



Erozyon, Rüzgâr Erozyonu ve Iğdır-Aralık Örneği

^aMücahit KARAOĞLU*

^aIğdır Üniversitesi, Iğdır Ziraat Fakültesi, Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü, Iğdır

*Sorumlu yazar: mucahitkaraoglu@hotmail.com

Geliş Tarihi: 21.12.2013

Düzeltilme Geliş Tarihi: 08.01.2014

Kabul Tarihi: 09.01.2014

Özet

Erozyon yeryüzünün ve iklim olaylarının yaratılmasıyla başlayan, insan-toprak ilişkileriyle hızlandırılan ve zararı geç fark edilmiş, sürekli bir olaydır. Toprak için doğal erozyon bir yenilenme işlemi olarak değerlendirilirken hızlandırılmış erozyon toprağın bozulma ve kaybolmasını ifade etmektedir. Gerekli ve ekonomik önlemlerin alınması ve toprak kayıplarının azaltılabilmesi için erozyon ve etkilerinin iyi bilinmesi gereklidir. Kurak ve yarı kurak bölgelerdeki çıplak, kuru ve gevşek topraklarda görülen rüzgâr erozyonu, havaya, asılı çok küçük toprak parçacıkları ilave ederek su erozyonundan daha zararlı olabilmektedir. Havada asılı çok küçük toprak parçacıkları çok düşük rüzgâr hızlarında bile uzun süre bu şekilde kalabilmektedir. Özellikle PM₁₀ olarak tanımlanan 10 µm çapından daha küçük parçacıklar solunum yollarından geçerek sağlığımızı tehdit etmektedir. Bu makalede erozyon olayı, terminolojisi, rüzgâr erozyonu ve ülkemizdeki ikinci büyük rüzgâr erozyon sahası olan Iğdır-Aralık rüzgâr erozyon sahası tanıtılmıştır.

Anahtar kelimeler: Erozyon, rüzgâr erozyonu, Iğdır-Aralık rüzgâr erozyon sahası

Erosion, Wind Erosion and The Case of Iğdir-Aralık

Abstract

Erosion is a constant event which has started together with formation of earth and climate events, accelerated with human-soil relations and recognized late in terms of its harm. While natural erosion is considered as replacement for soil, the accelerated erosion signifies degradation and loss of soil. It is required to know erosion and its effects well in order to take necessary and economical measures and reduce loss of soil. Encountered in bare, dry and loose soils in arid and semi-arid areas, the wind erosion could be more harmful by adding tiny soil particles in the air compared to water erosion. Tiny soil particles in the air may remain in such way for a long time even at very low wind velocities. Particulates less than 10 µm diameter defined especially as PM₁₀ threaten our health by passing through respiratory tracts. This study introduced erosion event, terminology, wind erosion and Iğdir-Aralık wind erosion area, which is the second largest wind erosion in Turkey.

Keywords: Erosion, wind erosion, Iğdir-Aralık wind erosion area

Giriş

Erozyon; geniş jeolojik anlamda ve doğal şartlarda yüzeydeki verimli toprakların su, rüzgâr, dalga, buzul, çığ ve yer çekimi gibi ekosfere ait çeşitli etkenlerle aşındırılıp orijinal yerinden uzaklara taşınması olarak ifade edilir.

Erozyon dünya ve atmosferin yaratıldığı andan itibaren devam eden bir olaydır ve *doğal* veya *normal* veya *zararsız* veya *jeolojik erozyon* olarak tanımlanır. Doğal kuvvetlerle taşınan toprak, alttaki ana maddeden oluşan yeni toprak materyali ile karşılanmaktadır. Jeolojik erozyonun doğal afetlerle

veya insanların arazilere çeşitli etkileriyle bozulmuş şekline *hızlandırılmış* veya *zararlı* veya *toprak erozyonu* veya sadece *erozyon* adı verilir.

Fransızca "*erosion*" kelimesinden alınan erozyon terimi, Latince "*erosio*" kelimesinden türetilmiştir. Erosio kelimesi de Fransızca kemirmek ve yıpratmak anlamında "*erodere*" fiilinin supinum kökü olan "*erosus*" kelimesinden gelmiştir. Erozyon İngilizce "*erosion*", Almanca "*erosion*", "*erhaltung*" ve "*abtragung*" kelimeleri ile ifade edilir (Çelebi, 1963).

Erozyon kelimesinin Osmanlı Türkçesinde karşılığı “*itikâl*” olup yeryüzünün aşınması ve düzlenmesinde etkili tüm dış etkenlerin oluşturduğu etkilere verilen isimdir. Çiftçilerimiz yörelere göre değişmekle birlikte, erozyon için “*süprüntü*”, “*dalaz*” ve “*uçkun*” gibi kelimeleri kullanırlar (Çelebi, 1967).

“*Korozyon*” Latince kemirmek anlamına gelen “*corrudere*” fiilinden türemiş olup akarsuyun kenarlarındaki her türlü materyali aşındırmasıdır. Latince aynı fiilden türeyen “*korazyon*” ise, rüzgârlarla sürüklenen taş parçacıklarının yaptığı oyma, çarpma, çizme, cilâlama işlerini ifade etmek için kullanılır (Çelebi, 1981).

Erozyonun önemi

Yanlış arazi kullanımı sonucunda karşımıza çıkan hızlandırılmış erozyona *insan erozyonu* adı bile verilebilmektedir (Çelebi, 1981). Aşırı otlatma, yangınlar veya kaçak kesimler sonucu ormasızlaştırma, yanlış kültürel işlemler sonucu yetersiz bitki örtüsü toprakların su ve rüzgâr erozyonuna karşı direncini azaltmaktadır.

Hızlandırılmış erozyon adının tersine gizli ve sinsi bir şekilde cereyan eder ve dikkat edilmezse çok geç fark edilir. Bu şekilde ilerlemiş erozyon zararını gidermek için yapılan harcamalar ekonomik olmayabilir. Çünkü erozyonla, toprağın ilk önce verimli üst kısmı taşınır. Doğal şartlarda 2.5 cm kalınlığındaki bir üst toprağın meydana gelmesi için 200-1000 yıllık bir zaman dilimine ihtiyaç vardır.

Verimli üst toprağın taşınması ile erozyona uğrayan topraklar verimsizleştiği gibi, taşınan sediment biriktiği yerlerde toprak bünyesini bozma, çevre kirliliği, sanat yapılarını tıkama ve bayındırlık hizmetlerini engelleme gibi zararlara da sebep olur.

Erozyonun sınıflandırılması

Doğal afetler ve insanların çeşitli etkileri sonucu ortaya çıkan hızlandırılmış erozyon; su, rüzgâr ve kütle (yerçekimi, çığ, buzul, dalga) erozyonu olarak üç sınıfa ayrılır. Kütle erozyonu diğerlerine göre daha sınırlı alanlarda meydana geldiğinden yapılan araştırmalar ve çalışmalar su ve rüzgâr erozyonu üzerinde yoğunlaşmıştır.

Su ve rüzgâr erozyonu ile ilgili olarak “*lateral erozyon*” ve “*vertikal erozyon*” deyimleri de kullanılmaktadır. Lateral erozyon, kurak veya yarı kurak iklim bölgelerinde rüzgârın etkisiyle toprak yüzeyinde meydana gelen erozyon olayını ifade eder. *Kimyevî erozyon* adı da verilen vertikal erozyon, yağışlı ve yarı nemli bölgelerde yağışla beraber bitki besin elementlerinin toprak profili içinde dikey olarak alt katlara doğru yıkanarak kaybolması olarak tanımlanır (Çelebi, 1971).

Rüzgâr erozyonu

Rüzgâr erozyonu, kuvvetli rüzgârların gevşek, kuru, çıplak topraklarda estiği zaman toprakta ayrışmaya sebep olan hareketli fiziksel bir oluşumdur. İnce verimli toprak tanecikleri rüzgâr erozyonu süresince rüzgâr kaynaklı tanecik hareketi olarak sıkça taşınır, toprak verimliliği azalır ve yerinde ve taşındığı yerde önemli problemler meydana getirir (Zobeck ve Van Pelt, 2005).

Rüzgâr erozyonu dünya üzerindeki kurak ve yarı kurak bölgelerde önemli bir koruma problemidir ve dünya nüfusunun altıda biri tarafından sürdürülmektedir (Skidmore, 2000). Rüzgâr erozyonu rüzgâr kesmesine karşı iyi korunamayan toprakta meydana gelir. Rüzgâr kesmesine karşı toprak yüzeyini korumak için yetersiz olan bitki örtüsü, kurak ve yarı kurak bölgelerde düşük yağış ve yüksek buharlaşma oranları rüzgâr erozyonunu artırıcı sebeplerdir. Ancak agregatlaşma, kabuk oluşumu, toprak nemi ve hava nemi erozyonu azaltabilir. Rüzgâr erozyonu ormanlardan çöllere kadar çok farklı alanlarda görülebilir ve topraktan verimli parçacıkları ayıklayarak verimi düşürür, hendeklerde ve suyollarında sediment biriktirir, havayı kirletir, görüş mesafesini düşürür ve mekanik aletlere zarar verir.

Yarı kurak bölgelerin toprakları rüzgâr erozyonuna karşı hassastır. Bunun beş sebebi vardır. Birincisi, yetiştirme döneminin erken ve hasat sonrası bölümlerinde bitki örtüsünün sürekliliğini sağlamak zordur. İkincisi, topraklar kurudur ve bundan dolayı toprak taneciklerinin birbirini tutma kuvveti (=kohezyon) düşüktür. Üçüncüsü, düşük organik madde miktarları kohezyonun azalmasını hızlandırır. Dördüncüsü, genellikle yarı kurak bölge arazilerinin, bitki örtüsü engelleri ile korunması nemli bölgelerdeki kadar iyi değildir. Beşincisi, yarı kurak bölge topraklarının büyük bir kısmı kumludur. Bu durum en son buzul çağından günümüze kurak dönemlerin bir mirasıdır. Kumlu topraklar zayıf agregatlara ve daha düşük rüzgâr hızı eşik değerlerine sahiptir (Warren, 2007).

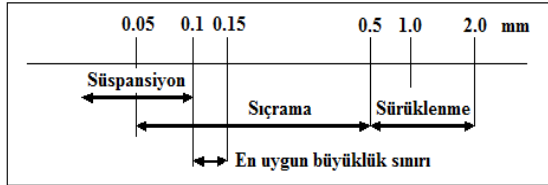
Rüzgârın sebep olduğu toprak erozyonu çözümü zor bir olaydır ve tarım üzerindeki etkisi toprak derinliğine, yetiştirilen ürüne ve mevcut suyun miktar ve dağılımına bağlıdır. Rüzgâr erozyonu potansiyeli iklim olaylarının şiddeti, toprak duyarlılığı ve yüzey koruması tarafından etkilenir. Toprak taneleri hafif bir rüzgâr sürüklemesiyle karşılaştığında ürün fideleri için ölümcül olabilir (Fryrear, 1995). Hatta bazı fideler 5 dakikalık kum sürüklemesiyle zarar görebilir (Fryrear ve Downes, 1975).

Rüzgâr ve toprak ilişkileri

Rüzgâr erozyonu rüzgâr ile toprak yüzeyinin karşılıklı etkileşimi ile ortaya çıkan bir durumdur. Rüzgâr yeryüzü ile bağlantılı ve genellikle yere paralel hava akışıdır. Dünya yüzeyi rüzgâra karşı bir direnç uygular.

Toprak parçacıklarını harekete geçiren en düşük rüzgâr hızı "eşik hız" olarak ifade edilir. Rüzgâr erozyonuna karşı parçacık duyarlılığı büyüklük, yoğunluk ve şekil tarafından etkilenir. Rüzgâr erozyonuna en duyarlı kuvars kumunun tane çapı yaklaşık 100 μm 'dir. Bu büyüklükteki tanecikler 2 m yükseklikte ölçülen 14 m sn^{-1} 'lik bir rüzgâr hızı ile hareket etmeye başlarlar. Bu çap değerinden daha büyük ve daha küçük parçacıklar harekete geçebilmek için daha büyük rüzgâr hızlarına ihtiyaç duyarlar (Zobeck ve Van Pelt, 2005).

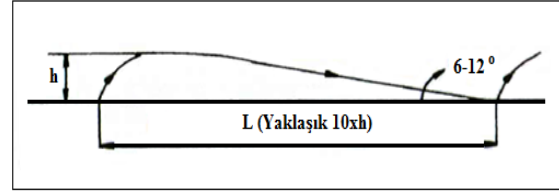
Rüzgârla savrulan materyal üç şekilde hareket eder. Bu hareketler *sürüklenme*, *sıçrama* ve *havada asılı kalma* olaylarıdır. Genellikle en büyük toprak parçacıkları (1-2 mm) yüzeyi terk edemeyecek kadar ağır olduklarından yüzeyde yuvarlanarak veya kayarak hareket ederler. 0.1-1 mm arasındaki parçacıklar sıçrama şeklinde hareket ederler. 100 μm den daha küçük çaptaki toprak tanecikleri havada asılı bir şekilde taşınırlar. Taşınan parçacıklar tekrar yere düşüncüye kadar çok uzun mesafeler kat edebilirler.



Şekil 1. Parçacık büyüklüğüne bağlı olarak rüzgârla hareket çeşitleri

Rüzgâr erozyonundaki bu üç hareketten en önemlisi sıçrama hareketidir. Bunun sebebi sıçrama hareketinde diğer hareketlere göre daha fazla toprak hareket eder ve aynı zamanda bu hareket olmadan diğer hareketler de oluşmaz (Çanga, 1995). Sıçrama hareketini yapan toprak taneleri daha önce bozulmamış agregatları aşındırarak rüzgârın kolayca taşıyabileceği ince tanecikleri oluşturur (Fryrear,

1995). Parçacık büyüklüğüne bağlı olarak rüzgârla hareket çeşitleri Şekil 1 de verilmiştir.



Şekil 2. Sıçrama hareketinde bir parçacığın takip ettiği yol

Tanecik havalandıktan sonra dikey düşme hızı yerçekimi kuvvetine bağlıdır ve aynı zamanda rüzgârdan aldığı hızla yatay yönde hareket eder ve toprak yüzeyine yüksek enerji ile çarparak geri döner (Şekil 2). İnce tozlar genellikle sıçrayan taneciklerin toprak yüzeyine olan çarpma ve parçalama etkisi sonucunda yayılırlar (Shao, 2000; Gilette ve ark., 1977; Shao ve ark., 1993). Rüzgâr tüneli ile yapılan araştırmalarda göre, toprağın %3-38 (g g^{-1})'i havada asılı olarak, %55-72 (g g^{-1})'si sıçrama ile ve %7-25 (g g^{-1})'i de sürüklenme ve kayma ile taşındığı belirlenmiştir (Schwab ve ark, 1966).

0.84 mm çaplı agregatların önemi

Birçok mineral topraklarda 0.5 mm eşdeğer çap değeri yaklaşık 0.84 mm hakiki çap değerine karşılık gelir. 0.84 mm çap ölçüsü A.B.D. Standartlar Bürosu tarafından belirlenmiştir. Bu çap değeri topraklarda aşınabilen ve aşınamayan agregatların birbirinden ayrılmasında kullanılır (Çelebi, 1981).

Woodruff ve Siddoway (1965) tarafından ortaya konulan rüzgâr erozyonu eşitliğinde $[E=f(I,K,C,L,V)]$ yer alan toprak aşınabilirlik endeksi (I) çıplak, düz, kabuk oluşmayan, geniş ve korumasız topraklardan ton ha^{-1} olarak meydana gelebilecek potansiyel toprak kaybını ifade eder. Toprak kesekliliği ile bağlantılıdır ve değerinin artması 0.84 mm çapından büyük agregat yüzdesinin azalması ile orantılıdır.

PM₂₀, PM₁₀ ve PM_{2.5} ortalama çapa sahip tozların önemi

Kurak ve yarı kurak bölgelerde rüzgâr erozyonu sonucu yıllık olarak mineral toz yayılma



Şekil 3. Iğdır-Aralık erozyon sahasının coğrafik konumu

miktarı 1-3 milyon tondur (IPCC, 2001). Bu mineral tozlar troposfere yaklaşık %30-50 ($g\ g^{-1}$) toplam aerosol ilave eder (Andreae, 1995).

Amerika Çevre Koruma Ajansı (USEPA), Milli Çevre Hava Kalite Standartlarını (NAAQS) yerleştirmek için, 1990 yılında değiştirilmiş Temiz Hava Hareketini (CAA) gerekli görmüştür. Bu standartlar halk ve çevre sağlığına zararlı olduğu düşünülen tozları da kapsayan havayla taşınan kirleticilere sınırlama getirmektedir. Standartlar halk sağlığını ve refahını korumak için ve hayvanlara, ürünlere, bitkilere ve yapılar zarar veren düşük görüş mesafesine karşı korumayı da kapsayacak şekilde geliştirilmiştir (USEPA, 2004).

Rüzgârla taşınan parçacıklar 1 mm çapa kadar ulaşabilir, fakat çok uzun mesafeler kat eden parçacıklar 100 μm den daha küçüktür. İnce toz parçacıkları (<20 μm) düşük rüzgâr hızlarında bile düşük çökme hızına sahiptir (Gilette, 1981). En ince mineral toz parçacıklarının çapları 20 μm den daha küçük olup atmosferde bir haftadan daha fazla asılı kalabilirler ve kaynaklarından binlerce kilometre uzağa taşınabilirler. Bu mineral toz yayılmasının pek çok etkileri vardır. Bunlardan bazıları: 1) topraktaki besin elementlerinin azalması, 2) silisyumca zengin parçacıkların solunması sonucu yerel nüfus için sağlık tehlikesinin ortaya çıkması, 3) görüş uzaklığının düşmesi sonucu trafik problemlerinin görülmesi, 4) ısı transferinde dalga boylarının karışmasına sebep olarak iklim değişikliğinde etkili olmasıdır (Alfaro, 2008).

Hava ile taşınan tozlar farklı büyüklüklerde değerlendirilir. 10 μm den daha küçük ortalama aerodinamik çapa sahip tozlar PM_{10} ve 2.5 μm den daha küçük ortalama aerodinamik çapa sahip tozlar

$PM_{2.5}$ olarak adlandırılır. PM_{10} ve $PM_{2.5}$ tozları solunum yoluyla akciğerlere nüfuz edebilir ve sağlık problemlerine sebep olur. Birçok kirleticiler endüstriyel ve diğer insan kaynaklarından olmasına rağmen jeolojik mineraller hava ile taşınan parçacıklara önemli ölçüde katılırlar. Jeolojik minerallerden oluşan parçacıklar çok fazla kaynağa sahip olabilir ve parçacıkların yüzeyinde tutulan herhangi bir materyale ve parçacıkların büyüklük ve jeokimyasına bağlı olarak insanların ve hayvanların sağlığını tehdit edebilir (Zobeck ve Van Pelt, 2005).

Pek çok araştırma 20 μm den küçük toplam havada asılı tozlar üzerinde yürütülmüştür. NAAQS'ın PM_{10} ile ilgilenmesi üzerine son zamanlardaki çalışmalar PM_{10} emisyonları üzerinde yürütülmektedir (Gilette ve ark., 1997; Saxton ve ark., 2000; Gomes ve ark., 2003; Ono ve ark., 2004; Kjelgaard ve ark., 2004).

Iğdır-Aralık Rüzgâr Erozyon Sahası

Yurdumuzda 4572430 da rüzgâr erozyon sahasının varlığı bilinmektedir. Iğdır iline bağlı Aralık ilçesinde yer alan rüzgâr erozyon sahası 135542 dekadır ve Konya ili Karapınar ilçesinden sonra ikinci büyük bölgedir (Özdoğan, 1976).

Coğrafik konum

Rüzgâr erozyon sahası Iğdır'ın 45-65 km doğusunda yer almaktadır. Erozyon sahasının bir kısmı Kazım Karabekir Tarım İşletme Müdürlüğü arazilerine içindedir ve Ağrı dağı eteklerinden itibaren Aralık ilçe merkezine kadar yaklaşık 8 km eninde ve 20 km uzunluğunda bir şerit halinde uzanmaktadır (Çelebi, 1981). Yarı kurak bir iklim özelliğine sahip Iğdır'ın diğer kesimlerinde de rüzgâr erozyon etkileri görülmektedir. Şekil 3'te Iğdır-Aralık erozyon sahasının konumu görülmektedir.

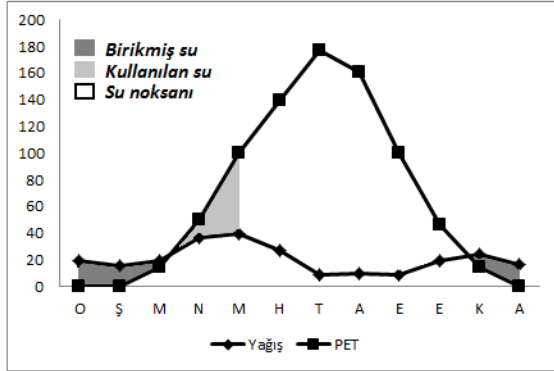
Çizelge 1. Iğdır-Aralık ile ilgili meteorolojik veriler

Aylar	S* (°C)	S ₅ * (°C)	R* (m sn ⁻¹)	H.R.Y.*	Buharlaşma (mm)	Nem (%)	Yağış (mm)
O	-2.1	-1.4	1.2	NW	0.0	72	19.6
Ş	0.1	-0.1	1.1	NW	0.0	69	15.7
M	6.6	4.4	1.7	NW	9.5	59	19.6
N	13	15.8	1.8	SE	62.2	57	37
M	19.0	23.4	1.5	SE	125.9	52	39.4
H	23.0	29.9	1.7	NW	183.9	47	26.6
T	27.0	35.1	1.9	NW	252.9	44	8.9
A	26.4	34.2	1.7	NW	237.5	46	9.2
E	21.0	23.8	1.4	NW	149	50	8.7
E	13.7	13.8	1.1	NW	59.4	60	19.4
K	7.1	6.7	0.8	NW	14.6	69	23.9
A	0.7	0.8	0.9	NW	0.0	74	16.2
Yıllık	12.9	15.5	1.4	NW	1094.9	58	244.2

*S (°C): Ortalama hava sıcaklığı; S₅ (°C): 5 cm derinlikteki toprak sıcaklığı; R (m sn⁻¹): Ortalama rüzgâr; H.R.Y.: Hâkim rüzgâr yönü

İklim özellikleri

Iğdır-Aralık erozyon sahasında şu anda devam eden meteorolojik ölçümler olmamakla birlikte daha önce yapılmış ölçümlerin uzun yıllar ortalamaları Çizelge 1 de verilmiştir (Karaoğlu, 2012). Hâkim rüzgâr yönü kuzey-batı (NW) olarak ölçülmüştür. Ortalama rüzgâr değerlerinin en yüksek olduğu aylar Mart-Ekim aylarıdır. Bu aylarda sıcaklık, toprak sıcaklığı ve buharlaşma değerleri yüksek, yağış ve nem değerleri düşüktür. Bu sonuçlar iklim verilerinin rüzgâr erozyonu için uygun olduğunu göstermektedir.



Şekil 4. Iğdır-Aralık su bütçesi

Yağış ve potansiyel evapotranspirasyon değerlerine göre belirlenen su bütçesine (Karaoğlu, 2012) göre erozyon sahasında su fazlası yoktur ve yılın büyük bir bölümünde su noksanlığı vardır (Şekil 4).

Sonuçlar ve Tartışma

Erozyon tamamen önlenemeyecek ancak toprak koruma çalışmalarıyla azaltılabilecek bir olaydır. Hızlandırılmış erozyonu artıran iklim dışındaki bütün etkenler insan tarafından meydana

getirildiği düşünülürse, erozyonu azaltmak mümkündür ve çocuklarımıza karşı bir borcumuzdur. Bugüne kadar Iğdır-Aralık rüzgâr erozyon sahasının bazı kısımlarında mevcut durum ve potansiyel belirlenmiş ancak doğrudan ölçümler yapılmamıştır. Yapılacak olan doğrudan ölçümler mevcut rüzgâr erozyonunun büyüklüğü, sağlığa zararlı toz yayılımları hakkında bilgi vermekle birlikte bölgenin rüzgâr potansiyelinin tespiti için de faydalı olacaktır.

Kaynaklar

- Alfaro, S.C., 2008. Influence of soil texture on the binding energies of fine mineral dust particles potentially released by wind erosion. *Geomorphology* 93: 157–167.
- Andraea, M.O., 1995. Climate effects of changing atmospheric aerosol levels. In: Henderson-Sellers, A. (Ed.), *World Survey of Climatology, Vol XX, Future Climate of the World*.
- Çanga, M.R., 1995. *Toprak ve su koruma*. Ankara Üniversitesi Yay. No: 1386. Ders kitabı: 400. Ankara.
- Çelebi, H., 1963. Hızlandırılmış toprak erozyonu. *Soil Survey Manual'den tercüme, Toprak Dergisi*, 16: 32-37. Ankara.
- Çelebi, H., 1967. *Toprak Muhafaza ve Amenajman Ders Notları*. E.A.Ü. Ziraat Fak. (Basılmamış). Erzurum.
- Çelebi, H., 1971. *Toprak Erozyonu*. Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları No: 37. Yardımcı Ders Kitabı No. 3. 115 sayfa. E.A.Ü. Basımevi, Erzurum.
- Çelebi, H., 1981. Iğdır Devlet Üretim Çiftliği Arazisinde Rüzgâr Erozyonuna İlişkin Araştırmalar. Atatürk Üni. Yay. No: 578. Ziraat Fak. Yay. No: 262. Araştırma Serisi No: 173. E.A.Ü. Basımevi, Erzurum.

- Fryrear, D.W., 1995. Soil losses by wind erosion. Published in Soil Sci. Soc. Am. J. 59: 668-672.
- Fryrear, D.W., Downes, J.D., 1975. Consider the plant in planning wind erosion control systems. Trans. ASAE 18: 1070-1072, 1075.
- Gillette, D.A., 1981. Production of dust that may be carried great distances, in: T.L. Pewe (Ed.), Desert Dust: Origin, Characteristics, and Effect on Man, The Geological Society of America, Special Paper 186, pp. 11–26.
- Gillette, D.A., Fryrear, D.W., Gill, T.E., Ley, T., Cahill, T.A., Gearhart, E.A., 1997. Relation of vertical flux of particles smaller than 10 m to total Aeolian horizontal mass flux at Owens Lake, J. Geophys. Res. 102 (D22) 26009–26016.
- Gomes, L., Arrue, J.L., Lopez, M.V., Sterk, G., Richard, D., Garcia, R., Sabre, M., Gaudichet, A., Frangi, J.P., 2003. Wind erosion in a semiarid agricultural area of Spain: the WELSONS project, Catena 52: 235-256.
- IPCC, 2001. Third Assessment Report Climate Change, In: Houghton, J.T., Ding, Y., Griggs, D.J., Noguer, M., van der Linden, P.J., Xiaosu, D. (Eds.), The Scientific Basis. Cambridge University Press, UK, p. 944.
- Karaoğlu, M., 2012. Iğdır Yöresi Topraklarının Erozyon Açısından Değerlendirilmesi. Iğdır Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 2(1): 23-30.
- Kjelgaard, J.F., Chandler, D.G., Saxton, K.E., 2004. Evidence for direct suspension of loessial soils on the Columbia Plateau, Earth Surf. Proc. Landforms 29: 221–236.
- Ono, D., Weaver, S., Richmond, K., 2004. Quantifying particulate matter emissions from windblown dust using real-time sand flux measurements, in: Proceedings of the 12th International Emissions Inventory Conference, San Diego, CA, 2004, USEPA Tech Transfer Network website: <http://www.epa.gov/ttn/chief/conference/ei12/index.html>, 2004 (visited June 24, 2004).
- Özdoğan, N., 1976. Rüzgâr erozyonu ve rüzgâr erozyonu sahalarında alınacak başlıca tedbirler. Topraksu Genel Müdürlüğü Genel Yayın No: 306. Ankara.
- Saxton, K.E., Chandler, D., Stetler, L., Lamb, B., Clairborn, C., Lee, B.H., 2000. Wind erosion and fugitive dust fluxes on agricultural lands in the Pacific Northwest, Trans. ASAE 43: 623–630.
- Schwab, G.O., Frevert, R.K., Edminster, T.W., Barnes, K.K., 1966. Soil and water conservation engineering. Second edition. John Wiley and Sons, Inc. S: 198-200, New York, London, Sidney.
- Sevim, Z., 1999. Iğdır-Aralık'da rüzgâr erozyonu. Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğü Yayınları. Köy Hizmetleri Araştırma Enstitüsü. Erzurum.
- Sevim, Z., İstanbulluoğlu, A., 1985. Kars-Aralık'daki toprakların rüzgâr erozyonuna ilişkin özellikleri. Çölleşen Dünya ve Türkiye Örneği. Sempozyum 7. Atatürk Üniversitesi Yayınları, Erzurum.
- Shao, Y., 2000. Physics and Modelling of Wind Erosion, Kluwer Academic Press, Boston, p. 393.
- Shao, Y., Raupach, M.R., Findlater, P.A., 1993. Effect of saltation bombardment on the entrainment of dust by wind, J. Geophys. Res. 98: 12719–12726.
- Skidmore, E.L., 2000. Air, soil, and water quality as influenced by wind erosion and strategies for mitigation. In: AGRONENVIRON 2000, Second International Symposium of New Technologies for Environmental Monitoring and Agro-Applications Proceedings, Tekirdag, Turkey, pp. 216–221
- USEPA, 2004. United States Environmental Protection Agency, National Ambient Air Quality Standards web page, <http://www.epa.gov/ttn/naaq/>.
- Warren, A., 2007. Sustainability: A view from the wind-eroded field. Journal of Environmental Sciences 19: 470–474.
- Woodruff, N.P., Siddoway, F. H., 1965. A wind erosion equation, Soil Science Society of America Proceedings Vol. 29 No: 5. Pp: 602-608.
- Zobeck, T.M., Van Pelt, R.S., 2005. Erosion/Wind-Induced. Encyclopedia of soils in the environment, Pages 470-478.