

Bursa İli ve Civarındaki Eğimli Tarım Topraklarının Laboratuvar Koşullarında Su Erozyonuna Karşı Duyarlılıklarının Belirlenmesi Üzerine Bir Araştırma

Zeynal TÜMSAVAŞ

Uludağ Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Toprak Bölümü, Bursa-TÜRKİYE

A. Vahap KATKAT

Uludağ Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Toprak Bölümü, Bursa-TÜRKİYE

Geliş Tarihi: 07.04.1999

Özet : Bu araştırmanın amacı, Bursa ili ve civarındaki Kırmızı Kahverengi Akdeniz, Kahverengi Orman, Kireçsiz Kahverengi Orman ve Rendzina büyük toprak grubuna ait eğimli tarım alanlarının toprak özellikleri ile yüzey akış ve toprak kaybı arasındaki ilişkileri ve toprakların erozyona karşı duyarlılıklarını belirlemektir.

Laboratuvar koşullarında yürütülen bu çalışmada araştırma alanında 68 farklı yerden pulluk derinliğinden alınan ve 8 mm'lik elekten elenmiş toprak örnekleri kullanılmıştır. Örnekler 50 x 100 x 15 cm boyutlarındaki parsellere konulmuş ve % 9 eğim verilen parseller üzerine yapay yağmurlayıcı yardımıyla ortalama 65-70 mm/saat yoğunluğunda 1 saat süre ile yapay yağış yağdırılmış ve elde edilen yüzey akış ile toprak kayıpları kaydedilmiştir.

Araştırma sonucunda toprak özelliklerinin yüzey akış ve toprak kayıpları arasındaki ikili ve çoklu regresyon denklemleri her bir büyük toprak grubu için ortaya konulmuştur. Böylece ortaya konulan çoklu denklemler kullanılarak toprak analiz sonuçlarının denklemlere uygulanmasıyla meydana gelebilecek yüzey akış ve toprak kayıpları hesaplanabilecektir. Her bir büyük toprak grubunda meydana gelen toprak kayıpları esas alındığında, topraklar aşınma dirençleri bakımından sırasıyla Kireçsiz Kahverengi Orman > Kahverengi Orman > Kırmızı Kahverengi Akdeniz > Rendzina büyük toprak grupları şeklinde sıralandığı belirlenmiştir.

A Study on the Determination of Erodibilities of the Sloping Agricultural Soils in the City of Bursa and Vicinity Against Water Erosion in Laboratory Conditions

Abstract : The aim of this research was to determine the relationships between runoff, soil loss and soil properties and the erodibilities of soils. For this purpose, soil samples were taken in the city of Bursa and vicinity from sloping agricultural lands belonging to the major soil groups: Red Brown Medditernean, Brown Forest, Noncalcareous Brown Forest and Rendzina.

This study was carried out in laboratory conditions. Soil samples were used after sieving with 8 mm sieves, and taken from tillage depth from 68 different places in the research area. The samples were put into plots sized 50 x 100 x 15 cm. Simulated rainfall was applied at about 65 -70 mm/h intensity for one hour on plots with 9% slope by the Rainfall Simulator. Thus, runoff and soil losses were obtained from these plots after testing under simulated rainfall conditions.

At the end of this research, double and multiple regression equations were determined between runoff and soil losses with soil properties for each major soil group. Thus, runoff and soil losses are calculated by applying the results of soil analysis to the equation. When considering the soil losses in each major soil group, the resistivity of the major soil groups to erosion were determined in the following order: Noncalcareous Brown Forest > Brown Forest > Red Brown Medditernean > Rendzina.

Giriş

Tarımsal üretim teknikleri, her şeyden önce doğal üretim kaynağı olan toprağın korunmasını öngörmelidir. Ancak üreticiler toprağın korunmasından çok yalnızca üretim ile ilgilenmektedirler. Topraksız tarım söz konusu olamayacağına göre toprak verimliliğinin korunması

günümüzde artık ulusal bir görev niteliğine dönüşmüştür. Gelişen teknolojinin ve artan nüfusun tarımsal ürün ihtiyacının karşılanması için tarımsal alanların giderek genişletilmesi ve bu alanlarda uygun tarım tekniğinin uygulanmaması erozyonu artırmıştır. Böylece uzun yıllar boyunca oluşmuş bitki -toprak-su dengesi insanların müdahalesi ile önemli ölçüde bozulmuştur. Eğimli

arazilerde tarımsal faaliyetler yürütülürken erozyonun önlenmesi için toprak koşullarına uygun bitkinin seçilmesi gerekmektedir (1). Eğime dik doğrultuda yapılan tarımsal işlemin en iyi toprak yönetimi uygulaması olduğu ve bitkilendirilmiş tampon şeritlerin en etkili toprak koruma metodu olduğu bildirilmektedir (2). Türkiye’de toprak ve su kaynaklarının tahribatı neolitik çağlardan beri sürmektedir. Eskiden önemli birer liman kenti olan Küçük Menderes’de Efes, Büyük Menderes’de Millet, Mersin’de Soli ve Antakya’da Mağaracak gibi birçok yerin bugün kilometrelerce denizlerden içerilerde bulunduğu saptanmıştır. Türkiye’de doğal bitki örtüsünün tahrip edilmesiyle ortaya çıkan erozyon sonucu Dicle ve Fırat nehirleri ile taşınan toprakların Basra Körfezinde çok büyük alanları oluşturduğu (1554 km²) ve her yıl milyonlarca ton toprağın nehirlerle göllere ve denizlere taşındığı bilinmektedir (3).

Hızla artan dünya nüfusuna bağlı olarak ihtiyaçların da çoğaldığı ve daha iyi bir yaşam için doğal kaynakların en yoğun kullanıldığı bir dönemi yaşamaktayız. Modern tarım yöntemlerinin bazı ülkelerde kullanılmasına karşılık dünya nüfusunun % 60’ı açlık veya kıtlık sorunu ile karşı karşıyadır. Tarımsal alet ve makinaların artması, bazı kimyasal gübrelerin kullanılması, sürüm derinliklerinin artırılması, sulama yapılması ve verim gücü yüksek hibrid tohum çeşitlerinin kullanılması gibi uygulamalar aynı topraktan daha fazla bitkisel ürünün alınmasını amaçlamaktadır. Ancak kaldırılan bitki besin maddelerinin büyük bir kısmının toprağa geri verilmemesi, toprak sıkışması, yanlış arazi kullanımı, aşırı sulama ve tuzlanma ve erozyon gibi olaylar verim artışını engellemektedir (4, 5).

Erozyon bir çok faktörün ortak etkisi sonucu meydana gelen bir olaydır. Toprakların erozyona karşı duyarlılığı toprakların oluşumu sırasında kazandığı statik ve dinamik toprak özelliklerine bağlıdır (6). Bazı araştırmacılar erozyonun toprağın fiziksel ve kimyasal özelliklerinin ortak bir fonksiyonu olduğunu, toprak kaybı üzerine en önemli etkiye sahip özelliklerin tekstür, organik madde miktarı, pH, strüktür ve sürülebilir tabakanın hacim ağırlığı olduğunu belirtmişlerdir. Ayrıca bu fiziksel ve kimyasal özellikler yanında arazinin eğim derecesi, topoğrafik konum, bitki örtüsü sıklığı ve cinsi gibi faktörlerin de etkili olduğu bildirilmektedir (7). Toprak özelliklerinin erozyon üzerindeki etkisini belirlemek amacıyla yapılan bir başka çalışmada, toprak organik maddesinin agregat stabilitesini etkilemek suretiyle toprak erozyonu üzerinde etkili olduğu belirtilmektedir

(8). Toprakların erozyona uğrama eğiliminin değişimini önceden haber veren en önemli özelliğin agregat stabilitesi olduğu belirtilirken (9), donma ve çözülme olaylarının toprakların strüktürel dayanıklılıklarını azaltarak erozyona karşı duyarlılığını artırdığını, bu artışın donma ve çözülmenin sayısına bağlı olarak değiştiği bildirilmektedir (10). Türkiye’de erozyon problemi büyük boyutlara ulaşmıştır. Türkiye topraklarının yaklaşık 1/3’ü kadarının sahip olduğu özellikleri nedeniyle tarım için kullanılabilceği dikkate alınırca bu önemli kaynağın özenle korunması ve kullanım savurganlığının önüne geçilmesi zorunluluğu daha iyi anlaşılır.

Türkiye genelinde olduğu gibi, tarımsal üretimin önemli merkezlerinden bir yeri olan Bursa il’inde de erozyon büyük boyutlara ulaşmıştır. Erozyon tehlikesi altındaki 1.046.543 hektarlık alanın % 15.2’lik kısmı hiç erozyona uğramamış veya çok az uğramış, % 13.1 orta derecede, % 59.0’ı şiddetli erozyon etkisi altındadır. Doğal örtünün tahrip edilmiş olması nedeniyle il topraklarının % 12.7’i çok şiddetli erozyona maruzdur (11). Su erozyonu etkisi sonucu tarıma uygun ve tarıma uygun olmayan arazilerde taşlılık problemi ortaya çıkmıştır. Bu durum tarımsal işlemleri (toprak işleme, çapa v.b.) zorlaştırmakla birlikte bitki gelişimini de sınırlandırmaktadır. Yapılan bu çalışma ile Bursa ili bazı büyük toprak grubu topraklarının sahip olduğu fiziksel ve kimyasal özelliklerin, erozyon ile ilişkilerinin ortaya çıkarılması amaçlanmıştır.

Materyal ve Metot

Araştırma materyali, Marmara Bölgesi güneyinde, Susurluk havzası içerisinde yer alan 39°35’ – 40°40’ kuzey enlemler ile 28°10’ – 30°00’ doğu boylamları arasında bulunan Bursa ili ve civarındaki eğimli tarım alanlarından alınan toprak örnekleri kullanılmıştır.

Araştırmanın ön etüd çalışmasında 1/100.000 ölçekli toprak haritasından yararlanılarak araştırma alanındaki mevcut büyük toprak gruplarının dağılım alanları belirlenmiş ve 7 büyük toprak grubundan 184 yerden toprak örneği alınmıştır. Örnekler gölgede atmosfer koşullarında kurutulmuş ve 2 mm’lik elekten elenerek analize hazır duruma getirilmiştir (12,13). Örneklerde bazı fiziksel ve kimyasal analizler yapıldıktan sonra analiz sonuçları incelenmiş ve yapay yağış uygulamasına tabi tutulacak 184 adet toprak örneği içinden farklı özelliklere sahip 4 farklı büyük toprak grubundan toplam 68 toprak örneği seçilmiştir. Seçilen toprakların her bir örnek

yerinin pulluk derinliğinden, yaklaşık 100-120 kg olmak üzere tekrar toprak örnekleri alınarak laboratuvara getirilmiştir. Erozyon denemesinde kullanılmak üzere 8 mm'lik elekten geçirilen (14, 15, 16) toprak örnekleri yağış uygulaması için 50 x 100 x 15 cm'lik parsellere yerleştirilmiştir. Yapay yağış uygulaması için hazırlanan ve % 9 eğim verilen (17, 18) parseller üzerine 65-70 mm/saat yoğunlukta ve 1 saat süre boyunca yüksek kinetik enerji ile çalışabilen ve Veejet 80100 tipi bir püskürtücüye sahip olan yapay yağmurlayıcı yardımıyla yağış yağdırılmıştır. Erozyon parsellerinin yüzey akış çıkış ağzının alt kısmına yüzey akış ve taşınan toprağın biriktiği erozyon kapları konulmuş ve erozyon kaplarının üzeri plastik bir örtü ile korunarak yağıştan ileri gelecek hatalar önlenmiştir. Yapay yağmurlayıcının çalıştırıldığı anda kronometreye basılarak zaman takip edilmiş ve yüzey akış ve taşınan toprağın biriktiği erozyon kapları 10'ar dakikalık zaman dilimleri sonunda erozyon parsellerinin altından alınarak sedimentin çökmesi için dinlendirilmeye bırakılmıştır. Erozyon kaplarının dinlendirilmesi sonucu sedimentin dibe çökmesiyle berraklaşan yüzey akış suyu bir cam mezür'e yavaşça sifonlanarak yüzey akış miktarları ölçülmüştür. Kabın dibindeki sediment bir beher içersine aktarıldıktan sonra sediment, etüvde 105°C' de kurutulmuş ve tartılarak toprak kaybı değerleri elde edilmiştir (18). Sonuçta her bir toprak örneğine ait yüzey akış (l/m^2), ve kuru toprak ağırlığı (g/m^2) belirlenmiş ve bir saat'lik yapay yağış uygulaması sonucunda toplam yüzey akış (l/m^2) ve toplam toprak kayıpları (g/m^2) dikkate alınarak değerlendirmeye tabi tutulmuştur.

Toprak örneklerinde iskelet yüzdesi 2 mm' den büyük çaptaki fraksiyonun toprak örneğinin ağırlık olarak yüzdesinden hesaplanmıştır (19). Kum, mil ve kil fraksiyonları hidrometre yöntemiyle belirlenmiştir (20). Kil oranı, Bouyoucos'un kil oranı formülünden (18, 21), Mil oranı ise bünye analizinde elde edilen % mil ve % kil değerlerinden yararlanılarak hesaplanmıştır (22, 23). Süspansiyon yüzdesi ve dispersiyon oranı, hidrometre yöntemi kullanılarak topraktaki bağlanmamış (mil + kil) ve toplam (mil + kil) miktarları dikkate alınarak (18, 24), Erozyon oranı ise Akalan' in modifiye ettiği erozyon oranı formülünden yararlanılarak hesaplanmıştır (15). Tarla kapasitesi, 1/3 atmosfer basınç altında Pressure-Plate aletiyle (24), pH 1:2.5 oranında toprak:su süspansiyonunda Orion 720 A model pH/iyonometresinde (25), Kireç Scheibler kalsimetresiyile (26), Organik madde modifiye edilmiş Walkley Black yöntemiyle (27), Agregat

stabilitesi Yoder'in ıslak eleme yönetimiyle (24), Perkolasyon ise perkolasyon cihazında belirlenmiştir (28, 29).

Araştırma konusu toprak örneklerinin bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri ile topraklara yapay yağış uygulaması sonucunda elde edilen yüzey akış ve toprak kaybı arasındaki korelasyon, basit regresyon ve çoklu regresyon ilişkileri SPSS (Statistical Package for Social Sciences) version 6.0 ve Excell version 7.0 programları kullanılarak belirlenmiştir.

Araştırma Sonuçları ve Tartışma

Araştırma konusu topraklarda yapılan bazı fiziksel ve kimyasal analizler ile yapay yağış uygulaması sonucu elde edilen yüzey akış ve toprak kayıplarının minimum, maksimum ve ortalama değerleri tablo 1'de verilmiştir.

Tablo 1'deki ortalama değerlerin incelenmesinden anlaşılacağı üzere Kırmızı Kahverengi Akdeniz ve Rendzina büyük toprak gruplarında iskelet yüzdesi ile kum yüzdesi Kahverengi Orman ve Kireçsiz Kahverengi Orman büyük toprak gruplarına oranla düşük, kil yüzdesi ise yüksektir. Bu durum Kırmızı Kahverengi Akdeniz ve Rendzina büyük toprak grubu topraklarının infiltrasyon ve perkolasyon kapasitelerinin diğer iki büyük toprak grubuna oranla düşük olduğunu gösterir. Nitekim Perkolasyon analiz değerleri bunu doğrulamaktadır. Kireçsiz Kahverengi Orman büyük toprak grubu topraklarının iskelet ve kum kapsamı diğer üç büyük toprak grubuna oranla en yüksek, buna karşın kil kapsamalarının en düşük düzeyde olması bu büyük toprak grubunun perkolasyon kapasitelerinin en yüksek olmasına neden olmuştur. Ancak, dört büyük toprak grubunda da yüzey akış miktarları arasında büyük bir farklılığın olmadığı belirlenmiştir. Topraklarda en düşük kil oranı ve mil oranı değerleri Kırmızı Kahverengi Akdeniz, en yüksek ise Kireçsiz Kahverengi Orman büyük toprak grubunda belirlenmiştir.

En düşük süspansiyon yüzdesi Kireçsiz Kahverengi Orman, en yüksek değer ise Rendzina büyük toprak grubunda belirlenmiştir. Süspansiyon yüzdesinin artması, toprağın su karşısında kolayca dağılabildiğini ve teksele hale geçen mineral parçacıkların kolayca taşınabileceğini gösterir. Buna göre Rendzina büyük toprak grubunda en yüksek, Kireçsiz Kahverengi Orman toprağında ise en düşük toprak kaybının meydana geleceği beklenebilir. Nitekim elde edilen toprak kaybı değerleri bu sonucu doğrulamaktadır.

Tablo 1. Büyük toprak gruplarının bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri ile yapay yağış uygulaması sonucu elde edilen yüzey akış ve toprak kaybı sonuçları.

Toprak özellikleri	Büyük Toprak Grupları											
	Kırmızı Kahverengi Akdeniz			Kahverengi Orman			Kireçsiz Kahverengi Orman			Rendzina		
	min.	max.	ort.	min.	max.	Ort.	Min.	max.	ort.	min.	max.	ort.
İskelet, %	2.62	26.81	6.98	2.24	17.30	8.48	1.57	20.24	8.81	0.34	11.71	4.56
Kum, %	21.80	53.30	33.16	26.00	61.30	40.65	38.70	72.00	57.55	16.00	66.00	34.64
Mil, %	18.00	36.00	25.55	14.80	36.00	23.90	12.70	30.00	18.94	16.00	42.00	24.24
Kil, %	26.70	55.80	41.29	18.10	52.00	35.45	11.30	45.00	23.51	12.00	63.40	41.12
Kil oranı	0.79	2.75	1.54	0.92	4.52	2.06	1.22	7.85	3.94	0.58	7.33	1.94
Mil oranı	0.34	1.29	0.67	0.35	1.54	0.74	0.28	1.68	0.92	0.26	1.85	0.74
Süspansiyon, %	8.03	17.08	12.44	3.30	31.29	12.03	5.41	20.97	11.77	7.27	29.77	13.24
Dispersiyon oranı	11.94	33.55	20.64	4.95	48.05	22.03	11.26	53.55	33.51	11.24	47.81	23.18
Tarla kapasitesi, %	18.77	38.49	28.76	17.31	39.74	25.82	10.62	35.06	19.34	21.17	54.25	34.48
Erozyon oranı	7.84	28.15	14.92	3.42	38.04	16.97	7.73	54.12	28.30	8.35	62.25	22.79
pH (1:2.5 toprak:su süsp.)	6.79	8.54	7.99	6.83	8.49	8.03	5.10	7.60	6.80	6.98	8.49	8.02
Kireç, %	0.02	7.57	2.08	0.04	36.91	9.94	0.08	0.57	0.20	0.02	28.90	6.15
Organik madde, %	0.86	3.16	1.91	1.18	3.14	1.90	0.53	3.28	1.37	0.80	1.93	1.46
Agregat stabilitesi, %	17.61	74.02	52.19	15.21	76.18	45.15	14.44	57.43	30.62	10.19	75.55	48.91
Perkolasyon, g/10 dak.	6.89	312.02	156.60	22.36	1087.5	358.98	29.33	1868.7	544.86	13.49	921.50	178.82
Yüzey akış, l/m ²	26.65	40.21	31.75	25.54	46.09	33.58	21.24	48.64	32.01	23.32	41.13	32.21
Toprak kaybı, g/m ²	230.94	450.60	337.50	86.16	400.10	279.68	65.90	400.00	190.35	189.52	832.50	471.06

Toprakların erozyona karşı dirençlerinin göstergelerinden biri olarak kullanılan dispersiyon oranı değerini ilk ortaya koyan Middleton (30) adlı araştırmacı, sınır değerini 15 olarak belirlemiş olup, bu değer altındaki toprakları erozyona karşı dirençli, üzerindeki toprakları ise erozyona duyarlı olarak tanımlamıştır. Bu değerlendirmeye göre dört büyük toprak gurubunun da erozyona duyarlı olduğu söylenebilir. Dispersiyon oranında olduğu gibi, erozyon oranı ile toprakların erozyona uğrama eğilimi arasında da bir ilişkinin olduğunu belirten Middleton (30), erozyon oranı için 10 sınır değeri kabul edilmiş olup, bu değer üzerindeki toprakları erozyona duyarlı, altındaki toprakları ise erozyona dirençli olarak tanımlamıştır. Buna göre dört büyük toprak grubu da erozyona duyarlı topraklar olarak tanımlanabilir.

En düşük pH değeri ve kireç içeriği Kireçsiz Kahverengi Orman büyük toprak grubunda belirlenirken, diğer üç büyük toprak grubunun pH değerleri birbirine çok yakındır. Ancak bu üç büyük toprak grubu, kireç içerikleri bakımından farklılık göstermektedir. Kireçsiz Kahverengi Orman büyük toprak grubunun en düşük pH

ve kireç içeriğine sahip olmasının nedeni, toprağı oluşturan ana materyalin çoğunlukla kireç içermemesi ve genel olarak kumlu tınlı ve kumlu killi tın toprak bünyesine sahip olmasından kaynaklanmaktadır. Orta bünyeye sahip olan Kireçsiz Kahverengi Orman büyük toprak grubunda yıkanmanın fazla olması sonucu, toprağın kireç içeriği ve pH ı en düşük düzeyde kalmıştır.

Toprakların en düşük organik madde içeriği ve agregat stabilitesi değerleri Kireçsiz Kahverengi Orman büyük toprak grubunda belirlenirken, en yüksek değer Kırmızı Kahverengi Akdeniz büyük toprak grubunda belirlenmiştir. Diğer iki büyük toprak grubu ise bu iki değer arasında yer almaktadır. Kireçsiz Kahverengi Orman büyük toprak grubunda en düşük agregat stabilitesinin belirlenmiş olmasının nedeni, agregat stabilitesi üzerine etkili olan toprağın kil içeriği, kireç içeriği ve organik maddenin düşük olmasından kaynaklanmaktadır. Kırmızı Kahverengi Akdeniz büyük toprak grubunda ise Kireçsiz Kahverengi Orman büyük toprak grubunun tersine kil içeriğinin ve organik madde içeriğinin yüksek olması, agregat stabilitesi değerinin de en yüksek olmasına neden olmuştur.

Büyük Toprak Gruplarının Toprak Özellikleri İle Yüze Akış ve Toprak Kaybı Arasındaki İkili ve Çoklu İlişkiler

Toprakların sahip oldukları fiziksel ve kimyasal özellikler topraklarda erozyonla meydana gelecek yüze akış ve toprak kayıpları üzerine önemli etkilerde bulunmaktadır (7, 31). Bu etkilerin her bir büyük toprak grubu düzeyinde ayrı ayrı belirlenmesi erozyona karşı alınacak önlemlerin daha etkili olmasını sağlayacaktır. Bu nedenle erozyon üzerinde etkili olan toprak özellikleri belirtilirken, hangi büyük toprak grubunda etkili olduğunun bilinmesi sorunların çözümüne büyük katkı sağlayacaktır. Araştırma konusu büyük toprak gruplarının bazı toprak özellikleri ile yüze akış ve toprak kaybı arasındaki ikili ilişkileri tablo 2’de verilmiştir.

Tablo 2’deki ikili ilişkilerin incelenmesinden görüldüğü üzere dört büyük toprak grubunda da yüze akış ve toprak kaybı üzerine etkili olan özelliklerin

genellikle farklılık gösterdiği anlaşılmaktadır. Büyük toprak gruplarının tamamında yüze akış üzerine etkili olan tek özellik süspansiyon yüzdesi olmuştur.

Toprak erozyonu bir çok faktörün etkisi sonucu meydana gelen karmaşık bir olaydır. Bu nedenle erozyon ile ilgili yapılan araştırmalarda tek bir faktörün erozyon üzerindeki etkisinin araştırılmasından çok birden fazla faktörün etkilerinin belirlenmesi daha doğru ve hassas sonuçların elde edilmesini sağlamaktadır. Yapılan bir çok araştırmada da birden fazla faktörün yüze akış ve toprak kaybı ile çoklu ilişkileri belirlenmeye çalışılmıştır (7, 18, 32). Çoklu ilişkiler çoğunlukla toprak özellikleri ile erozyon ilişkileri konusunda yoğunlaşmıştır. Bu araştırmada da toprak özellikleri ile yüze akış ve toprak kaybı arasındaki çoklu ilişkiler belirlenmiştir. Araştırma konusu büyük toprak gruplarının toprak özellikleri ile yüze akış ve toprak kaybı arasında belirlenen çoklu regresyon ilişkileri tablo 3’de verilmiştir.

Tablo 2. Büyük toprak gruplarının bazı toprak özellikleri ile yüze akış ve toprak kaybı arasındaki ikili ilişkiler.

Toprak Özellikleri	Bağımlı Değişken (Y)	Büyük Toprak Grupları							
		Kırmızı Kahverengi Akdeniz		Kahverengi Orman		Kireçsiz Kahverengi Orman		Rendzina	
		Korelasyon katsayısı	Regresyon denklemi	Korelasyon katsayısı	Regresyon denklemi	Korelasyon katsayısı	Regresyon denklemi	Korelasyon katsayısı	Regresyon denklemi
İskelet, %	Y.A.					- 0.553*	Y=38.746-0.7644 X		
	T.K.								
Kum, %	Y.A.	0.660**	Y=20.861+0.3283 X						
	T.K.					- 0.526*	Y=466.67-4.801 X		
Kil, %	Y.A.	-0.592*	Y=41.87-0.2452 X						
	T.K.								
Kil oranı	Y.A.	0.587*	Y=26.275+3.5453 X						
	T.K.					-0.491*	Y=288.23-24.86 X		
Süspansiyon, %	Y.A.	0.543*	Y=24.113+0.6136 X	0.714*	Y=27.095+0.5391 X	0.522*	Y=21.480+0.895 X	0.579*	Y=24.567+0.5772 X
	T.K.			0.515*	Y=188.96+7.5419 X	0.532*	Y=39.961+12.778 X		
Dispersiyon oranı, %	Y.A.	0.686**	Y=24.235+0.3638 X	0.798**	Y=25.477+0.3678 X			0.559*	Y=25.507+0.289 X
	T.K.								
Erozyon oranı	Y.A.	0.732**	Y=25.426+0.4237 X	0.633**	Y=27.605+0.3521 X				
	T.K.								
Agregat Stabilitesi, %	Y.A.	-0.701**	Y=41.415-0.1853 X	-0.617**	Y=41.146-0.1676 X				
	T.K.								
Organik madde, %	Y.A.					-0.591*	Y=39.942-5.7722 X		
	T.K.	-0.579*	Y=456.13-62.439 X						
Tarla Kapasitesi, %	Y.A.			-0.485*	Y=45.117-0.4468 X				
	T.K.								
Perkolasyon g/10 dak.	Y.A.								
	T.K.			-0.507*	Y=339.90-0.1678 X	-0.661**	Y=249.32-0.1082 X	-0.547*	Y=553.33-0.4601 X

Y.A. : Yüze akış T. K. : Toprak kaybı * : % 5 istatistik düzeyi ** : % 1 istatistik düzeyi

Tablo 3. Büyük toprak gruplarının toprak özellikleri ile yüzey akış ve toprak kaybı arasında belirlenen çoklu regresyon ilişkileri.

Büyük Toprak Grubunun Adı	Çoklu Regresyon Denklemi			
	Yüzey akış (l / m ²)	(R ²)	Toprak kaybı (g / m ²)	(R ²)
Kırmızı Kahverengi Akdeniz	= 64.215 + 0.40 X ₃ - 2.229 X ₆ -4.278 X ₇	0.780	=418.95 + 5.123 X ₁ -61.683 X ₆	0.519
Kahverengi Orman			=-86.266 + 8.797 X ₂ + 10.073 X ₅	0.575
Kireçsiz Kahverengi Orman				
Rendzina			=-457.583-0.633X ₄ - 261.717 X ₆ + 177.403 X ₇	0.624
X ₁ : iskelet (%)	X ₄ : Perkolasyon (g / 10 dak.)	X ₇ : pH (1:2.5 toprak: su süsp.)		
X ₂ : Süspansiyon (%)	X ₅ : Tarla kapasitesi (%)	R ² : Determinasyon katsayısı		
X ₃ : Erozyon oranı	X ₆ : Organik madde (%)			

Tablo 3' ün incelenmesinden anlaşılacağı üzere Kırmızı Kahverengi Akdeniz büyük toprak grubunda üç bağımsız değişkenin yüzey akış ile ilgili değişimin % 78'ini (R²=0,78) açıklayabildiği belirlenmiştir. Ancak diğer büyük toprak gruplarında toprak özellikleri ile yüzey akış arasında herhangi bir çoklu ilişki denklemi elde edilmemiştir. Bunun yanı sıra Kırmızı Kahverengi Akdeniz ve Kahverengi Orman büyük toprak gruplarında iki bağımsız değişkenin toprak kaybı ile ilgili değişiminin sırasıyla % 51,9 (R² = 0,519) ve % 57,5'ünü (R² = 0,575) açıklayabildiğini, Rendzina büyük toprak grubunda ise üç bağımsız değişkenin toprak kaybı ile ilgili değişimin % 62,4'ünü (R²=0,624) açıklayabildiği belirlenmiştir. Çoklu regresyon denklemlerinde bağımsız değişken olarak yer alan özellikler ikili ilişkilerde, yüzey akışı ve toprak kaybındaki değişimi daha düşük bir yüzde ile açıklayabilmektedir. Bu nedenle çoklu ilişki denkleminde yüzey akış ve toprak kaybı daha duyarlı olarak hesaplanabilmektedir.

Tablo 3' teki çoklu regresyon denklemleri genel olarak değerlendirildiğinde Kırmızı Kahverengi Akdeniz büyük toprak grubunda erozyon oranı, organik madde ve pH'nın yüzey akış üzerine birlikte etkileri diğer özelliklere göre daha kuvvetli olduğu söylenebilir. Toprak kaybı denklemlerinde ise Kırmızı Kahverengi Akdeniz büyük toprak grubunda, iskelet yüzdesi ve organik madde; Kahverengi Orman büyük toprak grubunda, süspansiyon yüzdesi ve tarla kapasitesi; Rendzina büyük toprak grubunda ise perkolasyon, organik madde ve pH'nın toprak kaybı üzerine birlikte etkilerinin diğer özelliklere göre daha güçlü olduğu söylenebilir. Kireçsiz Kahverengi

Orman büyük toprak grubunda toprak özellikleri ile toprak kaybı arasında herhangi bir çoklu regresyon eşitliği elde edilmemiştir. Tablo 3'ün incelenmesinden görüldüğü üzere bazı büyük toprak gruplarında toprak kaybı ile toprak özellikleri, bazılarında ise yüzey akış ile toprak özellikleri arasında çoklu regresyon eşitliği elde edilmiş olmasına rağmen, bazılarında çoklu regresyon eşitliği elde edilememiştir. Bunun nedeni incelenen toprak özelliklerinin, toprak kaybı ve yüzey akış üzerindeki etkilerinin istatistiksel olarak önemli bulunmamasından kaynaklanmaktadır. Bu büyük toprak grupları için toprak kaybı ve yüzey akış üzerinde etkili olabilecek başka toprak özelliklerinin araştırılması gerekmektedir.

Sonuç olarak Bursa ili ve civarındaki eğimli tarım alanlarından Kırmızı Kahverengi Akdeniz, Kahverengi Orman, Kireçsiz Kahverengi Orman ve Rendzina büyük toprak gruplarına ait topraklardan alınan örnekler üzerine laboratuvar koşullarında yapay yağış uygulanması sonucunda meydana gelen yüzey akış ve toprak kayıpları belirlenmiştir.

Yapay yağış uygulaması sonucu meydana gelen erozyonda, yüzey akış ve toprak kaybı üzerine etkili olan özelliklerin her bir büyük toprak grubunda bazı farklılıkların olması nedeniyle farklı miktarlarda yüzey akışı ve toprak kayıpları meydana gelmiştir. Bu durum toprak özelliklerinin etkisinin önemini ortaya koymaktadır. Araştırmada toprak özellikleri ile yüzey akış ve toprak kayıpları arasında ikili ve çoklu ilişki denklemleri ortaya konulmuştur. Her bir büyük toprak grubu için ortaya konulmuş çoklu denklemler yardımıyla, toprak analiz sonuçlarının denklemlere uygulanmasıyla yüzey akış ve toprak kayıpları saptanabilir.

Dört farklı büyük toprak grubu üzerinde yürütülen bu çalışmada, yapay yağış uygulaması sonucunda her bir büyük toprak grubunda meydana gelen toprak kayıpları esas alındığında topraklar, aşınımına dirençleri bakımından sırasıyla Kireçsiz Kahverengi Orman > Kahverengi Orman > Kırmızı Kahverengi Akdeniz > Rendzina şeklinde sıralandığı belirlenmiştir.

Araştırmada elde edilen toprak kayıpları arasındaki farklılıkların ve aşınımına duyarlılıklarının yöre topraklarına genelleştirilmesinde ve uygulanmasında (Arazi denemeleri

kurulup sonuçlandırılıncaya kadar) dikkate alınması yararlı olacaktır. Araştırmada elde edilen çoklu denklemler yardımıyla tarım arazilerinde meydana gelecek yüzey akış ve toprak kayıplarının azaltılması için hangi toprak özelliklerinin iyileştirilmesi ve geliştirilmesi gerektiği yine bu denklemler yardımıyla belirlenebilir. Ayrıca, uygulanacak toprak ve su korunumu önlemlerinde bu araştırmada elde edilen sonuçların dikkate alınması uygulamanın daha etkin olmasını sağlayacaktır.

Kaynaklar

1. Ergene, A., Toprak Biliminin Esasları. Atatürk Üniv. Zir. Fak. Yay. No: 267, 137- 257., 1993.
2. Rodriguez, P.O., Fernandez, N., Fernandez, A.A., de la Paz, N., Erosion Evaluation in a Carrot-Lettuce Rotation Under Different Management Practices. Study of Water Erosion and Control Strategies. No: 47, 49-61., 1995.
3. Çelikel, T., Toprak ve Su Kaynaklarının Halkın Katılımı ile Değerlendirilmesi Yoluyla Köylerin Kalkındırılması ve Çevre Koruma Stratejilerinin Belirlenmesi. T.C. Orman Bakanlığı I. Ormancılık Şurası, Tebliğiler ve Ön Çalışma Grubu Raporları, Cilt 2, Seri No: 13, Yayın No: 6, S:237., 1993.
4. Doğan, O., Tokat Yöresinin Yağış Erozyon İndisi (R) ve Önemli Büyük Toprak Gruplarının Aşınımına Duyarlılık (K) ile Toprak Koruma Önlemleri (P) Parametrelerinin Yapay Yağış Koşullarında Saptanması. Köy Hizmetleri Ankara Araştırma Enstitüsü, Yayın No: 105/37, Ankara., 1985.
5. Taysun, A. ve Dağdeviren, İ., GAP Bölgesi Eğimli Tarım Arazilerinin Laboratuvar Şartlarında Toprak Özellikleri ile Erozyon İlişkileri. Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğü Yayınları, Yayın No: 63, Şanlıurfa., 1991.
6. Usman, H., Wild Erosion Northeastern Nigeria. I. Erodibility Factors. Arid Soil Research and Rehabilitation., 9, (4) : 457-466., 1995.
7. Wischmeier, W.H., and Mannering, J.V., Relation of Soil Properties and Erodibility. Soil Sci. Soc. Amer. Proc., 33 : 131-137., 1969.
8. Guerra, A., The Effect of Organic Matter Content on Soil Erosion in Simulated Rainfall Experiment in W. Sussex, U.K. Soil Use and Management, 10 (2) : 60-64., 1994.
9. Luk, S.H., Rainfall Erosion of Some Alberta Soils. A Laboratory Simulation Study. Catena., 3 (3/4) : 295-309., 1977.
10. Özdemir, N. ve Akgül, M., Donma ve Çözünmenin Toprağın Strüktürel Dayanıklılığı ve Erozyona Duyarlılığı Üzerine Etkisi. Tr. J. of Agriculture and Forestry, 19 (6), 429-435., 1995.
11. Anonim, Bursa İli Arazi Varlığı. Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğü Yayınları, İl Rapor No : 16, Ankara., 1995.
12. Richard, L.A., Diagnosis and Improvement of Saline and Alkali Soils. Government Print Office, Washington., 1954.
13. Jackson, M.L., Soil Chemical Analysis. Prentice Hall Inc., Engle wood Cliffs, New Jersey, 1958.
14. Moldenhauer, W.C., Long, D.C., Influence of Rainfall Energy on Soil Loss and Infiltration Rates. Soil Sci. Soc. Amer. Proc., 28., 813-817., 1964.
15. Akalan, İ., Toprak Fiziksel Özellikleri ve Erozyon. Ankara Üniv. Ziraat Fak. Yıllığı., (3-4) : 490-503., 1967.
16. Bryan, R.B., The Relative Erodibility of Soil Developed in The Peak District of Derbyshire. Geogr. Annlr. 51A, 3 : 145-159., 1969.
17. Barnett, A.P., A Decade of K-Factor Evaluation in The Southeast, (in Soil Erosion Prediction and Control). S.C.S.A. Spe. Publ. No : 21, 393., 1977.
18. Taysun, A., Gediz Havzasının Rendzina Tarım Topraklarında Yapay Yağmurlayıcı Yardımıyla Taşlar, Bitki Artıkları ve Polyvinilalkollün (PVA) Toprak Özellikleri ile Birlikte Erozyona Etkileri Üzerinde Araştırmalar. Doçentlik Tezi., 1981.
19. Soil Survey Staff., Soil Survey Manual. U.S. Dep. Agr. Handbook No : 18, U.S. Government Print. Office, Washington, 1951.
20. Bouyoucos, G.J., Hydrometer Method Improved for Making Particle Size Analysis of Soil. Agr. Jour., 54 : 464-465., 1962.
21. Neal, J.H., The Effect of the Degree of Slope and Rainfall Characteristics on Runoff and Soil Erosion. Agr. Exp. St. Res. Bul., No : 280., 1938.
22. Chakrabarti, D.C., Investigation on Erodibility and Waterstable Aggregates of Certain Soils of Eastern Nepal. J. Indian Soc. Soil Sci., 19 (4): 441-446., 1971.
23. Taysun, A., Bornova ve Civarındaki Mevcut Büyük Toprak Gruplarının Bazı Fiziksel ve Kimyasal Özellikleri ile Bunların Erozyonla Olan İlişkileri Üzerinde Araştırmalar., Doktora Tezi., 1977.

24. U.S. Salinity Lab. Staff., Diagnosis and Improvement of Saline and Alkali Soils. Government Print. Office, Washington., 1954.
25. Grewelling, T. and Peech, M., Chemical Soil Test. Cornell. Üniv. Agr. Expt. Sta. Bull. 960s., 1960.
26. Hızalan, E. ve Ünal, H., Topraklarda Önemli Kimyasal Analizler. A.Ü. Ziraat Fakültesi Yayınları, No : 278, Ankara., 1966.
27. Jackson, M.L., Soil Chemical Analysis. Prentice Hall Inc. Eng. Cliffs. NJ, U.S.A., 1962.
28. Wichtmann, H., Zur Methodik und Anwendung Von Aggregatanalysen Für Ackerbauliche Fragen. ZAP 100 : 163-178., 1955.
29. Becher, H.H., Kainz, M., Auswirkung einer Langjährigen Stallmistdüngung auf das Bodengefüge im Lössgebiet bei Straubing. ZAP 152 : 152-158., 1983.
30. Middleton, H. E., Properties of Soil Which Influence Soil Erosion. USDA Tech. Bul. No : 178., 1930.
31. Slusarczyk, E., The Susceptibility of Soils to Water Erosion. Pam. Pulawski 27, 161-169., 1967.
32. Karakaplan, S., Erzurum Ovası Topraklarında Yüzey Akış ve Toprak Kaybı Üzerinde Bir Araştırma. Doçentlik Tezi., 1976.