



Alternatif Toprak İşleme Uygulamalarının Rüzgar Erozyonuna Etkisi

Tamer MARAKOĞLU^{1*} Kazım ÇARMAN¹ Kazım GÜR²

¹ S.Ü. Ziraat Fakültesi, Tarım Makinaları ve Teknolojileri Mühendisliği Bölümü, Konya

² Bahri Dağdaş Uluslararası Tarımsal Araştırma Enstitüsü, Konya

e-mail: marakoglu@selcuk.edu.tr

Alındığı tarih (Received): 24.06.2016

Kabul tarihi (Accepted): 31.10.2016

Online Baskı tarihi (Printed Online): 02.12.2016

Yazılı baskı tarihi (Printed): 30.12.2016

Öz: Erozyon, ülkemizde yarı kurak ve kurak bölgelerde önemli bir çevre problemidir. Günümüzde, azaltılmış toprak işlem uygulamaları rüzgar erozyonunun azaltılmasında önemli rol oynamaktadır. Bu çalışmada 5 farklı toprak işleme uygulamasının rüzgar erozyonu üzerindeki etkileri incelenmiştir. Denemeler rüzgar tüneline yürütülmüştür. Çalışma 4 farklı rüzgâr hızında (4, 7, 10 ve 13 ms⁻¹) yapılmıştır. Düşük rüzgâr hızlarında (4 ve 7 ms⁻¹) sediment tutumu sağlanamamıştır. Ayrıca toprak işleme sonrası deneme parsellerindeki anız miktarı ve yüzey örtme oranları, yüzey düzgünlüğü değerleri, toprağın ağırlıklı ortalama çapı ve stabilite indeksi değerleri belirlenmiştir. Toprak yüzeyindeki anız miktarı 42.67 - 128 gm⁻², anız örtme oranı % 1.27 - 19.32, yüzey düzgünlüğü % 4.56 - 24.23, ağırlıklı ortalama çapı 6.53 - 13.57 mm ve stabilite indeksi değerleri ise 2.24 - 3.41 arasında değişmiştir. 13 ms⁻¹ rüzgâr hızında erozyon değerleri farklı toprak işleme uygulamalarına bağlı olarak 72-1365 gm⁻²h⁻¹ arasında değişmiştir. Ortaya çıkan erozyon miktarı ile anızın yüzeyi örtme oranı, toprağın ağırlıklı ortalama çapı ve stabilite indeksi arasındaki ilişkinin istatistikî açıdan önemli olduğu ve ilişkinin regresyon katsayısı ise sırasıyla R²=0.93, R²=0.95 ve R²=0.97 olarak bulunmuştur.

Anahtar kelimeler: Rüzgâr erozyonu, toprağın ağırlıklı ortalama çapı, stabilite indeksi, anız

The Effect on Wind Erosion of Alternative Soil Tillage Applications

Abstract: Wind erosion is an important environmental problem in our country, especially in arid and semi-arid regions. Today, reduced tillage practices are often considered as effective in reducing erosion. In this study, the effects on the wind erosion of 5 different soil tillage applications were examined. Trials were conducted in a wind tunnel. The studies were done at 4 different wind speeds (4, 7, 10 and 13 m s⁻¹). At low wind speeds (4 and 7 m s⁻¹) could not be achieved sediment attitude. After tillage, stubble amount and cover ratio, surface roughness, mean weighted diameter, stability index values were measured as well and varied from 42.67 to 128 g m⁻² and 1.27 to 19.32 %, 4.56 to 24.23 %, 6.53 to 13.57 mm and 2.24 to 3.41, respectively. At 13 m s⁻¹, sediment transport rates varied from 72 to 1365 g m⁻² h⁻¹ as depending on different soil tillage. The results showed that the relationships between erosion amount and stubble cover ratio, mean weighted diameter and stability index were found significantly and regression coefficient of relation were R²=0.93, R²=0.95 and R²=0.97 respectively.

Keywords: Wind erosion, soil weight mean diameter, stability index, stubble

1. Giriş

Günümüzde yoğun toprak işlemeye bağlı olarak artan tarla trafiği nedeniyle enerji tüketiminin artması, topraklarımızın her yıl önemli miktarda erozyonla kaybedilmesi toprak işlemede alternatif yöntemlerin ortaya konmasını zorunlu hale getirmiştir. Günümüzde tarımsal üretimde bilinçsizce uygulanan yoğun toprak

işleme, toprağı rüzgâr erozyonuna karşı açık tehdit haline getirmektedir.

Sürdürülebilir tarımsal uygulamalarla topraktaki organik madde düzeyi artırılır, tarla trafiğinin azaltılması sonucu toprak daha az sıkıştırılır, yüzeyde geleneksel toprak işlemeye oranla daha çok bitki artığı kalacağı için su ve rüzgâr erozyonu azaltılır. Dünyada tarım

alanlarının %40'ı su ve rüzgâr erozyonu etkisi altındadır (<http://faostat.fao.org/ag>). ABD'de yapılan araştırmalar rüzgar erozyonunun 30 milyon ha'da önemli bir problem olduğunu ve yılda toprak kaybının 6.2 ton/ha olarak gerçekleştiğini saptamışlardır. Rüzgar erozyonunun, dünyada yıllık ortalama maliyetinin 400 milyar \$ olduğu tahmin edilmektedir. ABD'de su erozyonu maliyetinin 12-42 milyar \$, rüzgar erozyonu maliyetinin ise 11-32 milyar \$ arasında değiştiği saptanmıştır (Huszar, 1989; Uri, 2000). Avrupa'da toprak erozyonu miktarının 10 ton ha⁻¹yıl⁻¹ olduğu ortaya konmuştur (Pimentel, 2006). Avustralya'da yapılan bir çalışmada da rüzgar erozyonunun yıllık maliyetinin ortalama 23 milyar \$ olduğu ve bu maliyet içerisinde en büyük payı %85 ile insan sağlığının oluşturduğu ifade edilmektedir (Williams ve Young 1999). Dünyada bir yılda yaklaşık 75 milyar ton toprak yüzey akışıyla taşınmaktadır. Bu taşınan toprak kütlesi yaklaşık 9 milyon hektarlık bir tarımsal alanın yok olması anlamına gelmektedir. Erozyon, ülkemizde özellikle yarı kurak ve kurak alanlarda tarımsal üretimi tehdit eden en önemli unsurlardan biridir. Ülkemiz topraklarının ise % 63 ü şiddetli ve çok şiddetli olmak üzere % 86'sı erozyon tehlikesi altındadır.

Rüzgâr erozyonu, arazi yüzeyinin genellikle kuru ve bitki örtüsünden yoksun bulunduğu kurak ve yarı kurak bölgelerde çok aktiftir. Rüzgâr erozyonunun oluşmasına ve hızına; iklim özellikleri, bitki örtüsü ve tarımsal üretim modelleri, toprak özellikleri, arazinin eğimi ve insanların arazilere müdahalesi gibi faktörler etki etmektedir. Söz konusu bu faktörlerin etkisi altında oluşan rüzgâr erozyonunun neden olduğu toprak taşınması ise üç tip hareketle meydana gelmektedir. Özellikle rüzgârın hızı ve arazi yüzeyindeki toprak parçacıklarının iriliğine bağlı olarak ortaya çıkan bu üç tip toprak taşınması "sıçrama", "hava akımları ile uçma (süspansiyon)" ve "yüzeyde sürüklenme" şeklindedir. Süspansiyon çoğunlukla 0.1 mm den daha az çapa sahip taneciklerin hareketidir. (çizel pulluk) toprak işleme yöntemlerinin rüzgar erozyonuna olan etkisini belirlemişlerdir. Azaltılmış toprak işleme uygulamasında, düşük

Rüzgârla hareket eden parçacıkların ve rüzgârın etkisiyle itilen daha iri parçacıkların yüzeyde yuvarlanarak hareket etmesine yüzey sürüklenmesi adı verilmektedir. Teorik olarak bu şekilde hareket eden tanelerin üst büyüklük sınırı yoktur. Ancak pratikte çoğunlukla 0.5 mm den 1-2 mm ye kadar olan çaptaki taneler bu şekilde hareket etmektedirler. Bu üç hareket çeşidi arasında en önemlisi sıçrama hareketidir. Rüzgar tüneli çalışmalarında toplam hareket eden taneciklerin % 55-72 sinin sıçrama, % 3-38 inin süspansiyon ve % 7-25 inin yüzey sürüklenmesi ile hareket ettiği belirlenmiştir (Çanga,1995).

Rüzgâr tüneli çalışmaları hareket eden toprak materyali miktarının rüzgâr hızı ile çok yakından ilişkili olduğunu ve bu miktarın yaklaşık rüzgâr hızının karesi ile orantılı olduğunu göstermiştir. Rüzgâr erozyonunu etkileyen faktörler ve bunların etkilerini sayısal olarak ifade eden ve verilen koşullarda meydana gelmesi muhtemel rüzgâr erozyonunu tahmin etmeye yarayan rüzgâr erozyonu eşitliği aşağıda verilmiştir (Chepil 1958).

$$E = f(I, C, K, L, V)$$

Burada,

E: Rüzgâr erozyonu ile oluşan toprak kaybı (t da⁻¹),

I: Toprakların rüzgâr erozyonuna duyarlılık faktörü,

C: İklim faktörü,

K: Yüzey pürüzlülük faktörü,

L: Hâkim rüzgâr yönündeki arazi genişliği ve

V: Bitkisel örtü faktörüdür.

Gerontidis ve ark. (2001) toprağın yer değiştirme miktarının ya da erozyon değerinin toprak işleme derinliğiyle ilgili olduğunu belirlemişlerdir. Toprak işleme derinliğindeki %50'lik bir azalma, erozyonda %75'lik bir azalmaya neden olduğunu saptamışlardır. Toprak işleme esnasında traktör ilerleme hızının 7 km h⁻¹ den 4 km h⁻¹'e düşmesi toprak erozyonunu %30 azaltmaktadır (Quine ve ark., 2003).

Lopez ve ark., (1998), geleneksel (pulluk+merdane kombinasyonu) ve azaltılmış rüzgar hızlarında taşınabilir toprak partikülü miktarı daha az (%10), yüzeydeki bitki artıkları %30 daha fazla ve yüzey düzgünlüğü ise %15

daha yüksektir. Bu nedenle azaltılmış toprak işleme uygulamasının geleneksel uygulamaya göre toprağı daha iyi koruduğunu belirtmişlerdir.

Zamani ve Mahmoodabadi (2012), kurak ve yarı kurak alanlarda erozyonun önemli bir tehdit olduğunu ifade etmişlerdir. Araştırmalarını rüzgar tüneline, 2-18 m s⁻¹ arasında değişen rüzgar hızlarında, killi-tınlı ve kumlu-killi-tınlı topraklarda yürütmüşlerdir. Erozyon miktarını toprak tekstürüne bağlı olarak 2 m/s rüzgar hızında 4.7-34.1 g m⁻² min⁻¹ arasında değişirken, 18 m/s rüzgar hızında ise 28-950 g m⁻² min⁻¹ arasında değiştiğini saptamışlardır. Toprağın erodibilitesinin 1.43-57.73 arasında değiştiğini belirlemişlerdir. Ayrıca, toprağın ağırlıklı ortalama çapıyla (AOÇ), erodibilitesi (K) arasında önemli bir ilişki olduğunu saptamışlardır (K=3.382*AOÇ-1.732; R²=0.99).

Liu ve ark., (2006), kurak ve yarı kurak bölgelerde yeterli anız örtüsünün bulunmadığı koşullarda, rüzgar erozyonunun kontrolü için alternatif bir uygulama olarak sırta ekimi önermişlerdir. Rüzgar tüneline yaptıkları çalışmalarında rüzgar hızını 8-24 m s⁻¹ arasında değiştirmişlerdir. Çalışmalarında farklı sırt yükseklikleri, genişlikleri ve sayıları kullanmışlardır. Toprak erozyonu değerleri 24 m s⁻¹ rüzgar hızında geleneksel uygulamada en yüksek (349.18 g m⁻² min⁻¹) iken, sırt yüksekliğinin 3cm, sayısının 9 olduğu uygulamada ise en düşük (160.25 g m⁻² min⁻¹) gerçekleşmiştir. Erozyon miktarı, sırt şeklindeki toprak işleme uygulamasında, geleneksel toprak işlemeye göre %20-60 oranında azalmıştır. Aynı sırt yüksekliğinde, artan sırt yüksekliği/iki sırt arası mesafe oranına bağlı olarak rüzgar erozyonunun azaldığını saptamışlardır.

Orta Anadolu bölgesinde yağışların yetersiz olması (<300 mm), topraktaki organik maddenin düşük olması (<%1) ve ayrıca toprak erozyonu açısından Türkiye'nin en riskli bölgesi olması sebebiyle tahıl ambarı olarak gösterilen bölgede tohum yatağı hazırlığı önem arz etmektedir.

Bu çalışmada, günümüzde yaygın olarak kullanılmayan koruyucu toprak işleme ve doğrudan ekim uygulamalarına örnek olabilecek 5 farklı alternatif toprak işleme sisteminin toprağın

bazı fiziko-mekanik özellikleri ve toprak erozyonu üzerindeki etkisi değerlendirilmiştir. Ayrıca, toprağın bazı fiziksel özellikleriyle erozyon arasındaki ilişkiler ortaya konmuştur.

2. Materyal ve Metot

Denemeler Konya Toprak Su ve Çölleşme İle Mücadele Araştırma İstasyonu Merkez arazisinde 2012 yılında yürütülmüştür. Konya şehir merkezindeki arazi, Konya-Karaman Karayolunun batısında olup şehir merkezine 6 km mesafededir. Deniz seviyesinden 1050 m yükseklikteki arazi, 37°48'22.60" kuzey enlemi ve 32°30'43.83" doğu boylamı koordinatlarındadır. Deneme alanına ait bazı toprak özellikleri Çizelge 1'de verilmiştir.

Çalışmada 5 farklı uygulama değerlendirilmiştir (Şekil 1). Kullanılan makinalara ait teknik özellikler Çizelge 2'de verilmiştir. Deneme kullanılan dişli tırmık 60 dişli, merdaneler ise düz merdane tipindedir.

Toprağın yüzey düzgünlüğünün belirlenmesinde Profilmetre kullanılmıştır. Profilmetre, 1 m uzunluğundaki profil üzerine 2.5 cm aralıklarla yerleştirilmiş çubuklardan oluşmaktadır. Çalışma yönüne dik yerleştirilen profilmetreyle 2.5 cm aralıklarla yüzey profili ölçülmüş ve aşağıdaki eşitlik yardımıyla tarla yüzey düzgünlüğü hesaplanmıştır (Çarman, 1997).

$$R = 100 \text{ Log}_{10} S$$

Burada;

R: Tarlanın yüzey düzgünlüğü (%) ve

S: Ölçülen değer standart sapmasıdır.

Toprağın ağırlıklı ortalama çapını belirlemek amacıyla, her uygulamada toprağın 0-20 cm'lik derinliğinden ayrı ayrı alınan örnekler 40, 20, 16, 8, 4, ve 2 mm'lik eleklerden geçirilerek 7 ayrı fraksiyon elde edilmiştir. Fraksiyonlar ayrı ayrı tartılarak % değerleri bulunmuştur. Ağırlıklı ortalama çapın (AOÇ) bulunmasında aşağıdaki eşitlik kullanılmıştır (Black 1965).

$$AOÇ = \sum X_i W_i$$

Burada;

X_i : Elek tarafından ayrılan i . agregatların herhangi bir parçacık boyut grubunun ortalama çapı (mm) ve

W_i : Analiz edilen toplam kuru ağırlığının i . boyut grubundaki agregatlarının ağırlığı (g) dır.

Toprağın stabilite indeksini (Sİ) belirlemek için her bir uygulama parselinden 0-2.5 cm derinliğinden alınan toprak örnekleri laboratuara getirilerek oda sıcaklığında kurutulmuştur. Kurutulan örnekler daha sonra silindirik olarak iç içe geçmiş 0.42, 0.84, 2.0, 6.4 ve 12.7 mm çapındaki elek takımından oluşan Rotary eleği yardımıyla elenmiştir. Yapılan eleme sonunda elde edilen toprak fraksiyonlarının genel

ağırlıklarına göre yüzdeleri hesaplanmıştır (Demiryürek ve ark., 2007).

$$S\dot{I} = A / B$$

Burada;

A: Aşınmayan 0.84 mm'den büyük kuru agregat yüzdesi ve

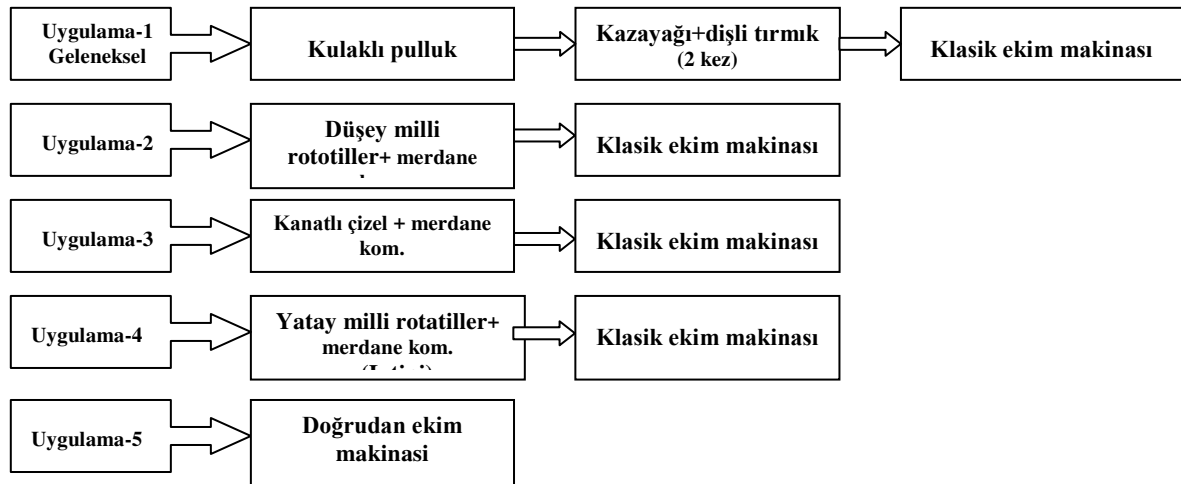
B: Aşınabilen 0.84 mm'den küçük kuru agregat yüzdesidir.

Nem, gravimetrik metotla kalibre edilmiş TDR cihazı ile ölçülmüştür. Nem ölçümü, toprak işleme öncesi ve sonrası her parselde 0-20 cm'lik derinlikten 5 tekerrürlü olarak yapılmıştır.

Çizelge 1. Toprağın fiziksel ve mekaniksel özellikleri

Table 1. Physical and mechanical properties of the soil

	Kum	36.88	
Tekstür (%)	Kil	42.94	Killi
	Silt	20.18	
PH	8.20		
Nem (%)	18.46		
Organik madde (%)	0.76		
Total Azot (%)	0.048		
Karbon/Azot Oranı	8.960		
Hacim ağırlığı (g cm ⁻³)	0-15 cm	1.15	
	15-30 cm	1.32	
Penetrasyon direnci (MPa)	2.09		
Yüzey düzgünlüğü (%)	4.56		
Kesme direnci (N cm ⁻²)	2.23		
Stabilite indeksi	3.42		
Ağırlıklı ortalama çap (mm)	13.8		



Şekil 1. Çalışmada kullanılan alternatif toprak işleme uygulamaları
Figure 1. Alternative tillage practices used in the experiment

Çizelge 2. Kullanılan makinelere ait bazı teknik özellikler
Table 2. The specifications of the tools used in experiment

Makine	Ayak-Gövde sayısı	İş genişliği (cm)	İş derinliği (cm)	İlerleme hızı (m s ⁻¹)	Çevre hızı (m s ⁻¹)	Tipi
Kulaklı pulluk	4	100	22	1.52	-	Asılır
Kazayağı+ dişli tırmık kombinasyonu	11/60	220	11	1.94		Asılır
Düşey milli rototiller+merdane kombinasyonu	8	230	18	1.0	4.5	Asılır
Kanatlı çizel+ 2'li merdane kombinasyonu	7	170	23	0.90	-	Asılır
Yatay milli rototiller+merdane kombinasyonu	16	150	12	1.2	5.3	Asılır
Doğrudan ekim makinası	12	162	5	1.52	-	Çekilir

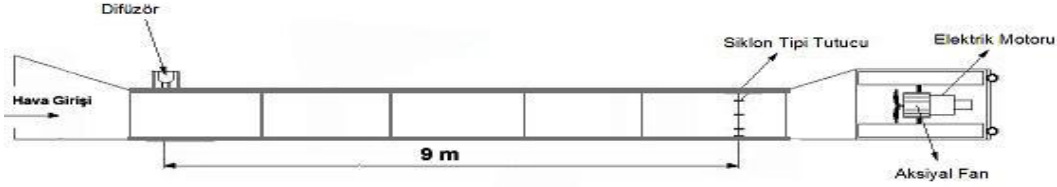
Anız yoğunluğunun belirlenmesinde, dijital fotoğraf makinası kullanılmıştır. Fotoğraf makinası ile alınan görüntüler bilgisayar ortamında resim formatı olarak kaydedilmiştir. Anız yoğunluğunun sayısallaştırılmasında MATLAB programı kullanılmıştır. MATLAB programında görüntüleri alınan fotoğraflar JPEG formatında açılarak, açılan fotoğraflar üzerinde görüntü işleme yapılarak anız yoğunluğu belirlenmiştir. Aynı işlem referans olarak kullanılacak 1 cm² alan içinde yapılmıştır.

Görüntü işleme sonrası her uygulamaya ait anız yoğunluğu ile referans olarak alınan 1 cm² alanın değerleri piksel kare cinsinden hesaplanmıştır. Bulunan bu değerler cm²'ye çevrilerek, birim alandaki farklı uygulamalara ait anız yoğunluğu % olarak tespit edilmiştir.

Erozyon ölçümlerinde mobil rüzgar tüneli kullanılmıştır. Ölçümler tarla koşullarında yapılmıştır. Rüzgar tüneli 9x1x1 m ölçülerindedir (Şekil 2). Tünel içerisindeki rüzgar, elektrik motoruyla tahrik edilen aksiyal fan yardımıyla

sağlanmıştır. Değişen rüzgar hızlarını sağlayabilmek için motor devri elektronik varyatör yardımıyla kontrol edilmiştir. Tutucu olarak siklon tipi toz (sediment) tutucu kullanılmıştır. Rüzgar hızları her bir tutucu yüksekliğinde CFM/CMM Thermo anemometre

yardımla ölçülmüştür. Bölgenin rüzgâr hızı değerleri ve gerekse de sediment taşınımındaki asgari rüzgâr hızı değerleri dikkate alınarak, çalışmada rüzgâr hızı 4, 7, 10 ve 13 m s⁻¹ olarak belirlenmiştir.



Şekil 2. Rüzgâr tüneli
Figure 2. Wind tunnel

Tutucular düşey bir eksen üzerinde 0.07, 0.24, 0.45 ve 0.70 m yüksekliklere yerleştirilmiştir. Sediment kayıplarının hesabında, tutucu giriş alanından (314 mm²) geçen sediment miktarı tartılarak bulunmuştur. Tünel içerisinde etkili yükseklikler boyunca taşınma 70 cm yüksekliğe

kadar olan 1 cm'lik bir dikey kesitte ve ölçüm yapılan 70 cm lik profil boyunca enterpole edilerek hesaplanmıştır. Bu miktar etkili toprak yüzeyi ve tutucunun çalışma zamanı ile birimlendirilmiştir (g m⁻² h⁻¹) (Şekil 3) (Maurer ve ark., 2006).



Şekil 3. Rüzgâr erozyon setinin genel görünüşü ve tünel içindeki sediment tutucu ve hızölçer
Figure 3. General view of the wind erosion sets and inside the tunnel sediment holder and speed meter

Uygulamalara ait ortaya çıkan erozyon miktarı ile anızın yüzeyi örtme oranı, yüzey düzgünlüğü, toprağın ağırlıklı ortalama çapı ve stabilite indeksi arasındaki ilişkileri belirlemek amacıyla varyans analizleri yapılmıştır. Varyans analiz sonuçlarının önemli çıktığı durumlarda bunun hangi faktörlerden ileri geldiğini belirlemek amacıyla LSD testi yapılmıştır (Düzgüneş ve ark. 1987).

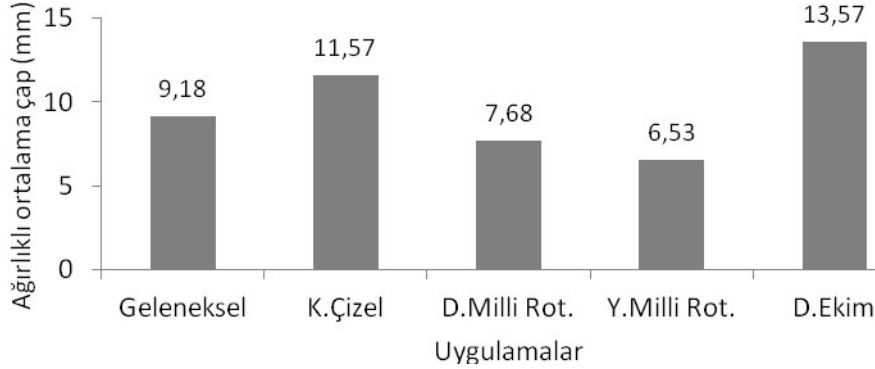
3. Sonuçlar ve Tartışma

Farklı toprak işleyici organların toprağın parçalanma derecesi (ağırlıklı ortalama çap) üzerindeki etkileri Şekil 4'de verilmiştir.

Uygulamalara bağlı olarak toprağın ağırlıklı ortalama çap değerleri 6.53-13.57 mm arasında değişmiştir. En yüksek ağırlıklı ortalama çap toprak işlemenin yapılmadığı doğrudan ekim uygulamasında elde edilmiştir. Toprak işleme öncesine göre en küçük değişim %16.1 azalış ile kanatlı çizel uygulamasında, en yüksek ise %52.6 azalış ile yatay milli rotatiller uygulamasında elde edilmiştir. PTO'dan hareketli iki makine birbiriyle karşılaştırıldığında, yatay milli rotatillerde toprağın ağırlıklı ortalama çapı yaklaşık %15 daha küçük bulunmuştur. Uygulamaların toprağın ağırlıklı ortalama çap üzerindeki etkisi istatistiksel olarak önemli bulunmuştur (P<0.01). Önal ve Aykas (1993) PTO'dan hareketli yatay ve düşey

milli makinelerle çalışmada toprağın ağırlıklı ortalama çap değerlerinin 14.6-16.5 mm arasında değiştiğini saptamışlardır. Çarman ve ark., (2012)

iki yatay ve bir düşey milli rotatillerde toprağın ağırlıklı ortalama çapının 7.28-11.76 mm olarak bulmuşlardır.

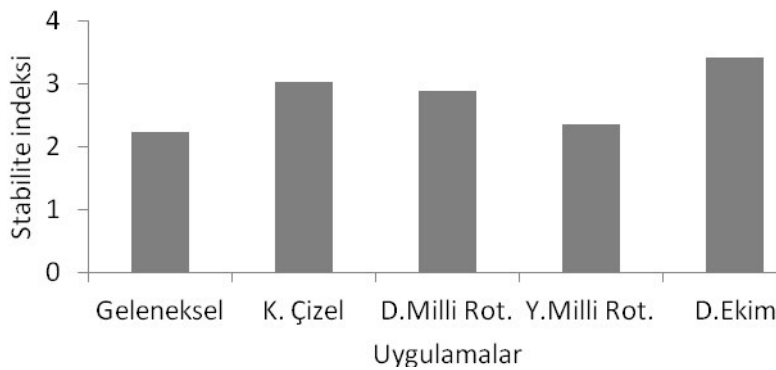


Şekil 4. Uygulamaların toprağın ağırlıklı ortalama çap üzerindeki etkisi
Figure 4. The effect of treatments on mean weight diameter of soil.

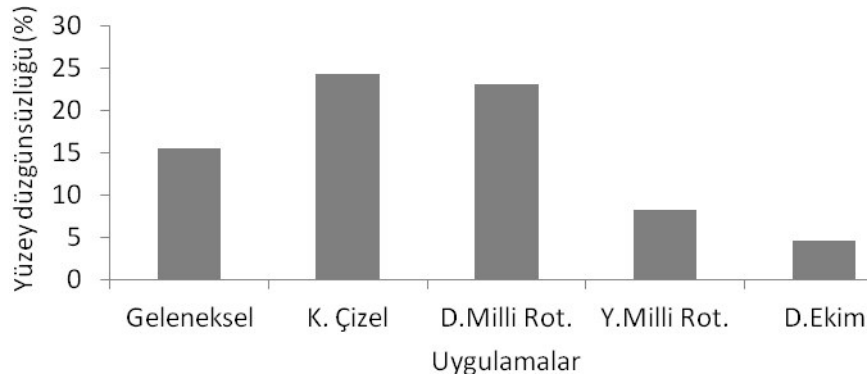
Toprakların aşınabilirlik veya aşınmaya karşı dayanıklılık özelliği gösteren stabilite indeksi değerleri ise uygulamalara bağlı olarak 2.21-3.45 arasında değişmiştir (Şekil 5). Doğrudan ekim uygulamasında toprağın stabilite indeksi en yüksek bulunmuştur. Stabilite indeksindeki en büyük değişim toprak işleme öncesine göre %34 azalış ile geleneksel uygulamada elde edilmiştir. Bütün uygulamalarda üst toprağın stabilite indeksi değerlerinin sınır değer olan >1.5 üzerinde çıkması bu toprakların aşınmaya karşı dayanıklı olduğunu göstermektedir. Demiryürek ve ark. (2007) Karapınar erozyon bölgesinde işlenen alanlarda stabilite indeksi değerini 0-2.5cm

derinlikte 0.59 olarak bulmuşlardır. Uygulamaların toprağın stabilite indeksi üzerindeki etkisi istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($P<0.01$).

Farklı toprak işleyici organların toprağın yüzey düzgünlüğü üzerindeki etkileri Şekil 6'da verilmiştir. İşleyici organa bağlı olarak toprağın yüzey düzgünlüğü değerleri %4.56-24.23 arasında değişmiştir. Toprağın yüzey düzgünlüğündeki en büyük değer %24.23 ile kanatlı çizel uygulamasında elde edilirken, en düşük değer ise doğrudan ekim uygulamasında elde edilmiştir. İşleyici organların toprağın yüzey düzgünlüğü üzerindeki etkisi istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($P<0.01$).



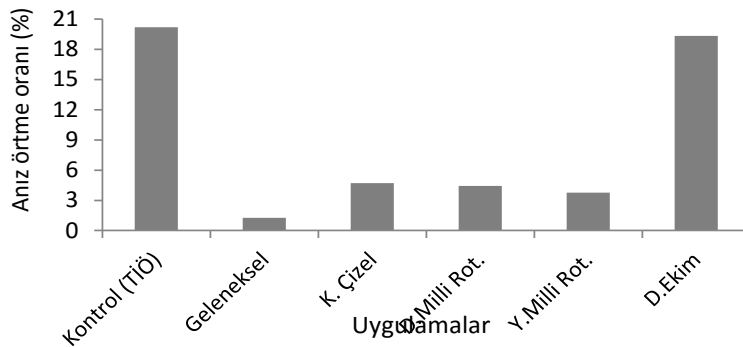
Şekil 5. Uygulamaların toprağın stabilite indeksi üzerindeki etkisi
Figure 5. The effect of treatments on soil stability index



Şekil 6. Uygulamaların toprağın yüzey düzgünlüğü üzerindeki etkisi
Figure 6. The effect of treatments on surface roughness

Alternatif toprak işleme uygulamaları sonrası tarlada kalan anız miktarı ve anızın toprak yüzeyini örtme oranları üzerindeki etkisi Şekil 7’de verilmiştir. Uygulamalara bağlı olarak toprağın işleme sonrası anız miktarı 42.67-128 g m⁻² ve anızın yüzeyi örtme oranları ise %1.27-19.32 arasında değişmiştir (Şekil 9). En büyük yüzey örtme oranı (%19.32) doğrudan ekim uygulamasında, en düşük ise (1.27) geleneksel uygulamada elde edilmiştir. Geleneksel uygulamada anızın gömülme oranının yüksek olması örtme oranının düşük çıkmasına neden olmuştur. Scott ve ark. (2010), yapmış oldukları

araştırmalarında koruyucu toprak işlemeli uygulamalar için tarla yüzeyindeki dik duran anızın % 30, yatık halde bulunan anızın ise toprak yüzeyini örtme oranının % 50-60 arasında olmasının erozyon açısından önemli olduğunu tespit etmişlerdir. Yüzey örtme oranlarının toprak işleme öncesi dahi %20 civarında olması tüm uygulamalarda bu oranın referans değerinin altında gerçekleşmesine neden olmuştur. Alternatif toprak işleme uygulamalarının anızın örtme oranı üzerindeki etkisi istatistiksel olarak önemli bulunmuştur (P<0.01).



Şekil 7. Uygulamaların anız miktarı ve örtme oranı üzerindeki etkisi
Figure 7. The effect of treatments on stubble amount and cover ratio

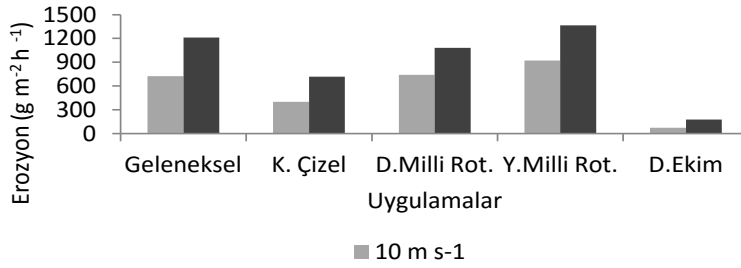
Farklı toprak işleme uygulamaları sonrası mobil rüzgâr tüneline farklı rüzgâr hızı kademelerinde yapılan denemelerde, 4 ve 7 m s⁻¹

rüzgâr hızlarında sediment tutumu gerçekleşmemiştir. 10 ve 13 m s⁻¹ rüzgâr hızlarında ise erozyon değerleri Şekil 8’de verilmiştir. Farklı uygulamalara bağlı olarak 10 m s⁻¹ rüzgâr hızında erozyon değerleri 72-921 g m⁻²

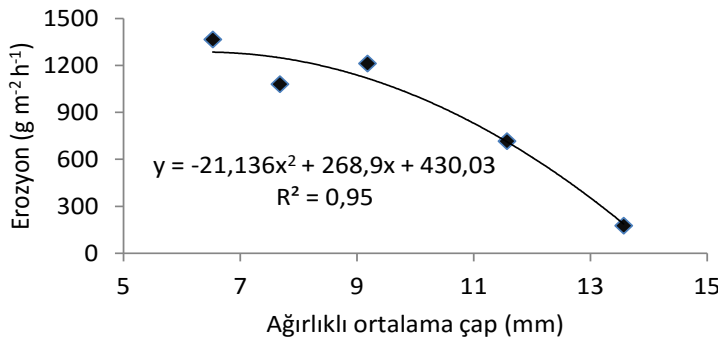
h^{-1} arasında değişmiştir. Yatay milli rotatillerde en yüksek, doğrudan ekimde ise en düşük toprak taşınımı gerçekleşmiştir. Yatay milli rotatiller uygulamasında, diğer uygulamalara göre toprak erozyonu 1.3 ila 12 kat daha fazla gerçekleşmiştir. 13 m s^{-1} rüzgar hızında ise toprak erozyonu değerleri uygulamalara bağlı olarak $176\text{-}1356.6 \text{ g m}^{-2} \text{ h}^{-1}$ arasında gerçekleşmiştir. Bu rüzgâr hızında da en yüksek toprak erozyonu yatay milli rotatillerde saptanmıştır. Yatay milli rotatiller uygulamasında yoğun toprak işlemeyle bağlı olarak toprak ağırlıklı ortalama çapının en küçük olması ve yine anızın yüzeyi kaplama oranının küçük olması (%3.77) buna neden olarak gösterilebilir. En yüksek rüzgâr hızı olan 13 m s^{-1} de erozyon değerleri üzerinde yapılan varyans

analizi uygulamalar arasındaki farklılığın istatistiksel olarak önemli olduğunu göstermiştir ($P<0.01$).

Toprağın ağırlıklı ortalama çap değerleriyle erozyon değerleri arasındaki ilişki Şekil 9'da verilmiştir. Şekil 9'da toprağın ağırlıklı ortalama çap değerlerinin büyümesiyle erozyon değerlerinin azaldığı görülmekte ve her iki bağımsız değişken arasındaki polinomial bir ilişkinin olduğu ve ilişkinin regresyon katsayısının ($R^2=0.95$) ise oldukça yüksek olduğu belirlenmiştir.



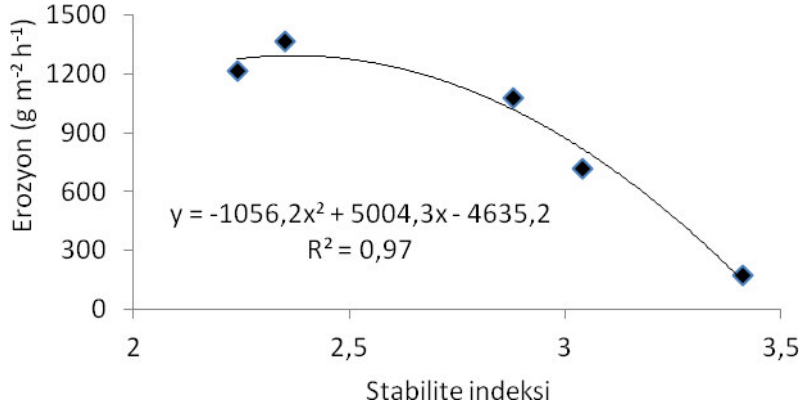
Şekil 8. Uygulamaların erozyon üzerindeki etkisi
Figure 8. The effect of treatments on wind erosion



Şekil 9. Erozyon ve toprağın ağırlıklı ortalama çapı arasındaki ilişki
Figure 9. The relationship between the mean weight diameter of soil and erosion

Toprağın stabilite indeksi değerleriyle erozyon değerleri arasındaki ilişki ise Şekil 10'da verilmiştir. Şekil 10'da toprağın stabilite indeksi değerlerinin büyümesiyle erozyon değerlerinin

azaldığı görülmekte ve her iki bağımsız değişken arasındaki polynomial bir ilişkinin olduğu ve ilişkinin regresyon katsayısının ($R^2=0.97$) ise oldukça yüksek olduğu belirlenmiştir.

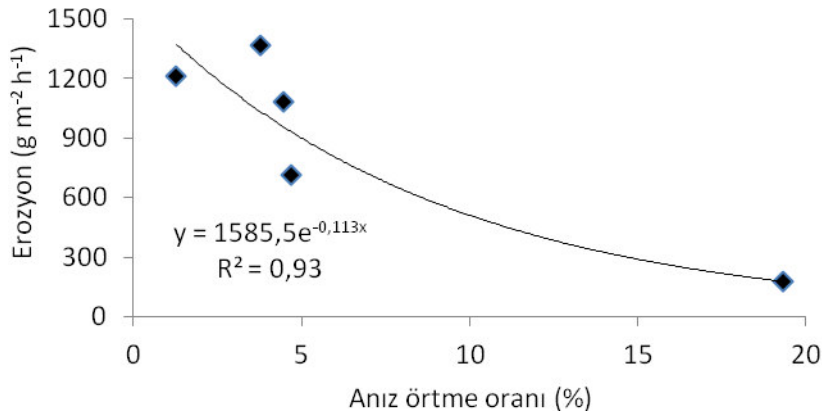


Şekil 10. Erozyon ve stabilite indeksi arasındaki ilişki ,

Figure 10. The relationship between the soil stability index and erosion

Toprağın anız örtme oranı değerleriyle erozyon değerleri arasındaki ilişki incelendiğinde toprağın anız örtme oranı değerlerinin büyümesiyle erozyon değerlerinin azaldığı

görülmektedir. Her iki bağımsız değişken arasındaki üssel bir ilişkinin olduğu ve ilişkinin regresyon katsayısının ($R^2=0.93$) ise oldukça yüksek olduğu belirlenmiştir (Şekil 11).



Şekil 11. Erozyon ve anız örtme oranı arasındaki ilişki

Figure 11. The relationship between the stubble cover ratio and erosion

Sonuç olarak aşağıdaki değerlendirmeler yapılabilir;

-PTO'dan hareketli makinalarda toprağın parçalama etkinliğinin daha yüksek olması sebebiyle ağırlıklı ortalama çap değerleri daha küçük bulunmuştur.

-Geleneksel uygulamada toprağın stabilite indeksi en küçük, doğrudan ekim uygulamasında ise en yüksek olarak elde edilmiştir. Çalışmada kullanılan tüm uygulamalarda toprağın stabilite indeksi değerleri, sınır değer olan >1.5 üzerinde çıkması bu toprakların aşınmaya karşı dayanıklı olduğunu göstermektedir.

-Toprak işleme sonrası en küçük yüzey düzgünlüğüne, toprağın ağırlıklı ortalama çap değeri daha küçük olan yatay milli rotatillerde ulaşılmıştır.

- Geleneksel uygulamada anızın gömülme oranının yüksek olması yüzey örtme oranının düşük çıkmasına neden olmuştur. Toprak işleme öncesi yüzeydeki anız miktarının düşük olması, tüm uygulamalarda yüzey anız örtme oranlarının koruyucu toprak işleme tekniği açısından referans kabul edilen değer in altında gerçekleşmesine neden olmuştur.

- En yüksek toprak erozyonu yatay milli rotatiller uygulamasında saptanmıştır. Yatay milli rotatiller uygulamasında yoğun toprak işlemeye bağlı olarak toprak ağırlıklı ortalama çapının ve anızın yüzeyi örtme oranının küçük olması buna neden olmuştur.

-Toprağın ağırlıklı ortalama çapı, stabilite indeksi ve yüzey anız kaplanma oranı ile erozyon arasındaki ilişkiler önemli bulunmuştur.

-Uygulamalar, koruyucu toprak işleme tekniği açısından değerlendirildiğinde doğrudan ekim uygulaması ön plana çıkmaktadır. Şayet, üretimde toprak işleme zorunlu ise kanatlı çizel uygulamasının daha uygun olduğu söylenebilir.

Teşekkür

Bu çalışma Tübitak (TOVAG 111 O 182 nolu proje) tarafından desteklenmiştir.

Kaynaklar

- Black CA (1965). Methods of soil analysis. Part I. American Society of Agronomy, Agronomy, 9.
- Chepil WS (1958). Soil conditions that influence wind erosion, Tech. Bull. No: 1185 USDA Washington. D.C.
- Çanga MR (1995). Toprak ve Su Koruma. A.Ü.Ziraat Fak. Yayınları No: 1386, Ders Kitabı No:400.
- Çarman K, Marakoğlu T, Çıtıl E ve Gür K (2012). Kuyruk Milinden Hareketli Bazı Toprak İşleme Makinelerinin Koruyucu Toprak İşleme Açısından Değerlendirilmesi. Tarım Makineleri Bilimi Dergisi, 8(4), 345-352.
- Çarman K (1997). Effect of Different Tillage Systems on Soil Properties and Wheat Yield in Middle Anatolia. Soil & Tillage Research, 40, 201-207.
- Demiryürek M, Okur M ve Taysun A (2007). Karapınar rüzgar erozyon sahasında rüzgarla hareket eden

- sediment miktarı ile yüksekliğin yıl içerisinde dağılımı ve toprak özellikleriyle kuru agregatlar arasındaki ilişki üzerine mevsim etkisi. Tarım ve Köyişleri Bakanlığı, Tarımsal Araştırmalar Genel Müdürlüğü, Proje No: TAGEM-BB-TOPRAKSU-2007/30, Konya.
- Düzgüneş O, Kesici T, Kavuncu O ve Gürbüz F (1987). Araştırma Deneme Metotları (İstatistik Metotları II). Ank. Üniv. Ziraat Fakültesi Yayınları Yayın No: 1021, Ders Kitabı, 295, Ankara.
- Gerontidis DV, Kosmas C, Detsis B, Marathianou M, Zafirios T and Tsara M (2001). The effects of moldboard plow on tillage erosion along a hillside. J. Soil Water Conserv. 56 (2), 147-152.
- Huszar PC (1989). Economics of Reducing Off-Site Costs of Wind Erosion. Land Economics, 65(4), 333-340.
- Liu M, Wang, J, Yan P, Liu L, Ge Y, Li X, Hu X, Song Y and Wang L (2006). Wind tunnel simulation of ridge-tillage effects on soil erosion from cropland, Soil and Tillage Research 90, 242-249.
- Lopez MV, Sabre M, Gracia R, Arrue JL and Gomes L (1998). Tillage effects on soil surface conditions and dust emission by wind erosion in semiarid Aragon (NE Spain). Soil and Tillage Research, 45: 91-105.
- Maurer T, Herrmann L, Gaiser T, Mounkaila M and Stahr K (2006). A mobile wind tunnel for wind erosion field measurements. Journal of Arid Environments, 66, 257-271.
- Önal İ ve Aykas E (1993). The effects of some pto-driven rotary-tillers on the soil, wheat growth and operational characteristics under the Aegean region. 5th International Congress on Mechanization and Energy in Agriculture, Kuşadası, pp: 119-130.
- Pimentel D (2006). Soil erosion: A food and environmental threat. Environ Develop Sust 8, 119-137.
- Quine TA, Basher LR and Nicholas AP (2003). Tillage erosion intensity in the South Canterbury Downlands, New Zealand. Aust J Soil Res 41, 789-807.
- Scott BJ, Eberbach PL, Evans J and Wade LJ (2010). EH graham centre monograph. No 1: Stubble Retention In Cropping Systems. In Southern Australia: Benefits and challenges: www.grahamcentre.net
- Uri ND (2000). Agriculture and the environment – The problem of soil erosion. J Sust Agric, 16:71-94.
- Williams P ve Young M (1999). Costing Dust (Final Report). Csiro Land and Water. Australia, pp 36.
- Zamani S and Mahmoodabadi M (2012). Effect of particle-size distribution on wind erosion rate and soil erodibility, Archives of Agronomy and Soil Science, 1-11.