



TOPRAK BİLİMİ VE BİTKİ BESLEME DERGİSİ

<http://dergi.toprak.org.tr>



Organik düzenleyici uygulanmış toprakta erozyonla oluşacak toprak kaybının tahmini

Elif Öztürk ^{*},¹ , Nutullah Özdemir ²

¹ Karadeniz Tarımsal Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü, Samsun

² Ondokuz Mayıs Üniversitesi Ziraat Fakültesi Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü, Samsun

Özet

Toprak karmaşık süreçler sonucunda oluşan, yeryüzündeki madde döngülerinin gerçekleştiği, canlı ve kompleks bir ekosistemdir. Yaşamın temelini oluşturan bu kompleks sistem erozyonla kaybolmaktadır. Bu çalışma, yapay yağış koşullarında oluşan toprak kaybı değerleri ile erozyona karşı duyarlılığın değerlendirilmesinde kullanılan parametreler ve bazı fiziko-kimyasal toprak özellikleri arasındaki ilişkileri belirlemek ve bu özellikleri kullanarak erozyonla oluşabilecek toprak kaybı değerinin tahmin edilmesini sağlayacak bir model geliştirmek üzere yürütülmüştür. Çalışmada Samsun ili sınırları içerisinde bulunan Minoz Havzası'nda yayılım gösteren Lithic Ustorthent ve Typic Calciustept olarak sınıflandırılan topraklar ile çöp kompostu, çeltik kavuzu kompostu ve ahır gübresi düzenleyicileri kullanılmıştır. Havzaya ait bozulmuş toprak örneklerine organik düzenleyiciler kuru ağırlık esasına göre farklı dozlarda (% 0, 2, 4 ve 6) uygulanarak simülasyon uygulaması yapılmış ve kalite parametrelerinin belirlenebilmesi amacıyla deneme kurulmuştur. Denemeler sonucunda, topraklara uygulanan organik düzenleyicilerin toprak-su kayıplarını azalttığı ve erozyona karşı dayanıklılığı artırdığı belirlenmiştir. Toprak kayıplarının daha az olarak tespit edildiği uygulamalarda kalite parametreleri diğer uygulamalara kıyasla daha yüksek değerler almıştır. Yapay yağış koşullarında ölçülen ve geliştirilen pedotransfer fonksiyonlar (PTFs) ile tahmin edilen toprak kaybı değerlerinin karşılaştırılmasında determinasyon katsayısı (R^2) kullanılmıştır. Havzada toprak kaybını tahmin etmek için kullanılacak eşitliğin R^2 değeri 0.95 olarak elde edilmiştir. Bu sonuçlar geliştirilen pedotransfer eşitliklerin Minoz Havzası topraklarında gerçekleşen kayıpların tahmin edilmesinde kullanılabileceğini göstermiştir.

Anahtar Kelimeler: Yapay yağış, Erozyona duyarlılık, Toprak düzenleyiciler, Toprak kaybı

Estimation of soil loss by erosion in organic conditioner applied soil

Abstract

Soil is a living and complex ecosystem that is formed as a result of complicated processes and where material cycles on Earth take place. This complex system which forms the base of life, losses with erosion. This study was carried out to determine relationships between soil loss occurring in the artificial rainfall conditions and parameters used in the evaluation of susceptibility to erosion and some physico-chemical soil properties to develop a model to estimate soil loss that may occur with erosion by using these properties. In the study, soils classified as Lithic Ustorthent and Typic Calciustept which were in the Minoz Basin within the borders of Samsun province and conditioners as municipal waste compost, rice husk compost and manure were used. A simulation was done by applying organic conditioners to the degraded soil samples in different doses (0, 2, 4, and 6 %) based on dry weight and a trial was established to determine quality parameters. As a result of the experiments, it was determined that organic conditioners applied to the soils reduce soil-water losses and increase resistance to erosion. In the applications soil losses were determined to be less, quality parameters were found higher compared to the other applications. The determination coefficient (R^2) was used in the comparison of the soil loss values measured and developed with pedotransfer functions (PTFs) under artificial rainfall conditions. The R^2 value of the equation to be used to estimate the soil loss in the basin was obtained as 0.95. These results showed that developed pedotransfer equations could be used in the estimation of soil losses in Minoz basin soils.

Keywords: Artificial rainfall, Susceptibility to erosion, Soil conditioners, Soil loss

© 2020 Türkiye Toprak Bilimi Derneği. Her Hakkı Saklıdır

Giriş

Toprak biliminde erozyon diğer bir deyişle toprak aşınımı, doğal kaynakların sürdürülebilir bir biçimde kullanılmasında karşılaşılan başlıca sorunlardan biri olup gerek dünyada gerekse ülkemizde oldukça tehlikeli boyuttadır. Erozyon toprak özellikleri, topoğrafik yapı, vejetasyon, bitki örtüsü ve iklimsel özelliklere bağlı karmaşık bir süreçtir. Bu süreç doğal boyutunda devam ettiği sürece, ekosistemin önemli bir bileşeni olarak

* Sorumlu yazar:

Tel. : 0362 2560514

E-posta : elifozturk@hotmail.com

Geliş Tarihi : 18 Eylül 2020

Kabul Tarihi : 21 Aralık 2020

e-ISSN : 2146-8141

DOI : 10.33409/tbbbd.796822

değerlendirilmektedir. Ancak hızlandırılmış erozyon, toprak kalitesini ve su kaynaklarını olumsuz yönde etkilemektedir. Hızlandırılmış toprak erozyonu en zararlı çevre sorunlarından biri olup doğada ve kentsel alanda onarılamaz zararlar meydana getirerek sosyoekonomik sorunlara neden olmaktadır (Wang ve ark., 2013). Diğer taraftan, sürdürülebilir toprak kullanımını ve kırsal alanların gelişimini de kısıtlamaktadır (Jing ve ark., 2005; Cassol ve ark., 2018). Doğal süreçler dışında antropojenik faaliyetlerin neden olduğu bu süreç toprak kaybını ve riskini daha da artırmaktadır (Lal ve Pierce, 1991).

Toprağın erozyona duyarlılığı, yağış veya yüzey akışla toprağın parçalanmaya direnci olarak tanımlanmaktadır (Parlak ve ark., 2014) ve toprak özellikleri, arazi kullanım durumu ile yağışın erosivitesine bağlı olarak değişmektedir (Kanar ve Dengiz, 2015). Toprakların strüktürel dayanıklılığının ve erozyona uğrama eğiliminin belirlenmesinde, strüktür stabilite indeksi (Leo, 1963), kil oranı (Bryan, 1968), dispersiyon oranı ile erozyon oranı (Bryan, 1968, Ngatunga ve ark., 1984), toprak aşınım faktörü (K) (Wischmeier ve Smith, 1978) ve agregat stabilitesinin (Miller ve Baharrudin, 1987) iyi birer ölçüt olabileceği farklı araştırmacılar tarafından ortaya konulmuştur. Toprakların aşınmaya karşı duyarlılıkları sahip oldukları özelliklerin farklılığından ileri gelmektedir. Aşınımı etkileyen en önemli toprak özellikleri ise toprak bünyesi, toprak strüktürü, hidrolik geçirgenlik ve organik madde içeriği olarak tanımlanmaktadır (Cebel ve ark., 2013). Toprak ve su kaynaklarının korunması ve geliştirilmesine ilişkin çalışmalarda erozyon sonucu meydana gelebilecek toprak kayıplarının ve taşınan sediment miktarlarının bilinmesi gerekmektedir. Bu kayıpların saptanması uygun toprak, arazi, bitki yönetimi ile toprak koruma önlemlerinin seçilmesi ve arazi yönetimi açısından önem arz etmektedir (Karagöktaş ve Yakupoğlu, 2014). Erozyonla meydana gelebilecek toprak kayıplarını ve potansiyel arazi bozulma risklerini belirlemek üzere çeşitli kalitatif yaklaşımlar ve model çözümler geliştirilmiştir. Günümüzde pedotransfer fonksiyon terimi, toprak biliminin tüm alanlarında toprak özellikleri arasındaki ilişkilerin matematiksel ifadesinde yaygın olarak kullanılmaktadır (Candemir ve Gülser, 2012; Gülser ve Candemir, 2014; Gülser ve Ekberli, 2019). Pedotransfer fonksiyonlar, araştırmalardan elde edilen veriler kullanılarak bazı toprak özelliklerinin tahmin edildiği modellerdir (Bouma, 1989). Bu fonksiyonlar belirli bir model veya kalite değerlendirmesinde mevcut veriler ile daha faydalı veya gerekli görülen özellikler arasındaki boşluğu doldurmaktadır (Gomes ve ark., 2017). Yakupoğlu ve ark. (2012), Kahramanmaraş Narlı Ovası topraklarında yürüttükleri çalışmalarında, Ova topraklarının aşınabilirliğinin tahminlenmesinde pedotransfer yaklaşımının kullanılabilirliği belirtmişlerdir. Kars ve Ekberli (2019), buğday bitkisinin verim parametreleri ile bazı toprak özellikleri arasındaki ilişkilerin irdelenmesinde pedotransfer modellerin uygulanabilirliği üzerine yaptıkları araştırmada, yetiştirilen buğday bitkisinin verim parametrelerinin tahmin edilmesinde modellerin uygulanabilirliğinin mümkün olduğunu belirtmişlerdir. Canbolat (1999) Erzurum yöresi toprakları üzerinde yürüttüğü çalışmasında, tarla kapasitesindeki değişimin basit regresyon modelleri ile % 79.3'ünün, çoklu regresyon modeli ile % 96'sının, devamlı solma noktasındaki değişimin basit regresyon modelleri ile % 89.5'inin çoklu regresyon modeli ile % 97'sinin, yarıyıllı nem kapasitesindeki değişimin de basit regresyon modelleri ile % 59'unun ve çoklu regresyon modeli ile de % 78'inin temsil edilebileceğini belirlemiştir. Daba Fufa ve ark. (2002), yapay yağış koşullarında toprak kaybı ve tahmin eşitlikleri kullanılarak elde edilen toprak kayıplarını karşılaştırarak, bu sonuçlar ile bazı erodibilite parametreleri (agregat stabilitesi ve kesme direnci) arasındaki ilişkileri irdemişlerdir. Araştırmacılar, Cambisol, Fluvisol ve Regosol topraklar üzerinde yürüttükleri çalışmaları sonucunda, eşitlikler kullanılarak tahmin edilen aşınabilirlik değerleri ile agregat stabilitesi arasında kuvvetli ilişki belirlerken, toprak kaybının ise kesme direnci ile daha yakın korelasyon gösterdiğini tespit etmişlerdir. Kılıç ve Yönter (2005) çalışmalarında oluşturdukları modelde, yağışla meydana gelen toprak kaybının, yağış süresi ve yüzey akış miktarına bağlı olduğunu ve söz konusu parametreler arasında önemli düzeyde bir ilişkinin bulunduğunu tespit etmişlerdir.

Toprağın strüktürel özellikleri ve dolayısıyla erozyona karşı direnci, organik madde ilavesiyle önemli ölçüde arttırılabilir. Organik materyaller, hem toprağı erozyondan korumakta hem de toprağın yapısını iyileştirerek verimliliği arttırmaktadır (Akalın, 1974). Martinez ve ark. (2003), bozulmuş toprakta biyokatı ve kompostlaştırılmış kentsel katı atık uygulamalarının yarı kurak bir çevrede yüzey akış ve sediment miktarını önemli ölçüde azalttığını, biyokatı ile muamele edilen parsellerde yüzey akışın daha geç başladığını ifade etmişlerdir. Faucette ve ark. (2004), çeşitli kompost ve malç materyallerinin yapay yağış koşulları altında erozyonla meydana gelecek toprak kaybı üzerindeki etkilerini inceledikleri çalışmalarında, uygulamaların yüzey akışla meydana gelen toprak kaybını azaltmada etkili olduğunu belirlemişlerdir.

Bu araştırma, 3 farklı organik düzenleyici (ahır gübresi, çöp kompostu ve çeltik kavuzu kompostu) uygulanmış topraklarda, erozyona karşı duyarlılık parametreleri ve bazı toprak özelliklerinden yararlanılarak oluşacak toprak kayıplarının tahmininde pedotransfer modellerin kullanılabilirliğinin belirlenmesi amacıyla yürütülmüştür.

Materyal ve Yöntem

Çalışmada, Samsun ili sınırları içerisinde bulunan Minoz Havzası'ndan alınan ve Lithic Ustorthent (Entisol) ile Typic Calciustept (Inceptisol) olarak sınıflandırılan toprak örnekleri kullanılmıştır. Araştırma için bu alanlardan toprak örnekleri alınarak laboratuvara getirilmiştir. Araştırma yüzey akışla meydana gelen toprak kayıplarının ve kalite parametrelerinin belirlenmesi amacıyla 2 farklı deneme kurularak yürütülmüştür. Denemelerde, organik düzenleyici olarak Ondokuz Mayıs Üniversitesi Ziraat Fakültesi Hayvancılık Ünitesinden temin edilen ahır gübresi (AG) ve çeltik kavuzu kompostu (ÇKK) ile İstanbul Büyükşehir Belediyesi Kemerburgaz Tesislerinden temin edilen çöp kompostu (ÇPK) kullanılmıştır. Kullanılan bu atıkların pH, EC ve organik madde değerleri Çizelge 1'de verilmiştir.

Çizelge 1. Denemelerde kullanılan organik düzenleyicilerin bazı özellikleri

Materyal	pH (1:10)	EC (1:10), dS m ⁻¹	Organik madde, %
Ahır gübresi	7.48	4.29	28.32
Çöp kompostu	8.07	3.10	35.71
Çeltik kavuzu kompostu	7.81	0.51	19.82

EC: Elektriksel iletkenlik

Denemelerde kullanılan toprak örnekleri 8 mm'lik elek, organik düzenleyiciler ise 4.75 mm'lik elekten geçirilerek kullanılmışlardır (Karaoğlu ve Çanga, 2002). Organik düzenleyiciler topraklara kuru ağırlık esasına göre % 0, 2, 4 ve 6 oranlarında uygulanmıştır. Çalışma üç tekrarlamalı olarak faktöriyel düzende yürütülmüştür. Denemelerde 12 haftalık inkübasyon süresi esas alınmış, tava ve saksıların nem içerikleri izlenerek elverişli nemin % 50' si tükenince tekrar su ilavesi yapılmıştır.

Toprak örneklerinin fiziksel özelliklerinden tane büyüklük dağılımı Bouyoucos hidrometre yöntemi (Demiralay, 1993), agregat stabilitesi ıslak eleme yöntemi (Demiralay, 1993), tarla kapasitesi (TK) ve devamlı solma noktasındaki nem içeriği (SN) basınçlı tabla yöntemi (Black, 1965), faydalı su miktarı tarla kapasitesi ve devamlı solma noktası arasındaki farktan hesap yoluyla, hidrolik iletkenlik sabit seviyeli permeametre yöntemi (Özdemir, 1998) ile belirlenmiştir. Toprakların strüktürel dayanıklılık ve erozyona duyarlılıklarını değerlendirmek amacıyla kullanılan dispersiyon oranı (DO) ve erozyon oranı (EO) parametreleri aşağıdaki eşitlikler kullanılarak hesaplanmıştır (Özdemir, 2013).

$$DO = \frac{\text{süspansiyonda ölçülen silt + kil (\%)}}{\text{mekanik analizde ölçülen silt + kil (\%)}} \times 100$$

$$EO = DO \times \frac{\text{toprağın nem eşdeğeri (\%)}}{\text{mekanik analizde ölçülen kil (\%)}} \times 100$$

Örneklerin kimyasal analizlerinden organik madde içeriği modifiye Walkley-Black metodu (Kacar, 1994), kireç içeriği Scheibler kalsimetre yöntemi (Kacar, 1994), değişebilir katyonlar (Ca, Mg, Na ve K) amonyum asetat ekstraksiyon yöntemi (Kacar 1994), katyon değişim kapasitesi (KDK) Bower metodu (Kacar, 1994), pH ve EC değerleri 1:1 oranında toprak-saf su süspansiyonunda cam elektrotlu pH-metre ve EC-metreyle (Bayraklı, 1987) belirlenmiştir. Kullanılan organik düzenleyicilerin, pH ve EC değerleri 1:10 oranındaki karışımlarda cam elektrotlu pH-metre ve EC-metreyle (Rowell, 1996), organik madde içerikleri ise kuru yakma metodu (Kacar, 1972) kullanılarak belirlenmiştir. Yapay yağışla oluşan toprak kayıplarının belirlenmesinde Erpul ve Çanga (2001) 'dan modifiye edilen laboratuvar tipi damla oluşturu düzenek kullanılmıştır (Yakupoglu, 2010).

Araştırmada incelenen toprak özellikleri arasındaki doğrusal ilişkilerin belirlenmesinde korelasyon analizi yöntemi, pedotransfer eşitliklerin ve modellerin belirlenmesinde ise Stepwise çoklu regresyon analizi kullanılmıştır. İstatistiksel analizlerin yapılmasında SPSS yazılımından yararlanılmıştır.

$$TTK = b_0 + b_1x_1 + b_2x_2 + \dots + b_nx_n + u$$

TTK : Yüzey akış ve sıçrama ile oluşan toplam toprak kaybı

b₀ : Regresyon sabiti

b₁...b_n: Regresyon katsayıları

x₁-x_n : Toprak özelliklerini ifade eden değişkenler

n : Değişken sayısı

u : TTK değerine ait hata değişkeni

Bulgular ve Tartışma

Genel Toprak Özellikleri

Denemelerde kullanılan toprakların bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri Çizelge 2’de verilmiştir. Örneklerin tekstür bileşenleri incelendiğinde, Entisol ordosunda yer alan toprağın kum içeriğinin % 67.70, silt içeriğinin % 22.40 ve kil içeriğinin ise % 9.90 olduğu ve kumlu tın (SL) tekstür sınıfına girdiği belirlenmiştir. Ayrıca bu toprak, nötr reaksiyonlu, tuzsuz, kireçli, az organik madde, çok düşük K, az Ca ve iyi seviyede Mg içermektedir. Inceptisol ordosunda yer alan toprağın kum, silt ve kil içerikleri ise sırasıyla % 34.60, % 33.90 ve % 31.50 olup killi tın (CL) bir bünyeye sahiptir. Bu toprak ise nötr reaksiyonlu, tuzsuz, kireçsiz, az organik madde, orta K, iyi Ca ve iyi düzeyde Mg içermektedir. [Metson \(1961\)](#)’e göre toprakların katyon değişim kapasiteleri Entisol grubu toprak için düşük, Inceptisol grubu toprak için ise yüksek sınıfta yer almaktadır.

Toprakların erozyona uğrama eğilimlerinin değerlendirilmesinde kullanılan parametrelerden agregat stabilitesi değeri Inceptisol toprakta % 49.30, Entisol toprakta % 37.60 olarak belirlenmiştir. Agregat stabilitesi (AS) ölçümleri toprak agregatlarının bozulmaya neden olan çevresel etmenlere karşı direncinin belirlenmesinde önemli bir gösterge olarak dikkate alınmaktadır ([Hillel, 1982](#)). İyi bir agregatlaşma, toprakta verimin artmasına yardımcı olduğu gibi, toprağın erozyona karşı direncini de artırmaktadır ([Eraslan ve ark., 2016](#)). Agregat stabilitesi değerinin artması ile erozyona karşı dayanıklılık artmaktadır ([Yakupoglu ve ark., 2015](#)). Dispersiyon oranı, topraktaki doğal agregatların su ile temas ettiğinde çözülme (dispersleşme) derecesini gösteren önemli bir parametredir. Dispersiyon oranı % 15’ten büyük olan toprakların erozyona karşı dayanıksız oldukları belirtilmektedir ([Bryan 1968; Lal, 1988](#)). Toprakların erozyona uğrama duyarlılıklarının belirlenmesinde kullanılan bir diğer özellik olarak bilinen erozyon oranı için % 10 sınır değeri olarak kabul edilmekte ve bu değer üzerinde topraklar erozyona duyarlı, altındaki topraklar ise erozyona dirençli olarak sınıflandırılmaktadır ([Akalan, 1967](#)). Topraklar aşınabilirlik göstergeleri açısından değerlendirildiğinde ise, her iki gruptaki toprak da %15’in üzerinde DO ve % 10’un üzerinde EO değerlerine sahip oldukları için erozyona karşı duyarlı bir yapıdadırlar.

Çizelge 2. Araştırma topraklarının bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri

Toprak özellikleri		Entisol	Inceptisol
Kum	%	67.70	34.60
Silt	%	22.40	33.90
Kil	%	9.90	31.50
Tarla kapasitesi	%	16.10	33.60
Solma noktası	%	7.40	20.10
Faydalı su	%	8.70	12.30
Hidrolik iletkenlik	cm h ⁻¹	56.60	9.60
Agregat stabilitesi	%	37.60	49.30
Dispersiyon oranı	%	40.20	16.80
Erozyon oranı	%	65.60	17.90
pH	-	7.18	7.08
EC	dS m ⁻¹	0.221	0.439
CaCO ₃	%	3.98	0.81
Organik madde	%	1.68	1.97
Katyon değişim kapasitesi	cmol kg ⁻¹	7.39	33.20
Değişebilir Na	me 100g ⁻¹	0.59	0.19
Değişebilir K	me 100g ⁻¹	0.21	0.42
Değişebilir Ca	me 100g ⁻¹	5.12	20.24
Değişebilir Mg	me 100g ⁻¹	1.83	12.34

EC: Elektriksel iletkenlik

Toprak Kalite Parametreleri ile Toprak Kaybı Arasındaki İlişkiler

Yapay yağış koşullarında yüzey akışla oluşan toprak kaybının tahmin edilmesini sağlayacak bir ilişki ortaya koymak üzere yürütülen bu çalışmada toprağın reaksiyonu, elektriksel iletkenliği, organik madde içeriği, nem karakteristikleri (tarla kapasitesi ve solma noktası), katyon değişim kapasitesi, değişebilir Na ile değişebilir Ca+Mg kapsamları, AS, DO ve EO parametreleri belirlenmiş ve bu özelliklere ait analiz sonuçları Çizelge 3’de verilmiştir. Çizelgenin incelenmesinden de görüleceği üzere, kalite parametre değerleri, topraklara uygulanan organik düzenleyici çeşit ve doz miktarlarına bağlı olarak değişim göstermiştir. Entisol toprakta tarla kapasitesi % 18.09-% 19.51, solma noktası % 8.57-% 9.70, organik madde içeriği % 2.72- % 3.58, elektriksel iletkenlik değeri 0.479-2.500 dS m⁻¹, pH 6.69-7.56, katyon değişim kapasitesi 18.34-28.14 cmol kg⁻¹, değ. Na 0.08-0.97 me 100g⁻¹ ve değ. Ca+Mg 18.13-27.33 me 100g⁻¹ arasında olarak belirlenmiştir.

Inceptisol toprakta tarla kapasitesi % 22.20 -% 23.60, solma noktası % 9.97-% 11.01, organik madde içeriği % 2.31- % 3.39, elektriksel iletkenlik değeri 0.841-2.867 dS m⁻¹, pH 7.38-7.73, kation değişim kapasitesi 33.96-42.20 cmol kg⁻¹, değ. Na 0.08-1.09 me 100g⁻¹ ve değ. Ca+Mg 33.29-41.04 me 100g⁻¹ arasında değişim göstermiştir. Genel olarak dozların artışına paralel şekilde parametre değerleri artış göstermiş ve en düşük değerler düzenleyici içermeyen kontrol uygulamalarından elde edilmiştir.

Çizelge 3. Entisol ve Inceptisol toprakların bazı kalite parametre değerleri ile yapay yağış altında ölçülen toprak kayıpları (ortalamalar)

ENTISOL												
Uygulama	TK	SN	OM	EC	pH	KDK	Na	Ca+Mg	AS	DO	EO	TTK
Kontrol	18.09	8.66	2.72	0.479	6.69	18.34	0.08	18.13	65.81	27.32	19.36	13524
ÇKK2	18.44	8.86	2.87	0.532	6.84	18.95	0.10	18.67	71.36	24.28	17.74	12849
ÇKK4	18.89	9.25	3.01	0.654	6.96	20.44	0.11	20.13	72.88	22.72	16.90	12431
ÇKK6	19.51	9.69	3.26	0.793	7.14	21.84	0.12	21.50	75.62	20.78	15.86	11140
ÇPK2	18.47	8.57	2.86	1.133	7.39	21.16	0.38	20.63	71.02	26.96	19.17	12335
ÇPK4	19.02	8.74	3.11	1.490	7.48	23.92	0.63	23.13	72.16	24.77	18.00	11823
ÇPK6	19.11	8.75	3.58	2.027	7.56	25.82	0.97	24.67	74.13	23.76	17.46	11545
AG2	18.27	9.08	2.76	1.165	6.97	21.69	0.23	21.29	67.53	31.93	19.16	12889
AG4	19.51	9.17	3.15	1.899	7.02	24.76	0.38	24.16	70.92	25.34	18.31	11672
AG6	19.36	9.70	3.49	2.500	7.08	28.14	0.54	27.33	71.37	22.28	16.67	11006
INCEPTISOL												
Uygulama	TK	SN	OM	EC	pH	KDK	Na	Ca+Mg	AS	DO	EO	TTK
Kontrol	22.20	10.04	2.31	0.841	7.73	34.12	0.08	33.79	44.92	28.34	19.97	15429
ÇKK2	22.85	10.24	2.48	0.942	7.52	34.23	0.11	33.83	46.81	26.80	19.44	14871
ÇKK4	23.05	10.48	2.87	1.016	7.55	35.66	0.12	35.21	47.43	23.44	17.15	14281
ÇKK6	23.20	10.74	3.11	1.043	7.64	39.43	0.13	38.96	50.19	21.85	16.09	12865
ÇPK2	22.52	9.97	2.64	1.287	7.51	33.96	0.43	33.29	50.88	27.80	19.07	13914
ÇPK4	23.60	10.03	3.03	1.984	7.59	35.56	0.67	34.62	56.62	25.24	18.91	13183
ÇPK6	23.40	10.17	3.39	2.181	7.60	37.69	1.09	36.25	57.93	22.53	16.74	12758
AG2	22.82	10.41	2.74	1.692	7.38	37.25	0.33	36.62	47.81	27.87	19.19	14748
AG4	22.70	10.51	2.99	2.261	7.46	39.13	0.43	38.33	49.70	26.79	19.03	14228
AG6	23.30	11.01	3.35	2.867	7.56	42.20	0.65	41.04	54.59	25.33	18.74	13156

AG: Ahır gübresi, ÇKK: Çeltik kavuzu kompostu, ÇPK: Çöp kompostu, TK: Tarla kapasitesi (%), SN: Solma noktası (%), OM: Organik madde (%), KDK: Kation değişim kapasitesi, cmol kg⁻¹, Na: Değişebilir Na, me 100g⁻¹, Ca+Mg: Değişebilir Ca+Mg, me 100g⁻¹, AS: Agregat stabilitesi (%), DO: Dispersiyon oranı (%), EO: Erozyon oranı (%), TTK: Yapay yağış koşulları ve % 15 eğim altında ölçülen toplam toprak kaybı, kg da⁻¹

Yüzey akışla meydana gelen toprak kayıp miktarları Entisol toprakta 11006-13524 kg da⁻¹, Inceptisol toprakta 12758-15429 kg da⁻¹ olarak elde edilmiştir. AS değerleri % 65.81-% 75.62, DO % 20.78-% 31.93 ve EO % 15.86-% 19.36 olarak Entisol toprakta belirlenirken aynı parametreler sırasıyla % 44.92-% 57.93, % 21.85-% 28.34 ve % 16.09-% 19.97 olarak Inceptisol toprakta elde edilmişlerdir. Toprak kayıplarının daha düşük olarak belirlendiği % 6 doz uygulamalarında analiz edilen kalite parametreleri en yüksek değerlerini alırken erozyona karşı duyarlılığın da buna paralel olarak azaldığı görülmüştür. Ancak yapılan düzenleyici uygulamalarının toprakların erozyona karşı duyarlılıkları açısından incelenen, DO (% 15) ve EO (% 10) parametre değerlerini ifade edilen sınır değerlerinin altına düşürmede ise yetersiz kaldıkları tespit edilmiştir. Çalışmada bağımsız değişken olarak değerlendirmeye alınan ve analiz edilerek belirlenen bazı kalite parametreleri ile meydana gelen toplam toprak kaybı (bağımlı değişken) arasındaki ilişkilere ait korelasyon katsayıları Çizelge 4'de verilmiştir. Yapay yağış koşullarında elde edilen toprak kayıpları ile tarla kapasitesi, organik madde içeriği, kation değişim kapasitesi, değişebilir Na, değişebilir Ca+Mg, AS, DO ve EO parametreleri arasında pozitif ve negatif yönde farklı önem seviyelerinde korelasyonlar elde edilmiştir. Bağımlı değişken ile en yüksek ilişki AS (r²: -0.876**) arasında belirlenmiştir. Bu ilişkilere ilaveten, incelenen diğer parametreler arasında da % 1 ve % 5 seviyesinde önemli doğrusal ilişkiler tespit edilmiştir. Toprakların OM içerikleri ile EC, değişebilir Na ve AS değerleri arasında % 1 düzeyinde önemli pozitif, DO ve EO değerleri arasında ise % 1 düzeyinde önemli negatif ilişkiler belirlenmiştir. Toprakların TK ve SN nem içeriği değerleri ile pH, KDK ve değişebilir Ca+Mg kapsamları arasında % 1 düzeyinde önemli pozitif korelasyonlar elde edilmiştir. Toprakların kation değişim kapasiteleri ile değişebilir Ca+Mg içeriği arasında % 1 seviyesinde pozitif ve AS arasında % 1 seviyesinde negatif ilişkiler tespit edilmiştir. Toprak reaksiyonu ile KDK, değişebilir Ca+Mg ve AS arasında, elektriksel iletkenlik ile de KDK, değişebilir Na ve değişebilir Ca+Mg kapsamları arasında da önemli ilişkiler belirlenmiştir.

Toprakların kalite durumlarının değerlendirilmesinde yararlanılan parametreler arasındaki farklı düzeylerdeki korelasyonlar pek çok araştırmacı tarafından da benzer şekilde ortaya konulmuştur. Çimrin ve Boysan (2006), Van İli tarım topraklarında yürüttükleri çalışmalarında, toprakların toplam azot ile kum içerikleri, alınabilir fosfor ile pH ve kireç içerikleri arasında önemli negatif ilişkiler, değişebilir K ile kil, silt, KDK ve organik madde içerikleri arasında ise önemli pozitif korelasyonlar saptamışlardır. Kara (2012), çeltik kavuzu kompostunun bitki su tüketimi ve toprak kalitesine etkisini belirlemek amacıyla yürüttüğü çalışmada, söz konusu toprak özellikleri arasında % 1 ve % 5 düzeylerinde önemli pozitif ve negatif korelasyonlar elde etmiştir. Sağlam (2013), toprakların 14 farklı fiziko-kimyasal kalite parametrelerini kullanarak yürüttüğü çalışmada, AS ile EC ve OM, pH ile kil, kum, SN, OM ile SN ve EC ile TK, yarayışlı su içeriği ve pH arasında % 1 ve % 5 düzeylerinde önemli pozitif ve negatif korelasyonlar tespit edilmiştir.

Çizelge 4. Bağımlı değişken (TTK) ile bağımsız değişkenler arasındaki ilişkilere ait korelasyon katsayıları

Parametre	TK	SN	OM	EC	pH	KDK	Na	Ca+Mg	AS	DO	EO	TTK
TK	1	0.925**	-0.117	0.398	0.803**	0.966**	0.208	0.969**	-0.843**	0.045	0.053	0.528**
SN		1	-0.027	0.415*	0.669**	0.933**	0.073	0.939**	-0.769**	-0.091	-0.089	0.432*
OM			1	0.651**	-0.077	-0.009	0.703**	-0.039	0.573**	-0.786**	-0.757**	-0.842**
EC				1	0.382	0.548**	0.809**	0.521**	-0.027	-0.237	-0.195	-0.306
pH					1	0.817**	0.340	0.814**	-0.656**	0.043	0.054	0.374
KDK						1	0.296	0.999**	-0.805**	0.036	0.038	0.456*
Na							1	0.260	0.192	-0.306	-0.273	-0.435*
Ca+Mg								1	-0.823**	0.051	0.051	0.479*
AS									1	-0.459*	-0.436*	-0.876**
DO										1	0.981**	0.724**
EO											1	0.704**
TTK												1

TK: Tarla kapasitesi (%), SN: Solma noktası (%), OM: Organik madde (%), KDK: Katyon değişim kapasitesi, cmol kg⁻¹, Na: Değişebilir sodyum, me 100g⁻¹, Ca+Mg: Değişebilir kalsiyum+ değişebilir magnezyum, me 100g⁻¹, AS: Agregat stabilitesi (%), DO: Dispersiyon oranı (%), EO: Erozyon oranı (%), TTK: Yapay yağış koşulları ve % 15 eğim altında ölçülen toplam toprak kaybı, kg da⁻¹. *p< 0.05, ** p< 0.01

Toprak Kayıplarını Belirlemek için Geliştirilen Pedotransfer Eşitlikler

Toprak kaybı değerlerini, ölçülen erozyona karşı duyarlılık parametreleri ile bazı fiziko-kimyasal toprak özelliklerinden yararlanarak belirlemek üzere Stepwise analizi yapılmıştır. Bu analiz sonuçları ve korelasyon matrisleri dikkate alınarak toprak kaybını tahmin etmek üzere Çizelge 5’de sunulan 6 adet pedotransfer eşitlik geliştirilmiş ve bu tabloda eşitliklerin performanslarını ölçmede kullanılan determinasyon katsayıları (r²) da verilmiştir. Elde edilen eşitliklerin bileşenleri AS, DO ve EO parametrelerinin yanında kimyasal toprak özelliklerinden OM, KDK ve değişebilir Ca+Mg olmuştur. Benzer şekilde pek çok araştırmacı tarafından da PTF fonksiyonlar kullanılarak tahmin edilmeye çalışılan çeşitli parametreler için söz konusu toprak özelliklerinden yararlanılmıştır (Bagarello ve ark., 2009; Gomes ve ark., 2017; Qiao ve ark., 2018; Alaboz ve İşıldar, 2019).

Çizelge 5. Toprak kayıplarını tahmin etmek için geliştirilen pedotransfer eşitlikler

Pedotransfer eşitlikler	r ²
[Eş.1] $TK = 19511.61 - 103.89AS$	0.77
[Eş.2] $TK = 12214.70 - 81.72AS + 233.76DO$	0.90
[Eş.3] $TK = 11726.99 - 81.94AS + 175.27DO + 108.32EO$	0.90
[Eş.4] $TK = 18611.47 - 69.46AS - 33.97DO + 216.61EO - 1473.89OM$	0.95
[Eş.5] $TK = 21513.91 - 155.96AS - 108.38DO + 369.20EO + 19.20OM - 103.65Ca + Mg$	0.96
[Eş.6] $TK = 23732.08 - 159.98AS - 121.32DO + 339.28EO + 310.01OM + 380.23KDK - 496.28Ca + Mg$	0.97

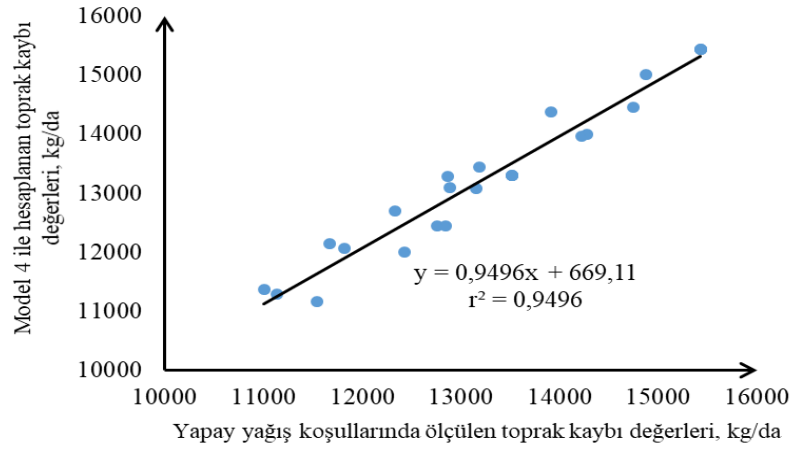
TK: Toprak kaybı

Çizelge 5’de görüldüğü üzere Eşitlik 1’in bileşenini agregat stabilitesi oluşturmuş ve bu eşitliğin r² değeri 0.77 olarak belirlenmiştir. Eşitlik 2 oluşturulurken Eşitlik 1’in denklem bileşenine DO parametresi eklenmiş ve r² değeri 0.90’a yükselmiştir. Eşitlik 3’de AS, DO ve EO aşınabilirlik parametreleri birlikte yer alırken r² değeri sabit kalmıştır. Eşitlik 4’de aşınabilirlik parametrelerine kimyasal toprak özelliklerinden OM eklenmiş ve r² değeri 0.95’e yükselmiştir. Eşitlik 5’de OM ve değişebilir Ca+Mg olmak üzere iki tane kimyasal toprak özelliği

yer alırken r^2 değeri 0.96 olmuştur. Son olarak da Eşitlik 5'e KDK parametresi ilave edilerek Eşitlik 6 elde edilmiş ve bu çalışmada r^2 değeri 0.97 olarak hesaplanmıştır.

Eşitliklere ait determinasyon katsayıları incelendiğinde, hepsinin istatistiksel olarak önemli bulunduğu fakat toprak kaybı değerini tahmin etmede r^2 değerlerinin farklılık gösterdiği tespit edilmiştir. Toprakların erozyona karşı duyarlılıklarını değerlendirmede kullanılan parametreler ve toprak kayıplarını tahmin etme güçleri irdelendiğinde söz konusu parametrelerin etkinliklerinin AS ($r^2 = 0.77$) > DO ($r^2 = 0.52$) > EO ($r^2 = 0.50$) şeklinde sıralandıkları saptanmıştır. Bir başka ifade ile AS parametresi diğer parametrelere göre daha etkin bulunmuştur. Agregat stabilitesi toprakların aşınabilirliğini kontrol eden temel toprak özelliklerinden biri olarak kabul edilmektedir (Cerdá, 1996). Daba Fufa ve ark. (2002), yapay yağış koşullarında tahmin eşitlikleri kullanılarak hesaplanan kayıp miktarı ile AS arasında yüksek bir ilişki belirlemiştir.

Araştırmadan elde edilen bulgulara göre, bu çalışmada toprak kayıplarını belirlemek üzere Eşitlik (4) " $TPK = 18611.47 - 69.46AS - 33.97DO + 216.61EO - 1473.89OM$ " tercih edilebilir. Eşitlik 5 ve Eşitlik 6 daha yüksek r^2 değerine sahip olmalarına rağmen determinasyon katsayısındaki artış çok küçük olup toprak kayıplarındaki değişimi açıklama oranına katkısı da düşük seviyededir. Diğer taraftan değişken sayısının artması standart hatanın da büyümesine neden olmaktadır. Bu nedenlerden dolayı 0.95 r^2 değerine sahip Eşitlik 4'ün seçimi Havza toprakları için uygun görülmüştür. Çalışmada ölçülen toprak kaybı değerleri ile seçilen modelle tahmin edilen toprak kaybı değerleri arasındaki ilişki ve bu ilişkiye ait determinasyon katsayısı ise Şekil 1'de gösterilmiştir.



Şekil 1. Ölçülen ve kullanılması önerilen toprak kaybı tahmin eşitliği ile belirlenen toprak kaybı değerleri arasındaki ilişkiler

Sonuç

Bu çalışmada, belirli koşullar altında yağışla meydana gelen toprak kaybının, bazı aşınabilirlik göstergeleri ile toprak özellikleri kullanılarak pedotransfer eşitlikleri ile tahmin edilebilirliği araştırılmıştır. Araştırma sonucunda, tek başına toprak kayıp miktarını en iyi açıklayan bileşenin AS olduğu ve doğru denklem parametrelerinin seçimi ile geliştirilecek olan PTFs'in yöre topraklarında meydana gelecek kayıpları gerçeğe yakın bir şekilde tahmin edebileceği ortaya konulmuştur. Eşitlikteki bağımsız değişkenlerle bağımlı değişken arasındaki ilişkiyi ortaya koymak için determinasyon katsayıları (r^2) hesaplanmıştır. Elde edilen pedotransfer eşitliklerinin tahminleme performansları seçilen bağımsız değişkenlere göre farklılık göstermiştir.

Topraklar yaşayan dinamik sistemlerdir. Toprakların karmaşık doğası ve ölçüm tekniklerine bağımlı olarak veri kümelerinin farklı özellikler taşıması nedeniyle, toprak kayıplarını kalite parametreleri ve pedotransfer eşitlikleri kullanarak belirlemek üzere yürütülecek çalışmalarda değişik sonuçlarla karşılaşılabilirliği düşünülmektedir.

Kaynaklar

- Akalan İ, 1967. Toprak fiziksel özellikleri ve erozyon. Ankara Üniv. Ziraat Fak. Yıllığı, (3-4): 490-503.
 Akalan İ, 1974. Toprak ve su muhafazası. Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi, Yayın No: 532, Ankara.
 Alaboz P, Işıldar AA, 2019. Pedotransfer fonksiyonların (Ptf's) bazı toprak fiziksel özellikleri için değerlendirilmesi. Türk Bilim ve Mühendislik Dergisi, 1(1): 28-34.
 Bagarello V, Di Stefano C, Ferro V, Giordano G, Iovino M, 2009. A pedotransfer function for estimating the soil erodibility factor in Sicily. J. of Ag. Eng. - Riv. di Ing. Agr. 3: 7-13.
 Bayraklı F, 1987. Toprak ve bitki analizleri. Ondokuz Mayıs Üniversitesi Yayınları, Yayın no:17, s:77.

- Black CA, 1965. Methods of soil analysis: Part I, physical and mineralogical properties. American Society of Agronomy, Madison, Wisconsin, U.S.A.
- Bouma J, 1989. Using soil survey data for quantitative land evaluation. *Advances in Soil Science*, 9: 177-213.
- Bryan RB, 1968. The development, use and efficiency of indices of soil erodibility. *Geoderma*, 2(1): 5-26.
- Canbolat M, 1999. Bazı toprak nem karakteristiklerinin tane büyüklük dağılımı ve organik karbon içeriğinden tahmin edilmesi. *Atatürk Üniv. Ziraat Fak. Derg.* 30(2): 113-119.
- Candemir F, Gülser C, 2012. Influencing factors and prediction of hydraulic conductivity in fine-textured alkaline soils. *Arid Land Research and Management*, 26(1): 15-31.
- Cassol EA, da Silva TS, Eltz FLF, Levien R, 2018. Soil erodibility under natural rainfall conditions as the K factor of the universal soil loss equation and application of the nomograph for a subtropical Ultisol. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*. 42:e0170262.
- Cebel H, Akgül S, Doğan O, Elbaşı F, 2013. Türkiye büyük toprak gruplarının erozyona duyarlılık "K" faktörleri. *Toprak Su Dergisi*, 2(1): 30-45.
- Cerdá A, 1996. Soil aggregate stability in three Mediterranean environments. *Soil Technology*, 9(3): 133-140.
- Çimrin KM, Boysan S, 2006. Van yöresi tarım topraklarının besin elementi durumları ve bunların bazı toprak özellikleri ile ilişkileri. *Yüzüncü Yıl Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarım Bilimleri Dergisi*, 16(2): 105-111.
- Daba Fufa S, Strauss P, Schneider W, 2002. Comparison of erodibility of some Hararghe soils using rainfall simulation. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 33 (3-4): 333-348.
- Demiralay İ, 1993. Toprak fiziksel analizleri. Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi, Erzurum.
- Eraslan S, İmamoğlu A, Coşkun A, Saygın F, Dengiz O, 2016. İnebolu Havzası topraklarının erozyon duyarlılıklarını belirlenmesinde agregat ve strüktür stabilite durumları, arazi örtüsü ile olan ilişkileri. *TÜCAUM Uluslararası Coğrafya Sempozyumu*, 13-14 Ekim, Ankara.
- Erpul G, Çanga MR, 2001. Toprak erozyon çalışmaları için bir yapay yağmurlama aletinin tasarım prensipleri ve yapay yağış karakteristikleri. *Tarım Bilimleri Dergisi*, 7(1): 75-83.
- Faucette LB, Risse LM, Nearing MA, Gaskin JW, West LT, 2004. Runoff, erosion and nutrient losses from compost and mulch blankets under simulated rainfall. *Journal of Soil and Water Conservation*, 59(4), 154-160.
- Gomes A da S, Ferreira AC de S, Pinheiro EFM, de Menezes MD, Ceddia MB, 2017. The use of pedotransfer functions and the estimation of carbon stock in the Central Amazon Region. *Sci. Agric.* 74(6): 450-460.
- Gülser C, Candemir F, 2014. Using soil moisture constants and physical properties to predict saturated hydraulic conductivity. *Eurasian Journal of Soil Science*, 3(1): 77-81.
- Gülser C, Ekberli İ, 2019. Toprak sıcaklığının tahmininde ısı taşınım denklemi ve pedotransfer fonksiyonun karşılaştırılması. *Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Dergisi*, 7(2): 158-166.
- Hillel D, 1982. Introduction to soil physics. Elsevier Academic Press, U.S.A.
- Jing K, Wang WZ, Zheng FL, 2005. Soil erosion and environment in China. Science Press, Beijing.
- Kacar B, 1994. Bitki ve toprağın kimyasal analizleri: III. Toprak analizleri. Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Eğitim, Araştırma ve Geliştirme Vakfı Yayınları, No:3.
- Kacar B, 1972. Bitki ve toprağın kimyasal analizleri. Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayını, No: 453.
- Kanar E, Dengiz O, 2015. Madendere Havzasında potansiyel erozyon risk durumunun iki farklı parametrik model kullanarak belirlenmesi ve risk haritalarının oluşturulması. *Türkiye Tarımsal Araştırmalar Dergisi*, 2(2): 123-134.
- Kara Z, 2012. Farklı orijinli organik atıklardan ayrılan bazı mineral maddelerin toprak profili boyunca taşınımı. Yüksek Lisans Tezi, Ondokuz Mayıs Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Samsun.
- Karagöktaş D, Yakupoğlu T, 2014. Erozyon araştırma sahasına dönüştürülmesi planlanan bir alanda aşınabilirlik ve toprak özellikleri arasındaki ilişkiler. *Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Dergisi*, 2(1): 6-12.
- Karaoğlu M, Çanga MR, 2002. The consecutive simulated rainfall, slope and phosphogypsum's effects on runoff and erosion. *International Conference on Sustainable Land Use and Management*, 282-289, 10-13 June, Çanakkale, Turkey.
- Kars N, Ekberli İ, 2019. Buğday bitkisinin verim parametreleri ile bazı toprak özellikleri arasındaki pedotransfer modellerin uygulanabilirliği. *Türkiye Tarımsal Araştırmalar Dergisi*, 6(2): 153-164.
- Kılıç M, Yönter G, 2005. Yağışla meydana gelen toprak kaybının yüzey akış miktarı ve süresine bağlı değişiminin modellenmesi. *Ege Üniv. Ziraat Fak. Derg.* 42(1): 97-106.
- Lal R, 1988. Soil erosion research methods. Soil and Water Conservation Society, Iowa-USA.
- Lal R, Pierce FJ, 1991. Soil management for sustainability. Soil and Water Conservation Society, Ankeny, Iowa, U.S.A.
- Leo WM, 1963. A rapid method for estimating structural stability of soils. *Soil Science*, 96(5): 342-346.
- Martinez F, Casermeiro MA, Morales D, Cuevas G, Walter I, 2003. Effects of run-off water quantity and quality of urban organic wastes applied in a degraded semi-arid ecosystem. *Sci. Total Environ.* 305(1-3): 13-21.
- Metson AJ, 1961. Methods of chemical analysis for soil survey samples. Soil Bureau Bulletin No: 12, New Zealand Department of Scientific and Industrial Research, pp. 168-175, Government Printer: Wellington, New Zealand.
- Miller WP, Baharuddin MK, 1987. Interrill erodibility of highly weathered soils. *Communication in Soil Science and Plant Analysis*. 18: 933-945.
- Ngatunga ELN, Lal R, Singer MJ, 1984. Effect of surface management on runoff and soil erosion from some plot Milangano, Tanzania. *Geoderma*, 33:1-12.
- Özdemir N, 1998. Toprak fiziği. Ondokuz Mayıs Üniversitesi Yayınları, Ders Kitabı No: 30.

- Özdemir N, 2013. Toprak ve su koruma. Ondokuz Mayıs Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları, No: 22, Samsun.
- Parlak M, Yiğini Y, İkinci H, 2014. Çanakkale Umurbey Ovası topraklarının erozyona duyarlılığının mevsimsel değişimi. ÇOMÜ Ziraat Fakültesi Dergisi, 2 (1): 123-131.
- Qiao J, Zhu Y, Jia X, Huang L, Shao M, 2018. Development of pedotransfer functions for predicting the bulk density in the critical zone on the Loess Plateau, China. Journal of Soils and Sediments, <https://doi.org/10.1007/s11368-018-2040-1>.
- Rowell DL, 1996. Soil science methods and applications. Wesley Longman Limited, Harlow, U.K.
- Sağlam M, 2013. Çok değişkenli istatistiksel yöntemler ile toprak özelliklerinin gruplandırılması. Toprak Su Dergisi, 2(1): 7-14.
- Wang B, Zheng F, Römkens MJM, Darboux F, 2013. Soil erodibility for water erosion: a perspective and Chinese experiences. Geomorphology, 187:1-10.
- Wischmeier WH, Smith DD, 1978. Predicting rainfall erosion losses: a guide to conservation planning. The USDA, Agricultural Handbook, No: 537, Maryland.
- Yakupoğlu T, 2010. Samsun ili Minoz ve Gölet Havzalarında yaygınlık gösteren toprakların su erozyonuna duyarlılıklarının laboratuvar koşullarında belirlenmesi. Doktora Tezi, Ondokuz Mayıs Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Samsun.
- Yakupoğlu T, Saltalı K, Karagöktaş M, 2012. Narlı Ovası'nda toprak aşınabilirliğinin pedotransfer yaklaşım ile tahminlenmesi. KSÜ Doğa Bil. Dergisi, 15(2): 59-67.
- Yakupoğlu T, Şişman AÖ, Gündoğan R, 2015. Toprakların agregat stabilitesi değerlerinin yapay sinir ağları ile tahminlenmesi. Türkiye Tarımsal Araştırmalar Dergisi, 2(2): 83-92.