

Laboratuvar Koşulları Altında Yağış Yoğunlukları, Kaymak Tabakası Oluşumu ve Su Erozyonu Arasındaki İlişkiler

Gökçen Yönter¹

Summary

The Relationships Between Rain Intensities, Crust Formation and Soil Erosion by Water under Laboratory Conditions

In this study simulated rainfalls (50, 75, 100, and 125 mm/h) were applied on soil samples which were placed on erosion plots (30x45x15 cm), than erosion plots were waited under infrared lamps (4x250 Watt), and crust strengths were measured. Same rainfalls were applied again on the erosion plots. According to the results, crust strengths on runoff, and runoff on soil loss had significantly increased at % 5 level ($p \leq 0.05$).

Key words: Crust formation, runoff, soil loss, water erosion, rainfall simulator.

Giriş

Doğada yağmur damlaları toprak yüzeyine düşerek toprak agregatlarını parçalar. Parçalanan agregatlar ise yağışın kinetik enerjisinin de etkisiyle toprak yüzeyinde zamanla geçirimsiz bir tabaka (kaymak tabakası) oluşturur. Bu oluşan geçirimsiz tabaka, toprakların infiltrasyonunu azaltırken yüzey akışları da artırır, böylece verimli toprak yüzeyi aşınarak erozyona uğrar. Ayrıca kaymak tabakası, sert oluşu nedeniyle bitkilerin çimlenmesini ve gelişimini engeller. Bundan dolayı kaymak tabakasının kırılması için sık sık toprak işlemeye gereksinim duyulur. Bu da ek işgücüne ve maliyetlerin artmasına neden olur. Kaymak tabakası oluşumu üzerinde toprak özelliklerinin yanı sıra yağış ve yüzey akışların da etkisinin bulunduğu bazı araştırmacılar tarafından belirtilmiştir.

Kaymak tabakasını, toprak yüzeyinin yapısını bozan şiddetli yağışları izleyen güneş ışığı yada rüzgarların oluşturduğunu bildiren

¹ Araş. Görev. Dr. E.Ü. Ziraat Fakültesi Toprak Bölümü, Bornova/İZMİR.
e-mail: Gökçen.Yonter @ ege.edu.tr.

Page ve Quick (1979), kumlu tınlı bir toprak örneğine 18 tip polimeri farklı oranlarda (0, 6, 13.4, 27, 54, 108 ve 216 kg/ha) uyguladıktan sonra 300 Watt'lık infrared lamba düzeneği altında bir geceden fazla bekletmişlerdir. Toprak yüzeyi kuruduktan sonra 45 dakika sürede 25 mm yağış uygulamışlar, toprak örneklerini tekrar lamba düzeneği altında 70 saat beklettikten sonra kaymak direncini ölçmüşlerdir. Araştırmacılar, polivinilalkol (PVA) uygulamalarının diğer polimerlerden farklı olarak kaymak direncini tanığa göre % 21-142 arasında arttırdığını ancak 216 kg/ha PVA uygulamasının ise direnci % 46 azalttığını saptamışlardır.

Levin ve ark. (1991), Tipik Chromoxerert, Tipik Rhodoxeralf ve Calcic Haploxeralf toprak örneklerine fosfojipsum (PG) ve poliakrilamid (PAM) ile fosfojipsum (PAM+PG) karışımını uyguladıkları parsellere 3 mm çaplı yağışı farklı yüksekliklerden (0.4, 1.0 ve 1.6 m) yağdırmışlardır. Araştırmanın sonunda, yağış yüksekliği arttıkça infiltrasyonun azaldığı, toprak kaybının ise arttığı saptanmıştır. Ayrıca toprak yüzeyine verilen (PAM +PG)'nin, tanık parsele ve (PG) uygulanmış parsele göre infiltrasyonu önemli derecede artırırken erozyonu da azalttığını bildirmişlerdir.

Magunda ve ark. (1997), Udic Haploboroll, Tipik Hapludalf, Mollic Kandiudalf ve Tipik Palehumult topraklara arka arkaya 63 mm/saat yağış uygulamışlardır. Araştırmacılar arka arkaya uygulanan yağışların, yüzey pürüzlülüğünü ve infiltrasyonu azaltırken toprak kayıplarını da önemli derecede arttırdığını bulmuşlardır.

Erpul ve Çanga (1999), % 30 eğimli parsellere yerleştirdikleri killi tınlı ve siltli toprak örneklerine 60 mm/saat yağışı 2 defa uygulamışlar ve toprak yüzeylerinin kurummasını beklemişlerdir. Araştırma sonuçlarına göre, 2 kez uygulanan yağışların ve toprak tipinin, yüzey akış ve toprak kayıpları üzerindeki etkileri önemli bulunmuştur.

Levy ve Rapp (1999), 120 mm çapında 78 mm yüksekliğinde olan parsellere yerleştirdikleri siltli tınlı toprak örneklerine (Calcic Haploxeralf) poliakrilamid ve polisakkarit püskürtmüşler ve 40 mm/saat yağış uygulamışlardır. Yağıştan sonra parselleri 30°C sıcaklıkta bir kurutma dolabında bekleterek toprak neminin % 95'nin kaybolduğu anda 3.24 mm çaplı bir el penetrometresiyle kaymak dirençlerini ölçmüşlerdir. Araştırmacılar, kaymak direncinin tanığa göre daha düşük olduğunu saptamışlardır.

Mamedov ve ark. (2000), tınlı lös (Calcic Haploxeralf) ve kumlu killi vertisol (Chromic Haploxerert) ile 2 adet ağır killi (Chromic

Haploxerert) toprak örneklerine damlatıcı tip bir yağmurlayıcı ile 4 farklı kinetik enerjili yağışı (3.6, 8.0, 12.4, ve 15.9 KJ/m³) uygulamışlardır. Araştırmacılar kinetik enerjinin artışıyla yüzey akış ve toprak kayıplarının da önemli derecede arttığını saptamışlardır.

Zheng ve ark. (2001), farklı eğim ve yüzey koşullarına sahip (kuru, nemli, kaymak tabakası oluşmuş) lös topraklara farklı yoğunluklardaki yağışları (70 ve 90 mm/saat) uygulamışlardır. Araştırma sonuçlarına göre, yağış yoğunluğu ve eğim, yüzey akışları ve toprak kayıplarını önemli derecede arttırmıştır.

Materyal ve Yöntem

Araştırma materyali olarak kumlu killi tın ve kumlu tın bünyeli 2 adet toprak örneği yapay yağmurlama denemesinde kullanılmıştır. Toprak örneklerinde sırasıyla iskelet %'si (Soil Survey Staff, 1951), bünye (Bouyoucos, 1962), dispersiyon oranı (Middleton, 1930), erozyon oranı (Akalan, 1967), pH, elektrik geçirgenlik, su ile doymuşluk (U.S. Salinity Lab. Staff, 1954), kireç (%) (Çağlar, 1949), toplam tuz (%) (Soil Survey Staff, 1951), organik madde (%) (Black, 1965; Kovancı, 1964), analizleri yapılmıştır. Ayrıca laboratuvar koşullarında yapay yağmurlayıcı (Veejet 80100 tipi püskürtücülü) (Bubener ve Meyer, 1965; Taysun, 1986) ve 30x45x15 cm boyutlarında, altında drenaj delikleri bulunan erozyon kapları (Abraham ve Rickson, 1989; Grill vd, 1989) kullanılmıştır.

Erozyon kapları 7 cm kum ile doldurulduktan sonra üzerine bir tülbent serilmiş daha sonra 5 cm kalınlıkta 8 mm elekten elenmiş toprakla doldurulmuştur. Erozyon parsellerine 50, 75, 100 ve 125 mm/saat şiddetlerinde yapay yağış uygulanmış ve her bir parsel, 250 Watt olan 4 adet infrared lambayı içeren bir düzeneğin altında 24 saat süre ile bekletilmiş ve daha sonra kaymak tabakasının direnci bir el penetrometresi (EL516-030) yardımıyla ölçülmüştür (Page ve Quick, 1979; Levy ve Rapp, 1999) daha sonra 2 ci kez aynı şiddette yağışlar tekrar uygulanmıştır (Erpul ve Çanga, 1999). Yağış uygulamalarında her 10 dakikada bir yüzey akış ve sediment örneği alınmış, sediment çöktükten sonra yüzey akış suları sifonlanarak miktarları kaydedilmiştir. Sediment miktarı da cam behere aktarılıp etüvde kurularak tartılmış ve kaydedilmiştir. Daha sonra bu çalışmada değerlendirilen toplam yüzey akışlar ve toprak kayıpları hesaplanmıştır (Taysun, 1986).

Bulgular ve Tartışma

Araştırmada kullanılan toprak örneklerine ait bazı fiziksel ve kimyasal özellikler Çizelge 1’de verilmiştir.

Çizelge 1. Araştırmada kullanılan toprak örneklerinin bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri.

Örnek No	İskelet (%)	Kum (%)	Mil (%)	Kil (%)	Bünye
1	11.16	46.36	26.36	27.28	Kumlu Killi Tın
2	18.79	72.40	21.60	6.00	Kumlu tın

Çizelge 1’in devamı.

Örnek No	Süsp. (%)	Disp. Oranı (%)	Agr. Mil+Kil (%)	Erozyon Oranı (%)	pH	Toplam Tuz (%)	Kireç (%)	Org. Mad. (%)
1	18.28	35.15	64.85	28.62	7.60	0.078	17.19	2.76
2	8.52	33.02	66.98	96.58	5.83	0.030<	0.22	0.34

Toprak örneklerinin iskelet yüzdeleri düşüktür, ancak 2 no’lu örneğin iskelet yüzdesi daha yüksektir. Toprak yüzeyinde bulunan farklı oranlardaki iskelet materyali yağmur damlalarının kinetik enerjisini kırarak toprak yüzeyini erozyona karşı farklı korumaktadır Taysun (1989), yaptığı bir çalışmada toprak yüzeyine 15, 30 ve 45 g/m² (2 lt saf suda eritilmiş) PVA; 150, 300 ve 450 g/m² saman malçı ile 2-3 cm çaplarında taş örtüyü % 33, 66 ve 100 oranında uyguladıktan sonra 65 mm/saat yapay yağış yağdırmıştır. Araştırma sonuçlarına göre erozyonun azaltılmasında malç etkili olurken % 100 taş örtünün de etkili olduğu saptanmıştır. Yönter (2001), 1-2; 2-5; 5-10 ve 10-15 cm çaplı taş örtüyü % 25, 50 ve 100 oranında toprak yüzeyine serdikten sonra 65 mm/saat yapay yağış uygulamıştır. Araştırma sonuçlarına göre taş örtünün erozyonun azaltılmasındaki etkisi önemli olmuştur. Toprak örneklerinin bünyeleri kumlu killi tın ve kumlu tındır. 1 no’lu örneğin süspansiyon yüzdesi daha yüksektir. Süspansiyon yüzdesi kum, kil ve organik madde miktarına göre değişmektedir (Akalan, 1967). Dispersiyon oranı, erozyon için önemli bir göstergedir. Middleton, dispersiyon oranı için sınır değeri % 15 olarak vermiştir (Taysun, 1986). Bu değerin altında olan topraklar erozyona dayanıklı, üzerinde olan topraklar ise dayanıksızdır. Buna göre, her iki toprak örneği de erozyona karşı dayanıksızdır. Taysun ve ark. (1984), agregatlaşmış mil + kil yüzdesi ile dispersiyon arasında önemli ilişkiler olduğunu saptamışlardır. Topraklarda dispersiyon oranı arttıkça agregatlaşmış mil+kil yüzdesi de azalmaktadır. Erozyon oranı da önemli bir

göstergedir. Erozyon oranı için sınır değeri % 10'dur (Taysun, 1986). Bu değerin altında kalan topraklar erozyona karşı dayanıklı kabul edilir. Her iki toprak örneği de erozyona karşı dayanıksızdır. Erozyon oranı bakımından 2 no'lu örnek daha dayanıksızdır. 1 no'lu örnek hafif alkali, 2 no'lu örnek ise orta asit karakterlidir. Her iki örnekte de tuzluluk sorunu yoktur. Kireç yüzdeleri bakımından, 1 no'lu örnek çok kireçli, 2 no'lu örnek ise az kireçlidir (Altınbaş, 1996). Organik maddece 1 no'lu örnek orta, 2 no'lu örnek ise düşüktür. Taysun vd. (1984), kireç ve organik maddenin agregatlaşmayı arttırarak toprakları erozyona karşı koruduğunu bildirmişlerdir. Ayrıca toprak erozyonu üzerinde en etkili toprak özelliği organik maddedir (Wischmeier ve Mannering, 1969). Bu değerlere göre 2 no'lu örnek kireç ve organik maddece erozyona dayanıksızdır.

Araştırmadan elde edilen toplam yüzey akış ve toprak kayıpları Çizelge 2'de, kaymak tabakası dirençleri ise Çizelge 3'de verilmiştir.

Çizelge 2. Kaymak tabakası oluşumundan önce ve sonra elde edilen toplam yüzey akış ve toprak kayıpları.

Yağış Yoğunluğu (mm/saat)	Örnek No	Yüzey akış(mm/saat)		Toprak Kaybı (g/m ²)	
		KÖ	KS	KÖ	KS
50	1	24.38	15.74	174.73	180.96
	2	16.73	19.62	94.69	140.79
75	1	47.66	41.99	506.80	543.23
	2	37.47	44.93	621.37	793.47
100	1	64.19	62.20	919.30	1039.33
	2	54.84	61.70	988.39	1003.16
125	1	101.77	90.00	1638.37	2188.36
	2	70.71	73.73	1420.91	1624.98

KÖ: Kaymak tabakası oluşmadan önce

KS: Kaymak tabakası oluşuktan sonra

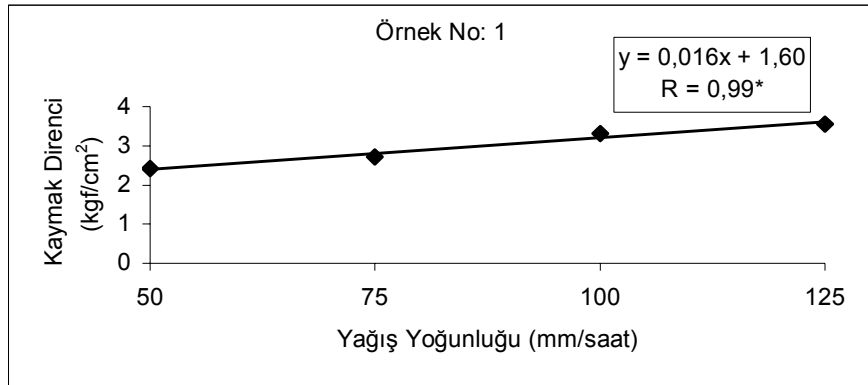
Çizelge 3. Araştırmada ölçülen kaymak tabakası dirençleri (kgf/cm²).

Yağış Yoğunluğu (mm/saat)	Örnek No	
	1	2
50	2.42	1.84
75	2.72	2.45
100	3.32	2.52
125	3.56	2.65

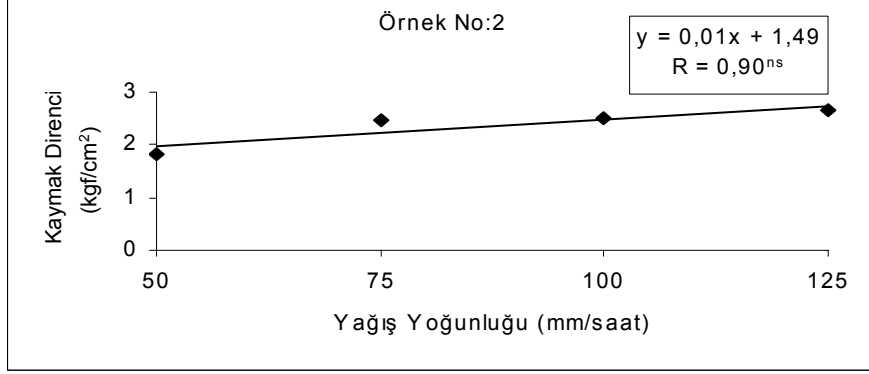
Çizelge 2'ye göre, yağış yoğunluklarındaki artışlar her iki örnekte de yüzey akışları ve toprak kayıplarını arttırmıştır. Levin ve ark. (1991), 3 mm çaplı yağmur damlalarını daha önceden polimer (PG ve PG+PAM) püskürttükleri parsellere 0.4, 1.0 ve 1.6 m yükseklikten

yağdırmışlardır. Araştırma sonuçlarına göre, yağış yüksekliği arttıkça infiltrasyon azalırken toprak kayıpları da artmıştır. Aynı eğilim, kaymak tabakası dirençlerinde de görülmektedir (Çizelge 3). 1 no'lu örnekte kaymak tabakası oluşturulmadan önce uygulanan yağışlardan elde edilen yüzey akışlar, kaymak tabakası oluşumundan sonra elde edilen yüzey akışlardan daha fazladır. Deneme sırasında 1 no'lu örneğin yüzeyinde infrared lamba düzeneği altında bekletilirken kil fraksiyonunun etkisiyle derin çatlaklar oluşmuştur. 2 ci yağış uygulaması sırasında yağış sularının bu çatlaklara sızması sonucu yüzey akış gecikmiştir. 2 no'lu örnekte ise kaymak tabakası etkisini göstererek yüzey akışların artmasına neden olmuştur. Taysun (1989), toprak fiziksel ve kimyasal özelliklerinin her birisinin erozyon üzerine ayrı ayrı etkili olduğu kadar bu özelliklerin hep birlikte de etkili olduğunu belirtmiştir .

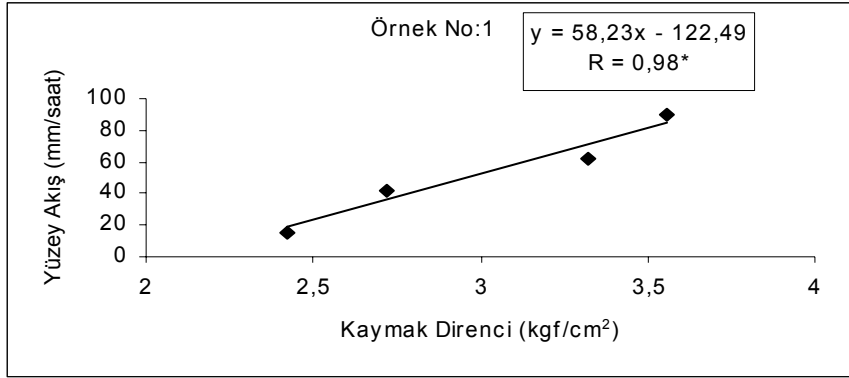
Her iki toprak örneğinde de yağış yoğunlukları, hem kaymak tabakası oluşumu öncesi hem sonrasında toprak kayıplarını göreceli olarak arttırmıştır. Magunda ve ark. (1997), arka arkaya uygulanan yağışların toprak kayıplarını önemli derecede arttırdığını saptamıştır. Mamedov ve ark. (2000), farklı kinetik enerjilere sahip yağışları toprak yüzeyine uygulamışlar ve bu yağışların yüzey akış ile toprak kayıplarını önemli derecede arttırdığını saptamışlardır.



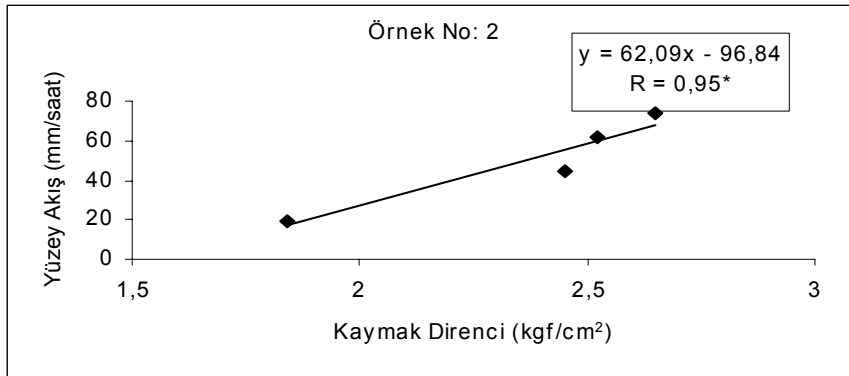
Şekil 1. 1 no'lu örnekte yağış yoğunluklarının kaymak dirençleri üzerine etkisi.



Şekil 2. 2 no'lu örnekte yağış yoğunluklarının kaymak dirençleri üzerine etkisi.



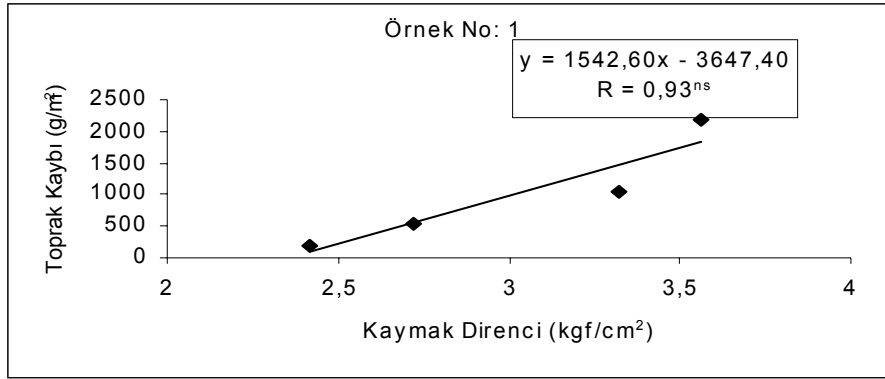
Şekil 3. 1 no'lu örnekte kaymak tabakası direncinin yüzey akışlara etkisi.



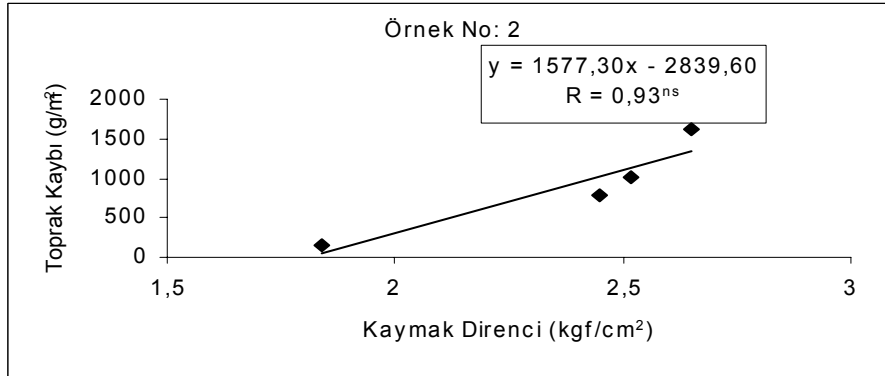
Şekil 4. 2 no'lu örnekte kaymak tabakası direncinin yüzey akışlara etkisi.

Şekil 1'e göre, 1 no'lu örnekte yağış yoğunluğu % 5 önem seviyesinde kaymak tabakasının direncinin artmasında etkili olurken,

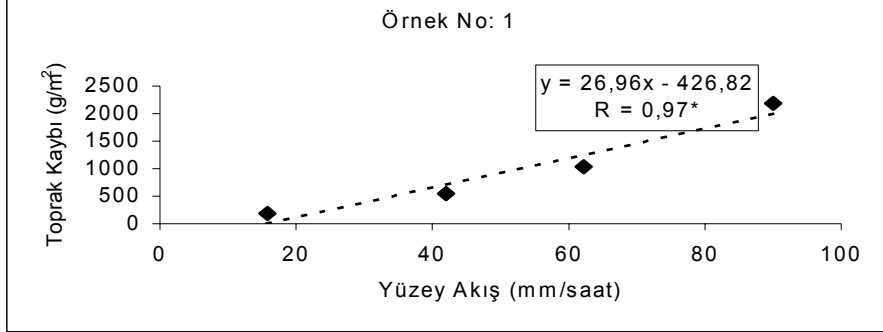
Şekil 2’de ise yağış yoğunluğu kaymak tabakası direncinin artışında önemsiz bulunmuştur. Ancak kaymak tabakası direncinin artışını % 81 açıklamıştır. 2 no’lu örnek daha kumlu bir yapıya sahip olduğundan ve kum %’sinin de yüksek olmasından dolayı yağış suları daha çabuk infiltre olmuştur. Bu nedenle yağışlar 2 no’lu toprak örneğinin yüzeyini yeterince sıkıştıramamıştır. Şekil 3 ve 4’e göre, her iki örnekte kaymak tabakası dirençleri % 5 önem seviyesinde yüzey akışları arttırmıştır. En fazla artış ise 1 no’lu örnekte saptanmıştır (R=0.98*). Buna karşılık kaymak tabakası dirençlerindeki artışların toprak kayıpları üzerindeki etkileri önemli bulunmamıştır ancak % 86 oranında açıklamıştır (Şekil 5 ve 6). Buna kaymak tabakası dirençlerinin toprak kaybına doğrudan etkisinin olmamasına karşılık yüzey akışları etkilemesi ve buna bağlı olarak ta yüzey akışların toprak kayıplarını arttırması neden olmuştur.



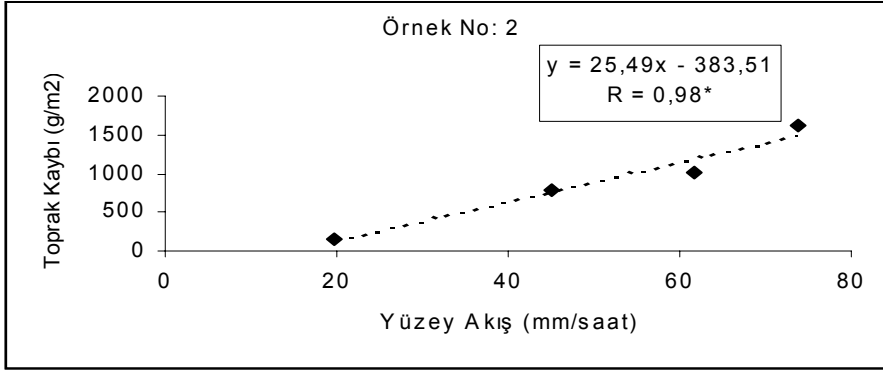
Şekil 5. 1 no’lu örnekte kaymak tabakasının toprak kaybına etkisi.



Şekil 6. 2 no’lu örnekte kaymak tabakası direncinin toprak kaybına etkisi.



Şekil 7. 1 no'lu örnekte kaymak tabakası oluşumundan sonra yüzey akışların toprak kayıpları üzerine etkisi.



Şekil 8. 2 no'lu örnekte kaymak tabakası oluşumundan sonra yüzey akışların toprak kayıplarına etkisi.

Kaymak tabakası oluşumundan sonra yapılan yağış uygulamalarında, yüzey akışlar 1 ve 2 no'lu toprak örneklerinde toprak kayıplarını % 5 seviyede ($R=0.97^*$ ve $R=0.98^*$) etkilemiştir. Bu sonuçlara göre, kaymak tabakası dirençlerinin artmasının yüzey akışları arttırdığı, yüzey akışlardaki artışta toprak kayıpları üzerinde önemli seviyede (% 5) artışa neden olduğu saptanmıştır. Yapılan bazı çalışmalar da Erpul ve Çanga (1999), % 30 eğimli parsellere yerleştirdikleri killi tın ve siltli toprak örneklerine 60 mm/saat yağışı 2 defa uygulamışlardır. Araştırmacılar her iki yağış uygulaması sırasında toprak yüzeylerinin kurummasını sağlamışlardır. Araştırma sonuçlarına göre, ard arda uygulanan yağışların yüzey akışları ve toprak kayıplarını önemli seviyede arttırdığını, Mamedov ve ark. (2000), yağışların kinetik enerjilerindeki artışın infiltrasyonu azaltırken toprak kayıplarını arttırdığını, Zheng ve ark. (2001) ise, farklı eğim ve yüzey koşullarına

sahip (kuru, nemli ve kaymak tabakası oluşmuş) toprak örneklerine (lös) farklı yoğunluklarda (70 ve 90 mm/saat) uyguladıkları yağışların eğim artışıyla birlikte yüzey akışların ve toprak kayıplarının artışında önemli seviyede etkili olduğunu saptamışlardır. Bu çalışmadan elde edilen sonuçlar diğer araştırma sonuçlarıyla da desteklenmektedir.

Özet

Bu çalışmada erozyon parsellerine (30x45x15 cm) yerleştirilen toprak örneklerine yapay yağış uygulanmış (50, 75, 100, ve 125 mm/saat) ve bu parseller 24 saat infrared lamba (4x250 Watt) bekletildikten sonra kaymak tabakası dirençleri ölçülmüştür. Aynı yoğunluktaki yağışlar tekrar erozyon parsellerine uygulanmıştır. Sonuçlara göre, kaymak tabakası yüzey akışları, yüzey akışlar da toprak kayıplarını % 5 önem seviyesinde arttırmıştır.

Anahtar sözcükler: Kaymak tabakası oluşumu, yüzey akış, toprak kaybı, su erozyonu, yapay yağmurlayıcı.

Kaynaklar

- Abraham, Y.B.,and R.J. Rickson. 1989. The effectiveness of stubble mulching in soil erosion control. soil erosion protection measures in europe. Soil Technology Series, 1, 115-126.
- Akalan, İ. 1967. Toprak fiziksel özellikleri ve erozyon. Ankara Üniv. Ziraat Fak.Yıllığı, (3-4): 490-503, Ankara.
- Akalan, İ. 1974. Toprak ve Su Muhafazası. Ankara Üniv. Ziraat Fak.Yayın No: 532, Ankara.
- Altınbaş, Ü. 1996. Toprak Etüd ve Haritalama. E.Ü.Z.F Yayın No: 521, Bornova, İzmir.
- Black, C.A. 1965. Methods of Soil Analysis. Part 1-2; Amer. Soc. of Agr. Inc., Publisher Madison, USA.
- Bouyoucos, G.J., 1962. Hydrometer method improved for making particle size analysis of soil. Agr. Jour., 54: 464-465.
- Bubenzer, G.D. and L.D. Meyer. 1965. Simulation of rainfall and soils for laboratory research. Trans. ASAE., 8: 73-75.
- Byran, R.B. 1969. The relative erodibility of soils developed in the peak district of Derbyshire. Geogr. Abs. 51 A, 3: 145-159.
- Çağlar, K.Ö. 1949. Toprak Bilgisi. Ankara Üniv. Ziraat Fak. Yayın No: 10, Ankara.
- Erpul, G.ve M.R. Çanga. 1999. Effect of subsequent simulated rainfalls on runoff and erosion. Turkish Journal of Agriculture and Forestry, 23:6, 659-665, 33 ref.
- Grill, J.J.,J.P. Canler, and J. Carsouille. 1989. The benefit of permanent grass and mulching for limiting. Runoff and erosion in vineyards. Experimentations using rainfall simulatitons in the Beaujolais. Soil Erosion Protection Measures in Europe. Soil Technology Series, 1, 157-166.
- Kovancı, İ. 1964. İzmir bölgesi topraklarının humus durumu ve c/n münasebetleri üzerinde araştırmalar (Doçentlik Tezi).
- Levin, J., M. BenHur, M. Gal, and G.J. Levy. 1991. Rain energy and soil amendments effect on infiltration and erosion of three different soil types. Australian Journal of Soil Res., 29:3, 455-465, 24 ref.

- Levy, G.J. and I. Rapp, I. 1999. Polymer effect on surface mechanical strenght of a crusting loessial soil. *Australian Journal of Soil Research*, 37(1): 91-101.
- Magunda, M.K., W.E. Larson, D.R. Lindon, and E.A. Nator. 1997. Changes in microrelief and their effects on infiltration and erosion during simulated rainfall. *Soil Technology*, 10: 1, 57-67, 25 ref.
- Mamedov, A.I., I. Shainberg, and G.J. Levy. 2000. Rainfall energy effects on runoff and interrill erosion in effluent irrigated soils. *Soil Sci.* 165:7, 535-544, 36 ref.
- Middleton, H.E. 1930. Properties of soil which influence soil erosion. *USDA Tech. Bul. No: 178.*
- Mollenhauer, W.C. and D.C. Long. 1964. Influence of rainfall energy on soil loss and infiltration rates: I. Effect Over a Range of Texture. *Soil Sci. Soc. Amer. Proc.*, 28: 813-817.
- Page, E.R., and M.J. Quick. 1979. A comprasion of the effectiveness of organic polymers as soil anti-crusting agents. *J.Sci. Food. Agr.* 30; 112-118.
- Soil Survey Staff. 1951. *Soil Survey Manual*. US. Dept. Agr. Handbook No: 18, US. Government Print Office, Washington.
- Taysun, A., F. Saatçı, and H. Uysal. 1984. Topraklara PVA (Polivinilalkol) uygulamasının agregatlaşmaya etkisi üzerinde bir ön çalışma. *E.Ü.Z.F. Dergisi*, No: 21/3, 27-33.
- Taysun, A. 1986. Gediz havzası'nda rendzina tarım topraklarında yapay yağmurlayıcı yardımıyla taşlar, bitki artıkları ve polivinilalkol'ün (PVA) toprak özellikleri ile birlikte erozyona etkileri üzerinde araştırmalar. *E.Ü.Z.F. Yayın No: 474.*
- Taysun, A. 1989. *Toprak ve Su Korunumu*. E.Ü.Z.F. Teksir No:92-III.
- US. Salinity Lab. Staff. 1954. *Diognosis and Improvement of Saline and Alkali Soils*. Government Print Office, Washington.
- Wischmeier, W.D., and J.V. Mannering. 1969. Relation of soil properties and erodibility. *Soil Sci. Soc. Amer. Proc.*, 33: 131-137.
- Yönter, G., 2001. Toprak iskeletinin yapay yağmurlayıcı koşulları altında su erozyonuna etkisi. *E.Ü. Fen Bil. Ens. (Doktora Tezi)*, Bornova.
- Zheng, F.L., X.T. Gao, J.C. Ascough, and D.C. Flanagan. 2001. Effects of upslope runoff and sediment on erosion process at downslope area. *Soil Erosion Res. For The 21st Century Proc. Of The International Symp., Honolulu, Hawaii, USA.* 3-5 January, 163-166; 4 ref.

