

SİVAS-ULAŞ DEVLET ÜRETME ÇİFTLİĞİNDE RÜZGÂR EROZYONU SONUCU MEYDANA GELEN TOPRAK KAYIPLARI İLE TOPRAKLARIN BAZI FİZİKSEL VE KİMYASAL ÖZELLİKLERİ ARASINDAKİ İLİŞKİLER ÜZERİNDE ARAŞTIRMALAR

Hayati ÇELEBİ(x)

ÖZET

Araştırma sahasında topraklar genellikle ince bünyeli olup, suda dispers olabilen 20 mikrondan küçük zerreler miktarı % 4,44-26,62; suya dayanıklı 20 mikrondan küçük agregatlar miktarı % 24,77-87,65; 420 mikrondan küçük kuru zerreler miktarı % 1,9-26,2; 840 mikrondan küçük zerreler miktarı % 4,7-38,5; 840 mikrondan büyük zerreler miktarı % 61,5-95,3; kireç miktarları % 2,11-34,15; organik madde miktarları % 1,65-3,15; mekaniksel stabilite değerleri % 82,43-99,02; ekivalan çap değerleri 0,34-0,46 mm. ve dekar toprak kayıpları 2,130-50,150 kg. arasındadır.

Toprak kayıpları ile mekaniksel stabilite, ekivalan çap değerleri, silt fraksiyonu, 420 mikrondan küçük kuru zerreler, 840 mikrondan küçük kuru zerreler, 840 mikrondan büyük kuru zerreler, 20 mikrondan küçük suda dispers olabilen zerreler ve 20 mikrondan küçük suya dayanıklı agregatlar arasında sırayla -0,575,-0,427-0,462,0,856, 0,845,-0,798, 0,613 ve -0,490 korelasyon katsayıları bulunmuştur.

GİRİŞ

Asırlar boyunca bütün dünya millet ve medeniyetlerini tehdit eden önlenmesi en güç ve önemli sorunlardan biri de rüzgâr erozyonudur. Tarih buna dair örneklerle doludur.

Memleketimizde, özellikle kurak bölgelerden orta ve güney-doğu Ana-

dolu'da rüzgâr erozyonunun zirai ürünler yapmış olduğu zararlar ölçülmeyecek kadar çoktur. Örneğin, 1956 Nisan ayında orta Anadolu'da takriben 500 bin ton hububat zarar olarak tespit edilmiştir. Bugün için, Karapınar'da aşağı yukarı bir milyon dekar arazi adetâ çöl haline gelmiştir. Bu zarar, bütün orta ve güney doğu Anadolu'ya

(x) Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Toprak İlimi Bölümü Öğretim üyesi

teşmil edildiğinde, kritik periyotlarda bu rakamın yüz milyonları bulacağı muhakkaktır.

Araştırmaya konu olarak seçilen orta Anadolu iklim şartlarında bulunan Ulaş Devlet Üretim Çiftliği arazisi de bazı seneler geniş çapta rüzgâr erozyonuna mâruz kalmaktadır. Bu nedenle, çiftlikte rüzgâr erozyonu ile hasıl olan toprak kayıpları, toprakların üfürülmeye karşı mukavemetleri (mekaniksel stabiliteleri) ve bazı toprak özelliklerinin kayıplar üzerindeki tesirli incelenmiştir.

Bu araştırma, söz konusu çiftlikte ileride yapılacak muhafazaî çiftlik planlaması ve toprak amenajmanı bakımından son derece önemli olduğu için ele alınmıştır.

Rüzgâr erozyonunun zirai yönden ciddi bir şekilde ele alınışı son 20 ilâ 30 seneye inhisar etmektedir. Bu sorun üzerinde, özellikle A.B. Devletlerinde 1930 senelerinde durulmaya başlanmıştır. Aynı sene, çok şiddetli rüzgâr erozyonunun vuku bulması ile meydana gelen büyük ekonomik kayıplar rüzgâr erozyonu olayının esas sebeplerine, etkilerine ve çarelerine daha çok önem verilmesine vesile oldu. Federal hükümet ve muhtelif eyaletler tarafından bu hususta âcil tedbirler alınmaya başlandı. Rüzgâr erozyonu olayının daha iyi bir tarzda incelenmesi için özel rüzgâr tunelleri tesis edilerek pek çok denemeler yapıldı. Bu arada, rüzgâr erozyonu kontrolü gayesiyle çok sayıda yayınlar yapıldı. Bütün bunlar bu hususta yapılan ilk teşebbüsler olarak önemlidir.

Daha sonraları, rüzgâr erozyonu ile ilişkin çalışmalara önem verilerek

rüzgâr erozyonu olayı iyice incelenmiş, bu hususta müessir tedbirler alınmış ve bir takım özel sürüm âletleri geliştirilmiştir.

Chepil ve Woodruff (1963), daha hafif toprak zerrelere daha ağırlara nazaran erozyona daha az dayanıklı olduğunu; bu durumda, zerre büyüklük ve yoğunluğunun erozyon üzerinde etkili olduğunu yazmaktadır. Bu araştırmacılar, erozyona mâruz zerrelere büyüklük ve yoğunluğunu dikkate alarak zerrelere "Ekiyalan çap değeri"ni tespit etmişlerdir. Bu değer, zerrenin zahiri yoğunluğu ile zerre çapı çarpımının 2,65 rakamına bölünmesi ile elde edilir. Ekiyalan çapı "0,1" sabitesinden küçük ve büyük olan topraklar erozyona mukavim karakterdedir. Bir çok mineral topraklarda 0,5 mm. ekiyalan çap değeri takriben 0,84 mm. hakiki çapa tekabül eder. Bu 0,84 mm. lik ölçü A.B. Devletleri Standartlar Bürosu tarafından tespit edilmiştir. Bu nedenle, bu ölçü, topraklarda aşınabilen ve aşınamayan fraksiyonların birbirlerinden ayrılmasında kullanılmaktadır.

Zingg'e (1962) göre, mütecanis olmayan toprak materyalinin zemine harekete geçmesi için bir başlangıç hızından veya makaslama kuvvetinden bahsedilemez. Pratik olarak, bitki örtüsünden yoksun erozyona müsait arazilerde yüzeyden 60 cm. yukarıda rüzgâr hızı saatte 16,5 km. arasında olduğu zaman toprak hareketi vukubulmaktadır. Çapları 0,2-0,7 mm. arasında değişen ve hemen hemen mütecanis kohezyonsuz kum yatakları üzerinde yapılmış olan rüzgâr tuneli çalışmalarında, saltasyon ile toprağın harekete geçmesinde rüzgârın zahiri makaslama

kuvveti ile kum zerrelereinin çaplarının dikkate alınması hususu tespit edilmiştir.

Richey (1961) Zingg'e atfen, bir toprak sathı üzerinde rüzgârın başlama hızının sathıtan itibaren belli bir yükseklikteki hızın karesi ile orantılı olduğunu yazmaktadır.

Chepil (1963), toprakların erozyon durumunu incelemek gayesiyle yapmış olduğu rüzgâr tüneli çalışmalarında, yüzey toprağına ait kuru elek analiz sonuçlarının belli bir anda toprağın erozyon indeksi olarak kabul edilebileceğini yazmakta ve bu maksatla, 0,42 mm. çapından daha küçük kuru toprak zerrelere miktarını dikkate almaktadır.

Woodruff ve Chepil (1955), rüzgâr erozyonu kontrolü bakımından toprağı mümkün mertebe kesekli hale getiren ve aynı zamanda bitki artıklarını gömmeyen bir sürüm âleti kullanılmasının zaruri olduğuna işaret etmektedirler.

Chepil ve Woodruff (1959), Woodruff ve Siddoway (1965), rüzgâr erozyonu sonucu meydana gelen toprak kayıplarının toprağın erozyon indeksi; lokal iklim faktörü, toprak yüzey pürüzlülüğü, ekivalan tarla genişliği ve ekivalan bitki örtüsü miktarının bir fonksiyonu olduğunu ortaya koymuşlardır. Araştırmacılar, toprağın erozyon indeksinin yılda akr'a ton olarak 0,84 mm. çapından daha büyük olan erozyona mukavim toprak fraksiyonunun yüzde oranından; lokal iklim faktörünün toprak erozyonu iklim haritasından; toprak yüzey pürüzlülüğünün yükseklik ve aralık oranı 1/4 olan ve rüzgâr yönüne dik olarak tesis edilen standart sıraların yüksekliğinden; ekivalan tarla

genişliğinin hâkim rüzgâr doğrultusunda rüzgârdan korunmayan saha genişliğinden ve ekivalan bitki örtüsü miktarının ise bitki örtüsünün miktar, tip ve oriyantasyonundan elde edilen nispi değerden hesap edilebileceğini yazmaktadırlar.

Aynı araştırmacılar, dekara 62,5 kg. lık bir toprak kaybının önemsiz; 62,5-1250 kg. lık kaybın orta derecede önemli ve 1250 kg. dan daha fazla kaybın çok önemli olduğunu tesbit etmişlerdir (Chepil and Woodruff, 1954).

Carreker (1966), A.B. Devletlerinde Atlantik kıyısı orman sahalarında ve güney kıyı ovalarında Toprak Muhafaza Servisi'nin 1963'de yapmış olduğu bir çalışmada, 47 mıntı-kadan alınmış olan örneklerde, toprakların erozyon indeksleri ile $\frac{1}{100}$ 5 den daha fazla kısmını meydana getiren kaba kum ve çok kaba kum fraksiyonlarının nisbi toplamları arasında oldukça iyi bir bağıntının bulunduğunu, fakat toprağın ince fraksiyonları ile böyle bir bağıntının arzu edilmesine rağmen bulunmadığını yazmaktadır.

Cook (1962), Chepil ve Engleborn'a atfen 1950'de doğu merkez Kansas'ta dekara 250 kg. bitki artığının rüzgâr erozyonu kontrolünde lüzumlu olduğunu ve diğer taraftan aynı yazar Chepil ve Woodruff'a atfen 1954 de batı Kansas'ta dekara 125 kg. buğday malçının toprakta stabiliteyi temin ettiğini bildirmektedir.

Portatif rüzgâr tuneli ile çalışan Zingg (1950), arazi yüzeyinde rüzgâr erozyonu nedeniyle aşınmanın toprak strüktürü, zemin pürüzlülüğü ve vejetatif örtü miktarına bağlı olduğunu müşahade etmiş ve taşınan toprak mik-

tarının, 420 mikrondan daha küçük kuru toprak zerreleri yüzdesi ile doğru orantılı ve toprak yüzeyinde mevcut buğday malçı miktarı ile ters orantılı olarak değiştiğini tesbit etmiş ve bunu bir formülle göstermiştir. Aynı araştırmacı, toprağı korumak için lüzumlu buğday malçı miktarının ayarlanmasından önce, kuru toprak struktürünün özel bir elek yardımı ile tayin edilmesinin lüzumuna işaret etmektedir. Çapları 0,42 mm. den küçük kuru toprak zerrelere bir toprakta % 40 nispetinden daha az olması halinde, toprak yüzeyine verilen çok az miktardaki buğday malçının kayıpları ziyadesiyle azaltacağını tesbit etmiştir. Çapları 0,42 mm. den küçük kuru zerreler nispeti % 50 olduğunda, dekara verilen 500 kg. buğday malçı toprak kayıplarını 62,5 kilograma indirmektedir. Bu nispet % 70 olduğunda, gene dekara 500 kg. malç verilmesi halinde kayıp artacak ve dekara 250 kg. olacaktır. Gerçekten rüzgâr tuneli ile yapılan çalışmalar toprak kaybını dekara 62,5 kilograma indirmek için lüzumlu malç miktarının toprağı ilâvesinin pratik olmadığını ortaya koymuştur. Diğer bir deyimle, toprakta malç ve kesekli strüktür birlikte temin edilmedikçe, rüzgâr erozyonu iyi bir şekilde kontrol altına alınmaz.

Cook (1962) Chepil'e atfen, rüzgâr tuneli denemelerinde, taşınan toprak miktarının yüzeyde mevcut aşınmaya mukavim kesekler arasındaki mesafe ve bunların kritik yüksekliği ile ilgili olduğunu yazmaktadır. Keseklerin yüksekliğinin kesekler arasındaki mesafeye oranına "Kritik yüzey pürüzlülük katsayısı" denilmektedir. Bu sabite, kısmen aşınmaya mukavim keseklerin hacmini ve taşınabilen toprağın miktarını

tayin eder. Diğer faktörler eşit olmak şartı ile, kayıp miktarı, toprakta aşınabilen fraksiyonların mukavimlere nispetiyle orantılı olarak değişmektedir. Bu münasebetle, toprak uygun bir amejman sistemi tatbik edilmek suretiyle daima kesekli bulundurulmalıdır.

En fazla keseklilik ve dolayısıyla erozyona mukavemet, ancak çapları 5 ilâ 10 mikron arasında değişen silt fraksiyonları ile olmaktadır (Chepil, 1957). En fazla aşınma ince kumlarla vuku bulmaktadır. Kil orta derecede bir aşınma gösterir. En az aşınan topraklar % 27 kil ve mümkün olduğu kadar fazla miktarda silt ihtiva ederler. Aşınma, % 27 kile kadar azalır. Killi topraklarda kolloidlerin ıslanma ve kuruma dolayısıyla şişmesi ve büzülmesi olayı keseklerin bozulmasına sebep olur. Silt fraksiyonu şişme ve büzülme özelliğı göstermediğı için kesek içindeki adhesif tesiri de azdır. Kum ve çok ince kum fraksiyonları kesek strüktürü zayıflatır, fakat aşınabilen fraksiyonu koruduğı için erozyonu azaltıcı bir role sahiptir (Cook, 1962).

Cook (1962), 20 mikrondan küçük ve 840 mikrondan büyük suya dayanıklı agregatların çoğalması ile aşınmanın azaldığını; buna mukabil 50-420 mikron arasındaki agregatlarla aşınmanın çoğaldığını bildirmektedir. Suya dayanıklı agregatların aşınma üzerindeki tesiri, onların kuru kesek strüktürü meydana getirmesiyle ilgilidir. Aynı yazar, don olayının suya dayanıklı agregatlar üzerinde menfi bir etkiye sahip olduğunu; bu yüzden kış ve ilkbahar mevsimlerinde toprakların ziyadesiyle erosif olduğunu bildirmektedir. Don etkisiyle 840 mikrondan büyük agregatlar kırılmakta ve

20 mikrondan küçük agregatlar miktarı çoğalmaktadır. Bu durum, topraklarda kesekliliğin azalmasına ve dolayısıyla erozyona müsait bir hale gelmesine yardımcı eder.

Chepil, Siddoway ve Armbrust (1963), rüzgâr erozyonu şiddetinin, rüzgâr hızının küpü ile doğru orantılı ve toprak yüzeyinde mevcut rutubetin karesi ile ters orantılı olarak değiştiğini tespit etmişlerdir.

Cook (1962), ayrılmış bitki artıklarının toprak kayıpları üzerinde nispeten az bir tesir gösterdiğini yazmakta ve bu durumu şöyle açıklamaktadır: Ayrılmış bitki artıkları toprakta 0,84 mm. den büyük suya dayanıklı agregatlarda az bir artış ve 0,02 mm. den küçük agregatlarda ise bir azalma meydana getirmektedir. Aynı yazar, toprağı az ve sık sık, bitki artıkları ile takviye etmenin erozyon kayıplarını çok azaltacağını yazmaktadır. Aksi halde, 0,840 mm. den büyük suya dayanıklı agregatlar miktarı azalmaya ve 0,02 mm. den küçük agregatlar da çoğalmaya başlar ve bunun sonucu olarak orta büyüklükte agregatlar miktarı çoğalır ve toprak rüzgâr üfürmesine daha müsait bir duruma gelir.

Chepil (1952) toprak agregatlarının mekaniksel stabilite değerlerini, yani kırılmaya karşı mukavemetlerini tayin gayesiyle özel olarak "Rotar eleği" ni geliştirmiş ve bazı toprak örnekleri üzerinde yapmış olduğu analizler sonucu siltli-killi topraklarda mekaniksel stabilite değerinin yüksek olduğunu ve daha kaba bünyelilerde ise bu değer düşük olduğunu tesbit etmiştir. Araştırmacı, mekaniksel stabiliteyi, toprak agregatlarının tekrar eleme ile

kırılmaya karşı nispi mukavemeti olarak ifade etmektedir.

Chepil (1943), rüzgârla taşınan toprak miktarını hesaplamak için Rotar eleği ile kuru agregat analiz sonuçlarını gözönüne almış ve bunu bir formülle göstermiştir. Söz konusu formülde yüzde itibariyle 0,42 mm. den küçük; 0,42-0,83 mm.; 0,83-2,0 mm.; 2,0-6,4 mm.; 6,4-12,7 mm ve 12,7 mm. den büyük agregatlar miktarı esas alınarak, sonuç metre kareye kilogram olarak elde edilmektedir.

Chepil ve Woodruff (1963), Hopkins'e atfen Kanada şartlarında yapılan çalışmalarda, çok fazla miktarda kireç ve organik madde ihtiva eden toprakların ciddi bir şekilde rüzgâr erozyonuna konu olduğunu yazmaktadırlar. Aynı araştırmacılar Chepil'e atfen, A.B. Devletleri şartlarında, topraklara kireç ilâvesinin toprak kesekliliğini ve mekaniksel stabiliteyi azalttığını ve neticede erozyon kayıplarını arttırdığını bildirmişlerdir. Yalnız tınlı-kumlu tekstürdeki toprakta daha fazla kireç ilâvesiyle daha fazla bir keseklilik durumu elde edilmiştir. Ancak, bu toprağı % 10 dan fazla kireç verilmesi halinde, kayıpların çoğaldığı müşahade edilmiştir. Kumlu topraklarda da aynı durumlar tespit edilmiştir. Toprakta kirecin suya dayanıklı agregatların büyüklüğü üzerine etki etmediği yalnız 20 mikrondan küçük zerrelere çoğaltmaya yardımcı ettiği ve dolayısıyla erozyonu arttırdığı tespit edilmiştir. Chepil ve Woodruff (1963) Pratt kumlu-tınlı toprağına % 10 kireç ilâvesinin suya dayanıklı agregatlardaki kil ve silt miktarını % 3,9 dan % 10,5 a yükselttiğini ve buna bağlı olarak kayıpların da dekara 4,1

tondan 0,525 tona düştüğünü araştırmışlardır.

Mazurak (1965), rüzgâr erozyonunda topraklar için bir stabilite indeksi olarak Chepil tarafından vâzedilen Rotar eleği ile birinci ve ikinci eleme sonucu elde edilen kuru zerrelere

miktarını ve bunların eklemeli yüzde değerlerini göz önüne alarak geometrik ortalama çap değerlerinin birbirine oranını esas almıştır. Bu indeksin bire eşit olması halinde toprakların çok fazla stabil olduklarını ve birden büyük olması halinde stabiliteilerinin azalacağını belirtmiştir.

MATERYAL ve METOT

Arazinin Mevki

Araştırma konusu Ulaş Devlet Üretim Çiftliği Sivas ilinin 38 Km. güneyinde geniş bir arazi üzerinde kurulmuş olup genel yüzölçümü 72.250 dekadır.

Bölgenin İklimi

Sivas iline ait meteorolojik rasatlara göre ortalama sıcaklık en az (-4,0 °C) ocak ayında en fazla (19,7 °C) ağustos ayında; ortalama nispi rutubet en az (% 52) ağustos ayında ve en fazla (% 77) ocak, şubat ve aralık aylarında, ortalama buharlaşma miktarı en az (17,4 mm.) ocak ayında ve en fazla (191,3 mm.) ağustos ayında; ortalama yağış miktarı en az (4, 8 mm) ağustos ayında ve en fazla (58,3 mm.) mayıs ayında ve ortalama toprak yüzü sıcaklığı en az (-0,6 °C) ocak ayında ve en fazla (27,3 °C) temmuz ayında tespit edilmiştir.

En hızlı rüzgâr (28,8 m./sn.) kritik periyod olan nisan ayında güney-doğu yönünden esmektedir. Ortalama fırtınalı günler sayısı gene nisan ayında en yüksek bir değere ulaşmaktadır.

Bölgede yıllık ortalama olarak sıcaklık 8,5 °C, nispi rutubet % 65, buharlaşma miktarı 1088,1 mm., yağış miktarı 411,4 mm., fırtınalı günler sayısı 5,2 ve toprak yüzü sıcaklığı 12,1 °C dir (Devlet Meteoroloji Genel Müdürlüğü, 1967). Lang yağış faktörüne göre bu bölgenin yarı yağışlı bir iklim özelliği gösterdiği ve burada kestane renkli toprakların oluşacağı tespit edilmiştir (Akalan, 1964).

Arazinin Ziraî Durumu

Ulaş D.Ü. Çiftliğinde 1965 yılına göre mevcut arazi varlığı şöyledir: Susuz tarla 44.305 dek., sulu tarla 2.380 dek., mer'a ve dağlık arazi 21.072 dek., çayır arazisi, 1.405 dek., kavaklık 905 dek., bahçe 145 dek., yol ve dereler 1.983 dek. ve göl de 30 dek. olmak üzere toplam 72.225 dekadır.

Çiftçilikte hububat-nadas sistemi kullanılmakta olup, ziraata müsait olmayan arazilerde hayvan otlatılmaktadır. Küçük bir kesimde şeker pancarı ziraati de yapılmaktadır.

Toprak Örneklerinin Alınması ve Analize Hazırlanması

Araştırma konusu çiftlik sahasında (Cetvel 1) de verilen parsellerin üst katlarından (0-30 cm.) takriben üçer

kilogram ağırlığında örnekler alınmış ve bunlar bez torbalara konarak etiketlendikten sonra kuru agregat analizi maksadiyle Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Toprak İlimi Kürsüsü Laboratuvarına sevk edilmiştir.

Cetvel 1. Toprak Örneklerinin Alındığı Parseller.

Toprak Örnek No.	Alındığı Parsel No.	Toprak Örnek No.	Alındığı Parsel No.
1	2	15	Mer'a
2	5	16	20
3	6	17	34
4	7	18	40
5	10	19	42
6	11	20	43
7	17	21	47
8	18	22	32
9	12	23	30
10	13	24	29
11	19	25	27
12	14	26	26
13	15	27	24
14	16		

Analiz Metotları

Mekanikanaliz: Mekanik analiz için "Pipet metodu" kullanılmıştır (Baver, 1956).

Suda dispers olabilen zerreler: Bu gaye ile 20 mikrondan küçük suda dispers olabilen zerrelerin analizi yapılmıştır. Bu tayinde "Pipet metodu" kullanılmıştır (U.S. Salinity Lab. Staff, 1954).

Suya dayanıklı agregatlar: Suya dayanıklı agregatlar yüzdesi, mekanik analiz sonucu tayin edilen 20 mikrondan küçük zerreler ile suda dispers olabilen 20 mikrondan küçük zerreler

miktarı arasındaki farktan hesap yolu ile bulunmuştur (U.S. Salinity Lab. Staff, 1954).

Mekanik stabilite: Toprak örneklerinin mekaniksel stabilite yüzdelerinin tayininde Chepil tarafından vâz edilen "Rotar eleği" kullanılmıştır. Bu maksatla bozulmamış kesekler kuruyuncaya kadar oda sıcaklığında bekletilmiş ve bunlar söz konusu âletle birinci ve ikinci elemeye tâbi tutularak fraksiyonların münferiden genel ağırlığa göre yüzdeleri tespit edilmiş ve mekaniksel stabilite değerleri hesap edilmiştir (Chepil, 1952)

Volüm ağırlığı: Volüm ağırlığı, 840 mikrondan küçük kuru toprak zer-

releri alınarak cam silindirler ile tayin edilmiştir (Çağlar, 1958).

Kireç : Kireç miktarının tayini "Scheibler kalsimetresi" ile yapılmıştır (Çağlar, 1958).

Organik madde : Organik madde miktarının tayininde, organik karbonun oksidasyonu esasına dayanan "Smith-Welden metodu" kullanılmıştır (Hocaoğlu, 1956).

Araştırmada Kullanılan Formüller

Formül (1)

$$q = \text{antilog} \left[\left(\frac{0,75C + 1,14D + 1,49E + 1,80F}{C + D + E + F} \right) - \left(0,6 \frac{D + E + F}{C + D + E + F} \times \frac{B}{A + B} \right) - 0,042 (C + D + E + F) \right]$$

(Chepil, 1943)

Burada :

- q : Rüzgârla taşınan toprak kayıp miktarı, Kg/m².
A : 0,42 mm. den küçük kuru zerreler miktarı, %
B : 0,42 - 0,83 mm. arasındaki kuru zerreler miktarı, %
C : 0,83 - 2,0 mm. arasındaki kuru zerreler miktarı, %
D : 2,0 - 6,40 mm. arasındaki kuru zerreler miktarı, %
E : 6,40 - 12,7 mm. arasındaki kuru zerreler miktarı, %
F : 12,7 mm. den büyük kuru zerreler miktarı, %

Formül (2)

$$\text{Mekaniksel stabilite, \%} = \frac{W_1}{W} \times 100$$

Chepil, 1952)

Burada : W₁ : İkinci elemelerde elde edilen 840 mikrondan büyük kuru agregatlar miktarı, %

W : Birinci elemelerde elde edilen 840 mikrondan büyük kuru agregatlar miktarı, %

Formül (3)

$$\text{Ekivalan çap, mm.} = \frac{O \times D}{2,65}$$

(Chepil, 1963)

Burada : O : Aşınabilen zerrelerin volüm ağırlığı, gr./cm³.

D : Zerre çapı, mm.

Ekivalan çap (mm.) Toprağın erozyon durumu

0,1 den küçük

Mukavim

0,1

Çok erosif

0,1 den büyük

Mukavim

SONUÇLAR ve TARTIŞMA

Toprak Kayıpları ile Mekaniksel Stabilite Arasındaki İlişki

Araştırma sahasında (Formül 1) yardımı ile hesap edilen toprak kayıpları en az (2,130 kg /dek.) 25 No.lu örnekte ve en fazla ise (50,120 kg /dek.) 6 No.lu örnekte tespit edilmiştir. Diğer taraftan, fazla kayıplar 5 No.lu örnekte dekara 35,490 Kg. ve 3 No.lu örnekte 22,720 kg. dır. Genellikle, toprakların kayıp değerleri düşük olup, rüzgârın taşıma tesirlerine mukavimdir. Zira, Chepil ve Woodruff'a (1954) göre, dekara 62,5 Kg.lık bir toprak kaybı önemli değildir. Altı numaralı örnekte kaybın diğerlerine göre yüksek olması, bunun fazla miktarda kum (% 48,61) ihtiva etmesine, dolayısıyla mekaniksel stabilite değerinin düşük olmasına atfedilebilir.

Formül (2) yardımı ile hesap edilen toprak örneklerinin mekaniksel stabilite değerleri % 82,43-99,02 arasında değişmekte olup, en düşük değer 18. No.lu örnekte ve en yüksek değerde 19. No.lu örnekte bulunmuştur. Genellikle, toprakların mekaniksel stabilite % 90 nın üzerindedir. Bu durum, bu toprakların kırılmaya karşı çok fazla dayanıklı olduklarını göstermektedir. Çünkü, topraklar çok miktarda 840 mikrondan büyük kuru zerrelere havidir. Chepil (1950), 840 mikrondan büyük zerrelerin aşınmaya karşı mukavim olduğunu tespit etmiş ve bu değeri aşınabilen zerrelerle mukavim zerreler arasında bir sınır olarak vermiştir.

Toprak kayıpları ile mekaniksel stabilite değerleri arasında yapılan korelasyonda, % 1 ihtimale göre önemli zıt

bir ilişki ($r=-0,575$) bulunmuştur. O halde, bu toprakta mekaniksel stabilite değerleri yükseldikçe erozyon kayıpları da azalmaktadır.

Formül (3) yardımı ile hesap edilen ekivalan çap değerleri, 0,34 mm. olarak en az 8 No.lu örnekte ve 0,46 mm. olarak ta en fazla 1 No.lu örnekte bulunmuştur. Söz konusu topraklarda genellikle bu değerler 0,40 mm. civarında olup "0,1" sınır değerinden yüksektir. Chepil'e (1963) göre, ekivalan çap 0,1 mm. olduğu zaman topraklar erozyona çok fazla mâruz kalmakta, bu değer altında ve üzerinde mukavim olmaktadır. O halde, bu toprakların hepsinde de ekivalan çap değerleri bu sınır değerinden fazla bulunmuştur ki, bunlar erozyona mukavim karakterdedir. En fazla kayıpların görüldüğü (50,120 Kg /dek.) 6 No.lu örnekte ekivalan çapın biraz fazla bulunmasında, bu toprağın hemen hemen yarısının (% 48,61) kumdan ibaret oluşu ve dolayısıyla volüm ağırlığının yüksek bulunması etkili olmuştur.

Toprak kayıpları ile ekivalan çap değerleri arasında % 5 ihtimalle önemli zıt bir korelasyon katsayısı ($r= -0,427$) elde edilmiştir. Bu durum, adı geçen topraklarda ekivalan çap değeri çoğaldıkça toprak kayıplarının da azalacağına işaret etmektedir.

Toprak Kayıpları ile Kil, Silt ve Kum Fraksiyonları Arasındaki İlişkiler

Araştırma sahasında üst toprakda kil miktarı % 20,49-56,83, silt miktarı, % 16,19-47,48 ve kum miktarı da

% 3,66-50,76 arasında değişmektedir. Kil değerleri en az 18 No.lu örnekte ve en fazla 26 No.lu örnekte. Silt değerleri 7 No.lu örnekte düşük olup 14 No.lu örnekte yüksektir. Kum değerleri ise 26 No.lu örnekte en az ve 18 No.lu örnekte en fazladır. Mekanik analiz sonuçlarına göre, bu topraklar umumiyete killi-tınlı, tınlı ve kumlu-killi-tınlı bünyeye sahiptir.

Topraklarda rüzgâr ile meydana gelen kayıpların az olması, bu toprakların silt muhtevasının yüksek olmasına atfedilmektedir. Chepil (1963), genellikle fazla miktarda silti havi topraklarda erozyona mukavim olan keseklerin artacağını ve bu nedenle erozyon kayıplarının ziyadesiyle azalacağını belirtmektedir.

Ayrıca, araştırma konusu topraklarda kil muhtevasının çok yüksek olması kayıplar üzerinde nispeten azaltıcı bir etkiye sahiptir. Çünkü, kil zerreleri aşınmaya dayanıklı keseklerin oluşumunda silt ve kum fraksiyonları arasında bağlayıcı bir rol görmektedir (Chepil, 1963). Zaten, toprakların mekaniksel stabilite değerlerinin yüksek olması da bu durumu teyid etmektedir.

Söz konusu sahada toprak kayıpları ile silt miktarı arasında % 5 ihtimalle önemli zıt bir korelasyon ($r = -0,462$) elde edilmiştir. Bu durum, topraklarda silt miktarı arttığında rüzgâr ile vuku bulan kayıpların azalacağına işaret etmektedir.

Diğer taraftan, kayıplar ile kil, kum, toplam kil ve silt ve toplam silt ve kum arasında hiçbir ilişki bulunmamıştır.

Toprak Kayıpları ile 420 Mikrondan Küçük Kuru Toprak Zerreleri Arasındaki İlişki

Araştırma konusu toprakların 420 mikrondan küçük kuru zerreler miktarı % 1,9-26,2 arasında değişmektedir. En düşük değer 26 No.lu örnekte ve en yüksek değer de 6. No.lu örnekte bulunmuştur. Bu değer 3 No.lu örnekte de fazla (% 20,4) dır. Gerçekten, dekara 50,120 kg. kaybın vuku bulunduğu örnek diğerlerine nazaran daha yüksek bir değere maliktir.

Genellikle, bu topraklar az miktarda 420 mikrondan küçük kuru zerreleri havi bulunmaktadır. Mekaniksel stabilite değerlerinin yüksek, dolayısıyla erozyon kayıplarının az olması bu durumu açıkça göstermektedir. Chepil (1950), bir toprakta 420 mikrondan küçük zerreler nispetinin az olması halinde mekaniksel stabilitenin artacağını ve kayıpların askâriye ineceğini belirtmiştir.

Toprakların erozyon kayıpları ile 420 mikrondan küçük kuru zerreleri arasında % 1 ihtimalle önemli pozitif bir korelasyon katsayısı ($r = +0,856$) bulunmuştur. Bu, topraklarda kayıpların 420 mikrondan küçük zerreler miktarına göre doğru orantılı olarak arttığını göstermektedir.

Toprak Kayıpları ile 840 Mikrondan Küçük ve Büyük Kuru Toprak Zerreleri Arasındaki İlişkiler

Araştırmaya konu toprakların 840 mikrondan küçük zerreler miktarının en az (% 4,7) olarak 26 No.lu örnekte ve en fazla (% 38,5) olarak 6 No.lu örnekte olduğu görülmektedir. Hakikaten, 6 No.lu örnekte toprak kayıpları da

diğerlerinden daha çoktur. Chepil (1950), bir toprakta aşınabilen ve aşınamayan fraksiyonlar nispetini tayin etmek için 840 mikronu bir ölçü olarak kabul etmekte ve bu değerden küçük fraksiyonların rüzgâra mâruz olduğunu ve büyük olanların da mukavim olduğunu belirtmektedir. Aynı araştırmacı diğer taraftan, bir toprakta aşınamayan fraksiyonlar nispeti ağırlık itibariyle üçte iki veya daha fazla oranda bulunduğu o toprağın rüzgâr ile taşınmaya daha dayanıklı olabileceğine işaret etmektedir (Chepil, 1957). Gerçekten bu topraklarda umumiyetle 840 mikrondan küçük zerrelere yüzdesi az olup, 840 mikrondan büyük zerrelere yüzdesi üçte iki nispetinden daha fazladır. Yalnız, kayıpların çok fazla olduğu 6. No.lu örnekte 840 mikrondan küçük zerrelere yüzdesi üçte bir oranının biraz üze inde bulunmuştur. (% 38,5)

Söz konusu topraklarda 840 mikrondan büyük zerrelere miktarı en az (% 61,5) 6 No.lu örnekte ve en fazla da (% 95,3) 26 No.lu örnekte tespit edilmiştir. Erozyonun en fazla görüldüğü 6 No.lu toprak hariç, diğerlerinde bu değerler üçte iki oranının üzerinde olduğu için bu topraklar umumiyetle rüzgâr erozyonuna mukavim karakterdedir.

Araştırma sahasına ait toprakların kayıp değerleri ile 840 mikrondan küçük kuru zerrelere yüzdesi arasında % 1 ihtimalle önemli pozitif bir korelasyon katsayısı ($r=+0,845$) mevcuttur. Bu durum, topraklarda 840 mikrondan küçük zerrelere miktarı çoğaldıkça, buna bağlı olarak kayıpların da artacağını göstermektedir.

Bundan ayrı olarak, gene aynı topraklarda kayıp değerleri ile 840 mik-

rondan büyük kuru zerrelere yüzdesi arasında yapılmış olan bir ilişkiye göre bu iki husus arasında da % 1 ihtimalle önemli zıt bir korelasyon katsayısı ($r=-0,789$) bulunmuştur ki, adı geçen topraklarda bu zerrelere yüzdesi çoğaldıkça kayıpların da çok azalacağı anlaşılmaktadır.

Toprak Kayıpları ile 20 Mikrondan Küçük Suda Dispers Olabilen Zerrelere Arasındaki İlişki

Araştırma sahasında 20 mikrondan küçük suda dispers olabilen zerrelere miktarı % 4,44 olarak en az 16 No.lu örnekte ve % 26,62 olarak en fazla 6 No.lu örnekte tespit edilmiştir. Gerçekten, kayıpların çok fazla (50,120 Kg/dek.) olduğu 6 No.lu örnekte bu değer çok yüksek bulunmuştur.

Bu topraklarda kayıp miktarları ile 20 mikrondan küçük suda dispers olabilen zerre yüzdeleri arasında % 1 ihtimalle önemli pozitif bir korelasyon sayısı ($r=+0,613$) hesap edilmiştir. Bu durum, bu iki husus arasında doğru orantılı bir bağıntının mevcudiyetini ortaya koymaktadır. Diğer bir deyimle, bu topraklarda 20 mikrondan küçük suda dispers olabilen zerrelere miktarı arttıkça, buna bağlı olarak kayıplar da artmaktadır.

Toprak Kayıpları ile 20 Mikrondan Küçük Suya Dayanıklı Agregatlar Arasındaki İlişki

Araştırma sahasında 20 mikrondan küçük suya dayanıklı agregatlar miktarı 6 No. lu örnekte en düşük (% 24,77) ve 26 No.lu örnekte en yüksek (% 87,65) dir. Chepil (1957), 20 mikrondan küçük suya dayanıklı agregatların, aşınmaya mukavim keseklerin

oluşumu üzerinde etkili olduğunu bildirmektedir. Nitekim, kayıpların en fazla tespit edildiği 6 No.lu örnekte bu değerın çok düşük olması bu durumu teyid etmektedir.

Bundan başka, topraklarda kayıp miktarları ile 20 mikrondan küçük suya dayanıklı agregatlar yüzdeleri arasında yapılmış olan bir korelasyonda, bu iki husus arasında % 1 ihtimalle önemli zıt bir korelasyon katsayısı ($r = -0,490$) tesbit edilmiştir. Buna göre, bu topraklarda, 20 mikrondan küçük suya dayanıklı agregat miktarı çoğaldıkça, buna bağlı olarak kayıplar da azalmaktadır.

Toprak Kayıpları ile Kireç Miktarı Arasındaki İlişki

Araştırma konusu topraklarda kireç miktarları en az (% 2,11) 17 No.lu örnekte en fazla da (% 34,15) 15 No.lu örnektedir. En düşük kireç muhtevasına sahip olan 17 No.lu örnek hariç, genellikle, bütün topraklar kireçli bir özellik arzederler. Chepil(1957), topraklarda % 1 den az ve % 10 nispetinin üzerinde kireç bulunması halinde; kesek teşekkülünün ve mekaniksel stabilitenin azalacağı ve neticede erozyon kayıplarının artacağını yazmaktadır.

Her ne kadar fazla kireç toprakta keseklilik durumunu etkilerse de, bu toprakların ince bir bünyeye ve aynı zamanda çok fazla miktarda silt fraksiyonuna malik olması mekaniksel stabilite üzerinde çok az etkili olmuştur.

Söz konusu topraklarda kayıp miktarları ile kireç muhtevası arasında hiçbir korelasyon elde edilememiştir.

Toprak Kayıpları ile Organik Madde Arasında İlişki

Araştırmaya konu sahada 17 No.lu örnek en düşük (% 1,65) ve 13 No.lu örnek te en yüksek (% 3,15) organik madde muhtevasına sahiptir. Topraklarda genellikle organik madde miktarı % 2 ve daha fazla bulunmuştur. Bunlar humuslu bir karakter arzeder. Organik maddenin ayrışması sonucu meydana gelen humus, toprakta agregasyonu ve mekaniksel stabiliteyi çoğaltmakta ve dolayısıyla erozyon kayıplarını azaltmaktadır (Chepil, 1957). Bu durum göz önüne alındığında, araştırma sahasında toprakların mekaniksel stabilite değerlerinin yüksek olması üzerinde humus, yani ayrışmış organik maddenin etkili olacağı aşikârdır.

Söz konusu topraklarda kayıp miktarları ile organik madde yüzdeleri arasında hiçbir ilişki tespit edilememiştir.

INVESTIGATIONS ON THE RELATIONSHIPS BETWEEN THE SOIL LOSSES INDUCED BY WIND EROSION AND SOME PHYSICAL AND CHEMICAL PROPERTIES OF THE SOILS OF THE ULAŞ STATE FARM AT SIVAS PROVINCE, TURKEY

1. This investigation has been done to find out the relationships between the soil losses induced by wind erosion and some physical and chemical properties of the soils of Ulaş State Farm at Sivas Province, Turkey. Such an investigation will be much important and useful in terms of the conservation planning of the farm and soil management.

2. The area investigated, where has been set up on the large area in the southern part of Sivas Province, is about 18,062 acres and 4.617 feet high from the sea level.

3. To characterize the physical and chemical properties of the soils; texture, less than 20 microns of the particles dispersed in water, less than 20 microns of the water-stable aggregates, dry size distribution (with Rotary sieve), bulk density of the dry particles less than 840 microns, lime content and organic matter were analyzed. In addition, the amount of soil losses in pound per acre, the percentages of mechanical stability and the values of equivalent diameter in millimeter, have been calculated by means of the formulas mentioned before.

4. According to the results of mechanical analysis; these soils are generally fine in texture, and contain 20.49-56.83 % clay, 16.19-47.48 % silt and 3.6-50.75 % sand.

5. The amount of less than 20 microns of the particles dispersed in water is between 4.44% and 26.62 %. The amount of water-stable aggregates less than 20 microns is between 24.77% and 87.65 %.

6. According to the dry size distribution with Rotary sieve developed by Chepil; the amount of aggregates less than 420 microns, the aggregates of less than 840 microns and the aggregates greater than 840 microns have been determined 1.9-26.2%, 4.7-38.50 % and 61.5 - 95.3 %; respectively. These soils contain a little amount of aggregates less than 840 microns, and are resistant to movement by wind, because these have the percentages of the aggregates greater than 840 microns at the ratio of 2:3 of the soil (by weight).

7. The values of bulk density of the erodible aggregates change from 1.09 gr./cm³ to 1.47 gr/cm³.

8. The amount of the lime content of the soils differ from 2.11% to 34.15%. This shows that these are limely.

9. The values of organic matter of the soils are between 1.65. and 3.15%. These are usually medium in humus.

10. The values of the soil losses vary from 0.241 pound/acre to 5.684 pound/acre. The soil sample (No.6) has the highest loss. This indicates that

the soils are not most intensively susceptible to wind erosion.

11. The values of mechanical stability of the soils range from 82.43% to 99.02%. This shows that the clods are more resistant to the effects of wind.

12. The values of the equivalent diameter of the soils are between 0.34 mm. and 0.46 mm. With the exception of the soil sample (No. 6) which has the highest loss, this value is usually greater than the value, 0.1 mm. Consequently, the soils are resistant to wind erosion.

13. Between the soil losses and the values of the mechanical stability, a negative significant correlation coefficient ($r = -0.575$) at the level of 1 per cent has been calculated. This indicates that the losses by wind erosion will decrease, as the values of the mechanical stability will increase.

14. A negative significant correlation coefficient ($r = -0.427$) at the level of 5 per cent has been found between the soil losses and the values of equivalent diameter. Therefore, as these values increase, soil losses will decrease.

15. A negative significant correlation coefficient ($r = -0.462$) at the level of 5 per cent has been calculated between the soil losses and silt fraction. This shows that the losses will decrease, as the amount of silt increases. No significant correlation between the soil losses and the fractions of clay and sand.

16. Between the soil losses and the percentages of dry soil aggregates less than 420 microns, a positive significant correlation coefficient ($r = +0.856$) at the level of 1 per cent has been obtained. This shows that the losses will increase, as these values increase.

17. Between the soil losses and the percentages of dry soil aggregates less than 840 microns, a positive significant correlation coefficient ($r = +0.845$) at the level of 1 per cent has been calculated. This shows that the soil losses will increase, as these values increase.

18. There is a negative significant correlation coefficient ($r = -0.798$) at the level of 1 per cent between the soil losses and the percentages of dry soil aggregates greater than 840 microns. This indicates that the losses will decrease, as these values increase.

19. A positive significant correlation coefficient ($r = +0.613$) at the level of 1 per cent has been found between the soil losses and the percentages of less than 20 microns of dispersed in water. This shows that the losses will increase, as these values increase.

20. Between the soil losses and the percentages of water-stable particles less than 20 microns, a negative significant correlation coefficient ($r = -0.490$) at the level of 1 per cent, has been calculated. Therefore, as these values increase, the losses will decrease.

21. There is no significant correlation coefficient between the soil losses and the lime content. That is the reason that these have a fine textured soils and a great deal of silt fractions. Therefore, lime has a little effect

on the mechanical stability of these soils.

22. Between the soil losses and the percentages of organic matter, there is not any correlation. For these soils are generally medium in humus, this matter has an influence on the increasing of mechanical stability.

23. As a result, since the percentages of mechanical stability, the values of equivalent diameter and the amount of nonerodible fractions (> 840 microns) are high, and since the amount of erodible fractions (< 840 microns) and much erodible fractions (< 420 microns) are less; these soils investigated are much resistant to the movement by wind. On the other hand, less amount of the soil losses shows that wind erosion at this area is not much important problem now. But, from now on, some important measures on the farm must be taken, in order to prevent the erosion problems in the future. For example, the system of wind strip cropping must be taken into consideration; the strips should be planned perpendicularly to the direc-

tion of prevailing wind in regular width. The proper crop rotation systems including legume should be applied on the strips. Fields should be plowed in clods without turning over the soil as possible as after critical period (April) and rain. At the arrangement of the strips, the roads between the plots should be corrected so that these are perpendicularly to the wind direction. Normally, crop residues must be left on the surface of the fields. Where wind erosion is a severe problem, it is necessary to add extra crop residues to the fields. Also, another important thing is the fact that the fields should not be left for fallow in a whole. In fact, the fallows should be thought in strips applying crop rotation. During the critical period which wind erosion occurs severely, cover crops must be taken into account to protect the surface of the soil on the farm.

If the above-mentioned practices should be taken, wind erosion will be controlled perfectly, and consequently, it will be possible to produce crops in balance without causing erosion at the area investigated.

LİTERATÜR LİSTESİ

Akalan, I. (1964). Balâ D.Ü. Çiftliği Hacıbekir Mıntkasının Toprak ve Arazi Kullanma Kabiliyeti Yönünden Sınıflandırılması. A.Ü. Basımevi, Ankara. sa: 43-44.

Bagnold, R.A. (1941) The Physics of Blown Sand And Desert Dunes. Methuen and Co., Ltd, London.

Baver, L.D. (1956) Soil Physics. Third edition. John Wiley and Sons, Inc., New York, Sa: 48-80.

Carreker, J.R. (1966) Wind Erosion In The Southeast. Jour. Soil and Water Cons. 21 (3): 86-88.

Chcpil, W.S. (1943) Relation Of Wind Erosion To The Water-Stable and

- Dry Clod Structure Of Soil. Soil Sci. 55:275-287.
- Chepil, W.S. (1950) Properties Of Soil Which Influence Wind Erosion: I. The Governing Principle Of Surface Roughness. Soil Sci. 69(2): 149-162.
- Chepil, W.S. (1952) Improved Rotary Sieve For Measuring State and Stability Of Dry Soil Structure. Soil Sci. 16 (2): 113-117.
- Chepil, W.S. (1953) Factors That Influence Clod Structure and Erosion Of Soil By Wind: I. Soil Texture, Soil Sci.
- Chepil, W.S. and N.P. Woodruff (1954) Estimations Of Wind Erodibility of Field Surfaces. Soil and Water Conservation Journal; 6: 257-265, 285.
- Chepil, W.S. (1957) Erosion Of Soil By Wind. Soil, The Year book of Agriculture. U.S.D.A., Sa: 308-314.
- Chepil, W.S. and Woodruff (1959) Estimations Of Wind Erodibility Of Farm Fields, ARS Production Research Report, No. 25. U.S. Dept. Agr., Washington, D.C.
- Chepil, W.S. and N.P. Woodruff (1963) The Physics Of Wind Erosion and Its Control. Advances in Agronomy 15: 211-302.
- Chepil, W.S., F.H. Siddoway, and D.V. Armbrust (1963). Climatic Index Of Wind Erosion Conditions In The Great Plains, Soil Sci. Amer. Proc. 27(4): 449-454.
- Cook, R.L. (1962). Management For Conservation and Production. John Wiley and Sons, Inc., New York. Sa: 372-374.
- Çağlar, K.Ö. (1958) Toprak İlimi A.Ü. Fakültesi Yayınları: 10, Ankara Üni. Basımevi, sa: 104-223, 225.
- Devlet Meteoroloji Genel Müdürlüğü (1967) Meteoroloji Bülteni. Tarım Bakanlığı, Ankara Basım ve Cilt-evi, Ankara Sa: 213-214.
- Hocaoğlu, Ö.L. (1966). Topraklarda Organik Madde, Nitrojen ve Nitrat Tayini. Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Ziraat Araş. Ens. Teknik Bülten, No. 6 Sa; 14-18.
- Mazurak, A.P. (1965) Toprak Fiziği Ders Notları. Nebraska Üni., Lincoln. Nebraska.
- Richey, C.B. (1961). Agricultural Engineering Handbook, Editor-in-Chief, Sa: 504-508.
- U.S. Salinity Lab. Staff (1954) Diagnosis and Improvement of Saline and Alkali Soils, Agr. Handbook No. 60, sa: 124-125.
- Woodruff, N.P. and W.S. Chepil (1956) Implements For Erosion Control. Agr. Eng. 37: 751-758.
- Woodruff, N.P. and F.H. Siddoway (1965) A Wind Erosion Equation. Soil Sci. Soc. Amer. Proc. 29(5): 602-608.
- Zingg, A.W. (1950) Evaluation Of The Erodibility Of Field Surfaces With A Portable Wind Tunnel. Soil Sci. Soc. Amer. Proc. 15:11-17.
- Zingg, A.W. (1962) Wind Tunnel Studies Of The Movement of Sedimentary Materials. Hydraulic Research, Proc. Fifth Hydraulic Conf, Iowa.