

FARKLI DEBİ VE EĞİM KOŞULLARININ PARMAK EROZYONU VE SEDİMENT KONSANTRASYONU ÜZERİNE ETKİLERİ*

Mehmet PARLAK^{1a} Mustafa R. ÇANGA²

¹Çanakkale Tarım İl Müdürlüğü, Çanakkale

²Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Toprak Bölümü, Ankara

Kabul Tarihi: 19 Şubat 2007

Özet

Çiftlik Serisi (Typic Calciorthid) toprağında, parmak erozyonu ve sediment taşınımı üzerine farklı debi ve eğim koşullarının etkisini saptamak için, laboratuvar çalışması yapılmıştır. 160 cm uzunluk ve 80 cm genişliğindeki toprak tavasında, denemeler 5, 10 ve 15 l dk⁻¹ debi ve % 5, 10, 15 ve 20 eğimlerde yürütülmüştür. Debi ve eğimin artışıyla sediment konsantrasyonu artmıştır. 15 l dk⁻¹ debi ve % 20 eğimde sediment konsantrasyonu 1027.66 g l⁻¹ ile en yüksek değerde yer alırken, 5 l dk⁻¹ debi ve % 5 eğimde 212.51 g l⁻¹ ile en düşük seviyede yer almıştır. Diğer uygulamalar bu iki değer arasında değişim göstermiştir. Debinin artmasıyla akış hızı da artmıştır. Parmakların genişliği 6–11 cm olarak ölçülmüştür.

Anahtar Kelimeler: Parmak Erozyonu, Yoğun Akış, Sediment Konsantrasyonu, Toprak Erozyonu

The Effects of Different Discharge and Slope Conditions on Rill Erosion and Sediment Concentration

Abstract

This research was carried out in a laboratory on Çiftlik Series (Typic Calciorthid) soils to determine the effects of different discharge and slope conditions on rill erosion and sediment transportation. Soil pan with 160 cm length and 80 cm width was prepared to see the effects of different discharge and slopes. The values were 5, 10 and 15 l min⁻¹ for discharge and 5, 10, 15 and 20 % for slope. With the increment in discharge and slope sediment concentration increased. The highest sediment concentration was 1027.66 g l⁻¹ at the discharge value of 15 l min⁻¹ and 20 % slope while the lowest value, 212.51 g l⁻¹, was obtained at that of 5 l min⁻¹ and 5 % slope. The results of other trials changed between these values. With the increment in discharge flow velocity increased also. Rills were measured as 6-11 cm in wide.

Key Words: Rill erosion, concentrated flow, sediment concentration, soil erosion.

1. Giriş

Erozyon insan ekolojisi ve ekonomisi bakımından verimli üst toprağı uzaklaştırması, karayolları ve arazilerde oyuntulara, heyelanlara yol açması, akarsu kanalları ve su depolama havzalarında siltlenme, ötrofikasyon ve diğer birçok yolla çevresel bozulmaya neden olmasından dolayı çok önemli bir yere sahiptir. Erozyon karmaşık bir takım olayları içermekte olup, mekaniği ve kontrolü hakkında bilinmeyen daha çok husus vardır (Taysun ve ark., 1995).

Parmak erozyonu; yamaçlarda ve tarım alanlarının eğimli yerlerinde yüzey akışa geçen suların aşındırması sonucu oluşan birbirine paralel olarak uzanan

çizgisel kanalcıklardır.

Parmak erozyonu, yüzey erozyonunun ilerlemiş bir safhasıdır. Eğimi % 4-5'den fazla olan arazilerdeki siltce zengin, yumuşak, yeni sürülmüş topraklarda parmak erozyonu en fazla rastlanan erozyon şeklidir. Parmak erozyonu yüzey erozyonuna nazaran daha bariz şekilde kendini göstermesine rağmen, çoğunlukla ihmal edilir. Meydana getirdiği kayıplar üzerinde uzun boylu düşünülmez. Çünkü oluşan küçük parmaklar toprak işleme aletleriyle kolaylıkla giderilir ve unutulurlar. Parmak erozyonu oluşturduğu zarar bakımından en az yüzey erozyonu kadar ciddidir.

Bazı araştırmacılar (Foster ve Meyer,

* Doktora tezinin bir bölümüdür.

^a İletişim: M. Parlak, e-posta: mehmetparlak06@hotmail.com

1975; Brown ve ark., 1989) parmak erozyonunun genellikle debinin artmasıyla arttığını saptamışlardır.

Kalman (1976) % 8 – 40 eğim aralığında akış hızı üzerine eğimin etkisinin olmadığını bildirmiştir. Savat ve De Ploey (1982), birçok alanda geçici parmakların 2–3° veya daha dik eğimlerde oluştuğunu belirlemişlerdir.

Fullen ve Reed (1987), batı Midlands (İngiltere)'daki tınlı kumlu tarım alanlarında parmak erozyonunu 7–15° eğimde ve 25 m²'lik bitki olmayan yüzey akış parsellerinde araştırmışlardır. Yüzey akış parsellerinde 10 mm saat⁻¹ şiddetli yağışlar süresince parmaklar gelişmiştir. 13°'den büyük eğimde parmakların en büyük ve yaygın olduğunu, ardıl yağışların parmakları derinleştirip genişlettiğini bildirmişlerdir.

Govers (1991), Belçika' da tarım alanlarında parmak erozyonunu belirlemek için 3 yıl süreyle yaptığı çalışmada, ortalama parmak erozyonunu 0.36 kg m² ⁻¹ olarak saptamıştır. Eğim, uzunluk ve parmak erozyonu arasındaki ilişkinin değişken olduğunu belirlemiştir. Eğim ve uzunluk üslerindeki değişiklik tarlalar arasındaki üst toprak bünyesi, yapısı, bitki örtüsü ve bunların dinamik etkileşimleri ile açıklanamamıştır. Çıplak bir tarım alanına göre % 20–40 bitkisel örtüye sahip alanlar parmak erozyonunu % 30 azaltmıştır.

Govers (1992) parmaklarda debi, akış hızı ve akış alanı arasındaki ilişkileri arazi ve laboratuvar çalışmalarındaki verileri kullanarak oluşturmuştur. Önerilen ilişkilerin diğer çalışmalarda ölçülen akış hızlarını başarılı bir şekilde tahmin ettiği görülmüştür. Eğim 0.035 ten 0.45'e ve toprak materyali taşlı kumdan siltli tına değişmesine rağmen, ortalama akış hızı tek başına debiden tahmin edilebilmiştir.

Abrahams ve ark. (1996) yetmiş tarla denemesini Arizona'daki (Walnut Gulch) çakıllı toprakların bulunduğu yedi parmakta yapmışlardır. Bu çalışmada genişlik, sığ kesit alanı ve çakılla kaplı yataklarla karakterize edilen parmakların ortalama hidrolik geometri üsleri $b=0.33$, $f=0.34$ ve $m=0.33$ (b : genişlik üssü, f : derinlik üssü ve m : hız üssü) olarak belirlenmiştir. Bu değerler arasında fark olmasına rağmen, ekili arazilerdeki parmaklar için $b=0.30$,

$f=0.40$ ve $m=0.30$ değerlerinin istatistiksel olarak önemsiz olduğu saptanmıştır.

Desment ve Govers (1997) topografya, parmak oluşumu ve geometrisini küçük bir tarım alanında etüt etmişlerdir. Araştırmacılar, parmak ağı ve boyutlarını grid bazlı bir sisteme dönüştürerek eğim açısı ile her bir grid hücresindeki alanı hesaplamak için kullanmışlardır. Parmak kesiti ve eğim açısının üssel fonksiyonu ve alanı arasında iyi bir korelasyon bulunmuştur.

Oygarden (2003), Norveç'teki tarım alanlarında yaptığı çalışmada esas olarak yüzey ve çok az parmak erozyonu oluştuğunu bildirmiştir. 1990 yılının ocak ve şubat ayları süresince istisnai yağış olayları (30 yıllık aylık ortalamanın % 230'u) aşırı yüzey akış ve erozyona neden olmuştur. Yüksek silt ve kum içeriği, ciddi parmak oluşumu ve geçici oyuntulara neden olmuştur. Araştırmada, bu olaydan sonra ölçülen parmak ve geçici oyuntuların olduğu 3 küçük havzadaki arazi etüdünün sonuçlarına göre, parmak ve oyuntu erozyonunun neden olduğu toprak kaybı 100 t ha⁻¹, bir başka deyişle, çalışma alanındaki 8-9 mm kalınlığındaki toprağına eşit olmuştur.

Bu çalışmanın amacı, laboratuvarda kurulmuş olan bir düzenek yardımıyla farklı debi ve eğim koşullarının parmak erozyonu ve sediment konsantrasyonu üzerine etkilerini belirlemektir.

2. Materyal ve Yöntem

Araştırmada kullanılan toprak materyali Çiftlik Serisinden (Typic Calciorthid) 0–20 cm derinlikten alınmıştır (Gökmen ve Yüksel 1993). Deneme için yaklaşık 6 ton toprak çalışma alanına getirilmiştir.

Araştırmada kullanılan toprak örneğinde bünye hidrometre yöntemi (Bouyoucous, 1951), tarla kapasitesi, solma noktası ve yarayışlı su miktarı (Cassel ve Nielsen, 1986), hacim ağırlığı (Blake ve Rosenau, 1986), hidrolik iletkenlik (Klute ve Dirksen, 1986), toprak reaksiyonu ve elektriksel iletkenlik (U.S. Salinity Laboratory Staff, 1954), kireç (Nelson,

1982), organik madde (Nelson ve Sommers 1982) tarafından bildirildiği şekilde tespit edilmiştir.

Araştırma 1.6 m uzunluğunda, 0.8 m genişliğinde ve 0.24 m derinliğindeki toprak tavaşında yapılmıştır (Şekil 1). Toprak tavaşının üst kısmına debi kontrol haznesi bağlanmıştır. Deney düzeneğinde 220 litrelik varil kullanılmıştır. Varil bir hortum aracılığıyla debi kontrol haznesine bağlanmıştır. Debi kontrol haznesine bağlanan varile, çalışma sırasında debinin değişip değişmediğini anlamak için, 2 tane piyezometre borusu ilave edilmiştir.

Laboratuara getirilen toprak deneme öncesi kurutulmuştur. Deneme yapılıncaya kadar toprak materyaline eleme, öğütme gibi hiçbir mekaniksel işlem yapılmamıştır. Toprak tavaşına 2 cm kalınlığında çakıl katmanı ile 22 cm toprak doldurulmuştur.

Bir tahta yardımıyla toprak yüzeyi düzlenmiştir.

Debinin belirlenmesinde, hacmi bilinen bir kabın dolma süresinin ölçülmesi yöntemi uygulanmıştır (Öztürk ve ark., 1989). İstenilen eğimi sağlamak için toprak tavaşı makaralı bir sistemle belli yüksekliğe kaldırılmıştır. Eğimi hesaplamak için aşağıdaki eşitlik kullanılmıştır:

$$Egim(\%) = \frac{h}{L} \times 100 \quad (1)$$

Bu eşitlikte:

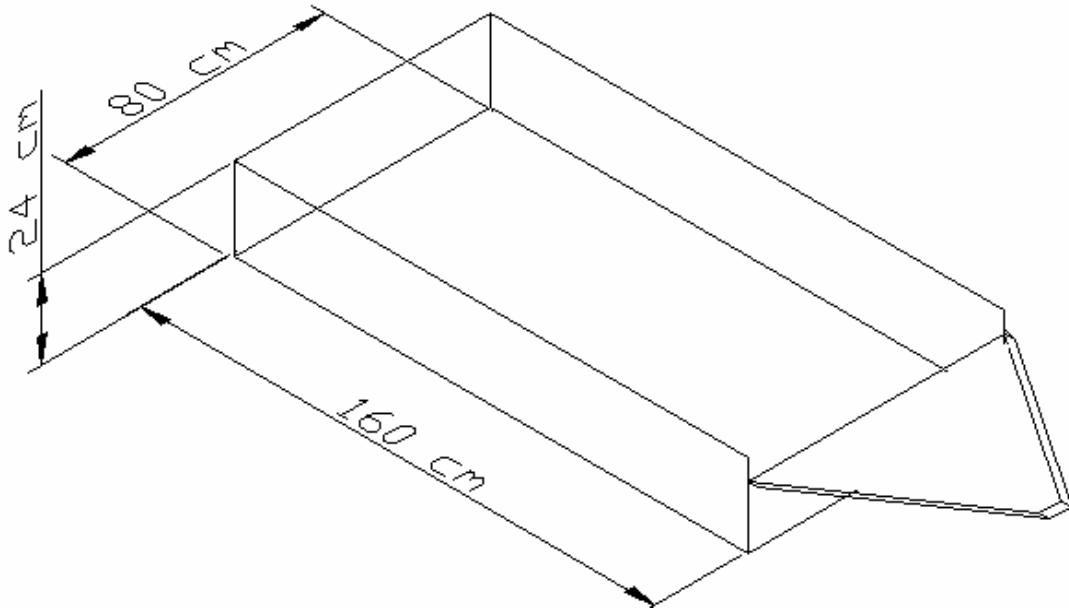
h: Tavanın kaldırılmış haldeki yüksekliği (m)

L: Tavanın boyu (m)

Araştırma, 3 debi (5, 10 ve 15 litre dakika⁻¹) x 4 eğim (% 5, 10, 15 ve 20) x 4 tekrür olmak üzere toplam 48 defa yapılmıştır. Araştırmadaki debi ve eğim

Çizelge 1. Araştırmada Kullanılan Toprağın Bazı Fiziksel ve Kimyasal Özellikleri

Kum (%)	Silt (%)	Kil (%)	Bünye Tın (L)	İskelet (%)
36.06	41.78	22.16		8.45
Tarla Kapasitesi (%)	Solma Noktası (%)	Yarayışlı Su Miktarı (%)	Hacim Ağırlığı (g cm ⁻³)	Hidrolik İletkenlik (cm saat ⁻¹)
29.31	19.89	9.42	1.41	5.71
Agregat Dayanıklılığı (%)	pH (Saturasyon Çamurunda)	EC (dS m ⁻¹) (Saturasyon Çamurunda)	CaCO ₃ (%)	Organik Madde (%)
48.02	7.68	0.57	23.06	1.52



Şekil 1. Araştırmada Kullanılan Toprak Tavaşı

değerleri Huang ve ark., (1999) 'ın yaptığı çalışmadaki veriler dikkate alınarak seçilmiştir. Her bir deneme 60 dakika süreyle yapılmıştır. Yüzeysel akış ve sediment ölçümleri tavanın alt ucuna yerleştirilen 45 litrelik bidon yardımıyla 4 dakika ara ile yapılmıştır. Her çalışma sonrası, 20 ml sature alum $[AlK(SO_4)_2]$ çözeltisi askıdaki sedimentin çöktürülmesi için bidona ilave edilmiştir. Suyun fazlası bidondan dışarı dökülmüş ve sediment başka bir kaba nakledilmiştir. Kaplar 24 saat süreyle 105 °C' de etüvde kurutulmuş, kuru ağırlıkları belirlenmiştir (Huang ve ark., 1999).

Kesit su akış genişliğini bulmak için her bir denemeden sonra profil boyunca oluşan parmakların genişliği düzenli aralıklarla bir cetvel yardımıyla ölçülmüş ve ortalamaları alınarak hesaplanmıştır (Polyakov and Nearing 2003). Akış hızı ölçülerek bulunmuştur. Bu ölçüm parmaklar oluştuktan sonra boya kullanılarak yapılmıştır. Boya toprak tavaşının üst ucundan parmağa ilave edilmiş ve alt uca ulaşmaya kadar geçen süre bir kronometre yardımıyla belirlenmiştir (Govers, 1992).

Sediment konsantrasyonu (q_s): Toplam yüzeysel akışı, her bir bidondaki toplanan yüzeysel akış miktarının tavanın alanına bölünmesi ile bulunmuştur. Toplam toprak kaybı, her bir bidonda kuru ağırlığı belirlenen toprağın tavanın alanına bölünmesi ile hesaplanmıştır. Sediment konsantrasyonu ise toprak kaybının yüzeysel akışa oranlanması ve gerekli birimlerin çevrilmesiyle bulunmuştur.

$$p = \frac{\sum_{i=1}^n P_i}{A} \quad (2)$$

$$t = \frac{\sum_{i=1}^n t_i}{A} \quad (3)$$

$$q_s = \frac{\sum_{i=1}^n t_i}{\sum_{i=1}^n P_i} \quad (4)$$

Bu eşitliklerde:

p: toplam yüzeysel akış ($l \text{ m}^2 \text{ }^{-1}$)

i: 1.....n, bidon sayısı

Pi: her bir bidondaki toplam yüzeysel akış miktarı (l)

A: tavanın alanı (m^2)

t: toplam toprak kaybı ($\text{kg m}^2 \text{ }^{-1}$)

ti: her bir bidondaki toprağın miktarı (kg)

q_s : sediment konsantrasyonu (g l^{-1})

3. Bulgular ve Tartışma

Farklı debi ve eğim koşullarında sediment konsantrasyonuna ilişkin verilerle yapılan varyans analizi sonuçları Çizelge 2'de gösterilmiştir.

Çizelge 2 incelendiğinde, sediment konsantrasyonu yönünden debi, eğim ve debi x eğim interaksyonu % 1 düzeyinde önemli çıkmıştır. Ortalamaların ve Duncan testi sonuçlarının verildiği Çizelge 3'e göre, debi ve eğimin artmasıyla sediment konsantrasyonunda önemli artış meydana gelmiştir. En yüksek sediment konsantrasyonu 714.51 g l^{-1} ile 15 l dk^{-1} debide elde edilirken, 10 l dk^{-1} debide sediment konsantrasyonu 516.12 g/l olmuştur. En düşük sediment konsantrasyonu 385.03 g l^{-1} ile 5 l dk^{-1} debide belirlenmiştir.

Sediment konsantrasyonu 821.38 g l^{-1} ile % 20 eğimde belirlenmiş ve en yüksek değerde yer almıştır. Bunu 645.46 g l^{-1} ile % 15 eğim ve 425.13 g l^{-1} ile % 10 eğim takip etmiştir. En düşük sediment konsantrasyonu % 5 eğimde (262.24 g l^{-1}) elde edilmiştir.

En yüksek sediment konsantrasyonu 1027.66 g l^{-1} ile 15 l dk^{-1} debi ve % 20 eğimde saptanmıştır. En düşük değer ise 212.51 g l^{-1} ile 5 l dk^{-1} debi ve % 5 eğimde belirlenmiştir. Diğer uygulamalara ilişkin veriler bu iki değer arasında yer almıştır.

Debinin artmasıyla sediment konsantrasyonunda da önemli bir artış meydana gelmiştir. Parmak erozyonunda aktif olan en önemli taşıma aracı akan sudur. Su toprağı yüzdürme kabiliyetindedir ve çalkantıların yardımıyla taşımaktadır. Çalkantılı akım yüksek bir aşındırmanın meydana gelmesine sebep olur. Çalkantılar

Çizelge 2. Farklı Debi ve Eğim Koşullarında Sediment Konsantrasyonuna İlişkin Varyans Analizi Sonuçları

Varyasyon Kaynağı	Serbestlik Derecesi	F Değeri	p>F
Debi	2	643.05	<.0001
Eğim	3	1055.37	<.0001
Debi x Eğim	6	79.98	<.0001

Çizelge 3. Farklı Debi ve Eğim Koşullarında Sediment Konsantrasyonunun Ortalamaları (g l⁻¹)

Eğim (%)	Debi (l dk ⁻¹)			
	5	10	15	Ortalama
5	212.51 G	255.43 G	318.79 F	262.24 D
10	319.71 F	432.76 E	522.92 D	425.13 C
15	400.32 E	547.40 D	988.66 AB	645.46 B
20	607.59 C	828.90 B	1027.66 A	821.38 A
Ortalama	385.03 C	516.12 B	714.51 A	538.55

toprak parçacıklarını yerlerinden kopartır. Debinin artmasıyla bu çalkantılarda arttığı için toprak koparılması ve taşınması arttığından dolayı sediment konsantrasyonu fazlaşmıştır. Benzer konuda çalışma yapmış olan Foster ve Meyer (1975), Brown ve ark., (1989), Merten ve Nearing (2001), Nearing ve Parker (1994) ve Shainberg ve ark., (1994)'ın bulguları bu çalışmadan elde edilen bulgularla paralellik göstermektedir. Eğimin artışıyla sediment konsantrasyonunun arttığı sonucu, bir çok araştırmacının (Guy ve ark., 1987; Fox ve Bryan 1999; Huang, 1998; Römkens ve ark., 2001; Zheng ve ark., 2000) elde ettiği sonuçlarla uyum içerisinde.

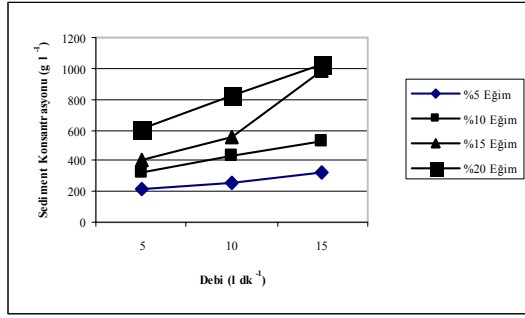
Yapılan varyans analizi sonucunda debi ve eğim önemli çıkarken, debi x eğim interaksyonu da önemli çıkmıştır. Şekil 2'de de görüldüğü gibi hem debinin hem de eğimin artmasıyla sediment konsantrasyonunda da artış saptanmıştır. % 20 eğimde 15 l dk⁻¹ debide sediment konsantrasyonu 1027.66 g l⁻¹ olurken 5 l dk⁻¹ debide 607.59 g l⁻¹ 'ye düşmüştür. % 15 eğimde 15 l dk⁻¹ debide sediment konsantrasyonu 988.66 g l⁻¹ iken aynı eğimde 5 l dk⁻¹ debide sediment konsantrasyonu 400.32 g l⁻¹ dir. . % 10 eğimde 15 l dk⁻¹ debide sediment konsantrasyonu 522.92 g l⁻¹ iken aynı eğimde 5 l dk⁻¹ debide sediment konsantrasyonu 319.71 g l⁻¹ dir. % 5 eğimde 15 l dk⁻¹ debide sediment konsantrasyonu 318.79 g l⁻¹ , aynı eğimde 10 l dk⁻¹ debide sediment konsantrasyonu 255.43 g l⁻¹

olmuştur. Parmaklar arası erozyonunda çalışma yapmış olan Guy ve ark., (1987) sediment taşınmasının hem eğim, hem de debiyle değil aynı zamanda debi ve eğim arasındaki interaksyondan da etkilendiğini bildirmiştir. Bu saptama bu araştırmadaki sonuçlarla da benzerlik göstermektedir.

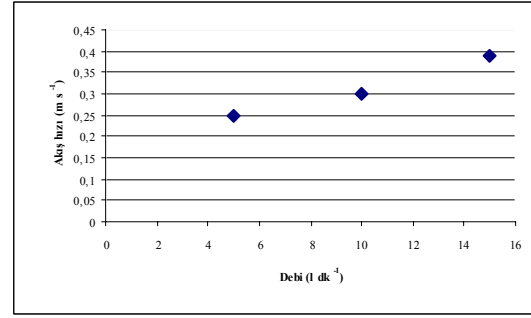
5 litre dakika⁻¹ debide ortalama hız 0.25 ± 0.005 m sn⁻¹, 10 litre/dakika debide ortalama hız 0.30 ± 0.008 m sn⁻¹ ve 15 litre dakika⁻¹ debide ortalama hız 0.39 ± 0.007 m sn⁻¹ arasında değişmiştir (Şekil 3).

Parmaklardaki akış hızını ölçerken başka faktörlerden kaynaklanan hatalar olabilir. Bunun olası bir nedeni parmağın baş kısmının akış hızını azaltmış olması olabilir. Bunun ikinci bir nedeni ise parmak kesitinde yan duvarların çökmesiyle oluşturulan materyal birikmesi olabilir. Benzer durum Line ve Meyer (1988), Brown (1988) ve Govers (1990) tarafından da belirtilmiştir. Araştırmada ölçülen suyun akış hızı değerleri, debiden etkilenmiştir. Şekil 3'de görüldüğü gibi debinin artmasıyla akış hızında da artış meydana gelmiştir. Bu durum Kalman (1976) ve Govers (1992)'ın bulgularıyla uyum içerisinde.

Çizelge 4.'de görüldüğü gibi 5, 10 ve 15 l dk⁻¹ debide parmakların ortalama genişliği sırasıyla 0.0600, 0.0832 ve 0.1100 m olarak belirlenmiştir. Debi ve eğimin artmasıyla parmak genişliğinin artması Foster ve Meyer (1975), Brown ve ark., (1989) ve Shainberg ve ark., (1994)'ın bulgularıyla uyum içerisinde.



Şekil 2. Eğim x Debi İnteraksiyonunda Sediment Konsantrasyonunun Değişimi



Şekil 3. Farklı Debilerde Suyun Ortalama Akış Hızı

Çizelge 4. Parmakların Ortalama Genişliği (m)

Eğim (%)	Debi (l dk ⁻¹)			
	5	10	15	Ortalama
5	0.0624	0.0937	0.1188	0.0916±0.0246
10	0.0658	0.0854	0.0924	0.0812±0.0143
15	0.0639	0.0928	0.0967	0.0845±0.0200
20	0.0479	0.0610	0.1322	0.0804±0.0390
Ortalama	0.0600±0.0100	0.0832±0.0177	0.1100±0.0180	

4. Sonuç

Oluşturulan deney düzeneğinde 5 l dk⁻¹ debi ve % 5 eğimde sediment konsantrasyonu ortalaması 212.51 g l⁻¹, aynı debi ve % 10, 15 ve 20 eğimlerde sediment konsantrasyonları ortalamaları sırasıyla 319.71, 400.32 ve 607.59 g l⁻¹ olarak belirlenmiştir. 10 l dk⁻¹ debi ve % 5, 10, 15 ve 20 eğimlerde sediment konsantrasyonları ortalamaları sırasıyla 255.43, 432.76, 547.40 ve 828.90 g l⁻¹ olarak saptanmıştır. 15 l dk⁻¹ debi ve % 5, 10, 15 ve 20 eğimlerde sediment konsantrasyonları ortalamaları ise sırasıyla 318.79, 522.92, 988.66 ve 1027.66 g l⁻¹ olarak ölçülmüştür. Bu sonuçlarda göstermektedir ki, debi ve eğimin artışıyla sediment konsantrasyonu artmıştır. Debinin artmasıyla suyun akış hızı artmıştır. Parmakların genişliği debi ve eğimin artmasıyla artmıştır.

Teşekkür

2002-07-11-063 nolu projeyi destekleyen Ankara Üniversitesi Bilimsel Araştırmalar Projeleri Komisyonuna teşekkür ederiz.

Kaynaklar

- Abrahams, A.D., Li, G. and Parsons, A.J., 1996. Rill Hydraulics on a Semiarid Hillslope, Southern Arizona. *Earth Surface Processes and Landforms*, 21: 35-47.
- Blake, G.R. and Hartge, K.H., 1986. Bulk Density. In: *Methods of Soil Analysis, Part I, Physical and Mineralogical Methods*. ASA and SSSA. Agronomy Monograph No: 9. Madison, Wisconsin USA. pp. 363-375
- Bouyoucos, G.J., 1951. A Recalibration of Hydrometer for Making Mechanical Analysis of Soils. *Agronomy Journal*, 43: 434-438.
- Brown, L. C. 1988. Effects of Incorporated Crop Residue on Rill Erosion. Ph. D. thesis, Purdue University, 197 pp.
- Brown, L.C., Foster, G.R. and Beasley, D.B., 1989. Rill Erosion as Affected by Incorporated Crop Residue and Seasonal Consolidation. *Transactions of the ASAE*, 32: 1967-1978.
- Cassel, D.K. and Nielsen, D.R., 1986. Field Capacity and Available Water Capacity. In: *Methods of Soil Analysis, Part I, Physical and Mineralogical Methods*. ASA and SSSA. Agronomy Monograph No: 9. Madison, Wisconsin USA. pp. 901-926.
- Desment, P.J.J. and Govers, G., 1997. Two-dimensional Modelling of the Within-field Variation in Rill and Gully Geometry and Location Related to Topography. *Catena*, 29: 283-306.
- Foster, G.R. and Meyer, L.D., 1975. Mathematical Simulation of Upland Erosion by Fundamental Erosion Mechanics. In: *Present and Prospective Technology for Predicting Sediments Yields and Sources*. Agr. Res. Service Rep. ARS-S-40. pp.

- 190–207.
- Fox, D.M. and Bryan, R.B., 1999. The Relationship of Soil Loss by Interrill Erosion to Slope Gradient. *Catena*, 38: 211–222.
- Fullen, M.A. and Reed, A.H., 1987. Rill Erosion on Arable Loamy Sands in the West Midlands of England. In: R.B. Bryan (Editör), *Rill Erosion: Processes and Significance*. *Catena Supp.*, 8. Cremlingen: Catena Verlag, pp. 85–96.
- Govers, G., 1990. Empirical Relationships for the Transporting Capacity of Overland Flow. In: A. Yair, S. Berckowicz and D. E. Walling (Editör), *Erosion, transport and deposition (Proceedings of the Jerusalem Workshop)*. IAHS pub. 189. pp.45–63.
- Govers, G., 1991. Rill Erosion on Arable Land in Central Belgium: Rates, Controls and Predictability. *Catena*, 18: 133–155.
- Govers, G., 1992. Relationship between Discharge, Velocity and Flow Area for Rills Eroding Loose, Non-layered Materials. *Earth Surface Processes and Landforms*, 17: 515–518.
- Gökmen, S. ve Yüksel, M., 1993. Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Kenan Evren Araştırma Uygulama Çiftliği Topraklarının Detaylı Etüd ve Haritalanması. Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yıllığı, 43 (1–2): 55–64.
- Guy, B. T., Dickinson, W.T. and Rudra, R.P., 1987. The Roles of Rainfall and Runoff in the Sediment Transport Capacity of Interrill Flow. *Transactions of the ASAE*, 30: 1378–1386.
- Huang, C., 1998. Sediments Regimes under Different Slope and Surface Hydrologic Conditions. *Soil Science Society of America Journal*, 62: 423–430.
- Huang, C., Wells, L.K. and Norton, L.D., 1999. Sediment Transport Capacity and Erosion Processes: Model Concepts and Reality. *Earth Surface Processes and Landforms*, 24: 503–516.
- Kalman, R., 1976. Etude Experimentale de L'erosion par Griffes. *Revue de Geographie Physique et de Geologie Dynaique*. 18: 395–405.
- Kemper, W.D. and Rosenau, R.C., 1986. Aggregate Stability and Size Distribution. In: *Methods of Soil Analysis. Part I, Physical and Mineralogical Methods*. ASA and SSSA Agronomy Monograph no 9 (2nd ed), Madison. pp.425–442.
- Klute, A. and Dirksen, C., 1986. Hydraulic Conductivity and Diffusivity: Laboratory Methods. In: *Methods of Soil Analysis, Part I, Physical and Mineralogical Methods*, ASA and SSSA. Agronomy Monograph No: 9. Madison, Wisconsin USA. pp.687–734.
- Line, D. E. and Meyer, L. D., 1988. Flow Velocities of Concentrated Runoff along Cropland Furrows. *Transactions of the ASAE*, 31: 1435–1439.
- Merten, G.H. and Nearing, M.A., 2001. Effect of Sediment Load on Soil Detachment and Deposition in Rills. *Soil Science Society of America Journal*, 65: 861–868.
- Nearing, M.A. and Parker, S.C., 1994. Detachment of Soil by Flowing Water under Turbulent and Laminar Conditions. *Soil Science Society of America Journal*, 58: 1612–1614.
- Nelson, D.W. and Sommers, L.E., 1982. Total Carbon, Organic Carbon and Organic Matter. In: *Methods of Soil Analysis, Part II, Chemical and Microbiological Properties*. ASA and SSSA. Agronomy Monograph No: 9. Madison, Wisconsin USA. pp.539–579.
- Nelson, R.E., 1982. Carbonate and Gypsum. In: *Methods of Soil Analysis, Part II, Chemical and Microbiological Properties*. ASA and SSSA. Agronomy Monograph No: 9. Madison, Wisconsin USA. pp.181–197.
- Oygarden, L., 2003. Rill and Gully Development during an Extreme Winter Runoff Event in Norway. *Catena*, 50: 217–242.
- Öztürk, F., Tokgöz, M.A. ve Yıldırım, O., 1989. Karık Sulamada Sediment Taşınımı. Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi:1136. Bilimsel Araştırma ve İncelemeler: 624.
- Polyakov, V.O. and Nearing, M.A., 2003. Sediment Transport in Rill Flow under Deposition and Detachment Conditions. *Catena*, 51: 33–43.
- Römkens, M.J.M., Helming, K. and Prasad, S.N., 2001. Soil Erosion under Different Rainfall Intensities, Surface Roughness and Soil Water Regimes. *Catena*, 46: 103–123.
- Savat, J. and De Ploey, J., 1982. Sheetwash and Rill Development by Surface Flow. In: R.B. Bryan and A. Yair (Editör) *Badland Geomorphology and Piping*. Norwich: Geo Books. pp. 126-133.
- Shainberg, I., Lafflen, J.M., Bradford, J.M. and Norton, L.D., 1994. Hydraulics Flow and Water Quality Characteristics in Rill Erosion. *Soil Science Society of America Journal*, 58: 1007–1012.
- Taysun, A., Çanga, M.R., Uysal, H. ve Erpul, G., 1995. Toprak Erozyonu ve Korunma Önlemleri. IV. Türkiye Ziraat Mühendisliği Teknik Kongresi, 9–13 Ocak 1995, TMMOB Ziraat Mühendisleri Odası, Ziraat Bankası Kültür Yayınları No: 26. 267-280.
- U.S. Salinity Laboratory Staff., 1954. Diagnosis and Improvement of Saline and Alkali Soils. USDA Agricultural Handbook. No: 60.
- Zheng, F., Huang, C. and Norton, L.D., 2000. Vertical Hydraulic Gradient and Run-on Water and Sediment Effects on Erosion Processes and Sediment Regimes. *Soil Science Society of America Journal*, 64: 4–11.