

ATATÜRK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
TOPRAK ANABİLİM DALI

**DOĞU ANADOLU BÖLGESİNDE YAYGIN
BAZI BÜYÜK TOPRAK GRUPLARININ
AŞINIMA DUYARLILIGI ÜZERİNE BİR ARAŞTIRMA**

Şenay ÖZDEN

ERZURUM — 1992

**ATATÜRK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
TOPRAK ANABİLİM DALI**

**DOĞU ANADOLU BÖLGESİNDE YAYGIN BAZI BÜYÜK TOPRAK
GRUPLARININ AŞINIMA DUYARLILIGI ÜZERINE BİR ARAŞTIRMA**

Şenay ÖZDEN

Yönetici: Prof. Dr. Koray SÖNMEZ

Yüksek Lisans Tezi

ÖZET

Bu çalışma, Doğu Anadolu Bölgesinde yaygın olarak bulunan beş büyük toprak grubunda; toprakların aşinima duyarlılık durumlarını arastırmak, bir veri tabanı oluşturmak, bölge topraklarının erozyona uğrama eğilimlerini çeşitli ölçütler yardımıyla ortaya koymak ve toprak özellikleri ile bu ölçütlerden biri olan aşinım faktörü arasındaki ilişkileri belirlemek amacıyla ele alınmıştır.

Erzincan, Erzurum, Kars ve Ağrı illerinden bölgeyi temsilen yüzeyden (0-15 cm) 30 adet örnek toplanmıştır. Örnekler orta ve ince tekstürlü olup, kireç ve organik madde içeriği bakımından çok az ile çok fazla sınıfları arasında yer almaktadır. Örneklerin reaksiyon durumları hafif asit ile kuvvetli alkalin arasındadır. Topraklar çoğunlukla ince ve orta granüler strüktürlüdür. Toprakların strüktürel dayanıklılığını ve erozyona duyarlılığını değerlendirmek üzere struktur stabilitesi indeksi, geçirgenlik oranı, kıl oranı, dispersiyon oranı, süzülme oranı ve erozyon oranı ile aşinım faktörü gibi ölçütler esas alınmıştır.

Toprakların organik madde ve kıl içerikleri ile aşinım faktörü arasında önemli negatif ; silt, silt + çok ince kum ve kireç içerikleri ile de önemli pozitif ilişkiler saptanmıştır. Kıl oranı, geçirgenlik oranı ve süzülme oranı ile aşinım faktörü arasında önemli korelasyonlar elde edilmiştir.

Seçilen örnekler erozyona karşı dayaniksız ve çoğunlukla kuvvetli derecede aşınabilir nitelikte bulunmaktadır.

SUMMARY

This study was handled to search the erodibility of soils by means of various indices and to find out the relationships between soil properties and erodibility factor. For this purpose, representative soil samples were collected from the soil surface (0-15 cm) of five great soil groups, wide-spread in eastern part of Anatolia (Erzincan, Erzurum, Kars and Ağrı).

Samples are medium to fine texture and very poor to very rich in organic matter and lime. Reaction of samples varied from lightly acid to strong alkaline. Soils have mostly medium and fine granular structure.

In order to evaluate the structural stability and erodibility of the soils, following indices were chosen: structural stability index, clay ratio, permeability ratio, dispersion ratio, percolation ratio, erosion ratio and erodibility factor of the universal soil loss equation.

Significant correlations were obtained between clay, silt+very fine sand, lime and organic matter content and erodibility factor. Some significant relations were also found between erodibility factor and erosion indices, such as, clay ratio, permeability ratio and percolation ratio.

Most of the soils studied were found as highly erodible.

TEŞEKKÜR

Bu çalışmanın yönetimini üstlenerek, geçen süre içinde araştırma konusunun seçiminden değerlendirilmesine kadar her aşamasında yardımlarını esirgemeyen değerli hocam Prof. Dr. Koray SÖNMEZ 'e, sağladıkları çalışma ortamından dolayı Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Toprak Bölümü 'nün tüm öğretim üye ve personeline, çalışma süresince enstitü olanaklarından yararlanmamda yardımlarını esirgemeyen Enstitü Müdürüm Dr. Ferzan AVŞAR 'a ve laboratuvardaki çalışma arkadaşlarına, gösterdiği sabır, ilgi ve destekten dolayı eşime teşekkür ederim.

Şenay ÖZDEN

1992

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa</u>
ÖZET	i
SUMMARY	ii
TEŞEKKÜR	iii
 1. GİRİŞ	1
2. MATERİYAL VE YÖNTEM	5
2.1 Materyal	5
2.1.1 Araştırma Alanının Yeri	5
2.1.2 Araştırma Alanının İklimi	5
2.1.3 Araştırma Alanının Toprakları	5
2.2 Yöntem	6
2.2.1 Toprak Örneklerinin Alınması ve Analize Hazırlanması	6
2.2.2 Laboratuvar Analiz Yöntemleri	10
2.2.3 İstatistiksel Yöntem	12
3. BULGULAR VE TARTIŞMA	13
3.1 Struktur Stabilitesi İndeksi	13
3.2 Geçirgenlik Oranı	17
3.3 Kıl Oranı	18
3.4 Dispersiyon Oranı	19
3.5 Sızılma Oranı	20
3.6 Erozyon Oranı	20
3.7 Toprak Aşınım Faktörü	21
3.7.1 Mekanik Analiz Verileri İle Aşınım Faktörü Arasındaki İlişkiler	23
3.7.2 Organik Madde İle Aşınım Faktörü Arasındaki İlişkiler	27
3.7.3 Kireç İle Aşınım Faktörü Arasındaki İlişkiler	30
KAYNAKLAR	34

1. GİRİŞ

Türkiye 'de işlenebilir tarım arazilerinin temel sorunlarından biri kuşkusuz toprak aşınımıdır ve ülke topraklarının 3/4 'ünden fazlası bu aşınımından değişik düzeylerde zarar görmektedir (Sönmez, 1991).

Günümüzde toprak işlemeli tarım arazileri için en uygun olan toprak, bitki ve arazi yönetimlerinin seçiminde universal toprak kayıp denklemi 'nden yararlanılmaktadır. Bu denklemde yer alan esas parametrelerden biri toprak aşınım faktörüdür (K). Toprakların erozyona duyarlılık parametresi olarak ta adlandırılan bu faktör, topraktan toprağa değişmekte ve mevsimlere bağlı olarak artıp azalmaktadır (Kenneth et al., 1991). Söz konusu faktörün bilinmesiyle aşınıp taşınan toprak miktarı da tahmin edilebilmektedir (Wischmeier ve Smith , 1978).

Toprakların aşınmaya karşı gösterdikleri dirençler arasındaki ayırmalar, onların sahip oldukları aşınmayı etkileyen özelliklerin farklı olmasından kaynaklanmaktadır. Tüm çevre koşulları aynı olsa bile bazı topraklar diğerlerine oranla daha kolay aşınma uğrarlar. Aşınmayı etkileyen en önemli toprak özellikleri; toprağın tekstürü, strüktürü, organik madde içeriği ve su geçirgenlidir (Akalan vd., 1991). Bunları ve diğer bir takım özellikleri de kapsayan çeşitli ölçütler yardımıyla toprakların erozyona uğrama eğilimleri saptanabilmektedir (Lal, 1988). Yine son yıllarda erozyonu değerlendirmek üzere geliştirilen teknikler, daha ziyade çeşitli toprak özellikleri ile aşınım faktörü arasındaki istatistiksel ilişkilere dayandırılmaktadır (Römkens, 1985).

Bu çalışmanın amacı, Doğu Anadolu Bölgesinde yaygın olarak bulunan bazı büyük toprak gruplarında; toprakların aşinima duyarlılık durumlarını araştırmak, bu konuda bir veri tabanı oluşturmak, bölge topraklarının erozyona ugrama eğilimlerini çeşitli ölçütler yardımıyla ortaya koymak ve toprak özellikleri ile en gelişmiş ölçütlerden biri olan aşinim faktörü arasındaki ilişkileri incelemektir.

Toprakların erozyona ugrama eğilimleri ya da aşinima duyarlılık durumları değişik araştırmacılar tarafından toprakların ölçülebilen bazı özellikleri esas alınarak geliştirilen çeşitli ölçütler yardımıyla değerlendirilmeye çalışılmıştır.

Akalan ve ark. (1991), Orta Anadolu Bölgesi topraklarının bazı fiziksel özellikleri ile aşinima duyarlılık faktörü arasındaki ilişkiyi saptayabilmek amacıyla yürütmüş oldukları bir araştırmada, üst toprağın aşinim faktöründeki değişim tekstürel fraksiyonlar ile organik maddenin ortak etkilerinden kaynaklandığını belirtmişlerdir.

Özdemir (1987), İğdır ovası yüzey topraklarının bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri ile strüktürel dayanıklılık ve erozyona duyarlılık ölçütleri arasındaki ilişkileri incelemiş ve toprakların strüktürel bozulma ile erozyona ugrama eğilimlerini ortaya koymuştur. Aynı araştırmacı, çeşitli organik artıkların Erzurum yöresinde yaygın olarak bulunan üç büyük toprak grubunun strüktürel dayanıklılığı ve dolayısıyla erozyona duyarlılığı üzerindeki etkilerini araştırmış ve sonuçta aşinim faktörünün önemli ölçüde değiştigini saptamıştır (Özdemir, 1991).

Obi ve Asiegbu (1980), erozyona duyarlı toprakların fiziksel özelliklerini incelemiş ve duyarlı toprakların kum ve silt içeriğinin yüksek, kıl içeriğinin ise düşük olduğunu görmüşlerdir.

Miller ve Baharuddin (1986), yüzey toprağının dispersyonunun erozyon üzerinde yapacağı etkiyi incelemek amacıyla yürütmiş oldukları bir araştırmada, dispersyon oranı ile toprak kayıpları (aşınım) arasında önemli bir ilişki elde etmişlerdir.

Sönmez (1979), Muş-Alpaslan Devlet Üretme Çiftliği arazisi yüzey topraklarının strüktürel dayanıklılığını ve erozyona duyarlığını oransal olarak ortaya koymamak amacıyla yaptığı araştırmada, toprakları, strüktürel dayanıklılık bakımından, hava geçirgenliğinin su geçirgenliğine oranı, plastik sınırın tarla kapasitesine oranı ve strüktürel dayanıklılık ölçütü değerleri yardımıyla karşılaştırmış ve dayanıklılıklarına göre sıralamıştır. Erozyona dayanıklılık bakımından ise dispersyon oranı ile erozyon oranını birer ölçüt olarak ele almış ve bu çalışmada esas alınan ölçütlere göre erozyona karşı duyarlı bulunan toprakların, strüktürel dayanıklılığının da düşük olduğunu görmüştür.

Ngatunga et al. (1984), yüksek derecede erozyona hassas toprakların aşınma duyarlılık faktörü ile erozyon zararı arasındaki ilişkileri araştırmışlar ve ayrıca toprakların erozyona ugrama eğilimlerini, kıl oranı, dispersyon oranı ve erozyon oranı gibi ölçütleri esas alarak değerlendirmiştir. Araştırmacılar aşınım faktörü ile dispersyon oranı ve erozyon oranı arasında önemli pozitif ilişkiler elde etmişlerdir.

Yang ve Mutchler (1977), deneysel olarak yapmış oldukları bir çalışmada, farklı toprak özellikleri ve çeşitli ölçütler ile K faktörü arasındaki ilişkiye araştırmışlar ve sonuçta, silt+gök ince kum ve dispersiyon oranı ile K faktörü arasında önemli korelasyonlar saptamışlardır.

Kireçlemenin strüktürel stabilité ve aşınma duyarlılık üzerine yapacağı etkileri araştıran Castro and Logan (1991), kireçlemenin kısa dönemde strüktürel bozulmaya neden olduğunu ama uzun dönemde aşınma karşı duyarlılığını azaltabileceğini belirtmişlerdir.

Türkiye 'de farklı yörelerde ve büyük toprak grupları üzerinde çeşitli araştırmacılar tarafından değişik sürelerde yapılan çalışmalarla toprakların K değerleri deneysel olarak belirlenmiştir. Güçer (1979), Beytepe klinin K değerini doğal koşullarda 0.25, yağmurlama koşullarında 0.17, Doğan(1982), Ankara yöresinde doğal koşullarda 0.21, yağmurlama koşullarında ise 0.17 olarak saptamıştır. Yine, aşınma duyarlılık faktörü değerleri, Eskişehir yöresinde 0.22 (Ayday, 1984), Menemen yöresinde rendzinalar için 0.13 ve vertisoller için 0.09 (Yakar, 1985), Tokat yöresinde 0.17 (Köse ve Akar, 1986), Tarsus koşullarında 0.18 (Mete, 1988), Beyşehir civarında 0.08 (Önmez, 1991), Erzurum İlica yakınında 0.05 (İstanbulluoğlu, 1989) olarak belirlenmiştir.

Erkul (1990), Sakarya Tarım İşletmesi toprak serilerinde erozyona duyarlılık faktörünün 0.12 ile 0.34 arasında değiştigini toprak aşınım nomografi yardımıyla tesbit etmiştir.

2. MATERİYAL VE YÖNTEM

2.1 Materyal

2.1.1. Araştırmacı Alanının Yeri

Araştırma alanı, Doğu Anadolu Bölgesi Erzincan, Erzurum, Kars ve Ağrı illerini kapsamaktadır. Erzincan, Doğu Anadolu bölgesinin batısında ve Fırat havzasında, Erzurum, Kuzeydoğu Anadolu bölgesinde, Fırat, Aras ve Çoruh havzalarında yer almaktadır. Kars, bölgenin kuzeyinde Aras havzasında ve Ağrı' da, doğusunda, Fırat ve Aras havzalarında bulunmaktadır. Araştırma alanının denizden olan yüksekliği, 1200 metrenin üzerindedir (Köy Hizmetleri, 1992).

2.1.2. Araştırmacı Alanının İklimi

Karasal iklimin hüküm sürdüğü Erzincan, Erzurum, Kars ve Ağrı illerinde, kışlar oldukça soğuk ve uzun süreli, yazlar ise sıcak ve kurak geçmektadır. Yörede yıllık ortalama sıcaklık 4.4°C ile 10.4°C arasında değişmektedir (Devlet Meteoroloji İşleri, 1984). Yıllık yağışların büyük bir bölümü İlkbahar aylarında düşmekte olup, yörede yıllık ortalama yağış 359.2 mm ile 527.6 mm arasındadır. Yağışların önemli bir bölümünü kar şeklinde düşmektedir. Araştırma alanının ortalama yıllık erozyon indeksi düşük olup, 25 değerinin altındadır (Doğan, 1987).

2.1.3. Araştırmacı Alanının Toprakları

Araştırmayı yürütmek üzere Erzincan, Erzurum, Kars ve Ağrı illerinde daha yaygın olarak bulunan beş büyük toprak grubu

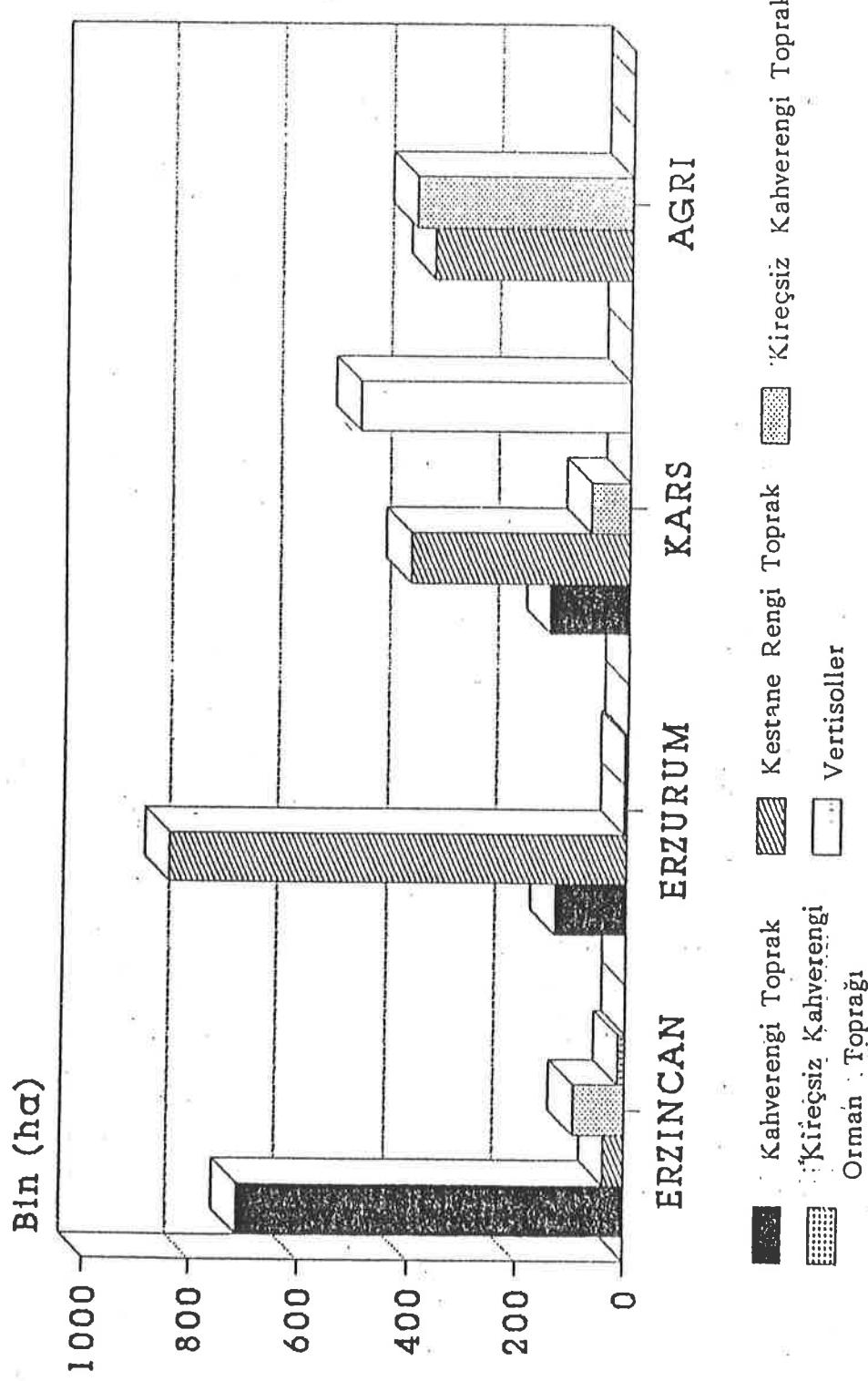
seçilmiştir. Araştırmancın yürütüldüğü bu büyük toprak grupları ve bunların araştırma illerinde kapladıkları alanlar Şekil 2.1 'de gösterilmiştir (Köy Hizmetleri, 1992). Erzincan 'da kahverengi, Erzurum 'da kestanerengi, Kars 'ta vertisol ve kestanerengi ve Ağrı 'da kestanerengi ve kireçsiz kahverengi topraklar daha yaygındır. Kireçsiz kahverengi orman toprağı ise Kars-Sarıkamış 'ta egemendir.

2.2 Yöntem

2.2.1 Toprak Örneklerinin Alınması ve Analize Hazırlanması

Bu çalışma, Doğu Anadolu Bölgesinde yer alan bazı illerde (Erzincan, Erzurum, Kars, Ağrı) yaygın olarak bulunan büyük toprak gruplarından (kireçsiz kahverengi, kahverengi, kireçsiz kahverengi orman, kestane rengi ve vertisoller) alınan örnekler üzerinde yürütülmüştür. Örneklerin alınacağı illerin toprak envanter raporları ile toprak haritaları incelenmiş ve örnekleme yerleri 1:25000 ölçekli haritadan yararlanılarak saptanmıştır. Örneklerin alındıkları yerler Harita 2.1 'de gösterilmiş ve Tablo 2.1 'de tanımlanmıştır.

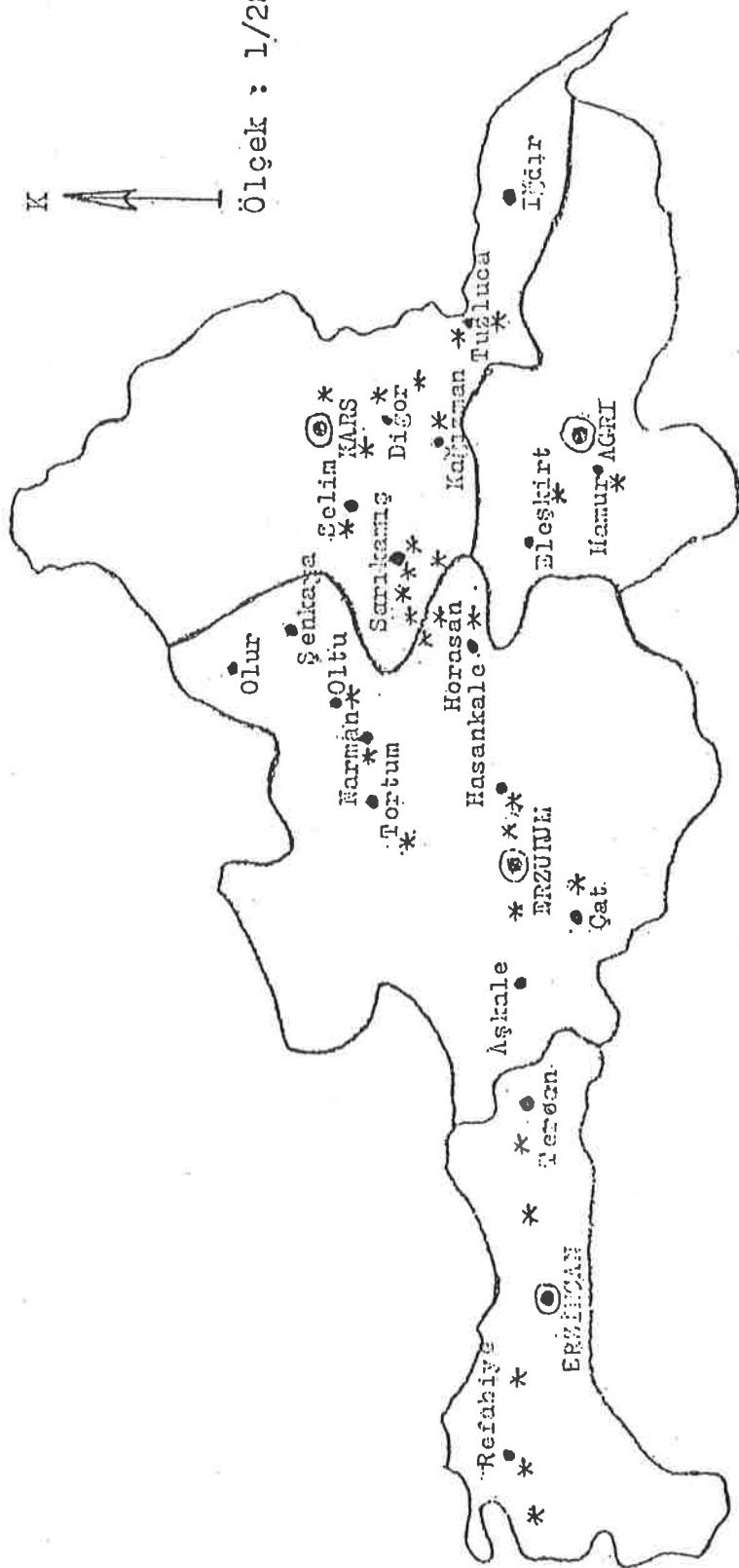
Örnekleme 1991 yılı sonbaharında yapılmıştır ve örnekler 0 - 15 cm derinlikten alınmıştır. Her bir büyük toprak grubunu temsilen altışar adet olmak üzere toplam otuz adet toprak örneği toplanmıştır. Bu örneklerin bir bölümü bez torbalar ve bir bölümde struktur tipi analizi için kapaklı kutular içerisinde laboratuvara nakledilmiştir. Laboratuvara temiz bir zemin üzerinde ve gölgede 10 gün süre ile kurutulan örnekler dövülerek 2 mm 'lik elekten geçirilmiştir.



Sekil 2.1. Büyük Toprak Gruplarının Araştırmaya Illerindeki Dağılımı

8

öncek : 1/2800000



Harita 2.1 Araştırmacı Konusu Toprak Örneklerinin Alındıkları Yerler

Tablo 2.1. Araştırma Konusu Büyük Toprak Grupları ve Toprak Örneklерinin Alındıkları Yerler

Kahverengi Topraklar	Kireçsiz Kahverengi Orman Toprakları	Kireçsiz Kahverengi Topraklar	Kestane Rengi Topraklar	Vetrisoller					
Örnek No	Alındığı Yer	Örnek No	Alındığı Yer	Örnek No					
1	KARS-Kağzman Esenkır Köyü	7	KARS Selim Sarıkamış arası	13	ERZİNCAN-Refahiye Sağlık Köyü	19	ERZURUM-Tebriçik Köyü	25	KARS-Sarıkamış Sıratashlar Köyü
2	KARS-Tuzluca Merkez	8	KARS-Sarıkamış Handere arası	14	ERZURUM-Köprüköyü (Kuzeyi)	20	ERZİNCAN-Tercan Mustafa Bey Köyü	26	KARS-Yolaçan Köyü
3	ERZİNCAN-Mercan Çivarı	9	KARS-Sarıkamış Sırbaşan Köyü	15	ERZURUM-Tortum Güngörmez Köyü	21	KARS-Selim (Kuzeyi)	27	KARS-Karacaören Köyü
4	ERZURUM-Oltu Paşalı Köyü	10	KARS-Sarıkamış Yeni Gazi Köyü	16	AĞRI-Hamur Merkez	22	ERZURUM-Horasan Aşağı Tahirhoca köyü	28	KARS-Tuzluca Başköy
5	ERZURUM-Narman Arapköy	11	KARS-Sarıkamış Çatak Köyü	17	ERZURUM-Çat Kızılıca Köyü	23	AĞRI-Eleşkirt Arası	29	KARS-Digor Koca Köy
6	ERZİNCAN-Sakaltu- tan Mihar Köyü	12	KARS-Sarıkamış Yağbasan Köyü	18	ERZİNCAN-Refahiye Alt Köyü	24	ERZURUM-Pasinler Yastıktepe Köyü	30	KARS-Digor Bayır Bağı Köyü

2.2.2 Laboratuvar Analiz Yöntemleri

-Mekanik Analiz: Toprakların tekstür tayininde Bouyoucos hidrometre yöntemi izlenmiştir (Tüzüner, 1986). Örneklerin çok ince kum fraksiyonu, mekanik analizi yapılan karışım ile 0.105 mm 'lik elek kullanılarak belirlenmiştir (U.S. Salinity Lab. Staff., 1954).

-Organik Madde: Bu analizde Walkley-Black yöntemi kullanılmıştır (Hocaoğlu, 1969).

-Kireç: Toprakların kireç içeriği Scheibler kalsimetresi ile hacimsel olarak belirlenmiştir (Hızalan ve Ünal, 1966).

-Reaksiyon: Örneklerin pH değerleri 1:1 'lik toprak su karışımında cam elektrotlu pH-metre ile ölçülmüştür (Jackson, 1958).

-Tarla Kapasitesi: Bozulmuş toprak örneği kullanılarak basıncılı tabla yöntemi ile belirlenmiştir (U.S. Salinity Lab. Staff, 1954).

- Hava Geçirgenliği: Bir mm 'lik elek üzerinde kalan toprak örnekleri bozulmamış örnek alma silindirleri içerisinde istiflenerek ve Kmoch aygıtı kullanılarak saptanmıştır (Kmoch, 1962).

-Su Geçirgenliği: Hava geçirgenliğini takiben silindirler üzerinde sabit kalınlıkta çeşme suyu göllendirilerek belirlenmiştir (Black, 1965).

-Geçirgenlik Oranı: Bu oran, hava geçirgenliği değerinin su geçirgenliği değerine bölünmesi ile elde edilmiştir (Reeve, 1965).

-Struktur Stabilitesi Indeksi: Bu değer hidrometre okumalarına dayanılarak ve aşağıdaki eşitlik kullanılarak

bulunmuştur (Leo, 1963).

$$S = \Sigma a = \Sigma b$$

S = Strütür stabilitesi indeksi, %

Σa = Mekanik analizle ölçülen (silt+kil) fraksiyonları, %

Σb = Agregatlardan süspansiyona disperse olan (silt+kil) fraksiyonları, %

-Dispersiyon Oranı (DO): Toprağın su içerisinde disperse edilmesinden önce ve sonra silt ve kil fraksiyonlarının hidrometre yardımıyla ölçülmesi ve aşağıdaki denklemin kullanılması ile saptanmıştır (Bryan, 1968).

$$DO = \frac{\text{Suda Dispers Olabilen Toplam (silt+kil), \%}}{\text{Mekanik Analizle Ölçülen Toplam (silt+kil), \%}} * 100$$

-Suzülme Oranı (SO): Bu ölçüt, toprağın içerdiği kolloid (kil+organik madde) yüzdesinin tarla kapasitesine oranlanmasıyla elde edilmiştir (Lal, 1988 ; Ngatunga et al., 1984).

-Erozyon Oranı (EO): Bu değer dispersiyon oranının suzülme oranına bölünmesiyle bulunmuştur (Akalan, 1967).

-Kil Oranı (KO): Mekanik analiz verilerinden yararlanılarak ve aşağıdaki eşitlikler kullanılarak hesaplanmıştır.

$$KO_1 = \frac{\text{Toplam (kum+silt), \%}}{\text{Toplam (kil), \%}} * 100 \quad (\text{Chandra and De, 1978})$$

$$KO_2 = \frac{\text{Toplam (kil), \%}}{\text{Toplam (kum+silt), \%}} * 100 \quad (\text{Römkens, 1985})$$

$$KO_3 = \frac{\text{Toplam (kum), \%}}{\text{Toplam (kil+silt), \%}} * 100 \quad (\text{Ngatunga et al., 1984})$$

-Aşınım Faktörü (K): Toprakların aşınımı duyarlılık değerleri, örneklerin mekanik analiz verileri ve organik

madde içerikleri esas alınarak ve aşağıdaki denklem kullanılarak saptanmıştır (Wischmeier ve Smith, 1978).

$$100 * K = ((2.1 * 10^{-4} * (M)^{1.14} * (12 - a) + 3.25 * (b - 2) + 2.5 * (c - 3)) * d$$

Burada;

K = Toprak aşınım faktörü,

M = Zerre irilik parametresi,

a = Organik madde içeriği, %

b = Struktur tipi kodu,

c = Su geçirgenliği sınıfı kodu,

d = Metrik sisteme dönüştürme sabitesidir ($d = 1.292$).

Denklemde yer alan zerre irilik parametresi şu eşitlik yardımıyla saptanmıştır.

$$M = (\text{çok ince kum} + \text{silt}) * (100 - \text{kil})$$

Wischmeier ve Smith (1978)'e göre çoğu tarım toprağı, ince granüler strüktürü ve orta geçirgen bir üst toprağa sahiptir. Bu nedenle K değerinin saptanmasında "ilk yaklaşım" rahatlıkla kullanılabilir. Bu esasa dayanılarak, yukarıdaki denklemde b yerine 2 (ince granüler struktur) ve c yerine de 3 (orta geçirgen) konularak K değerleri hesaplanmıştır.

2.2.2. İstatistiksel Yöntem

Araştırma verilerinin değerlendirilmesinde "basit ve çoklu korelasyon ve regresyon" analizinden yararlanılmıştır (Yurtsever, 1984).

3. BULGULAR VE TARTIŞMA

Araştırma konusu toprakların bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri Tablo 3.1 'de verilmiştir. Tablo incelendiğinde, seçilen örneklerin ince ve orta tekstürlü olduğu, kıl içeriğinin % 6.6 - % 64.0, silt içeriğinin % 16.6 - % 51.7 ve kum içeriğinin de % 14.3 - % 76.8 arasında değiştiği görülebilir. Örneklerin organik madde miktarları % 0.06 ile % 5.6 arasında bulunmakta, özetle topraklar organik madde bakımından çok az ile çok fazla sınıfları arasında yer almaktadır (Gedikoğlu, 1990). Kireç içeriği bakımından da yine çok az ile çok fazla sınıflarına girmektedirler (% 0.1 - % 18.4). Reaksiyon hafif asit ile kuvvetli alkanın arasındadır (6.1 - 8.8). Topraklar yoğunlukla ince ve orta granüler strüktürlüdür.

Bu çalışmada, toprakların strüktürel dayanıklılık ve erozyona duyarlılık durumlarını saptamak amacıyla kullanılmakta olan ölçütlerden; struktur stabilitesi indeksi, geçirgenlik oranı, kıl oranı, dispersiyon oranı, süzülme oranı ve erozyon oranı ile universal toprak kayıp denklemindeki toprak aşının faktörü esas alınmıştır.

3.1 Struktur Stabilitesi İndeksi

Araştırma konusu toprakların strüktürel dayanıklılık durumlarını ortaya koymak amacıyla, Leo (1963) tarafından geliştirilmiş olan hidrometre ölçümlerine dayalı struktur stabilitesi indeksi değerinden yararlanılmıştır. Sözkonusu indeks değerleri Tablo 3.2 'de toplanmıştır. Struktur stabilitesi indeks değeri en yüksek olan (% 52.3) toprak 10 nolu örnektir. En düşük değer (% 4.0) ise 5 nolu

Tablo 3.1. Araştırma Konusu Toprakların Bazi Fiziksel ve Kimyasal Özellikleri

4

Örnek No	M E K A N İ K A N A L İ Z			Tekstür Sınıfı	Organik Madde %	Kireç %	pH (1:1)	Strüktür Tipi	Aşınım Faktörü (K)
	Kum % mm	Silt % mm	Kil % mm						
1	54.1	18.7	28.9	17.0 Kumlu tıñ	0.2	1.9	8.4	Orta granüler	0.40
2	29.9	11.7	37.3	32.8 Killi tıñ	1.1	5.7	8.4	Ince granüler	0.30
3	44.0	8.4	39.0	16.8 Tıñ	1.7	10.4	8.3	Cok ince granüler	0.35
4	68.6	10.4	22.8	8.6 Kumlu tıñ	1.4	8.1	8.4	" " "	0.27
5	76.8	10.8	16.6	6.6 Tıñlu kum	1.1	2.8	8.6	" " "	0.23
6	33.8	3.0	36.1	30.1 Killi tıñ	3.7	1.1	7.1	Orta granüler	0.19
7	53.9	9.3	29.9	16.2 Kumlu tıñ	3.1	- 0.0	6.1	Ince granüler	0.25
8	32.0	12.8	25.8	42.3 Killi	4.8	0.0	6.3	Cok ince granüler	0.13
9	36.3	12.3	29.2	34.5 Killi tıñ	3.0	1.0	7.9	Ince granüler	0.20
10	22.4	7.2	30.8	46.8 Killi	5.4	0.0	7.2	Kaba granüler	0.11
11	42.8	13.6	36.9	20.3 Tıñ	4.9	0.0	7.7	Ince granüler	0.25
12	49.3	19.4	33.5	17.3 Tıñ	4.5	2.6	8.3	Ince granüler	0.29
13	38.2	20.1	31.5	30.3 Killi Tıñ	4.5	2.9	7.7	Ince granüler	0.23
14	21.3	13.7	23.5	55.2 Killi	2.0	7.7	8.4	Orta granüler	0.13
15	50.9	8.3	30.0	19.2 Tıñ	4.2	0.0	7.4	Ince granüler	0.21
16	47.3	10.1	22.4	30.3 Kumlu Killi Tıñ	1.8	0.0	7.0	Orta granüler	0.11
17	27.1	12.3	35.4	37.5 Killi Tıñ	1.9	1.0	7.4	Orta granüler	0.25
18	38.9	11.4	30.7	30.4 Killi Tıñ	4.3	1.4	8.1	Cok ince granüler	0.19
19	25.4	16.8	51.7	22.9 Siltili Tıñ	0.6	18.4	7.9	Orta granüler	0.54
20	31.9	8.6	44.2	23.9 Tıñ	3.0	6.8	8.0	Ince granüler	0.31
21	33.1	11.6	44.5	22.4 Tıñ	3.6	1.0	8.0	Kaba granüler	0.32
22	29.4	2.9	35.1	35.5 Killi Tıñ	1.9	10.7	8.2	Orta granüler	0.20
23	36.6	9.3	38.7	24.7 Tıñ	1.7	0.0	8.0	Kaba granüler	0.24
24	34.7	11.5	34.4	31.0 Killi Tıñ	2.2	10.3	7.9	Cok ince granüler	0.26
25	34.7	15.8	24.7	40.6 Killi	3.4	1.0	7.9	Ince granüler	0.27
26	27.1	16.4	28.0	35.0 Killi Tıñ	4.3	3.0	8.0	Orta granüler	0.35
27	34.0	16.1	38.3	27.7 Killi Tıñ	1.7	1.0	8.4	Orta granüler	0.35
28	33.0	18.9	35.7	31.3 Killi Tıñ	3.3	13.3	8.4	Orta granüler	0.28
29	14.2	12.2	21.8	64.0 Kill	5.0	0.0	6.2	Orta granüler	0.06
30	31.3	20.5	42.9	25.8 Tıñ	3.3	5.8	8.8	Cok ince granüler	0.36

Tablo 3.2. Araştırma Konusu Toprakların Strüktürel Dayanıklılığına ve Erozyona Duyarlılığına İlişkin Bazı Parametrik Değerler

Örnek No	Strüktür Stabilitesi	Hava Geçirgenlik $\times 10^{-8} \text{ cm}^2$	Su Geçirgenlik $\times 10^{-8} \text{ cm}^2$	Gecirgenlik Oranı	Kil Oranı	Kil Oranı	Dispersiyon Oranı	Kolloid* İceriği, %	Tarla Kapasitesi %	Süzülme Oranı	Erozyon Oranı	Aşınım Faktörü (K)	
1	22.4	151.9	435.2	34.9	4.88	0.20	1.18	51.0	17.2	73.5	0.7	72.9	
2	34.2	151.9	507.8	20.0	2.05	0.49	0.43	40.8	33.9	30.7	1.1	37.1	
3	21.4	140.2	544.0	25.8	4.04	0.20	0.79	58.0	18.5	26.1	0.7	82.9	
4	6.9	140.2	1372.5	10.2	10.63	0.09	2.18	73.4	9.0	16.8	0.6	122.3	
5	4.0	140.2	1349.6	10.4	14.15	0.07	3.31	79.7	7.7	18.0	0.4	199.3	
6	34.7	140.2	564.9	24.8	2.32	0.43	0.51	42.9	33.7	46.2	0.7	61.3	
7	22.9	140.2	31923.2	4.4	5.17	0.19	1.17	43.6	19.3	22.7	0.9	48.4	
8	29.7	150.6	3025.7	5.0	1.37	0.73	0.47	28.5	47.1	35.9	1.3	21.9	
9	31.9	150.6	956.7	15.8	1.90	0.53	0.57	45.4	37.5	41.4	0.9	50.4	
10	52.3	140.2	884.9	15.9	1.14	0.88	0.29	26.3	52.2	48.3	1.1	23.9	
11	33.6	151.9	1697.9	1	8.9	3.93	0.25	0.75	29.1	25.2	37.9	0.7	41.6
12	21.1	130.2	1782.8	2.3	4.70	0.21	0.92	53.4	21.7	41.3	0.5	106.8	
13	25.1	139.1	828.5	16.8	2.30	0.43	0.62	51.3	34.8	36.4	1.0	51.3	
14	47.4	149.4	18.6	802.6	0.81	1.23	0.27	36.5	57.2	27.0	2.1	17.4	
15	16.8	140.2	2782.8	5.0	4.21	0.24	1.03	50.3	23.4	28.6	0.7	71.8	
16	19.1	130.2	703.9	18.5	2.30	0.43	0.90	57.2	32.1	30.0	1.1	52.0	
17	38.6	139.1	202.1	68.9	1.67	0.60	0.37	38.3	39.5	37.1	1.1	34.8	
18	25.2	121.5	790.6	15.4	2.29	0.44	0.64	48.1	34.6	35.6	1.0	48.1	
19	36.4	140.2	398.0	35.2	3.37	0.30	0.34	43.6	23.5	30.7	0.8	54.5	
20	25.8	151.9	330.9	45.9	3.18	0.31	0.47	50.2	26.9	27.0	1.0	50.2	
21	25.4	140.2	664.0	21.1	3.46	0.29	0.49	60.0	26.1	36.8	0.7	85.7	
22	22.4	151.9	423.7	35.6	1.82	0.55	0.42	57.1	37.4	33.4	1.1	51.9	
23	36.4	151.9	434.9	34.9	3.05	0.33	0.58	31.9	26.4	38.9	0.7	45.6	
24	26.6	158.5	636.9	24.9	2.23	0.45	0.53	44.7	33.1	31.8	1.0	44.7	
25	24.0	151.9	582.5	26.1	1.46	0.68	0.53	57.9	44.0	40.5	1.1	52.6	
26	26.6	145.8	342.3	42.6	1.86	0.54	0.59	50.6	39.3	48.2	1.8	63.5	
27	30.1	151.9	434.6	35.0	2.61	0.38	0.52	48.7	29.5	34.3	0.9	54.1	
28	32.6	142.4	521.0	27.3	2.19	0.46	0.49	50.5	34.5	41.6	1.1	45.9	
29	20.1	151.9	1960.7	7.8	0.56	1.77	0.17	37.6	68.9	42.2	1.9	0.06	
30	30.3	140.2	420.9	33.3	2.88	0.35	0.46	53.7	29.1	29.8	1.0	53.7	

* : Kil + Organik Madde

örnekte elde edilmiştir. Strüktür stabilité indeksi yüksek olan 10 nolu örneğin aşınımı duyarlılık faktörü düşüktür (orta derecede aşınabilir toprak). Bu indeks değeri çok düşük bulunan 5 nolu örneğin aşınımı duyarlılığı 10 nolu örneğinkinden daha fazladır. Toprakların strüktür stabilitesi indeks değerleri arttıkça erozyona karşı dayanıklılıkları da artar (Leo 1963). Sönmez (1979), erozyona karşı duyarlı bulunan toprakların strüktürel dayanıklılığının düşük olduğunu görmüştür.

Araştırmada, örneklerin strüktür stabilitesi indeksi değerleri ile aşınımı duyarlılık faktörü arasında önemli bir ilişki bulunamamıştır (Tablo 3.3). Özdemir (1987) ise yalnız İğdir ovasında yürütülmüş olduğu bir çalışmada örneklerin strüktür stabilitesi indeksi ile K faktörü arasında önemli düzeyde negatif bir korelasyon saptamıştır.

Tablo 3.3 Çeşitli ölçütler ile K faktörü arasındaki ilişkileri veren regresyon parametreleri ve korelasyon katsayıları.

Bağımlı Değişken	Bağımsız Değişkenler	Regresyon Parametreleri	Korelasyon Katsayıları	
		eğim (m)	kesen (n)	(r)
K.Faktörü	Strüktür Stabilité indeksi	0.27	0.0006	-0.06
	Geçirgenlik Oranı	0.16	0.0048	0.50*
	Kıl oranı 1	0.22	0.0090	0.26
	Kıl oranı 2	0.33	-0.1712	-0.62*
	Kıl oranı 3	0.24	0.0107	0.07
	Dispersiyon Oranı	0.15	0.0021	0.26
	Süzülme Oranı	0.38	-0.1400	-0.48*
	Erozyon Oranı	0.21	0.0006	0.21

*: % 1 düzeyinde önemli

3.2 Geçirgenlik Oranı

Araştırma konusu toprakların geçirgenlik oranı değerleri Tablo 3.2 'de verilmiştir. En düşük geçirgenlik oranı 0.07 ile 12 noluörnekte, en büyük değer ise 802.6 ile 14 noluörnekte elde edilmiştir. Bu örnek kıl içeriği en yüksek (% 55.2) ve su geçirgenliği en düşük olan örneklerden biridir.

Toprakların hava geçirgenliklerinin su geçirgenliklerine oranlanmasıyla elde edilen bu oranın böyle büyük bir değişim göstermesi daha ziyade su geçirgenliğinden kaynaklanmıştır. Örneklerin hava geçirgenlikleri $121.5 - 158.5 \cdot 10^{-8} \text{ cm}^2$ arasında değişirken su geçirgenlikleri $18.6 - 3193 \cdot 10^{-8} \text{ cm}^2$ arasında değişmektedir. Bu durum örneklerin strütürünün su açısından kolayca ve değişik ölçülerde bozulduğunu göstermektedir.

Geçirgenlik oranı dayanıklı topraklarda 2 - 3 arasında, normal tarla topraklarında 3 - 50 arasında değişmektedir. Bu oran kıl ve değişimdir sodyum içeriği yüksek olan topraklarda çok daha büyümektedir (Reeve, 1965). Tablo 3.2 'den görüleceği üzere, araştırma konusu 30 örneğin 28 'inin geçirgenlik oranı değeri 50 'nin altındadır. Bu değerin üzerinde geçirgenlik oranına sahip olan 14 nolu toprağın kıl içeriği çok yüksektir (% 55.2).

Geçirgenlik oranı, 3 ile 50 arasında olan 27 örnekte, geçirgenlik oranı ile K faktörü arasında % 1 düzeyinde önemli pozitif bir ilişki ($r=0.50$) elde edilmiştir (Tablo 3.3). Geçirgenlik oranı ile aşınma duyarlılık faktörü arasındaki ilişkiye saptamak amacıyla yapılan diğer çalışmalar da (Sönmez, 1979 ; Özdemir, 1991) önemli pozitif korelasyonlar saptanmıştır.

3.3 Kıl Oranı

Araştırma konusu toprakların kıl oranları değişik araştırmacılar tarafından kullanılan aşağıdaki formüller yardımıyla hesaplanmış ve Tablo 3.2 'de toplanmıştır.

$$\text{Kıl Oranı 1 (KO1)} = (\% \text{ kum} + \% \text{ silt}) / \% \text{ kıl}$$

$$\text{Kıl Oranı 2 (KO2)} = \% \text{ kıl} / (\% \text{ silt} + \% \text{ kum})$$

$$\text{Kıl Oranı 3 (KO3)} = \% \text{ kum} / (\% \text{ silt} + \% \text{ kıl})$$

Kıl içeriğinin silt ve kum fraksiyonları toplamına bölünmesiyle elde edilen kıl oranı değerleri (KO2) ile aşınım faktörü arasında önemli bir korelasyon elde edilmiştir. Ama Tablo 3.3 'ten görüleceği üzere diğer iki kıl oranı ile önemli ilişkiler bulunamamıştır. Bu nedenle çalışmada kıl oranı 2 formülüne göre saptanan değerler esas alınmıştır.

Örneklerin Tablo 3.2 'de toplanmış bulunan kıl oranı değerleri, 0.07 (5 nolu örnek) ile 1.77 (29 nolu örnek) arasında değişmektedir ve yalnız iki örneğin kıl oranı değeri 1 'den büyütür. Bunlardan 29 nolu örnek aşınımı karşı en dayanıklı, 14 nolu örnek ise orta derecede aşınabilir topraktır. Kıl oranı en düşük olan 5 nolu örneğin dispersiyon ve erozyon oranı en yüksektir. Başka bir anlatımla bu toprak erozyona karşı çok duyarlıdır.

Toprakların kıl oranı değerleri ile aşınım faktörü arasında $\%$ 1 düzeyinde önemli negatif ($r=-0.62$) bir ilişki saptanmıştır. Römkens (1985) 'de kıl oranındaki artışın aşınım faktörü değerinde önemli düzeyde azalmalara neden olduğunu belirlemiştir.

3.4 Dispersiyon Oranı

Araştırma konusu toprakların dispersiyon oranı değerleri Tablo 3.2 'de verilmiştir. Bu oran toprak örnekindeki suda disperse olabilir silt ve kıl fraksiyonları toplamının toplam silt+kıl 'e bölünmesi ile elde edilir ve toprakların strüktürel stabilitesini ya da agregasyon stabilitesini yansıtır. Bu oranın küçük olması dayanıklılığın yüksek olduğunu gösterir (Bryan, 1968).

Örneklerin dispersiyon oranı değerleri % 26.3 ile % 79.7 arasında değişmektedir. Dispersiyon oranı için verilmiş olan % 15 'lik sınır değer (Ngatunga et al., 1984) esas alındığında, araştırma konusu toprakların tümünün erozyona karşı dayanıksız olduğu söylenebilir.

Dispersiyon oranı en düşük (% 26.3) olan 10 nolu örneğin organik madde içeriği en yüksek (% 5.4), silt+kıl miktarı da % 77.6 ile yine hemen hemen en yüksektir. Öte yandan, dispersiyon oranı en yüksek (% 79.7) olan 5 nolu örneğin organik madde içeriği % 1.1 olup, silt+kıl toplamı en düşüktür (% 23.3). Özdemir (1991), yaptığı bir çalışmada, toprağın organik madde içeriği arttıkça dispersiyon oranının küçüldüğünü ve dolayısıyla toprağın aşınımı karşı duyarlılığının azaldığını tesbit etmiştir.

Örneklerin dispersiyon oranı ile aşınımı duyarlılık faktörü arasında önemli bir ilişki ($r=0.26$) elde edilememiştir (Tablo 3.3). Ngatunga et al. (1984), yaptıkları bir çalışmada, dispersiyon oranı ile K faktörü arasında önemli pozitif bir korelasyon hesap etmişlerdir. Bir başka çalışmada (Young ve Mutchler, 1977), K faktöründeki değişimin önemli bir kısmının dispersiyon oranındaki

değişimden kaynaklandığı belirtilmiştir.

3.5 Süzülme Oranı

Araştırma konusu toprakların süzülme oranı değerleri Tablo 3.2 'de toplanmıştır. Bu oran toprağın kolloid (kilt+organik madde) içeriğinin tarla kapasitesine oranı olarak ifade edilmektedir (Ngatunga et al., 1984). Süzülme oranı, çalışılan örneklerde 0.4 ile 2.1 arasında değişmektedir. En küçük süzülme oranı değeri organik madde içeriği % 1.1 ve silt+kil içeriği % 23.2 ile en düşük olan 5 nolu örnekte görülmektedir.

Erozyona dayanıklı topraklarda süzülme oranının 1.5 'tan büyük, dayaniksız olanlarda ise 1.5 'tan küçük olduğu belirtilmiştir (Bryan 1968). Buna göre yalnız 14 ve 29 nolu örneklerin (süzülme oranı sırasıyla 2.1 ve 1.9) erozyona karşı dayanıklı oldukları söylenebilir. En düşük süzülme oranına sahip 5 nolu örneğin ise çok daha dayaniksız olduğu ifade edilebilir.

Örneklerin süzülme oranı ile aşinima duyarlılık faktörü değerleri arasında % 1 düzeyinde önemli negatif ($r=-0.48$) bir korelasyon tesbit edilmiştir (Tablo 3.3). Ancak bu ilişki, K 'daki değişimin önemli bir bölümünün süzülme oranındaki değişimden kaynaklanmış olabileceğini yansıtacak düzeyde ($R^2=0.23$) değildir. Aşinima duyarlılık bakımından az aşinabilir toprak sınıfına giren 29 nolu örneğin süzülme oranı en yüksek değerler arasındadır.

3.6 Erozyon Oranı

Toprakların erozyon oranı değerleri Tablo 3.2 'de

sunulmuştur. Tablodan görüleceği gibi, dispersiyon oranı en büyük ve süzülme oranı en düşük olan 5 nolu örneğin erozyon oranı en yüksektir (199.3). Organik madde içeriği (% 5.0) ve silt+kil yüzdesi (% 85.8) en yüksek olan 29 nolu örneğin erozyon oranı en düşüktür ve bu toprak aşınımı duyarlılık bakımından da az aşınabilir toprak sınıfına girmektedir.

Toprakların erozyona karşı gösterdikleri duyarlılığı ortaya koymak üzere geliştirilmiş olan ölçütlerden biri de erozyon oranıdır ve bu oran toprakların erozyona ilişkin özellikleri ile su absorbe etme gücünü yansıtır. Erozyon oranı için sınır değer 10 olarak kabul edilmiştir (Bryan, 1968 ; Lal, 1988). Bu sınır değer esas alınacak olursa araştırma konusu toprakların tümü erozyona karşı dayanıksız olarak nitelendirilebilir. Bu yargı dispersiyon oranı ile tamamen uyum halindedir. Süzülme oranına göre ise 30 örneğten sadece 2'si dayanıklı bulunmuştur.

Örneklerin erozyon oranı değerleri ile aşınımı duyarlılık faktörü arasında önemli bir ilişki ($r=0.21$) hesaplanamamıştır (Tablo 3.3). Chandra and De (1978), Ngatunga et al. (1984), söz konusu bu iki ölçüt arasında önemli pozitif korelasyonlar elde etmişlerdir.

3.7 Toprak Aşınım Faktörü

Örneklerin aşınım faktörü değerleri Tablo 3.1 'de toplanmıştır. Bu değerler Wischmeier ve Smith (1978) 'in geliştirmiş olduğu denklemin ilk yaklaşım kesimi kullanılarak elde edilmiştir. Söz konusu faktörün doğrudan yüzey akış parcellerinden ölçümü pahalı ve zaman alıcı olduğundan denklemle hesap yoluyla bulunması tercih

edilmiştir. Başka bir anlatımla, bu faktörün arazi denemeleri ile henüz ölçülemediği yörelerde, toprağın erozyona duyarlığını etkileyen özelliklerinden yararlanılarak geliştirilmiş bulunan denklem yardımıyla saptanabileceği önerisine uyulmuştur (Akalan vd., 1991).

Tablo 3.1 'den görüleceği üzere araştırma konusu toprakların aşınım faktörü değerleri 0.06 ile 0.54 arasında değişmektedir. Eş deyişle, örnekler K bakımından az aşınabilir ile çok kuvvetli derecede aşınabilir sınıfları arasında yer almaktadır. Güçer ve Doğan (1976), toprakları aşınma duyarlılık derecelerine göre aşağıdaki gibi sınıflandırmışlardır.

K Faktörü	Aşınım Derecesi
0.01 < K < 0.05	Çok az aşınabilir topraklar
0.05 < K < 0.10	Az aşınabilir topraklar
0.10 < K < 0.20	Orta derecede aşınabilir topraklar
0.20 < K < 0.40	Kuvvetli derecede aşınabilir topraklar
0.40 < K < 0.60	Çok kuvvetli derecede aşınabilir topraklar

Araştırmaya konu 5 büyük toprak grubunun K değerleri ortalama alınarak hesaplanmış ve yukarıdaki sınıflandırma gözönünde bulundurularak toprakların aşınabilirlik durumları ortaya konulmuştur. Buna göre;

Kireçsiz kahverengi topraklar ($K= 0,20$) ; orta derecede aşınabilir,

Kireçsiz kahverengi orman toprağı ($K= 0,21$) ; kuvvetli derecede aşınabilir,

Vertisoller ($K= 0,24$) ; Kuvvetli derecede aşınabilir,

Kahverengi topraklar ($K=0,29$) ; Kuvvetli derecede aşınabilir,
 Kestane rengi topraklar ($K=0,31$) ; Kuvvetli derecede aşınabilir,

Görüleceği üzere bu büyük toprak gruplarının K değerleri $0,20$ ile $0,31$ arasında değişmektedir. Akalan vd.,(1991), Orta Anadolu Bölgesinde yaygın beş büyük toprak grubu üzerinde yürütmiş oldukları benzeri bir çalışmada da toprakları orta ve kuvvetli derecede aşınabilir olarak sınıflandırmışlardır.

3.7.1 Mekanik Analiz Verileri ile Aşınım Faktörü Arasındaki İlişkiler

Araştırma konusu toprak örneklerinin mekanik analiz sonuçları ve K faktörü değerleri Tablo 3.1 'de toplanmıştır. Mekanik analiz verilerini kapsayan ve K faktörünün hesaplanmasında kullanılan temel parametrelerden biri M değeridir. Zerre irilik parametresi olarak adlandırılan bu değer şu formülle hesap edilmiştir.

$$M = (\text{silt} + \text{çok ince kum}) * (100 - \text{kil})$$

Bu M değeri ile K faktörü arasında ± 1 düzeyinde önemli pozitif ($r=0.73$) bir ilişki saptanmıştır. Anlaşılacağı üzere K değerindeki değişimin ± 53 'ü M parametresindeki değişimden kaynaklanmıştır ($R^2=0.53$). Benzer sonuç Ngatunga et al.,(1984) tarafından da elde edilmiştir. Römkens (1985), K daki değişimin çok büyük ölçüde M 'deki değişimden kaynaklandığını belirtmişlerdir. Öte yandan kil , $silt$, $çok$ $ince$ kum fraksiyonu ile aşınma duyarlılık faktörü arasında yapılan çoklu korelasyon analizinde de ± 1

düzeyinde ($r=0.90$) önemli bir ilişki elde edilmiştir (Tablo 3.5).

Örneklerin kıl içeriğiyle aşınma duyarlılık faktörü arasında % 1 düzeyinde önemli negatif ($r=-0.61$) bir korelasyon saptanmıştır (Tablo 3.4). Kıl içeriği ile K arasındaki bu ilişki Şekil 3.1 'de gösterilmiştir. Kıl içeriği % 30 'dan fazla olan 16örnekte bu ilişki önemli ($r=-0.79$) olarak tesbit edilmiş, % 30 'dan az olan diğer 14 örnekte ise önemsiz bulunmuştur. Tablo 3.1 incelendiğinde kıl içeriği en büyük (% 64.0) olan 29 nolu örneğin aşınım faktörü değerinin en düşük ($K=0.06$) ve toprağında az aşınabilir olduğu görülebilir. Özdemir (1987), İğdır ovasında yürütülmüş olduğu bir araştırmada kıl ile K arasında benzer bir ilişki elde etmiştir.

Örneklerin silt içeriği ile K faktörü arasında % 1 düzeyinde önemli bir ilişki ($r=0.70$) tesbit edilmiştir. Bu ilişki Şekil 3.1 'de sunulmuştur. Benzer ilişki Akalan vd., (1991), tarafından Orta Anadolu Bölgesi Kahverengi büyük toprak grubu üzerinde yapılan bir başka araştırmada da elde edilmiştir. Tablo 3.1 incelendiğinde silt içeriği yüksek (örneğin % 40 'ın üzerinde) olan toprakların K değerinin 0.30 'dan fazla olduğu görülebilir. Richter and Negendank (1977), % 40 'ın üzerinde silt içeren toprakların aşınımı karşı daha duyarlı olduğunu belirtmişlerdir. Kilde olduğu gibi silt fraksiyonu için de % 30 sınır değer kabul edilmiş, bu değerin üzerindeki ve altındaki örneklerde silt ile K arasındaki ilişkiler de araştırılmıştır. Silt içeriği % 30 'un üzerinde olan 18örnekte bu ilişki $r=0.85$ ve % 30 'un altında olan 12 örnekte ise $r=0.30$ olarak

Tablo 3.4. Araştırma Konusu Toprakların Bazı Özellikleri ile Aşınım Faktörü Arasındaki Basit İlişkiler

Bağımlı Değişken	Bağımsız Değişken	Serbestlik Derecesi	r	Sr	t	Regresyon Denklemleri
Aşınım Faktörü (K)	Kil	28	-0.61 ⁺	0.15	4.07	$0.39 - 4.76 \times 10^{-3} * X$
"	Silt	28	0.70 ⁺	0.18	5.18	$3.80 * 10^{-2} + 8.749 * 10^{-2} * X$
"	Çok İnce Kum (0.05 - 0.10 mm)	28	0.36 ⁺⁺	0.18	2.05	$0.15 + 7.691 * 10^{-3} * X$
"	Kum (0.05-2.00 mm)	28	0.17	0.19	0.91	$0.20 + 1.217 * 10^{-2} * X$
"	Silt + Çok İnce Kum	28	0.77 ⁺	0.12	6.42	$-0.11 + 8.015 * 10^{-3} * X$
"	Organik Madde	28	-0.58 ⁺	0.15	3.77	$0.36 - 3.90 * 10^{-2} * X$
"	Kil + Organik Madde	28	-0.65 ⁺	0.14	4.51	$0.40 - 4.80 * 10^{-3} * X$
"	Kireç	20	0.54 ⁺	0.16	3.39	$0.21 + 1.077 * 10^{-2} * X$

+ : % 1 düzeyinde önemli

++ : % 5 düzeyinde önemli

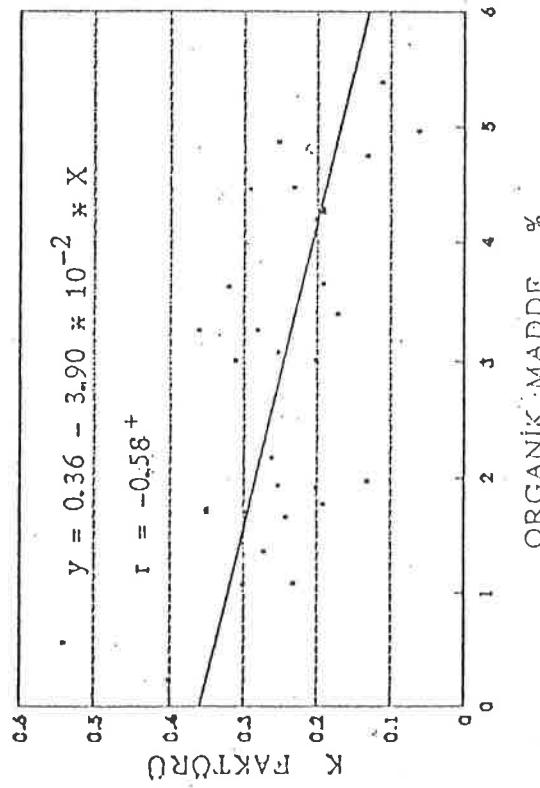
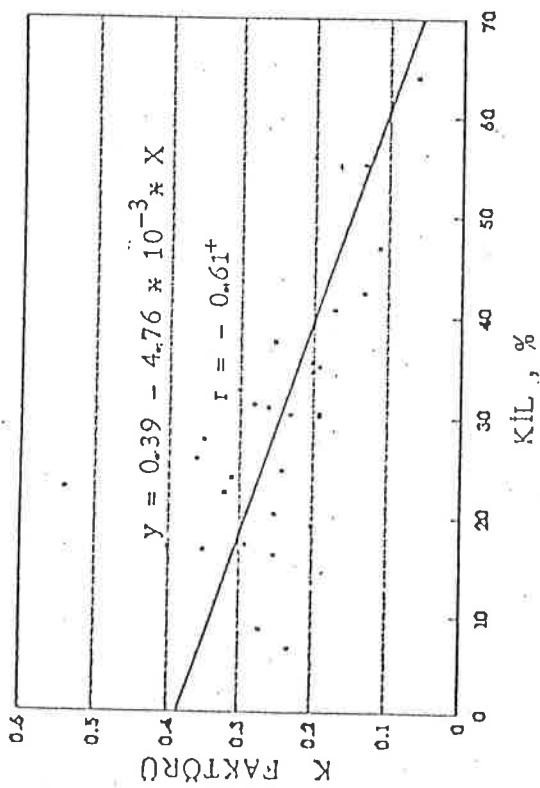
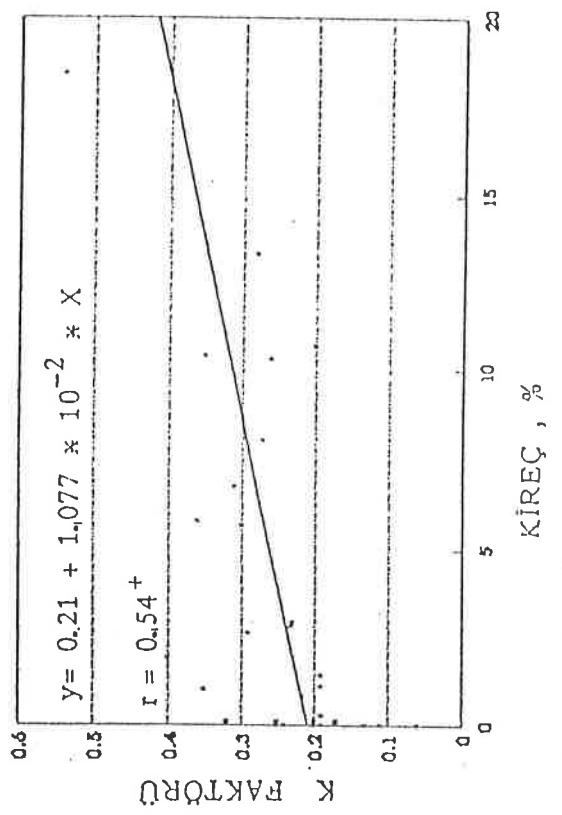
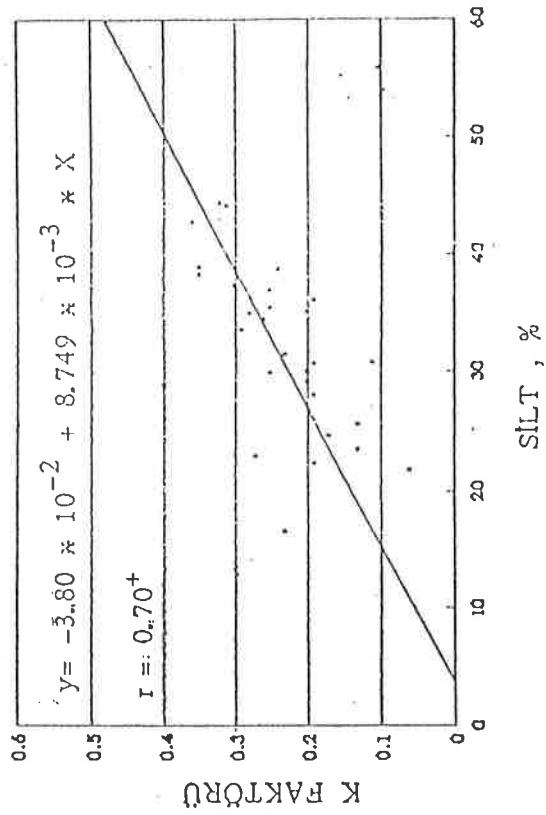
Tablo 3.5. Araştırma Konusu Toprakların Bazı Özellikleri ile Aşınım Faktörü Arasındaki Çoklu İlişkiler

Bağımlı Değişken	Bağımsız Değişkenler	Serbestlik Derecesi	r	sr	t	Regresyon Denklemleri
Aşınım Faktörü(K)	Kil*, Silt**, Çok Ince Kum***	26	0.90 ⁺	0.085	10.59	0.0470-0.0038 * X ₁ + 0.0070 * X ₂ + 0.0065 * X ₃
"	Organik Madde*, Kil**	27	0.72 ⁺	0.134	5.37	0.4031 - 0.0268 * X ₁ - 0.0036 * X ₂
"	Organik Madde, Silt	27	0.86 ⁺	0.098	8.77	0.0893 - 0.0333 * X ₁ + 0.0078 * X ₂
"	Organik Madde, Çok Ince Kum	27	0.69 ⁺	0.139	4.96	0.2631 - 0.0392 * X ₁ + 0.0079 * X ₂
"	Organik Madde, Kireç	27	0.65 ⁺	0.146	4.45	0.3037 - 0.0278 * X ₁ + 0.0067 * X ₂
"	Kireç, Kil	27	0.77 ⁺	0.123	6.26	0.3387 + 0.0090 * X ₁ - 0.0042 * X ₂
"	Kireç, Silt	27	0.74 ⁺	0.129	5.74	-0.0032 + 0.0058 * X ₁ + 0.0058 * X ₂
"	Kireç, Çok Ince Kum	27	0.62 ⁺	0.151	4.11	0.1287 + 0.100 * X ₁ + 0.0086 * X ₂
"	Kil*, Silt**, Çok Ince Kum***, Organik Madde****	25	0.97 ⁺	0.048	20.20	0.0938 - 0.0027 * X ₁ + 0.0068 * X ₂ + 0.0069 * X ₃ - 0.0260 * X ₄
"	Kil*, Silt**, Çok Ince Kum***, Kireç****	25	0.93 ⁺	0.074	12.56	0.0701 - 0.0037 * X ₁ + 0.0058 * X ₂ + 0.0062 * X ₃ + 0.0048 * X ₄
"	Kil*, Silt**, Çok Ince Kum***, Kitec**** Organik Madde*****	24	0.98 ⁺	0.038	25.78	0.0965 - 0.0057 * X ₁ + 0.0065 * X ₂ + 0.0068 * X ₃ + 0.0014 * X ₄ - 0.0238 * X ₅

* : X₁
 ** : X₂
 *** : X₃
 **** : X₄
 ***** : X₅

+ : % 1 düzeyinde önemli

27



Sekil 3.1. Kıl, Silt, Organik Madde ve Kireç İle Aşınınum (χ) Faktörü Arasındaki İlişkiler

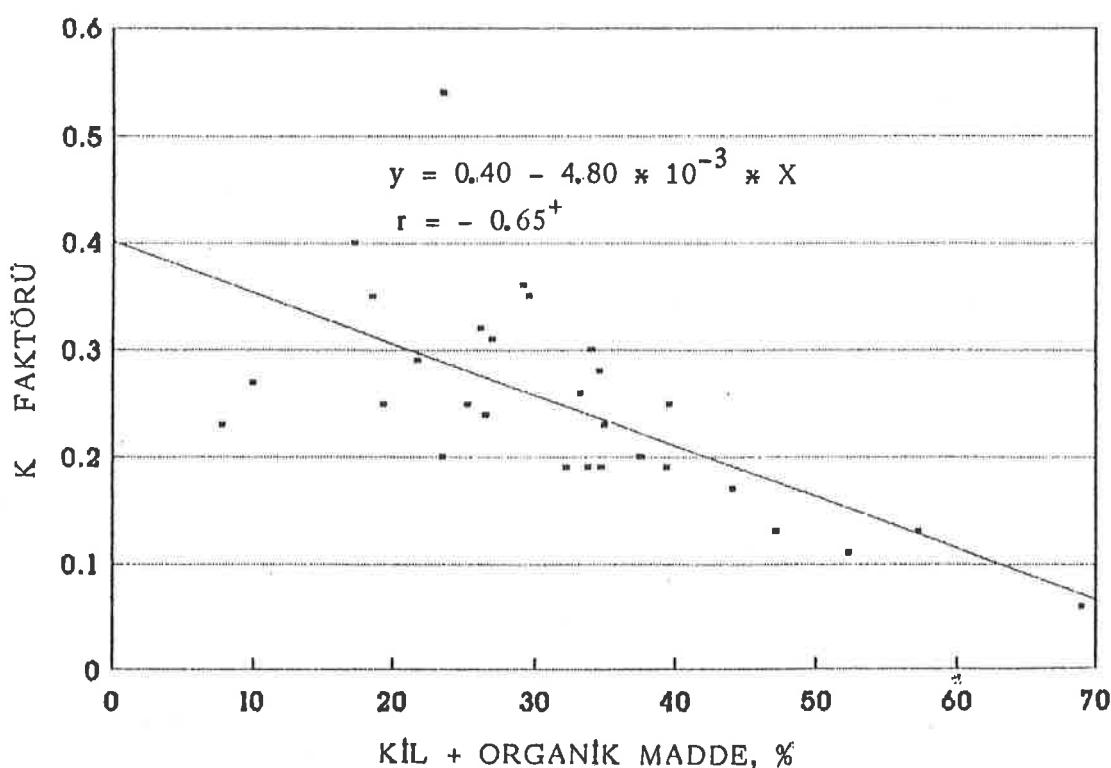
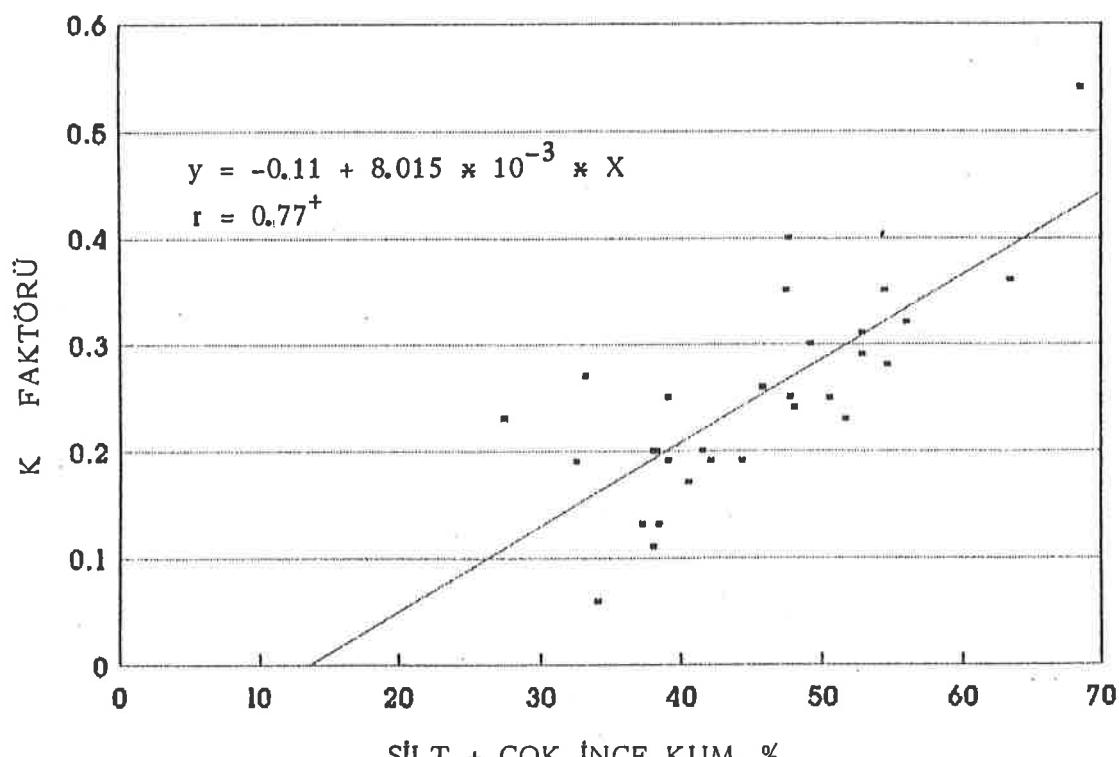
belirlenmiştir.

Toprakların kum fraksiyonu ile K faktörü arasında önemli bir ilişki bulunamamıştır. Çok ince kum ile ise % 5 düzeyinde önemli ($r=0.36$) bir ilişki saptanmıştır. Çok ince kum fraksiyonu silt fraksiyonu ile toplanarak M parametresinde yer alan silt+çok ince kum değerleri elde edilmiştir. Silt+çok ince kum ile aşınım faktörü arasındaki ilişki ($r=0.77$) % 1 düzeyinde önemli çıkmıştır (Şekil 3.2). Benzeri ilişki Akalan vd.,(1991) tarafından da saptanmıştır.

3.7.2 Organik Madde İle Aşınım Faktörü Arasındaki İlişkiler

Araştırma konusu toprakların içerdikleri organik madde miktarları ve aşınım faktörü değerleri Tablo 3.1 'de verilmiştir. Organik madde ile aşınımı duyarlılık faktörü arasında % 1 düzeyinde önemli negatif bir korelasyon ($r=-0.58$) tesbit edilmiştir. Bu ilişkiye gösteren regresyon doğrusu Şekil 3.1 'te sunulmuştur. Akalan vd.,(1991) 'de bu ilişkiye doğrular sonuçlar elde etmişlerdir. Organik madde içeriği %2 den az olan 12 örnekte bu ilişki $r=-0.71$, % 2 'den fazla olan 18 örnekte ise $r=-0.57$ bulunmuştur. Tablo 3.1 'den görüleceği üzere, organik madde miktarları düşük olan örneklerde çoğulukla yüksek, fazla miktarda organik madde içerenlerde ise düşük K değerleri ortaya çıkmıştır.

Örneklerin içerdikleri kıl ve organik madde miktarları toplanarak (Ngatunga et al.,1984) kolloid içerikleri elde edilmiş ve bununla aşınımı duyarlılık faktörü arasındaki ilişki araştırılmıştır. İlişki (Tablo 3.4) % 1 düzeyinde önemli ($r=-0.65$) bulunmuştur (Şekil 3.2).



Şekil 3.2. Silt + Çok İnce Kum ve Kil + Organik Madde İle Aşınım (K) Faktörü Arasındaki İlişkiler

Organik madde içeriği % 2 'den az olan 12 örnekte kıl içeriği ile K parametresi arasında $r=-0.43$ ve % 2 'den fazla olan 18 örnekte ise $r=-0.79$ gibi bir ilişki elde edilmiştir. Buradan anlaşılabileceği üzere, kıl fraksiyonu artışına bağlı olarak K parametresindeki düşüşün büyüklüğü (derecesi) organik madde düzeyine göre farklılık göstermektedir.

Kıl içeriği % 30 'dan az olan 14 örnekte organik madde ile K faktörü arasında $r=-0.50$ ve % 30 'dan fazla olan 16 örnekte ise $r=-0.60$ bulunmaktadır. Öyle ise organik madde ile K faktörü arasındaki ilişki bir ölçüde toprağın kıl içeriğine bağlı olarak değişmektedir.

Öte yandan yapılan çoklu korelasyon analizinde (Tablo 3.5) organik madde ve kıl ile K faktörü arasında ($r=0.72$), organik madde ve silt ile K faktörü arasında ($r=0.86$), organik madde ve çok ince kum ile K faktörü arasında ($r=0.69$) önemli ilişkiler elde edilmiştir. Yine çoklu korelasyon analizinde örneklerin kıl, silt, çok ince kum ve organik madde içerkleri ile K faktörü arasında % 1 düzeyinde önemli ($r=0.97$) bir ilişki saptanmıştır (Tablo 3.5). Bu son bulguya göre, K faktöründeki değişimin tümünün ($r^2=0.94$) bu üç fraksiyon ile organik maddenin ortak etkilerinden kaynaklandığı söylenebilir. Akalan vd.(1991), yaptıkları bir çalışmada K faktöründeki değişimin tekstürel fraksiyonlar ile organik maddenin ortak etkilerinden kaynaklandığını belirtmişlerdir.

3.7.3. Kireç İle Aşınım Faktörü Arasındaki İlişkiler

Araştırma konusu toprakların kireç içerkileri ve K faktörü

değerleri Tablo 3.1 'de verilmiştir. Kireç içeriği % 0.10 ile % 18.4 arasında değişen 22 örnekte, kireç içeriği ile aşınım faktörü arasında % 1 düzeyinde önemli pozitif bir ilişki ($r=0.54$) bulunmuştur. Buna ilişkin regresyon doğrusu Şekil 3.2 'de sunulmuştur. Bu ilişki kireç içeriği % 1 'in altında olan 6 örnekte $r=0.55$ ve % 1 'in üstündeki 16 örnekte $r=0.47$ olarak saptanmıştır. Sekiz örneğin kireç içeriği sıfırdır.

Kireç içeriği en fazla (% 18.4) olan 19 nolu örneğin aşınımı duyarlılık faktörü de en büyük ($K=0.54$) bulunmuştur. K faktörü en düşük (0.06) olan 29 nolu örnek az aşınabilir niteliktir ve kireçten yoksundur. Yapılan çoklu korelasyon analizinde kıl ve kireç, silt ve kireç, çok ince kum ve kireç, organik madde ve kireç ile K faktörü arasında önemli ilişkiler sırasıyla $r=0.77$, $r=0.74$, $r=0.62$, $r=0.65$ elde edilmiştir. Yine aynı analizde kıl, silt, çok ince kum ve kireç ile K faktörü arasında $r=0.93$ ve kıl, silt, çok ince kum, organik madde ve kireç ile K faktörü arasında $r=0.98$ gibi değerler saptanmıştır.

Yukarıda belirtilen değişkenler (kil, silt, çok ince kum, organik madde, kireç) esas alınarak araştırmaya konu beş büyük toprak grubu için aşağıdaki çoklu regresyon denklemleri saptanmıştır.

Kahverengi büyük toprak grubu:

$$y = 0.0122 - 0.0143 * x_1 - 0.0057 * x_2 - 0.0027 * x_3 + 0.0103 * x_4$$

Kireçsiz kahverengi orman büyük toprak grubu:

$$y = 0.2061 - 0.0159 * x_1 - 0.0033 * x_2 + 0.0037 * x_3 + 0.0055 * x_4$$

Kestane rengi büyük toprak grubu:

$$y = -0.4464 - 0.0050 * x_1 + 0.0044 * x_2 + 0.0122 * x_3 + 0.0028 * x_4$$

Kireçsiz kahverengi büyük toprak grubu:

$$y = 0.1167 - 0.0175 * x_1 - 0.0021 * x_2 + 0.0051 * x_3 - 0.0039 * x_4$$

Vertisol büyük toprak grubu:

$$y = 0.0046 - 0.0308 * x_1 - 8.88 * 10^{-4} * x_2 + 0.0077 * x_3 - 0.0016 * x_4$$

y : Toprak aşınım (K) faktörü,

x_1 : Organik madde,

x_2 : Kil,

x_3 : Silt+çok ince kum,

x_4 : Kireç.

Sonuç olarak, Doğu anadolu Bölgesinde (Erzincan, Erzurum, Kars ve Ağrı illerinde) yaygın beş büyük toprak grubunda (kireçsiz kahverengi topraklar, kireçsiz kahverengi orman toprağı, kahverengi toprak kestane rengi toprak, vertisoller) ve otuz örnek Üzerinde gerçekleştirilen bu çalışmada şu yargılara varılmıştır;

1. Toprakların tümü strüktürel stabilité ölçütlerine göre "erozyona karşı dayanıksız" dır.
2. Aşınımı duyarlılık parametresine göre topraklar, çoğunlukla "kuvvetli derecede aşınabilir" niteliktedir. Beş büyük toprak grubundan yalnız Kireçsiz kahverengi toprak grubu "orta derecede aşınabilir" durumdadır.
3. Toprak aşınım faktöründeki değişim büyük ölçüde zerre ılıklık parametresinden ve organik maddeden kaynaklanmaktadır.
4. Topraklarda aşınımı duyarlılık, organik madde ve kil artışına bağlı olarak azalmakta, silt, çok ince kum ve kireç artışına bağlı olarak ise artmaktadır.
5. Toprakların strüktürel dayanıklılık ve erozyona duyarlılık durumlarını değerlendirmek Üzerde geliştirilmiş

olan ölçütlerden bazıları (Kıl oranı, Suzülme oranı, Geçirgenlik oranı) ile aşınma duyarlılık parametresi arasında önemli ilişkiler saptanmıştır.

6. Daha güvenilir sonuçlar elde edebilmek ve daha sağlıklı yargılara varabilmek için toprak serilerinden ve çok daha fazla sayıda örnek alarak çalışmak gereklidir. Belki de bu sayede, aşınım parametresinin saptanmasına ilişkin denklem, koşullara göre geliştirilebilir ya da değiştirilebilir.

KAYNAKLAR

- Akalan, İ., 1967, Toprak fiziksel özellikleri ve erozyon. Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi yıllıki, 3, (4), s 490-503.
- Akalan, İ., Doğan, O., Küçükçakar, N., 1991., Orta Anadolu topraklarının bazı fiziksel özellikleri ile aşınma duyarlılığı arasındaki ilişkiler. Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğü Teknik Bülteni, 2, (1), s 34-45.
- Ayday, E., 1984, Eskişehir koşullarında universal denklemin yağış erozyon indisini (R) ve toprak aşınım (K) faktörleri. Eskişehir Bölge Topraksu Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü, 178, s 35-36.
- Black, C.A., 1965, Methods of soil analysis. Part I, American Society of Agronomy No, 9.
- Bryan, R.B., 1968, The development use and efficiency of indices of soil erodibility. Geoderma, 2,(1), p 5-25.
- Castro, C. Fo., and Logan, T.S., 1991, Liming effects on the stability and erodibility of some Brazilian oxisols, Soil science, 142,(4), p 235-240.
- Chandra, S., 1978, A simple laboratory apparatus to measure relative erodibility of soils. Soil science, 25, p 115-119.
- Devlet Meteoroloji İşleri, 1984, Ortalama Sıcaklık ve Yağış Değerleri Meteoroloji Bülteni. Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü Yayıni, Ankara, 82, s 66 - 72.
- Doğan, O., 1982, Ankara Koşullarında Universal Denklem Faktörleri. Merkez Topraksu Araştırma Enstitüsü Yayıni, Ankara, 82, s 66-72.
- Doğan, O., 1987, Türkiye Erosiv Yağış Potansiyelleri. Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğü, Ankara.
- Erpul, G., 1990, Sakarya tarım işletmesi topraklarının detaylı erozyon etüdü. Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, s 4-36 (basılmamış).

Hızalan, E., ve Ünal, H., 1966, Toprakta önemli kimyasal analizler. Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayıncılık 258 s 5-7.

Hocaoglu, Ö.L., 1966, Toprakta Organik Madde Nitrojen ve Nitrat Tayini. Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları, s 9-12.

Gedikoğlu, İ., 1990, Laboratuvar Analiz Yöntemleri. Köy Hizmetleri Araştırma Enstitüsü Yayınları, Şanlıurfa.

Güler, C. ve Doğan, O., 1976, Su Erozyonunun Nedenleri, Oluşumu ve Universal Denklem ile Toprak Kayıplarının Saptanması, Topraksu Genel Müdürlüğü Merkez Topraksu Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü Yayınları, Genel Yayın No: 41, Teknik Yayın No: 24

Güler, C., 1979, Kahverengi büyük toprak grubuna dahil Beytepe kılının universal toprak denkleminde kullanılan aşınma duyarlılık (K) faktörünün yağmurlayıcı ve doğal yağış koşulları altında saptanması üzerine bir araştırma. Doktora Tezi (basılmamış).

İstanbulluoğlu, A., 1989, Köy Hizmetleri Araştırma Enstitüsü Yıllık Rapor, Erzurum.

Jackson, M.L., 1958, Soil chemical analysis, Prentice-Hall Inc. Englewood Cliffs New Jersey, p 38-47.

Kenneth, G., George, R. T., Gleen, A. W., and Jeffrey, P. P., 1991, Revised universal soil loss equation. Journal of soil and water conservation, 46,(1), p 30-33.

Kmoch, H.G., 1962, Die luftdurchlässige ifdos bodens verlag gerbruder bornträger. Berlin Nikolas, 86.

Köse, C. ve Akar, F., 1986, Tokat Koşullarında Universal Denklemin R, K, C ve P Faktörleri. Köy Hizmetleri Araştırma Enstitüsü Yayınları, 113, s 52-53.

Köy Hizmetleri, 1992, Araştırma Raporları, Köy Hizmetleri Erzurum Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü Yayınları, Genel Yayın No:37, Rapor Seri No:33

Lal, R., 1988, Soil erosion research methods . Soil and Water Conservation Society, p 141-153.

- Leo, M. W. M., 1963, A rapid method for estimating structural stability of soils. *Soil science*, 96, p 342-346.
- Mete, C., 1988, Tarsus Koşullarında Universal Denklemin R, K, C ve P faktörleri. *Köy Hizmetleri Araştırma Enstitüsü Yayınları*, Tarsus, 145, s 50-52.
- Miller, W.P. and Baharuddin, M.K., 1986, Relationship of soil dispersibility to infiltration and erosion of southeastern soils. *Soil science*, 142, (4), p 235-240.
- Ngatunga, E.L.N., Lal, R and Uriyo, A.P., 1984, Effects of surface management on runoff and soil erosion from some plots at Mlingano, Tanzania . *Geoderma*, 33, p 1-12.
- Obi, M. E. and Asiegbu, B. O., 1980, The physical properties of some eroded soils of southeastern Nigeria. *Soil science*, 130, (1) p 39-48.
- Önmez, O., 1991, Konya-Beyşehir Şartlarında Universal Toprak Kaybı Denkleminin R, K, C, ve P Faktörleri. *Köy Hizmetleri Araştırma Enstitüsü Yayınları*, Konya, 147, s 42-43.
- Özdemir, N., 1987, İğdır ovası yüzey topraklarının bazı fiziksel özelliklerini ile strüktürel dayanıklılık ve erozyona duyarlılık ölçütleri arasındaki ilişkiler, Yüksek Lisans Tezi, Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi, Erzurum (basılmamış).
- Özdemir, N., 1991, Toprağa ilave edilen organik artıkların toprağın bazı özellikleri ile strüktürel dayanıklılığı ve erozyona duyarlılığı üzerine etkileri, Doktora Tezi, Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi, Erzurum (basılmamış).
- Reeve, C., 1965, Air to water permeability ratio. C. A. Black(Ed). In *Methods of soil analysis. Part 2, American society of agronomy*, No 9.
- Richter, G. and Negendank, J.F.W., 1977, Soil erosion processes and their measurement in the German area of the Moselle river. *Earth Surface Processes*, 2, p 261-278.

- Römkens, M. J. M., 1985, The soil erodibility factor: A perspective. S.A. El Swaify (Ed.) In Soil erosion and conservation. Soil Conservation Society Of American. p 445-460.
- Sönmez, K., 1979, Muş-Alpaslan Devlet Üretme Çiftliği arazisinde yüzeyden alınan toprakların strüktürel dayanıklılığı ve erozyona duyarlılığı üzerine bir araştırma. Atatürk Üniversitesi Ziraat fakültesi. Ziraat Dergisi, 3-(4), s 14-25.
- Sönmez, K., 1991, Topraklarımız kaybediyoruz. Tarım Orman ve Köy İşleri Bakanlığı Dergisi, 65, s 9-10
- Tüzünler, A., 1990, Toprak ve Su Analiz Laboratuvarları El Kitabı, Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğü Yayıncı, Ankara
- U. S. Salinity lab. staff., 1954, Diagnosis and improvement of saline and alkali soils. U.S.D.A. Agriculture Handbook. No 60.
- Wischmeier, W. H., and Smith, D. D., 1978, Predicting rainfall erosion losses. A guide to conservation planning. U.S.D.A. Agriculture Handbook No 537.
- Yakar, M., 1985, Menemen Koşullarında Universal Denklem Faktörleri. Menemen Bölge Topraksu Araştırma Enstitüsü Yayınları. Menemen. 113, s 52-53.
- Young, R. A. and Mutchler, C. K., 1977, Erodibility of some Minnesota soils. Journal of soil and water conservation. 32, (4), p 180-182
- Yurtsever, N., 1984, Deneysel İstatistik Metotlar. Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğü Yayınları. Ankara. s 169-180.

