RR2	0.27 K3	E2	S2RR2K3 Orta
Çiftlik (1)	376	5	0.32	5 S1	36.3 RR1	0.32 K4	E2	S1RR1K4 Orta

T.E.D.: Toprak erozyon duyarlılığı, P.E.R.: Potansiyel erozyon riski.

(1) Akın 1994

Killer sebebiyle esneklik ve yapışma özelliğine sahip bir toprak, fazla nemli iken işlendiğinde gözeneksiz, sıkı kesekler oluşturur. Bu kesekler kurduğunda fazla sertleşirler (Akalan 1972).

Disperse olmuş bir kil suyunu yitirirse yoğun ve katı bir kitle veya kabuk oluşur. Diğer taraftan kümeleşmiş kil suyunu yitirirse, gevşek yapılı küçük agregatlar oluşur. Arazide yağmurun aktivitesi sonucu disperse olmuş kil; kümeleşmiş kile göre, erozyona daha az dirençli ve daha az geçirgen bir durum gösterir. Bundan dolayı, killi bir toprağın, kümeleşmiş kil kapsamı arzu edilir.

Disperse olabilir kil değerleri Kurupelit serisi için % 82, Çiftlik serisi için % 75 olarak ölçülmüştür. Araştırmada kullanılan Kurupelit ve Çiftlik serisi toprak örnekleri disperse olabilir kil değerleri yönünden erozyona duyarlı topraklardır.

Organik madde değerleri yüzde olarak Kurupelit serisi için 4.09; Çiftlik serisi için 1.60 olarak belirlenmiştir. Bu değerlere göre Kurupelit serisi toprakları çayır ve mer'a için ideal topraklardır (Akalan ve Doğan 1988).

Agregat stabilitesi değerleri Kurupelit serisi için %90.40; Çiftlik serisi için %45.85 tir. Su erozyonu bakımından suya dayanıklı agregatların yüzdesi oldukça önemlidir. Toprakların suya dayanıklı agregat miktarı arttıkça su erozyonuna duyarlılıkları da azalmaktadır. Topraklarda organik madde miktarı arttıkça agregat stabilitesi değerleri de artmaktadır. Bu artış %1-2 organik madde kapsamlarında çok fazla olduğu halde %2 organik madde kapsamından itibaren artış azalarak devam etmektedir. Diğer yandan organik maddenin %1'in altına düşmesi ile agregat stabilitesinde büyük bir azalma görülmektedir (Kemper and Koch 1965).

pH değeri Kurupelit serisi için 6.58; Çiftlik serisi için 7.85 olarak ölçülmüştür. Bu topraklar sırasıyla zayıf asit ve zayıf alkali topraklardır. Toprakların pH değerleri ile su erozyonu sonucu meydana gelen toprak kayıpları arasında negatif ve düşük bir korelasyon katsayısı belirlenmiştir (Wischmeier and Mannering 1969).

Kasyon değişim kapasitesi değerleri me/100g olarak Kurupelit serisi için 41.61; Çiftlik serisi için 18.73 olarak belirlenmiştir. Toprakların kasyon değiştirme kapasiteleri kil mineralleri ve organik madde miktarlarına göre değişir. Toprak organik maddelerinin kasyon değiştirme kapasiteleriyle toprak pH'sı arasında pozitif bir ilişki vardır.

Değişebilir sodyum yüzdesi değerleri Kurupelit serisi için 1.97; Çiftlik serisi için 0.52 olarak bulunmuştur. Sodyum, toprakta mineraller, değişebilir Na^+ iyonları ve suda kolay çözünebilen tuzlar halinde bulunur. Kurak ve yarı kurak bölgelerde benzer şekilde sodyum birikmesi olur ve değişebilir Na^+ iyonları doygunluğu %80'e kadar ulaşabilir. Üst toprakta sodyum doygunluğunun meydana gelmesine tuzlu taban suları neden olmaktadır. Fazla sodyum toprağın fiziksel yapısını bozar, yapışkanlık artar, işlemeyi çok güçleştirir. Sodyum fazlalığı, toprak reaksiyonunu dolaylı olarak etkilediğinden, pH yükselmesi ve iyon rekabeti nedeniyle bazı bitki besin iyonlarının alınmaları güçleşir ve toksik etki de yapabilir.

Hidrolik iletkenlik değerleri Kurupelit serisi için 6.25 ve çiftlik serisi için 9.90 cm.sa⁻¹ olarak lmştr. Toprak rnekleri orta hızlı ve hızlı geçirgenliğe sahiptir. Toprakların hidrolik geçirgenlikleri ile su erozyonuna duyarlılıkları arasında bir ilişki mevcuttur. Hidrolik geçirgenlikleri yüksek olan toprakların su erozyonuna duyarlılıkları düşük olmaktadır (Wischmeier et al 1971).

Bazı alışmalar toprağın hidrolik iletkenliği üzerinde, değişebilir sodyum yüzdesi (ESP) ve sızan çözeltinin tuz konsantrasyonu arasındaki etkileşimlerin rol oynadığını ortaya koymuştur (Frenkel et al 1978, McNeal and Coleman 1966, Quirk and Schofield 1955, Shainberg et al 1981). Bu alışmalar göstermiştir ki; sızan suyun elektrolit konsantrasyonu kritik seviyenin üzerinde olduğu zamanda toprağın hidrolik iletkenliği, yüksek değişebilir sodyum yüzdesi (ESP) değerlerinde bile sürdürülebilir.

Kurupelit serisine ait toprak örneklerinin özgül ağırlık, hacim ağırlığı (gr.cm⁻³) ve porozite (%) değerleri 2.58, 1.24, 49.61 ve çiftlik serisine ait toprak örneklerinin özgül ağırlık, hacim ağırlığı (gr/cm³) ve porozite (%) değerleri 2.63, 1.21, 46.90 olarak hesaplanmıştır. Organik madde; gerek kendi gözenekli yapısı, gerekse oluşturduğu boşluklu toprak kümeleri ve taneli yapı nedeni ile boşluklar hacmini arttırır. Boşluklar hacmi hafif bünyeli kumlu topraklarda %35-50, ağır bünyeli killi topraklarda %40-60 arasında değişir.

CaCO₃ kapsamı Kurupelit serisi için % 0.10; çiftlik serisi için % 19.97 olarak belirlenmiştir. Toprakların karbonat kapsamının yüksek olması kaymak tabakasının oluşumunu teşvik edebilmekte ve bu da yüzey akış ve sediment miktarında artışa neden olabilmektedir (William and Cox 1994).

Çizelge 4.2 de Kurupelit ve çiftlik serilerine ait toprak örneklerinin fiziksel özelliklerinden ve yağış karakteristiklerinden yararlanılarak toprak erozyon duyarlılığı (K) değerleri (Karaoğlu ve anga 1993) hesaplanmış ve erozyon duyarlılık değerlendirme (anga ve Erpul 1994) sonuçları verilmiştir. Buna göre her iki seriye ait toprak örneklerinin potansiyel erozyon riski orta değerdedir.

Bu sonuçlardan da anlaşılacağı gibi toprak çok karmaşık sistemler bütünüdür. Kurupelit serisi toprakları erozyona oldukça duyarsız fiziksel özelliklere sahip olduğu halde; eğim dikliği ve Samsun yöresinin yağış özellikleri nedeni ile orta derecede potansiyel erozyon riski taşımaktadır.

Çiftlik serisi toprakları fiziksel özellikler bakımından erozyona en duyarlı topraklardır. Ancak bu toprak örneklerinin alındığı arazilere ait eğimin %5 ile sınırlı olması, düşük yağışlı ve düşük erozyon oluşturma gücüne sahip olması nedeni ile orta derecede potansiyel erozyon riski taşımaktadır. Araştırmada % 0, 2, 15, 24 ve 30 eğim dikliğinin kullanılması bu toprakları daha iyi tanımamıza yardımcı olmuştur. Artan eğim yüzdelerindeki yağmurlamalarda elde edilen toprak kaybı değerleri erozyon riskinin her iki toprak rneği için de yüksek olabileceğini göstermektedir.

4.2. Kontrol ve Fosfojipsli Toprak Örnekleri Üzerinde Yapay Yağmurlama Uygulamaları ve Sonuçları

Çizelge 4.3-4.6 da Kurupelit ve Çiftlik serilerine ait kontrol ve fosfojips uygulanmış (5 ve 10 ton.ha⁻¹) toprak örneklerine 45 mm.sa⁻¹ intensiteli ve 7 gün ara ile uygulanan 1. ve 2. yapay yağmurlama sonuçları verilmiştir. Çizelgelerde 5'er dakika aralıklarla ölçülen infiltrasyon ve yüzey akış değerleri mm olarak aynı sütunlarda; infiltrasyon üst kısımda, yüzey akış alt kısımda gösterilmiştir. Toplam infiltrasyon, toplam yüzey akış ve toplam yıkanan sediment değerleri, infiltrasyon ve yüzey akış değerlerini takip etmektedir. Çizelgelerin son bölümlerinde sıçratma erozyonu miktarları (gr) 15'er dakikalık ve toplam olarak verilmiştir. En son sütunda yıkanan ve sıçrayan sedimentlerin toplamı verilmiştir.

Kurupelit serisine ait toprak örneklerinde 1. yağmurlamada infiltrasyon, kontrol ve fosfojips (5 ve 10 ton.ha⁻¹) denemelerinde 20. dakikada başlamıştır. 2. yağmurlamada ise kaymak ve kabuk oluşum süreçlerinin infiltrasyon üzerindeki etkileri nedeni ile, infiltrasyon kontrol ve 5 ton.ha⁻¹ lık fosfojips denemesinde 25. dakikada başlamıştır. 10 ton.ha⁻¹ lık fosfojips denemesinde, fosfojipsin olumlu bir etkisi olarak infiltrasyon 20. dakikada başlamıştır.

Çiftlik serisine ait toprak örneklerinde 1. yağmurlamada infiltrasyon kontrol denemelerinde 15. dakikada, fosfojipsli denemelerde (5 ve 10 ton.ha⁻¹) 10. dakikada başlamıştır. 2. yağmurlamada ise toprak özellikleri, kaymak ve kabuk oluşum süreçleri ve fosfojipsin etkileri sonucu; kontrol denemelerinde infiltrasyon 25. dakikada, 5 ton.ha⁻¹ lık fosfojips denemesinde 20. dakikada ve 10 ton.ha⁻¹ lık fosfojips denemesinde 10. dakikada başlamıştır. Infiltrasyon değerleri kaymak oluşumundan sonra düşük de olsa devam etmiştir. Bir yağış fırtınası süresince toprak yüzeyinde oluşan ince bir kaymak, toprağa giren suyun azalmasında önemli bir etkindir ve kaymak tabakasının hemen altındaki toprak tabakası, başlangıçtaki su giriş oranını devam ettirir. Böylece yağış fırtınası süresince kaymak tabakasının hidrolik özellikleri, toprağa su giriş oranını belirler (Duley 1939).

4.2.1. Kaymak ve kabuk oluşumunun incelenmesi

Eğimin yüzey akış ve erozyona olan etkisi ile ilgili çalışmalar esas olarak bozulmamış topraklarda yapılmaktadır. Yarı kurak bölgelerin tınlı toprakları iyi strüktüre sahip değildir ve bir yağış fırtınası süresince kaymaklaşma eğilimi gösterirler. Kaymak tabakasının geçirgenliği, su kalitesine duyarlıdır (Warrington et al 1989).

Toprak yüzeyindeki fosfojips tozu iki ilave olayla infiltrasyon oranı eğrisini ve kaymak özelliklerini etkileyebilir: (i) yüzey kaymak tabakası oluşumunun mekanik olarak engellenmesi ve böylece daimi kaymak oluşumunun bozulması, (ii) fosfojips tozu malç etkisi yaparak yağmur damlalarının zararlı etkisini engeller (Agassi et al 1986).

Çizelge 4.3. Samsun Kurupelit serisine ait toprak örneklerinin 1. yağmurlama sonuçları

% Eğim	İnfiltrasyon ve Yüzey Akış (mm)														T. Inf.	T. Y.A.	T.Y. Sed.	Sıçratma Erozyonu (gr)				T. Sıçr.	T.S. Mik.
	5'	10'	15'	20'	25'	30'	35'	40'	45'	50'	55'	60'	15'	30'				45'	60'				
	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-											
0k	-	-	-	-	3.2	2.7	2.5	2.3	2.1	1.9	1.5	1.5	1.3	1.3	15.3	-	-	3.75	5.61	6.17	5.21	20.74	20.74
2k	-	-	-	-	2.9	2.4	2.2	2.0	1.7	1.5	1.3	1.3	0.7	0.9	15.3	1.6	0.54	2.99	5.50	6.09	4.86	19.44	19.98
6k	-	-	-	-	2.5	2.1	1.7	1.6	1.4	1.2	1.0	1.0	0.7	0.9	12.5	4.8	2.20	2.64	3.86	4.44	3.67	14.61	16.81
15k	-	-	-	-	2.1	1.6	1.4	1.2	1.2	1.1	0.8	0.8	0.7	0.8	10.2	7.3	4.82	2.33	2.59	2.80	2.09	9.81	14.63
24k	-	-	-	-	1.9	1.6	1.4	1.3	1.2	1.1	0.8	0.8	0.7	0.8	10.0	5.5	4.63	2.02	2.49	2.63	1.99	9.13	13.76
30k	-	-	-	-	1.8	1.5	1.2	1.1	1.1	1.0	0.7	0.7	0.6	0.7	9.1	6.0	5.00	1.97	2.07	2.41	1.33	7.78	12.78
0 _{5FJ}	-	-	-	-	3.6	3.3	2.8	2.5	2.2	2.0	1.8	1.7	1.7	1.7	19.9	-	-	2.04	3.91	5.52	4.53	16.00	16.00
2 _{5FJ}	-	-	-	-	3.2	3.0	2.6	2.3	2.0	1.8	1.7	1.5	0.3	0.7	18.1	1.0	0.42	1.70	3.73	4.73	3.50	13.66	14.08
6 _{5FJ}	-	-	-	-	2.7	2.4	2.2	2.0	1.9	1.5	1.5	1.3	0.9	1.4	15.5	3.3	1.10	1.32	2.62	3.12	2.39	9.45	10.55
15 _{5FJ}	-	-	-	-	2.3	2.0	1.7	1.5	1.4	1.2	1.2	1.0	0.9	1.4	12.3	4.8	2.90	1.07	2.04	2.41	1.57	7.09	9.90
24 _{5FJ}	-	-	-	-	2.0	1.8	1.5	1.4	1.2	1.1	1.0	1.0	1.2	1.7	11.0	4.4	2.44	0.99	1.44	1.87	1.01	5.31	7.75
30 _{5FJ}	-	-	-	-	1.9	1.7	1.3	1.2	1.1	1.0	0.8	0.8	0.7	1.1	9.8	4.6	2.50	0.74	1.90	2.20	0.67	5.51	8.01
0 _{10FJ}	-	-	-	-	3.7	3.5	3.1	2.7	2.4	2.1	2.0	1.7	1.7	1.7	21.2	-	-	1.28	3.00	4.65	2.96	11.89	11.89
2 _{10FJ}	-	-	-	-	3.6	3.3	3.0	2.5	2.2	1.9	1.9	1.7	0.3	0.5	20.1	0.8	0.32	1.00	2.48	3.85	2.62	9.95	10.27
6 _{10FJ}	-	-	-	-	3.2	2.9	2.6	2.3	2.0	1.7	1.7	1.5	0.7	0.9	17.9	2.6	0.74	0.79	2.22	2.99	2.00	8.00	8.74
15 _{10FJ}	-	-	-	-	2.6	2.2	1.9	1.7	1.5	1.3	1.3	1.1	1.3	1.6	13.6	4.4	2.07	0.59	1.49	1.82	1.18	5.08	7.15
24 _{10FJ}	-	-	-	-	2.3	2.0	1.7	1.5	1.3	1.2	1.2	1.0	0.6	1.0	12.2	3.3	1.96	0.40	1.28	1.56	0.59	3.83	5.79
30 _{10FJ}	-	-	-	-	2.1	1.8	1.5	1.3	1.3	1.2	1.1	0.9	0.9	0.9	11.2	2.9	1.81	0.26	1.01	1.36	0.30	2.93	4.74

K: Kontrol denemeleri, 6FJ: 6 ton.ha⁻¹ fosfor uygulaması, 10FJ: 10 ton.ha⁻¹ fosfor uygulaması T.Inf.: Toplam infiltrasyon, T.Y.A.: Toplam yüzey akışı, T.Y.Sed.: Toplam yıkanan sediment miktarı, T.Sıçr.: Toplam sıçrayan toprak miktarı, T.S.Mik.: Toplam sediment miktarı.
Bold ve italik olarak sütunun altına yazılan değerler yüzey akış değerleridir.

Çizelge 4.4. Samsun Kurupelit serisine ait toprak örneklerinin 2. yağmurlama sonuçları

% Eğim	İnfiltrasyon ve Yüzey Akış (mm)															T. Inf.				T. Y.A.				T.Y. Sed.				Sıçratma Erozyonu (gr)				T. Sığır.		T.S. Mik.			
	5'	10'	15'	20'	25'	30'	35'	40'	45'	50'	55'	60'																									
0k	-	-	-	-	-	2.6	2.2	2.0	1.7	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2		
2k	-	-	-	-	-	2.2	2.0	1.8	1.5	1.3	1.2	1.2	1.0	0.8	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	
6k	-	-	-	-	-	1.9	1.6	1.3	1.2	1.1	1.0	0.8	1.5	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	
15k	-	-	-	-	-	1.6	1.3	1.0	1.0	0.9	0.7	0.6	2.1	2.9	2.9	2.9	2.9	2.9	2.9	2.9	2.9	2.9	2.9	2.9	2.9	2.9	2.9	2.9	2.9	2.9	2.9	2.9	2.9	2.9	2.9	2.9	2.9
24k	-	-	-	-	-	1.4	1.2	1.0	0.9	0.7	0.6	0.5	1.7	2.3	2.3	2.3	2.3	2.3	2.3	2.3	2.3	2.3	2.3	2.3	2.3	2.3	2.3	2.3	2.3	2.3	2.3	2.3	2.3	2.3	2.3	2.3	2.3
30k	-	-	-	-	-	1.3	1.1	1.0	0.8	0.6	0.5	0.4	1.9	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2
06FJ	-	-	-	-	-	3.2	2.9	2.3	2.1	1.8	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6
26FJ	-	-	-	-	-	3.0	2.6	2.1	1.9	1.6	1.3	1.3	0.6	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9
66FJ	-	-	-	-	-	2.5	2.2	1.7	1.6	1.3	1.2	1.2	1.3	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6
156FJ	-	-	-	-	-	2.1	1.7	1.3	1.1	1.0	0.9	0.9	1.6	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0
246FJ	-	-	-	-	-	1.8	1.6	1.2	1.2	0.9	0.8	0.8	1.5	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0
306FJ	-	-	-	-	-	1.7	1.5	1.2	1.0	0.8	0.6	0.6	1.5	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8
010FJ	-	-	-	-	-	3.4	3.0	2.7	2.4	2.2	1.9	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6
210FJ	-	-	-	-	-	3.3	2.7	2.4	2.1	2.0	1.7	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
610FJ	-	-	-	-	-	2.8	2.5	2.2	1.9	1.7	1.5	1.3	1.3	1.3	1.3	1.3	1.3	1.3	1.3	1.3	1.3	1.3	1.3	1.3	1.3	1.3	1.3	1.3	1.3	1.3	1.3	1.3	1.3	1.3	1.3	1.3	1.3
1510FJ	-	-	-	-	-	2.5	2.1	1.9	1.6	1.4	1.2	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
2410FJ	-	-	-	-	-	2.1	1.9	1.7	1.5	1.2	1.1	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9
3010FJ	-	-	-	-	-	2.0	1.8	1.6	1.4	1.2	1.0	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9

K: Kontrol denemeleri, 6FJ: 6 ton.ha⁻¹ fosfojips uygulaması, 10FJ: 10 ton.ha⁻¹ fosfojips uygulaması T.Inf.: Toplam infiltrasyon, T.Y.A.: Toplam yüzey akış, T.Y.Sed.: Toplam yıkanan sediment miktarı, T.Sığır.: Toplam sıçrayan toprak miktarı, T.S.Mik.: Toplam sediment miktarı.
Bold ve italik olarak sütunun altına yazılan değerler yüzey akış değerleridir.

Çizelge 4.5. Ankara Çiftlik serisine ait toprak örneklerinin 1. yağmurlama sonuçları

% Eğilm	İnfiltrasyon ve Yüzey Akış (mm)												T.		T.Y. Sed.	Sıçratma Erozyonu (gr)				T. Sıçr.	T.S. Mik.
	5'	10'	15'	20'	25'	30'	35'	40'	45'	50'	55'	60'	Inf.	Y.A.		15'	30'	45'	60'		
	-	-	-	3.7	3.2	3.0	2.7	2.5	2.3	2.1	1.7	1.5				22.3	-	6.20	7.36		
0κ	-	-	-	3.5	3.0	2.7	2.5	2.3	2.3	2.1	1.7	1.5	21.6	-	2.0	5.77	6.65	6.92	6.11	25.45	26.41
2κ	-	-	-	3.1	2.6	2.5	2.2	2.0	1.6	1.4	1.4	1.2	18.0	7.4	4.66	4.98	6.02	6.27	5.12	22.39	27.05
15κ	-	-	-	2.8	2.4	2.0	1.7	1.4	0.9	1.5	2.1	2.9	15.3	9.2	6.73	4.27	5.88	5.96	4.39	20.50	27.23
24κ	-	-	-	2.6	2.2	2.0	1.6	1.3	1.6	2.0	2.6	3.0	14.4	6.8	6.70	3.92	5.55	5.70	4.03	19.20	25.90
30κ	-	-	-	2.5	2.2	1.9	1.6	1.2	0.8	1.3	2.0	2.7	13.8	6.6	6.85	3.56	5.28	5.43	3.73	18.00	24.85
0 _{5FJ}	-	-	3.9	3.7	3.5	3.3	3.0	2.7	0.8	1.1	2.3	2.4	28.0	-	-	4.77	5.70	6.09	5.02	21.58	21.58
2 _{5FJ}	-	-	3.7	3.6	3.4	3.2	2.9	2.6	2.3	2.0	1.7	1.7	27.1	1.6	0.44	4.62	5.58	5.62	4.84	20.66	21.10
6 _{5FJ}	-	-	3.5	3.3	3.1	2.8	2.6	2.3	0.7	1.1	1.7	2.4	23.1	5.9	2.09	4.09	4.93	5.07	4.12	18.21	20.30
15 _{5FJ}	-	-	3.3	2.9	2.4	2.0	1.7	1.7	1.4	1.4	1.3	1.3	19.4	7.8	3.20	3.41	4.71	4.80	3.60	16.52	19.72
24 _{5FJ}	-	-	3.1	2.6	2.4	2.0	1.6	1.6	1.4	1.4	1.2	1.2	18.5	5.5	3.09	3.19	4.50	4.54	3.22	15.45	18.51
30 _{5FJ}	-	-	2.9	2.6	2.2	2.0	1.7	1.4	0.7	1.0	1.6	2.2	17.9	5.4	2.92	2.86	4.12	4.23	2.95	14.16	17.08
0 _{10FJ}	-	-	4.0	3.8	3.6	3.4	2.8	2.6	0.6	1.2	1.5	2.1	29.4	-	-	3.50	4.16	4.42	3.71	15.79	15.79
2 _{10FJ}	-	-	3.9	3.7	3.5	3.3	3.0	2.6	2.4	2.2	2.0	2.0	28.6	1.0	0.32	3.46	4.14	4.30	3.58	15.48	15.80
6 _{10FJ}	-	-	3.7	3.5	3.3	3.0	2.8	2.4	0.6	0.9	1.8	2.2	26.5	5.5	1.30	2.99	3.58	3.65	3.21	13.43	14.73
15 _{10FJ}	-	-	3.5	3.3	3.2	3.0	2.6	2.3	1.1	1.3	2.2	2.5	25.1	7.1	2.26	2.52	3.51	3.60	2.59	12.22	14.48
24 _{10FJ}	-	-	3.3	3.0	2.7	2.5	2.3	2.0	0.5	1.0	1.8	1.3	22.7	5.0	2.00	2.33	3.10	3.33	2.52	11.28	13.28
30 _{10FJ}	-	-	3.3	3.0	2.6	2.4	2.2	2.0	0.6	1.2	1.5	1.2	21.8	5.2	1.66	2.09	3.07	3.47	2.07	10.70	12.36

K: Kontrol denemeleri, 6FJ: 6 ton.ha⁻¹ fosfor uygulaması, 10FJ: 10 ton.ha⁻¹ fosfor uygulaması T.Inf.: Toplam infiltrasyon, T.Y.A.: Toplam yüzey akış, T.Y.Sed.: Toplam yıkanan sediment miktarı, T.Sıçr.: Toplam sıçrayan toprak miktarı, T.S.Mik.: Toplam sediment miktarı. **Bold ve italik olarak sütunun altına yazılan değerler yüzey akış değerleridir.**

Çizelge 4.6. Ankara Çiftlik serisine ait toprak örneklerinin 2. yağmurlama sonuçları

% Eğim	İnfiltrasyon ve Yüzey Akış (mm)												T. Inf.	T. Y.A.	T.Y. Sed.	Sığratma Erozyonu (gr)				T. Sığr.	T.S. Milk.	
	5'	10'	15'	20'	25'	30'	35'	40'	45'	50'	55'	60'				15'	30'	45'	60'			
0k	-	-	-	-	-	3.3	2.6	2.4	2.0	1.8	1.5	1.3	14.9	-	-	-	4.12	5.02	5.24	5.00	19.38	19.38
2 k	-	-	-	-	-	2.7	2.5	2.3	2.1	1.7	1.1	0.9	13.3	-	-	-	3.75	4.91	4.96	4.47	18.09	20.99
6 k	-	-	-	-	-	2.2	2.0	1.9	1.7	1.3	0.8	0.7	10.6	2.8	2.90	-	3.19	4.54	4.67	3.96	16.36	22.58
15 k	-	-	-	-	-	2.0	1.8	1.6	1.5	1.1	0.7	0.5	9.2	9.6	6.22	-	2.97	3.82	3.90	3.49	14.18	22.71
24 k	-	-	-	-	-	1.9	1.6	1.4	1.3	1.0	0.6	0.4	8.2	11.5	8.53	-	2.39	3.60	3.77	3.22	12.98	21.20
30 k	-	-	-	-	-	1.7	1.5	1.3	1.1	0.9	0.5	0.3	7.3	12.0	8.22	-	2.30	3.49	3.61	3.20	12.60	20.27
05FJ	-	-	-	-	3.5	2.9	2.6	2.3	2.0	1.8	1.5	1.5	18.1	11.7	7.67	-	2.94	3.77	3.92	3.40	14.03	14.03
25FJ	-	-	-	-	3.0	2.6	2.3	2.1	1.7	1.5	1.3	1.3	15.8	-	-	-	2.68	3.57	3.62	3.06	12.93	14.40
65FJ	-	-	-	-	2.6	2.1	2.0	1.7	1.6	1.3	1.1	1.0	13.4	1.7	1.47	-	2.20	3.30	3.51	2.85	11.86	15.02
155FJ	-	-	-	-	2.3	1.8	1.6	1.4	1.2	1.2	1.0	1.0	11.5	7.2	3.16	-	2.16	2.80	2.87	2.31	10.14	14.86
245FJ	-	-	-	-	2.4	2.0	1.8	1.5	1.3	1.3	1.1	1.1	12.5	9.2	4.72	-	1.80	2.69	2.74	2.29	9.52	14.32
305FJ	-	-	-	-	2.3	1.8	1.7	1.5	1.3	1.2	1.0	1.0	11.8	8.9	4.80	-	1.69	2.62	2.69	2.00	9.00	14.00
010FJ	-	-	3.6	3.2	2.9	2.7	2.5	2.3	2.0	1.7	1.5	1.3	23.7	9.4	5.00	-	2.60	3.54	3.67	3.00	12.81	12.81
210FJ	-	-	3.4	3.0	2.8	2.5	2.2	2.0	1.7	1.5	1.3	1.3	21.7	-	-	-	2.40	3.22	3.40	2.70	11.72	12.88
610FJ	-	-	3.1	2.6	2.4	2.2	1.9	1.7	1.5	1.3	1.1	1.1	18.9	1.2	1.16	-	2.10	3.00	3.10	2.55	10.75	12.84
1510FJ	-	-	2.8	2.3	2.1	2.0	1.8	1.5	1.3	1.1	1.0	1.0	16.9	4.0	2.09	-	1.93	2.50	2.53	2.30	9.26	13.24
2410FJ	-	-	3.0	2.7	2.4	2.1	2.0	1.8	1.6	1.4	1.2	1.2	19.4	7.8	3.98	-	1.70	2.29	2.36	2.10	8.45	11.07
3010FJ	-	-	2.9	2.7	2.5	2.3	1.9	1.7	1.5	1.3	1.1	1.1	19.0	6.6	2.62	-	1.50	2.23	2.31	2.05	8.09	9.12

K: Kontrol denemeleri, 5FJ: 6 ton.ha⁻¹ fosfojips uygulaması, 10FJ: 10 ton.ha⁻¹ fosfojips uygulaması T.Inf.: Toplam infiltrasyon, T.Y.A.: Toplam yüzey akış, T.Y.Sed.: Toplam yıkılan sediment miktarı, T.Sığr.: Toplam sığrayan toprak miktarı, T.S.Mik.: Toplam sediment miktarı, **Bold ve italik olarak sütunun altına yazılan değerler yüzey akış değerleridir.**

Toprak yüzeyindeki kaymak oluşumu, genellikle yağmur damlalarının vuruş etkisine bağlıdır, fakat aynı zamanda yağmurlama sulamanın bir sonucu olarak kurak ve yarı kurak bölgelerin bir çok topraklarının genel özelliğidir (Aarstad and Miller 1973). Yüzeydeki kaymak incedir (2-3 mm) ve alt tabaka topraklarına oranla; daha fazla yoğunluk, daha az boşluklar ve daha düşük doymuş iletkenlik özelliklerine sahiptir (Smith et al 1990). Toprak yüzeyindeki kaymak oluşumunun; infiltrasyonun azalması, yüzey akışın artması (Morin et al 1981) ve tohum çimlenmesini engellemek (Cary and Evans, 1974) gibi bir çok toprak görünümü üzerinde önemli etkileri vardır.

Araştırmada kullanılan toprak örnekleri düşük değişebilir sodyum yüzdesine sahiptirler (Çizelge 4.1.). Yüksek değişebilir sodyum yüzdesine sahip topraklarda damlaların vuruş etkisini azaltmanın, kaymak yapısı üzerinde önemli bir etkisi yoktur. Düşük değişebilir sodyum yüzdesine sahip topraklar, yüksek değişebilir sodyum yüzdesine sahip topraklara göre damla vuruş etkilerine ve malçlamaya karşı daha hassastır. Orta ve yüksek değişebilir sodyum yüzdesine sahip topraklar, düşük enerjili yağışlara maruz kaldığı zaman bile kaymak oluşumuna hassastırlar (Agassi et al 1984).

Dayanıklı büyük boşluklar ve yüksek oranda su girişini sağlayacak kararlı toprak strüktürünün oluşması için; toprağın ince fraksiyonlarının kümeleşmesi gereklidir. Bu durum, agregatların dağılması sonucu yüzeyde kaymak oluşan ve infiltrasyon oranı sıfıra yaklaşan sodik topraklarda da görülmüştür. Sodik toprakların ıslahı ve tarıma uygun hale getirilmesi için kümeleşmenin artırılması, bunun içinde; toprağa jips uygulanarak değişebilir Na^+ ve Ca^{2+} kazandırılması gereklidir (Grierson 1978).

Yağmur damlalarının vuruş etkisine maruz topraklarda, kaymak tabakası oluşumunda iki safha vardır: (i) su damlalarının çarpması ile toprak agregatlarının fiziksel ayrışması ve sıkışması, (ii) topraktaki değişebilir sodyum yüzdesi ve uygulama suyundaki elektrolit konsantrasyonuna bağlı olan fizikokimyasal ayrışma ve kil minerallerinin 0.1-0.5 mm derinlikteki bölgeye hareketleri sonucu içeri yıkanma (washed-in) tabakasının oluşması ve iletken porların tıkanması (Agassi et al 1981, McIntyre 1958). Birinci safhanın, damlaların kinetik enerjilerine bağlı olduğu birkaç defa ortaya konmuştur (Moldenhauer and Kemper 1969) ve bu sırada ikinci safha, uygulama suyu ve topraktaki katyonların bileşimi ve konsantrasyonu tarafından kontrol edilir (Agassi et al 1981, Kazman et al 1983).

Elektrolit konsantrasyonunun elektriksel çift tabaka kalınlığı ve kil tabakaları arasındaki itme gücü üzerindeki etkileri iyi anlaşılmıştır. Daha önceki araştırmalara göre; hidrolik iletkenliğin azalmasından geniş ölçüde şişen kil mineralleri sorumlu olmasına rağmen, kaolinit hemen hemen her durumda kümeleşir (McNeal and Coleman 1966). Oldukça düşük Na^+ seviyeli kaolinit ve mikalı topraklar ayrıştırılabilir ve yüzeydeki su geçiş boşluklarının tıkanmasıyla içeri doğru bir kil yıkanma tabakası oluşur (Du Plessis and Shainberg 1985; Gal et al 1984; Agassi et al 1985a).

Yağış fırtınaları süresince toprakların infiltrasyon oranındaki (IR) hızlı düşüş, esas olarak yüzey toprağı üzerindeki kaymak tabakasının oluşumuna bağlıdır. Toprak strüktürünün bozulması ve kaymak tabakasının oluşması, yağmur suyundaki elektrolitlerin düşük konsantrasyonları ve yağmur damlalarının çarpma enerjileri tarafından artırılır (Agassi et al 1981, 1985a).

Yağmur damlalarının vuruş etkisi sonucu toprak örneklerinde görülen kaymak oluşumunun en iyi şekilde incelenebilmesi için eğimsiz kontrol ve fosfojips (5 ve 10 ton.ha^{-1}) denemeleri her iki toprak örneğı için uygulanmıştır. Eğimsiz toprak örneklerinde kaymak tabakasının oluşumundan sonra geçirgenliğin büyük oranda azalması nedeniyle yüzeyde toplanan yağmur suyu, akacak bir eğim olmadığından göllenmeye neden olmaktadır.

Kontrol denemelerinde 1. yağmurlamada kaymak tabakasının oluşması nedeni ile infiltrasyondaki ani düşüş ve bunun sonucu olan yüzeyde göllenme (Resim 4.1), Kurupelit serisi toprak örneklerinde 50. dakikada; Çiftlik serisi toprak örneklerinde 40. dakikada meydana gelmiştir. 1. yağmurlamanın sonunda Kurupelit ve Çiftlik serisine ait kontrol ve fosfojipsli örneklerin kaymak oluşumu ile ilgili durumları Resim 4.2 ve 4.3 de görülmektedir. Her iki toprak örneğı için kontrol denemelerinde kaymak oluşumu daha belirgin olarak gözlenmiştir. Çizelge 4.3 ve 4.5 incelendiğinde aynı zaman dilimlerinde, infiltrasyon değerlerinde ani düşüşler görülmüştür. Infiltrasyon oranlarında da aynı durum görülmektedir (Şekil 4.1a ve 4.3a).

Bir toprak için kaymak oluşum süreci, yağmur suyunun elektrolit konsantrasyonunun artırılması veya yağmur damlalarının vuruş etkisinin engellenmesiyle sınırlandırılabilir (Agassi et al 1984). Fosfojips çözeltisi tarafından elektrolitlerin serbest bırakılması, kil dispersiyonunu ve kaymak oluşumunu azaltır (Keren and Shainberg 1981).

Fosfojips; toprak yüzeyi üzerindeki çözeltinin elektrolit konsantrasyonlarını artırır, toprak yüzeyinin yarılmalarını engeller, kil ve toprak agregatlarının dağılmasını azaltır ve içe doğru yıkanma (washed-in) tabakasının oluşması engellenmiş olur. Bunun sonucu olarak; fosfojipsli topraklar daha geçirgendir. Yüzey akış oranı düşer ve kaymak tabakası daha yavaş oluşur (Gal et al 1984).

Fosfojipsli denemelerde 1. yağmurlamada Kurupelit serisi toprak örnekleri için kaymak oluşumu ve göllenme 55. dakikada; Çiftlik serisi toprak örnekleri için kaymak oluşumu ve göllenme 45. dakikada görülmüştür.

Yapay yağmurlama çalışmalarında eğimsiz toprak örneklerinde meydana gelen kaymak tabakası incedir. Kabuk yapısı üzerinde elektron mikroskobu ile yapılan çalışmalarda, kabuk tabakasının 0.1-1 mm kalınlıkta olduğu belirlenmiştir (Chen et al 1980). 1. yağmurlama sonunda sonunda fosfojips ve kontrol denemelerine ait toprak örnekleri üzerinde oluşan kaymak tabakasının ortalama kalınlığı Kurupelit serisi toprak örnekleri için sırasıyla 1.4, 2.0 mm; Çiftlik serisi toprak örnekleri için sırasıyla 1.2, 1.5 mm civarındadır.



(a)



(b)

Resim 4.1. Eğimsiz örneklerde yüzeyde kaymak tabakası oluştuktan sonra meydana gelen göllenme (a- Samsun Kurupelit serisi, b- Ankara Çiftlik serisi).



(a)



(b)



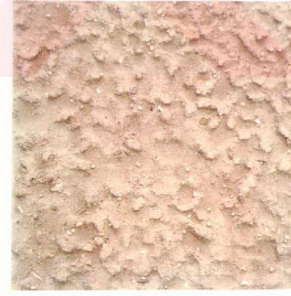
(c)



(a)



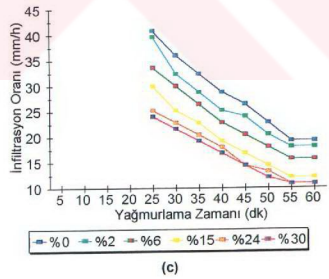
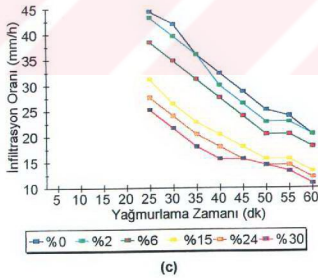
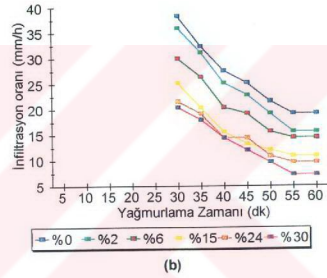
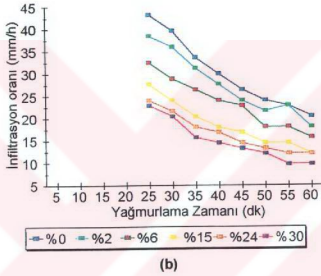
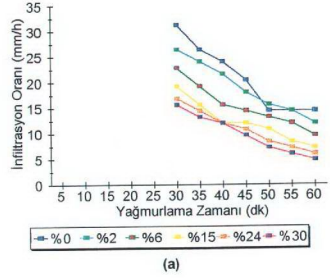
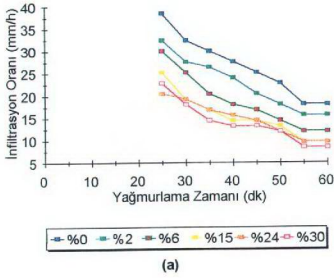
(b)



(c)

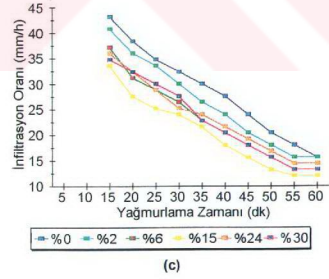
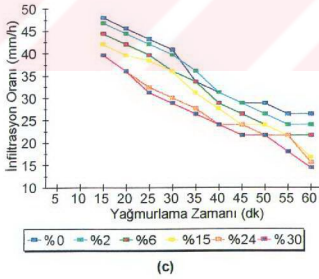
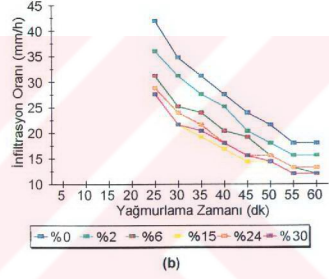
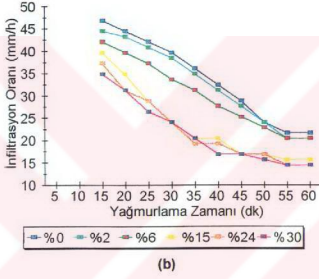
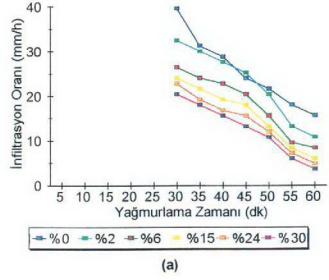
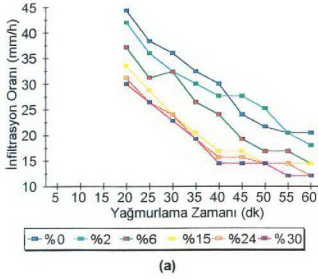
Resim 4.2. Samsun Kurupelit serisine ait eğimsiz toprak örneklerinde 1. yağmurlama sonunda kaymak tabakasının görünümü (a-kontrol, b-5FJ, c-10FJ).

Resim 4.3. Ankara Çiftlik serisine ait eğimsiz toprak örneklerinde 1. yağmurlama sonunda kaymak tabakasının görünümü (a-kontrol, b-5FJ, c-10FJ).



Şekil 4.1. Samsun Kurupelit serisi toprak örneklerine ait 1. yağmurlama infiltrasyon oranları (a- Kontrol, b- 5FJ, c- 10FJ).

Şekil 4.2. Samsun Kurupelit serisi toprak örneklerine ait 2. yağmurlama infiltrasyon oranları (a- Kontrol, b- 5FJ, c- 10FJ).



Şekil 4.3. Ankara Çiftlik serisi toprak örneklerine ait 1. yağmurlama infiltrasyon oranları (a- Kontrol, b- 5FJ, c- 10FJ).

Şekil 4.4. Ankara Çiftlik serisi toprak örneklerine ait 2. yağmurlama infiltrasyon oranları (a- Kontrol, b- 5FJ, c- 10FJ).

1. yağmurlama sonunda 7 gün süre ile kurumaya bırakılan fosfojips ve kontrol denemelerine ait eğimsiz toprak örnekleri üzerinde kabuk tabakası oluşmuştur (Resim 4.4 ve 4.5). Oluşan kabuk tabakasının ortalama kalınlığı Kurupelit serisi toprak örnekleri için sırasıyla 1.1, 1.5 cm; Çiftlik serisi toprak örnekleri için sırasıyla 0.9, 1.3 cm civarındadır.

Kontrol denemelerinde 2. yağmurlamalarda ise; Kurupelit ve Çiftlik serilerine ait toprak örneklerinde infiltrasyon daha geç başlamış, ancak 1. yağmurlamadan sonra 7 günlük kuru dönemde oluşan kabuk tabakasındaki yarıklar yağmur damlalarının vuruş etkisi ile kapandıktan hemen sonra kaymak tabakası oluşmuş ve göllenme başlamıştır. Göllenme Kurupelit serisi toprak örneklerinde 45. dakikada; Çiftlik serisi toprak örneklerinde yine 1. yağmurlamada olduğu gibi 40. dakikada meydana gelmiştir. Çizelge 4.4 ve 4.6 incelendiğinde aynı zaman dilimlerinde, infiltrasyon değerlerinde ani düşüşler görülmüştür. İnfiltrasyon oranlarında da aynı durum görülmektedir (Şekil 4.2a ve 4.4a).

Fosfojipsli denemelerde 2. yağmurlamada Kurupelit serisi toprak örnekleri için kaymak oluşumu ve göllenme 50. dakikada; Çiftlik serisi toprak örnekleri için kaymak oluşumu ve göllenme 40. dakikada görülmüştür.

2. yağmurlama sonunda fosfojips ve kontrol denemelerine ait toprak örnekleri üzerinde oluşan kaymak tabakasının ortalama kalınlığı Kurupelit serisi toprak örnekleri için sırasıyla 1.5, 1.8 mm; Çiftlik serisi toprak örnekleri için sırasıyla 1.2, 1.5 mm civarındadır.

2. yağmurlama sonunda Kurupelit serisi toprak örneklerinde oluşan kabuk tabakasının ortalama kalınlığı, fosfojips denemelerinde 1.5; kontrol denemelerinde 1.8 cm olarak ölçülmüştür. Çiftlik serisi toprak örneklerinde oluşan kabuk tabakasının ortalama kalınlığı, fosfojips denemelerinde 1.2; kontrol denemelerinde 1.5 cm olarak ölçülmüştür.

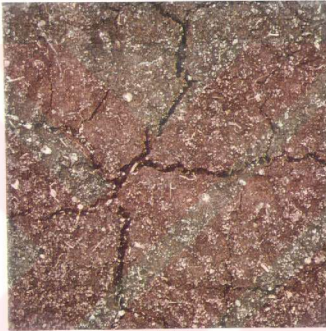
%15-20 kil ve düşük organik madde içeren topraklar kaymak tabakası oluşumuna hassastırlar (Ben Hur et al 1985). Elde edilen sonuçlardan da anlaşılabileceği gibi fiziksel özellikler açısından erozyona daha hassas Çiftlik serisine ait toprak örnekleri kaymak oluşumuna da daha hassas bulunmuştur. 7 günlük kuruma döneminde oluşan kabuk tabakası Çiftlik serisine ait toprak örneklerinde daha ince olmuştur.

Eğim dereceleri arttıkça, toprak yüzeyindeki kaymak oluşumunun belirtileri; parmak oluşumu ve yüzey akıştır. Kaymak tabakasının oluşumu, toprak yüzeyinin direncini zayıflatır, çukurlar meydana gelir ve dağılmış toprak taneleri taşınır (Warrington et al 1989).

Poesen (1986), artan eğimlerde, yüksek infiltrasyon oranı değerleri ile düşük yüzey akışı ve kaymak tabakasının kesme dayanıklılığında düşüşler elde etmiştir. Artan eğimle beraber yüzey akışta azalma, kaymak tabakasının aşınmasına ve yüzey erozyonuna bağlıdır. Artan eğimlerde yüzey akışın azalması: (i) birim yüzeye etki eden yağmur damla sayısındaki azalma; (ii) bir damlanın etki gücünün normal bileşenlerindeki azalma; ve (iii) yağmur damlalarının sıkıştırma gücünün artırılabilmesine sebep olan ince bir su filmi oluşumunun azalmasıdır.



(a)

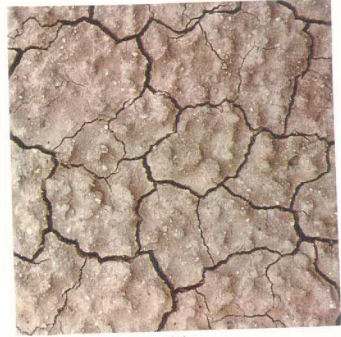


(b)

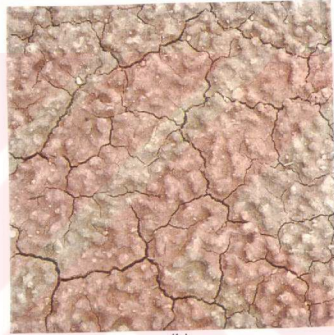


(c)

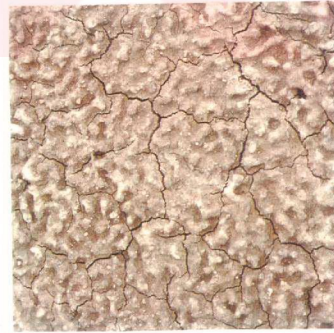
Resim 4.4. Samsun Kurupelit serisine ait eğimsiz toprak örneklerinde 1. yağmurlama sonunda 7 günlük kuruma döneminde oluşan kabuk tabakasının görünümü (a-kontrol, b-5FJ, c-10FJ).



(a)



(b)



(c)

Resim 4.5. Ankara Çiftlik serisine ait eğimsiz toprak örneklerinde 1. yağmurlama sonunda 7 günlük kuruma döneminde oluşan kabuk tabakasının görünümü (a-kontrol, b-5FJ, c-10FJ).

Bizim araştırmamızda her iki toprak örneği için kontrol denemelerinde 1. ve 2. yağmurlama uygulamalarında %24 eğime kadar yüzey akış hacminin artması, %24 ve 30 eğimlerde yüzey akış hacminin azalma göstermesi ve bu durumun fosfojipsli denemelerde, özellikle 10 ton.ha⁻¹ lık uygulamalarda belirgin bir şekilde gözlenmesi kaymak tabakasının da aşındırılabilirdiğini ortaya koymuştur.

Su erozyon süreci eğimi gerektirir. Yüzey akış hızının yavaş olması sebebi ile az eğimli araziler yavaş aşındırılır. Eğim arttıkça yüzey akış hızı ve erozyon da artar. Eğimin infiltrasyon oranı ve yüzey akış üzerindeki etkisi; kaymak oluşturmaya meyilli bozulmuş topraklar gözönüne alındığında karmaşık bir hal alır (Poesen 1986).

4.2.2. İnfiltrasyon ölçümleri

Araştırmada kullanılan Kurupelit ve Çiftlik serilerine ait toprak örneklerinin Çizelge 4.1'deki fiziksel özellikleri incelendiğinde; Çiftlik serisi toprakları erozyona daha duyarlı fakat daha geçirgen olduğu görülmektedir. Çizelge 4.5 ve 4.6 incelendiğinde kontrol denemelerinde 1. ve 2. yağmurlamada toplam infiltrasyon değerleri Çiftlik serisi için daha yüksek ölçülmüştür. Bu durum fosfojipsli denemelerde de artan oranlarda görülmektedir. Genel olarak infiltrasyon oranları, tekstüre göre Kum>Tın>Kil şeklindedir (Çanga 1991). Araştırmada elde edilen sonuçlar bu tespiti doğrulamaktadır.

Daha önce de belirtildiği gibi eğimsiz kontrol denemelerinde kaymak oluşumundan sonra meydana gelen infiltrasyondaki ani düşüş Şekil 4.1-4.4'de görülmektedir. Eğim yüzdesi arttıkça infiltrasyon oranındaki ani düşüş göze çarpmamaktadır. Bu durum kaymak oluşumunun incelenmesi için eğimsiz denemelerin daha uygun olduğunu göstermektedir.

Toplam infiltrasyon değerlerine göre hesaplanan toplam infiltrasyon oranı değerleri Çizelge 4.7'de verilmiştir. Çizelgeden de anlaşılabileceği gibi toplam infiltrasyon oranları Kurupelit serisi toprak örneklerinde fosfojips uygulandığında; 5 ton.ha⁻¹ için en az 1.1 (1. yağış), en fazla 1.2 (1. yağış) ve 1.3 (2. yağış); 10 ton.ha⁻¹ için en az 1.2 (1. yağış), en fazla 1.4 (1. yağış) ve en az 1.4 (2. yağış), en fazla 1.7 (2. yağış) kat artmıştır. Toplam infiltrasyon oranları Çiftlik serisi toprak örneklerinde fosfojips uygulandığında; 5 ton.ha⁻¹ için en az 1.1, en fazla 1.2 (1. yağış) ve en az 1.1, en fazla 1.4 (2. yağış); 10 ton.ha⁻¹ için en az 1.2, en fazla 1.5 (1. yağış) ve en az 1.1, en fazla 1.8 (2. yağış) kat artmıştır.

Çizelge 4.7. Toplam infiltrasyon oranı değerleri (mm.sa⁻¹)

% Eğim	Kurupelit Serisi						Çiftlik Serisi					
	1. Yağış			2. Yağış			1. Yağış			2. Yağış		
	K	5FJ	10FJ	K	5FJ	10FJ	K	5FJ	10FJ	K	5FJ	10FJ
0	26.55	29.85	31.80	20.74	26.57	28.20	29.73	33.60	35.28	25.54	27.15	28.44
2	22.95	27.15	30.15	18.86	23.66	25.80	28.80	32.52	34.32	22.80	23.70	26.04
6	18.75	23.25	26.85	15.26	20.06	22.80	24.00	27.72	31.80	18.17	20.10	22.68
15	15.30	18.45	20.40	12.17	15.43	19.05	20.40	23.28	30.12	15.77	17.25	20.28
24	15.00	16.50	18.30	10.80	14.23	16.95	19.20	22.20	27.24	14.06	18.75	23.28
30	13.65	14.70	16.80	9.77	12.69	16.20	18.40	21.48	26.16	12.51	17.70	22.80

K: Kontrol, 5FJ: 5 ton.ha⁻¹ fosfojips uygulaması, 10FJ: 10 ton.ha⁻¹ fosfojips uygulaması.

Şekil 4.5-4.8 de Kurupelit ve Çiftlik serilerine ait 1. ve 2. yağmurlama sonuçları grafik olarak gösterilmiştir. Eğrisel grafikler incelendiğinde %24 eğime kadar toplam infiltrasyon oranlarındaki düşüş daha belirgindir. Daha büyük eğim derecelerinde toplam infiltrasyon oranlarındaki düşüş azalmıştır. Toplam infiltrasyon oranlarındaki bu düşüş farklılıkları kontrol ve fosfojips denemelerinde de farklı özellik arz etmektedir. Toplam infiltrasyon oranları fosfojips denemelerinde, kontrol denemelerinden daima yüksek olmuştur. Çiftlik serisine ait fosfojipsli denemelerde ve 2. yağmurlamalarda %24-30 eğimlerde toplam infiltrasyon oranı artmıştır.

Fosfojips denemelerinde son infiltrasyon oranları kontrol denemelerine göre daha yüksek bulunmuştur. Çizelge 4.8 de görüldüğü gibi son infiltrasyon oranları Kurupelit serisi toprak örneklerinde fosfojips uygulandığında; 5 ton.ha⁻¹ için en az 1.1, en fazla 1.4 (1. yağış) ve en az 1.3, en fazla 1.6 (2. yağış); 10 ton.ha⁻¹ için en az 1.1, en fazla 1.5 (1. yağış) ve en az 1.3, en fazla 2.2 (2. yağış) kat artmıştır. Son infiltrasyon oranları Çiftlik serisi toprak örneklerinde fosfojips uygulandığında; 5 ton.ha⁻¹ için en az 1.1, en fazla 1.4 (1. yağış) ve en az 1.2, en fazla 3.3 (2. yağış); 10 ton.ha⁻¹ için en az 1.2, en fazla 1.5 (1. yağış) ve en az 1.0, en fazla 3.7 (2. yağış) kat artmıştır.

Çizelge 4.8. Son infiltrasyon ve son infiltrasyon oranı değerleri (mm.sa⁻¹)

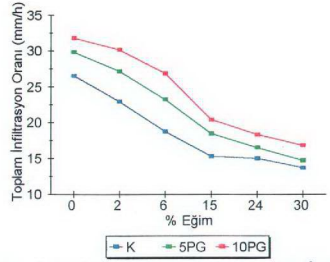
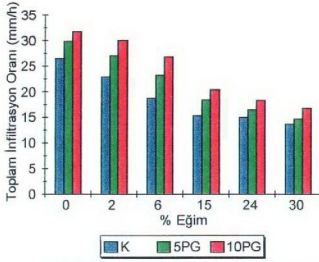
% Eğim	Kurupelit Serisi						Çiftlik Serisi					
	1. Yağış			2. Yağış			1. Yağış			2. Yağış		
	K	5FJ	10FJ	K	5FJ	10FJ	K	5FJ	10FJ	K	5FJ	10FJ
0	1.5 18.0	1.7 20.4	1.7 20.4	1.2 14.4	1.6 19.2	1.6 19.2	1.7 20.4	1.8 21.6	2.2 26.4	1.3 15.6	1.5 18.0	1.3 15.6
2	1.3 15.6	1.5 18.0	1.7 20.4	1.0 12.0	1.3 15.6	1.5 18.0	1.5 18.0	1.7 20.4	2.0 24.0	0.9 10.8	1.3 15.6	1.3 15.6
6	1.0 12.0	1.3 15.6	1.5 18.0	0.8 9.6	1.2 14.4	1.3 15.6	1.2 14.4	1.7 20.4	1.8 21.6	0.7 8.4	1.0 12.0	1.1 13.2
15	0.8 9.6	1.0 12.0	1.1 13.2	0.6 7.2	0.9 10.8	1.0 12.0	1.2 14.4	1.3 15.6	1.4 16.8	0.5 6.0	1.0 12.0	1.0 12.0
24	0.8 9.6	1.0 12.0	1.0 12.0	0.5 6.0	0.8 9.6	0.9 10.8	1.0 12.0	1.2 14.4	1.3 15.6	0.4 4.8	1.1 13.2	1.2 14.4
30	0.7 8.4	0.8 9.6	0.9 10.8	0.4 4.8	0.6 7.2	0.9 10.8	1.0 12.0	1.2 14.4	1.2 14.4	0.3 3.6	1.0 12.0	1.1 13.2

K: Kontrol, 5FJ: 5 ton.ha⁻¹ fosfojips uygulaması, 10FJ: 10 ton.ha⁻¹ fosfojips uygulaması.
Bold ve italik olarak yazılan rakamlar son infiltrasyon oranı değerleridir.

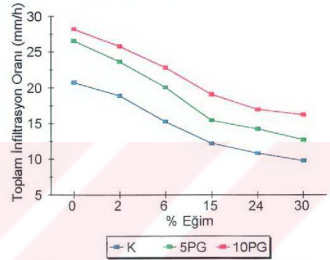
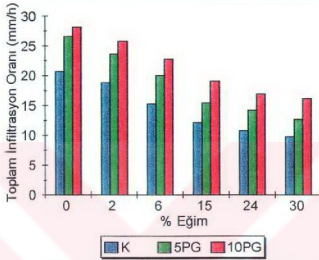
Şekil 4.9-4.12 incelendiğinde her iki toprak serisi için son infiltrasyon oranı değerleri fosfojipsli denemelerde kontrol değerlerine göre daha yüksek ölçülmüştür. Özellikle çiftlik serisi 2. yağmurlama fosfojipsli denemelerde son infiltrasyon oranı değerleri %24 ve 30 eğimlerde düşük eğim derecelerinden daha yüksek ölçülmüştür. Bu durum kaymak tabakasının aşındırılabilirdiğini ve infiltrasyonun arttığını göstermektedir.

4.2.3. Sıçratma erozyonu ölçümleri

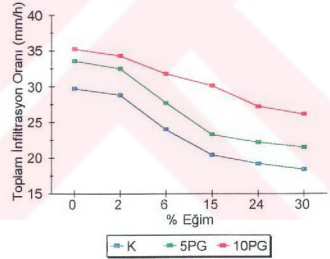
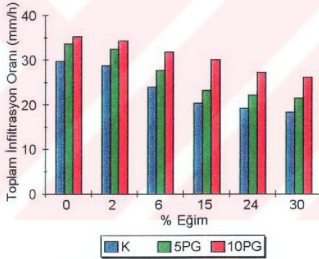
Yapay yağmur uygulamalarında erozyonun ilk süreci; yüksek hız ve kinetik enerji ile toprak yüzeyine çarpan yağmur damlalarının toprak agregatlarını ve kesikleri parçalaması ve toprağın infiltrasyon kapasitesinin düşmesidir.



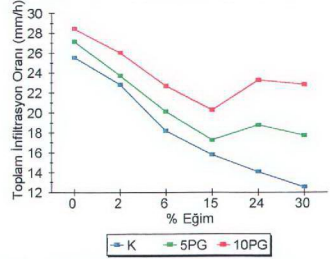
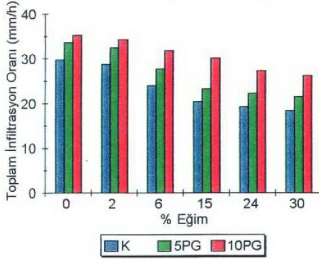
Şekil 4.5. Samsun Kurupelit serisi toprak örneklerine ait 1. yağmurlama toplam infiltrasyon oranları.



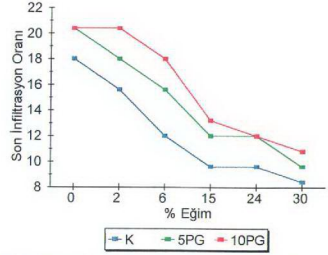
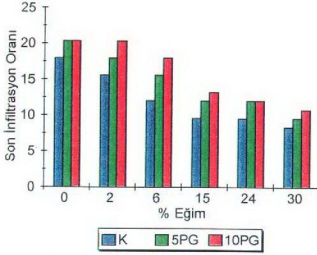
Şekil 4.6. Samsun Kurupelit serisi toprak örneklerine ait 2. yağmurlama toplam infiltrasyon oranları.



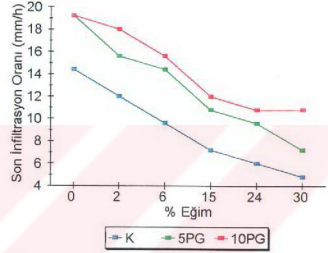
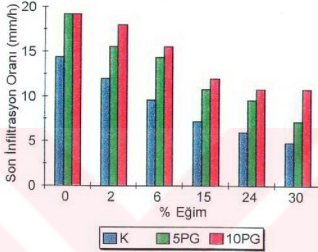
Şekil 4.7. Ankara Çiftlik serisi toprak örneklerine ait 1. yağmurlama toplam infiltrasyon oranları.



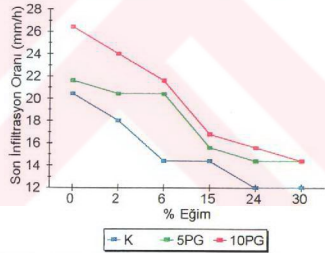
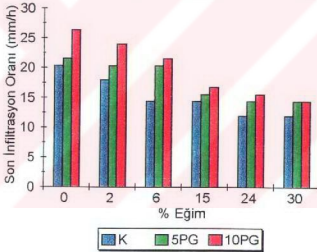
Şekil 4.8. Ankara Çiftlik serisi toprak örneklerine ait 2. yağmurlama toplam infiltrasyon oranları.



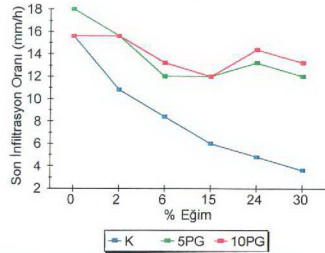
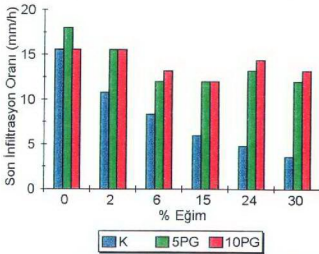
Şekil 4.9. Samsun Kurupelit serisi toprak örneklerine ait 1. yağmurlama son infiltrasyon oranları.



Şekil 4.10. Samsun Kurupelit serisi toprak örneklerine ait 2. yağmurlama son infiltrasyon oranları.



Şekil 4.11. Ankara Çiftlik serisi toprak örneklerine ait 1. yağmurlama son infiltrasyon oranları.



Şekil 4.12. Ankara Çiftlik serisi toprak örneklerine ait 2. yağmurlama son infiltrasyon oranları.

Yağmur damlalarının toprağa aktardıkları kinetik enerjiye bağlı olarak iki etki ortaya çıkar. Birincisi toprakta kompaksiyona neden olan konsolidasyon kuvveti ve ikincisi ise bazı toprak parçacıklarının havaya doğru sıçratılmasıdır. Havaya sıçrayan taneler tekrar düşmeleri ile eğim aşağı momentumlarını diğer parçacıklara aktarırlar ve böylece sıçrama olayı yağış süresince devam eder.

Çizelge 4.3-4.6 deki sıçratma erozyonu değerlerine bakıldığında her iki toprak örneğinde kontrol ve fosfojipsli denemeler için; yağmurlama süresince artan ve sonra azalan bir durum görülmektedir. Artan eğim yüzdelğinde ise toplam sıçratma erozyonu miktarlarında bir azalış söz konusudur.

Burada dikkati çeken diğer bir husus 2. yağmurlama uygulamalarında sıçratma erozyonu değerlerinin her iki toprak örneği için daha düşük olmasıdır. Bunun en önemli nedeni; 1. yağmurlama sonunda 7 günlük kuru dönemde oluşan kabuk tabakalarının 2. yağmurlama esnasında damlalar tarafından daha geç ayrıştırılması ve bu ayrışmanın hemen sonrasında yüzeydeki yarıkların kapanarak kaymak tabakasının oluşması ve kaymak oluşumundan sonra yüzeyde meydana gelen göllenme veya yüzey akış derinliğinin kritik seviyenin üzerine çıkmasıdır. Bunun yanında sıçramaya müsait olan parçacıkların azalması da sayılabilir.

Kurupelit serisi toprak örneklerinde 1. yağmurlamada sıçratma erozyonu değerleri fosfojips uygulandığında; sıçrayan miktar 5 ton.ha^{-1} için en az 1.3, en fazla 1.7; 10 ton.ha^{-1} için en az 1.7, en fazla 2.7 kat azalmıştır. 2. yağmurlamada sıçratma erozyonu değerleri fosfojips uygulandığında; sıçrayan miktar 5 ton.ha^{-1} için en az 1.0, en fazla 1.1; 10 ton.ha^{-1} için en az 1.3, en fazla 1.8 kat azalmıştır. Çiftlik serisi toprak örneklerinde 1. yağmurlamada sıçratma erozyonu değerleri fosfojips uygulandığında; sıçrayan miktar 5 ton.ha^{-1} için 1.2; 10 ton.ha^{-1} için 1.3 kat azalmıştır. 2. yağmurlamada sıçratma erozyonu değerleri fosfojips uygulandığında; sıçrayan miktar 5 ton.ha^{-1} için 1.3; 10 ton.ha^{-1} için 1.8 kat azalmıştır.

4.2.4. Yüzey akış ölçümleri

Yağış uygulamasının hemen başında, yağmur damlalarının çarpma etkisi sonucu çukurlar görülmeye başlar (Hardy et al 1983). Toprak yüzeyine ulaşan su yüzeyde birikir veya yüzey akışa geçer (Resim 4.6). Yağmur suyunun toprağa sızması; o toprağın değişebilir sodyum yüzdesi (ESP) ile sızan suyun elektrolit konsantrasyonuna bağlıdır (Agassi et al 1986).

Yağış düşüşü ile olan sediment dağılımı nisbeten eğime duyarsızdır (Rose 1985, Walker et al 1977). Kritik seviyenin altındaki eğimlerde, eğim derecesinin artmasıyla erozyonda hafif bir artma olmaktadır. Yağış düşüşündeki değişim; $\%10$ 'dan düşük eğimlerde, sediment ayrışmasında ana faktördür. $\%10$ 'dan fazla eğimlerde, eğim açısı arttıkça; akış hızı kritik değeri aşar, parmaklar oluşur ve yüzey ve parmak akışları ile erozyon meydana gelir. $\%25$ 'den daha büyük eğimlerde, eğim açısındaki artma ile toprak kayıp miktarındaki artış oldukça yavaştır. Bu sonuç bazı aşınabilir sedimentlerin kullanılabilirliğini artırmanın mümkün olabileceğini düşündürmektedir (Warrington et al 1989).



Resim 4.6. Eğimli toprak örneklerinde parmakların oluşması, toprak yüzeyinde su birikimi ve eğim aşağı yüzey akış.

Uygulanan yağışın kinetik enerjisi arttıkça, toprak kayıpları artar (Smith et al 1990). Yağış düşüşüne bağlı toprak ayrışması düşük eğim derecelerinde esas taşıma sürecidir (Walker et al 1977). Belli bir intensitedeki yağış düşüşü, toprak yüzeyinde düşme açısına bağlı olarak durdurulur (Sharon 1980, Sharon et al 1988). Eğim arttıkça kaymak tabakası oluşumundan sonra toprak yüzeyinde biriken sular oluşan parmaklardan eğim aşağı hareket eder ve yüzey akış ile birlikte hafif toprak parçacıkları, organik madde ve eriyebilir bitki besin maddeleri topraktan uzaklaştırılır.

Rose (1985) ve Foster'e (1982) göre üç süreç yüzey akıştaki sediment konsantrasyonunu sürekli olarak etkiler: (i) yağış düşüşü ile toprak parçacıkları dağılır; (ii) toprak parçacıkları yüzey akış suyu ile taşınır; ve (iii) yerçekimi etkisi ile sediment yükü yerleştirilir. Bu süreç sediment büyüklüğüne ve düşüş hızına bağlıdır.

Su miktarı, hız ve türbülansa bağlı olarak, yüzey pürüzlülüğü ve yüzey akış derinliğinin etkisi ile yüzey erozyonuna sebep olur. Yüzey akış suyundaki türbülans; eğim açısına, su akış derinliğine, suyun takip ettiği yolun kıvrım ve engebeli oluşuna ve toprak yüzeyinin pürüzlülüğüne bağlıdır. Toprak parçacıklarının büyüklüğü arttıkça, yüzey akış ile taşınmaları güçleşir (Warrington et al 1989).

Eğim açısı arttıkça fosfojipsin toprak kayıplarını azaltma etkileri, artmıştır. Fosfojipsin erozyon üzerindeki etkisi ile yüzey akış üzerindeki etkisi karşılaştırılabilir. Fosfojipsin yüzey akış ve toprak kayıpları üzerindeki etkisi eğime bağlıdır. Fosfojips aynı zamanda yüzey akış hacmi içerisindeki sediment konsantrasyonunu da azaltmaktadır (Warrington et al 1989). Fosfojipsli denemelerde, özellikle 10 ton.ha⁻¹lık uygulamalarda, yüzey akış hacminde ve yıkanan sediment miktarında artan eğimle birlikte önemli ölçüde düşüşler görülmüştür.

Fosfojips yüzey akış hacmini düşürür, yüzey pürüzlülüğünü devam ettirir ve yüzey akış hızını düşürür. Aynı zamanda yüzey akış ve sızan sudaki elektrolit konsantrasyonlarını da artırır (Warrington et al 1989). Fosfojipsin yüzey akış ve sızan sudaki elektrolit konsantrasyonlarını artırması sonucu agregat dağılması engellenir ve daha büyük taneler daha az taşınır. Böylece yüzey akışın sebep olduğu erozyon azaltılmış olur (Agassi et al 1981).

Sediment konsantrasyonunu etkileyen üçüncü süreç sediment yüküdür ve yüzey akış suyundaki sediment konsantrasyonundan etkilenir. Sediment yükü parça büyüklüğüne bağlıdır. Fosfojips denemelerinde, sudaki elektrolit konsantrasyon değerleri yüksektir, kil materyali toplanmış ve çökmüştür (Warrington et al 1989). Fosfojipsin yüzey akış suyundaki sediment büyüklüğü üzerindeki etkileri incelendiğinde; kontrol denemelerinde yüzey akış suyunda %15-30 kil ve %60-75 silt bulunmasına rağmen, fosfojips denemelerinde yüzey akış suyunda kil bulunmamıştır. Fosfojips denemeleri daima sediment yükünü artırmıştır (Miller 1987).

Eğim açısı arttıkça yüzey akışın artışı beklenen bir sonuçtur ve eğimin artmasıyla fosfojips etkisinin artması beklenir (Warrington et al 1989). Ancak %15 eğimden sonra artış azalmış ve akış hacminde düşme görülmüştür. Bu durum artan eğimlerde kaymak tabakasının aşındırılabilirdiğini ve infiltrasyonu teşvik ettiğini ortaya koymaktadır. Yüksek eğim derecelerinde yüzey akış hacminin azalması yıkanan sediment miktarını da etkilemiştir.

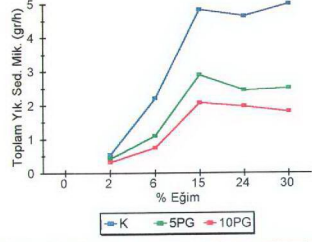
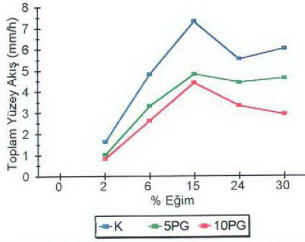
Şekil 4.13-4.16 incelendiğinde; Kurupelit ve Çiftlik serilerine ait 1. ve 2. yağmurlamalarda, hem kontrol hem de fosfojipsli denemeler için toplam yüzey akış miktarları %24 eğime kadar artmış ve %24-30 eğimlerde azalma göstermiştir. Yüksek eğim derecelerinde görülen yüzey akış miktarındaki azalış fosfojipsli denemelerde daha belirgin bir şekilde görülmektedir. Bu durum, fosfojipsin toprak çözeltisindeki elektrolit konsantrasyonlarını arttırdığını, toprak taneceklerinin kümeleşmesini teşvik ederek kaymak oluşumunu yavaşlattığını ve infiltrasyonu arttırdığını göstermektedir.

Kurupelit serisi toprak örneklerinde yüzey akış oranları kontrol denemeleri için, % 3.5-16.2 (1. yağış) ve % 5.1-16.7 (2. yağış); 5 ton.ha⁻¹ fosfojips uygulaması için, % 2.2-10.7 (1. yağış) ve % 3.3-11.3 (2. yağış); 10 ton.ha⁻¹ fosfojips uygulaması için % 1.8-9.8 (1. yağış) ve % 2.9-10.7 (2. yağış) olarak hesaplanmıştır. Bu değerlere göre Kurupelit serisine ait toprak örnekleri için yüzey akış değerleri, 5 ton.ha⁻¹ fosfojips uygulaması için, 1.6 (1. ve 2. yağış); 10 ton.ha⁻¹ fosfojips uygulaması için, 1.9 (1. yağış) ve 1.8 (2. yağış) kat azalmıştır.

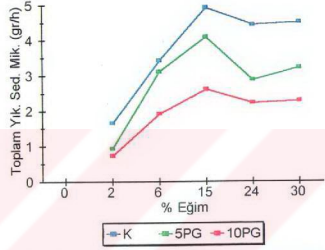
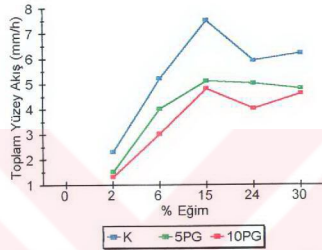
Toplam yıkanan sediment miktarları kontrol denemeleri için, 0.54-5.00 (1.yağış) ve 1.65-4.92 (2. yağış); fosfojips uygulandığında; 5 ton.ha⁻¹ için, 0.42-2.90 (1. yağış) ve 0.93-4.09 (2. yağış); 10 ton.ha⁻¹ için 0.32-2.07 (1. yağış) ve 0.73-2.60 (2. yağış) gr.h⁻¹ olarak ölçülmüştür. Bu değerlere göre toplam yıkanan sediment miktarları, fosfojips uygulandığında; 5 ton.ha⁻¹ için, en az 1.3, en fazla 1.7 (1. yağış) ve en az 1.2, en fazla 1.8 (2. yağış); 10 ton.ha⁻¹ için, en az 1.7, en fazla 2.4 (1. yağış) ve en az 1.9, en fazla 2.3 (2. yağış) kat azalmıştır.

Çiftlik serisi toprak örneklerinde yüzey akış oranları kontrol denemeleri için, %4.4-20.4 (1. yağış) ve %6.2-26.7 (2. yağış); fosfojips uygulandığında; 5 ton.ha⁻¹ için, %3.6-17.3 (1. yağış) ve %3.8-20.9 (2. yağış); 10 ton.ha⁻¹ için %2.2-15.8 (1.yağış) ve %2.7-17.3 (2. yağış) olarak hesaplanmıştır. Bu değerlere göre Çiftlik serisine ait toprak örnekleri için yüzey akış miktarları fosfojips uygulandığında; 5 ton.ha⁻¹ için, 1.2 (1. yağış) ve 1.6 (2. yağış); 10 ton.ha⁻¹ için, 2.0 (1. yağış) ve 2.3 (2.yağış) kat azalmıştır.

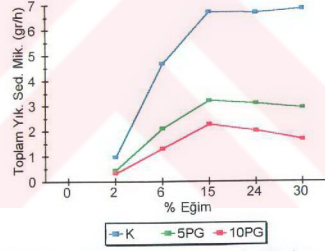
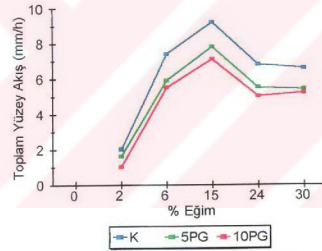
Toplam yıkanan sediment miktarları kontrol denemeleri için, 0.96-6.85 (1.yağış) ve 2.90-8.53 (2. yağış); 5 ton.ha⁻¹ için, 0.44-3.20 (1. yağış) ve 1.47-5.00 (2. yağış); 10 ton.ha⁻¹ için 0.32-2.26 (1. yağış) ve 1.16-3.98 (2. yağış) gr.h⁻¹ olarak ölçülmüştür. Toplam yıkanan sediment miktarları, fosfojips uygulandığında; 5 ton.ha⁻¹ için, 2.2 (1. yağış) ve 2.0 (2. yağış); 10 ton.ha⁻¹ için, 3 (1. yağış) ve en az 2.1, en fazla 2.5 (2. yağış) kat azalmıştır.



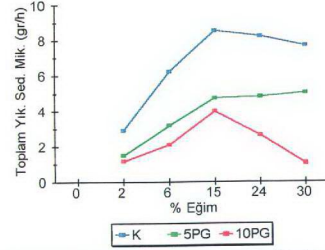
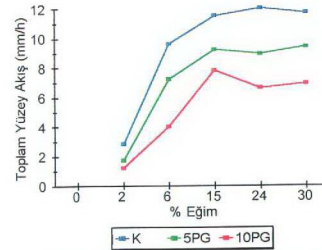
Şekil 4.13. Samsun Kurupelit serisi 1. yağmurlamaya ait toplam yüzey akış ve yıkanan sediment miktarları.



Şekil 4.14. Samsun Kurupelit serisi 2. yağmurlamaya ait toplam yüzey akış ve yıkanan sediment miktarları.



Şekil 4.15. Ankara Çiftlik serisi 1. yağmurlamaya ait toplam yüzey akış ve yıkanan sediment miktarları.



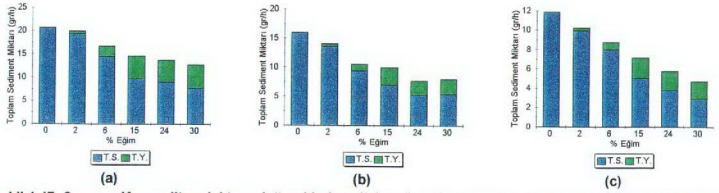
Şekil 4.16. Ankara Çiftlik serisi 2. yağmurlamaya ait toplam yüzey akış ve yıkanan sediment miktarları.

4.2.5. Toplam sediment ölçümleri

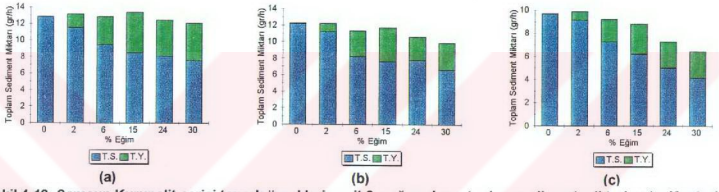
Gerek sıçratma erozyonu ile gerekse yüzey akış ile birlikte toprak yüzeyinden uzaklaştırılan toplam sediment miktarları her iki toprak örneği için Çizelge 4.3-4.6 da verilmiştir. Şekil 4.17-4.20 incelendiğinde toplam sediment miktarları farklı dağılımlar göstermektedir. Bunun en önemli nedeni sıçrama ve yıkanma gibi iki farklı sürecin birleştirilmiş olmasıdır. Ancak fosfojipsli denemelerde kontrol denemelerine göre daima düşüş görülmüştür.

Kontrol ve fosfojipsli denemelerde elde edilen toprak kaybı değerleri arasındaki farkın önemli olup olmadığını belirlemek için yapılan önem testlerinde toplam ve yıkanan sediment miktarları dikkate alınmıştır.

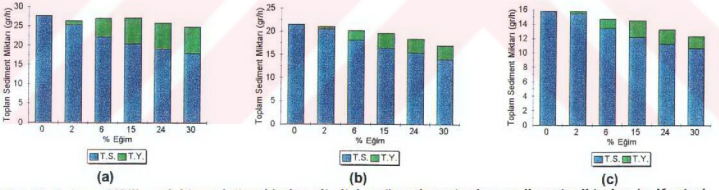




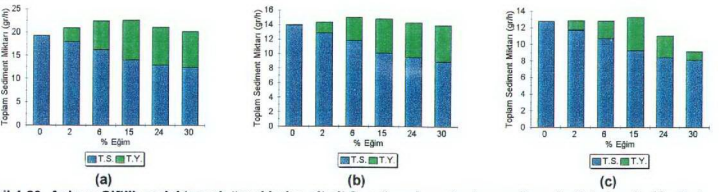
Şekil 4.17. Samsun Kurupelit serisi toprak örneklerine ait 1. yağmurlama toplam sediment miktarları (a- Kontrol, b- 5FJ, c- 10FJ).



Şekil 4.18. Samsun Kurupelit serisi toprak örneklerine ait 2. yağmurlama toplam sediment miktarları (a- Kontrol, b- 5FJ, c- 10FJ).



Şekil 4.19. Ankara Çiftlik serisi toprak örneklerine ait 1. yağmurlama toplam sediment miktarları (a- Kontrol, b- 5FJ, c- 10FJ).



Şekil 4.20. Ankara Çiftlik serisi toprak örneklerine ait 2. yağmurlama toplam sediment miktarları (a- Kontrol, b- 5FJ, c- 10FJ).

4.2.6. Önem testleri ve sonuçları

4.2.6.1. Toplam infiltrasyon oranı değerlerinin önem testi ve sonuçları

Kurupelit serisi 1. yağmurlama sonuçları

	K	5FJ	10FJ	
ΣX	112.2	129.9	144.3	
X_o	18.7	21.65	24.05	Toplam
$\Sigma(X-X_o)^2$	130.43	185.11	204.05	519.59
S.D.	5	5	5	15

P	2	3	İhtimal
SSR	3.05	3.16	0.05
LSR	7.32	7.58	
SSR	4.17	4.37	0.01
LSR	10.01	10.49	

$$S^2_p = 519.59/15 = 34.64 \quad S_{Xo} = \sqrt{S^2_p} / r = \sqrt{34.64}/6 = 2.40$$

$$LSR = SSR. S_{Xo}$$

Ortalamalar büyüklüklerine göre sıralanır.

	Ort.	K	5FJ	10FJ
		18.70	21.65	24.05
10FJ	24.05	5.35	2.40	-
5FJ	21.65	2.95	-	-
K	18.70	-	-	-

0.05	Denemeler	X_o	X_o -LSR
a	10FJ	24.05	24.05-7.58=16.47
a	5FJ	21.65	21.65-7.32=14.33
a	K	18.70	

Elde edilen farklar LSR değerleri ile karşılaştırıldığında bütün farklar LSR değerlerinden küçük olduğundan Kontrol ve Fosfojips değerleri arasındaki ilişki önemsizdir. Ortalamalar ile LSR arasındaki farklardan daha küçük ortalama değeri olmadığından ortalamalar birbirinden farklıdır ve aynı gruptadır.

Kurupelit serisi 2. yağmurlama sonuçları

	K	5FJ	10FJ	
ΣX	87.60	112.64	129.00	
X_o	14.6	18.8	21.5	Toplam
$\Sigma(X-X_o)^2$	99.97	155.16	114.44	369.57
S.D.	5	5	5	15

P	2	3	İhtimal
SSR	3.05	3.16	0.05
LSR	6.19	6.41	
SSR	4.17	4.37	0.01
LSR	8.47	8.87	

$$S^2_p = 369.57/15 = 24.64 \quad S_{Xo} = \sqrt{S^2_p} / r = \sqrt{24.64}/6 = 2.03$$

$$LSR = SSR. S_{Xo}$$

Ortalamalar büyüklüklerine göre sıralanır.

	Ort.	K	5FJ	10FJ
		14.6	18.8	21.5
10FJ	21.5	6.9*	2.7	-
5FJ	18.8	4.2	-	-
K	14.6	-	-	-

0.05	Denemeler	X_o	X_o -LSR
a	10FJ	21.5	21.5-6.41=15.09
ab	5FJ	18.8	18.8-6.19=12.61
b	K	14.6	

6.90>6.41 olduğundan 10FJ değerleri Kontrol değerlerine göre % 5 seviyesinde önemli farklılık göstermiştir. 15.09>14.60 olduğundan 10FJ ile Kontrol değerleri arasındaki fark önemlidir ve farklı harflerle gruplandırılmıştır. 5FJ ile Kontrol ve 10FJ değerleri arasında önemli bir fark olmadığından ab olarak gösterilmiştir.

Çiftlik serisi 1. yağmurlama sonuçları

	K	5FJ	10FJ	
ΣX	140.5	169.8	184.92	
X_o	23.42	28.30	30.82	Toplam
$\Sigma(X-X_o)^2$	121.23	154.75	68.12	344.1
S.D.	5	5	5	15

P	2	3	İhtimal
SSR	3.05	3.16	0.05
LSR	5.98	6.19	
SSR	4.17	4.37	0.01
LSR	8.17	8.57	

$$S_p^2 = 344.1/15 = 22.94 \quad S_{Xo} = \sqrt{S_p^2 / r} = \sqrt{22.94/6} = 1.96$$

$$LSR = SSR. S_{Xo}$$

Ortalamalar büyüklüklerine göre sıralanır.

	K	5FJ	10FJ
Ort.	23.42	28.30	30.82
10FJ	30.82	7.40*	2.52
5FJ	28.30	4.88	-
K	23.42	-	-

0.05	Denemeler	X_o	X_o -LSR
a	10FJ	30.82	30.82-6.19=24.63
ab	5FJ	28.30	28.30-5.98=22.32
b	K	23.42	

7.40>6.19 olduğundan 10FJ değerleri Kontrol değerlerine göre % 5 seviyesinde önemli farklılık göstermiştir.

24.63>23.42 olduğundan 10FJ ile Kontrol değerleri arasındaki fark önemlidir ve farklı harflerle gruplandırılmıştır. 5FJ ile Kontrol ve 10FJ değerleri arasında önemli bir fark olmadığından ab olarak gösterilmiştir.

Çiftlik serisi 2. yağmurlama sonuçları

	K	5FJ	10FJ	
ΣX	108.85	124.65	143.52	
X_o	18.14	20.78	23.92	Toplam
$\Sigma(X-X_o)^2$	130.46	75.63	41.37	247.46
S.D.	5	5	5	15

P	2	3	İhtimal
SSR	3.05	3.16	0.05
LSR	5.06	5.25	
SSR	4.17	4.37	0.01
LSR	6.92	7.25	

$$S_p^2 = 247.46/15 = 16.50 \quad S_{Xo} = \sqrt{S_p^2 / r} = \sqrt{16.50/6} = 1.66$$

$$LSR = SSR. S_{Xo}$$

Ortalamalar büyüklüklerine göre sıralanır.

	K	5FJ	10FJ
Ort.	18.14	20.78	23.92
10FJ	23.92	5.78*	3.14
5FJ	20.78	2.64	-
K	18.14	-	-

0.05	Denemeler	X_o	X_o -LSR
a	10FJ	23.92	23.92-5.25=18.67
ab	5FJ	20.78	20.78-5.06=15.72
b	K	18.14	

5.78>5.25 olduğundan 10FJ değerleri Kontrol değerlerine göre % 5 seviyesinde önemli farklılık göstermiştir.

18.67>18.14 olduğundan 10FJ ile Kontrol değerleri arasındaki fark önemlidir ve farklı harflerle gruplandırılmıştır. 5FJ ile Kontrol ve 10FJ değerleri arasında önemli bir fark olmadığından ab olarak gösterilmiştir.

4.2.6.2 Son infiltrasyon oranı değerlerinin önem testi ve sonuçları

Kurupelit serisi 1. yağmurlama sonuçları

	K	5FJ	10FJ	
ΣX	73.2	87.6	94.8	
X_o	12.2	14.6	15.8	Toplam
$\Sigma(X-X_o)^2$	73.2	84.72	93.36	251.28
S.D.	5	5	5	15

P	2	3	İhtimal
SSR	3.05	3.16	0.05
LSR	5.09	5.28	
SSR	4.17	4.37	0.01
LSR	6.96	7.30	

$$S_p^2 = 251.28/15 = 16.75 \quad S_{x0} = \sqrt{S_p^2 / r} = \sqrt{16.75/6} = 1.67 \quad LSR = SSR. S_{x0}$$

Ortalamalar büyüklüklerine göre sıralanır.

	Ort.	K	5FJ	10FJ
10FJ	15.8	3.6	1.2	-
5FJ	14.6	2.4	-	-
K	12.2	-	-	-

0.05	Denemeler	X_o	X_o -LSR
a	10FJ	15.8	15.8-5.28=10.52
a	5FJ	14.6	14.6-5.09=9.51
a	K	12.2	

Elde edilen farklar LSR değerleri ile karşılaştırıldığında bütün farklar LSR değerlerinden küçük olduğundan Kontrol ve Fosfojips değerleri arasındaki ilişki önemsizdir. Ortalamalar ile LSR arasındaki farklardan daha küçük ortalama değeri olmadığından ortalamalar birbirinden farksızdır ve aynı gruptadır.

Kurupelit serisi 2. yağmurlama sonuçları

	K	5FJ	10FJ	
ΣX	54.0	76.8	86.4	
X_o	9.0	12.8	14.4	Toplam
$\Sigma(X-X_o)^2$	68.4	96.96	69.12	234.48
S.D.	5	5	5	15

P	2	3	İhtimal
SSR	3.05	3.16	0.05
LSR	4.91	5.09	
SSR	4.17	4.37	0.01
LSR	6.71	7.04	

$$S_p^2 = 234.48/15 = 15.63 \quad S_{x0} = \sqrt{S_p^2 / r} = \sqrt{15.63/6} = 1.61 \quad LSR = SSR. S_{x0}$$

Ortalamalar büyüklüklerine göre sıralanır.

	K	5FJ	10FJ
Ort.	9.0	12.8	14.4
10FJ	14.4	5.4*	1.6
5FJ	12.8	3.8	-
K	9.0	-	-

0.05	Denemeler	X_o	X_o -LSR
a	10FJ	14.4	14.4-5.09=9.31
ab	5FJ	12.8	12.8-4.91=7.89
b	K	9.0	

5.40>5.09 olduğundan 10FJ değerleri Kontrol değerlerine göre % 5 seviyesinde önemli farklılık göstermiştir.

9.31>9.00 olduğundan 10FJ ile Kontrol değerleri arasındaki fark önemlidir ve farklı harflerle gruplandırılmıştır. 5FJ ile Kontrol ve 10FJ değerleri arasında önemli bir fark olmadığından ab olarak gösterilmiştir.

Çiftlik serisi 1. yağmurlama sonuçları

	K	5FJ	10FJ	
ΣX	91.2	106.8	118.8	
X_o	15.2	17.8	19.8	Toplam
$\Sigma(X-X_o)^2$	56.64	55.92	120.24	232.8
S.D.	5	5	5	15

P	2	3	İhtimal
SSR	3.05	3.16	0.05
LSR	4.91	5.09	
SSR	4.17	4.37	0.01
LSR	6.71	7.04	

$$S_p^2 = 232.8/15 = 15.52 \quad S_{x0} = \sqrt{S_p^2 / r} = \sqrt{15.52/6} = 1.61$$

$$LSR = SSR. S_{x0}$$

Ortalamalar büyüklüklerine göre sıralanır.

	Ort.	K	5FJ	10FJ
10FJ	19.8	4.6	2.0	-
5FJ	17.8	2.6	-	-
K	15.2	-	-	-

0.05	Denemeler	X_o	X_o -LSR
a	10FJ	19.8	19.8-5.09=14.71
a	5FJ	17.8	17.8-4.91=12.89
a	K	15.2	

Elde edilen farklar LSR değerleri ile karşılaştırıldığında bütün farklar LSR değerlerinden küçük olduğundan Kontrol ve Fosfajips değerleri arasındaki ilişki önemsizdir.

Ortalamalar ile LSR arasındaki farklardan daha küçük ortalama değeri olmadığından ortalamalar birbirinden farksızdır ve aynı gruptadır.

Çiftlik serisi 2. yağmurlama sonuçları

	K	5FJ	10FJ	
ΣX	49.2	82.8	84.0	
X_o	8.2	13.8	14.0	Toplam
$\Sigma(X-X_o)^2$	99.12	30.96	10.56	140.64
S.D.	5	5	5	15

P	2	3	İhtimal
SSR	3.05	3.16	0.05
LSR	3.81	3.95	
SSR	4.17	4.37	0.01
LSR	5.21	5.46	

$$S_p^2 = 140.64/15 = 9.38 \quad S_{x0} = \sqrt{S_p^2 / r} = \sqrt{9.38/6} = 1.25$$

$$LSR = SSR. S_{x0}$$

Ortalamalar büyüklüklerine göre sıralanır.

	Ort.	K	5FJ	10FJ
10FJ	14.0	5.8**	0.2	-
5FJ	13.8	5.6**	-	-
K	8.2	-	-	-

0.05	Denemeler	X_o	X_o -LSR
a	10FJ	14.0	14.0-3.95=10.05
a	5FJ	13.8	13.8-3.81=9.99
b	K	8.2	

0.01	Denemeler	X_o	X_o -LSR
a	10FJ	14.0	14.0-5.46=8.54
a	5FJ	13.8	13.8-5.21=8.59
b	K	8.2	

5.80>3.95 ve 5.80>5.46 olduğundan 10FJ değerleri Kontrol değerlerine göre % 5 ve % 1 seviyesinde önemli farklılık göstermiştir.

5.60>3.81 ve 5.60>5.21 olduğundan 5FJ değerleri Kontrol değerlerine göre % 5 ve % 1 seviyesinde önemli farklılık göstermiştir.

10.05>8.20 ve 9.99>8.20 olduğundan 10FJ ve 5FJ ile Kontrol değerleri arasındaki fark % 5 seviyesinde önemlidir ve farklı harflerle gruplandırılmıştır. 10 FJ ile 5FJ arasında önemli bir fark olmadığından aynı grupta yer almıştır.

8.54>8.20 ve 8.59>8.20 olduğundan 10FJ ve 5FJ ile Kontrol değerleri arasındaki fark % 1 seviyesinde önemlidir ve farklı harflerle gruplandırılmıştır. 10 FJ ile 5FJ arasında önemli bir fark olmadığından aynı grupta yer almıştır.

4.2.6.3 Yüzey akış değerlerinin önem testi ve sonuçları

Kurupelit serisi 1. yağmurlama sonuçları

	K	5FJ	10FJ	
ΣX	25.2	18.1	14.0	
X_o	5.04	3.62	2.80	Toplam
$\Sigma(X-X_o)^2$	18.13	9.92	6.86	34.91
S.D.	4	4	4	12

P	2	3	İhtimal
SSR	3.08	3.23	0.05
LSR	2.34	2.45	
SSR	4.32	4.55	0.01
LSR	3.28	3.46	

$$S_p^2 = 34.91/12 = 2.91 \quad S_{x0} = \sqrt{S_p^2 / r} = \sqrt{2.91/5} = 0.76$$

$$LSR = SSR. S_{x0}$$

Ortalamalar büyüklüklerine göre sıralanır.

	Ort.	10FJ	5FJ	K
K	5.04	2.24	1.42	-
5FJ	3.62	0.82	-	-
10FJ	2.80	-	-	-

0.05	Denemeler	X_o	X_o -LSR
a	K	5.04	5.04-2.45=2.59
a	5FJ	3.62	3.62-2.34=1.28
a	10FJ	2.80	

Elde edilen farklar LSR değerleri ile karşılaştırıldığında bütün farklar LSR değerlerinden küçük olduğundan Kontrol ve Fosfojips değerleri arasındaki ilişki önemsizdir.

Ortalamalar ile LSR arasındaki farklardan daha küçük ortalama değeri olmadığından ortalamalar birbirinden farksızdır ve aynı gruptadır.

Kurupelit serisi 2. yağmurlama sonuçları

	K	5FJ	10FJ	
ΣX	27.1	20.4	17.7	
X_o	5.42	4.08	3.54	Toplam
$\Sigma(X-X_o)^2$	14.95	9.08	8.23	32.26
S.D.	4	4	4	12

P	2	3	İhtimal
SSR	3.08	3.23	0.05
LSR	2.25	2.36	
SSR	4.32	4.55	0.01
LSR	3.15	3.32	

$$S_p^2 = 32.26/12 = 2.69 \quad S_{x0} = \sqrt{S_p^2 / r} = \sqrt{2.69/5} = 0.73$$

$$LSR = SSR. S_{x0}$$

Ortalamalar büyüklüklerine göre sıralanır.

	Ort.	10FJ	5FJ	K
K	5.42	3.54	4.08	5.42
5FJ	4.08	1.88	1.34	-
10FJ	3.54	-	-	-

0.05	Denemeler	X_o	X_o -LSR
a	K	5.42	5.42-2.36=3.06
a	5FJ	4.08	4.08-2.25=1.83
a	10FJ	3.54	

Elde edilen farklar LSR değerleri ile karşılaştırıldığında bütün farklar LSR değerlerinden küçük olduğundan Kontrol ve Fosfojips değerleri arasındaki ilişki önemsizdir.

Ortalamalar ile LSR arasındaki farklardan daha küçük ortalama değeri olmadığından ortalamalar birbirinden farksızdır ve aynı gruptadır.

Çiftlik serisi 1. yağmurlama sonuçları

	K	5FJ	10FJ	
ΣX	32.0	26.2	23.8	
X_o	6.4	5.24	4.76	Toplam
$\Sigma(X-X_o)^2$	28.4	20.34	20.67	69.41
S.D.	4	4	4	12

P	2	3	İhtimal
SSR	3.08	3.23	0.05
LSR	3.33	3.49	
SSR	4.32	4.55	0.01
LSR	4.67	4.91	

$$S^2_p = 69.41/12 = 5.78 \quad S_{Xo} = \sqrt{S^2_p / r} = \sqrt{5.78/5} = 1.08$$

$$LSR = SSR. S_{Xo}$$

Ortalamalar büyüklüklerine göre sıralanır.

	Ort.	10FJ	5FJ	K
		4.76	5.24	6.40
K	6.40	1.64	1.16	-
5FJ	5.24	0.48	-	-
10FJ	4.76	-	-	-

0.05	Denemeler	X_o	X_o -LSR
a	K	6.40	6.40-3.49=2.91
a	5FJ	5.24	5.24-3.33=1.91
a	10FJ	4.76	

Elde edilen farklar LSR değerleri ile karşılaştırıldığında bütün farklar LSR değerlerinden küçük olduğundan Kontrol ve Fosfojips değerleri arasındaki ilişki önemsizdir. Ortalamalar ile LSR arasındaki farklardan daha küçük ortalama değeri olmadığından ortalamalar birbirinden farksızdır ve aynı gruptadır.

Çiftlik serisi 2. yağmurlama sonuçları

	K	5FJ	10FJ	
ΣX	47.6	36.4	26.5	
X_o	9.52	7.28	5.30	Toplam
$\Sigma(X-X_o)^2$	60.80	41.95	29.0	131.75
S.D.	4	4	4	12

P	2	3	İhtimal
SSR	3.08	3.23	0.05
LSR	4.56	4.78	
SSR	4.32	4.56	0.01
LSR	6.39	6.73	

$$S^2_p = 131.75/12 = 10.98 \quad S_{Xo} = \sqrt{S^2_p / r} = \sqrt{10.98/5} = 1.48$$

$$LSR = SSR. S_{Xo}$$

Ortalamalar büyüklüklerine göre sıralanır.

	Ort.	10FJ	5FJ	K
		5.30	7.28	9.52
K	9.52	4.22	2.24	-
5FJ	7.28	1.98	-	-
10FJ	5.30	-	-	-

0.05	Denemeler	X_o	X_o -LSR
a	K	9.52	9.52-4.78=4.74
a	5FJ	7.28	7.28-4.56=2.72
a	10FJ	5.30	

Elde edilen farklar LSR değerleri ile karşılaştırıldığında bütün farklar LSR değerlerinden küçük olduğundan Kontrol ve Fosfojips değerleri arasındaki ilişki önemsizdir. Ortalamalar ile LSR arasındaki farklardan daha küçük ortalama değeri olmadığından ortalamalar birbirinden farksızdır ve aynı gruptadır.

4.2.6.4 Toplam yıkanan sediment miktarlarının önem testi ve sonuçları

Kurupelit serisi 1. yağmurlama sonuçları

	K	5FJ	10FJ	
ΣX	17.19	9.36	6.90	
X_o	3.44	1.87	1.38	Toplam
$\Sigma(X-X_o)^2$	15.7	4.47	2.53	22.7
S.D.	4	4	4	12

P	2	3	İhtimal
SSR	3.08	3.23	0.05
LSR	1.88	1.97	
SSR	4.32	4.55	0.01
LSR	2.64	2.78	

$$S_p^2 = 22.7/12 = 1.89 \quad S_{X_o} = \sqrt{S_p^2 / r} = \sqrt{1.89/5} = 0.61 \quad LSR = SSR \cdot S_{X_o}$$

Ortalamalar büyüklüklerine göre sıralanır.

	Ort.	10FJ	5FJ	K
		1.38	1.87	3.44
K	3.44	2.06*	1.57	-
5FJ	1.87	0.49	-	-
10FJ	1.38	-	-	-

0.05	Denemeler	X_o	X_o -LSR
a	K	3.44	3.44-1.97=1.47
ab	5FJ	1.87	
b	10FJ	1.38	

2.06>1.97 olduğundan 10FJ değerleri Kontrol değerlerine göre % 5 seviyesinde önemli farklılık göstermiştir.
1.47>1.38 olduğundan 10FJ ile Kontrol değerleri arasındaki fark önemlidir ve farklı harflerle gruplandırılmıştır. 5FJ ile Kontrol ve 10FJ değerleri arasında önemli bir fark olmadığından ab olarak gösterilmiştir.

Kurupelit serisi 2. yağmurlama sonuçları

	K	5FJ	10FJ	
ΣX	18.92	14.22	9.75	
X_o	3.78	2.84	1.95	Toplam
$\Sigma(X-X_o)^2$	6.91	5.42	2.09	14.42
S.D.	4	4	4	12

P	2	3	İhtimal
SSR	3.08	3.23	0.05
LSR	1.51	1.58	
SSR	4.32	4.55	0.01
LSR	2.12	2.23	

$$S_p^2 = 14.42/12 = 1.20 \quad S_{X_o} = \sqrt{S_p^2 / r} = \sqrt{1.20/5} = 0.49 \quad LSR = SSR \cdot S_{X_o}$$

Ortalamalar büyüklüklerine göre sıralanır.

	Ort.	10FJ	5FJ	K
		1.95	2.84	3.78
K	3.78	1.83*	0.94	-
5FJ	2.84	0.89	-	-
10FJ	1.95	-	-	-

0.05	Denemeler	X_o	X_o -LSR
a	K	3.78	3.78-1.58=2.20
ab	5FJ	2.84	2.84-1.51=1.33
b	10FJ	1.95	

1.83>1.58 olduğundan 10FJ değerleri Kontrol değerlerine göre % 5 seviyesinde önemli farklılık göstermiştir.
2.20>1.95 olduğundan 10FJ ile Kontrol değerleri arasındaki fark önemlidir ve farklı harflerle gruplandırılmıştır. 5FJ ile Kontrol ve 10FJ değerleri arasında önemli bir fark olmadığından ab olarak gösterilmiştir.

Çiftlik serisi 1. yağmurlama sonuçları

	K	5FJ	10FJ	
ΣX	25.90	11.74	7.54	
X_o	5.18	2.35	1.51	Toplam
$\Sigma(X-X_o)^2$	25.58	5.31	2.28	33.17
S.D.	4	4	4	12

P	2	3	İhtimal
SSR	3.08	3.23	0.05
LSR	2.28	2.39	
SSR	4.32	4.55	0.01
LSR	3.20	3.37	

$S_p^2 = 33.17/12 = 2.76$ $S_{x_o} = \sqrt{S_p^2 / r} = \sqrt{2.76/5} = 0.74$ $LSR = SSR. S_{x_o}$
 Ortalamalar büyüklüklerine göre sıralanır.

	Ort.	10FJ	5FJ	K
		1.51	2.35	5.18
K	5.18	3.67**	2.83*	-
5FJ	2.35	0.84	-	-
10FJ	1.51	-	-	-

0.05	Denemeler	X_o	$X_o - LSR$
a	K	5.18	5.18-2.39=2.79
b	5FJ	2.35	2.35-2.28=0.07
b	10FJ	1.51	

0.01	Denemeler	X_o	$X_o - LSR$
a	K	5.18	5.18-3.37=1.81
ab	5FJ	2.35	
b	10FJ	1.51	

3.67>2.39 ve 3.67>3.37 olduğundan 10FJ değerleri Kontrol değerlerine göre % 5 ve % 1 seviyesinde önemli farklılık göstermiştir. 2.83>2.28 olduğundan 5FJ değerleri kontrol değerlerine göre % 5 seviyesinde önemli farklılık göstermiştir. 5FJ ile 10FJ değerleri arasında önemli bir fark olmadığından aynı grupta yer almıştır. 2.79>2.35 ve 2.79>1.51 olduğundan Kontrol değerleri, 5FJ ile 10FJ değerlerinden % 5 seviyesinde farklıdır. 1.81>1.51 olduğundan 10FJ ile Kontrol değerleri arasındaki fark % 1 seviyesinde önemlidir ve farklı harflerle gruplandırılmıştır. 5FJ ile Kontrol ve 10FJ değerleri arasında önemli bir fark olmadığından ab olarak gösterilmiştir.

Çiftlik serisi 2. yağmurlama sonuçları

	K	5FJ	10FJ	
ΣX	33.54	19.15	10.88	
X_o	6.71	3.83	2.18	Toplam
$\Sigma(X-X_o)^2$	21.27	9.12	5.80	36.19
S.D.	4	4	4	12

P	2	3	İhtimal
SSR	3.08	3.23	0.05
LSR	2.40	2.52	
SSR	4.32	4.56	0.01
LSR	3.37	3.56	

$S_p^2 = 36.19/12 = 3.02$ $S_{x_o} = \sqrt{S_p^2 / r} = \sqrt{3.02/5} = 0.78$ $LSR = SSR. S_{x_o}$
 Ortalamalar büyüklüklerine göre sıralanır.

	Ort.	10FJ	5FJ	K
		2.18	3.83	6.71
K	6.71	4.53**	2.88*	-
5FJ	3.83	1.65	-	-
10FJ	2.18	-	-	-

0.05	Denemeler	X_o	$X_o - LSR$
a	K	6.71	6.71-2.52=4.19
b	5FJ	3.83	3.83-2.40=1.43
b	10FJ	2.18	

0.01	Denemeler	X_o	$X_o - LSR$
a	K	6.71	6.71-3.56=3.15
ab	5FJ	3.83	3.83-3.37=0.46
b	10FJ	2.18	

4.53>2.52 ve 4.53>3.56 olduğundan 10FJ değerleri Kontrol değerlerine göre % 5 ve % 1 seviyesinde önemli farklılık göstermiştir. 2.88>2.40 olduğundan 5FJ değerleri 10FJ değerlerine göre % 5 seviyesinde önemli farklılık göstermiştir. 5FJ ile Kontrol değerleri arasında önemli bir fark olmadığından aynı grupta yer almıştır. 3.15>2.18 olduğundan 10FJ ile Kontrol değerleri arasındaki fark % 1 seviyesinde önemlidir ve farklı harflerle gruplandırılmıştır. 5FJ ile Kontrol ve 10FJ değerleri arasında önemli bir fark olmadığından ab olarak gösterilmiştir.

4.2.6.5 Toplam kaybolan sediment miktarlarının önem testi ve sonuçları

Kurupelit serisi 1. yağmurlama sonuçları

	K	5FJ	10FJ	
ΣX	98.7	66.29	48.58	
X_o	16.45	11.05	8.10	Toplam
$\Sigma(X-X_o)^2$	55.01	55.38	26.44	136.83
S.D.	5	5	5	15

P	2	3	İhtimal
SSR	3.05	3.16	0.05
LSR	3.75	3.89	
SSR	4.17	4.37	0.01
LSR	5.13	5.38	

$$S_p^2 = 136.83/15 = 9.12 \quad S_{x_o} = \sqrt{S_p^2 / r} = \sqrt{9.12/6} = 1.23$$

$$LSR = SSR. S_{x_o}$$

Ortalamalar büyüklüklerine göre sıralanır.

	Ort.	10FJ	5FJ	K
		8.10	11.05	16.45
K	16.45	8.35**	5.40**	-
5FJ	11.05	2.95	-	-
10FJ	8.10	-	-	-

0.05	Denemeler	X_o	X_o -LSR
a	K	16.45	16.45-3.89=12.56
b	5FJ	11.05	11.05-3.75=7.3
b	10FJ	8.10	

0.01	Denemeler	X_o	X_o -LSR
a	K	16.45	16.45-5.38=11.07
b	5FJ	11.05	11.05-5.13=5.92
b	10FJ	8.10	

8.35>3.89 ve 8.35>5.38 olduğundan 10FJ değerleri Kontrol değerlerine göre % 5 ve % 1 seviyesinde önemli farklılık göstermiştir. 5.40>3.75 ve 5.40>5.13 olduğundan 5FJ değerleri Kontrol değerlerine göre % 5 ve % 1 seviyesinde önemli farklılık göstermiştir. 5FJ ile 10FJ değerleri arasında önemli bir fark olmadığından aynı grupta yer almıştır. 11.07>11.05 ve 11.07>8.10 olduğundan Kontrol değerleri ile 5 ve 10FJ değerleri arasındaki fark % 1 seviyesinde önemlidir ve farklı harflerle gruplandırılmıştır. 5FJ ile 10FJ değerleri arasında önemli bir fark olmadığından aynı grupta yer almıştır.

12.56>11.05 ve 12.56>8.10 olduğundan 5FJ ve 10FJ değerleri kontrol değerlerinden farklıdır.

Kurupelit serisi 2. yağmurlama sonuçları

	K	5FJ	10FJ	
ΣX	77.06	68.13	51.48	
X_o	12.84	11.36	8.58	Toplam
$\Sigma(X-X_o)^2$	1.14	4.80	9.81	15.75
S.D.	5	5	5	15

P	2	3	İhtimal
SSR	3.05	3.16	0.05
LSR	1.28	1.33	
SSR	4.17	4.37	0.01
LSR	1.75	1.84	

$$S_p^2 = 15.75/15 = 1.05 \quad S_{x_o} = \sqrt{S_p^2 / r} = \sqrt{1.05/6} = 0.42$$

$$LSR = SSR. S_{x_o}$$

Ortalamalar büyüklüklerine göre sıralanır.

	Ort.	10FJ	5FJ	K
		8.58	11.36	12.84
K	12.84	4.26**	1.48*	-
5FJ	11.36	2.78**	-	-
10FJ	8.58	-	-	-

0.05	Denemeler	X_o	X_o -LSR
a	K	12.84	12.84-1.33=11.51
b	5FJ	11.36	11.36-1.28=10.08
c	10FJ	8.58	

0.01	Denemeler	X_o	X_o -LSR
a	K	12.84	12.84-1.84=11.00
a	5FJ	11.36	11.36-1.75=9.61
b	10FJ	8.58	

4.26>1.33 ve 4.26>1.84 olduğundan 10FJ değerleri Kontrol değerlerine göre % 5 ve % 1 seviyesinde önemli farklılık göstermiştir. 2.78>1.28 ve 2.78>1.75 olduğundan 10FJ değerleri, 5FJ değerlerine göre % 5 ve % 1 seviyesinde önemli farklılık göstermiştir. 1.48>1.28 olduğundan Kontrol değerleri ile 5FJ değerleri arasında % 5 seviyesinde önemli farklılık görülmüştür. Bütün değerler % 5 seviyesinde birbirinden farklı olduğundan farklı harflerle gösterilmiştir. % 1 seviyesinde Kontrol ile 5FJ arasında önemli bir fark olmayıp her ikisi de 10FJ değerlerinden farklıdır.

Çiftlik serisi 1. yağmurlama sonuçları

	K	5FJ	10FJ	
ΣX	159.16	118.56	86.44	
X_o	26.53	19.76	14.41	Toplam
$\Sigma(X-X_o)^2$	5.41	15.20	9.42	30.03
S.D.	5	5	5	15

P	2	3	İhtimal
SSR	3.05	3.16	0.05
LSR	1.77	1.83	
SSR	4.17	4.37	0.01
LSR	2.42	2.54	

$$S_p^2 = 30.03/15 = 2.00 \quad S_{x_o} = \sqrt{S_p^2 / r} = \sqrt{2.00/6} = 0.58$$

$$LSR = SSR \cdot S_{x_o}$$

Ortalamalar büyüklüklerine göre sıralanır.

	Ort.	10FJ	5FJ	K
		14.41	19.76	26.53
K	26.53	12.12**	6.77**	-
5FJ	19.76	5.35**	-	-
10FJ	14.41	-	-	-

0.05	Denemeler	X_o	$X_o - LSR$
a	K	26.53	26.53 - 1.84 = 24.69
b	5FJ	19.76	19.76 - 1.77 = 17.99
c	10FJ	14.41	

0.01	Denemeler	X_o	$X_o - LSR$
a	K	26.53	26.53 - 2.54 = 23.99
b	5FJ	19.76	19.76 - 2.42 = 17.34
c	10FJ	14.41	

12.12 > 1.83 ve 12.12 > 2.54 olduğundan 10FJ değerleri Kontrol değerlerine göre % 5 ve % 1 seviyesinde önemli farklılık göstermiştir.

5.35 > 1.77 ve 5.35 > 2.42 olduğundan 5FJ değerleri 10FJ değerlerine göre % 5 ve % 1 seviyesinde önemli farklılık göstermiştir.

6.77 > 1.77 ve 6.77 > 2.42 olduğundan 5FJ değerleri Kontrol değerlerine göre % 5 ve % 1 seviyesinde önemli farklılık göstermiştir.

24.69 > 14.41, 24.69 > 19.76 ve 17.99 > 14.41 olduğundan hepsi % 5 seviyesinde birbirinden farklıdır ve farklı harflerle gösterilmiştir.

23.99 > 19.76, 23.99 > 14.41 ve 17.34 > 14.41 olduğundan hepsi % 1 seviyesinde birbirinden farklıdır ve farklı harflerle gösterilmiştir.

Çiftlik serisi 2. yağmurlama sonuçları

	K	5FJ	10FJ	
ΣX	127.13	86.63	71.96	
X_o	21.19	14.44	11.99	Toplam
$\Sigma(X-X_o)^2$	8.41	1.14	12.83	22.38
S.D.	5	5	5	15

P	2	3	İhtimal
SSR	3.05	3.16	0.05
LSR	1.53	1.58	
SSR	4.17	4.37	0.01
LSR	2.08	2.18	

$$S_p^2 = 22.38/15 = 1.49 \quad S_{x_o} = \sqrt{S_p^2 / r} = \sqrt{1.49/6} = 0.50$$

$$LSR = SSR \cdot S_{x_o}$$

Ortalamalar büyüklüklerine göre sıralanır.

	Ort.	10FJ	5FJ	K
		11.99	14.44	21.19
K	21.19	9.20**	6.75**	-
5FJ	14.44	2.45**	-	-
10FJ	11.99	-	-	-

0.05	Denemeler	X_o	$X_o - LSR$
a	K	21.19	21.19 - 1.58 = 19.61
b	5FJ	14.44	14.44 - 1.53 = 12.91
c	10FJ	11.99	

0.01	Denemeler	X_o	$X_o - LSR$
a	K	21.19	21.19 - 2.18 = 19.01
b	5FJ	14.44	14.44 - 2.08 = 12.36
c	10FJ	11.99	

9.20 > 1.58 ve 9.20 > 2.18 olduğundan 10FJ değerleri kontrol değerlerine göre % 5 ve % 1 seviyesinde önemli farklılık göstermiştir. 2.45 > 1.53 ve 2.45 > 2.08 olduğundan 5FJ değerleri 10FJ değerlerine göre % 5 ve % 1 seviyesinde önemli farklılık göstermiştir. 6.75 > 1.53 ve 6.75 > 2.08 olduğundan 5FJ değerleri Kontrol değerlerine göre % 5 ve % 1 seviyesinde önemli farklılık göstermiştir. 19.61 > 14.44, 19.61 > 11.99 ve 12.91 > 11.99 olduğundan hepsi % 5 seviyesinde birbirinden farklıdır ve farklı harflerle gösterilmiştir. 19.01 > 14.44, 19.01 > 11.99 ve 12.36 > 11.99 olduğundan hepsi % 1 seviyesinde birbirinden farklıdır ve farklı harflerle gösterilmiştir.

5. ÖNEM TESTİ SONUÇLARI VE ÖNERİLER

Önem testi sonuçlarına göre; fosfojipsli denemeler ile kontrol denemeleri arasındaki olumlu farklar yüzey akış değerleri dışında genellikle önemli çıkmıştır. Yüzey akışa ait kontrol ve fosfojips ölçümleri arasındaki farklar her iki toprak örneği ve her iki yağmurlama için önemsiz bulunmuştur. Ancak daha önce de belirtildiği gibi, yüzey akış değerleri fosfojipsli denemelerde kontrol denemelerine göre Kurupelit serisi toprak örnekleri için 1.6-1.9 kat; Çiftlik serisi toprak örnekleri için 1.2-2.3 kat azalma göstermiştir.

Toplam infiltrasyon oranı ile ilgili kontrol ve fosfojips denemelerine ait sonuçlar incelendiğinde Kurupelit serisi 1. yağmurlama denemeleri dışındaki bütün değerler istatistiksel olarak % 5 seviyesinde önemli bulunmuştur. Son infiltrasyon oranları arasındaki farklar 2. yağmurlama denemelerinde, Kurupelit serisine ait toprak örnekleri için % 5 seviyesinde; Çiftlik serisine ait toprak örnekleri için % 5 ve %1 seviyesinde önemli çıkmıştır.

Toplam yıkanan sediment miktarları için yapılan önem testi sonuçlarına göre; kontrol ve fosfojipsli denemeler arasındaki fark Kurupelit serisi için % 5 seviyesinde, Çiftlik serisi için % 5 ve 1 seviyesinde önemli bulunmuştur. Toplam kaybolan sediment miktarları için yapılan önem testlerinde her iki toprak örneği için kontrol ve fosfojips denemeleri arasındaki farkların % 5 ve %1 seviyesinde önemli olduğu belirlenmiştir.

Toprak yüzeyine uygulanan fosfojips, yağmurlama esnasında oluşan çözeltinin elektrolit konsantrasyonlarını artırarak, toprak taneciklerinin dağılmasını engeller ve agregatlaşmayı teşvik eder. Bunun sonucunda ise toprak yüzeyindeki kaymak oluşumu geciktirilir ve daha yavaş oluşur. Eğim dikliği arttıkça kaymak oluşum süreci daha zayıf olarak görülmekte ve aşındırılabilir. Fosfojipsin, kaymak oluşumu üzerindeki olumlu etkileri dik eğimlerde daha belirgin olmaktadır.

Kaymak tabakasının daha geç ve daha yavaş oluşması sonucu infiltrasyon artar ve yüzey akış hacmi düşer. Böylece topraktan yıkanarak kaybolan sediment miktarı da azalır. Buradan da anlaşılacağı gibi su erozyon süreci bir olaylar zinciridir. Bu olaylar zincirinin herhangi bir noktasına koruma önlemleri konulduğu takdirde bu süreç bozulur ve erozyon engellenmiş olur. Su erozyon sürecinin başlangıcı olan şiddetli yağışlara bugünkü teknoloji ile pek fazla yapabilecek bir şey yoktur. Ancak yağmur damlalarının vuruş enerjisi sonucu toprak yüzeyinde yaptığı zararlar toprak düzenleyiciler yardımı ile azaltılabilir.

Bu araştırmada fosfojipsin bir toprak düzenleyici olarak dikkate alınabileceği ortaya konmaya çalışılmıştır. Fosforik asit yöntemi ile gübre elde eden fabrikaların atık maddesi olan fosfojipsin temin edilmesi oldukça kolaydır. Halen Samsun ve Bandırma Azot fabrikalarına ait depolama sahalarında biriktirilmektedir. Nakliye imkanları sağlandığı takdirde, depolama sahalarından alınabileceği yetkililerce ifade edilmektedir. Toprak yüzeyindeki bitki örtüsünün sık olmadığı özellikle orta eğimli (% 6-15) arazilerde, fosfojipsin toprak yüzeyine 5 veya 10 ton.ha⁻¹ olarak uygulanması erozyonu azaltmak yönünden yararlı olacaktır.

KAYNAKLAR

AARSTAD, J.S. and MILLER, D.E. 1973. Soil management practices for reducing runoff under center-pivot sprinkler systems. *J. Soil Water Conserv.* 28:171-173.

AGASSI, M., SHAINBERG, I. and MORIN, J. 1981. Effect of electrolyte concentration and soil sodicity on the infiltration rate and crust formation. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 45:848-851.

AGASSI, M., MORIN, J. and SHAINBERG, I. 1984. The effect of water drop impact energy and water salinity on the infiltration rate of sodic soils. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 49:186.

AGASSI, M., MORIN, J. and SHAINBERG, I. 1985a. Effect of raindrop impact energy and water salinity on infiltration rate of sodic soils. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 49:186-190.

AGASSI, M., SHAINBERG, I. and MORIN, J. 1985b. Infiltration and runoff in wheat fields in the semi-arid region of Israel. *Geoderma* 36:263-276.

AGASSI, M., SHAINBERG, I. and MORIN, J. 1986. Effect of powdered phosphogypsum on the infiltration rate of sodic soils. *Irrigation Science* 7:53-61.

AGASSI, M., SHAINBERG, I. and MORIN, J. 1990. Slope aspect and phosphogypsum effects on runoff and erosion. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 54:1102-1106.

AGASSI, M. and BEN HUR, M. 1991. Effect of slope length, aspect and phosphogypsum on runoff and erosion from steep slopes. *Australian-Journal-of-Soil-Research*.

AKALAN, İ., 1972. Erozyon ve toprak muhafazalı çiftlik ve mer'a planlaması. A.Ü. Ziraat Fak. Yay. 457/3.

AKALAN, İ. ve DOĞAN, O. 1988. Çayır-Mer'a bitkileri ile toprak arasındaki ilişkiler. Köy Hizmetleri Araştırma Enstitüsü Yayınları. 135: 8-9.

AKIN, H., 1994. Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Kenan Evren Araştırma ve Uygulama Çiftliği Topraklarının Toprak ve Su Koruma Yönünden Planlaması. Yüksek lisans tezi (Basılmamış).

BARROWS, H.L. and KILMER, V.S. 1963. Plant nutrient losses from soils by water erosion. *Adv. Agron.* 15: 303-316.

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 Sci. Soc. Am. J.* 56:1571-1576.

BEN HUR, M., SHAINBERG, I., KEREN, R. and GAL, M. 1985. Effect of water quality and drying on soil crust properties. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 49: 191-196.

CARY, J.W. and EVANS, D.D. (ed) 1974. Soil crusts. Tech. Bull. 214. Agric. Exp. Stn., Univ. Arizona.

CHEN, Y., TARCKITZKY, J., MORIN, J. and BANIN, A. 1980. Scanning electron microscope observations on soil crusts and their formation. *Soil Sci.* 130:49.

CROSSON, P.R., 1986. Soil erosion and policy issues. In Tim T. Phipps, P.R. Crosson, and K.A. Price (eds). *Agriculture and the Environment*. Nat. Center for Food and Agr. Policy, Washington, D.C.

- ÇANGA, M.R., 1991.** Toprak ve Su Koruma. A.Ü. Ziraat Fakültesi Toprak Bölümü Ders Notları.
- ÇANGA, M.R., 1994.** Anız yakmanın yüzey akış ve erozyona etkileri. A.Ü. Ziraat Fakültesi Yayın No: 1381. ANKARA.
- ÇANGA, M.R. ve ERPUL, G. 1994.** Sakarya (Karasu) ve Yalova (Atatürk) Tarım İşletmeleri Arazilerinin Erozyon Duyarlık Değerlendirmesi. Topraksu 23-27. ANKARA.
- DULEY, F.L., 1939.** Surface factors affecting the rate of intake of water by soils. Soil Sci. Soc. Am. Proc 4:60.
- DU PLESSIS, H.M. and SHAINBERG, I. 1985.** Effect of exchangeable sodium and phosphogypsum on the hydraulic properties of several South African soils. S. Afr. J. Plant Soil. 2:179-185.
- FERREIRA, A.G., ALEXANDRE, C., CASSAMA, S. and RICKSON, R.J. 1994.** Effect of soil conditioners on the infiltration rate of an alluvial soil. 1st Int. Congress of the European Soc. for Soil Conservation. 398-404.
- FOSTER, G.R., 1982.** Modelling the erosion process. p. 297-379. In C.T. Haan, (ed.) Hydrological modeling of small watersheds. ASAE Monograph no. 5, St. Joseph, MI.
- FRENKEL, H., GOERTZEN, Y.O. and RHOADES, Y.D.. 1978.** Effects of clay type and content, exchangeable sodium percentage and electrolyte concentration on clay dispersion and soil hydraulic conductivity. Soil Sci. Soc. Am. J. 42:32-39.
- FREVERT, R.K., SCHWAB, O.G., BARNES, K.K. and EDMINSTER, T.W. 1955.** Soil and Water Conservation. John Wiley and Sons, Inc., New York.
- GABRIELS, D., DE BOODT, M. and MINJAUX, W. 1973.** Description of a rainfall simulator for erosion studies. Mededelingen Fac. Landbouwwet Gent. 38: 294-303.
- GAL, M., ARCAN, L., SHAINBERG, I. and KEREN, R. 1984.** Effect of exchangeable Na and phosphogypsum on crust structure SEM observations. Soil Sci. Soc. Am. J. 48:872-878.
- GÖKMEN, S., 1992.** Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Kenan Evren Araştırma ve Uygulama Çiftliği Topraklarının Detaylı Etüd ve Haritalanması. Yüksek lisans tezi (Basılmamış).
- GRIERSON, I.T., 1978.** Gypsum and red-brown earths. p. 315-324. In W.W. Emerson et al. (ed.) Modification of soil structure. Wiley & Sons. New York.
- 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 Sci. Soc. Am. J. 34:665-676.
- ILYAS, M., MILLER, R.W. and QURESHI, R.H. 1993.** Hydraulic conductivity of saline-sodic soil after gypsum application and cropping. Soil Sci. Soc. Am. J. 57: 1580-1585.
- JACKSON, M.L., 1962.** Soil chemical analysis. Prentice-Hall of India Private Ltd. New Delhi.
- KARA, E.E., APAN, M., KORKMAZ, A., GÜLSER, C. ve KARA, T. 1993.** O.M.Ü. yerleşim sahası topraklarının etüd ve haritalanması, sulama yönünden bazı özelliklerinin belirlenmesi. O.M.Ü. Proje sonuç raporu (Z-073). SAMSUN.
- KARAOĞLU, M. ve ÇANGA, M.R. 1993.** Atatürk tarım işletmesi (YALOVA) arazileri erozyon etüdü. Ankara Üniversitesi Ziraat Fak. Yıllığı. Cilt 43. Fasikül No. 1-2. 65-76. ANKARA.

KAZMAN, Z., SHAINBERG, I. and GAL, M. 1983. Effect of low levels of exchangeable sodium and applied phosphogypsum on the infiltration rate of various soils. *Soil Science*. Vol. 135. No:3.

KEMPER, W.D. and KOCH, E.J. 1965. Aggregate stability. Ed. BLACK C.A. *Methods of soil analysis. Part I.* Am. Soc. of Agr. Madison. Wisconsin. USA. 1: 511-519.

KEREN, R. and SHAINBERG, I. 1981 Effect of dissolution rate on the efficiency of industrial and mined gypsum in improving infiltration of a sodic soil. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 45:103.

KORENTAJER, L., HENRY, P.C. and EISENBERG, B.E. 1991. A simple effects analysis of the effects of phosphogypsum application on phosphorus transport to runoff water and eroded soil sediments. *Journal of Environmental Quality*. 20: 3, 596-603; 33 ref.

LOWDERMILK, W.C., 1953. Conquest of the land through 7000 years. *Agricultural Bulletin* No.99, USDA SCS, Washington, D.C.

McINTYRE, D.S., 1958. Permeability measurements of soil crusts formed by raindrop impact. *Soil Sci.* 85:185.

McNEAL, B.L. and COLEMAN, N.T. 1966. Effect of solution composition on soil hydraulic conductivity. *Soil Sci. Soc. Am. Proc* 20:308.

MILLER, W.P., 1987. Infiltration and soil loss of three gypsum amended ultisols under simulated rainfall. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 51:1314-1320.

MIDDLETON, H.E., 1930. Proportion of soils which influence soil erosion. *USDA Tech. Bull.* 178.

MOLDENHAUER, W.C. and KEMPER, W.D. 1969. Interdependence of water drop energy and clod size on infiltration and clod stability. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 33:297-301.

MOORE, C.D. and SINGER, M.J. 1990. Crust formation effects on soil erosion processes. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 54: 1117-1123.

MORIN, J., BENYAMINI, Y. and MICHAELI, A. 1981. The dynamics of soil crusting by rainfall impact and the water movement in the soil profile. *J. Hydrol.* 52:321-335.

PALMER, G.B. and TROEH, R.F. 1977. *Introductory soil science laboratory manual.* Iowa State University Press. Am. IOWA. USA.

POESEN, J., 1986. The role of slope angle in surface seal formation. P. 437-488. *In* V. Gardner (ed.) *Proc. of the 1st Int. Conference on Geomorphology, Resources Environment and the Developing World.* John Wiley and Sons, New York.

QUIRK, J.P. and SCHOFIELD, R.V. 1955. The effect of electrolyte concentration on soil permeability. *J. Soil Sci.* 6:163.

ROSE, C.W., 1985. Developments in soil erosion and deposition models. *In* B.A. Stewart (ed.) *Adv. Soil Sci.* 2:1-63.

SHAINBERG, I., RHOADES, J.D. and PRATHER, R.J. 1981. Effect of low electrolyte concentration on clay dispersion and hydraulic conductivity of a sodic soil. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 45:273.

- SHARON, D., 1980.** The distribution of hydrologically effective rainfall incident on sloping ground. *J. Hydrol.* 46:165-188
- SHARON, D., MORIN, J. and MOSHE, Y. 1988.** Micro-topographical variations of rainfall incident on ridges of a cultivated field. *Trans. ASAE.* 31:1715-1722.
- SMITH, H.J.C., LEVY, G.J. and SHAINBERG, I. 1990.** Water-droplet energy and soil amendments: Effect on infiltration and erosion. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 54:1084-1087.
- SÖNMEZ, N., 1960.** Hidrolik kondaktivite ve burğu deliği (Auger hole) metodu ile taban suyu altında hidrolik kondaktivitenin ölçülmesi. A.Ü. Ziraat Fakültesi Yayın No: 64. ANKARA.
- USDA, 1972.** Soil survey laboratory methods and procedures for collecting soil samples. U.S. Department of Agriculture Washington D.C.
- WALKER, P.H., HUTKA, J., MOSS, A.J. and KINNEL, P.I.A. 1977.** Use of versatile experimental system for soil erosion studies. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 41:610-612.
- WARRINGTON, O., SHAINBERG, I., AGASSI, M. and MORIN, J. 1989.** Slope and phosphogypsum's effects on runoff and erosion. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 53:1201-1205.
- WILLIAM, E.E. and COX, J.R. 1994.** Changes in surface runoff and sediment production after repeated rangeland burns. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 58: 199-203.
- WISCHMEIER, H.W. and MANNERING, J.V. 1969.** Relation of soil properties to its erodibility. *Soil Sci. Soc. Amer. Proc.* 30: 272-277.
- WISCHMEIER, H.W., JOHNSON, C.B. and CROSS, B.V. 1971.** A soil erodibility nomograph for farmland and construction sites. *Soil and water conservation.* 26: 189-192.
- YOUNG, R.A. and WIERSMA, Y.L. 1973.** The role of rainfall impact in soil detachment and transport. *Water Resour. Res.* 9: 1629-1636.
- YURTSEVER, N., 1984.** Deneysel istatistik metodlar. T.C. Tarım Orman Köy İşleri Bakanlığı. Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğü Yayınları. Genel yayın no.121. Teknik yayın no. 56. ANKARA.

ÖZGEÇMİŞ

1959 yılında Eskişehir'de doğdu. İlk ve orta tahsilini Eskişehir'de, lise tahsilini Ankara Meteoroloji Meslek Okulunda tamamladı.

1976 yılında memuriyete başladı ve Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü taşra teşkilatında çeşitli görevlerde bulundu.

1985 yılında Erzurum Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Kültürteknik Bölümünden Ziraat Mühendisi olarak mezun oldu.

1987 yılında Devlet Memurları Yabancı Diller Eğitim Merkezinde bir yıl süreyle ingilizce eğitimi gördü.

1988-89 yıllarında vatani görevini Balıkesir ve Kırklareli/Vize'de yedek subay olarak yaptı.

1989-91 yıllarında Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Toprak Bölümünde yüksek lisans eğitimini tamamladı ve Ziraat Yüksek Mühendisi ünvanını aldı. Aynı dönemde açılan doktora imtihanını kazandı ve doktora eğitimine başladı.

1992 yılında Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü bünyesinde münhal olan Hidrometeoroloji Şube Müdürlüğü görevine atandı.

1993 yılında Harp Okulları Komutanlığı bünyesindeki Milli Güvenlik Akademisinin 39. Dönem eğitimine devam etti.

1993 yılında Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü bünyesinde münhal olan Zirai Meteoroloji Şube Müdürlüğü görevine atandı.