T.C.
SELÇUK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

HUBUBAT TARIMINDA ALTERNATİF TOPRAK İŞLEME UYGULAMALARININ RÜZGAR EROZYONUNA VE ENERJİ TÜKETİMİNE ETKİLERİ

Kazım GÜR

DOKTORA TEZİ

Tarım Makineleri ve Teknolojileri Mühendisliği Anabilim Dalı

Temmuz-2019
KONYA
Her Hakkı Saklıdır

ÖZET

DOKTORA TEZİ

HUBUBAT TARIMINDA ALTERNATİF TOPRAK İŞLEME UYGULAMALARININ RÜZGAR EROZYONUNA VE ENERJİ TÜKETİMİNE ETKİLERİ

Kazım GÜR

Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü
Tarım Makineleri ve Teknolojileri Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. Kazım ÇARMAN

2019, 151 Sayfa

Jüri
Prof. Dr. Fikret DEMİR
Prof. Dr. Kazım ÇARMAN
Prof. Dr. Recai GÜRHAN
Prof. Dr. Hidayet OĞUZ
Prof. Dr. Tamer MARAKOĞLU

Bu çalışmada buğday üretiminde; geleneksel uygulama, azaltılmış toprak işleme uygulamaları ve doğrudan ekimden oluşan 5 farklı uygulama karşılaştırılmış; yakıt tüketimi, tarla trafiği, penetrasyon direnci, yüzey düzgünsüzlüğü, kesilme direnci, nem değişimi, mekanik stabilite, stabilite indeksi, anız gömülme oranı, tane verimi ve biyokütle değerleri belirlenmiş, enerji parametereleri hesaplanmıştır. Ayrıca doğrudan ekim uygulamasında ekim işlemi sonrasında diğer uygulamalarda ise toprak işleme sonrasında taşınabilir rüzgar tüneli ile 4 farklı rüzgar hızında erozyon oluşurularak sediment taşınımı izlenmiştir. Düşük hızlarda (4 ve 7 m s^{-1}) sediment tutumu gerçekleşmemiş, 10 ve 13 m s^{-1} rüzgar hızlarında elde edilen sedimentlerle uygulamalara ait erozyon miktarları hesaplanmıştır.

Elde edilen sonuçlara göre; farklı uygulamaların yakıt tüketimi değerleri 0.54 L da^{-1} ile 4.46 L da^{-1}, tarla trafiği değerleri % 50 ile % 190 arasında değişmiştir. Toprağın fiziko mekanik özelliklerinden penetrasyon direnci değerleri 0.69 MPa ile 2.57 MPa, kesilme direnci değerleri 0.34 N cm^{-2} ile 2.23 Ncm^{-2} ve tarla yüzey profil düzgünsüzlüğü değerleri ise % 4.56 ile % 29.16 arasında değişmiştir. Toprak nem değerleri açısından yapılan değerlendirme de; toprak işleme sonrası nem değerleri 0-15 cm'de % 6.1 ile % 9.8, 15-30 cm'de % 6.7 ile % 11.1 bulunmuştur. Uygulamalar toprağın mekanik stabilite ve stabilite indeksi açısından değerlendirildiğinde; sırasıyla 0-2.5 cm'de % 80.01 ile % 89.00, 2.5-5 cm'de % 83.57 ile % 96.27, 0-2.5 cm'de 2.24 ile 3.82, 2.5-5 cm'de 2.59 ile 6.14 arasında değişmiştir. Toprak erozyonu miktarı, 10 m s^{-1} rüzgar hızında 54 g m^{-2} h^{-1} ile 784 g m^{-2} h^{-1}, 13 m s^{-1} rüzgar hızında ise 113 g m^{-2} h^{-1} ile 1,212 g m^{-2} h^{-1} arasında değişmiştir. Uygulamaların buğday verimi değerleri 2,210 kg ha^{-1} ile 3,810 kg ha^{-1}, biyokütle verimi değerleri 6,759 kg ha^{-1} ile 9,740 kg ha^{-1}, net enerji oranı ise 7.25 ile 11.74 arasında değişmiştir.

Anahtar Kelimeler: anız miktarı, enerji tüketimi, erozyon, mekanik stabilite, stabilite indeksi, taşınabilir rüzgar tüneli, toprak nemi, yüzey düzgünsüzlüğü

ABSTRACT

Ph.D THESIS

EFFECTS OF ALTERNATIVE SOIL CULTIVATION PRACTICES ON WIND EROSION AND ENERGY CONSUMPTION IN CEREAL AGRICULTURE

Kazım GÜR

The Graduate School of Natural And Applıed Scıence of Selçuk Unıversıty
The Degree of Doctor of Phılosophy In Department of Agricultural Machinery Technologies and Engineering

Advisor: Prof. Dr. Kazım ÇARMAN

2019, 151 Pages

Jury
Prof. Dr. Fikret DEMİR
Prof. Dr. Kazım ÇARMAN
Prof. Dr. Recai GÜRHAN
Prof. Dr. Hidayet OĞUZ
Prof. Dr. Tamer MARAKOĞLU

In this study; 5 different practices of conventional cultivation, reduced soil cultivation practices and direct drilling in wheat production were compared; the values of fuel consumption, field traffic, penetration resistance, surface unevenness, cut resistance, moisture change, mechanical stability, stability index, stubble burying rate, grain yield and biomass were determined and energy parameters were calculated. In addition, erosion was created by portable wind tunnel at 4 different wind speeds and sediment transport was observed in direct drilling practice after drilling and in other practices after soil cultivation. Sediment trapping was not realized at low speeds (4 and 7 m s^{-1}) and the amounts of erosion were calculated with sediments obtained at 10 and 13 m s^{-1} wind speeds.

According to the results obtained; the values of fuel consumption of different practices ranged from 0.54 L da^{-1} to 4.46 L da^{-1} and the values of field traffic ranged from 50 % to 190 %. The values of penetration resistance, one of the physico-mechanical properties of soil, ranged from 0.69 MPa to 2.57 MPa, the values of cut resistance ranged from 0.34 N cm^{-2} to 2.23 N cm^{-2} and values of the field surface unevenness ranged from 4.56 % to 29.16 %. In the evaluation in terms of the values of soil moisture; the values of moisture after soil cultivation was found as 6.1% to 9.8% at 0-15 cm and 6.7 % to 11.1 % at 15-30 cm. When practices were evaluated in terms of the values of soil mechanical stability and stability index, they were changed between 80.01% and 89.00% at 0-2.5 cm, 83.57% and 96.27% at 2.5-5 cm, 2.24 and 3.82 at 0-2.5 cm and 2.59 and 6.14 at 2.5-5 cm, respectively. The amount of soil erosion ranged from 54 g m^{-2} h^{-1} to 784 g m^{-2} h^{-1} at a wind speed of 10 m s^{-1} and from 113 g m^{-2} h^{-1} to 1,212 g m^{-2} h^{-1} at a wind speed of 13 m s^{-1}. The values of wheat yield of the practices ranged from 2,210 kg ha^{-1} to 3,810 kg ha^{-1}, the values of biomass yield ranged from 6,759 kg ha^{-1} to 9,740 kg ha^{-1} and net energy ratio ranged from 7.25 to 11.74.

Keywords: amount of stubble, energy consumption, erosion, mechanical stability, portable wind tunnel, soil moisture, stability index, surface unevenness

ÖNSÖZ

Geleneksel toprak işleme uygulamaları küresel ölçekte arazi bozulmasına neden olmaktadır. Türkiye'de ekim alanlarında toprak erozyonunun başlıca nedenleri; uygun olmayan aşırı toprak işleme ve toprak yüzeyinde yeterli miktarda anız artıklarının bırakılmamasıdır. Dünyada son 15 yıldır sürdürülebilir tarımsal üretim için koruyucu tarım konsepti gündeme gelmiştir. Koruyucu tarım sistemleri; (1) minimum toprak bozulması, (2) alanda rasyonel miktarda bitki artığının bırakılması ve (3) ürün münavebesinin kullanılması gibi üç prensipten oluşmaktadır. Bu prensipler; toprak ve su koruma uygulamaları ile kombine edildiğinde yüzey akışı ile toprak ve bitki besin elementi kaybı azalmaktadır. Böylece, verimli su kullanımı ile sürdürülebilirlik sağlanmakta, ürün verimi ve karlılığı artmaktadır.

Bölgemiz üretim deseninde; hububat tarımının payının yüksek olması ve geleneksel üretim teknikleriyle üretimin sürdürülebilmesi, yüksek girdi maliyetlerinin yanısıra çevre açısından da olumsuz etkilere neden olmaktadır. Bu nedenle ülkemizde özellikle yarı kurak ve kurak alanlarda buğday yetiştiriciliğinde geleneksel uygulama ile koruyucu tarım pratiklerine uygun azaltılmış toprak işleme uygulamalarını karşılaştıran çalışmalara öncelik verilmiştir.

Bu çalışmada buğday tarımında farklı üretim sistemlerinin; enerji bilançoları, bazı toprak özellikleri, toprakta nem değişimi ve toprak erozyonu üzerindeki etkileri belirlenmiştir. Proje sonuçları küresel bir problem olan çölleşmeye karşı geliştirilecek stratejilere de ışık tutabilecektir.

Yürütülen tez çalışması ülkemizde saha üzerinde taşınabilir rüzgar tüneli ile erozyon tespiti yapılan ilk çalışmadır.

Bu tez çalışmanın belirlenmesinde, planlanmasında, denemelerin yürütülmesinde ve sonuçların değerlendirilmesinde; ilgi ve yardımlarını esirgemeyen, danışman hocam Sayın Prof. Dr. Kazım ÇARMAN'a şükranlarımı sunarım. Tez İzleme Komitemde yer alan, bilgi ve tecrübeleriyle katkı veren, değerli hocalarım Prof. Dr. Fikret DEMİR ve Prof. Dr. Hidayet OĞUZ'a teşekkürlerimi sunarım.

Denemeler sırasında yardımlarını esirgemeyen Prof. Dr. Tamer MARAKOĞLU, Öğr. Gör. Ergün ÇITIL, Zir. Yük. Müh. Hasan KIRILMAZ, Zir. Yük. Müh. Feti KİRTİŞ ve teknisyen Fevzi DUMAN'a teşekkür ederim.

Denemelerimi yürüttüğüm Konya Toprak Su ve Çölleşme ile Mücadele Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü'ne teşekkür ederim.

Erozyon verilerini değerlendirmem sırasında katkılarını esirgemeyen Prof. Dr. Amrakh I. MAMEDOV ve Prof. Dr. Fariz MİKAİLSOY'a teşekkür ederim.

Çalışmalarım sırasında TÜBİTAK 2214-A Yurt Dışı Araştırma Burs Programı çerçevesinde Belçika Ghent Üniversitesi'nde çalışmalarda bulunmama vesile olan Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu'na, Ghent Üniversitesi, Biyosistem Mühendisliği Bölümü, Toprak Yönetimi Bölümü ve Uluslararası Eromoloji Merkezi'nden (Gent University, Bioscience Engineering Faculty, Department of Soil Management, UNESCO Chair on Eremology) Prof. Dr. Wim M. CORNELIS'e, Prof. Dr. Donald GABRIELS'e ve Dr. Muhammed KHLOSI'ye teşekkür ederim.

Çalışmalarım boyunca maddi ve manevi desteklerinin yanı sıra sabır ve anlayışını esirgemeyen; eşime, babama, anneme, kardeşlerime ve kızım Nihal'e tekkürlerimi borç bilirim.

.

Kazım GÜR
KONYA-2019

İÇİNDEKİLER

ÖZET ..... **iv**

ABSTRACT ..... **v**

ÖNSÖZ ..... **vi**

İÇİNDEKİLER ..... **viii**

SİMGELER VE KISALTMALAR ..... **x**

1. GİRİŞ **1**

1.1. Rüzgar Erozyonu 7
1.1.1. Rüzgar Erozyon Süreci 10
1.1.2. Rüzgar Erozyonu Ölçümleri 15
1.1.3. Rüzgar Erozyonu Tahmini 18

2. KAYNAK ARAŞTIRMASI **23**

2.1. Koruyucu Toprak İşleme ile İlgili Çalışmalar 23
2.2. Rüzgar Erozyonu ile İlgili Çalışmalar 37
2.3. Toprak işlemenin Tane Verimi ve Enerji Bilançosu Üzerindeki Etkisiyle İlgili Çalışmalar 41

3. MATERYAL VE YÖNTEM **46**

3.1. Materyal 46
3.1.1. Deneme alanı 46
3.1.2. Denemede kullanılan tarım alet ve makinaları 48
3.1.3. Denemelerde kullanılan bitkisel materyal ve özellikleri 48
3.1.4. Denemelerde kullanılan bazı araçlar 49
3.2. Metod 53
3.2.1. Deneme deseni 53
3.2.2. Denemelerde uygulanan toprak işleme ve ekim yöntemleri 54
3.2.3. Verilerin elde edilmesi 58

4. ARAŞTIRMA SONUÇLARI VE TARTIŞMA **69**

4.1. Uygulamalarda Kullanılan Makinelere Ait İşletmecilik Değerleri 69
4.2. Uygulamaların Tarla Trafiği Değerleri 70
4.3. Uygulamaların Yakıt Tüketim Değerleri 71
4.4. Toprak Penetrasyon Direnci Değerleri 73
4.5. Toprağın Kesilme Direnci Değerleri 77

4.6. Tarla Yüzey Profil Düzgünsüzlüğü Değerleri 79
4.7. Toprak Nem Değerlerindeki Değişim 81
4.8. Toprak Mekanik Stabilite ve Stabilite İndeksi Değerleri 86
4.9. Anız Miktarı ve Gömülme Oranları Değerleri 93
4.10. Uygulamaların Erozyon Üzerindeki Etkisi 96
4.11. Uygulamalara Bağlı Olarak Tane ve Biyokütle Miktarı 102
4.12. Enerji Girdileri ve Verimlilik Değerleri 105

5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER 111

5.1. Sonuçlar 111
5.2. Öneriler 114

KAYNAKLAR 117

EKLER 132

ÖZGEÇMİŞ 140

SİMGELER VE KISALTMALAR

Simgeler

A : 0.84 mm'den büyük toprak fraksiyonları yüzdesi (%)
a, b, c : Regresyon katsayıları (-)
AG : Agregat enerjisi (MJ ha^{-1})
AGO : Anız gömülme oranı (%)
B : Efektif iş genişliği (m)
β : Regresyon katsayısı (-)
C : İklim faktörü (-)
D : Rüzgar yönü faktörü (-)
d : Kanatlı kesici aletin çapı (cm)
E : Rüzgar erozyonu miktarı (t da^{-1})
EI : Toplam enerji girdisi (MJ ha^{-1})
EO : Toplam enerji çıktısı (MJ ha^{-1})
$E_{TMİ}$: Traktör veya ekipmanın birim ağırlığının üretimi için gerekli enerji miktarı (MJ kg^{-1})
F : Toprakta sürtünme ile aşınma oranı (%)
Fr : Froude sayısı (-)
G : Traktör veya ekipman ağırlığı (kg)
g : Yerçekimi sabiti ivmesi (m s^{-2})
H : Tünel (sınırlandırılmış kanal) yüksekliği (m)
h : Kanat yüksekliği (cm)
I : Toprak erodibilite faktörü (-)
K : Toprak pürüzlülük faktörü (-)
k : Zamandan faydalanma katsayısı (-)
L : Alan genişliği faktörü (m)
MS : Mekanik stabilite (%)
M_1 : Toprak işlemeden önceki sap miktarı (g)
M_2 : Toprak işlemeden sonraki sap miktarı (g)
O : Rüzgar engeli faktörü (-)
Q : Toplam sediment taşınımı (g m^{-2} h^{-1})
q(z) : (z) yüksekliğindeki sediment taşınma miktarı (g m^{-2} s^{-1})
R : Toprak örtüsü (kalıntı) faktörü (-)
R_T : Tarlanın yüzey düzgünsüzlüğü (%)
S : İş başarısı (ha h^{-1})
S_s : Ölçülen değerin standart sapması (-)
T : Maksimum dönme momenti (Ncm)
TT : Tarlanın traktör tarafından çiğnenen alanı (%)
$T_{TMÖ}$: Traktör veya ekipmanın kullanım ömrü (h)
t : Zaman (h)
τ : Toprağın kesilme direnci (N cm^{-2})
U : Rüzgar hızı (m s^{-1})
V : Yüzey bitki örtüsü kaplama faktörü (-)
v : Makine ilerleme hızı (km h^{-1})
W : Birinci elemede bulunan 0.84 mm'den büyük kuru agregat yüzdesi (%)
W_1 : İkinci elemede bulunan 0.84 mmden büyük kuru agregat yüzdesi (%)

Kısaltmalar

ABD	: Amerika Birleşik Devletleri
ASAE	: Amerika Tarım Mühendisleri Birliği (American Society of Agricultural Engineers)
BEST	: Başaran ve Erpul Sediment Tutucu
ÇATAK	: Çevre Amaçlı Tarımsal Arazilerin Korunması
DMİ	: Devlet Meteoroloji İşleri
FAO	: Birleşmiş Milletler Gıda ve Tarım Örgütü (Food and Agriculture Organization of the United Nations)
GLASOD	: Global Toprak Bozunum Veritabanı (Global Assessment of Human-induced Soil Degradation)
LSD	: En Küçük Önemli Fark (Least Significant Difference)
MWAC	: Modifiye Wilson and Cooke Sediment Tutucu (Modified Wilson and Cooke)
NRCS	: Doğal Kaynakları (Toprakları) Koruma Servisi, Birleşmiş Milletler Tarım Bölümü (Natural Resources Conservation Service Soils, United States Department of Agriculture
NT	: Toprak İşlemesiz Ekim (No-till)
RWEQ	: Revize Rüzgar Erozyon Denklemi (Revised Wind Erosion Equation)
SLTL	: Toprak Kaybı Tolerans Limiti (Soil Loss Tolerance Limit)
TMO	: Toprak Mahsulleri Ofisi
TEYDEB	: Teknoloji ve Yenilik Destek Programları Başkanlığı
TÜİK	: Türkiye İstatistik Kurumu
UNEP	: Birleşmiş Milletler Çevre Programı (United Nations Environment Programme)
USDA	: Birleşmiş Milletler Tarım Departmanı (United States Department of Agriculture)
WAC	: Wilson and Cooke Sediment Tutucu (Wilson and Cooke)
WEQ	: Rüzgar Erozyonu Eşitliği (Wind Erosion Equation)

1. GİRİŞ

Birleşmiş Milletler'in Dünya Nüfus Tahminleri Raporu'na göre, dünya genelinde 7.6 milyar olan nüfusun, 2030 yılında 8.6 milyar, 2050 yılında 9.8 milyar ve 2100 yılında 11.2 milyar seviyesine ulaşması (Anonymous, 2017) ve bu süreç içerisinde 2075 yılında tarımsal üretimin iki katına çıkması tahmin edilmektedir (Anonymous, 2011). Artan dünya nüfusunun beslenmesi için ve özellikle tahıla dayalı beslenme alışkanlığı olan ülkeleri dikkate aldığımızda; başta buğday ve pirinç olmak üzere tahıl üretiminin de artırılması gerektiği bir gerçektir.

TMO 2016 yılı Hububat Raporuna göre; 2014-2017 yılları arasında Bazı Ülkelerde Buğday Ekim Alanları ve Üretim Miktarları Çizelge 1.1 'de görülmektedir (Anonim, 2017).

Çizelge 1.1. Bazı ülkelerde buğday ekim alanları ve üretim miktarları (Anonim, 2017).

Dünya ve Başlıca Üretici Ülkelerde Buğday Ekim Alanları ve Üretim Miktarları

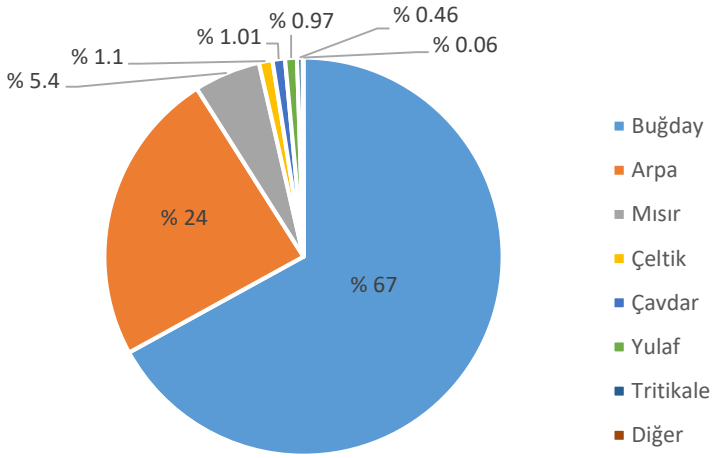
Ülkeler	2014/15		2015/16		2016/17*	
	Ekim Alanı (Milyon ha)	Üretim (Milyon ton)	Ekim Alanı (Milyon ha)	Üretim (Milyon ton)	Ekim Alanı (Milyon ha)	Üretim (Milyon ton)
AB(28)	17.3	156.1	17.6	159.7	17.4	144.4
Çin	24.1	126.2	24.2	130.2	24.2	128.9
Hindistan	30.5	95.9	31.5	86.5	30.2	86.0
ABD	18.8	55.1	19.1	56.1	17.8	62.9
Rusya	23.6	59.1	25.6	61.0	26.9	72.5
Kanada	9.5	29.4	9.6	27.6	8.9	31.7
Pakistan	9.2	26.0	9.2	25.5	9.3	25.5
TÜRKİYE	**7.9**	**19.0**	**7.8**	**22.6**	**7.7**	**20.6**
Arjantin	5.0	13.9	3.9	11.3	5.0	15.5
Kazakistan	12.4	13.0	11.8	13.8	12.2	17.0
Avustralya	12.4	23.7	12.8	24.2	13.0	33.5
Ukrayna	6.3	24.7	7.1	27.3	6.5	26.8
Diğer	44.8	88.0	44.5	90.6	42.5	86.3
DÜNYA	**221.8**	**730.1**	**224.7**	**736.4**	**221.6**	**751.6**

* 2016/17 TÜİK

Dünya buğday ekim alanları 2016/17 döneminde 221,6 milyon hektarla 2014/15 yılına göre % 0.09 azalış gösterirken, ülkemizde aynı dönemde ekim alanları % 2.53 azalmış, üretimde ise 2015/16 yılına göre % 8.85 azalma meydana gelmiştir.

Türkiye, iklim ve ekolojik özelliklerinden dolayı birçok ürünün yetiştirilmesine elverişli ve tarımsal üretim açısından avantajlı bir ülkedir. Ülkemizin toplam istihdamının

% 19.4`ü tarım sektöründe yer almaktadır (Anonim, 2018a). Ülkemiz yüzölçümünün yaklaşık % 30'u (23.4 Milyon ha) tarım yapılabilir özelliktedir. Tarım alanlarımızın nadas alanları hariç % 65.8' i (15.4 Milyon ha) tarla ziraatına ayrılmıştır. Bu alanın da % 70.7'sinde (10.9 Milyon ha) hububat ekilmektedir. Hububat ekim alanı içerisinde yaklaşık % 67'lik pay ile ilk sırada buğday, % 24'lük pay ile ikinci sırada arpa ve % 5.4'lük payla mısır üçüncü sırada yer almaktadır. Bu ürünleri sırasıyla; çeltik, çavdar yulaf ve tritikale izlemektedir (Şekil 1.1)(Anonim, 2018b).



Şekil 1.1. Türkiye tahıl ekim alanları oransal dağılımı (%)

Türkiye`de hububat ekim alanlarındaki en belirgin artış 1951-60 döneminde olmuştur. Bu artış Marshall Planı çerçevesinde tarımda yaşanan hızlı traktörleşmeye bağlı olarak mera alanlarının sürülmesiyle sağlanmıştır. Hububat üretiminde 1950`li yıllardaki artışlar ekim alanlarındaki genişlemeden, 1970`lerden sonraki artışlar ise verimdeki yükselmeden kaynaklanmıştır. 1949-60 döneminde görülen artışlarda 1949`dan sonra traktör sayısının hızla artması etkili olmuştur (Anonim, 2014).

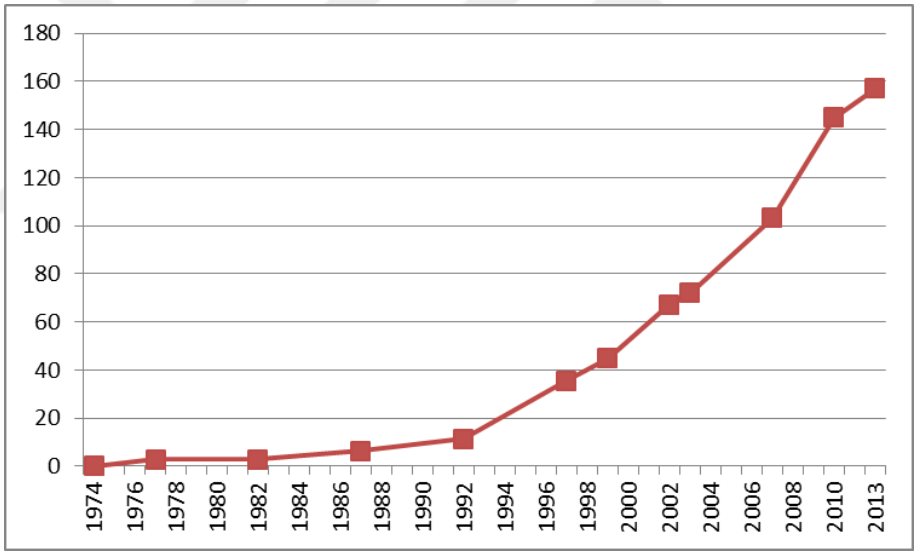
Son yıllarda toprak ve su kaynaklarının korunması konusunda artan duyarlılık ile maliyetleri azaltma talepleri, araştırıcıları tarımda alternatif üretim yollarına yöneltmiştir. Koruyucu toprak işleme konusunda dünyada meydana gelen gelişmeler ülkemizde de geleneksel toprak hazırlığına alternatif alet ve makinaların geliştirilmesi ve yaygınlaştırılmasına ivme kazandırmıştır.

Koruyucu toprak işleme uygulamaları; işgücü gereksinimi ve enerji tüketimini azaltan, zamandan tasarruf eden, toprakların agregat stabilitesini ve organik madde içeriğini artıran, bunun sonucunda toprak erozyonunu azaltan, toprak strüktürünün iyileşmesini sağlayan uygulamalardır.

Tarımsal üretimde toprak işleme, üretim maliyetlerinin en yüksek kalemleri arasındadır. Bu nedenle toprak işleme masraflarını azaltmak ve sürdürülebilir tarım için minimum toprak işleme veya hiç toprak işleme yapılmadan (doğrudan ekim) tarım yapılması gerekmektedir (Marakoğlu ve Çarman, 2008).

Toprak yüzeyi bitki örtüsü muhafazası (malçlama) ile korunarak yapılan koruyucu tarım uygulamaları ile toprak bozunumu ve erozyon önlenmekte, hem toprak yüzeyinde hem de toprak içerisinde biyokütle üretimi yapılmakta; yağmur, rüzgar, güneş ışığı kaynaklı ısı gibi meteorolojik olaylara karşı toprak korunmakta, buharlaşma oranı azalmakta, toprak organizmaları için uygun yaşam koşulları oluşmaktadır ki; bu sayede toprak agregatları oluşumu artmaktadır.

Şekil 1.2 'de Dünya'da ekilebilir arazilerde koruyucu toprak işlemenin gelişimi (Kassam ve ark., 2015) Çizelge 1.2'de ise Dünya'da ve Türkiye'de koruyucu tarım uygulanan alanlar verilmiştir (Anonymous, 2014).



Şekil 1.2. Dünyada ekilebilir arazilerde koruyucu toprak işlemenin gelişimi (Mha) (Kassam ve ark., 2015)

Çizelge 1.2. Dünyada ve Türkiye de koruyucu tarım uygulanan alanlar (M ha) (Anonymous, 2014)

Kıta	Koruyucu Toprak İşleme Yapılan Alan (M ha)	Dünya Toplam Koruyucu Tarım Alanı Yüzdesi (%)*	Ekili Alan Yüzdesi (%)**
Güney Amerika	66.4	42.3	60.0
Kuzey Amerika	54.0	34.4	24.0
Avustralya& YZ	17.9	11.4	35.9
Asya	10.3	6.6	3.0
Rusya & Ukrayna	5.2	3.3	3.3
Avrupa	2.0	1.3	2.8
Afrika	1.2	0.8	0.9
Türkiye	**0.045**	**0.0003**	**0.002**
Genel Toplam	**157.0**	**100**	**10.9**

* Koruyucu Tarım alanı olarak toplam ekili alanın % si,
** Koruyucu Tarım alanı olarak kıta/ülkedeki toplam ekiliş alanın % si.

Toprak yönetimine önemli katkılarından dolayı koruyucu toprak işleme yöntemi hızla yaygınlaşarak, 2013 yılı verilerine göre dünya genelinde 157 milyon hektar alanda uygulama olanağı bulmuştur. Bu alan içinde en büyük payı % 42.3 ile Güney Amerika kıtası alırken bu kıtayı sırasıyla % 34.4 ile Kuzey Amerika, % 11.4 ile Avustralya kıtaları takip etmektedir. Türkiye ise 45,000 ha koruyucu toprak işleme alanıyla dünyada yapılan uygulamaların % 0.0003'ü paya sahiptir (Anonymous, 2014).

İlk çağlarda tarımsal üretimde insan ve hayvan gücü yer alırken, günümüzde ilk sırada traktör olmak üzere elektrik, güneş, su, rüzgar vb. enerji kaynaklarıyla çalıştırılan güç kaynakları daha yoğun kullanılmaktadır. Tarımsal alanda meydana gelen teknolojik gelişmeler, mekanizasyon derecesinin artması, yeni tarım alanlarının üretime açılması ekstansif tarımı beraberinde getirmiş, üretim artışı sağlamış fakat tarımsal üretimde daha fazla enerji tüketimine neden olmuştur. Üretim zincirinde enerji girdi ve çıktı analizinin yapılması, enerji oranının diğer bir deyişle enerji verimliliğinin belirlenmesi önemlidir. Birim alanda daha yoğun makine kullanımı bir yandan birim üretimde enerji tüketimini artırmakta, kar marjını (oranını) düşürmekte diğer taraftan yoğun tarla trafiği toprak sıkışması, toprak tekstürünün bozulması, toprak erozyonu, sera gazları emisyonu, küresel iklim değişikliği gibi bir dizi çevre problemine neden olmaktadır.

Tarımsal işlemlerin makina ve enerji kullanımıyla gerçekleştirilmesi (tarımsal mekanizasyon) daha hızlı ve daha büyük ölçekte üretim yapabilmeyi mümkün kılmakta, diğer tarım teknolojisi uygulamalarından farklı olarak; verim artışını dolaylı etkilemekte, kırsal kesimde yeni üretim yöntemlerinin uygulanmasını sağlamakta ve belirli büyüklüğe sahip üretim alanlarından daha yüksek verim alınmasına katkıda bulunmaktadır (Saral ve ark., 2000).

Günümüzde üretim girdilerinin yaklaşık % 35' i mekanizasyon girdisidir (% 20 mekanizasyon + % 15 yakıt). Bu yüksek maliyet payına rağmen mekanizasyon; tohum, gübre, ilaç ve motorinden daha az önemli görülmekte, gereken önem verilmemektedir (İleri, 2015).

Tarımsal üretimde enerji kaynaklarının etkin kullanımı; çevre problemlerini minimize edecek, doğal kaynakların tahribatını önleyecek ve sürdürülebilir tarımı geliştirecektir. Ürün yetiştirme sisteminin bütün girdileri ve çıktıları enerji açısından değerlendirilebilmekte, enerji girdi ve çıktı analizi bitkisel üretimde enerji etkinliğini ve çevre etkisini belirlemek için kullanılmaktadır. Bu analizin; gerekli gelişmeler ve performans ile çevre dostu üretim sistemine geçiş için önemli ve daha etkili olduğuna işaret edilmektedir (Barut ve ark., 2011).

Tarımda enerji kullanımı direkt ve indirekt enerji olarak iki bileşene ayrılabilir. Direkt enerji çeşitli üretim operasyonlarında kullanılan; yakıt, elektrik, su ve insan enerjisi tüketimidir. İndirekt bileşen çiftlik girdilerinin dağıtımı (gübre ve kimyasallar) ile üretim için gerekli makine ve ekipmanlarda kullanılan enerjidir. Bu enerji de yenilenebilir ve yenilenemeyen olarak ikiye ayrılabilir. Çiftlik gübresi, su, insan enerjisi yenilenebilir enerji kaynakları olarak kategorize edilirken; dizel yakıtı, elektrik, kimyasallar, kimyasal gübreler ve makinalar yenilenemeyen enerji olarak sınıflandırılmaktadır (Zangeneh ve ark., 2010).

Tarımsal üretimde toprak işleme, gerek yüksek enerji girdisi ve gerekse de düşük iş başarısı (<0.4 ha gün^{-1}) nedeniyle önemli bir maliyet girdisidir. Orta Anadolu'da buğday üretiminde toplam enerji girdisi 14,530 MJ ha^{-1} olup, geleneksel toprak işlemenin payı % 16 dır (Marakoğlu ve Çarman, 2010). Yunanistan'da ayçiçeği üretiminde toplam yakıt tüketiminin (3,558 MJ ha^{-1}) % 32.6'sı primer toprak işlemede harcanmaktadır (Kallivroussis ve ark., 2002). Türkiye de 15.5 milyon ha alanda tarla tarımı yapılmakta olup, bu alanın % 99'unda geleneksel toprak işleme (pulluk + ikileme + üçleme) uygulanmaktadır. Tarla tarımında toprak işlemeye bağlı olarak yıllık ortalama yakıt tüketimi 620 milyon litredir. Ülkemizde toplam tüketilen motorin yakıtı dikkate alındığında (24 milyon ton) % 2.5'ni oluşturmaktadır (Anonim, 2015).

Topraklarımızın korunması, tabii kaynakların sürdürülebilir yönetimi ve gıda güvenliğinin sağlanması için erozyon ve çölleşme ile mücadele edilmesi zorunludur.

Ülkemizin %59'u, %12'den fazla eğimli alanlardan oluşmaktadır. Bu alanların % 11.5'inde şiddetli ve çok şiddetli erozyon görülürken; % 6.5'lik kısmı oluşturan % 60' dan fazla eğimli alanların % 1.3' ünde şiddetli ve çok şiddetli erozyon görülmektedir. Erozyon ile taşınan topraklarla çeşitli minareller ve organik madde taşınımı da gerçekleşmekte, toprakların verimliliği azalmaktadır (Anonim, 2018c).

Yapılan çalışmalara göre dünya genelinde 432.2 milyon ha'lık bir alanın rüzgâr erozyonu tehlikesi ile karşı karşıya olduğu ve bu alanların kıtalara, iklim koşullarına vb. göre farklılık gösterdiği belirtilmektedir. En yüksek erozyon tehdidi 235.2 milyon ha ile kurak bölge toprakları için belirtilmiş olup yarı kurak ve yarı nemli alanlar için sırasıyla 150.2 ve 46.8 milyon ha olduğu belirlenmiştir (Middleton ve ark., 1986).

Ülkemizde yaklaşık olarak 23.4 milyon ha işlemeli tarım alanı, 14.6 milyon hektar çayır ve mera alanı, 22.3 milyon hektar orman, çalı ve fundalık arazi mevcuttur. İşlenen tarım alanlarının % 59'u (13.8 milyon hektar), mera alanlarının % 64'ü (9.3 milyon hektar) ile orman ve makiliklerin % 54'ü (12 milyon hektar) erozyona maruzdur. Mülga Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğünce yapılan toprak etütlerine göre; 15.6 milyon hektarda diğer bir deyişle toplam alanımızın % 20'sinde orta derecede, 28.3 milyon hektarında (% 36) şiddetli ve 13.2 milyon hektarında (% 17) çok şiddetli derecede su erozyonu belirlenmiştir. Rüzgâr erozyonu alanları ise 0.5 milyon hektara yakındır. Görüldüğü gibi ülkemiz topraklarının % 73'ü ileri derecelerde erozyona uğramıştır. Erozyon görülmeyen arazilerimiz ancak % 14 civarındadır. Arazilerimizin kullanma yeteneklerine göre erozyon durumları Çizelge 1.3. 'de verilmiştir (Doğan, 2011).

Çizelge 1.3. Türkiye'de erozyon alanı (ha)

Erozyon Derecesi	İşlemeli Tarıma Uygun II-III-IV. Sınıf Arazi	İşlemeli Tarıma Uygun Olmayan V-VI-VII. Sınıf Arazi	Toplam	%
Orta	13,780,260	1,812,215	15,592,475	27.4
Şiddetli	2,077,270	26,257,668	28,334,938	49.6
Çok Şiddetli	1,930	13,219,548	13,221,478	23.0
Toplam	**15,859,460**	**41,289,431**	**57,148,891**	**100**
Rüzgar Erozyonu	465,913		465,913	

Ülkemizdeki rüzgâr erozyonu tehlikesi ise dünyanın birçok bölgesinde olduğu kadar yaygın olmamakla birlikte, sebep olduğu problemler bölgeler itibariyle farklılıklar göstermekte ve bazen ciddi sorunlara neden olmaktadır. Rüzgâr erozyonuna duyarlı alanların dağılımına bakıldığında, erozyon tehlikesinin en çok Orta Anadolu bölgesini etkilediği görülmektedir. Rüzgâr erozyonunun en fazla arazi bozulması problemi olduğu

yer ise Konya ili olup, ülke genelinde 465,913 ha'lık alanı etkileyen tehlikenin % 69.22'lik kısmı (322,474 ha) Konya ilinin sınırları içerisinde gerçekleşmektedir (Acar ve Dursun, 2010).

Yapılan araştırmalar yanlış ve bilinçsiz toprak işlemeden kaynaklanan erozyon nedeniyle yılda 150 ton ha^{-1}'lık bir toprak kaybının meydana geldiğini ortaya koymuştur. Toprağı devirmeden işleyerek, işlem sayısını azaltarak ve toprak yüzeyinde malç tabakası oluşturarak bu sorunun aşılabileceği, malç tabakasının toprağı yağmurun ve rüzgârın fiziksel etkilerinden koruduğu, yüzeydeki nemin ve sıcaklığın sürekliliğini sağladığı, ayrıca toprak canlıları ve mikroorganizmalar içinde yaşam alanı oluşturduğu belirtilmiştir (Anonymous, 2018).

Ülkemizde son yıllarda hem toprakta organik madde artışı sağlayıcı uygulamalar hem de erozyonu önlemeye yönelik ağaçlandırma çalışmaları kapsamında, bozulmuş arazileri iyileştirmek ve iyi tarım uygulamalarını yaygınlaştırmak için ÇATAK (Çevre Amaçlı Tarımsal Arazilerin Korunması) destekleri yeniden düzenlenmiştir. Bununla birlikte, uzun süreli toprak erozyonu ve geleneksel tarım uygulamaları kurak alanlarda biyokütle azalmasına neden olmakta ve uygun önlemler alınmadıkça bu çevre sorununun devam edeceği tahmin edilmektedir. Bu yüzden bu bölgelerde toprak ve suyun yerinde korunmasına yönelik politikalar desteklenmeli, anız yönetimine önem verilmeli ve koruyucu toprak işleme uygulamaları yaygınlaştırılmalıdır. Son yıllarda meteorolojik kuraklık nedeniyle özellikle kurak alanlarda rekolte kayıplarımızın olduğu, çiftçilerimizin kayıplarını telafi etmek için kuraklık sigortası vb. çözüm yollarına başvurduğu gerçeği de olağandışı durumlara karşı topraklarımızı korumamız gerektiği hususunu ortaya koymaktadır.

Bu araştırmada, hububat tarımında farklı toprak işleme uygulamalarının; toprağın penetrasyon direncine, kesilme direncine, yüzey düzgünsüzlüğüne, nem değişimine, mekanik stabilite ve stabilite indeksine, anız gömülme oranına etkileri incelenmiştir. Uygulamaların, farklı rüzgar hızlarında erozyon oluşumuna (sediment taşınımı) etkisi araştırılmıştır. Ayrıca, uygulamaların buğday verimi ve biyokütle değerleri ve enerji girdi/çıktı oranları üzerindeki etkilerinin belirlenmesi amaçlanmıştır.

1.1. Rüzgar Erozyonu

Rüzgar jeolojik zamanlar boyunca aşındırıcı bir ajan olarak aktif olmuştur. Toprağı bir yerden alır ve bir diğer yere depolar. Çin'de Huanghe Nehri boyunca ve ABD' de Missouri ve Mississippi nehirleri boyunca sediment birikimi, yoğun lös (killi ve kumlu

balçık) birikintilerine seçkin örneklerdir. Belçika'da, ülkenin Kuzey ve Orta bölgelerinde kum ve lös birikintileri aeolian (aolyen) kaynaklıdır. Rüzgar erozyonu tarih öncesi çağlardan beri bir dereceye kadar aktif olmasına rağmen, insan etkileri nedeniyle daha çok aktif ve yıkıcı hale gelmiştir. Dünya nüfusunun son yüzyılda önemli ölçüde büyümesinden dolayı bu daha çok belirgin hale gelmiştir. Bu hızlandırılmış erozyon; toprak yönetimindeki yanlış yöntemler veya uygun olmayan amaçlar için arazi kullanımı nedeniyle artmıştır (Gabriels ve Cornelis, 2007).

Çizelge 1.5. 'de insan kaynaklı toprak bozulmasının farklı boyutları hakkında GLASOD' un tahminleri verilmiştir Çizelgeye göre arazi bozunumunun en önemli tipi toprak erozyonudur. Küresel bozulmuş alanın %83 'ünü etkilemiştir. Büyük bölgesel farklılıklar olmasına rağmen arazi bozulmasının diğer tipleri daha az önemlidir.

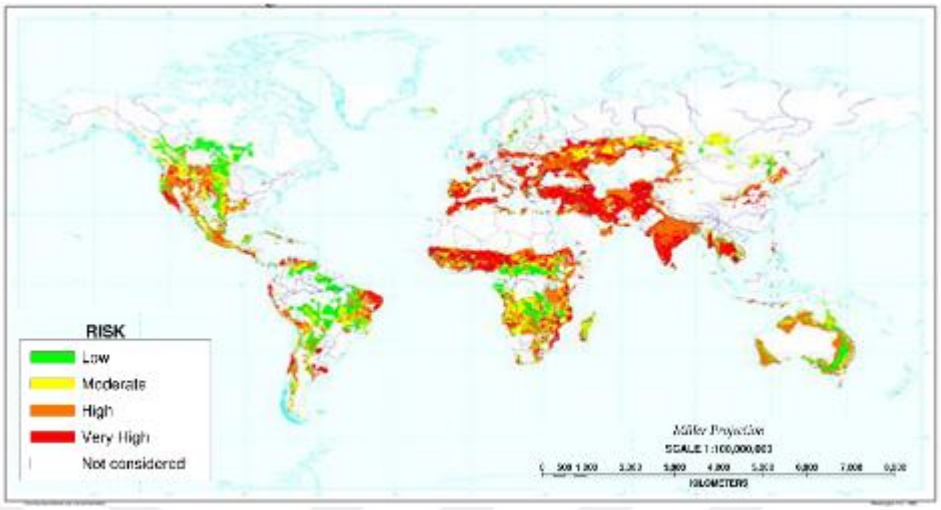
Erozyonla su kaynaklarının ve akış hatlarının diplerinin taranması ve temizlenmesi, yerinde ve uzakta kaybolan besinlerin ikmali ve erozyonun önlenmesi için tahmini maliyet çok yüksektir. Bunun, ABD de yıllık maliyeti 38 milyar dolar, dünyada ise yaklaşık 400 milyar dolar olarak tahmin edilmektedir. ABD' de su erozyonunun maliyeti 12-42 milyar dolar iken, rüzgar erozyonu maliyetinin ise 11-32 milyar dolar aralığında olduğu tahmin edilmektedir (Pimentel ve ark., 1995; Uri, 2000).

Çizelge 1.5. GLASOD' un insan kaynaklı toprak bozulması tahminleri (milyon ha) (Anonymous, 1991)

Bozulma çeşiti	Dünya	Asya	Batı Asya	Afrika	Latin Amerika ve Karayip	Kuzey Amerika	Avustralya ve Pasifik	Avrupa
Su erozyonu	1,094	440	84	227	169	60	83	115
Rüzgar erozyonu	548	222	145	187	47	35	16	42
Besin maddesi azalması	135	15	6	45	72	-	+	3
Tuzluluk	76	53	47	15	4	-	1	4
Kirlenme	22	2	+	+	+	-	-	19
Fiziksel	79	12	4	18	13	1	2	36
Diğer	10	3	1	2	1	-	1	2
Toplam	**1,964**	**747**	**287**	**494**	**306**	**96**	**103**	**218**

İnsan kaynaklı çölleşme riski altındaki araziler sınıflandırıldığında; riski düşük yaklaşık 7.1 milyon km², orta risk altında 8.6 milyon km², yüksek risk altında 15.6 milyon km², ve çok yüksek risk altında 11.9 milyon km² arazi vardır, bu sınıfların her biri bir

gerilme bölgesini temsil eder. Çok yüksek riskli bölgede yaklaşık 1.413 milyar kişinin ilgisi vardır (Şekil 1.3) (Eswaran ve ark., 1998).



Şekil 1.3. İnsan kaynaklı çölleşme riski (Anonymous, 1999)

Rüzgar erozyonu özellikle kurak ve yarı kurak bölgelerde geniş çaplı bir fenomendir. Baskın jeoformik kuvvetler dünyayı yeniden şekillendirir. Silt büyüklüğünde partiküller içeren materyalin çoğunluğu rüzgar tarafından taşınır (Blanco-Canqui ve Lal, 2010) Aşırı rüzgar erozyonu toprağın yanlış yönetiminden dolayı çoğu verimsiz alanların kuraklaşmasına neden olur. Rüzgar erozyonu ülkemizde de insanların yaşamını etkileyecek derecede problemlere neden olabilmektedir (Şekil 1.4).



Şekil 1.4. Saatte 80 km hıza ulaşan kum fırtınasının karayollarında meydana getirdiği tehlike (Karapınar – Konya yolu 16.09.2016)

Aşırı toprak işleme ve deforestrasyon yoluyla toprak yüzeyi şiddetli rüzgar erozyonundan direkt etkilenir. Rüzgar erozyonu sadece kurak alanlarda göze çarpmaz, düşük yağış (<300 mm yıllık), yüksek evapotranspirasyon, yetersiz vejetasyon örtüsü ve

sınırlı toprak gelişimi kurak ve yarı kurak bölgelerde rüzgar erozyonunun temel sürücüleridir. Rüzgar erozyonu oranı aşağıdaki sırayla artar: kurak >yarı kurak > kurak yarı nemli alanlar >nemli alanlar. Suyun aksine rüzgar, toprak parçacıklarını yukarı ve aşağı eğimlere taşıma kabiliyetine sahiptir(Blanco-Canqui ve Lal, 2010).

Gerçekte düşük oranda erozyon toprak oluşumu için gereklidir. Aksine, erozyon oranının belli bir eşik düzeyini aşması ve hızlı hale gelmesi durumunda, hızlandırılmış erozyon olarak bilinen ve önemli bir olay olan toprak erozyonu oluşur. Kesme ve yakma (slash-and-burn) tarımı, yoğun çiftçilik (plowing intensive), yoğun ve kontrolsüz otlatma ve biyokütlenin yakılması gibi insan kaynaklı (antropojenik) nedenlerle ormanların yok edilmesi bu tip erozyonu tetiklemektedir (Blanco-Canqui ve Lal, 2010).

Rüzgar erozyonu başlıca kurak alanlarda etkilidir (kurak, yarı kurak alanlar ile yarı nemli alanları içerir). GLASOD (Global Toprak Bozunum Veritabanı- Global Assessment of Human-induced Soil Degradation) 'a göre, rüzgar erozyonu bozulmuş alanların % 42 si olarak hesaplanmıştır(Çizelge 1.5) (Anonymous, 1991). Bu değer kurak zonlara göre değişir ve kurak alanlarda % 60' ın üzerinde hesaplanmış, kurak yarı nemli alanlarda % 21 bulunmuştur.

Çizelge 1.5. Kuraklığa duyarlı bölgelerin toprak bozulma tipi (10^6 ha) (Anonymous, 1991)

	Toprak Bozulma Tipi				
	Su Erozyonu	**Rüzgar Erozyonu**	Kimyasal Bozulma	Fiziksel Bozulma	**Toplam**
Afrika	119.1	159.9	26.5	13.9	319.4
Avustralya	69.6	16.0	0.6	1.2	87.4
Asya	157.5	153.2	50.2	9.6	370.5
Avrupa	48.1	38.6	4.1	8.6	99.4
Kuzey Amerika	38.4	37.8	2.2	1.0	79.4
Güney Amerika	34.7	26.9	17.0	0.4	79.0
Toplam	**467.4**	**432.4**	**100.7**	**34.7**	**1035.2**

1.1.1. Rüzgar Erozyon Süreci

Rüzgar erozyon süreci komplekstir. Toprak parçacıklarının sökülmesi, taşınması, sıralanması, aşınması, heyelanı ve birikimini içerir. Türbülanslı rüzgarlar aşınabilir toprak üzerinde patlar ve rüzgar erozyonuna neden olur. Gevşek, kuru ve özellikle granül yapıdaki topraklar, hiç bitki örtüsü olmayan veya çok az olan düzgün toprak yüzeyleri, yeter büyüklükte erozyona hassas alanlar ve toprağı taşımak için yeterli rüzgar hızı, erozyona neden olan saha (alan) şartları olarak sıralanabilir (Anonymous, 2002).

Rüzgar erozyonu, toprak parçacıkları tarafından oluşan dinamik bir süreçtir. Parçacıklar çözülüp ayrılır ve rüzgarın aşındırıcı güçleri tarafından yerinden edilir. Rüzgar kuvveti, toprak direncinin eşik seviyesini aştığında rüzgar erozyonu meydana

gelir. Jeolojik, antropojenik ve iklimsel süreçler rüzgar erozyonunun miktarını ve şiddetini kontrol eder. Rüzgar erozyonu, rüzgar şiddeti, yağış, yüzey pürüzlülüğü, toprak yapısı, tarımsal faaliyetler, bitki örtüsü ve arazi büyüklüğü arasındaki karmaşık etkileşimlerin bir sonucudur. Yoğun sürülmüş, otlatılmış ve çiğnenmiş, düşük organik madde içeriğine sahip topraklar erozyona daha duyarlıdır (Gomes ve ark., 2003).

Rüzgar, toprak parçacıklarını ayırır ve taşır. Taşınan parçacıkların bir kısmı rüzgar taşıma kapasitesinin ani değişiminin bir sonucu olarak kaynağından biraz uzakta depolanır (Şekil 1.5).



Şekil 1.5. Karapınar rüzgar erozyon sahası (Örnektepe)

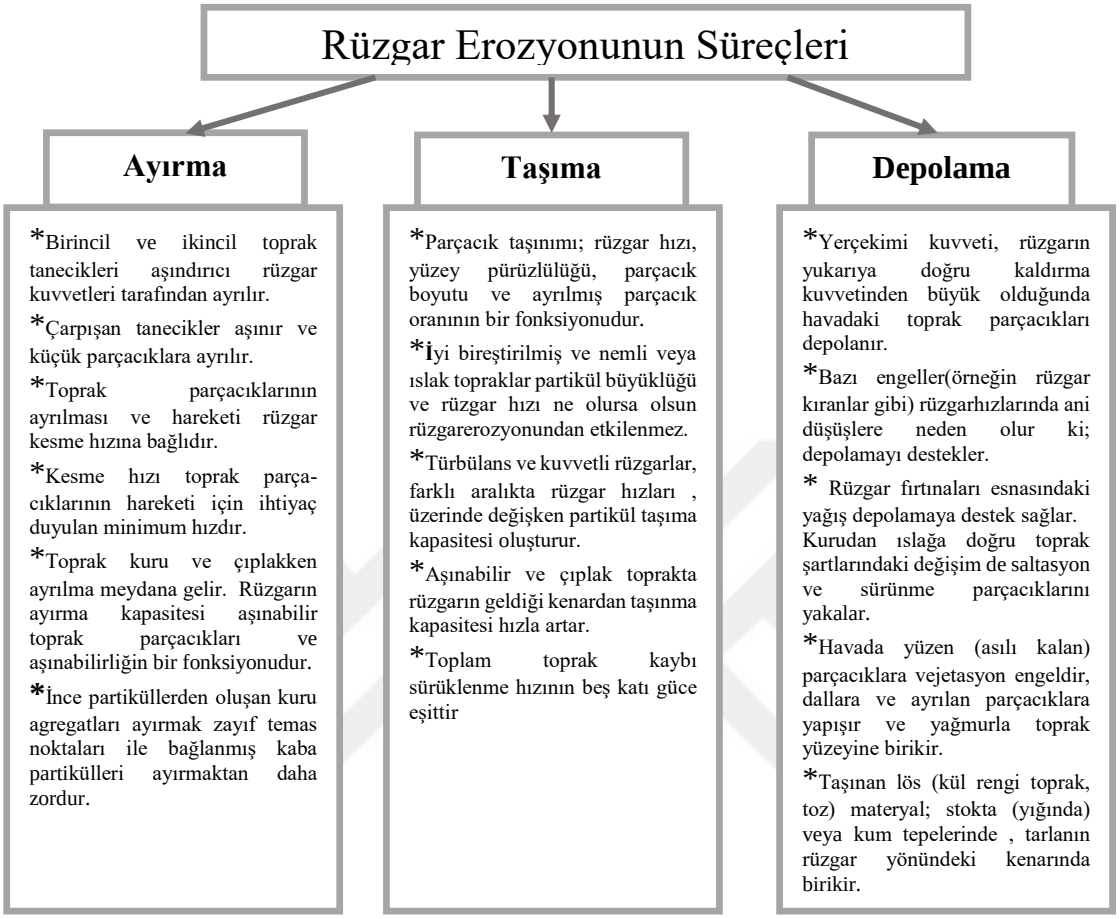
Rüzgar erozyonu süreci genel olarak üç fazda değerlendirilir: (i) deflasyon (söndürme), örneğin yüzeydeki rüzgar kesme kuvvetinin toprak ve kum parçacıklarını üfleyerek uzaklaştırması, (ii) bunların daha sonra rüzgar ile sürünme, saltasyon veya süspansiyon olarak taşınması ve (iii)bunların kuru veya ıslak uzaklaştırılma yoluyla birikimi (Shao, 2008).

Rüzgar erozyonunun ayırma, taşıma ve depolama (birikim) süreçleri Şekil 1.6' da verilmiştir(Blanco-Canqui ve Lal, 2010).

Toprak parçacık hareketinin modları ve mekaniği karmaşıktır. Asılı parçacıkların birikmesi onların büyüklüğüne bağlıdır ve Stokes kanununu izler. Büyük parçacıkların yerleşimini küçük parçacıklar izler. Daha küçük parçacık kalıntıları, atmosferik toz formunda askıda kalır. Rüzgar; ana toprak parçacıklarını veya durağan agregatları saltasyon, yüzey sürünmesi ve süspansiyon olarak üç yolla taşır.

Rüzgar erozyonu sırasında toprak taneciklerinin taşınımı parçacık boyutu ile belirlenir. Toz haline getirilmiş topraklardan küçük parçacıklar (<0.1 mm) süspansiyon,

orta büyüklükte parçacıklar (0.1-0.5 mm) saltasyon ve büyük parçacıklar (0.5-2 mm) yüzeyde sürünerek taşınmaktadır (Blanco-Canqui ve Lal, 2010).

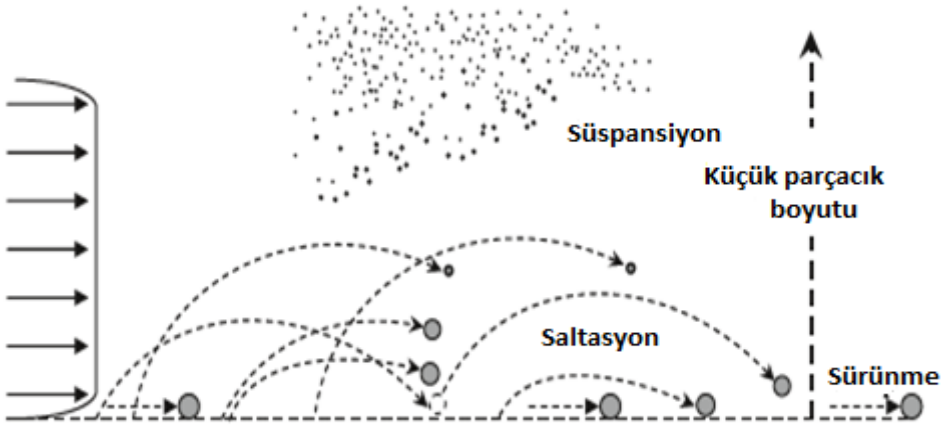


Şekil 1.6. Rüzgar erozyonunun üç ana aşaması (Blanco-Canqui ve Lal, 2010)

1.1.1.1. Saltasyon

0.1 ila 0.5 mm arası çaptaki bireysel parçacıklar/agregatlar yüzeyden 50 ila 90 derece açıyla havalanır ve hava direnci ve yerçekimi etkisi altında farklı yörüngeleri takip eder. Parçacıklar/agregatlar yatayda 6 ila 14 derece açıyla yüzeye çarparak geri dönerler. Onların geri sekmesi veya gömülmesi, heyelan etkisi oluşturarak diğer parçacıkların hareketini başlatır (Şekil 1.7).

Saltasyon; parçacıkları mermi çekirdekleri gibi aşındırarak, korunan toprak kabuklarını ve keseklerini yok eder. Çoğu saltasyon toprak yüzeyi üzerinde 30.5 cm ‘de meydana gelir, saltasyon parçacıklarının yörünge uzunluğu, yüksekliğinin yaklaşık 10 katıdır. Toplam taşınımın %50-80’i saltasyonla olur (Anonymous, 2002).



Şekil 1.7. Rüzgar erozyonu sürecinde yer alan ana fazların(evrelerin) şematik gösterimi (Blanco-Canqui ve Lal, 2010)

1.1.1.2. Süspansiyon

0.1 mm den daha küçük çaplı ince parçacıklar saltasyon ile aşınan alandan çıkar, ve uzun peryotta hava kütlesi içinde kalır. Bazı süspansiyon boyutundaki parçacıklar veya agregatlar toprak içerisindedir. Fakat çoğunluğu erozyon sürecinde büyük agregatların aşınmasıyla oluşur. Toprak tekstürüne bağlı olarak, %20 den %60 a kadar aşınmış materyal süspansiyonla taşınabilir. Genel kural olarak süspansiyon rüzgar yönünde (rüzgarla birlikte) artar ve uzun alanlar üzerinde saltasyon ve sürünme ile taşınan miktarı kolayca aşabilir.

1.1.1.3. Yüzey Sürünmesi (emekleme)

Kum boyutundaki parçacıklar/agregatlar saltasyon parçacıklarının etkisiyle harekete geçerler. Yüksek rüzgarlar altında, saltasyon akımıyla itilen ve yuvarlanan, toprak yüzeyinin tamamında ileriye doğru yavaş yavaş sürünen parçacıklar görünür. Yüzey sürünmesi toplam taşınımın %7-25 miktarında hesaplanabilir (Şekil 1.7) (Chepil, 1945; Lyles ve Allison, 1980).

Diğer bir rüzgar erozyonu süreci genellikle sürtünmeyle aşınma olarak kabul edilir. Kayaların aşınarak kum püskürtmesi, sediment-yüklü hava akımı ile toprak agregatları ve bitkilerin aşınması gibi. Rüzgar ve yağmur etkisiyle parçacıkların hareket etmesi, daha uzaklara taşınması süreci yağmur ile sıçrama saltasyonu olarak adlandırılır (Cornelis ve ark., 2004).

Aşınmadan dolayı çarparak geriye dönme (ribaund) etkisi, saltasyon ve sürünen parçacıkların daha küçük parçacıklara ayrılmasına neden olur ve süspansiyon olarak

taşınabilir. Saltasyon, süspansiyon ve yüzey sürünme taşınımın eşzamanlı ve interaktif (birbiriyle etkileşimli ve ayrılamaz) süreçleridir. Rüzgarla hareketli parçacığın boyutu, toprak yüzeyinde yükseklik arttıkça azalır (Blanco-Canqui ve Lal, 2010).

Saltasyon ve sürünme parçacıkları bitki şeritlerinde, arklarda (hendek, su yolu) veya diğer alanlarda, bu alanların sediment taşıma (kaldırma) kapasiteleri boyunca rüzgardan korunur (saklanır). Ancak süspanse parçacıklar büyük mesafelere taşınabilirler (Gabriels ve Cornelis, 2007).

Çoğu toprak parçacıkları saltasyonla taşınır ki; bu toplam rüzgar erozyonunun % 50-70 'i dir. Parçacıkların yaklaşık % 30-40'ı süspansiyonla taşınırken, % 5-25'i yüzey sürünmesi ile taşınır (White, 2013). Saltasyon parçacıkları birincil ve ikincil parçacıklardan oluşur; ince organik ve inorganik parçacıklar taşırlar. Parçacıkların taşınma mesafesi saltasyon ve sürünme ile taşınan materyallere göre süspansiyonda daha büyüktür. Saltasyon ve sürünme parçacıkları süspansiyon olan materyallerden daha kısa mesafelere iletirler. Süspansiyonla taşınan parçacıkların miktarı çıplak alanlarda rüzgar hızıyla artar. Yoğun rüzgar erozyonu belirgin özellikler oluşturur.

Rüzgar, 1.6 km h^{-1} hıza ulaştığında yerden 0.3 m yüksekte veya 28.8 km h^{-1} hıza ulaştığında ise 0.9 m yükseklikte aşındırıcı (erosif) etkiye sahiptir (Lyles ve Krauss, 1971).

Rüzgar yönü boyunca, toprak akışındaki artış oranı alan yüzeyinin aşınabilirliği ile doğrudan değişir. Rüzgarın estiği yönde (heyelanla, çığla) erozyon artışı aşağıdaki süreçlerle ilgilidir:

*Saltasyon parçacıklarının artırılmış konsantrasyonu, rüzgar yönündeki artış frekansının etkileri ve kabuk ve keseklerin parçalanma derecesi,

*Aşınabilir parçacıkların birikimi, yumuşak yüzeylerden (daha çok aşınabilir) üretime bağlı olarak keseklerin parçalanması/bozulmasıdır.

Verilen bir toprakta, maksimum toprak akışına ulaşmak için ihtiyaç duyulan mesafe, herhangi bir aşındırıcı rüzgar mesafesi ile aynıdır. Daha aşınabilir yüzeyde ve kısa mesafede maksimum akışa ulaşılır. Yüzeydeki aşınabilirliği etkileyen herhangi bir faktör toprak akışında artışa neden olmaktadır (Gabriels ve Cornelis, 2007).

Su erozyonu ile birlikte, topraklarda rüzgar erozyonu dünyanın tarımsal üretiminin uzun vadeli yeterliliği için büyük bir tehdittir, bu sadece toprağın en verimli kısmını kaldırmaz, aynı zamanda tohumun yaşam ve büyümesini azaltır, bitkilere zarar verir ve dolayısıyla kalite ve pazarlanabilirliğini azaltır. Rüzgar erozyonu sorununa bu noktadan baktığımızda, gelecek nesillerin yanısıra hepimizi etkilemektedir. Ama rüzgar

erozyonunun sadece tarım için komplikasyonları yoktur, rüzgarla aşınmış toprak yolları ve demiryollarını bloke eder, yol hendeklerini doldurur, görüş mesafesini büyük ölçüde azaltır, hayvan ve insan sağlığını tehdit eder ve doğal kaynaklarımızı kirletir (Gabriels ve Cornelis, 2007).

1.1.2. Rüzgar Erozyonu Ölçümleri

Rüzgar erozyonu çalışmalarının çoğunluğu rüzgar tüneli deneylerinden türetilmiştir. Burada erozyon olayı (fenomen) kontrol edilen koşullar altında gözlemlenmiştir.

Rüzgar tünellerinin laboratuvar ve taşınabilir rüzgar tünelleri şeklinde dizayn edilmiş farklı tipleri bulunmaktadır.

Laboratuvar rüzgar tünelleri; saltasyonu araştırmak (Bagnold, 1941), eşik sürtünme hızını belirlemek (Iversen ve ark., 1987), sürüklenme bölümlenme sürecini belirlemek, saltasyon dengelemek (Shao ve Raupach, 1992), toz emisyonu sürecini tespit etmek (Shao ve ark., 1993) ve kum tepelerinin evrimi ve oluşumunun takibinde (Tsoar ve ark., 1985) kullanılmaktadır.

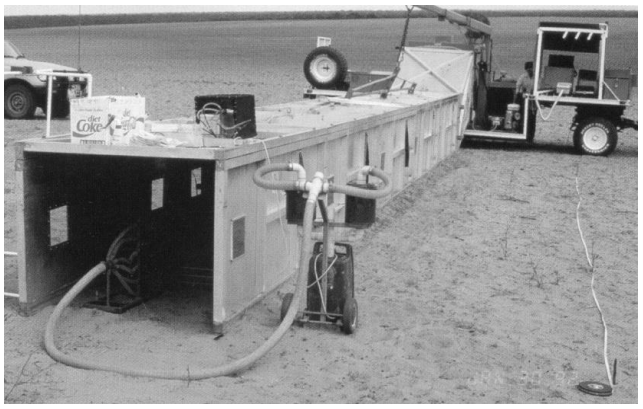
Taşınabilir rüzgar tünelleri; doğal toprak yüzeylerinde rüzgar erozyonunu incelemek için saha (alan) üzerine kurulabilir, (Gillette ve ark., 1982), (Nickling ve Gillies, 1989), (Leys ve Raupach, 1991) ve diğer bazı araştırıcılar saha araştırmalarında bulunmuşlardır (Şekil 1.9).

Taşınabilir rüzgar tünellerinin özellikle faydalı bir yönü de; aynı yüzey üzerinde modifikasyonlar ve doğal yüzeyler üzerinde rüzgar tüneli testleri uygulayarak, rüzgar erozyonunun eşik değerini etkileyen çevresel faktörlerin nasıl çalıştığının tespit edilmesine imkan vermesidir. Rüzgar tüneli kullanımında, birçok önemli konuya dikkat edilmesi gerekmektedir. Öncelikle, rüzgar tüneli akışlarının (akımının) çeşitli kriterleri karşılaması gerekir ki, böylece doğal ortam çok iyi bir şekilde temsil edilecektir. Bu kriterler aşağıda belirtilmiştir:

-Rüzgar tüneli akışlarında ortalama rüzgar profilleri atmosferik sınır tabakalarında yükseklikle logaritmik olmalıdır, böylece yüzeyde hareket eden aerodinamik kuvvetler gerçekçi olacaktır.

-Yere yakın akımların türbülansının şiddeti ve yoğunluğu momentum ve kütle transferinde doğru özellikleri sağlamak için gerçekçi olmalıdır.

-Akış alansal üniform olmalıdır, yüksek yüzey stresinin olduğu anormal bölgelerde lokal taramalardan kaçınılmalıdır.



Şekil 1.9. Tarla üzerinde rüzgar erozyonu ölçümü için taşınabilir rüzgar tüneli (Leys, 1990)

Aerodinamik kriterler prensip olarak; daha gelişmiş ve denge içerisinde rüzgar tüneli sınır tabakası derinliği sağlayarak basitçe aşılabilir. Sınırlı uzunluktaki bir rüzgar tünelinde sınır tabakasını hızlı bir şekilde geliştirmek için teknikler ve sınır tabakasının özellikleri çok iyi bilinmelidir. Örneğin, derin bir sınır tabakası deney bölümüne akış yukarı bir engel kullanılarak oluşturulabilir (Raupach ve Leys, 1990).

İkincisi, çoğu rüzgar tüneli deneyleri için, dinamik benzerlik kriterleri karşılanması arzu edilir. Örneğin, kum tepeleri üzerinde akışı incelemek için, rüzgar tüneli ve doğal koşullar için Reynolds sayısı ($u\ L_d\ /\ \nu$) ve Froude sayısı ($u^2\ /\ L_d\ g$) belirlenmelidir, burada L_d kum tepeleri gözönüne alındığında uzunluk boyutudur. Burada yeterli kriter reynold sayısının $Re_L > 1400$ ve froude sayısının $Fr < 20$ olarak gerçekleşmesidir. Bu şartlarda rüzgar tüneli test ünitesinde parçacık hareketi için yeterli derinlik sağlanmış olacaktır ve ortalama rüzgar hız profili logaritmik karakterde gelişecektir (Gabriels ve Cornelis, 2007).

Rüzgar erozyonu araştırmaları için bir rüzgar tüneli planlanıp dizayn edilirken birçok fiziksel faktörü düşünme ihtiyacı vardır. Rüzgarla parçacık transferi üç fazda (modda) meydana gelmektedir (Bagnold, 1941; Greeley ve Iversen, 1985). Rüzgar hızlarının sırasına bağlı olarak ki; bu farklı parçacık boyut ve yoğunlukları için farklıdır, parçacık hareketi sürünme ile başlar, yani parçacıklar yüzeyden ayrılmaksızın yuvarlanma modundadır. Saltasyon, dik bir açıyla aniden yukarı kaldırır ve düz açıyla yüzeye geri döner, parçacık hareketinin gelecek aşamasıdır. Saltasyon normal rüzgar erozyonu olaylarıyla temelde orta ve ince kumun sınıflandırılması ile meydana gelir. Siltten kil fraksiyonuna değişen küçük parçacıklar süspansiyon modunda taşınabilir, saltasyon parçacıklarının etkisi ile süreç esasen başlangıç gibi görünür (Shao ve ark.,

1993). Rüzgar tünel deneylerinde doğal şartlara mümkün olduğunca yaklaşmak için bütün bu süreçlerin gerçekleşmesi gereklidir.

Maurer ve ark. (2006) yaptıkları rüzgar erozyonu saha ölçümleri için mobil rüzgar tüneli çalışmasında Funk (1993) tarafından öne sürülen bazı kurallara vurgu yapılmıştır. Bunlar; rüzgar tünelinde düşey partikül hareketinin başlangıcı için önceden gerekli olan en önemli şey doğal logaritmik rüzgar profilinin tesis edilmesidir, yani yaklaşık 50 cm kalınlığında sınır tabakasının doğal formunun simüle edilmesidir ve yüzey yakınında rüzgar hızlarını düşük göstermelidir (teorik olarak pürüzlülük yüksekliği z_0 da 0 m s^{-1}) ve sınır tabakasının üst limitine kadar logaritmik olarak artmalıdır. Sınır tabakası ile sürtünme hızlarının farklılıkları, küçük türbülans yapılarının gelişimiyle parçacıkların ve impulsların (ani hareket, itme) düşey değişimine izin vermelidir. Yarı doğal sınır tabakasının oluşturulması yüzey pürüzlülük elemanları ile veya tünel girişinde profil biçimlendiricilerin değişik dizaynları ile başarılabilir (Raupach ve Leys, 1990).

Doğal şartlar altında, büyük ölçekli türbülanslar (ani rüzgarlar, bora, fırtına) sedimentin düşey taşınımı için gereklidir. Doğal rüzgar erozyonunun bu özelliği esasen tünelin kendi alansal sınırlamalarından dolayı rüzgar tünellerinde simüle edilemez, büyük fırtınalar çoğu kez rüzgar tünel boyutlarını aşar. (Raupach ve Leys, 1990) döner vanalar kullanarak anafor (girdap) veya büyük ölçekteki fırtınaları oluşturarak (indükleme) denemişler, yeterli sonuç alamamışlardır. Ancak rotor pervane hareketinden dolayı rüzgar tüneli yapımındaki düzensizlikler veya tünel girişindeki etkili girdaplar, arzu edilmeyen türbülanslar hava akışını etkileyebilmektedir. Keskin hava akış simülasyonu için, türbülans etkilerini minimize etmek gereklidir. Genelde bu; başlangıçta laminar akım oluşturmak için tünel girişine bir difüzör yerleştirilerek elde edilebilir.

Raupach ve Leys (1990) yaptıkları çalışmada; test bölümünün önüne difüzör yerleştirmelerine rağmen, hava akımında istenmeyen vorteksler (girdaplar) gözlemlemişler, bu sorunun emiş tipi model rüzgar tünelinin basınç tipi modelle yer değiştirmesi (fan bölümün sonuna yerleştirilerek hava akımını tersine çevirerek) ile veya rotor pervanesini zıt yönde hareket ettirerek fanın hafifçe yavaşlatılması (%5-10 verimlilikle) ile çözülebileceğini tespit etmişlerdir.

Saltasyon tabaka gelişiminin sayısal modellerinden elde edilen sonuçlar rüzgar tünel deneylerinde doğrulanmıştır (Anderson ve Haff, 1991; McEwan ve Willetts, 1991; Shao ve Raupach, 1992). Bu çalışmalarda rüzgar yönündeki uzunluğa bağlı olarak saltasyon tabakası değerlendirilmiş, rüzgar yönünde yaklaşık 7 m uzunluğunda erozyon oluşan kenarda saltasyon parçacıklarının akışı maksimumu gösterir ki, bu hedefi aşan

olarak adlandırılır (Shao ve Raupach, 1992). Hedef aşımından sonra, saltasyon tabakasının düşüşüyle parçacıkların sayısı, parçacık girişi ve yerleşimi arasında en son enerji dengesine ulaşır ki bu hedefi aşan maksimum değerin yaklaşık %50 sidir. İzlenen modelleme ve deney sonuçları yaklaşık 10-15 m akıntı yönünden sonra dengeye ulaşır. Bu yüzden, önemli ölçüde kısa rüzgar tünelleri ile ölçümler yapılabileceği, böylece saltasyonla sediment taşınımı tahminin üstünde risklidir (Shao ve Raupach, 1992).

(Owen, 1985)'ın serbest saltasyon akışının Froude sayısına etkisi hakkındaki teorik ve deneysel çalışmaları geç doğrulanmıştır ve (White ve Mounla, 1991) tarafından çalışılmıştır. Doğal saltasyon tabakasının gelişimi üzerinde sınırlama etkisine sahip rüzgar tünelinin alansal sınırlamaları sonuçları doğrulamıştır. Tünel boyutlarından etkilenmeden saltasyon akışını (Owen, 1985) Fr = 20 ile (White ve Mounla, 1991) ise Fr = 10 gerçekleşebileceğini bulmuşlardır. Böylece; froude sayısı ile açıklanan fiziksel faktörler rüzgar tünelinin boyutlandırılmasının planlanmasında; ideal froude sayısının çok düşük rüzgar hızlarında veya büyük ölçekli sabit rüzgar tünellerinde başarılı olduğunu göstermiştir.

1.1.3. Rüzgar Erozyonu Tahmini

NRCS (National Research Conservation Sevice), rüzgar erozyon eşitliği WEQ (Wind Erosion Equation)'i kullanarak erozyon miktarını tahmin etmiştir; bunu belirlemekteki amaçları aşağıdaki gibi sıralanmıştır:

- Alan kullanıcıları için teknik yardım sağlamak,
- Doğal kaynaklar için stok (envanter) bilgisi oluşturmak,
- Koruyucu programların etkinliğini değerlendirmek ve alanlar için koruyucu önlemleri uygulamak.

Rüzgar erozyonunu ölçmek zordur. Rüzgar toprak alan üzerinde türbülansla ve değişken tarzda hareket eder. Ölçüm yapılan alanlarda toprak; alan içine ve alandan dışarı farklı yönlere bir fırtına ile esebilmektedir. Rüzgarın yönü, hızı, süresi ve değişkenliği tamamen erozyonu etkilemektedir ki; bu rüzgar fırtınasından meydana gelmektedir. Ancak, toprak aşınmasının çoğu; alandaki sıçrama ve zıplamalar veya yakın yüzeydeki sürünmelerden, alandaki toprağın bir kısmının esmesinden dolayı alan kenarına ulaştığı ana kadar, toprak yüzeyi üzerinde toz bulutları olabilmektedir (Chepil ve Woodruff, 1963).

Rüzgar erozyonu tahminleri, alan şartları ile birlikte sayısal değerlerin atanması, rüzgar erozyonunu yöneten ve onların ilişkilerini matematiksel olarak açıklanması ile

geliştirilebilmiştir. Toprak aşınabilirliği, sırt ve rastgele pürüzlülük, iklim, korunmasız alan uzunluğu ve bitki örtüsü kaplama oranı geçerli rüzgar erozyonu eşitliğinin (WEQ) temelini oluşturmuştur.

Rüzgar erozyonu eşitliği (WEQ) erozyon modeli, özel karakteristiklere sahip bir alandan uzun dönemde yıllık ortalama toprak kayıplarını tahmin etmek için tasarlanmış, ortalama yıllık erozyon veya spesifik zaman peryotlarında oluşan erozyona uygun faktör değerleri seçimi ile tahmin edilmiştir.

Toprak erozyonunun ayrılma, taşınma ve birikim süreçleri; toprak erozyonu modelleri ile matematiksel olarak tahmin edilebilmektedir. Bunlar, erozyon ile kaybedilmesi muhtemel toprak miktarına sahip bir alanın yağış, toprak, topoğrafya, bitki örtüsü ve yönetimi hakkında bilgi veren denklemler ya da bağlantılı denklemler kümesidir.

1960'ların sonlarından beri kullanılan rüzgar erozyonu tahmin denklemi (WEQ);

$$E = f(ICKLV) \qquad (1.1.)$$

Burada;

E = Rüzgar erozyonu miktarı

I = Toprak erodibilite faktörü

C = İklim faktörü

K = Toprak pürüzlülük faktörü

L = Alan genişliği faktörü

V = Yüzey bitki örtüsü kaplama faktörü

WEQ, erozyonun şiddetini belirleyen başlıca faktörleri içermekte, fakat aynı zamanda bu faktörlerin birbirleriyle nasıl etkileştiğini de göz önünde bulundurmaktadır. Toprakta aşınabilirlik faktörü I, toprak özellikleri ile söz konusu alanın eğim derecesiyle ilişkilidir. Toprak-sırt-pürüzlülük faktörü K, toprak yüzeyinin vejetatif örtü V'nin ve toprak yüzeyindeki sırtların topaklanmaları (bulutluluğu) ile ilişkilidir. İklim faktörü C; rüzgar hızını, toprak sıcaklığını ve çökelmeyi (toprak neminin kontrolüne yardımcı olur) içermektedir. Alan faktörü L'nin genişliği, rüzgar yönündeki alanın genişliği olarak ifade edilmiştir. Doğal olarak, rüzgârın yönü değiştikçe genişlik değişmekte, böylece genellikle hakim rüzgar yönü kullanılmaktadır. Vejetatif örtü V'nin sadece kalıntılar ile kaplanmış toprak yüzeyinin derecesiyle değil, aynı zamanda örtünün doğasıyla da (ister yaşayan ister ölü olsun, hala ayakta duran, ya da yere yaslanmış olan) ilgili olduğu belirtilmiştir.

Revize rüzgar erozyon denklemi (RWEQ) olarak bilinen, gözden geçirilmiş, daha karmaşık ve daha doğru bilgisayar tabanlı bir tahmin modeli geliştirilmiştir. Gözlemlenebilir koşullar ile ortaya çıkan rüzgar erozyonu şiddeti arasındaki ilişkiyi karakterize etmek için uzun yıllar araştırmalara dayanan ampirik bir model olarak kullanılmıştır.

Çeşitli literatürlerde, toprak erozyonunun ciddi bir sorun olarak görülmesi gereken eşikler hakkında çok fazla tartışma olmuştur. Bu, toprak tortusunun doğal oranlarının güvenilir tahminlerine dayanması gereken "tolere edilebilir" toprak erozyonu kavramlarına yol açmıştır.

Toleranslı toprak kaybı, toprağın uzun vadeli verimliliğini bozmadan belirli bir toprak üzerindeki rüzgar ve su erozyonu kombinasyonu ile yıllık olarak kaybolabilecek maksimum toprak miktarı ifade edilmektedir. Toprak kaybı toleransının kantitatif değerlendirmesi üzerine çok az araştırma yapılmıştır. Toprak kaybı tolerans limitini (SLTL- Soil Loss Tolerance Limit) belirlemek için iki yaklaşımda bulunulmuştur.

İlk yaklaşımda, hem yerinde hem de saha dışı etkileri dikkate alan ekonomik bir değerlendirme yapılmış, ikinci yaklaşımda ise, ana kayaların ve diğer toprak oluşumu faktörlerinin ayrışmasıyla belirlenen biyo-fiziksel konular dikkate alınmıştır. Biyo-fiziksel yaklaşımda, dünya çapında izin verilen toprak kaybı tolerans sınırı (SLTL- soil loss tolerance limit) olarak 11.2 Mg ha^{-1} $yıl^{-1}$ değerini göz önünde bulundurulmuştur (Wischmeier ve Smith, 1978). Bununla birlikte, sadece hava koşullarının değil, toprak kalitesindeki değişikliklerin, su kalitesine etkilerinin de dahil olmak üzere, SLTL'nin değerlendirilmesinde çok sayıda kriterin dikkate alınması gerektiği kanaatine varılmıştır. Cole ve Higgins (1985) SLTL'nin belirli bir aralıkta değerlendirilmesi gerektiğini önermiştir. Blanco-Canqui ve Lal (2010) ise 2.2 ila 11.0 Mg ha^{-1} $yıl^{-1}$ arasında bir SLTL aralığı önermiştir. Bu şekilde, infertil, geçirimsiz veya kayaç malzemeden oluşan sığ tabakalara sahip olan toprakların genellikle daha düşük T (toprak kaybı tolerans) değerleri alabileceği ifade edilmiştir.

Avrupa'da, tolere edilebilir toprak kaybı için eşik değerleri 1 ila 2 Mg ha^{-1} $yıl^{-1}$ olarak belirlenmiştir. Bununla birlikte, Avrupa'nın farklı bölgelerinde tolere edilebilen farklı toprak erozyonu oranları önermenin gerçekçi olabileceği belirtilmiştir. Uluslararası literatürde tolere edilebilir toprak kaybını tahmin etmek için alternatif kantitatif yaklaşımlar düzenli olarak ortaya çıkmaktadır (Mandal ve ark., 2010).

Rüzgar erozyonu araştırmaları sürecinde;

$E = f(IRKFOLD)$……..…….(1) (Chepil, 1959);

$E = f(ACKLV)$……...(2) (Chepil, 1962);

$E = f(ICKLV)$…….(3) (Chepil ve Woodruff, 1963)

vb. farklı eşitliklerle erozyon miktarı hesaplanması yapılmıştır (USDA, 2011).

Burada;

E = Erozyon miktarı.....(1,2,3)

I = Toprak erodibilite faktörü.....(1,3)

R = Toprak örtüsü (kalıntı) faktörü.....(1,3)

K = Toprak pürüzlülük faktörü.....(1,2,3)

F = Toprakta sürtünme ile aşınma oranı .....(1,2,3)

O = Rüzgar engeli faktörü.....(1,2,3)

D = Rüzgar yönü faktörü .....(1,2,3)

A = 0.84 mm den büyük toprak fraksiyonları yüzdesi.....(2)

C = İklim faktörü .....(2,3)

L = Alan genişliği faktörü (hakim eroziv rüzgar yönü boyunca korunmasız mesafe).....(1,2,3)

V = Yüzey bitki örtüsü kaplama faktörü.....(2,3)

Rüzgarın taşıma kapasitesi saltasyon ve sürünmeye ulaştığında korunmasız mesafe L, yeterli uzunluğa ulaşmıştır. Rüzgar toprağın tamamını taşıyorsa, taşınma verilen yüzeyi geçebilmektedir, saltasyon ve sürünme olarak rüzgarın estiği yönden alan içerisine akış, aynı alandan dışarıya akışa eşit olmaktadır. Sahadaki özel alandan net toprak kaybı, yalnızca süspansiyon bileşenleri olarak kabul edilmektedir. Bu azaltılmış toprak erozyonu problemi anlamına gelmemektedir. Teorik olarak toprak kaybı miktarı sahanın rüzgar yönündeki kenarından ayrılan sürünme, saltasyon ve süspansiyonla tahmin edilebilmektedir. Eşitlik kar kaplama için veya toprak erodibilitesindeki mevsimsel değişiklikler için uygun değildir (USDA, 2011).

Erodibilite; erozyona karşı toprağın duyarlılığı olarak belirtilmiş olup, toprak özellikleri ile zaman ve mekan üzerinde değişen dinamik bir özellik olarak tanımlanmıştır. Toprak erodibilitesini değerlendirmek için tarla, parsel ve laboratuar çalışmaları kullanılmaktadır. Erozyon indeksleri genellikle toprak erodibilitesini tahmin

etmek için kullanılmıştır. Toprak tekstürü, toprak yapısı (örneğin, makro-gözeneklilik, agregat büyüklükleri), organik madde içeriği, hidrolik özellikleri ve ıslanabilirlik gibi bazı faktörler vardır ki, bu aşınabilirliği etkileyen unsurlar olarak tarif edilmiştir(Gabriels ve Cornelis, 2007).

2. KAYNAK ARAŞTIRMASI

2.1. Koruyucu Toprak İşleme ile İlgili Çalışmalar

Koruyucu toprak işleme, enerji kullanımı ve maliyetin en aza indirildiği, su ve toprağın korunması için tarlada yeterli anız örtüsünün bırakıldığı bir tarımsal uygulama yöntemidir. Yoğun toprak işleme ve toprağın üst yüzeyinin bitki artıklarından arındırılması, toprağın sıkışmasına ve erozyona neden olmaktadır. Toprak sıkışması toprağın kuru birim hacim ağırlığını artırmakta ve buna bağlı olarak toprağın boşluk hacmini azaltmaktadır. Toprağın özellikle nemli olduğu dönemlerde tarla trafiğindeki artış toprakta sıkışmaya neden olacaktır (Keçecioğlu ve Gülsoylu, 2002).

Koruyucu toprak işleme ve özellikle doğrudan ekimde; geleneksel toprak işlemeye göre, makine yatırımı, bakım onarım ve iş gücü bakımından daha düşük girdilere ihtiyaç duyulmaktadır. Yapılan araştırmalarda genel olarak koruyucu toprak işlemeli ekim ve doğrudan ekimin enerji verimliliğini % 25–100 oranında artırdığı, enerji ihtiyacını ise % 15–50 arasında azalttığı tespit edilmiştir (Anonymous, 2004).

Koruyucu toprak işleme; su ve toprağın korunması için tarlada yeterli miktarda bitki örtüsü ve minimum enerji kullanımı ile gerçekleştirilen uygulamalardır. Koruyucu toprak işleme uygulamalarında; toprak yüzeyindeki anız sayesinde toprak nemi korunur, işgücü azalır, enerji girdisi azalır. Koruyucu toprak işleme sisteminde tarla yüzeyinin en az % 30 oranında bitki artığı ile kaplı halde bulunması istenir (Köller, 2003).

Çelik (2009), ASAE (2006) 'nin korumalı toprak işlemenin temel amacını, ön bitki artıklarını tarla yüzeyinde bırakmak ve azaltılmış toprak işleme uygulamaları yapmak şeklinde değerlendirdiğini, ekimden sonra toprak yüzeyinin en az % 30 oranında anız artıklarıyla kaplanarak muhafaza edilmesi durumunda; toprakta nem kaybının önlenmesinde, su ve rüzgar erozyonunun azalmasında etkili bir yöntem olduğunu belirtmiştir.

Gözübüyük ve ark. (2012) Erzurum yöresinde yağışa dayalı tarım koşullarında fiğ, buğday ve nadas ekim münavebesinde geleneksel toprak işleme–ekim sistemine alternatif olabilecek farklı toprak işleme–ekim sistemlerini, toprak nem muhafazası yönünden karşılaştırmışlar ve sistemlerin toprak nem birikimine etkilerini belirlemişlerdir. Bu sistemler; geleneksel toprak işleme (kulaklı pulluk + kültivatör + kombikürüm + ekim makinası), azaltılmış toprak işleme (kültivatör + kombikürüm + ekim makinası), azaltılmış toprak işleme (dik rotovatör + ekim makinası), doğrudan ekim makinası'den oluşmuştur. Buna göre konuların topraktaki nem birikimine olan etkileri

incelendiğinde, bütün konularda hasat öncesi nem değerlerinin tüm katmanlar için ekim öncesi nem değerlerinden yüksek olduğu görülmüştür. Geleneksel toprak işleme uygulaması, bünyesinde en az nem biriktiren sistem olurken, doğrudan ekim uygulamasının toprak nemini daha iyi muhafaza ettiği tespit edilmiştir. Toprak işleme derinliği artıkça nemin azaldığı görülmüştür.

Geleneksel toprak işleme sistemine alternatif olarak; azaltılmış toprak işleme, sıfır toprak işleme, kuyruk milinden hareketli aletlerle toprak işleme ve kombine makinalarla toprak işleme yapılarak maliyetin azaltılabileceği ve enerji tasarrufu sağlanabileceği bildirilmiştir (Griffith ve Parsons, 1981; Gökçebay, 1983).

Hargrove ve ark. (1982) tarımsal üretim faaliyetlerinde kombine ve doğrudan ekim makinaları kullanımı ile enerji tüketiminin azaltılabileceğini, koruyucu toprak işleme uygulamalarının toprakta organik madde artışında etkili olduğunu ve toprak erozyonunu önlediğini belirtmişlerdir.

Mandal ve ark. (1994) doğrudan ekim yönteminde geleneksel toprak işleme yöntemine göre bitki su tüketiminin düşük olduğunu tespit etmişler ve derin kök sistemine sahip yağlı tohumlu bitkilerin, herhangi bir toprak işleme ve tohum yatağı hazırlığı yapmadan yetiştirilebileceğini belirtmişlerdir. Anız yoğunluğunun yeterli düzeyde bulunduğu koşullarda doğrudan ekim uygulaması geleneksel toprak işlemeye göre toprakta daha fazla nitrojen birikimi sağlamakta, toprağın nem tutma kabiliyetini arttırmakta, CO_2, N_2O gazlarının yayılımını azaltmakta, toprak agregasyonunu artırmakta, yakıt tüketimini ve toprak erozyonunu azaltmakta ve uzun vadede ürün verimini artırmaktadır .

Güler ve Bal (1984) ülkemizde hububat tarımında toprak işleme ve ekimin ayrı ayrı işlemler olarak yapıldığını, işçilik ve enerji maliyetlerinin yüksek olduğunu, artan işçilik ücretleri ve enerji masrafı karşısında toprak işleme, tohum yatağı hazırlama ve ekim işlemlerinin ikisi veya üçünün aynı anda yapıldığı uygulamalara gidilmesi gerektiğini belirtmişlerdir.

Ukrayna' da 1972–1974 yıllarında soklu pullukla sonbahar sürümünün mukayese edildiği denemelerde, toprak altı işlemesinde sapların toprak üstünde korunması ile toprağın üst 15 cm'lik katmanında toprak erozyonunun 1.5–2 kat azaldığı, kar birikiminin fazla olması nedeni ile toprağın rutubet içeriğinin arttığı, buna bağlı olarak arpa, mısır, kışlık buğday, ayçiçeği ve bezelyede verim artışı sağlandığı sonucuna varılmıştır (Sherbok, 1976).

Tüzüner ve Yörük (1981) tarafından Orta Anadolu koşullarında toprak işleme sistemlerinin karşılaştırılması ve en uygun toprak işleme sisteminin belirlenmesi konusunda yapılan araştırmada; erozyondan etkilenmeyen tarım alanlarında anız bozmanın soklu pullukla 18–20 cm, ikilemenin kazayağı ile 14–16 cm, üçlemenin ot yolucu ile 8–10 cm derinlikte yapılmasını önermişlerdir. Erozyona maruz kalan alanlarda ise anız bozma aleti olarak kazayağı kullanılmasını; fazla güce ihtiyaç göstermesi ve verim artışında etkili olmaması nedeniyle anız bozma işleminin Sonbahar yerine İlkbahar'da yapılmasını tavsiye etmişlerdir.

Doğrudan ekim yönteminde geleneksel ve azaltılmış toprak işlemeli ekim yöntemlerine göre daha fazla buğday verimi elde edilmektedir. Kök penetrasyonunun daha iyi olması, toprak sıcaklığının daha düşük olması ve toprakta daha fazla rutubet olmasından dolayı kök gelişmesi açısından bitkiye avantaj sağlamaktadır

Karakaya ve Yıldız (1990) Çukurova'da pamuktan sonra buğday üretiminde toprak işleme ve ekim tekniklerinin ürün verimine önemli etkisinin olmadığını, zaman tüketimi ve ekonomiklik açısından toprağın yüzeysel işlenerek serpme ekim yapılmasının en uygun yöntem olduğunu saptamışlardır.

Koruyucu toprak işleme sisteminde ekimden sonra tarla yüzeyinin en az % 30 oranında bitki artığı ile kaplı halde bulunması gerektiğini, yüzeyde çok az miktarda bitki artığının bulunmasının bile erozyonu büyük ölçüde önlediğini, toprak yüzeyinde bulunan 5000 kg ha^{-1}' lık bitki artığının yüzey akışını % 0.1 düzeyine indirirken, infiltrasyonu % 99 düzeyine çıkardığı saptanmıştır (Yalçın ve ark., 2003a).

McCarthy ve ark. (1993) erozyon kontrolü ve koruyucu toprak işleme açısından; özellikle mısır, sorgum gibi fazla miktarda kalıntı (bitki artığı) üreten veya buğday gibi birim miktarı ile daha yüksek kaplama (kapatma) oranına sahip bitkilerin üretim desenine alınmasının ve bitki artıklarının toprak yüzeyine homojen olarak yerleştirilmesinin önemli olduğunu, tarla yüzeyinin % 30 bitki artığı ile kaplı olmasının erozyonu % 50 oranında azaltacağını belirtmişlerdir.

Toprak yüzeyinin bitki artıklarından tamamen temizlenmiş olmasının yağmur damlalarının olumsuz ve aşındırıcı etkisine neden olduğu, yapılan araştırma sonuçlarına göre; yaklaşık 4 da'lık alanda 25.4 mm'lik yağmur düşmesinin bu alana 275,600 kp m kinetik enerji uyguladığı, yüzeyin bitki artığı ile korunmaması durumunda bu enerjinin toprak zerrelerini parçalayarak su ve rüzgar erozyonuna açık hale getirdiği tespit edilmiştir (Meyer ve Mannering, 1963).

Alternatif toprak işleme uygulamaları üzerinde yapılan bir araştırmada yakıt tüketimleri karşılaştırılmış ve geleneksel toprak işlemede 73.58 L ha^{-1} olan yakıt tüketiminin, azaltılmış toprak işlemeli tarımda 31.08 - 49.08 L ha^{-1} (diskaro, tırmık kulanım sayısına bağlı olarak) arasında, doğrudan ekimde ise 24.12 L ha^{-1} olduğu saptanmıştır. Koruyucu toprak işlemenin özellikle Amerika, Avustralya, Çin ve bazı Avrupa ülkelerinde yaygın olarak kullanıldığı saptanmıştır. Toprak işlemesiz ekimin ise Paraguay'da tarım alanlarının % 52'sinde, Brezilya'da ve Arjantin'de % 32'sinde, Amerika Birleşik Devletleri'nde toplam ekilebilir alanların % 16'sında uygulandığı belirtilmiştir (Yalçın ve ark., 2003b).

Doğan ve ark. (2003) pamuk saplarının toprağa karıştırılmasının toprak strüktürü üzerine etkileri konusunda yaptıkları çalışmada; pamuk sapının toprağa karıştırıldığı ve karıştırılmadığı koşullarda altı farklı tohum yatağı hazırlama yönteminin toprak strüktürüne etkilerini belirlemişlerdir. Uygulamalar arasında önemli fark çıkmamış, ancak uygulamaların özellikle 0.74 mm' den küçük agregat yüzdeleri % 76-81 değerleri arasında çok yüksek bulunmuştur. Tarımsal üretimde yoğun toprak işleme faaliyetlerinin toprak strüktürünü bozduğu bu nedenle tarla trafiğinin azaltılması gerektiği sonucuna ulaşmışlardır.

Adam ve Erbach (1992) toprak işlemenin amacının ekim öncesi tohumun çimlenmesini kolaylaştıracak, uygun hava ve su oranına sahip ideal toprak yapısını oluşturarak çimlenme sonrası bitkinin rahat bir şekilde kök faaliyetlerini sürdürebileceği bir ortamın oluşturulması (tohum yatağı hazırlamak) diğer bir ifadeyle, optimum strüktürün oluşturulması olarak açıklamışlardır. Kayışoğlu ve ark. (1996) ise, iyi bir toprak yapısı (strüktür) oluşturmak için toprağı gereğinden fazla işlemenin toprak yapısını bozduğunu, organik maddenin aşırı parçalanmasının toprak agregatlarının oluşumunu olumsuz etkilediğini ve aşırı yakıt tüketiminin enerji girdilerini artırarak ürün maliyetini artırdığını ifade etmişlerdir.

Çarman ve Marakoğlu (2007) nohut üretiminde azaltılmış toprak işleme ve doğrudan ekim uygulamalarını karşılaştırdıkları araştırmalarında, en yüksek yakıt tüketimini geleneksel uygulamada (5.2 L da^{-1}), en düşük ise doğrudan ekim (0.97 L da^{-1}) uygulamasında elde etmişlerdir. Yalçın ve ark. (1997) buğday tarımında azaltılmış toprak işleme yöntemlerini karşılaştırdıkları araştırmalarında; en yüksek yakıt tüketimini pulluk + diskaro (2 kez) + sürgü + ekim yönteminde (52.1 L ha^{-1}), en düşük yakıt tüketimi ise doğrudan ekim uygulamasında (9.31 L ha^{-1}) elde etmişlerdir. Dane verimi yönünden yaptıkları karşılaştırmada ise yöntemler arasında istatistiksel olarak

önemli bir fark bulunmamasına karşın, en yüksek dane verimini doğrudan ekimde (4,590 kg ha^{-1}) elde etmişlerdir. Sonuçta, doğrudan ekim yönteminin hem verim hem de yakıt ekonomisi nedeniyle tercih edilebileceğini belirlemişlerdir

Marakoğlu ve Çarman (2008), buğday üretiminde azaltılmış toprak işleme ve doğrudan ekim uygulamaları üzerine iki yıl yürüttükleri deneme sonucunda en yüksek yakıt tüketimini 5.15 Lda^{-1} ile geleneksel uygulamada tespit etmişlerdir. Bunu 2.8 L da^{-1} ile azaltılmış toprak işleme uygulaması (düşey milli rotatiller) takip etmiş, en az yakıt tüketimini ise 0.91 L da^{-1} ile doğrudan ekim makinesinde elde etmişlerdir. Geleneksel uygulama ile traktörün yakıt tüketiminin; azaltılmış toprak işlemeye göre % 207, doğrudan ekime göre ise % 465 daha fazla olduğunu bildirmişlerdir.

Akbarnia ve Farhani (2014) farklı toprak işleme uygulamalarının yakıt tüketimlerini incelemişler ve geleneksel toprak işleme, azaltılmış toprak işleme ve doğrudan ekim uygulamasında sırasıyla 59.33 L ha^{-1}, 29.67 L ha^{-1}, 14.33 L ha^{-1} olarak bulmuşlardır.

Bonari ve ark. (1995), kombine makineler kullanarak toprak işleme yöntemlerinin verim ve toprağın fiziksel özellikleri üzerine etkilerini belirlemek için yaptıkları çalışmada, çeşitli toprak işleme yöntemlerinin farklı koşullar altında enerji tüketimlerini inceleyerek enerji tüketiminin azaltılması üzerinde durmuşlardır. Azaltılmış toprak işleme yönteminin % 55 daha az yakıt tüketimi sağladığını, toprak işleme yöntemlerinin ise verim üzerine önemli bir etkisinin olmadığını bildirmişlerdir.

Bayhan ve ark. (2001), ikinci ürün silajlık mısır tarımında azaltılmış toprak işleme ve doğrudan ekim uygulamaları adlı çalışmalarında uygulamalar arasındaki en düşük yakıt tüketiminin doğrudan ekim uygulamasında olduğunu ve en yüksek verimin ise toprak işleme kombinasyonundan elde edildiğini ve yine benzer şekilde (Köller, 2003); Yalçın ve Çakır (2006) yapmış oldukları araştırmada geleneksel yöntemde 60 L ha^{-1}, doğrudan ekim yönteminde 7.5 L ha^{-1} yakıt tüketimi değerlerini elde etmişlerdir.

Köller (2003), koruyucu toprak işleme konusunda teknik, ekolojik ve ekonomik bakış yönleriyle yaptığı çalışmada; pulluk, çizel, diskli tırmık, sırta ekim ve doğrudan ekim uygulamalarını kullanmış ve yakıt tüketimlerini sırasıyla 49.4, 31.2, 28.3, 25.2 ve 13.3 L ha^{-1} olarak saptamıştır. Doğrudan ekimde, kulaklı pulluğun kullanıldığı geleneksel toprak işlemeye göre % 73 oranında yakıttan tasarruf sağlanmıştır (Aykas ve ark., 2005).

Gözübüyük ve ark. (2010), Erzurum yöresinde ayçiçeğinde farklı toprak işleme–ekim sistemlerinin bazı işletme parametreleri yönünden karşılaştırılması adlı çalışmalarında; geleneksel toprak işleme–ekim sistemine alternatif olabilecek azaltılmış

ve doğrudan ekim sistemlerini üç yıl boyunca karşılaştırmışlardır. Toprak işleme–ekim sistemleri; geleneksel toprak işleme (kulaklı pulluk+diskaro+kombikrüm+ hassas ekim makinası), birinci azaltılmış toprak işleme (kültivatör+kombikrüm+hassas ekim makinası), ikinci azaltılmış toprak işleme (dik rotovatör+hassas ekim makinası), doğrudan ekim uygulamasından oluşmuştur. Elde edilen sonuçlara göre, en yüksek yakıt tüketimi yıllar itibariyle sırasıyla 56.76, 57.78 ve 54.47 L ha^{-1} ile geleneksel sistemde, en düşük yakıt tüketimi ise 11.91, 10.24 ve 11.57 L ha^{-1} ile doğrudan ekim uygulamasında elde edilmiştir

Aykas ve ark. (2006) Söke'de yaptıkları iki yıllık araştırmada, ikinci ürün doğrudan pamuk ekiminin Ege Bölgesinde uygulanabilirliğini ortaya koymuşlardır. Geleneksel toprak işleme + ekim, azaltılmış toprak işleme+ekim ve doğrudan ekim, denemelerini yapmışlardır. Yakıt tüketimi değerleri incelendiğinde; sadece kıyaslama yapmak için kullanılan ana ürün geleneksel pamuk parsellerinde 7.14 L da^{-1}, ikinci ürün parsellerinde geleneksel yöntemin uygulandığı parsellerde 4.34 L da^{-1}, azaltılmış yöntemin uygulandığı parsellerde 2.25 L da^{-1}, doğrudan ekim parsellerinde ise, 0.61 L da^{-1} olarak elde edilmiştir.

Yalçın ve Çakır (2006) geleneksel ve azaltılmış toprak işleme ile doğrudan ekim yöntemlerinin, yakıt tüketimi ve bitki verimine olan etkilerini inceledikleri araştırmalarında; en yüksek yakıt tüketimini geleneksel toprak işlemenin uygulandığı parsellerde elde etmişlerdir. Araştırmada, doğrudan ekim yöntemi her ne kadar minimum yakıt tüketimi ve maksimum tarla etkinliğine sahip olsa da en düşük ürün verimine neden olmuştur.

Bayhan ve ark. (2006) doğrudan ekim yöntemini diğer toprak işleme yöntemleri ile karşılaştırdıkları araştırmalarında, en düşük yakıt ve güç tüketimi değerlerini doğrudan ekim yönteminde elde etmişlerdir. Doğrudan ekimin uygulandığı parsellerde ortalama yakıt tüketimi 50 L ha^{-1} ve ortalama güç tüketimi 1.9 kW m^{-1} iken bu değerler, geleneksel toprak işlemenin uygulandığı parsellerde 477 L ha^{-1} ve 28 kW m^{-1} olarak belirlenmiştir.

Yağışa dayalı tahıl üretiminde farklı toprak işlemeli ekim yöntemleri ve enerji gereksinimlerinin incelendiği bir çalışmada; geleneksel yöntem ile tohum yatağı hazırlığında harcanan yakıt, üretim için harcanan toplam yakıtın % 62'sini oluşturmuştur. İkinci sınıf toprak işleme aletleriyle tohum yatağı hazırlığında ise; geleneksel sistemde tüketilen yakıtın % 28'inin yeterli olduğunu saptamışlardır. Yakıt tüketiminin geleneksel

toprak işlemede 48.4 L ha^{-1}, azaltılmış toprak işlemede 34.8 L ha^{-1} ve doğrudan ekimde ise 31 L ha^{-1} olduğu, işgücü gereksiniminin geleneksel toprak işlemeli ekimde % 100, azaltılmış toprak işlemeli ekimde % 76, doğrudan ekimde ise % 39 olduğu belirtilmiştir (Özsert ve Kara, 1987).

Yalçın ve ark. (2003a) tarafından 2002-2003 yıllarında, geleneksel toprak işlemeye göre çizel ve goble diskaro uygulamasının buğday verimine etkileri ve iş başarılarının incelendiği çalışmada; araştırma sonuçlarına göre, azaltılmış toprak işleme yöntemleri geleneksel toprak işleme yöntemine göre yaklaşık olarak % 50 oranında yakıttan ve % 40-70 oranında da zamandan tasarruf sağlamıştır. 1 yıllık sonuçlara göre buğday dane veriminde ise geleneksel yönteme göre % 25 oranında bir azalma meydana gelmiştir.

Yalcin ve ark. (2005) buğday üretiminde; geleneksel, minimum toprak işleme ve doğrudan ekim uygulamalarını karşılaştırmışlar, ekonomik analiz sonuçlarına göre en iyi sonucu doğrudan ekim uygulamasında 0.89 L da^{-1} yakıt tüketimi ve 12.49 da h^{-1} iş başarısı olarak elde etmişlerdır. Minimum toprak işleme uygulamalarından; goble diskaroda iş başarısını 4.71 da h^{-1} ve rototillerde ise 3.64 da h^{-1} olarak bulmuşlardır. Pullukla sürüm işleminde ise 2.73 da h^{-1} ile en düşük iş başarısı belirlenmiştir.

Zeren ve ark. (1993) ikinci ürün dane mısır yetiştiriciliğinde; geleneksel, azaltılmış ve doğrudan ekim uygulamalarını karşılaştırmışlar; uygulamalara ait dane verimi ve yakıt tüketimlerini sırasıyla; 8,359; 7,461; 8,299 kg ha^{-1} ve 25; 18 ve 7 L ha^{-1} olarak tespit etmişlerdir.

Raper (2001) bitkisel atıkların toprağa gömülmesinde diskli ve çizel tip ekipmanların çalışma derinliklerinin etkisini araştırdıkları çalışmalarında; büyük çalışma derinliklerinde diskli tip toprak işleme ekipmanının bitki artıklarının toprağa gömülmesinde çizel tip ekipmanlara göre daha büyük etkiye sahip olduklarını saptamıştır. Çizel tipi ekipmanların çalışma derinliklerinin 0.33 m'den 0.18 m' ye azalması koşulunda çeki kuvveti ve enerji gereksiniminin % 50 azaldığı tespit edilmiştir.

Antalya'da ikinci ürün susamda farklı toprak işleme ve ekim yöntemlerinin karşılaştırıldığı araştırma sonucunda, en az makine kullanımı 11.91 h ha^{-1} ile anızsız + azaltılmış toprak işleme + serpme ekim yönteminde, en fazla makine kullanımı ise 18.0 h ha^{-1} ile anızlı + geleneksel toprak işleme + tek dane ekim yönteminde bulunmuştur. Ekim yöntemlerinin, toprak işleme yöntemlerine göre bitki çıkışları arasında önemli fark olmasına karşın yöntemlerin verimleri arasında fark olmadığı belirtilmiştir (Özmerzi ve Barut, 1996).

Doğrudan ekim yöntemi, geleneksel toprak işlemeye göre tarla trafiğini en aza indirerek; toprak sıkışmasının engellenmesine, sıra arasındaki anızı tarla yüzeyinde bırakarak; hidrolik iletkenliğin artmasına, organik maddenin toprak üst yüzeyinde birikmesine, agregat stabilitesini artırarak; toprak ve su erozyonunun önlenmesini sağlamaktadır. Toprağa minimum düzeyde müdahale ederek; makro ve mikro organizma popülasyonunda artışa ve bu artış nedeniylede toprağın enzim aktivitesinin çoğalmasına böylece, bitki besin elementlerinin bitkinin yararlanabileceği forma dönüşmesine yardımcı olmaktadır (Cookson ve ark., 2008; Huang ve ark., 2008).

Yapılan araştırmalarda toprak sıkışmasına; doğal etkiler ve dış kuvvetler, toprak nemi, toprağın içerdiği kum, silt ve organik madde miktarları, traktör tekerleği, toplam yük, lastik tipi, lastik hava basıncı, geçiş sayısı ve tekerlek basıncının etkili olduğu belirtilmiştir (Bal, 1985; Munsuz, 1985). Toprak sıkışması sonucu, toprak işleme aletlerinin çeki kuvveti ve enerji tüketimleri artmaktadır. Bunun yanında, aletlerin parçalama etkinliği azalarak, toprakta büyük kesekler oluşmaktadır. Bilimsel çalışmalar, makine tekerleklerinin etkisiyle toprakta meydana gelen sıkışmanın pulluk çeki gücü gereksiniminde % 90 oranında artış meydana getirdiğini göstermiştir (Bateman, 1959; Williford, 1980; Gökçebay, 1988).

Toprak işleme, ekim, dikim, gübreleme, ilaçlama, hasat ve taşıma araçları, özellikle nem oranının yüksek olduğu dönemlerde, toprak sıkışmasına neden oldukları araştırma sonucu ile ortaya konmuştur (Altay ve Tok, 1989; Yeşilsoy, 1992). Pamuk kökü penetrasyonu için kritik penetrasyon direnci, 2 MPa civarındadır. 0.7 MPa penetrometre direncinde, pamuk kökü uzama oranı % 50 olmaktadır. Kök uzamasını % 50 düşüren penetrometre direnci, yerfıstığı bitkisi için 2 MPa; bezelye (Pisum sativum L.) için 1.1 MPa olarak ölçülmüştür (Arkin ve Taylor, 1981).

Önal (1981) tarafından yapılan bir araştırmada; 10 bar sıkıştırma basıncında pamuk köklerinin %35'inin sıkışmış katmanı geçtiği, 25 bar'da ise köklerin penetrasyon yeteneğinin tamamen durduğu görülmüştür. Kültür bitkilerinin yetişmesi için uygun bir toprak yapısının hazırlanması toprağın işlenmesi ile mümkündür. Ancak, bilinçsiz ve aşırı toprak işleme doğaya zarar vermektedir. Özellikle yoğun toprak işleme ve bitki artıklarının yakılması veya tarladan uzaklaştırılması toprağın sıkışmasına ve erozyona neden olmaktadır (Aykas ve ark., 2005).

Altıkat (2011) üç farklı ekim makinası (çapa tip gömücü ayaklı, diskli gömücü ayaklı ve kanatlı çapa tip gömücü ayaklı doğrudan ekim makinası) ile yaptığı

denemelerde; geleneksel toprak işleme ve ekim yöntemin uygulandığı parsellerdeki ortalama penetrasyon direnci değerlerini sıra üzerinde yazlık fiğde 16-1.34 MPa arasında, kışlık buğdayda ise 0.28-1.40 MPa arasında bulmuştur. Her iki bitkide de hem sıra arasından, hem de sıra üzerinden ölçülen penetrasyon direnci değerleri bitki kök gelişimi için üst sınır olarak kabul edilen 3 MPa'ın altında kalmıştır (Busscher ve Sojka, 1987; Håkansson ve Lipiec, 2000).

Taşer ve Metinoğlu (1997) buğday anızlı tarla koşulunda toprak işlemenin toprağın bazı fiziksel özelliklerine etkisini belirlemek amacıyla sonbahar toprak işleme döneminde yaptıkları çalışmada derinliğe göre, toprağın nem içeriğindeki değişimin istatiksel olarak önemsiz, hacim ağırlığındaki değişimin % 5 ve penetrasyon direncindeki değişimin de % 1 seviyesinde önemli olduğunu belirtmişlerdir. Toprak işlemeden önce ve toprak işlemeden sonra ölçülen nem içeriği ve hacim ağırlığı değişiminin önemli bulunduğunu belirtmişlerdir.

Aksakal ve ark. (2011) yoğun otlatma altındaki merada toprak hacim ağırlığı ve penetrasyon direncinin alansal değişkenliğinin zamanla değişimini belirlemek amacıyla Temmuz, Ağustos ve Eylül aylarında yaptıkları çalışmada, toprak penetrasyon direncinin tüm ölçüm noktalarında kök gelişimi için kritik penetrasyon direnci olarak kabul edilen 3 MPa'dan daha yüksek olduğunu belirlemişler, ortalama toprak penetrasyon direncinin Temmuz ayına göre Ağustos ayında yaklaşık % 8.5 arttığını ve Eylül ayında hemen hemen sabit kaldığını saptamışlardır.

Penetrasyon direnci; bitki köklerinin toprakta hareket yeteneklerinin, bitki gelişiminin ve verimin bir göstergesidir. Bitki kök gelişimine önemli derecede etkili olan penetrasyon direnci; toprak hacim ağırlığı, nem içeriği (Camp ve Lund, 1968; Mirreh ve Ketcheson, 1972), organik madde içeriği (Sands ve ark., 1979), toprak tipi, tarla trafiği ve toprak işleme aletine bağlı olarak değişiklik göstermektedir (Patterson ve ark., 1980).Yapılan araştırmalarda penetrasyon direncinin 3 MPa veya daha fazla olması kök gelişimini engelleyici sınır olarak kabul edilmektedir (Busscher ve Sojka, 1987; Håkansson ve Lipiec, 2000). Gupta (1990), penetrasyon direncinin 2 MPa'dan büyük olmasının aşırı toprak sıkışmasını tanımlayan en önemli kriterlerden biri olduğunu belirtmektedir.

Çelik ve ark. (2009) farklı tip doğrudan ekim makinalarının farklı anız koşullarında, çizi özellikleri ve anız dağılımına etkilerini inceledikleri araştırmalarında; sıra üzeri penetrasyon direnci değerlerinin sıra arası değerlerden daha düşük olduğunu

belirlemişlerdir. Makinalar arasında sıra üzeri penetrasyon direnci yönünden en yüksek değerler bütün ölçüm derinliklerinde diskli gömücü ayaklı doğrudan ekim makinasında elde edilirken, en düşük değerler ise dar çapa tip gömücü ayaklı makinada gözlenmiştir. Anız yüksekliğinin penetrasyon direnci üzerinde istatiksel olarak önemli bir etkisi bulunmazken, uzun ve yatık anız penetrasyon direncini artırmıştır.

Toprak sıkıştıkça porozitede azalma meydana gelir (Önal, 1995; McNabb ve ark., 2001; Richard ve ark., 2001; Gomez ve ark., 2002). Topraktaki boşluk miktarının % 10'un altına düşmesi ile birçok önemli bitkide kök gelişiminin durduğunu belirtmektedir. Bununla beraber, bitki çıkışı ve gelişimi için optimum porozite değeri % 50 civarındadır (Önal, 1995). Altay ve Tok (1989) Optimum porozite değerinden % 2.7'lik bir azalmanın verimde % 33'lere varan bir düşüşe neden olduğunu belirtmişlerdir.

VandenBygaart ve ark. (1999) çalışmalarında; 25 cm toprak derinliğinde siltli tın bünyeli topraklarda doğrudan ekim yönteminin, geleneksel toprak işlemeye göre daha yüksek hacim ağırlığına neden olduğunu belirtmişlerdir. Benzer şekilde; 4-8 ve 14-18 cm toprak derinliklerinde; kumlu, kumlu tın ve siltli tın bünyeye sahip toprakların tamamında doğrudan ekim yöntemi ile ekim yapılan parsellerdeki hacim ağırlığı değerlerini geleneksel toprak işlemeye göre daha yüksek bulmuşlardır (Schjonning ve Rasmussen, 2000).

Ekeberg ve Riley (1997) 3-7 cm toprak derinliğinde doğrudan ekim yöntemi ile ekim yapılan parsellerdeki hacim ağırlığı değerini geleneksel toprak işlemeye göre daha yüksek bulmuşlardır. Ancak, çalışmada 13-17 cm derinlikte iki yöntem arasında istatistiksel olarak bir fark bulunmamıştır. Gómez ve ark. (1999) ise doğrudan ekim yöntemi ile üst 20 cm toprak derinliğinde hacim ağırlığını geleneksel toprak işleme sistemine göre daha yüksek bulurken, 20–40 cm derinliklerde herhangi bir fark belirleyememişlerdir.

Logsdon ve Cambardella (2000) araştırmalarında doğrudan ekim yönteminde, 2 cm üst toprak tabakasının hacim ağırlığının; 0.91- 1.2 g cm^{-3} ve porozitenin ise; % 65.6-54.7 arasında değiştiğini belirtmişlerdir. McVay ve ark. (2006) 5 farklı bölgede 23 yıl boyunca sürdürdükleri araştırmalarında hacim ağırlığı değerlerini, doğrudan ekim yöntemi için 1.25-1.4 g cm^{-3}, geleneksel toprak isleme için 1.11–1.22 g cm^{-3} ve azaltılmış toprak isleme için 1.20-1.33 g cm^{-3} arasında değiştiğini belirtmişlerdir. Araştırmada, doğrudan ekim yönteminde hacim ağırlığı diğer iki yönteme göre daha

yüksek ancak bitki kök gelişimi açısından sınır değerin altında bulunmuştur.

Kırklareli'nde kuru koşullarda buğday tarımında doğrudan ekim, azaltılmış toprak işlemeli ekim (goble disk, rototiller) ve geleneksel toprak işlemeli ekim sistemlerin (pulluk+diskaro+tırmık) toprak nemine ve ürün verimine olan etkileri karşılaştırılmış ve minimum toprak işlemeli veya doğrudan ekim sistemlerin kullanılmasının diğer sistemlere göre daha iyi olacağı tespit edilmiştir. En yüksek verim minimum toprak işleme uygulamasından elde edilmiştir (Kamburoğlu, 2001).

Sławiński ve ark. (2012) buğday tarımında geleneksel ve azaltılmış toprak işlemeyi karşılaştırmışlar, hasat öncesi yaptıkları nem ölçümlerinde azaltılmış toprak işlemede 15 cm derinlikte % 13.9-39.55 arasında nemin korunduğunu tespit etmişlerdir.

Doan ve ark. (2005) hasat sonrası çeşitli etkilerle toprak yüzeyine serilmiş bulunan anızın, kökleri üzerinde dik duran anıza göre topraktan daha az nem kaybına neden olduğunu tespit etmişlerdir. Ancak, dik durumdaki anızın kışın yağan kardan daha fazla yararlanma potansiyeline sahip olduğunu ve toprak yüzeyine serilmiş anıza göre rüzgar erozyonuna karşı daha koruyucu olduğunu belirtmişlerdir.

Birçok araştırmada, doğrudan ekimde toprak sıcaklığının pullukla toprak işlemeye göre yaklaşık 5–6 °C daha düşük olduğu, bunun bitki gelişmesinde yavaşlamaya neden olduğu ve ileri dönemlerde doğrudan ekim yönteminde daha fazla nem biriktirilmesi ile bu olumsuzluğun telafi edildiği ortaya konulmuştur (Unger, 1984a; Schneider ve Gupta, 1985; Doran ve ark., 1998).

Kanada ve ABD de yapılan araştırmalarda, doğrudan ekim yönteminde toprak sıcaklığının diğer toprak işleme yöntemlerine göre 1–5 °C daha düşük olduğunu saptamışlardır (Carter ve Rennie, 1985). Ancak, doğrudan ekim uygulamasında daha fazla nem biriktiği, ilkbaharda bitki gelişmesinin daha yavaş olduğu, fakat topraktaki nem miktarının verimle doğrudan ilişkili olmasından dolayı bu olumsuz durumu hızla telafi ettiği bu yüzden de başaklanma ve olgunlaşma sürelerinin diğer yöntemlere göre daha uzun olduğu ortaya konmuştur (Chevalier ve Ciha, 1986). Yine Kanada'da buğdayda yapılan bir araştırmada azaltılmış ve doğrudan ekim yönteminde geleneksel toprak işlemeli ekim yöntemine göre toprakta daha fazla nem biriktiği, kış zararının daha az meydana geldiği, dolayısıyla daha fazla verim elde edildiği saptanmıştır (Black ve Bauer, 1990).

Nijerya'da yapılan bir araştırmada, doğrudan ekim yönteminde daha fazla su tutma kapasitesi ve organik madde artışı sağlandığı belirtilmiştir (Aina, 1982). Doğrudan ekim yönteminin geleneksel ve azaltılmış toprak işlemeli ekim yöntemine göre toprakta

daha fazla su muhafazası, daha fazla organik madde birikimi sağladığı ve erozyonu azalttığı ifade edilmiştir (Kelly ve ark., 1996; Gray ve ark., 1997).

Tatarko (2001) toprak agregatlarının boyut dağılımı ve stabilitesinin; toprakların rüzgar erodibilitesi üzerinde temel bir etkiye sahip olduğunu, toprak işleme, ıslanma, kuruma, donma ve çözülme gibi toprak üzerindeki dış etkilerin agregat statüsünü (pozisyonu ve halini) etkileyen faktörler olduğunu belirtmiştir. Topraktaki por boyut dağılımının, hacim ağırlığı, toprak dayanımı ve toprak erodibilitesi gibi faktörlerin toprağın fiziksel büyüklüklerini etkilediğini ifade etmiş, toprak yüzeyindeki kalıntı (anız) yönetiminin de toprak agregatlarına etki eden faktörlerden olduğunu belirtmiştir.

Cerdà (1996) düşük stabiliteli agregatların kolayca kırılabilir (kırılgan) ve küçük boyutlara parçalanabilir olduğunu böylece toprak agregat stabilitesinin; porozite, su tutma, hacim yoğunluğu, infiltrasyon, yağışa maruz kalan toprak yüzey boyutu gibi faktörleri etkilediğini belirtmiştir.

Çarman ve ark. (2012) kuyruk milinden hareketli üç farklı makinayı koruyucu toprak işleme açısından değerlendirdikleri çalışmada; toprak mekanik stabilite değerlerini % 95.47-96.6 arasında bulmuşlardır. Bu değerin sınır değer olan %50 nin üzerinde çıkmasının toprakların erozyona karşı dayanıklı olduğunu göstermiştir. Bir diğer çalışmada ise stabilite indeksi değerlerini ise 8.06-16.65 arasında bulunmuş, sınır değer olan >1.5' den büyük olması toprakların aşınmaya karşı dayanıklı olduğunu göstermiştir (Demiryürek ve ark., 2007).

Karapınar rüzgar erozyonu proje sahasında toprakların erozyon karakterlerini tespit etmek gayesiyle yapılan bir araştırmada; 0-30 cm toprak derinliğinden sekiz adet ve depozit materyalden de bir adet toprak örneği alınarak kuru agregat analizine tabi tutulmuştur. Toprakların mekanik stabilite değerleri % 88.28 - 98.59 arasında, çapları 0,84 mm' den büyük zerreler miktarı % 57.2 - 85.6; stabilite indeksleri 1.081 - 1.239 ve çapları 0,42' mm den küçük zerreler miktarı da % 10. 1 - 36.0 arasında tespit edilmiştir. Depozit materyalin % 20.0' nin süspansiyonla, % 79.5' nin saltasyonla ve % 0.5' nin de yüzeyde sürüklenme ile taşındığı anlaşılmıştır. Bu durum, araştırma sahasında deopozit materyalin daha çok saltasyon ile harekete geçmiş olduğunu ortaya koymaktadır. Sonuç itibariyle, proje sahası topraklarının rüzgar aşındırmasına karşı oldukça mukavim bir karakter gösterdiği tespit edilmiştir (Celebi, 1971).

Chepil (1950b) çapları 0.84 mm den büyük olan zerreleri aşınmaya dayanıklı, çapları 0.84 – 0.42 mm arasında bulunan zerreleri güçlükle aşınabilir ve çapları 0.42 mm den küçük olan zerreleri de kolayca aşınabilir zerreler olarak sınıflandırmıştır.

Aynı araştırıcı, bir toprakta 0.42 mm den küçük zerreler nispetinin az olması halinde mekanik stabilite değerinin artacağını bildirmiştir.

Frevert ve ark. (1955) rüzgar erozyonunda zerrelerin yüzeyde; sürüklenme, saltasyon ve süspansiyon olmak üzere üç şekilde hareket ettiklerini; çapları 3.0 – 0.5 mm arasında olan zerrelerin yüzeyde sürüklenme ile çapları 0.5-0.1 mm arasındakilerin saltasyon ile ve çapları 0.1 mm den daha küçük olan zerrelerin de süspansiyon ile hareket ettiklerini tespit etmişlerdir.

Woodruff ve Chepil (1956) rüzgar erozyonu kontrolü üzerine yapmış oldukları araştırmada; toprağı mümkün mertebe kesekli hale getiren ve aynı zamanda bitki artıklarını gömmeyen bir sürüm aleti kullanılmasının gerekli olduğunu müşahade etmişlerdir.

Toprak yüzeyini örtmek amacıyla kullanılan doğal veya yapay malzemelere malç adı verilmektedir. Bitkisel atıklarla malçlamanın yüzey toprağının organik madde içeriğini ve agregat stabilitesini arttırdığı, toprak su düzeni üzerine olumlu etkisi olduğu ve diğer toprak fiziksel özelliklerini geliştirerek toprak kalitesi ve üretkenliğini artırdığı bilinmektedir (Mulumba ve Lal, 2008). Toprak yüzeyinin malç tabakası ile kaplanması; yüzey akışının kontrolünün sağlanması, su kaynaklı toprak erozyonunun azaltılması noktasında önemli bir toprak koruma metodu olarak bilinmektedir (Smets ve ark., 2008).

Anızlı toprak işlemede, bitkisel artıkların toprağa daha yüksek bir oranda karıştırılabilmesi ve bu artıkların daha kısa bir sürede çürüyebilmesi için kısa olarak parçalanmalarının gerekli olduğu bildirilmektedir (Tebrügge, 1993). Kaba ve yeterince parçalanmayan sapların toprakta bulunmalarının, tohumun toprakla temasını önleyebildiği ve bu durumun çimlenmeyi olumsuz yönde etkileyebildiği belirtilmektedir (Önal ve Aykas, 1997).

Yüzeyde bulunan yaklaşık 5000 kg ha^{-1} 'lık bitki örtüsü yüzey akışını % 0.1 düzeyine indirirken, infilitrasyonu % 99 düzeyine çıkarmıştır. Toprak yüzeyinde bitki artığı bulunmayan tarlalarda yağmur damlalarının çarpmasıyla ortaya çıkan enerji toprak zerrelerinin kopmasına, parçalanmasına dolayısıyla su ve rüzgar erozyonuna hassas hale gelmesine neden olmaktadır. Yüzeyde bulunan bitki artıkları bu enerjiyi tutarak toprağın zarar görmesini engellemektedir (Önal, 1995).

Toure ve ark. (2011) düşük miktardaki bitki örtüsünün rüzgar erozyonu üzerine etkisini incelemişler; geleneksel işlenmiş parsellerde bitki artıklarının rüzgar erozyonunu önlemede etkili olduğunu ve erozyon akışını azalttığını belirtmişlerdir. Minumum yüzey kaplama oranı % 2 (100 kg ha^{-1}) rüzgar erozyonunu azaltmak için kritik seviye olarak

tespit edilmiştir. Birçok demonstrasyon çalışmaları; kalıntı (sap) miktarı ≥ 1500 kg ha^{-1} için rüzgar erozyonunun azalmasına işaret etmiştir Küçük miktarda kalıntının rüzgar erozyonu üzerine etkisi belirgin değildir (Bielders ve ark., 2000).

Durdiyev ve Dursun (2002) sap parçalama ve farklı toprak işleme yöntemlerinin mısır saplarının toprağa karışmasına etkilerini araştırdıkları denemelerinde 8 farklı toprak işleme yöntemi kullanmışlar; sap parçalamanın, sap gömülme oranını % 9.75 ile % 14.27 arasında artırdığını belirlemişler, hem parçalanmış hem de parçalanmamış sapta en yüksek sap gömülme oranlarını kulaklı pulluk + yatay milli rototiller yönteminde elde etmişlerdir.

Göknur ve Özarslan (1995) yerli yapım kulaklı pulluklarla çalışmada traktör ilerleme hızının yüzey artıklarının gömülme oranına etkisini incelemişlerdir. En yüksek gömülme oranının 3.69-5.92 km h^{-1} arasındaki ilerleme hızlarında elde edildiğini belirtmişlerdir. Unger (1984b) kulaklı ve diskli pullukların anız gömme oranlarını % 90, diskli anız bozma pulluğu, tandem diskaro ve offset diskaroda % 50, çizelde % 25, geniş uç demirli kültüvatör ve ot yolucuda % 10 olarak belirtmiştir. Ball ve Robertson (1990) pulluklarla çalışmada en fazla anızın çizi tabanında toplandığını, üst toprak katmanlarında ise homojen bir anız dağılımı elde edildiğini açıklamışlardır.

Çarman ve Konak (1996) ağır tip diskli tırmıkla yaptıkları çalışmada, farklı yön açısı ve ilerleme hızının yüzey artıklarının gömülme oranına etkisini araştırmışlardır. Gömme oranı değerlerinin % 54 ile % 88 arasında değiştiğini belirtmişlerdir.

Hasattan sonra tarla yüzeyinde kalan anız ve sap saman gibi bitki artıkları, ekolojik koşullara, uygulanan tarım tekniğine ve makinalaşma derecesine bağlı olarak yakılarak yok edilmekte, toplanarak tarladan uzaklaştırılmakta, tamamen veya kısmen tarla yüzeyinde bırakılmakta veya toprağa karıştırılmaktadır. Hasattan sonra tarla yüzeyinde kalan anız ve sap saman gibi bitki artıklarının toprağa karıştırılmasının birçok yararı bulunmaktadır. Anızlı toprak işleme konusunda yapılan çalışmalarda; bitki artıklarının toprağa karıştırılmasıyla toprağın organik madde yönünden zenginleştiği ve verimliliğinin arttığı, strüktürünün iyileştiği su tutma kapasitesinin arttığı ve toprak sıkışıklığının azaldığı belirlenmiştir (Ball ve Robertson, 1990; Tebrügge, 1993). Ayrıca bitki artıklarının toprağa karışmasıyla gözenek yapısı ve agregat stabilitesi iyileşen toprağın erozyona karşı direncinin arttığı da belirtilmiştir (Cannell, 1984; Tebrügge, 1993).

Malç Koruyucu toprak işlemenin bir bileşenidir. Malç; toprak işleme sayısını ve sıkışmayı azaltacağı için yakıttan tasarruf sağlanır (Wang ve ark., 2006).

Mulumba ve Lal (2008) toprak porozitesini geliştirmek için 4 Mg ha^{-1}, su kapasitesini, nem tutma ve agregat stabilitesini geliştirmek için ise 8 Mg ha^{-1} malç önermişlerdir. Jordán ve ark. (2010) ' a göre 5 Mg ha^{-1} $year^{-1}$ oranındaki malç uygulaması, erozyonu azaltmakta veya tamamen yok etmektedir.

Ghuman ve Sur (2001) buğday ve mısırda 3 farklı toprak işleme yönteminin (anızlı azaltılmış toprak işleme, anızsız azaltılmış toprak işleme ve geleneksel toprak işleme) toprak özellikleri ve ürün verimine etkisini araştırmışlardır. Deneme 5 yıl yürütülmüş olup denemenin ikinci yılı sonunda verim değerleri anızlı toprak işlemede geleneksel toprak işlemeye göre daha düşük iken, sonraki yıllarda anızlı toprak işlemede verim değerlerinde artış gözlenmiştir. Denemenin sonunda araştırmacılar anızlı toprak işlemenin ürün verimini arttırıcı ve toprak özelliklerini iyileştirici bir uygulama olduğunu vurgulamıştır.

Altıkat (2011); Hughes ve Baker (1977) ile Hewitt ve Dexter (1980) araştırmalarında toprak yüzeyinde tutulan bitki artıklarının toprakta boşluk hacmi, agregat büyüklüğü ve erozyona dayanıklı agregat oranını artırdığı, bunun sonucunda toprak strüktürünü iyileştirdiğini saptamışlardır.

2.2. Rüzgar Erozyonu ile İlgili Çalışmalar

Liu ve ark. (2019) yeni bir rüzgar erozyonu tahmin modeli geliştirmişlerdir. Bu model bozulmuş toprak örneklerinde çalışabildiği gibi, aynı zamanda doğal toprak yüzeylerinde de çalışmaktadır. Emisyon, taşıma veya biriktirme mekanizması yerine maksimum erozyon potansiyelinin tahmin edilmesi amaçlanmıştır. Partikül büyüklüğü, su içeriği, yüzey kaplaması ve rüzgar kırıcıların etkilerini ifade eden çoklu ampirik bir model kullanmışlardır. Bu modelin rüzgar erozyonu tahmin etme yeteneğini doğrulamak için rüzgar tüneli kullanmışlar ve farklı tanecik boyutlarında deneyler ve arazi gözlemleri ile toprak nem içeriği, çakıl kapsamı ve rüzgar hızı koşullarını dikkate almışlardır. Gözlem ve similasyon çalışmaları arasındaki korelasyon katsayısını % 79 daha büyük bulmuşlardır.

Sirjani ve ark. (2019) İran'ın Fars eyaletinin kurak ve yarı kurak alanlarında 60 farklı lokasyonda portatif bir rüzgar tüneli kullanarak erozyon ölçümleri yapmışlardır. Toprak erozyonunun meydana geldiği rüzgar sınır değerlerini 0.25 m yükseklikte 5-12 m s^{-1}, 10 m yükseklikte ise 16-23.3 m s^{-1} olarak belirlemişlerdir. Rüzgar tüneli deneylerini 0.25 m yükseklikte 15 m s^{-1} hava hızında yürütmüşlerdir. Daha önce diğer kurak alanlar için önerildiği gibi, toprak yüzeyi çakıl örtme yüzdesinin yüksek değerleri, toprağın ağırlıklı ortalama çapı, kil ve toprak nemi içeriği ve toprak organik karbonu,

çalışılan toprakların rüzgarla aşınabilirliğini önemli ölçüde azaltmıştır. Elde edilen sonuçların, dünya genelinde yarı kurak ve kurak alanlarda gerçekleştirilen toprakların rüzgar erozyonuna duyarlılığı konusunda önceki çalışmalarla uyumlu olduğunu belirtmişlerdir. Çalışma yaptıkları bölgeler için rüzgarla toprak erozyonunun engellendiği bu toprak özelliklerinin kritik değerlerinin; toprak yüzey çakıl örtüsü için % 5, toprağın ağırlık ortalama çapının 0.3 mm, % 10 ile 15 arasında kil içeriği, gravimetrik toprak nemi içeriğinin % 2 ve toprak organik karbonun % 0.4 olması gerektiğini önermişlerdir.

Hong ve ark. (2014) portatif rüzgar erozyonu tüneli ile farklı toprak ve rüzgar koşullarında (kontrollü şartlarda) yer ölçüm verileri ile rüzgar erozyonu tahmin modeli geliştirmişlerdir. Model, hızlı ve basit ölçülebilir faktörlerle kısa süreli rüzgar erozyonunu belirlemek için rüzgar erozyonu denkleminin (WEQ)'in değiştirilmiş bir formatdır. Ölçülen verilerle yapılan çoklu regresyon analizi sonucunda; rüzgar erozyonu modelinin gerçek verilerle ilişkisinin korelasyon katsayısı 0.78 olarak bulunmuştur.

Van Pelt ve ark. (2013) rüzgar erozyonunun, küresel olarak tarımsal sürdürülebilirliği ve çevresel kaliteyi tehdit eden bir toprak azaltma işlemi olduğunu, toprak yüzeyinin örtü bitkileri ve bitki artıkları ile korunmasının; azaltılmış toprak işleme sistemlerinde yaygın olarak kullanılan uygulamalardan olup, toprak yüzeyini rüzgârın aşındırıcı kuvvetlerinden koruduğunu belirtmişlerdir.

Keçecioğlu ve Gülsoylu (2002) aşırı toprak işlemenin su ve rüzgar erozyonuna açık tarım alanlarında en verimli üst yüzey toprağının kaybedilmesine neden olduğunu, dünyada tarım alanlarının % 15'inin erozyon tahribatına uğradığını, % 40'ının da erozyon tehdidi altında bulunduğunu, bu erozyonun yüksek oranda uygun olmayan ve yoğun toprak işleme faaliyetleri nedeniyle oluştuğunu belirtmişlerdir.

Geleneksel toprak işleme, özellikle ülkemizde yoğun ve aşırı toprak işlemeyi beraberinde getirmekte, toprak sıkışmasını ve erozyonu arttırmaktadır. Türkiye topraklarının % 34.4'nün erozyonu tetikleyen yüksek eğimli (%15-40) alanlardan oluşması bu tehlikeyi daha da artırmaktadır (Korucu ve ark., 1998).

Hagen ve ark. (1995) yaptıkları araştırmada, oldukça kumlu aşınabilir alanlarda erozyon kontrolünü sağlamak için % 30 - 60 düz (yatık) anız örtüsünün gerekli olduğunu ve yüzey bitki örtüsü artışı ile erozyon oranı arasında non-lineer ilişkinin varlığını tespit edilmiştir.

Brezilya'da yapılan bir araştırmada geleneksel (pulluk), azaltılmış (çizel) ve doğrudan ekim yöntemleri karşılaştırılmış, geleneksel toprak işleme yönteminin diğerlerine göre erozyonu artırdığı, toprağın su tutma kapasitesi ve organik madde

miktarını düşürdüğü ve bu düşüşün organik maddede önemli olduğunu ortaya konmuştur (Sidiras ve ark., 1982).

Kuzey Mississipi Deneme istasyonunda 1978–1981 tarihleri arasında değişik toprak işleme şekillerinin soya fasulyesi üretiminde meydana getirdiği toprak kaybı araştırılmıştır. Geleneksel toprak işlemeli ekimde 19.58 t ha^{-1}, doğrudan ekimde 1.43 t ha^{-1}, azaltılmış toprak işlemeli ekimde 8.07 t ha^{-1} ve rotasyon ile azaltılmış toprak işlemeli ekimde 2.66 t ha^{-1} toprak kaybı belirlenmiştir. Bu sonuçlara göre en az toprak kaybının doğrudan ekimde gerçekleştiği ve toprak kaybının %10 düzeylerine düşürüldüğü belirlenmiştir (Mutchler ve Greer, 1984).

Gerontidis ve ark. (2001) toprağın erozyon ya da yer değiştirme miktarının toprak işleme derinliğiyle ilgili olduğunu belirlemişlerdir. Toprak işleme derinliğindeki %50'lik bir azalmanın, erozyonda %75'lik bir azalmaya neden olduğunu saptamışlardır.

Kellman (1969) Filipinlerde arazi rotasyonu (shifting cultivation) uygulanan yeni açılmış ve çeltik tarımı yapılan bir arazide yaptığı araştırmada; başlangıçta 0,38 g m^{-2} $gün^{-1}$ olan toprak kaybının 12. yılda 14.91 g m^{-2} $gün^{-1}$ olduğunu belirlemiştir.

Mendez ve Buschiazzo (2010) farklı toprak işleme yöntemlerinin rüzgar erozyonuna olan etkilerini belirlemek amacıyla yaptıkları çalışmada, geleneksel toprak işlemede 899 kg ha^{-1} olan erozyon miktarını, toprak işlemesiz üretimde 0-31 kg ha^{-1} olarak saptamışlardır.

Liu ve ark. (2006) sırta ve normal ekimde rüzgar erozyonunun etkisini belirlemek amacıyla rüzgar tüneli kullanmışlardır. 8, 10, 15, 20 ve 24 m s^{-1} rüzgar hızlarında sırasıyla 15, 10, 10, 5 ve 3 dakika süreyle erozyon oluşturmuşlardır. Normal ekimde erozyon miktarı 128.89 g m^{-2} min^{-1} iken sırta ekimde bu değer % 20-60 daha az gerçekleşmiştir. Aynı sırt yüksekliğinde, sırt yüksekliği ile karık genişliği arasındaki oran artarken, ortalama rüzgar erozyonu oranının azaldığını saptamışlardır.

López ve ark. (2000) geleneksel (pulluk+merdane kombinasyonu) ve azaltılmış (çizel pulluk) toprak işleme yöntemlerinin rüzgar erozyonuna olan etkisini belirlemişlerdir. Azaltılmış toprak işleme uygulamasında, düşük rüzgar hızlarında taşınabilir toprak partikülü miktarının % 10 daha az, yüzeydeki bitki artıklarının % 30 daha fazla olması ve yüzey düzgünsüzlüğünün ise % 15 daha yüksek olması sebebiyle geleneksel uygulamaya göre toprağı daha iyi koruduğu belirtilmiştir.

Çanga (1995) sera koşullarında yapmış olduğu bir yağmurlama çalışmasında buğday anızının yakılmasının, ardından gelen ilk yağışlarla oluşan yüzey akışı ve oluşan

toprak kaybını önemli ölçüde artırdığını bunun yanında sızan su miktarını azalttığını tespit etmiştir.

Dünyadaki bölgeler ve ülkeler arasında en düşük toprak erozyonu 10 Mg ha^{-1} $yıl^{-1}$ ortalama değer ile Amerika'yı Avrupa takip eder, Hindistan ve Çin'de yıllık toprak kaybı yaklaşık $6x10^9$ Mg $yıl^{-1}$ 'dır. Birincil tarımsal alanların çoğunda toprak erozyonu tolerans seviyesi 11.0 Mg ha^{-1} $yıl^{-1}$ dır. Afrika ve Güney Asya da ise erozyon oranı 30 ila 40 Mg ha^{-1} $yıl^{-1}$ arasında değişmektedir (Pimentel, 2006).

Rüzgar erozyonu, küresel ölçekte tarımsal sürdürülebilirliği ve çevresel kaliteyi tehdit eden bir toprak bozulma sürecidir, sadece Amerika Birleşik Devletleri'nde, üretim alanlarından aşındırıcı rüzgar etkisiyle ortalama 4.7 Mg ha^{-1} $yıl^{-1}$ olarak erozyon meydana gelmektedir. Model tahminleri ABD' de 1982-2003 yılları arasında tarım alanlarında su ve rüzgar erozyonunun yaklaşık % 35 oranında azaldığını göstermiştir. Su erozyonu en yüksek Alabama eyaletinde 11.6 Mg ha^{-1} $yıl^{-1}$ olarak tahmin edilmiştir. Rüzgar erozyonu ise en yüksek 28.9 Mg ha^{-1} $yıl^{-1}$ olarak Meksika'da saptanmıştır (USDA-NRCS, 2007).

Erozyon özellikle ana bitkisel üretim alanlarında ve yoğun toprak işleme yapılan alanlarda yüksektir. Erozyon nedeniyle toprak kaybı 2.2-11 Mg ha^{-1} yr^{-1} arasında değişmektedir (Troeh ve ark., 1999). Dünya genelinde yıllık yaklaşık $75x10^9$ Mg toprak kaybı meydana gelmektedir, bu değer yıllık yaklaşık 400 milyar Amerikan doları değerinde besin elementleri kaybına neden olmaktadır (Lal, 1998).

Quine ve ark. (2003) toprak işleme sırasında traktör ilerleme hızının 7 km h^{-1} 'den 4 km h^{-1}'e düşmesi ile toprak erozyonunun % 30 azaldığını tespit etmişlerdir.

Zamani ve Mahmoodabadi (2013) kurak ve yarı kurak alanlarda erozyonun önemli bir tehdit olduğunu ifade etmişlerdir. Araştırmalarını rüzgar tünelinde, 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^{-1} rüzgar hızında 4.7-34.1 g m^{-2} min^{-1} arasında, 18 m s^{-1} rüzgar hızında ise 28-950 g m^{-2} min^{-1} arasında saptamışlardır. Toprağın erodibilitesinin 1.43-57.73 arasında değiştiğini belirlemişlerdir.

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 tünelinde yaptıkları çalışmalarında rüzgar hızını 8-24 m s^{-1} arasında değiştirmişlerdir. Toprak örnekleri 76x26x18 cm ölçülerinde olup 6 farklı sırt yüksekliğine sahiptir. 24 m s^{-1} rüzgar hızında kontrol (düz toprak) uygulamasında toprak erozyonu en yüksek 349.18 g m^{-2} min^{-1} iken, sırt yüksekliğinin 3 cm ve sayısının 9 olduğu uygulamada ise en düşük 160.25 g m^{-2} min^{-1} olmuştur. Sırt şeklindeki toprak

işleme uygulamasında erozyon miktarı, düz toprak işlemeye göre % 20-60 oranında azalmıştır. Aynı sırt yüksekliğinde, artan sırt yüksekliği/iki sırt arası mesafe oranına bağlı olarak rüzgar erozyonunun azaldığını saptamışlardır.

Rüzgar erozyonu tüm dünyada kurak ve yarı kurak bölgelerde arazi bozulmasının önemli bir faktörüdür. Aynı zamanda rüzgar erozyonu kaynağından uzakta ciddi çevre ve sağlık sorunlarına neden olabilir (Zobeck ve Van Pelt, 2006).

Lopez (1998), 1995 yılında İspanya'nın Zaragoza vilayetinde yaklaşık 1.5 ha tarımsal alanda, hakim rüzgar yönünde pulluk ile geleneksel olarak toprağı işlemiştir. 2 m yükseklikte, 5.14 m s^{-1} ve 7.42 m s^{-1} rüzgar hızlarında sırasıyla 3.55 ve 10.44 $\mu g\ m^{-2} s^{-1}$ dikey toz akışı elde etmiştir.

Gomes ve ark. (2003) 1996-1999 yılları arasında İspanya'da yarı kurak alanlarda rüzgar erozyonu ile ilgili yürüttükleri çalışmada, geleneksel ve azaltılmış toprak işlemenin toprak yüzeyi üzerinde rüzgar erozyonuna etkilerini araştırmışlardır. Azaltılmış toprak işleme uygulamalarınnın geleneksel uygulamadan daha az erozyona neden olduğunu tespit etmişlerdir.

2.3. Toprak işlemenin Tane Verimi ve Enerji Bilançosu Üzerindeki Etkisiyle İlgili Çalışmalar

Marakoğlu ve Çarman (2010) Polatlı tarım işletmelerinde buğday üretiminde üç farklı uygulama (geleneksel toprak işleme, azaltılmış toprak işleme ve doğrudan ekim) ile yaptıkları çalışmada; toplam girdi enerjileri arasında tohum enerjisinin en yüksek kullanım yüzdesine sahip olduğunu bulmuşlardır. Tohum enerjisini sırasıyla gübre, motorin, kimyasal ilaç ve makina enerjileri izlemiştir. Enerji çıktı/girdi oranı göz önüne alındığında ise en yüksek oran doğrudan ekim uygulamasıyla 2.81 olarak elde edilmiş ve bunu sırasıyla % 8.49' luk ve % 18.06' lık bir azalışlarla azaltılmış toprak işleme ve geleneksel toprak işleme uygulamaları izlemiştir. Sonuç olarak, doğrudan ekim uygulamasının buğday üretiminde de kullanılabileceğini ortaya konmuşlardır.

Košutić ve ark. (2005), 1996-1999 yılları arasında Hırvatistan'ın kuzeybatı bölgesinde mısır, kışlık buğday ve soya fasulyesi üretiminde üç farklı toprak işleme uygulamasını (geleneksel uygulama: pulluk + diskli tırmık, koruyucu toprak işleme uygulaması: çizel pulluk + diskli tırmık, doğrudan ekim) karşılaştırdıkları çalışmalarında; geleneksel toprak işleme uygulamasının 1,813.10 MJ ha^{-1} ile en büyük enerji tüketicisi olduğunu, geleneksel uygulamaya göre azaltılmış toprak işleme uygulamasında % 37.5 daha az (1,133.14 MJ ha^{-1}) , doğrudan ekim uygulamasında ise % 85.1 daha az (270.13 MJ ha^{-1}) enerji tüketimi saptamışlardır.Birinci yıl en yüksek mısır verimini 7.78 Mg ha^{-1}

ile geleneksel toprak işleme uygulamasında elde edilirken bunu sırasıyla 7.77 Mg ha^{-1} ile azaltılmış toprak işleme uygulaması ve 7.56 Mg ha^{-1} ile doğrudan ekim uygulaması izlemiştir. İkinci yılda kışlık buğday üretiminde en yüksek verim 5.89 Mg ha^{-1} ile azaltılmış toprak işleme uygulamasında elde edilirken bunu, 5.75 Mg ha^{-1} ile geleneksel uygulama ve 5.73 Mg ha^{-1} ile doğrudan ekim uygulaması takip etmiştir. En yüksek soya verimini ise 2.71 t ha^{-1} ile azaltılmış toprak işleme uygulamasında elde edilmiştir.

Kumar ve ark. (2013) geleneksel toprak işleme ve koruyucu toprak işleme uygulamalarını enerji kullanım etkinliği açısından yaptıkları değerlendirmede; koruyucu toprak işleme uygulamalarında enerji kullanım etkinliğinin % 13 arttığını belirtmişlerdir.

Tabatabaeefar ve ark. (2009) toprak işleme uygulamalarının azaltılmasının düşük enerji tüketiminin yanı sıra toprağı erozyondan korumak, tohum yatağını daha kısa zamanda hazırlamak gibi kazanımları olduğunu ifade etmişlerdir. İran'ın Maragheh bölgesindeki farklı toprak işleme sistemleri için girdi enerjilerin miktarını belirlemek amacıyla, T1: geleneksel (pulluk + merdane +ekim), T2: azaltılımış (çizel+ merdane +ekim), T3: azaltılmış (mikser + merdane +ekim), T4: azaltılmış (kazayağı+ merdane +ekim) ve T5: doğrudan ekim uygulamalarını kapsayan 5 farklı deneme yürütmüşlerdir. Buğday verimi ve biyokütle değerleri açısından, T3 uygulaması en yüksek T1 uygulaması ise en düşük değeri vermiştir. Enerji verimliliği ve enerji oranı açısından yine T3 uygulaması en yüksek ve T1 uygulaması ise en düşük değerdedir. Enerji tüketimi açısından; 8.8 MJ kg^{-1} ile T5 uygulaması en düşük, 11.8 MJ kg^{-1} ile T1 uygulaması en yüksek değeri vermiştir. Enerji kullanım etkinliği doğrudan ekim uygulamasında 4.87 iken, geleneksel uygulamada bu değer 3.65 olarak saptanmıştır.

Uzun ve ark. (2012) Antalya Aksu' da buğday üretiminden sonra 2. ürün soya üretimini değerlendirmek için; geleneksel ve azaltılmış toprak işlemenin yanısıra doğrudan ekim makinası ile kuru ve nemli toprağa ekim yapmışlardır. 2 yıllık verim sonuçlarına göre, azaltılmış toprak işleme uygulamasında 855.2 kg ha^{-1} ile en yüksek verimi sağlarken, en düşük verim doğrudan ekim uygulamasında 413.0 kg ha^{-1} olarak kaydedilmiştir. Yakıt tüketimi açısından; doğrudan ekim uygulamasında 7.5 L ha^{-1} ile en düşük değer elde edilirken bunu, 26.4 L ha^{-1} ile azaltılmış toprak işleme uygulaması ve 71.5 L ha^{-1} ile geleneksel uygulama takip etmiştir. Doğrudan ekim uygulaması daha yüksek enerji tasarrufu sağlamasına rağmen, tohum verimi açısından azaltılmış ve geleneksel uygulamaların gerisinde kalmıştır.

Hemmat ve Eskandari (2004) araştırmalarında, buğday verimini geleneksel uygulamada 1,238 kg ha^{-1}, azaltılmış uygulamada 1,408 kg ha^{-1} ve toprak işlemesiz uygulamada ise 1,600 kg ha^{-1} olarak bulmuşlardır.

Hernanz ve ark. (1995) 4 yıllık çalışmada kışlık buğday üretiminde ürün verimlerini sırasıyla geleneksel, azaltılmış ve toprak işlemesiz uygulamalar için 2,350; 2,490 ve 2,790 kg ha^{-1}, enerji kullanım etkinliklerini ise yine sırasıyla 2.74; 3.19 ve 3.62 olarak hesaplamışlardır.

Borin ve ark. (1997) İtalya'da üç farklı toprak işleme (geleneksel toprak işleme, sırta işleme, doğrudan ekim) ile ürün yetiştirme sisteminin enerji analizini yapmışlardır. Ortalama enerji girdisi ile toprak işleme yoğunluğu arasında ilişki bulmuşlardır (CT> RT> NT). Geleneksel toprak işleme ile karşılaştırıldığında, toplam enerji tasarrufu sırta işlemede % 10 ve doğrudan ekimde ise % 32 iken, birim üretim başına ortalama enerji maliyetleri %11 farkla (4.5 ile 5 MJ kg^{-1} arasında) benzer sonuçları vermiştir. Toprak işleme faaliyetleri azaldığında çıktı/girdi oranı artma eğilimi göstermiş; geleneksel toprak işleme, sırta işleme ve doğrudan ekim için sırasıyla 4.09; 4.18 ve 4.57 hesaplanmıştır. Koruyucu toprak işleme yöntemleriyle; daha az mekanik işlem ve makinelerin daha büyük çalışma kapasiteleri nedeniyle, yakıt tüketimi azalmış ve toprakta organik madde içeriği artmıştır.

Gözübüyük ve ark. (2015) Erzurum yöresinde, 2004 -2007 yıllarında fiğ, buğday ve ayçiçeği, münavebelerini esas alınarak yürüttükleri çalışmada, ayçiçeği üretiminin geleneksel toprak işleme-ekim sistemine alternatif olabilecek, farklı toprak işleme-ekim sistemlerinin enerji kullanım etkinliği yönünden karşılaştırmışlardır. Denemelerinde; geleneksel toprak işleme (kulaklı pulluk + diskli tırmık + kombikrüm + ekim makinası), azaltılmış toprak işleme-1 (kültivatör + kombikrüm + ekim makinası), azaltılmış toprak işleme-2 (dik rotavatör + ekim makinası) ve doğrudan ekimden oluşmuştur. Elde edilen sonuçlara göre; azaltılmış toprak işleme-1'de en yüksek verim değeri (3,914 kg/ha) elde edilmiş, bunu geleneksel, azaltılmış toprak işleme-2 ve doğrudan ekim uygulamaları takip etmiştir. Uygulamaların enerji tüketim oranları dikkate alındığında kimyasal gübre en yüksek enerji girdi oranına sahip olmuştur. Bunu yakıt-yağ, makina imalat, tohum ve insan iş gücü enerji oranları takip etmiştir. Uygulamalar arasında enerji çıktı/girdi oranları, özgül enerji, enerji üretkenliği ve net enerji üretimi açısından azaltılmış toprak işleme-1 (kültivatör + kombikrüm + ekim makinası) en iyi sonucu vermiştir.

Akbarnia ve Farhani (2014) farklı toprak işleme uygulamalarının aspir verimi üzerine etkilerini araştırmışlardır. Tane verim değerlerini geleneksel toprak işlemede 80.7 kg da^{-1} azaltılmış toprak işlemede 79.0 kg da^{-1} ve doğrudan ekim uygulamasında ise 63.3 kgda^{-1} olarak saptamışlardır.

ABD'nde buğday ve fiğ yetiştiriciliğinde yapılan bir araştırmada, geleneksel, azaltılmış ve doğrudan ekim yöntemleri karşılaştırılmıştır. Araştırmada, doğrudan ekim yönteminde elde edilen buğday ve fiğ de; verim ve ham protein oranı değerleri diğer yöntemlere göre daha fazla bulunmuştur (Rasmussen ve ark., 1986).

Aykas ve Önal (1999) değişik toprak işleme sistemlerinin buğdayda verime ve otlanmaya olan etkilerini belirlemeye yönelik yapmış oldukları araştırmada; en yüksek verim değerini azaltılmış toprak işleme yönteminde (420 kg da^{-1}), en düşük verimi ise doğrudan ekim yönteminde (350 kg da^{-1}) elde etmişlerdir.

Kırklareli ilinde kuru koşullarda buğday tarımında doğrudan ekim, azaltılmış toprak işlemeli ekim (gobledisk, rototiller) ve geleneksel toprak işlemeli ekim sistemlerin (pulluk+diskaro+tırmık) toprak nemine ve ürün verimine olan etkileri karşılaştırılmıştır. Azaltılmış toprak işlemeli sistemlerin diğer uygulamalara göre iyi olduğunu, en yüksek verimin azaltılmış toprak işleme uygulamasından elde edilmiştir (Kamburoğlu, 2001).

Konak ve ark. (2004) mısır üretiminde; toplam enerji girdileri içerisinde en yüksek oranın % 48.27 ile gübre enerjisi olduğunu ve bunu sırayla %18.18 ile tohumluk, %10.49 ile alet-makine ve %7.44 ile yakıt-yağ enerjilerinin izlediğini belirtmişlerdir. Yaptıkları çalışmada; birim ürün için gerekli enerji 3.96 MJ kg^{-1} olarak hesaplanmış ve enerji çıktı/girdi (verimlilik) oranı 3.68 olarak belirlenmiştir.

Gökdoğan ve Sevim (2016) Aksaray ilinin Eskil ilçesinde buğday üretiminde enerji bilançosunun belirlenmesi amacıyla 2013 üretim sezonu boyunca basit tesadüfi örnekleme yöntemi ile 12 köyde 151 işletmede yüz yüze anket ve gözlem yaparak yaptıkları çalışmada; buğday üretiminde enerji girdisi 25,876.29 MJ ha^{-1}, enerji çıktısı 76,990.96 MJ ha^{-1} olarak hesaplanmış ve enerji çıktı/girdi oranı 2.97 olarak belirlenmiştir. Enerji girdilerinin % 43.84'ü kimyasal gübre enerjisi, % 15.06'sı buğday tohumu enerjisi, % 13.93'ü sulama enerjisi, % 13.07'si yakıt enerjisi, % 11.10'u elektrik enerjisi, % 1.39'u makine enerjisi, % 0.92'si taşıma enerjisi, %0.48'i kimyasal enerji ve % 0.20'si insan işgücü enerjisinden oluştuğu tespit edilmiştir.. Buğday üretiminde enerji kullanım etkinliği, enerji verimliliği, özgül enerji ve net enerji sırasıyla 2.97, 0.20 kg MJ^{-1}, 4.94 MJ kg^{-1} ve 51,114.67 MJ ha^{-1} olarak hesaplanmıştır.

Moreno ve ark. (2011) üç farklı tarım sisteminde (geleneksel, koruyucu toprak işlemesiz ve organik) ana bitki arpa olmak üzere farklı münavebelerle (arpa-nadas, arpa-burçak, arpa-ayçiçeği) bitkisel üretimde enerji bilançolarını tespit etmek amacıyla yürüttükleri çalışmada toplam enerji girdilerini; koruyucu toprak işlemesiz, geleneksel ve organik sistemde srasıyla 10.4 GJ ha^{-1} $yıl^{-1}$, 11.7 GJ ha^{-1} $yıl^{-1}$ ve 3.41 GJ ha^{-1} $yıl^{-1}$ olarak bulmuşlardır. Koruyucu toprak işlemesiz ve geleneksel sistemde girdi enerjileri organik sisteme göre 3.0–3.5 kat daha fazla bulunmuştur. Bitki rotasyonlarında toplam enerji girdileri 6.19 ile 11.7 GJ ha^{-1} $yıl^{-1}$ arasında değişmiştir. En düşük enerji kullanımı arpa-nadas münavebesinde 2.56 GJ ha^{-1} $yıl^{-1}$ ile organik sistemde, en yüksek enerji kulanımı ise arpa-burçak münavebesinde geleneksel ve koruyucu toprak işlemesiz sisteminde sırasıyla 16.3 GJ ha^{-1} $yıl^{-1}$ ve 14.9 GJ ha^{-1} $yıl^{-1}$ olarak saptamışlardır.

3. MATERYAL VE YÖNTEM

3.1. Materyal

3.1.1. Deneme alanı

Denemeler Konya Toprak Su ve Çölleşme ile Mücadele Araştırma İstasyonu Merkez arazisinde 2012 (Ekim) -2014 (Temmuz) yılları arasında 2 üretim yılı boyunca kuru şartlarda yürütülmüştür. Konya şehir merkezindeki arazi, Konya- Karaman Karayolunun batısında olup şehir merkezine 6 km mesafededir. Deniz seviyesinden 1050 m yükseklikteki arazi, 37º48'22.60″ kuzey enlemi ve 32°30'43.83″ doğu boylamı koordinatlarındadır.

3.1.1.1. Deneme alanının toprak özellikleri

Çalışmanın yürütüldüğü deneme alanında 0-30 cm toprak katmanından alınan toprak örnekleri toprak laboratuvarında incelenerek deneme alanının fiziksel ve kimyasal özellikleri ortaya konmuştur (Çizelge 3.1).

Çizelge 3.1. Deneme alanı toprağının bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri*

		2012-2013	2013-2014
Tekstür (%)	Kum	36.88	
	Kil	42.94	Killi
	Silt	20.18	
pH		8.20	8.20
EC.10^{-3} (mmhos/cm)		0.67	0.67
Nem (%)		18.46	15.9
Organik madde (%)		0.76	1.21
Total Azot (%)		0.048	0.04
Karbon/Azot Oranı		8.960	17.5
Hacim ağırlığı (gcm^{-3})	0-15 cm	1.15	1.18
	15-30 cm	1.32	1.41
Penetrasyon direnci(MPa)	0-30 cm	2.09	2.66
Yüzey düzgünsüzlüğü (%)		4.56	10.5
Kesme direnci (Ncm^{-2})		2.23	2.06

* Konya Toprak Su ve Çölleşme ile Mücadele Araştırma İstasyonu Analiz Laboratuvarı Sonuçları

Deneme alanına ait toprağın bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri incelendiğinde; toprağın pH değerinin hafif alkali (pH: 8.20), killi tekstürde, penetrasyon direnci (2.09-

2.66 MPa) ve kesilme direncinin ise (2.23-2.06 N cm^{-2}) oldukça yüksek olduğu belirlenmiştir.

3.1.1.2. Deneme alanının iklim özellikleri

Denemenin yürütüldüğü Konya ilinde karasal iç anadolu iklimi hakimdir. Konya ilinde 2012-2013, 2013-2014 yılları için buğday yetiştirme dönemine ait bazı iklim değerleri ile bu değerlerin uzun yıllar ortalamaları Çizelge 3.2'de verilmiştir.

Çizelge 3.2. Konya ilinde 2012-2014 ve uzun yıllar ortalamalarında kaydedilen bazı iklim değerleri

Aylar	Hava sıcaklığı (°C)		Uzun yıl.*		Yağış (mm)		
	2012-2013	2013-2014			2012-2013	2013-2014	Uzun yıl.*
Ekim	12.7	13.2	12.4		**20.4**	**14.4**	30.1
Kasım	6.3	7.6	6.1		69.2	49.4	32.6
Aralık	**-1.9**	**-3.1**	1.7		61.4	51.4	42.0
Ocak	-1.5	2.5	0.0		30	61.2	35.9
Şubat	6.4	4.5	1.4		37.6	17.4	28.0
Mart	7.7	7.6	5.7		**7.2**	19.6	27.5
Nisan	11.9	13.1	11.0		35.2	18.6	32.3
Mayıs	17.9	17.1	15.7		47.4	**25**	43.3
Haziran	21.3	19.9	20.2		**14.6**	44.2	24.3
Temmuz	23.5	29.5	23.6		0	0	6.6
Ortalama sıcaklık	10.43	11.19	**9.78**	Toplam yağış	323	301.2	**302.6**

DMİ Bölge Müdürlüğü Kayıtları, Konya *: 1950-2014 Ortalama Değerler

Çizelge 3.2'de görüldüğü gibi denemenin yürütüldüğü 2012 ve 2013 yıllarında özellikle Aralık ayında sıcaklığın uzun yıllar ortalamasına göre düşük olduğu, üretim dönemleri bazında sıcaklık ortalamalarının uzun yıllar ortalamalarına göre 0.65 ila 1.41 °C arttığı görülmektedir.

Yağış miktarlarını incelediğimizde; özellikle Ekim ayı yağışlarında uzun yıllara göre %50 düzeyinde düşüşler olduğu görülmekte, bitkinin ihtiyaç duyduğu büyüme dönemlerinde (vejetasyon peryodu) iki üretim yılı boyunca değişim olduğu görülmektedir.

Çizelge 3.3'te Konya ilinde 2012-2014 yılları için ekim ile hasat dönemi arasında geçen sürede gerçekleşen ortalama rüzgar hızı ve bağıl nem değerleri verilmiştir. Ortalama rüzgar hızı değerleri 2.3 km h^{-1} (0.64 m s^{-1}) ile 6.7 km h^{-1} (1.86 m s^{-1}) arasında, ortalama bağıl nem değerleri ise % 36.1 ile % 92.3 aralığında değişmiştir.

Çizelge 3.3 Konya ilinde 2012-2014 yılları arasında rüzgar hızı ve bağıl nem değerleri

Aylar	Rüzgâr Hızı (km h^{-1})		Ort. Bağıl Nem (%)	
	2012-2013	2013-2014	2012-2013	2013-2014
Ekim	2.9	4.6	66.8	53.1
Kasım	3.3	2.6	86.3	70.2
Aralık	4.0	3.7	89.5	87.2
Ocak	6.6	2.3	86.8	92.3
Şubat	5.5	3.7	78.1	71.8
Mart	6.7	6.4	62.4	61.5
Nisan	5.3	6.1	65.6	55.2
Mayıs	5.0	5.4	52.4	60.4
Haziran	5.9	4.3	40.5	51.6
Temmuz	6.4	4.7	36.9	36.1

3.1.2. Denemede kullanılan tarım alet ve makinaları

Denemelerde 90 BG motor gücünde olan New Holland TD serisi 90D traktör güç kaynağı olarak kullanılmıştır. Denemelerde kullanılan makinelere ait bazı teknik özellikler Çizelge 3.4‘ te verilmiştir.

Çizelge 3.4. Kullanılan makinelere ait bazı teknik özellikler

Makine	Ünite Sayısı (adet)	İş genişliği (cm)	İş derinliği (cm)	Tipi
Kulaklı pulluk	4	120	22	Asılır
Kazayağı- tırmık kombinasyonu	11	220	12	Asılır
Kanatlı çizel + merdane kombinasyonu	7	230	23	Asılır
Düşey milli rototiller	16	215	18	Asılır
Yatay milli rototiller	36	260	13	Asılır
Doğrudan Ekim Makinası	12	162	5	Çekilir
Kombine Hububat Ekim Makinesi	14	182	5	Çekilir

3.1.3. Denemelerde kullanılan bitkisel materyal ve özellikleri

Denemelerde buğday çeşiti olarak Sönmez-2001 ekmeklik buğday çeşiti kullanılmıştır. Sönmez 2001 kurağa, yatmaya, kışa ve kök hastalıklarına karşı dayanıklı özellik gösteren bir çeşittir (Çizelge 3.5 ve 3.6).

Çizelge 3.5. Denemelerde kullanılan Buğday Tohumluğunun Genel Özellikleri

Tohum Çeşidi	Başak Özelliği	Gelişme Tabiatı	Toprak İsteği
Sönmez-2001	Beyaz Kılçıksız	Kışlık	Taban- Yarı taban

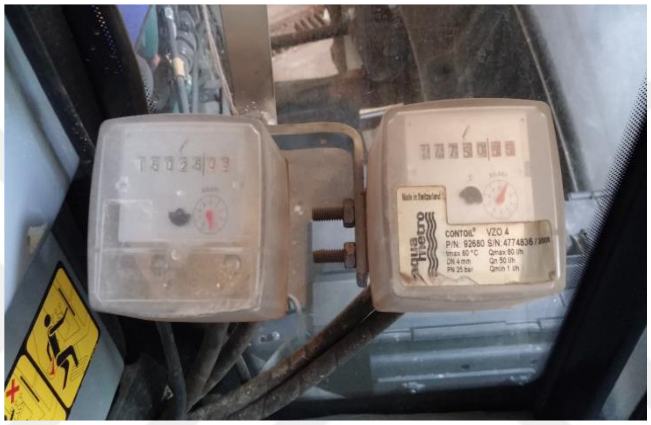
Çizelge 3.6. Denemelerde Kullanılan Buğday Tohumluğunun Teknolojik Özellikleri

Tohum Çeşidi	Protein Oranı (%)	Bindane Ağırlığı (g)	Hektolitre Ağırlığı (kg)	Sedim Değeri (ml)
Sönmez-2001	12-15	36-42	76-86	38-53

3.1.4. Denemelerde kullanılan bazı araçlar

Denemede kullanılan yakıt ölçer cihazı

Makinelerin yakıt tüketimlerinin belirlenmesinde 1 ml hassasiyetle ölçüm yapabilen Aqua Metro marka yakıt tüketimi ölçüm cihazı kullanılmıştır (Şekil 3.1).



Şekil 3.1. Yakıt tüketimi ölçme cihazı

Denemede kullanılan hız ölçme radarı

Çalışma hızlarının belirlenmesinde John Deer marka hız ölçme radarı ile ölçümler yapılmıştır (Şekil 3.2).



Şekil 3.2. Hız ölçme radarı

Denemede kullanılan penetrometre

Toprağın batma direncini ölçmek için Eijelkamp marka penetrometre kullanılmıştır (Şekil 3.3).



Şekil 3.3. Penetrometre cihazı

Denemede kullanılan profilmetre

Çalışmalarda tarlanın toprak işleme öncesi ve sonrası yüzey düzgünsüzlüğünü belirlemek amacıyla çubuklu profilmetre kullanılmıştır (Şekil 3.4).



Şekil 3.4. Profilmetre

Denemede kullanılan kanatlı toprak kesme aleti

Toprağın kesilme direncini belirlemek için çapı 10 cm ve yüksekliği 12 cm olan, kanatlı kesme aleti kullanılmıştır (Şekil 3.5). Kanatlı kesme aletinin ucuna takılan tork kolu 0-80 Nm ölçüm aralığına sahiptir.



Şekil 3.5. Toprak kesme cihazı

Denemede kullanılan hacim ağırlığı silindiri

Toprağın hacim ağırlığını belirlemek için her biri yaklaşık 100 cm^3 hacminde olan bozulmamış toprak örneği silindirleri kullanılmıştır. Toprak örneklerinin kurutulması için etüv ve tartımları içinde hassas terazi kullanılmıştır.

Denemede kullanılan nem ölçme cihazı

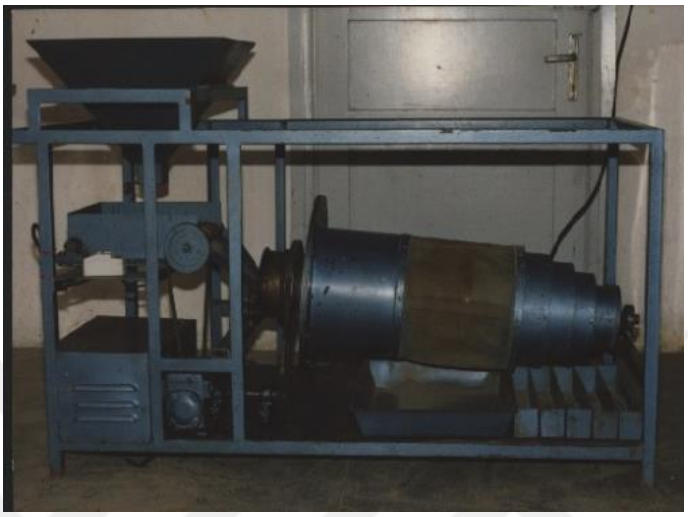
Nem, gravimetrik metotla kalibre edilmiş TDR cihazı ile ölçülmüştür (Şekil 3.6).



Şekil 3.6. Nem ölçme cihazı

Denemede kullanılan rotary eleği

Toprak işleme sonrası toprağın mekanik stabilitesini belirlemek amacıyla rotary eleği kullanılmıştır (Şekil 3.7).



Şekil 3.7. Rotary eleği

Denemede kullanılan anız ölçüm çerçevesi

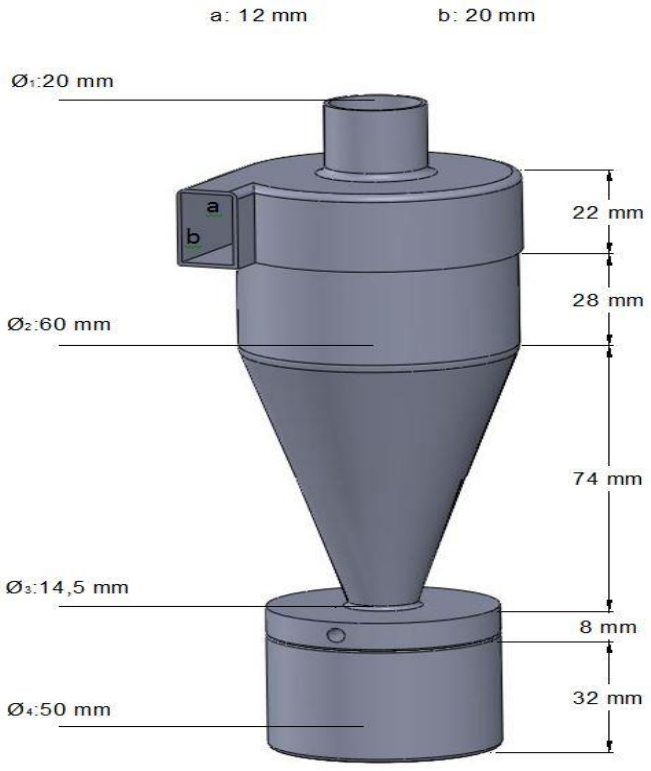
Anız miktarını belirlemek için 1 x 1 m ölçülerinde çerçeve kullanılmıştır, anız tartımları hassas terazi ile yapılmıştır.

Denemede kullanılan rüzgâr tüneli

Erozyon ölçümlerinde mobil rüzgar tüneli kullanılmıştır. Ölçümler tarla koşullarında yapılmıştır. Rüzgar tüneli 9x1x1 m ölçülerindedir (Şekil 3.8). 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 (Şekil 3.9). Rüzgar hızları her bir tutucu yüksekliğinde anemometre yardımıyla ölçülmüştür. CFM/CMM Thermo Anemometre, DT-619 model olup, rüzgar hızı ölçüm aralığı 0.40-30 m s^{-1} ve % 3 doğruluğa sahiptir. Cihaz 9 V' la çalıştırılmakta ve her saniyede bir okuma yapmaktadır.



Şekil 3.8. Rüzgâr tüneli



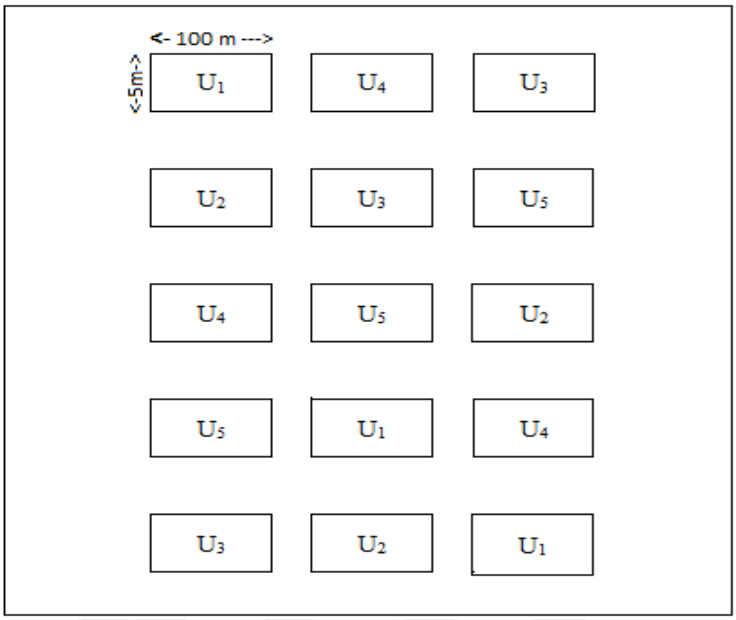
Şekil 3.9. Siklon tipi toz (sediment) tutucu

3.2. Metod

3.2.1. Deneme deseni

Denemeler Şekil 3.10' de görüldüğü üzere tesadüf blokları deneme desenine göre 3 tekerrürlü olarak yürütülmüştür. Parsel boyutları özellikle makinelere ait işletme verilerinin sağlıklı alınabilmesi için 5x100 m^2 olarak planlanmıştır. Blok aralarında traktörün manevrası için 5 m mesafe bırakılmıştır. Deneme deseni planında uygulamalar;

U1 (Birinci uygulama), **U2** (İkinci uygulama), **U3** (Üçüncü uygulama), **U4** (Dördüncü uygulama) ve **U5** (Beşinci uygulama) olarak belirtilmiştir.



Şekil 3.10. Deneme deseni planı

3.2.2. Denemelerde uygulanan toprak işleme ve ekim yöntemleri

Projede elde edilecek sonuçların mukayese edilebilir olması için çalışma eş zamanlı olarak beş farklı uygulama şeklinde yürütülmüştür.

Birinci uygulama (U1); Orta Anadolu da hububat üretiminde toprak işleme ve ekimde kullanılan geleneksel yöntemler belirlenmiş ve en yaygın uygulama şekli olan kulaklı pulluk ve kazayağı + tırmık kombinasyonu,

İkinci uygulama (U2); koruyucu toprak işleme kapsamında değerlendirilen ve farklı bölgelerde araştırmacılar tarafından kullanılan ancak Orta Anadolu'da çiftçilerin alışkın olmadığı için toprak işlemede kullanmadığı kanatlı çizel + merdane kombinasyonu,

Üçüncü uygulama (U3); azaltılmış toprak işleme kapsamında Selçuk Üniversitesi - Sanayi işbirliğinde (TEYDEB 3040007) bölge sanayicisinin yaptığı düşey milli rototiller,

Dördüncü uygulama (U4); azaltılmış toprak işleme uygulamalarına örnek olabilecek, bölgede tohum yatağı hazırlığında yoğun olarak kullanılan yatay milli rototiller,

Beşinci uygulama (U5); Çalışmada karşılaştırılabilir sonuçlar elde edebilmek için toprak işlemenin yapılmadığı uygulamada sadece doğrudan ekim uygulaması yapılmıştır. Doğrudan ekim makinası olarak, Selçuk Üniversitesi-Sanayi işbirliğinde (TEYDEB 3040015) bölge sanayicisinin yaptığı makine çalışmada kullanılmıştır.

Denemelerde kullanılan makineler:

Geleneksel uygulamada; 4 gövdeli kulaklı pulluk ile birincil toprak işleme yapılmış, sonrasında 2 kez kazayağı ve tırmık kombinasyonu uygulaması ile tohum yatağı hazırlanmış ve klasik ekim makinasıyla ekim işlemi gerçekleştirilmiştir (Şekil 3.11).



Şekil 3.11. Pulluk ve kazayağı- tırmık kombinasyonu

İkinci uygulamada modifiye edilmiş Çizel+Merdane kombinasyonu kullanılmıştır. Ülkemizde imal edilen klasik çizel+merdane kombinasyonlarıyla yapılan toprak işleme sonrası ikileme işlemi gerekmektedir. Modifiye çizelde (çizel ayakların geometrisi değiştirilerek deformasyon alanları genişletilmiş ve arkada çift merdane sistemi kullanılarak) ikileme işlemine gereksinim duyulmadan ekim işlemi yapılmıştır. (Şekil 3.12).



Şekil 3.12. Modifiye çizel

Üçüncü uygulamada kullanılan, düşey milli rototiller makinesi anızı kısmen parçalama + toprağı işleme + toprağı parçalama işlemlerini aynı anda yapabilmektedir. Bir geçişte yapılan tohum yatağı hazırlığı sonrası klasik ekim makinesiyle ekim işlemi gerçekleştirilmiştir (Şekil 3.13).



Şekil 3.13. Düşey milli rototiller

Dördüncü uygulama olarak; bölgemizde özellikle ikincil toprak işlemede (kesek kırma+ tohum yatağı hazırlama) kullanılan yatay milli rototiller ile bir geçişte yapılan tohum yatağı hazırlığı sonrası klasik ekim makinesiyle ekim işlemi gerçekleştirilmiştir (Şekil 3.14).



Şekil 3.14. Yatay milli rototiller

Beşinci uygulama doğrudan ekim makinesi; anıza ekim yapabilecek diskli tip gömücü ayağa sahip olup, arkada çiziye bırakılan tohumun toprakla temasını sağlayan özel bir sıkıştırma silindiri bulunmaktadır. Ekici sistem hareketini bu silindirden

almaktadır. Hem doğrudan ekim makinası hem de kombine hububat ekim makinesinin ekici sistemi, oluklu itici makaraya (oluk sayısı: 10, derinliği: 5 mm ve genişliği: 52 mm) sahip olup laboratuar denemelerinde buğday ekiminde başarıyla kullanılabileceği saptanmıştır. Ekici sistem farklı tohumların ekimine uygun olabilmesi için klapeli yapılmıştır. Doğrudan ekim makinesinin arkasındaki sıkıştırma silindirinin çapı 490 mm olup, her bir çizi üzerine gelen genişliği 53 mm ve yüksekliği 32 mm olan kuşaklar birim alana 0.25 daN cm^{-2} 'lik sıkıştırma basıncı uygulamaktadır (Şekil 3.15).



Şekil 3.15. Doğrudan ekim makinesi

Uygulamalarda kullanılan klasik ekim makinası, 14 sıralı, 182 cm iş genişliğine sahip tek diskli ekici ayaklara sahip makinadır (Şekil. 3.16).



Şekil 3.16. Klasik ekim makinesi

Bütün uygulamalarda toprak işleme Ekim ayında (28 Ekim 2012 ve 22 Ekim 2013 tarihlerinde) toprak tavda iken eşzamanlı olarak yapılmıştır. Metrekareye 550 adet tohum (22 kg da^{-1}) hesabıyla ve sıra arası ekim mesafesi 13-13.5 cm olacak şekilde ekim yapılmıştır.

Denemelerde her iki yılda ekimle birlikte dekara 6.9 kg da^{-1} saf P_2O_5 hesabıyla DAP gübresi, azotun kalan kısmı ilkbaharda Nisan ayı içerisinde 6.99 kg da^{-1}'a tamamlanacak şekilde 13 kg da^{-1} Amonyum Nitrat (% 33N) gübre formunda uygulanmıştır. Dar ve geniş yapraklı yabancı ot mücadelesi için de 100 ml da^{-1} 2.4-D ACID ISOOCTYLESTER herbisit ilaçla bir kez kimyasal mücadele yapılmıştır.

3.2.3. Verilerin elde edilmesi

3.2.3.1. Yakıt tüketiminin belirlenmesi

Traktörün yakıt sistemine bağlanan 1 ml hassasiyetli yakıt ölçer cihazı ile her uygulamaya ait yakıt tüketimleri çalışma sırasında ölçülerek Lda^{-1} cinsinden hesaplanmıştır.

3.2.3.2. Tarla trafiğinin belirlenmesi

Çalışmada kullanılan traktörün arka lastik genişliği ve her bir ekipmanın efektif iş genişliği dikkate alınarak aşağıdaki eşitlik (3.1) yardımıyla uygulamalara ait tarla trafiği değerleri hesaplanmıştır (Erbach, 1987; Çarman ve ark., 1992).

$$TT = \frac{\text{Traktörün toplam arka lastik genişliği}}{\text{Ekipmanın effektif iş genişliği}} * 100 \qquad (3.1)$$

TT : Tarlanın traktör tarafından çiğnenen alanı (%)

3.2.3.3. Çalışma hızının belirlenmesi

Hız ölçme radarı birbirleriyle bağlantılı iki aparattan oluşmaktadır. Birinci aparat traktörün alt kısmına monte edilen hız ölçme aparatı, diğeri ise hız gösterge ekranıdır. Çalışma sırasında ölçülen hız değerleri gösterge ekranından km h^{-1} cinsinden okunarak, makinelerin gerçek hız değerleri tespit edilmiştir.

3.2.3.4. İş başarısının belirlenmesi

Makinaların iş kapasiteleri efektif iş genişliği, makineyi çalıştıran traktörün ilerleme hızı ve süre ile ilgili olup aşağıdaki eşitlik (3.2) yardımıyla makinelerin iş

başarıları hesaplanmıştır.

$$S = f(B\ V\ t\ k) \quad (3.2)$$

Eşitlikte;

S : İş başarısı (da h^{-1})
B : Efektif iş genişliği (m)
V : Makine ilerleme hızı (km h^{-1})
t : Zaman (h)
k : Zamandan faydalanma katsayısı (0.8 alındı)

3.2.3.5. Toprağın batma direncinin belirlenmesi

Penetrometreyle düşey doğrultuda 80 cm derinliğe kadar her 1 cm'deki toprak direnci MPa olarak ölçülmüş ve ölçümlerde tepe açısı 30° ve koni taban alanı 1 cm^2 olan koni kullanılmıştır (Çarman, 1997). Denemelerde 0-30 cm derinliğinden alınan penetrasyon ölçüm değerleri kullanılmıştır.

3.2.3.6. Toprağın yüzey düzgünsüzlüğünün belirlenmesi

Profilmetre, 1m 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 düzgünsüzlüğü hesaplanmıştır (Çarman, 1997).

$$R_T = 100\ \mathrm{Log}_{10}\ S_s \quad (3.3)$$

Burada;

R_T : Tarlanın yüzey düzgünsüzlüğü (%)

S_s : Ölçülen değerin standart sapmasıdır.

3.2.3.7. Toprağın kesilme direncinin belirlenmesi

Toprak işleme öncesi ve sonrası ölçme aleti 0-15 ve 15-30 cm' lik toprak profiline çakılarak, kanatlı kesicilerin bir silindir yüzeyi boyunca uyguladığı dönme momenti torkmetre kolu üzerindeki göstergeden analog olarak okunmuştur. Ölçümler her parselde üç tekerrürlü olarak yapılmıştır.

Buradan elde edilen maksimum dönme momenti aşağıdaki eşitlik yardımıyla kesilme direnci olarak değerlendirilmiştir (Okello, 1991).

$$\tau = T[\pi d^{2}(h/2 + d/6)] \quad (3.4)$$

Eşitlikte;

τ : Toprağın kesilme direnci (N cm^{-2})

T : Maksimum dönme momenti (Ncm)

d : Kanatlı kesici aletin çapı (cm) (çap =10 cm)

h : Kanat yüksekliği (cm) (yükseklik = 12 cm)

3.2.3.8. Tekstür analizi

Bouyoucos (1951) tarafından geliştirilen hidrometre yöntemine göre yapılmıştır (Demiralay, 1977).

3.2.3.9. Hacim ağırlığı

Toprak işleme öncesi ve sonrası toprakta silindir yöntemine göre yapılmıştır (Black, 1965). Ölçümler 0-15 ve 15-30 cm'lik derinliklerde her parselde üç tekerrürlü olarak yapılmıştır.

3.2.3.10. Nem tayini

Nem ölçümü, toprak işleme öncesi ve sonrası her parselde 0-15 ve 15-30 cm 'lik derinliklerde 5 tekerrürlü olarak yapılmıştır. Farklı toprak işleme uygulamalarına bağlı olarak topraktaki nem değişimini gözleyebilmek amacıyla toprak işleme sonrası 12., 24., 48. ve 96. saatlerde ölçümler yapılmıştır (Black, 1965).

3.2.3.11. Toprağın mekanik stabilitesi

Her bir uygulama parselinden "0-2.5, 2.5-5, 5-10, ve 10-25 cm derinliklerinden toprak alınmış, bu derinliklerden alınan toprak örnekleri laboratuvara getirilerek oda sıcaklığında kurutulup, silindirik olarak içi içe geçmiş 0.42, 0.84, 2.0, 6.4 ve 12.7 mm çapındaki elek takımından oluşan rotary eleği yardımıyla yapılan eleme sonunda elde edilen toprak fraksiyonlarının genel ağırlıklarına göre yüzdeleri hesaplanmıştır (Chepil, 1950a).

$$MS = W1/W \quad (3.5)$$

MS : Mekanik stabilite,

W : Birinci elemede bulunan 0.84 mm den büyük kuru agregat yüzdesi,

W_1 : İkinci elemede bulunan 0.84 mm den büyük kuru agregat yüzdesidir.

3.2.3.12. Anız miktarının belirlenmesi

Anız miktarının belirlenmesinde toprak işleme öncesi herbir uygulama parseline 1 m^2 ölçülerindeki çerçeve atılarak çerçeve içerisindeki anız toprak seviyesinden biçilerek toplanan anız tartılmıştır. Her uygulama parselinde tartım üç tekerrürlü olarak yürütülmüş ve anız miktarı (kg m^{-2}) olarak saptanmıştır.

3.2.3.13. Anızın gömülme oranının belirlenmesi

Uygulanan toprak işleme yöntemlerine bağlı olarak buğday saplarının toprağa gömülme oranlarını belirlemek için toprak işleme öncesi her 750 m^2 'lik deneme alanı için 1 m^2 alana sahip kare şeklindeki bir çerçeveyle 3 kare işaretlenerek, kareler içindeki buğday sapları toplanarak tartılmıştır. Toprak işlemeden sonra aynı yöntemle toprak üzerinde kalmış olan buğday sapları her deneme parseli için belirlenerek buğday sapının gömülme oranları aşağıdaki eşitlik yardımıyla belirlenmiştir (Göknur ve Özarslan, 1995).

$$AGO = \left[\frac{M_1 - M_2}{M_1}\right] * 100 \qquad (3.6)$$

Eşitlikte;

AGO : Anız gömülme oranı (%),

M_1 : Toprak işlemeden önceki sap miktarı (g),

M_2 : Toprak işlemeden sonraki sap miktarı (g)' dır.

3.2.3.14. Rüzgâr erozyonunun ölçümü

Denemelerin yürütüleceği bölgedeki son 5 yılın ortalama rüzgâr hızı 2.7 m s^{-1} olmakla beraber, maksimum hız değerleri 12.1 m s^{-1} değerlerine çıkabilmektedir (Konya Toprak Su ve Çölleşme ile Mücadele Araştırma Enstitüsü Meteoroloji İstasyonu Verileri). Rüzgâr erozyonu ile taşınan zerrelerin % 50-75'i sıçrama, % 5-25'i sürüklenme ve % 3-40'ı süspansiyon şeklinde meydana gelmektedir. 0.1- 0.5 mm çapa sahip zerrelerin taşınması sıçrama, 0.1-1 mm çapa sahip zerrelerin taşınması sürüklenme ve 0.1 mm'den küçük zerrelerin taşınması ise süspansiyon şeklinde olmaktadır. 0.1-0.5 mm ortalama çapa sahip zerrelerin taşınabilmesi için gerekli minimum rüzgar hızı 1-5 m s^{-1} arasında iken, 1 mm çap grubuna sahip zerrelerin taşınabilmesi için ise minimum 10-12 m s^{-1} rüzgar hızına gereksinim vardır (Erinç,

1963). Çalışmada bölgenin rüzgâr hızı değerleri ve gerekse de sediment taşınımındaki asgari rüzgâr hızı değerleri dikkate alındığında, projede rüzgâr hızı değerleri 4, 7, 10 ve 13 m s^{-1} olarak alınmıştır.

Doğal şartlardaki sediment taşınımının sağlanabilmesi için rüzgâr tünelinin boyutlandırılmasında boyutsuz sayı olan Froude sayısı önem arz etmektedir. (Owen, 1985)' e göre Froude sayısının 20'den daha küçük olması gerekmektedir. Buna göre bu çalışmada seçilen rüzgâr hızı ve rüzgâr tüneli boyutlarında Froude sayısının 20'den küçük olduğu koşullar dikkate alınmıştır.

$$F_r = \frac{U^2}{gH} \tag{3.7}$$

Burada;

U : Rüzgar hızı (m s^{-1}),

g : Yer çekimi ivmesi (m s^{-2}),

H : Tünel yüksekliği (m)'dir.

U= 13 m s^{-1} ve H = 1 m için Fr = 17.22 < 20

U= 10 m s^{-1} ve H = 1 m için Fr = 10.19 < 20

U= 7 m s^{-1} ve H = 1 m için Fr = 4.99 < 20

U= 4 m s^{-1} ve H= 1 m için Fr = 1.63 <20

Doğal şartlardaki sediment taşınımının sağlanabildiği kanal uzunluğu 9 m olarak aşağıdaki eşitlikten hesaplanmıştır;

$$\text{Hidrolik çap} = \frac{4 \text{ x Kanal kesit alanı}}{\text{Çevre}} \tag{3.8}$$

$$\text{Uzunluk} = (8 \ldots .11)\, x\, Hidrolik\ çap = 9\, x1 = 9\, m \tag{3.9}$$

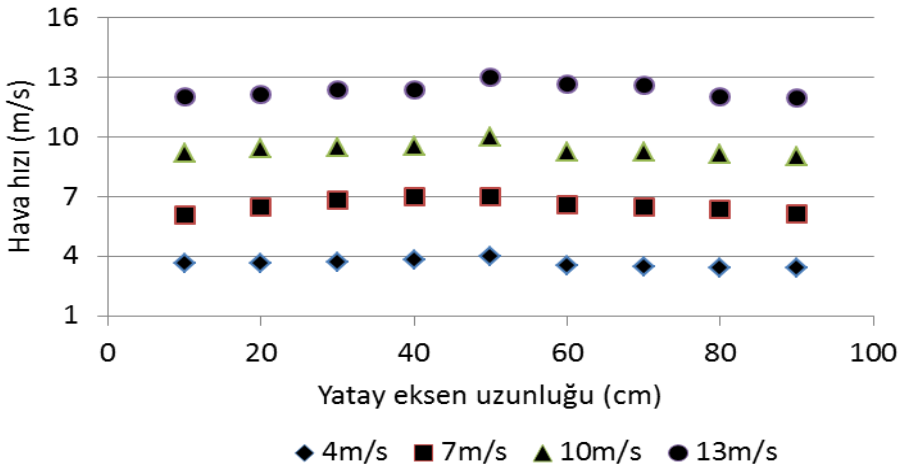
Sediment Tutucular düşey bir eksen üzerinde 0.07, 0.24, 0.45, ve 0.70, 0.95 m yüksekliklere yerleştirilmiştir. Sediment kayıplarının hesabında, tutucu giriş alanından

(240 mm^2) geçen sediment miktarı tartılarak bulunmuştur. Tünel içerisinde etkili yükseklikler boyunca taşınma 100 cm yüksekliğe kadar olan 1 cm'lik bir dikey kesitte ve ölçüm yapılan 95 cm' lik profil boyunca enterpole edilerek hesaplanmıştır. Bu miktar etkili toprak yüzeyi ve tutucunun çalışma zamanı ile birimlendirilmiştir (g m^{-2} h^{-1}). Sediment tutucu olarak siklon tipi (BEST) tutucu kullanılmıştır, diğer tip tutucularda (örneğin WAC tipi) giriş ağzında oluşan statik basınç toz partiküllerinin içeri girmesini engelleyebilmekte ve giren taneciklerin bir kısmının da tutucu içerisinde oluşan türbülansla dışarı çıkmasına neden olabilmektedir. BEST tipi sediment tutucularda verimlilik değerinin η_{BEST} % 75 ile % 100 arasında, WAC tipinde ise η_{WAC} % 12 ile % 52 arasında değiştiği tespit edilmiştir (Basaran ve ark., 2011).

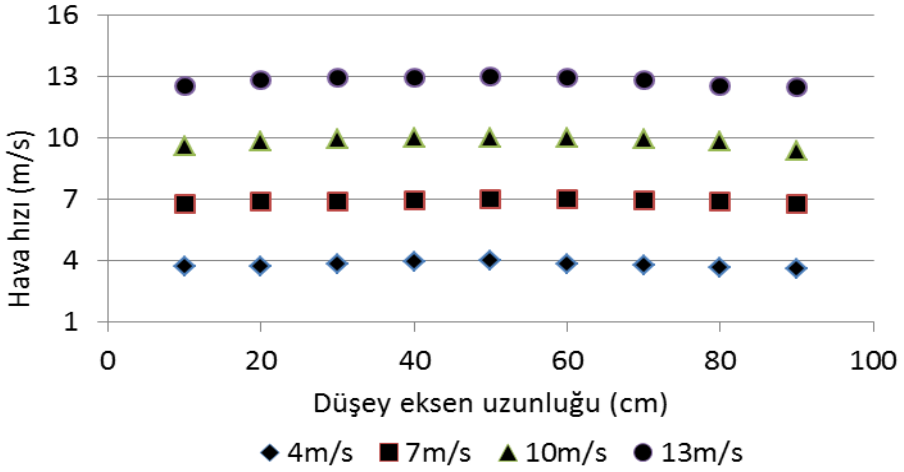
Bu çalışmada kullanılan rüzgar tünelindeki hız Şekil 3.17'de gösterildiği gibi iki farklı kesitte (z-x) ve (y-x), her kesitte de 9 farklı noktada CFM Termo-Anemometer markalı ve ±(%3+0.2 m s^{-1}) doğruluğa ait anemometre ile ölçülmüş ve ölçüm değerleri Şekil 3.18 ve 3.19 'da verilmiştir. Şekillerden de anlaşıldığı gibi rüzgar tünelinde kullanılan fanın farklı devirlerinde kesitlerin orta noktasında maksimum hız değerleri 4, 7, 10 ve 13 m s^{-1} olarak ölçülmüştür. Bilindiği üzere viskozitenin etkisi altındaki akış bölgesinde hızlar rüzgar tünel cidarına yaklaştıkça azalır ve cidarda sıfır değerini alır. Bu çalışmada da bu değerlerin cidara doğru azaldığı görülmektedir. Rüzgâr erozyon setiyle ilgili olarak her bir çalışma hızı için 10 cm aralıklarla enine ve boyuna kesitte hız değişimlerine ait eğriler Şekil 3.18 ve 3.19 'da verilmiştir.



Şekil 3.17. Rüzgâr erozyon setinin genel görünüşü ve tünel içindeki sediment tutucu ve hız ölçer.



Şekil 3.18. Enine kesitte (z-x) hız değişimi



Şekil 3.19. Boyuna kesitte (y-x) hız değişimi

3.2.3.15. Toplam sediment taşınımının hesaplanması

Deneme parsellerinde her uygulama sonrası belirlenen rüzgar hızlarında belirli sürede BEST tutucuları ile yakalanan sediment miktarları; çalışma süresi, tuzakların giriş ağzı kesiti, tutucu verimliliği, dikey sediment taşınımı (g m^{-2} s^{-1}) ve (z) yüksekliğine göre hesaplanmıştır. Hesaplamada (Sterk ve Raats, 1996) modeli kullanılmıştır (Eşitlik 3.10).

$$q(z) = a\,[(z/\alpha)+1]^{-b} + c\exp(-z/\beta) \qquad (3.10)$$

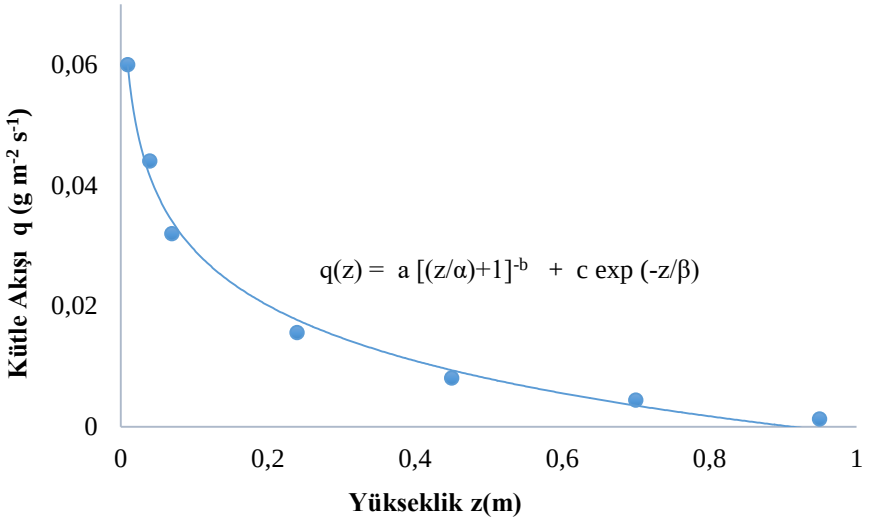
q(z) : (z) yüksekliğindeki sediment taşınma miktarı (g m^{-2} s^{-1})

a, b, c ve β : Regresyon katsayıları

Şekil 3.20' de yüksekliğe göre ölçülen ve Sterk ve Raats (1996) modeli ile hesaplanan sediment profili gösterilmiştir. Toplam sediment taşınımını elde etmek için en alt tutucu seviyesinden (0.07 m) en üst tutucu seviyesine (0.95 m) kadar MathCAD programı entegrasyonu kullanılarak yapılmıştır (Eşitlik 3.11).

$$Q = \int_0^1 q(z)\, dz \qquad (3.11)$$

Q : Toplam sediment taşınımı (g m^{-2} s^{-1})



Şekil 3.20. Sterk ve Raats (1996) modeli ile hesaplanan sediment profili

3.2.3.16. Tane veriminin belirlenmesi

Her parselin ortasındaki sıralardan parseli temsil edecek 3 yerden bir m^{2}' deki saplar biçilerek harman makinesinden geçirildikten sonra elde edilen tane ürün tartılıp ortalama tane verimi kg da^{-1} cinsinden hesaplanmıştır (Tosun ve Yurtman, 1973; Genç, 1974) (Şekil 3.21).



Şekil 3.21. Harman Makinası ve Ürün Temizleyici Fan

3.2.3.17. Uygulamaların enerji bilançolarının belirlenmesi

Tüm uygulamalara ait enerji bilançolarının belirlenmesinde Çizelge 3.7‘ den yararlanılmıştır. Enerji girdileri olarak traktör ve alet-makine imalat enerjisi ve insan işgücü enerjisi dikkate alınmıştır (Özsert ve Kara, 1987).

Traktör ve alet-makine imalat enerjisi (Agregat Enerjisi) aşağıdaki eşitlik (3.12) yardımıyla belirlenmiştir (Önal ve Tozan, 1986).

$$AG = \frac{G \times E_{TMİ}}{T_{TMÖ} \times İş.Baş.} \qquad (3.12)$$

Burada;

AG : Agregat enerjisi (MJ ha^{-1})

G : Traktör veya ekipman ağırlığı (kg)

$T_{TMÖ}$: Traktör veya ekipmanın kullanım ömrü (h)

$E_{TMİ}$: Traktör veya ekipmanın birim ağırlığının üretimi için gerekli enerji miktarı (MJ kg^{-1})

İş. Baş. : Traktörle birlikte kullanılan ekipmanın effektif iş başarısı (ha h^{-1})

Çizelge 3.7. Enerji eşdeğerleri

Özellikler	Birim	Enerji eşdeğeri (Mj Birim^{-1})	Referanslar
A.Girdiler			
İşgücü	h	1.87	Smil ve ark. (1983)
Traktör	kg	92.5	Scholz ve Kaulfuß (1995)
Makine	h	62.7	Erdal ve ark. (2007)
Yakıt-yağ	l	41	Reinhardt (1993)
İlaç	kg	120	Canakci ve ark. (2005); Mandal ve ark. (2002)
Gübre			
N	kg	47.1	Kaltschmitt ve Reinhardt (1997)
P	kg	15.7	Kaltschmitt ve Reinhardt (1997)
Tohum	kg	25	Ozkan ve ark. (2004)
B.Çıktı			
Verim	kg	14.21	Pimentel (1980); (Pimentel, 2018)
Biyomas	kg	9.25	Pimentel (1980)

Enerji verimliliği birim yakıtla işlenen alan belirlenerek hesaplanmıştır (ha L^{-1}). Toplam enerji girdi ve çıktı hesaplamaları yapıldıktan sonra toplam enerji çıktısı ile toplam enerji girdisinin farkı alınarak net enerji verimi, toplam enerji çıktısının toplam enerji girdisine oranlanması ile çıktı girdi oranı, net enerji veriminin toplam enerji girdisine oranlanması ile net enerji oranı bulunmuştur. Ayrıca ürün toplam veriminin toplam enerji girdisine oranlanması ile enerji verimliliği ve toplam enerji girdisinin ürün toplam verimine oranlanması ile birim ürün miktarı için gerekli enerji bulunmuştur. Enerji parametreleri Çizelge 3.8 'e uygun olarak özetlenmiştir.

Çizelge 3.8. Enerji parametreleri (Diepenbrock ve ark. (1995); Moerschner ve Gerowitt (1998)).

Parametreler	Birim	Tanımlamalar
Toplam enerji girdisi	MJ ha^{-1}	EI
Toplam enerji çıktısı	MJ ha^{-1}	EO
Net enerji verimi	MJ ha^{-1}	Toplam enerji çıktısı - Toplam enerji girdisi
Çıktı/girdi oranı	-	Toplam enerji çıktısı / Toplam enerji girdisi
Net enerji oranı	-	Net enerji verimi / Toplam enerji girdisi
Enerji verimliliği	kg MJ^{-1}	Tane ve biokütle verimi / Toplam enerji girdisi
Birim ürün için gerekli enerji	MJ kg^{-1}	Toplam enerji girdisi / Tane ve biyokütle verimi

Tarımda enerji kullanımı direkt ve indirekt enerji olarak iki bileşene ayrılabilir. Direkt enerji çeşitli üretim operasyonlarında kullanılan; yakıt, elektrik, su ve insan enerjisi tüketimidir. İndirekt bileşen çiftlik girdilerinin dağıtımı (gübre ve kimyasallar) ile üretim için gerekli makine ve ekipmanlarda kullanılan enerjidir. Bu enerji de yenilenebilir ve yenilenemeyen olarak ikiye ayrılabilir; çiftlik gübresi, su, insan enerjisi yenilenebilir enerji kaynakları olarak kategorize edilirken; dizel yakıtı, elektrik, kimyasallar, kimyasal gübreler ve makinalar yenilenemeyen enerji olarak sınıflandırılmaktadır (Zangeneh ve ark., 2010).

Enerji ticari ve ticari olmayan enerji olarak ta sınıflandırılabilmektedir. Dizel yakıtı, gübre, tohum ve makine ticari enerji olarak sınıflandırılırken, insan (gücü), hayvan (gücü), çiftlik gübresi, sulama ticari olmayan enerji olarak sınıflandırılmaktadır (Singh ve ark., 2007).

3.2.4. Deneme planı ve istatistiki değerlendirmeler

Denemeler, Konya Toprak Su ve Çölleşme ile Mücadele Araştırma İstasyonu Merkez arazisinde 2012-2014 yılları arasında (2 yıllık çakılı deneme olarak) planlanmıştır. Projede elde edilecek sonuçların mukayese edilebilir olması için; çalışma eş zamanlı olarak beş farklı uygulama ile tesadüf blokları deneme desenine göre yürütülmüştür. Bütün uygulamalar için hesaplanan değerlere ait önem arz eden veriler istatistiksel analize tabi tutulmuştur (Düzgüneş ve ark., 1987).

4. ARAŞTIRMA SONUÇLARI VE TARTIŞMA

4.1.Uygulamalarda Kullanılan Makinelere Ait İşletmecilik Değerleri

Denemelerde; 2012-2013 ve 2013-2014 yıllarında kullanılan alet ve makinelerin çalışma derinlikleri, iş genişlikleri, ortalama çalışma hızları ve yakıt tüketim değerleri Çizelge 4.1 ve 4.2‘ de verilmiştir.

Çizelge 4.1. Denemelerde kullanılan alet ve makinelerin 2012-2013 deneme yılına ait işletme özellikleri

Uygulama	İş Derinliği (cm)	İş Genişliği (cm)	Ortalama Hız (km h^{-1})	Yakıt Tüketimi (Lda^{-1})
Pulluk	22	118	5.5	2.20
Kanatlı Çizel (Modifiye)	23	230	2.9	1.74
Düşey Milli Rototiller	18	215	3.2	1.60
Yatay Milli Rototiller	13	260	2.6	1.20
Doğrudan Ekim Makinesi	4	168	5.5	0.535
Kombine Hububat Ekim Makinesi	4	189	6.5	0.476
Kültüvatör + DönerTırmık Kom.	12	220	7	0.857

Çizelge 4.2. Denemelerde kullanılan alet ve makinelerin 2013-2014 deneme yılına ait işletme özellikleri

Uygulama	İş Derinliği (cm)	İş Genişliği (cm)	Ortalama Hız (km h^{-1})	Yakıt Tüketimi (Lda^{-1})
Pulluk	22	120	5.5	2.20
Kanatlı Çizel (Modifiye)	28	215	2.8	1.74
Düşey Milli Rototiller	22	215	3.0	2.23
Yatay Milli Rototiller	10	260	4.2	0.98
Doğrudan Ekim Makinesi	4	168	6.0	0.89
Kombine Hububat Ekim Makinesi	4	185	7.2	0.54
Kültüvatör + DönerTırmık Kom.	15	220	7	0.857

4.2. Uygulamaların Tarla Trafiği Değerleri

Denemelerde; 2012-2013 ve 2013-2014 yıllarında kullanılan alet ve makinelerin effektif iş genişlikleri ile uygulamaların tarla trafiği değerleri Çizelge 4.3 ve 4.4‘ de verilmiştir.

Çizelge 4.3. Uygulamalarda kullanılan alet ve makineler ve effektif iş genişlikleri (cm)

	Geleneksel	Kanatlı Çizel	Düşey Milli Rotatiller	Yatay Milli Rotatiller	Doğrudan Ekim
Birinci Sürüm	120	215	215	260	-
İkileme	220	-	-	-	-
Üçleme	220	-	-	-	-
Ekim	189	189	189	189	168

Çizelge 4.4. Uygulamaların tarla trafiği değerleri (%)

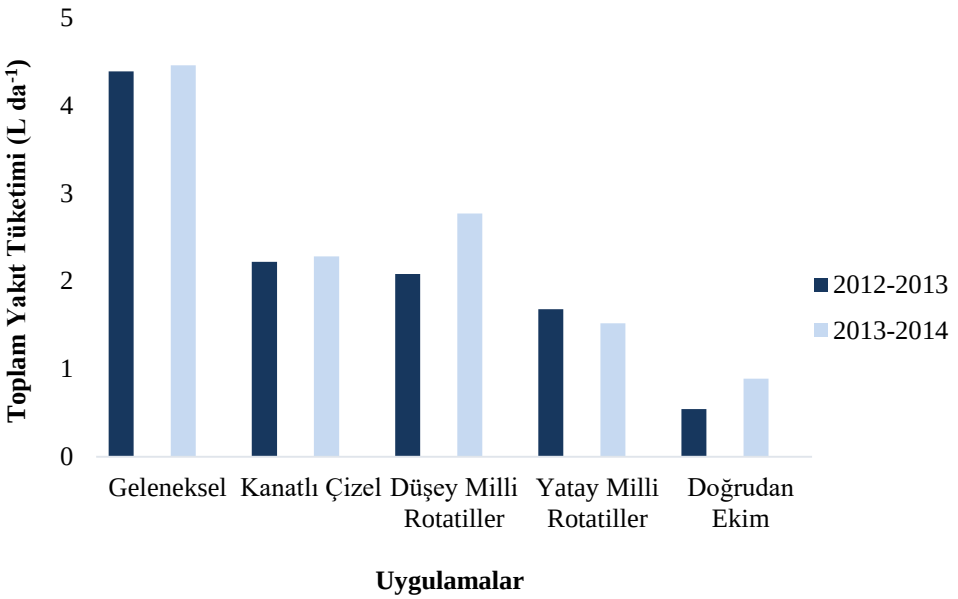
	Geleneksel	Kanatlı Çizel	Düşey Milli Rotatiller	Yatay Milli Rotatiller	Doğrudan Ekim
Birinci Sürüm	70	39	39	32	-
İkileme	38	-	-	-	-
Üçleme	38	-	-	-	-
Ekim	44	44	44	44	50
TOPLAM	**190**	**83**	**83**	**76**	**50**

Uygulamaların tarla trafiği değerleri üzerinden yaptığımız değerlendirmede; % 190 ile geleneksel uygulamada en yüksek, % 50 ile doğrudan ekim uygulamasında en düşük tarla trafiği değerleri elde edilmiştir.

Çarman ve ark. (1992) yaptıkları çalışmada tarla trafiği değerlerini buğday üretiminde % 98, mısır üretiminde % 278 bulmuşlardır. Bu sonuçlar mısır üretiminde tarlanın her birim alanının traktör tarafından yaklaşık üç kez çiğnenmesi anlamına gelmektedir. Gözübüyük ve ark. (2017) aşırı toprak işlemenin; toprağın organik madde içeriğini azalttığını, yüzey artıklarının yetersizliğinden dolayı rüzgâr ve su erozyonu oluşma ihtimalini arttırdığını, tarla trafiğinden dolayı toprakta sıkışmaya neden olduğunu bildirmişlerdir. Oni ve Adeoti (1986) Nijerya’da doğrudan ekim ve farklı toprak işleme yöntemlerinin tarla trafiği ve toprağın fiziksel özellikleri üzerine etkilerini araştırmışlar, tarla trafiğinin artmasıyla toprağın nem içeriğinin, hacim ağırlığının ve penetrasyon direncinin doğrudan ekim yönteminde arttığını diğer yöntemlerde ise azaldığını belirlemişlerdir.

4.3. Uygulamaların Yakıt Tüketim Değerleri

Uygulamalara bağlı olarak yakıt tüketimi değerlerinin değişimi Şekil 4.1'de verilmiştir.



Şekil 4.1. Uygulamalara bağlı olarak yakıt tüketimi değerlerinin değişimi

Uygulamalar toplam yakıt tüketimi açısından değerlendirildiğinde; her iki yılda 2012-2013; 2013-2014 sırasıyla 4.39 L da^{-1} ve 4.46 L da^{-1} değerleriyle en yüksek yakıt tüketimi geleneksel uygulamada görülürken, en düşük yakıt tüketimi ise 0.54 L da^{-1} ve 0.89 L da^{-1} olarak doğrudan ekim uygulamasında ortaya çıkmıştır. Doğrudan ekim uygulamasında toplam yakıt tüketimi değerleri hem 2012-2013 hem de 2013-2014 yılları için, geleneksel uygulamaya göre sırasıyla % 87.7 ve % 80 daha az bulunmuştur.

Toprak işleme uygulamalarının yakıt tüketimi üzerindeki etkisi önemli bulunmuştur ($P < 0.01$). LSD testi sonuçları Çizelge 4.5' te verilmiştir.

Çizelge 4.5. Yakıt tüketiminin deneme yılları ve yıllar ortalama değerleri üzerinde yapılan çoklu karşılaştırma LSD testi sonuçları

Uygulamalar	Yakıt Tüketimi Değerleri (L da^{-1})		
	2012-2013 yılı	2013-2014 yılı	Yıllar Ortalaması
Geleneksel	4.39 a	4.45 a	4.42 a[1]
K. Çizel	2.23 b	2.28 b	2.26 b
D.Milli Rotatiller	2.07 c	2.77 c	2.42 c
Y.Milli Rotatiller	1.68 d	1.52 d	1.60 d
D.Ekim	0.53 e	0.89 e	0.71 e
LSD (0,05)	0.050	0.056	0.048

1 Her sütun için aynı harfi taşıyan ortalamalar arasındaki fark istatistiki olarak önemsizdir.

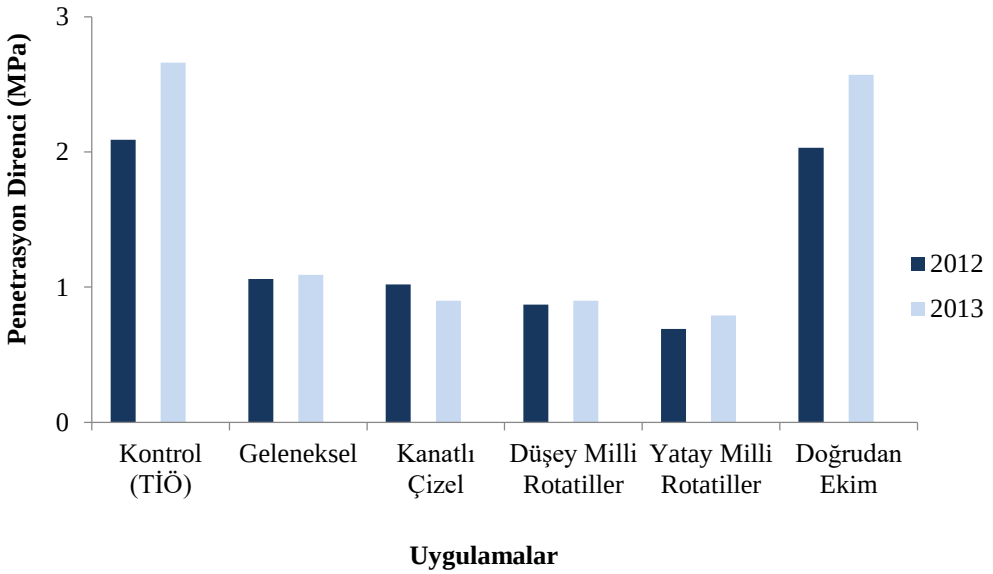
Yakıt tüketimi açısından yapılan çoklu karşılaştırma (LSD) testine göre; bütün uygulamalar %5 önem seviyesinde farklı grupta yer almıştır. Yıllar ortalaması değerlerini gözönünde bulundurduğumuzda; en düşük yakıt tüketimi 0.71 L da^{-1} ile doğrudan ekim uygulamasında gerçekleşmiş, bunu sırasıyla 1.60 L da^{-1} ile yatay milli rototiller + ekim makinası; 2.26 L da^{-1} ile kanatlı çizel + merdane kombinasyonu + ekim makinası; 2.42 L da^{-1} ile düşey milli rototiller + merdane kombinasyonu + ekim makinası ve 4.42 L da^{-1} ile geleneksel uygulama (kulaklı pulluk + kazayağı tırmık kombinasyonu (2 kez)+ ekim makinası) takip etmiştir.

Bayhan ve ark. (2001) ikinci ürün silajlık mısır tarımında azaltılmış toprak işleme ve doğrudan ekim uygulamaları ile yaptıkları çalışmada; uygulamalar arasındaki en düşük yakıt tüketimini doğrudan ekim uygulamasında bulmuşlardır, benzer şekilde Yalçın ve Çakır (2006) yapmış oldukları araştırmada geleneksel yöntemde 60 L ha^{-1}, doğrudan ekim yönteminde 7.5 L ha^{-1} yakıt tüketimi değerlerini elde etmişlerdir. Marakoğlu ve Çarman (2008) buğday üretiminde azaltılmış toprak işleme ve doğrudan ekim uygulamalarıyla farklı ekipmanlarla yaptıkları iki yıllık çalışmada; yakıt tüketimini en fazla 1.99 L da^{-1} ile düşey milli frezede, en düşük ise 0.81 L da^{-1} ile kombine hububat ekim makinasında elde etmişler, doğrudan ekim makinesiyle çalışmada traktörün yakıt tüketiminin klasik ekim makinesine göre % 12.3 daha fazla saptamışlardır. Uygulamalar toplam yakıt tüketimi açısından değerlendirildiğinde ise; en yüksek yakıt tüketimi 5.15 L da^{-1} ile geleneksel uygulamada görülürken, en düşük ise 0.91 L da^{-1} ile doğrudan ekim uygulamasında ortaya çıkmış, geleneksel uygulamada toplam yakıt tüketimi değeri doğrudan ekim uygulamasına göre % 466 daha fazla bulunmuştur. Varyans analizi sonuçları uygulamalar arasındaki farklılığın ($P<0.01$) seviyesinde önemli olduğunu göstermiştir. Aykas ve ark. (2005), Köller (2003)' in koruyucu toprak işleme konusunda teknik, ekolojik ve ekonomik bakış yönleriyle yaptığı çalışmada; pulluk, çizel, diskli tırmık, sırta ekim ve doğrudan ekim uygulamalarını karşılaştırdığını ve yakıt tüketimlerini sırasıyla; 49.4; 31.2; 28.3; 25.2 ve 13.3 L ha^{-1} bulduğunu; doğrudan ekimde; kulaklı pulluğun kullanıldığı geleneksel toprak işlemeye göre % 272 oranında yakıttan tasarruf sağlandığını belirtmişlerdir. Kosutiç ve ark. (2001) farklı toprak işleme uygulamaları ve ekimde yakıt tüketimi üzerine yaptıkları çalışmada; geleneksel toprak işlemede (pulluk +diskaro+ tırmık + ekim makinası) 41.15 L ha^{-1}, azaltılmış geleneksel toprak işlemede (pulluk +tırmık + ekim makinası) 31.30 L ha^{-1}, azaltılmış toprak işleme I'de (pulluk+ mikser + ekim makinası) 37.37 L ha^{-1}, azaltılmış toprak işleme II'de (çizel pulluk+ çoklu işleyici+ ekim makinası) 29.77 L ha^{-1} ve doğrudan ekimde 7.14 L ha^{-1}

yakıt tüketimi tespit etmişlerdir. Benzer şekilde Bowers (1992) mısır üretiminde ortalama yakıt tüketimi değerlerini; kulaklı pulluk için 17.49 ± 2.06 L ha^{-1}, çizel pulluk için 10.20 ± 1.5 L ha^{-1}, diskli tırmık için 9.07 ± 3.37 L ha^{-1} ve doğrudan ekim için 4.02 ± 1.03 L ha^{-1} bulmuşlardır. Baran ve ark. (2016) Kırklareli ilinde 2009-2015 yıllarında ikinci ürün ayçiçeği ve silajlık mısırda farklı toprak işleme yöntemlerinin yakıt tüketimi değerlerini belirlemek üzere yaptıkları çalışmada; silajlık mısır denemesinde T1, T2, T3 ve T4 uygulamalarında 28.12 L ha^{-1}, 26.26 L ha^{-1}, 36.63 L ha^{-1} ve 49.04 L ha^{-1}, ayçiçeği denemesinde ise aynı sırayla 28.59 L ha^{-1}, 26.96 L ha^{-1}, 34.86 L ha^{-1} ve 42.11 L ha^{-1} değerlerini bulmuşlardır.

4.4. Toprak Penetrasyon Direnci Değerleri

Uygulamalara bağlı olarak toprak penetrasyon direnci değerlerinin değişimi Şekil 4.2'de verilmiştir.



Şekil 4.2. Uygulamalara bağlı olarak penetrasyon direnci değerlerinin değişimi

Uygulamalar penetrasyon direnci açısından değerlendirildiğinde; işleyici organa bağlı olarak penetrasyon direnci değerleri 2012-2013 ve 2013-2014 yılları için sırasıyla; 0.69- 2.03, 0.78-2.57 MPa arasında değişim göstermiştir. Her iki yılda da toprak işleme öncesi değerlerini 2.03 MPa ve 2.57 MPa değerleriyle doğrudan ekim uygulaması takip etmiş, en düşük değerler ise 0.69 MPa ve 0.78 MPa olarak yatay milli rotatiller uygulamasında bulunmuştur. Yatay milli rotatiller uygulamasında penetrasyon direnci değerleri hem 2012 hem de 2013 yıllarında, toprak işleme öncesine göre % 67 ve % 70.7 oranlarında azalmıştır.

Toprak işleme uygulamalarının toprak penetrasyon direnci üzerindeki etkisi önemli bulunmuştur (P < 0.01). LSD testi sonuçları Çizelge 4.6' da verilmiştir.

Çizelge 4.6. Toprak penetrasyon direncinin deneme yılları ve yıllar ortalama değerleri üzerinde yapılan çoklu karşılaştırma LSD testi sonuçları

Uygulamalar	**Toprak Penetrasyon Direnci Değerleri (MPa)**		
	2012-2013 yılı	**2013-2014 yılı**	**Yıllar Ortalaması**
Geleneksel	1.06 a	1,08 a	1.07 a[1]
K. Çizel	1.02 a	0.90 b	0.96 b
D.Milli Rotatiller	0.86 b	0.89 b	0.87 c
Y.Milli Rotatiller	0.69 c	0.78 c	0.74 d
D.Ekim	2.02 d	2.57 d	2.30 e
LSD (0,05)	0.060	0.055	0.053

1 Her sütun için aynı harfi taşıyan ortalamalar arasındaki fark istatistiki olarak önemsizdir.

Penetrasyon direnci açısından yapılan çoklu karşılaştırma (LSD) testine göre; 2012-2013 yılında; geleneksel ile kanatlı çizel uygulamaları arasında fark önemsiz çıkmış, düşey milli rototiller, yatay milli rototiller ve doğrudan ekim uygulamaları farklılık oluşturmuştur. 2013-2014 yılında ise geleneksel uygulama, yatay mili rototiller ve doğrudan ekim uygulamaları farklılık oluşturmuş, kanatlı çizel ve düşey milli rototiller arasında fark bulunmamıştır. Yıllar ortalaması değerlerine göre bütün uygulamalar farklı grupta yer almıştır (P< %5). En yüksek penetrasyon direnci değeri 2.30 MPa ile doğrudan ekim uygulamasında gerçekleşmiş, en düşük penetrasyon direnci değeri ise 0.74 MPa değeri ile yatay milli rototiller + ekim makinası uygulamasında elde edilmiştir.

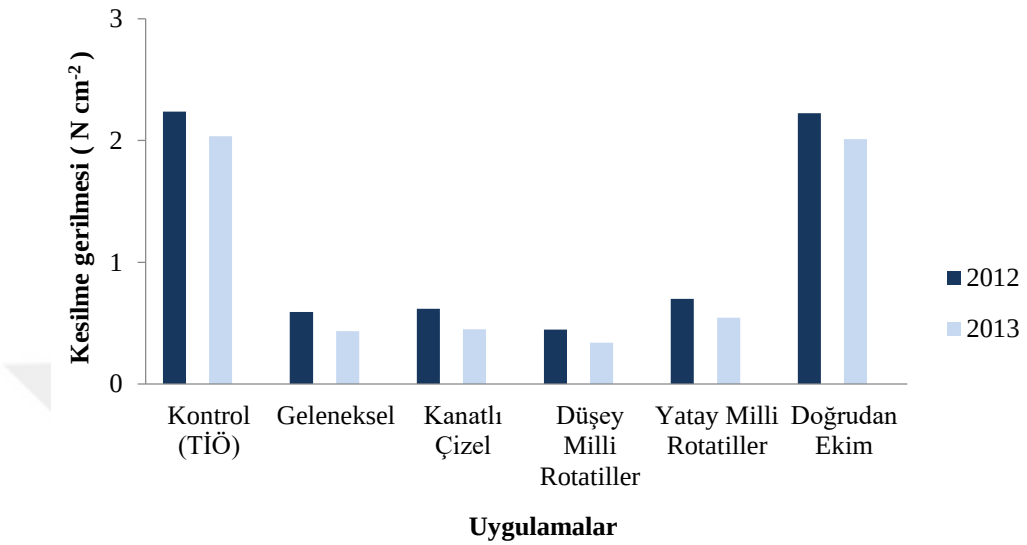
Çetin ve ark. (2009) farklı toprak işleme alet ve makinalarının toprağın penetrasyon direnci değerlerine etkilerini belirlemek amacıyla kulaklı pulluk, rotatiller ve çizel ile yaptıkları çalışmada; penetrasyon direnci değerlerini 0-15 cm ve 15-30 cm derinlikte sırasıyla; toprak işleme öncesi 1.63 - 4.15 MPa ile 3.36-4.97 MPa arasında, toprak işleme sonrası ise 0.41-1.46 MPa ile 0.85-4.76 MPa aralığında bulmuşlardır. Uygulamaların ortalama penetrasyon direnci değerleri rotatiller, kulaklı pulluk ve çizel için sırasıyla 1.05, 1.32 ve 1.79 MPa olarak belirlenmiştir. Penetrasyon direnci değerlerinin; rotatillerin kullanıldığı parsellerde 15-30 cm derinliklerindeki değerleri hariç bitki büyümesini engelleyici sınır olarak belirtilen 3 MPa değerini aşmadığı görülmüştür. Kulaklı pullukta, yüzey artıklarının derine gömülmesi ve kulaklı pulluk tarafından kesilen ve döndürülen toprak profillerinin aralarında kalan boşluklar, penetrasyon direncinin diğer ekipmanların kullanıldığı parsellere göre yüksek oranda azalmasına etkili olmuştur (Doğan ve Çarman, 1997). Marakoğlu ve Çarman (2008) buğday üretiminde azaltılmış toprak işleme ve doğrudan ekim uygulamalarıyla yaptıkları

iki yıllık çalışmada; uygulamaları toprağın 0-20 cm derinlik bölgesinde penetrasyon direncine etkisi açısından değerlendirmişler; en büyük penetrasyon direnci değerini doğrudan ekim uygulamasında (2.11-1.87 MPa) yani toprak işlemenin yapılmadığı durumda tespit etmişler, en düşük değeri ise geleneksel toprak işleme uygulamasında (0.95-1.15 MPa) saptamışlardır, farklı toprak işleme uygulamalarına bağlı olarak toprağın penetrasyon direnci birinci yılda % 54.9-32.2, ikinci yılda ise % 36.8-27.2 değerleri arasında azalmıştır. Barut ve ark. (2010) Çukurova koşullarında buğday tarımında uygulanan geleneksel ve alternatif toprak işleme sistemlerinin bazı toprak özellikleri üzerine etkileri konusunda yaptıkları 4 yıllık çalışma sonucunda; yıllar itibariyle geleneksel toprak işleme sistemine göre korumalı toprak işleme sistemlerinin penetrasyon direncini önemli oranda artırdığını ve toprak sıkışmasına neden olduğunu belirlemişlerdir. Penetrayon direncinin 0-45 cm derinlikte AT (Azaltılmış Toprak İşleme) > DE (Doğrudan Ekim) >GT (Geleneksel Toprak İşleme) şeklinde değiştiğini tespit etmişlerdir. Hernández ve ark. (2019) OhioTriplett-Van Doren 'de Ohio topraklarının fiziksel özelliklerine ilişkin uzun vadeli toprak işleme (55 yıldan fazla bir süre) uygulamalarının değerlendirilmesi üzerine araştırma yapmışlardır. Pullukla toprak işleme (PT), minimum toprak işleme (MT) ve no till (NT) uygulamalarının; toprak penetrasyon direnci (PR) açısından değerlendirildiği çalışmada; 2013 yetiştirme sezonunda 0-2.5 cm'de MT ≈ NT > PT bulunurken, 2.5-7.5 cm aralığında fark bulunmamıştır. 7.5–17.5 cm toprak derinliğnde ise NT uygulaması MT ve PT'den önemli derecede yüksek bulunmuştur. 20 cm toprak derinliğinin altında ise NT uygulaması; MT ve PT uygulamaları arasında fark bulunmamasına rağmen, MT ve PT uygulamalarından önemli derecede düşük bulunmuştur. Kasım 2013 yetiştirme döneminde no-till uygulamasında 40 cm ye kadar penetrasyon değerleri 0.16 MPa ile 0.63 MPa arasında değişmiştir. MT 0.14 ile 0.64, PT ise 0.12 ile 0.64 arasında değişmiştir. Bulut ve Altuntaş (2015) Sivas koşullarında buğday tarımında farklı toprak işleme yöntemlerinin (GT: kulaklı pulluk+diskli tırmık+ekim; KT1: çizel+diskli tırmık+ekim, KT2: rotovatör+ ekim; ve AE: anıza doğrudan ekim) bazı toprak fiziksel özellikleri üzerine etkilerini değerlendirmişlerdir. Toprak penetrasyon direnci değerleri karşılaştırıldığında; anıza ekim (AE) yönteminde en yüksek değer bulunmuştur, ancak bulunan değerler bitki kök gelişimi için üst sınır olarak kabul edilen 3 MPa'ın altında kalmıştır (Busscher ve Sojka, 1987). Toprak penetrasyon direnci değerleri; 0-15 cm toprak derinliği için, toprak işleme öncesi zamanında 1.08-1.59 MPa, ekim sonrasında 0.45-1.60 MPa ve hasat sonrasında 0.81-1.36 MPa değerleri arasında değişmiştir.

Küçükalbay ve Akbolat (2015) nohut üretiminde geleneksel toprak işleme (GTİ), azaltılmış toprak işleme (ATİ) ve doğrudan ekim (DE) yöntemlerinin uygulanabilirliğini inceledikleri çalışmada; penetrasyon direnci değerlerini, 0-80 cm toprak derinliğinde GTİ, ATİ ve DE için sırasıyla 1.67, 1.84 ve 1.83 MPa olarak saptamıştır. Ferreras ve ark. (2000) Arjantin'de geleneksel ve no-till uygulamasının bazı toprak özellikleri üzerine etkileri konusunda yürüttükleri çalışmada; penetrasyon direnci değerlerini 5-10 cm derinlikte; NT: 1.6 MPa, CT: 1.1 MPa; 10-15 cm derinlikte; NT: 1.6 MPa, CT: 1.0 MPa ve 15-20 cm derinlikte NT: 1.3 MPa, CT: 0.9 MPa bulmuşlardır. Negiş (2014) Konya-Çumra ovasında şeker pancarı tarımı yapılan alanlarda yoğun tarla trafiğinden kaynaklanan toprak sıkışmasını dönemsel olarak belirlemek amacıyla yaptığı çalışmada; 4 farklı dönemde (ekim öncesi- ekim sonrası- gelişme dönem- hasat sonrası), penetrasyon dirençlerinin ekim öncesi 0.59 MPa ile 1.95 MPa arasında değişirken, ekim sonrası 0.98 MPa ile 2.67 MPa arasında, gelişme döneminde 0. 99 MPa ile 3.70 MPa arasında ve hasat sonrası ise 2.636 MPa ile 4.82 MPa arasında tespit etmiştir. Penetrasyon direncindeki artışın, tarla trafiğine bağlı yapılan tarımsal faaliyetlerin ve şeker pancarı kök gelişimine ortak etkide bulunduğu değerlendirilmiş, bu nedenle şeker pancarı tarımında tarla trafiğinin kontrollü ve daha az sıkışmaya neden olacak şekilde yapılmasının gerekliliği belirtilmiştir. Aksakal ve Öztaş (2010) yoğun tarla trafiği kaynaklı toprak sıkışmasının; suyun infiltrasyonunu, bitki kök gelişimini ve ürün verimini azaltırken, toprak hacim ağırlığı ve toprağa giriş direncini artırdığını belirtmişlerdir. Bouaziz ve Bruckler (1989) toprağın parçalanma oranına etkili faktörleri; toprak tipi, işleme zamanındaki nem içeriği, toprak işleme aletinin tipi ve özellikleri ve tarla trafiği olarak belirtmişlerdir. Tarladaki araç trafiğinin neden olduğu sıkışma; toprakta gözenek dağılımını, havalanmayı, mekanik direnci ve bitkinin gelişimini olumsuz yönde etkilemiştir (Zhang ve ark., 2006). Önal (2012) toprak sıkışmasının önlenmesi için geleneksel toprak işleme yerine koruyucu toprak işleme sistemlerinin kullanılarak tarladaki araç trafiğinin azaltılması gerektiğini bildirmiştir.

4.5.Toprağın Kesilme Direnci Değerleri

Uygulamalara bağlı olarak toprak kesilme direnci değerlerinin değişimi Şekil 4.3'de verilmiştir.



Şekil 4.3. Uygulamalara bağlı olarak toprak kesilme direnci değerlerinin değişimi

İşleyici organa bağlı olarak toprağın kesilme gerilmesi değerleri 2012-2013 ve 2013-2014 yılları için sırasıyla 0.446-2.238 ve 0.34-2.01 Ncm^{-2} arasında değişim göstermiştir. Toprağın kesme gerilmesindeki en büyük değişim 2012-2013 ve 2013-2014 yılları için sırasıyla % 80 ve % 83.3'lük azalma ile düşey milli rotatiller uygulamasında elde edilmiştir.

Toprak işleme uygulamalarının toprağın kesilme direnci değerleri üzerindeki etkisi önemli bulunmuştur ($P < 0.01$). LSD testi sonuçları Çizelge 4.7' de verilmiştir.

Çizelge 4.7. Toprak kesilme direncinin deneme yılları ve yıllar ortalama değerleri üzerinde yapılan çoklu karşılaştırma LSD testi sonuçları

Uygulamalar	Toprak Kesilme Direnci Değerleri (N cm^{-2})		
	2012-2013 yılı	2013-2014 yılı	Yıllar Ortalaması
Geleneksel	0.58 a	0.43 a	0.51 ab[1]
K. Çizel	0.61 a	0.45 a	0.53 ab
D.Milli Rotatiller	0.44 b	0.33 a	0.39 b
Y.Milli Rotatiller	0.70 c	0.54 a	0.62 a
D.Ekim	2.22 d	2.01 b	2.12 c
LSD (0,05)	0.07	0.29	0.15

1 Her sütun için aynı harfi taşıyan ortalamalar arasındaki fark istatistiki olarak önemsizdir.

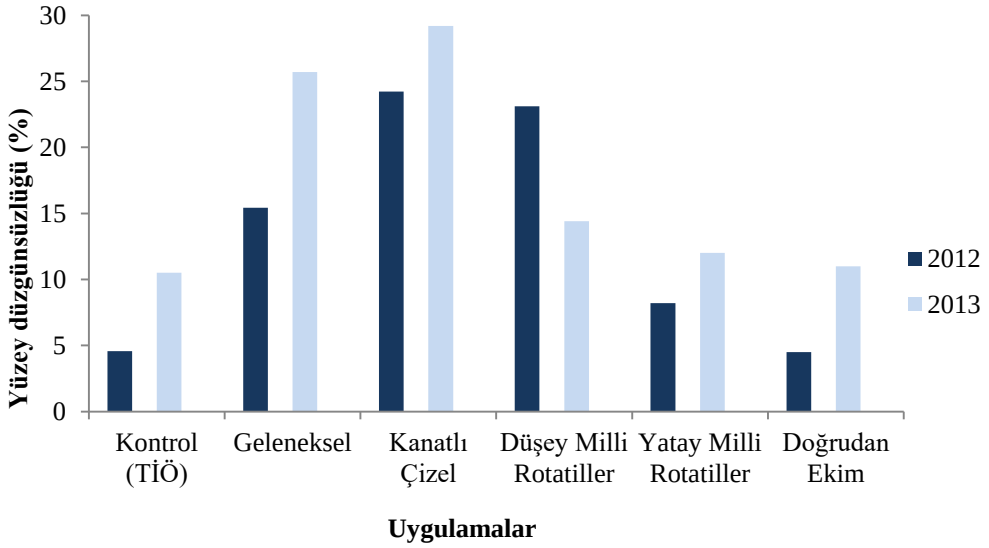
Toprak kesilme direnci yıllar ortalama değerleri açısından yapılan çoklu karşılaştırma (LSD) testine göre; yatay milli rotatiller uygulaması 1. grupta, düşey milli rotatiller uygulaması 2. grupta, geleneksel uygulama ve kanatlı çizel uygulaması 1. ve 2. grupta, doğrudan ekim uygulaması 3. grupta yer almıştır (P< %5). En yüksek toprak kesilme direnci değeri 2.12 Ncm^{-2} ile doğrudan ekim uygulamasında gerçekleşmiş, en düşük toprak kesilme direnci değeri ise 0.39 MPa değeri ile düşey milli rototiller + ekim makinası uygulamasında elde edilmiştir.

Çetin ve ark. (2005) ikinci ürün yetiştiriciliğinde farklı toprak işleme sistemlerinin karşılaştırılması amacıyla üç farklı toprak işleme sistemi (S1: Kulaklı pulluk (20 cm) + Diskli tırmık(10 cm); S2 : Çizel (20 cm)+ Diskli tırmık (10 cm); S3: Rototiller (10 cm)) üzerinde yaptıkları araştırmada; toprak işleme öncesi kesilme direnci değerlerini 0-10 ve 10-20 cm'de sırasıyla 49.04 ve 99.93 kPa, toprak işleme sonrası ise yine aynı sırayla 4.00-12.07 kPa ve 23.6-47.87 kPa değerleri arasında bulmuşlardır, uygulamalar sonrası en düşük kesilme direnci değerini 0-10 cm derinlikte S3 sisteminde 4 kPa, 10-20 cm derinlikte S1 sisteminde 23.6 kPa elde etmişlerdir. S3 sistemi 0-10 cm derinlikte toprak işleme öncesine göre kesilme direncini % 91.84 azaltırken S2 sistemi % 75.39 oranında azaltmış, bu oranlar 10-20 cm derinlikte S1 uygulamasında % 76.38 ve S3 uygulamasında % 52.10 olarak tespit edilmiştir. Çıtıl ve Hacıseferoğulları (2010) şeker pancarı üretiminde 5 farklı tohum yatağı hazırlama uygulamasını (U1: Pulluk + (kültivatör+ döner tırmık) + sıraya ekim makinesi+ merdane ; U2: Pulluk + kombikürüm (dişli tırmık + döner tırmık) + merdane; U3: Pulluk + (kültivatör + döner tırmık) + merdane; U4: Pulluk + rototiller + merdane; U5: Pulluk + kültivatör+merdane) karşılaştırdıkları çalışmada; uygulamalar arasında toprak kesilme direnci değerleri en yüksekten düşüğe doğru U5, U1, U2, U3, U4 şeklinde sıralanmış ve 3.07; 2.65; 2.01;1.11 ve 0.47 N/cm^2 değerleri elde edilmiştir. Kesilme direnci değerleri incelendiğinde tüm kombinasyonlarda kullanılan ikinci sınıf toprak işleme aletlerinin toprağı yeterince parçaladığı ve bu yönden kesilme direnci değerlerinin düşük çıktığı sonucuna ulaşılmıştır. Juchnevičienė ve ark. (2012) uzun dönemde azalmış toprak işleme ve doğrudan ekimin kışlık buğday ürününe etkisi üzerine yaptıkları araştırmada sırasıyla; pullukla 23-25 cm derinlikte geleneksel toprak işleme; 12-15 cm derinlikte sığ pulluk ile sürme; 23-25 cm derinliğinde ok tipi ploughshare ile derin gevşetme; 12-15 cm derinlikte sığ gevşetme; ve doğrudan ekim uygulaması olmak üzere 5 farklı uygulama ile İlkbaharda yağlık kolza; kışlık buğday; mısır ve ilkbaharda arpa olmak üzere 4 farklı münavebe yapmışlardır. İki yıllık deneme sonuçlarına göre kışlık buğday hasatından sonra 0-7 cm' de kesilme direnci

değerleri uygulama sırasına göre 2008 yılında 67.6; 62.1; 62.2; 67.5 ve 72 kPa; 2009 yılında ise 55.8; 59.7; 73.1; 73.3 ve 78 kPa; 7-15 cm toprak tabakasında ise kesilme direnci değerleri yine uygulama sırasına göre 2008 yılında 78.6; 74.3; 78.3; 82.6 ve 84.8 kPa; 2009 yılında ise; 68.8; 75.8; 85.1; 88.8 ve 92.8 kPa bulunmuştur. Araştırma sonuçları, uzun vadeli doğrudan ekimin üst toprak katmanlarında toprağın kesilme direncini artırdığını göstermektedir. 0-7 cm toprak katmanında toprak kesilme direnci ve kışlık buğday hasadı sonrası 7-15 cm toprak katmanında geleneksel uygulama ile karşılaştırıldığında ($P < 0.05$) önem seviyesinde daha yüksek bulunmuştur. Sığ ve derin gevşetme uygulamaları arasında önemli fark bulunmamıştır. Çarman ve ark. (2012) iki yatay ve bir düşey milli toprak frezesi ile yaptıkları çalışmada; kesme gerilmesi değerlerini toprak işleme öncesi 1.984 N cm^{-2}, yatay milli parmaklı tip uygulama sonrası 1.1 N cm^{-2}, düşey milli uygulama sonrası 0.96 N cm^{-2}, yatay milli L tipi uygulama sonrası 0.669 N cm^{-2} bulunmuştur.

4.6. Tarla Yüzey Profil Düzgünsüzlüğü Değerleri

Uygulamalara bağlı olarak tarla yüzey profil düzgünsüzlüğü değerlerinin değişimi Şekil 4.4'de verilmiştir.



Şekil 4.4. Uygulamalara bağlı olarak tarla yüzey profil düzgünsüzlüğü değerlerinin değişimi

İşleyici organa bağlı olarak tarla yüzey profil düzgünsüzlüğü değerleri 2012-2013 ve 2013-2014 yılları için sırasıyla % 4.56-24.23 ve % 10.5- 29.16 arasında değişim göstermiştir. Tarla yüzey profil düzgünsüzlüğündeki en büyük değer her iki yıl içinde sırasıyla % 24.23 ve % 29.16 ile kanatlı çizel işleyici organa sahip makinede elde edilirken, en düşük değer yine her iki yıl içinde sırasıyla % 4.56 ve % 11.02 ile doğrudan

ekim makinesine ait işleyici organdan elde edilmiştir. Kanatlı çizel uygulamasında hem 2012-2013, hem de 2013-2014 yıllarında toprak işleme öncesine göre sırasıyla % 426 ve % 178 daha fazla tarla yüzey pürüzlülüğü tespit edilmiştir.

Toprak işleme uygulamalarının tarla yüzey profil düzgünsüzlüğü değerleri üzerindeki etkisi önemli bulunmuştur ($P < 0.01$). LSD testi sonuçları Çizelge 4.8' de verilmiştir.

Çizelge 4.8. Tarla yüzey profil düzgünsüzlüğünün deneme yılları ve yıllar ortalama değerleri üzerinde yapılan çoklu karşılaştırma LSD testi sonuçları

Uygulamalar	**Tarla Yüzey Profil Düzgünsüzlüğü Değerleri (%)**		
	2012-2013 yılı	**2013-2014 yılı**	**Yıllar Ortalaması**
Geleneksel	15.43 a	25.70 a	20.57 a[1]
K. Çizel	24.23 b	29.15 b	26.69 b
D.Milli Rotatiller	23.12 c	14.40 c	18.76 c
Y.Milli Rotatiller	8.21 d	12.01 cd	10.11 d
D.Ekim	4.50 e	11.01 d	7.76 e
LSD (0,05)	0.326	2.69	1.31

1 Her sütun için aynı harfi taşıyan ortalamalar arasındaki fark istatistiki olarak önemsizdir

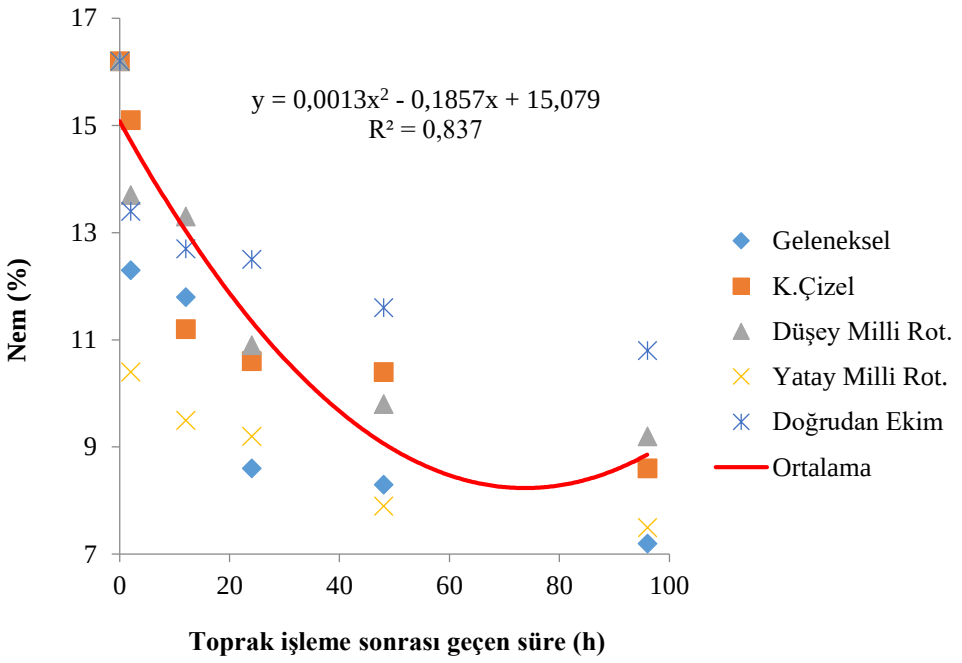
Tarla yüzey profil düzgünsüzlüğü açısından yapılan çoklu karşılaştırma (LSD) testine göre; bütün uygulamalar farklı grupta yer almıştır ($P< \%5$). En yüksek tarla yüzey profil düzgünsüzlüğü değeri % 26.69 ile kanatlı çizel uygulamasında gerçekleşmiş, en düşük tarla yüzey profil düzgünsüzlüğü ise %7.76 ile doğrudan ekim uygulamasında elde edilmiştir.

Çıtıl ve Hacıseferoğulları (2010) şeker pancarı üretiminde 5 farklı tohum yatağı hazırlama uygulamasını (U1: Pulluk + (kültivatör+ döner tırmık) + sıraya ekim makinesi+ merdane ; U2: Pulluk + kombikürüm (dişli tırmık + döner tırmık) + merdane; U3: Pulluk + (kültivatör + döner tırmık) + merdane; U4: Pulluk + rototiller + merdane; U5: Pulluk + kültivatör+merdane) karşılaştırdıkları çalışmada; yüzey düzgünsüzlüğü değerleri % 9.15 ile % 14.39 arasında değiştiğini tespit etmişlerdir, benzer şekilde Doğan ve Çarman (1997) ile Hacıseferoğulları ve ark. (1999), yaptıkları çalışmalarda yüzey profil düzgünsüzlüğü değerlerini % 23.08-40.81 ile % 7.43-10.78 arasında bulmuşlardır. Boydaş (2007) farklı toprak işleme aletlerinin toprak yüzey düzgünsüzlüğü üzerine etkilerini değerlendirdiği çalışmada; birincil toprak işleme aleti olarak kültürform kulaklı pulluk (KP), ızgara kulaklı pulluk (IP), diskli pulluk (DP), çizel pulluk (ÇP) ve bu aletlerin arkasına döner tırmık bağlamak suretiyle (KPT, IPT, DPT ve ÇPT) kullanılmıştır. Sürüm yönüne paralel yüzey düzgünsüzlük değerlerinin sıralaması; KP>IP>DP=ÇP>KPT=IPT=DPT=ÇPT şeklinde bulunmuş ve aynı sırayla; 24.1, 17.7, 14.9, 13.5, 5.0, 4.0, 4.1 ve 4.3 değerleri elde edilmiştir. Marakoğlu ve Çarman (2008)

yürüttükleri iki yıllık çalışmada; geleneksel, azaltılmış ve doğrudan ekim uygulamalarına ait toprak yüzey düzgünsüzlüğü değerlerini sırasıyla; birinci yılda % 25.31; % 19.28; %16.59, ikinci yılda % 19.91; % 11.93; % 7.91 olarak bulmuşlardır.

4.7.Toprak Nem Değerlerindeki Değişim

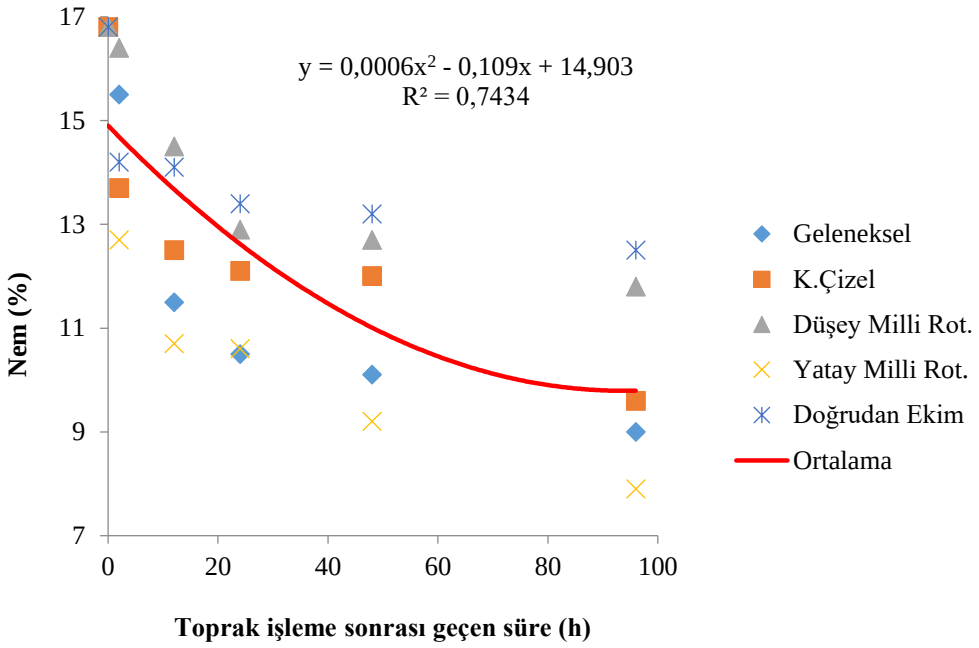
Uygulamalara bağlı olarak 2012-2013 yılı toprak işleme sonrası 0-15 cm toprak derinliğinde % nem değişimi Şekil 4.5'te verilmiştir.



Şekil 4.5. Uygulamalara bağlı olarak 2012-2013 yılı toprak işleme sonrası 0-15 cm nem değişimi

Uygulamalara bağlı olarak toprağın işleme sonrası 0-15 cm' de 96. saatte ortalama nem değerleri 2012-2013 yılı için % 7.2 ile % 10.8 arasında değişmiştir. Farklı toprak işleme uygulamalarının toprak nem değerlerinde 0-15 cm' de 96. saat sonunda meydana getirdiği değişimleri 2012-2013 yılı için incelediğimizde; geleneksel uygulamada % 55.5; kanatlı çizel uygulamasında % 46.9; düşey milli rototiller uygulamasında % 43.2; yatay milli rototiller uygulamasında % 53.7 ve doğrudan ekim uygulamasında ise % 33.3 azalma meydana geldiği tespit edilmiştir.

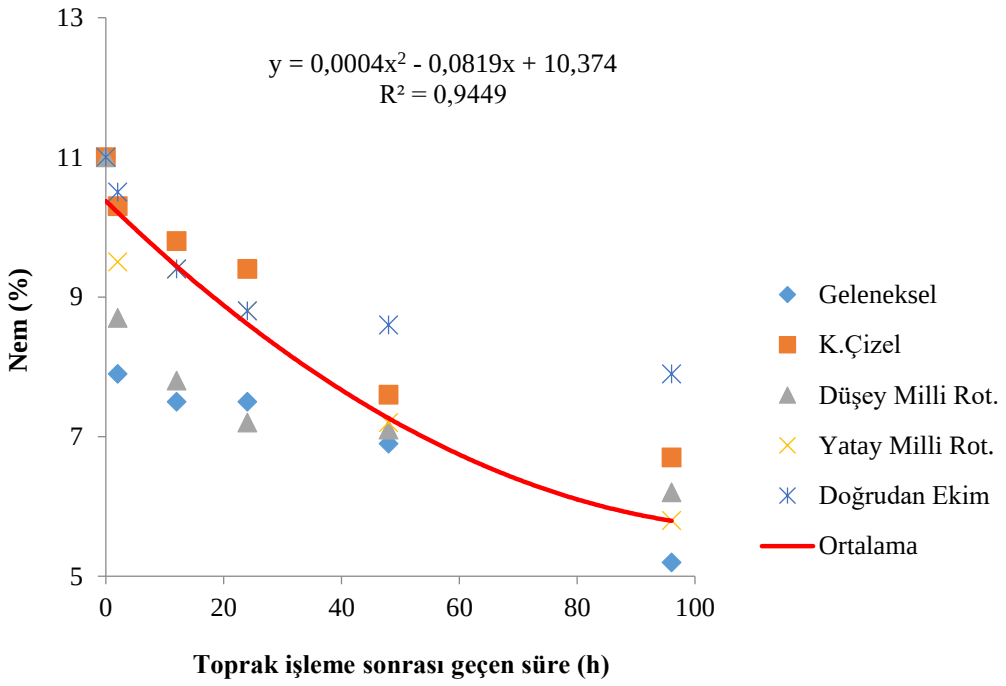
Uygulamalara bağlı olarak 2012-2013 yılı toprak işleme sonrası 15-30 cm toprak derinliğinde % nem değişimi Şekil 4.6'da verilmiştir.



Şekil 4.6. Uygulamalara bağlı olarak 2012-2013 yılı toprak işleme sonrası 15-30 cm nem değişimi

Uygulamalara bağlı olarak toprağın işleme sonrası 15-30 cm'de 96. saatte ortalama nem değerleri 2012-2013 yılı için % 7.9 ile % 12.5 arasında değişmiştir. Farklı toprak işleme uygulamalarının toprak nem değerlerinde 15-30 cm'de 96.saat sonunda meydana getirdiği değişimleri 2012-2013 yılı için incelediğimizde; geleneksel uygulamada % 46.4; kanatlı çizel uygulamasında % 42.8; düşey milli rototiller uygulamasında % 29.7; yatay milli rototiller uygulamasında % 52.9 ve doğrudan ekim uygulamasında ise % 25.6 azalma meydana geldiği tespit edilmiştir.

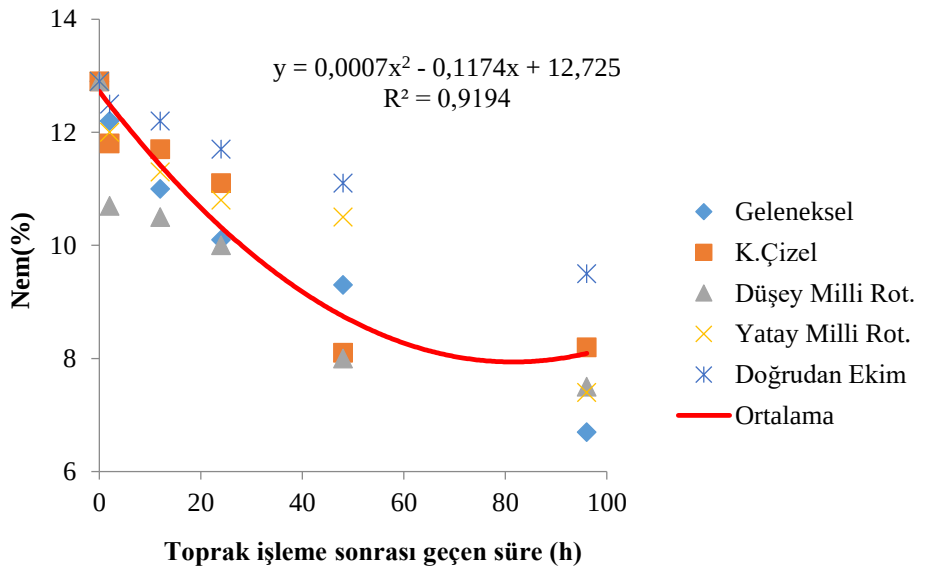
Uygulamalara bağlı olarak 2013-2014 yılı toprak işleme sonrası 0-15 cm toprak derinliğinde % nem değişimi Şekil 4.7 'de verilmiştir.



Şekil 4.7. Uygulamalara bağlı olarak 2013-2014 yılı toprak işleme sonrası 0-15 cm nem değişimi

Uygulamalara bağlı olarak toprağın işleme sonrası 0-15 cm' de 96. saatte ortalama nem değerleri 2013-2014 yılı için % 5.2 ile % 7.9 arasında değişmiştir. Farklı toprak işleme uygulamalarının toprak nem değerlerinde 0-15 cm'de 96. saat sonunda meydana getirdiği değişimleri 2013-2014 yılı için incelediğimizde; geleneksel uygulamada % 52.7; kanatlı çizel uygulamasında % 39.1; düşey milli rototiller uygulamasında % 43.6; yatay milli rototiller uygulamasında % 47.3 ve doğrudan ekim uygulamasında ise % 28.2 azalma meydana geldiği tespit edilmiştir.

Uygulamalara bağlı olarak 2013-2014 yılı toprak işleme sonrası 15-30 cm toprak derinliğinde % nem değişimi Şekil 4.8' de verilmiştir.



Şekil 4.8. Uygulamalara bağlı olarak 2013-2014 yılı toprak işleme sonrası 15-30 cm nem değişimi

Uygulamalara bağlı olarak toprağın işleme sonrası 15-30 cm'de 96. saatte ortalama nem değerleri 2013-2014 yılı için % 6.7 ile % 9.5 arasında değişmiştir. Farklı toprak işleme uygulamalarının toprak nem değerlerinde 15-30 cm'de 96. saat sonunda meydana getirdiği değişimleri 2013-2014 yılı için incelediğimizde; geleneksel uygulamada % 48; kanatlı çizel uygulamasında % 36.4; düşey milli rototiller uygulamasında % 41.8; yatay milli rototiller uygulamasında % 42.6 ve doğrudan ekim uygulamasında ise % 26.3 azalma meydana geldiği tespit edilmiştir.

2012-2013 yılı için toprak işleme sonrası; toprak nem değerlerindeki en büyük değişim 0-15 cm' de % 55.5 ile geleneksel uygulamada; 0-30 cm'de % 52.9 ile yatay milli rotatiller uygulamasında, hem 0-15 cm' de hem de 0-30 cm'de en küçük değişim ise % 33.3 ve % 25.5' lik azalma ile doğrudan ekim uygulamasında, 2013-2014 yılı için ise toprak işleme sonrası; hem 0-15 cm' de hem de 0-30 cm'de toprak nem değerlerindeki en büyük değişim sırasıyla % 52.7 ve % 48'lik azalma ile geleneksel uygulamada, en küçük değişim ise % 28.2 ve % 26.3' lük azalma ile doğrudan ekimde bulunmuştur.

Toprak işleme sonrası 96. saatte doğrudan ekim uygulamasında, diğer uygulamalara göre nem muhafazası 2012- 2013 ve 2013-2014 yılları için sırasıyla yaklaşık olarak % 77 ila % 74 ve % 72 ila % 74 daha fazla saptanmıştır.

Doğrudan ekim uygulamasının, toprak işleme (ekim) sonrası her iki yılda da % 88.89 ve % 88.78 ile en yüksek anız kaplanma oranına sahip olması toprak nemini daha iyi muhafaza ettiğini göstermiştir.

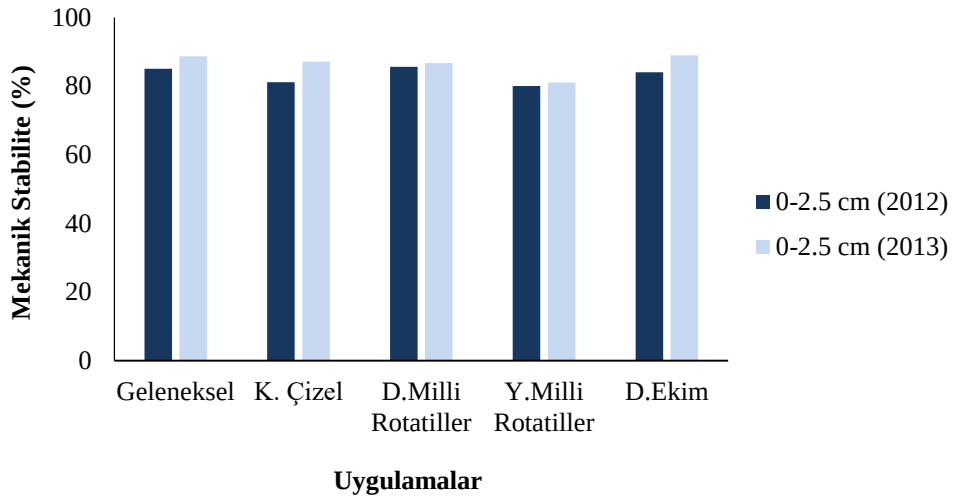
Upadhyaya ve ark. (2015) buğday tarımında farklı toprak işleme uygulamalarının alansal ve zamansal nem değişimine etkilerini belirlemek amacıyla 4 farklı toprak işleme ve tohum yatağı hazırlığı ile 4 kez sulama yaparak nem kaybını takip etmişlerdir. Uygulamalarını; geleneksel toprak işleme (CT), sıfır toprak işleme (ZT), tarla yüzeyini kabartarak işleme (RB)(B) ve tarla yüzeyini kabartıp karık oluşturma (RB)(F) şeklinde oluşturmuşlar ve 0-15, 15-30, 30-45 ve 45-60 cm derinliklerden nem kaybını ölçmüşlerdir. 1. ve 2. sulama arasında en fazla nem kaybı % 29 ile (CT) uygulamasında gerçekleşmiş, %26 ile RB(B), % 25 ile ZT ve % 24 ile RB(F) takip etmiş; 2. ve 3. sulama arasında en fazla nem kaybı yine % 51 ile (CT) uygulamasında gerçekleşmiş, % 41 ile RB(B), % 38 ile ZT ve % 29 ile RB(F) izlemiş, 3. ve 4. sulama arasında en fazla nem kaybı yine % 73 ile (CT) uygulamasında gerçekleşmiş, % 66 ile RB(B), % 60 ile ZT ve % 44 ile RB(F) takip etmiştir. Bulut ve Altuntaş (2015) Sivas koşullarında buğday tarımında farklı toprak işleme yöntemlerinin (GT: kulaklı pulluk+diskli tırmık+ekim; KT1: çizel+diskli tırmık+ekim, KT2: rotovatör+ekim; ve AE: anıza doğrudan ekim) bazı toprak fiziksel özellikleri ile buğday bitkisinin verim parametreleri üzerine etkilerini değerlendirmişlerdir. Toprak nem içeriği değerleri %' si TİÖ (toprak işleme öncesi) ve ES (ekim sonrası) için sırasıyla 0-15 cm'de; AE uygulamasında 9.76-20.89; KT1 uygulamasında 9.91-18.39; KT2 uygulamasında 8.68-18.41; GT uygulamasında 17.35-20.94; 15-30 cm'de; AE uygulamasında 14.68 -20.92; KT1 uygulamasında 17.83- 18.87; KT2 uygulamasında 11.63-17.88 ve GT uygulamasında 22-21.08 bulunmuştur. Toprağın 0-15 cm ve 15-30 cm derinliklerinde ölçülen toprak nem içeriği değeri anıza doğrudan ekim yönteminde (AE), diğer korumalı işleme yöntemlerine göre daha yüksek bulunmuştur. Gözübüyük ve ark. (2012) Erzurum yöresinde yağışa dayalı tarım koşullarında fiğ, buğday ve nadas ekim münavebesinde geleneksel toprak işleme-ekim sistemine alternatif olabilecek farklı toprak işleme - ekim sistemlerini, toprak nem muhafazası yönünden karşılaştırmışlar; 0-90 cm toprak katmanındaki ortalama nem birikimi açısından; S4 (doğrudan ekim uygulamasında) % 12.88 ile en yüksek nem değerini, S3 (dik rotovatör+ ekim makinası) uygulamasında %12.68, S2 (kültivatör+kombikrüm+ekim makinası) uygulamasında %12.24 ve geleneksel toprak işleme (kulaklı pulluk+kültivatör+kombikrüm+ ekim makinası) uygulamasında % 11.04 ile en düşük nem değerini bulmuşlardır, toprak işleme derinliği arttıkça nemin azaldığı görülmüştür.

4.8. Toprak Mekanik Stabilite ve Stabilite İndeksi Değerleri

Toprakların rüzgar erozyonuna karşı dayanıklılığını gösteren mekanik stabilite yüzdesi, kuru eleme ile ikinci elemede bulunan 0.84 mm'den büyük kuru agregat yüzdesinin, birinci elemede bulunan 0.84 mm'den büyük kuru agregat yüzdesine oranlanmasıyla bulunmuştur(Chepil, 1950b).

Toprakların aşınmaya karşı dayanıklılık özelliğini gösteren stabilite indeksi kuru eleme ile elde edilmiş 0.84 mm'den büyük aşınamayan kuru agregat yüzdesinin 0.84 mm'den küçük aşınabilir kuru agregat yüzdesine oranlanmasıyla bulunmuştur (Chepil, 1957).

Uygulamalara bağlı olarak 0-2,5 cm'de 2012-2013 ve 2013-2014 yıllarına ait toprak mekanik stabilite değerlerinin değişimi Şekil 4.9'da verilmiştir.



Şekil 4.9. Uygulamalara bağlı olarak 2012-2013 ve 2013-2014 yılları için 0-2,5 cm'de toprak mekanik stabilite değerlerinin değişimi

İşleyici organa bağlı olarak 0-2.5 cm'de toprak mekanik stabilite değerleri 2012-2013 yılı için; % 80.01 ile % 85.63 arasında, 2013-2014 yılı için ise; % 81.05 ile % 89 arasında değişim göstermiştir. 0-2.5 cm de toprak mekanik stabilite değerleri her iki yıl için de yatay milli rototiller uygulamasında en düşük değeri alırken, yıllara göre düşey milli rototiller ve doğrudan ekim uygulamasında en yüksek değer bulunmuştur.

Farklı toprak işleme uygulamalarının 0-2.5 cm'de toprak mekanik stabilite değerleri üzerindeki etkisi önemli bulunmuştur ($P < 0.01$). LSD testi sonuçları Çizelge 4.9' da verilmiştir.

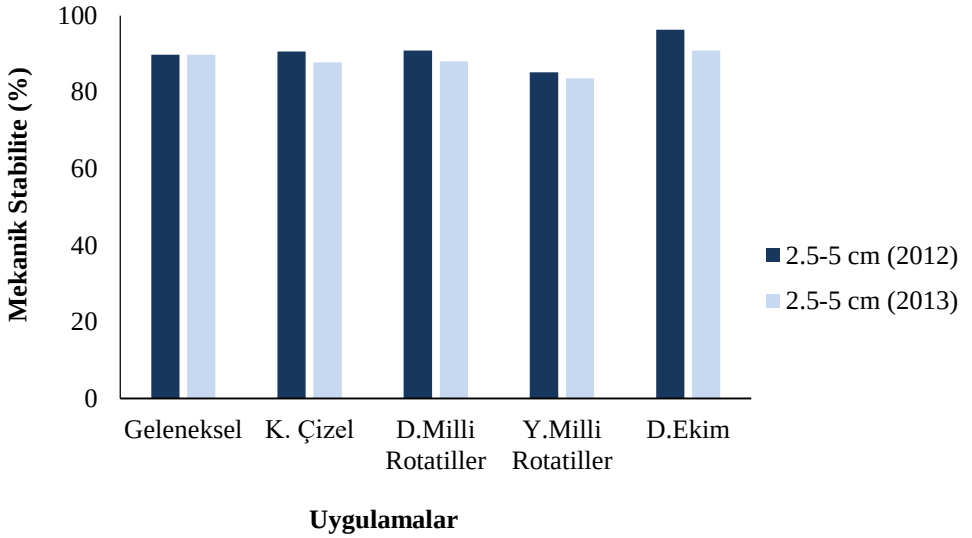
Çizelge 4.9. 0-2.5 cm'de toprak mekanik stabilite değerlerinin deneme yılları ve yıllar ortalama değerleri üzerinde yapılan çoklu karşılaştırma LSD testi sonuçları

Uygulamalar	0-2.5 cm'de Toprak Mekanik Stabilite Değerleri		
	2012-2013 yılı	2013-2014 yılı	Yıllar Ortalaması
Geleneksel	85.03 a	88.66 a	86.85 a[1]
K. Çizel	81.14 bc	87.15 a	84.15 b
D.Milli Rotatiller	85.63 a	86.74 a	86.19 ab
Y.Milli Rotatiller	80.01 c	81.05 b	80.53 c
D.Ekim	84.07 ab	89.00 a	86.53 a
LSD (0,05)	3.76	4.12	2.33

1 Her sütun için aynı harfi taşıyan ortalamalar arasındaki fark istatistiki olarak önemsizdir.

0-2.5 cm'de mekanik stabilite değerleri açısından yapılan çoklu karşılaştırma (LSD) testine göre; 2012-2013 yılında; geleneksel uygulama ve düşey milli rototiller uygulaması 1. grupta, kanatlı çizel uygulaması 2. ve 3. grupta, yatay milli rototiller uygulaması 3. grupta, doğrudan ekim uygulaması 1. ve 2. grupta yer almış, en yüksek mekanik stabilite değeri % 85.63 ile düşey milli rototiller uygulamasında gerçekleşmiş, en düşük mekanik stabilite değeri ise % 80.01 ile yatay milli rototiller uygulamasında bulunmuştur. 2013-2014 yılında ise; geleneksel; kanatlı çizel, düşey milli rototiller ve doğrudan ekim uygulamaları 1.grupta, yatay milli rototiller uygulaması 2. grupta yer almış, en yüksek mekanik stabilite değeri % 89.00 ile doğrudan ekim uygulamasında gerçekleşmiş, en düşük mekanik stabilite değeri ise % 81.05 ile yatay milli rototiller uygulamasında; yıllar ortalamasına göre ise; geleneksel uygulama ve doğrudan ekim uygulaması 1. grupta, kanatlı çizel uygulaması 2. grupta, düşey milli rotatiller uygulaması 1. ve 2. grupta, yatay milli rotatiller uygulaması ise 3. grupta yer almış, en düşük mekanik stabilite değeri % 80.53 ile yatay milli rotatiller uygulamasında, en büyük mekanik stabilite değeri ise % 86.85 ile geleneksel uygulamada elde edilmiştir. 2012-2013; 2013-2014 ve yıllar ortalamasına göre en küçük ve en büyük mekanik stabilite arasındaki fark, sırasıyla % 6.56; % 8.93 ve % 7.27 bulunmuştur.

Uygulamalara bağlı olarak 2.5-5 cm'de 2012-2013 ve 2013-2014 yıllarına ait toprak mekanik stabilite değerlerinin değişimi Şekil 4.10'da verilmiştir.



Şekil 4.10. Uygulamalara bağlı olarak 2012-2013 ve 2013-2014 yılları için 2.5-5 cm'de toprak mekanik stabilite değerlerinin değişimi

İşleyici organa bağlı olarak 2.5-5 cm'de toprak mekanik stabilite değerleri 2012-2013 yılı için; % 85.19 ile % 96.27 arasında, 2013-2014 yılı için ise; % 83.57 ile % 90,9 arasında değişim göstermiştir. 2.5-5 cm de toprak mekanik stabilite değerleri her iki yıl için de yatay milli rototiller uygulamasında en düşük değeri alırken, doğrudan ekim uygulamasında en yüksek değer bulunmuştur.

Toprak işleme uygulamalarının 2.5-5 cm'de toprak mekanik stabilite değerleri üzerindeki etkisi önemli bulunmuştur ($P < 0.01$). LSD testi sonuçları Çizelge 4.10' da verilmiştir.

Çizelge 4.10. 2,5-5 cm'de toprak mekanik stabilite değerlerinin deneme yılları ve yıllar ortalama değerleri üzerinde yapılan çoklu karşılaştırma LSD testi sonuçları

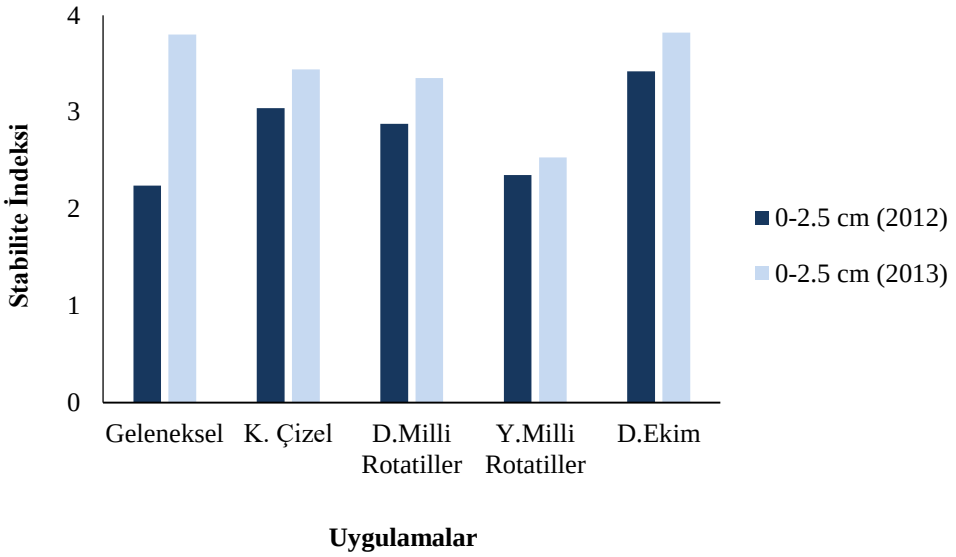
Uygulamalar	**2.5-5 cm'de Toprak Mekanik Stabilite Değerleri (%)**		
	2012-2013 yılı	**2013-2014 yılı**	**Yıllar Ortalaması**
Geleneksel	89.78 a	89.81 a	89.80 a[1]
K. Çizel	90.66 a	87.79 a	89.22 a
D.Milli Rotatiller	90.88 a	88.01 a	89.44 a
Y.Milli Rotatiller	85.18 b	83.57 b	84.38 b
D.Ekim	96.27 c	90.90 a	93.59 c
LSD (0,05)	3.68	3.22	2.35

1 Her sütun için aynı harfi taşıyan ortalamalar arasındaki fark istatistiki olarak önemsizdir.

2.5-5 cm' de mekanik stabilite değerleri açısından yapılan çoklu karşılaştırma (LSD) testine göre; 2012-2013 yılında; geleneksel, kanatlı çizel, düşey milli rotatiller uygulaması 1. grupta, yatay milli rototiller uygulaması 2. grupta, doğrudan ekim

uygulaması ise 3. grupta yer almış, en yüksek mekanik stabilite değeri % 96.27 ile doğrudan ekim uygulamasında gerçekleşmiş, en düşük mekanik stabilite değeri ise % 85.18 ile yatay milli rototiller uygulamasında bulunmuştur. 2013-2014 yılında ise; geleneksel, kanatlı çizel, düşey milli rototiller ve doğrudan ekim uygulamaları aynı grupta, sadece yatay milli rototiller uygulaması farklı grupta yer almış, en yüksek mekanik stabilite değeri % 90.90 ile doğrudan ekim uygulamasında gerçekleşmiş, en düşük mekanik stabilite değeri ise % 83.57 ile yatay milli rotatiller uygulamasında bulunmuştur. Yıllar ortalamasına göre ise; geleneksel, kanatlı çizel, düşey milli rotatiller uygulamaları 1. grupta, yatay milli rotatiller uygulaması 2. grupta ve doğrudan ekim uygulaması ise 3. grupta yer almış, en düşük mekanik stabilite değeri % 84.38 ile yatay milli rotatiller uygulamasında, en büyük mekanik stabilite değeri ise % 93.59 ile doğrudan ekim uygulamasında elde edilmiştir. 2012-2013; 2013-2014 ve yıllar ortalamasına göre en büyük ve en küçük mekanik stabilite değerleri arasında sırasıyla % 11.51; % 8.06 ve % 9.84 azalış meydana gelmiştir.

Uygulamalara bağlı olarak 0-2.5 cm'de 2012-2013 ve 2013-2014 yıllarına ait toprak stabilite indeksi değerlerinin değişimi Şekil 4.11'de verilmiştir.



Şekil 4.11. Uygulamalara bağlı olarak 2012-2013 ve 2013-2014 yılları için 0-2,5 cm'de toprak stabilite indeksi değerlerinin değişimi

İşleyici organa bağlı olarak 0-2.5 cm'de Toprak Stabilite İndeksi Değerleri 2012-2013 yılı için; 2.24 ile 3.42 arasında, 2013-2014 yılı için ise; 2.53 ile 3.82 arasında değişim göstermiştir. 0-2.5 cm de Toprak Stabilite İndeksi Değerleri 2012-2013 yılında Geleneksel uygulamada en düşük değeri almış ve bunu sırasıyla yatay milli rototiller,

düşey milli rototiller ve kanatlı çizel uygulaması takip etmiş, en yüksek değer ise doğrudan ekim uygulamasında elde edilmiştir. 2013- 2014 yılında ise en düşük değer yatay milli rototiller uygulamasında elde edilmiş, sıralama düşey milli rototiller, kanatlı çizel, geleneksel uygulama şeklinde devam etmiş ve yine doğrudan ekim uygulamasında en yüksek değer bulunmuştur.

Toprak işleme uygulamalarının 0-2.5 cm'de toprak stabilite indeksi değerleri üzerindeki etkisi önemli bulunmuştur ($P < 0.01$). LSD testi sonuçları Çizelge 4.11' de verilmiştir.

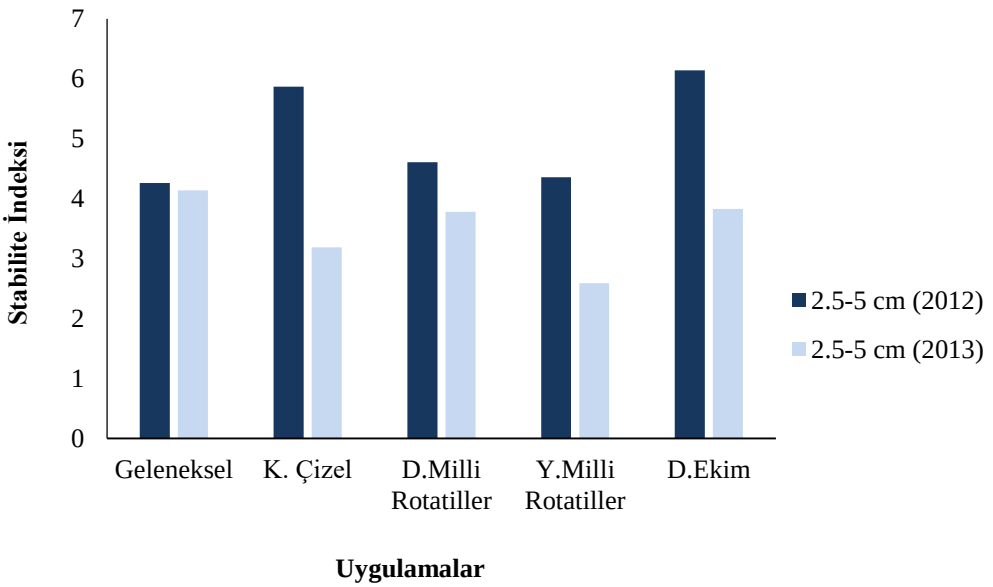
Çizelge 4.11. 0-2.5 cm'de toprak stabilite indeksi değerlerinin deneme yılları ve yıllar ortalama değerleri üzerinde yapılan çoklu karşılaştırma LSD testi sonuçları

Uygulamalar	**0-2,5 cm'de Toprak Stabilite İndeksi Değerleri**		
	2012-2013 yılı	**2013-2014 yılı**	**Yıllar Ortalaması**
Geleneksel	2.24 a	3.80 a	3.02 a[1]
K. Çizel	3.03 bc	3.44 a	3.24 a
D.Milli Rotatiller	2.88 c	3.35 a	3.12 a
Y.Milli Rotatiller	2.34 a	2.53 b	2.44 b
D.Ekim	3.42 b	3.82 a	3.62 c
LSD (0.05)	0.51	0..57	0.31

1 Her sütun için aynı harfi taşıyan ortalamalar arasındaki fark istatistiki olarak önemsizdir.

0-2,5 cm'de toprak stabilite indeksi değerleri açısından yapılan çoklu karşılaştırma (LSD) testine göre; 2012-2013 yılında; geleneksel uygulama ve yatay milli rototiller uygulaması 1. grupta, kanatlı çizel uygulaması 2. ve 3. grupta, düşey milli rototiller uygulaması 3. grupta, doğrudan ekim uygulaması 2. grupta yer almış, en yüksek toprak stabilite indeksi değeri 3.42 ile doğrudan ekim uygulamasında gerçekleşmiş, en düşük mekanik stabilite değeri ise 2.24 ile geleneksel uygulamada bulunmuştur. 2013-2014 yılında ise; geleneksel; kanatlı çizel düşey milli rototiller ve doğrudan ekim uygulamaları 1.grupta, yatay milli rototiller uygulaması 2. grupta yer almış, en yüksek toprak stabilite indeksi değeri 3.82 ile doğrudan ekim uygulamasında gerçekleşmiş, en düşük toprak stabilite indeksi değeri ise 2.53 ile yatay milli rototiller uygulamasında; yıllar ortalamasına göre ise; geleneksel, kanatlı çizel ve düşey milli rototiller uygulamaları 1. grupta, yatay milli rotatiller uygulaması ise 2.grupta ve doğrudan ekim uygulaması 3. grupta yer almış, en düşük toprak stabilite indeksi değeri 2.44 ile yatay milli rotatiller uygulamasında, en büyük toprak stabilite indeksi değeri ise 3.62 ile doğrudan ekim uygulamasında elde edilmiştir. 2012-2013; 2013-2014 ve yıllar ortalamasına göre en küçük ve en büyük toprak stabilite indeksi arasındaki fark, sırasıyla % 34.50; % 33.76 ve % 32.59 bulunmuştur.

Uygulamalara bağlı olarak 2.5-5 cm'de 2012-2013 ve 2013-2014 yıllarına ait toprak stabilite indeksi değerlerinin değişimi Şekil 4.12'de verilmiştir



Şekil 4.12. Uygulamalara bağlı olarak 2012-2013 ve 2013-2014 yılları için 2.5-5 cm'de toprak stabilite indeksi değerlerinin değişimi

İşleyici organa bağlı olarak 2.5-5 cm'de toprak stabilite indeksi değerleri 2012-2013 yılı için; 4.26 ile 6.14 arasında, 2013-2014 yılı için ise; 2.59 ile 4.14 arasında değişim göstermiştir. 2.5-5 cm de toprak stabilite indeksi değerleri 2012-2013 yılında Geleneksel uygulamada en düşük değeri almış ve bunu sırasıyla yatay milli rototiller, düşey milli rototiller ve kanatlı çizel uygulaması takip etmiş, en yüksek değer ise doğrudan ekim uygulamasında elde edilmiştir. 2013- 2014 yılında ise en düşük değer yatay milli rototiller uygulamasında elde edilmiş, sıralama; kanatlı çizel, düşey milli rototiller, doğrudan ekim şeklinde devam etmiş, geleneksel uygulamada en yüksek değer bulunmuştur.

Toprak işleme uygulamalarının 2.5-5 cm'de toprak stabilite indeksi değerleri üzerindeki etkisi önemli bulunmuştur ($P < 0.01$). LSD testi sonuçları Çizelge 4.12' de verilmiştir.

Çizelge 4.12. 2.5-5 cm'de toprak stabilite indeksi değerlerinin deneme yılları ve yıllar ortalama değerleri üzerinde yapılan çoklu karşılaştırma LSD testi sonuçları

Uygulamalar	**2.5-5 cm'de Toprak Stabilite İndeksi Değerleri**		
	2012-2013 yılı	**2013-2014 yılı**	**Yıllar Ortalaması**
Geleneksel	4.26 a	4.13 a	4.20 a[1]
K. Çizel	5.86 b	3.19 b	4.53 b
D.Milli Rotatiller	4.61 a	3.78 c	4.20 a
Y.Milli Rotatiller	4.36 a	2.59 d	3.48 c
D.Ekim	6.13 b	3.83 c	4.98 d
LSD (0,05)	0.41	0.25	0.29

1 Her sütun için aynı harfi taşıyan ortalamalar arasındaki fark istatistiki olarak önemsizdir.

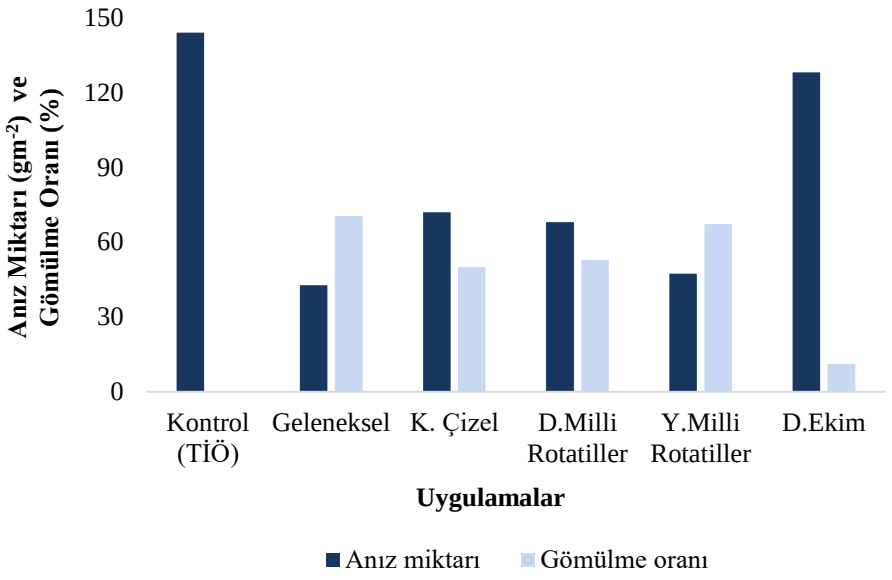
2.5-5 cm'de toprak stabilite indeksi değerleri açısından yapılan çoklu karşılaştırma (LSD) testine göre; 2012-2013 yılında; geleneksel, düşey milli rototiller ve yatay milli rototiller uygulamaları 1.grupta, kanatlı çizel ve doğrudan ekim uygulamaları 2. grupta yer almış, en yüksek toprak stabilite indeksi değeri 6.13 ile doğrudan ekim uygulamasında gerçekleşmiş, en düşük toprak stabilite indeksi değeri ise 4.26 ile geleneksel uygulamada bulunmuştur. 2013-2014 yılında ise; geleneksel uygulama 1. grupta, kanatlı çizel uygulaması 2. grupta, düşey milli rototiller ve doğrudan ekim uygulamaları 3. grupta, yatay milli rototiller uygulaması ise 4. grupta yer almış, en yüksek toprak stabilite indeksi değeri 4.13 ile geleneksel uygulamada gerçekleşmiş, en düşük toprak stabilite indeksi değeri ise 2.59 ile yatay milli rototiller uygulamasında bulunmuştur. Yıllar ortalamasına göre ise; geleneksel ve düşey milli rototiller uygulamaları 1. grupta, kanatlı çizel uygulaması 2. grupta, yatay milli rotatiller uygulaması 3. grupta ve doğrudan ekim uygulaması 4. grupta yer almış, en düşük toprak stabilite indeksi değeri 3.48 ile yatay milli rotatiller uygulamasında, en büyük toprak stabilite indeksi değeri ise 4.98 ile doğrudan ekim uygulamasında elde edilmiştir. 2012-2013; 2013-2014 ve yıllar ortalamasına göre en küçük ve en büyük toprak stabilite indeksi arasındaki fark, sırasıyla % 30.51; % 37.28 ve % 30.12 bulunmuştur.

Toprakların rüzgâr erozyonuna karşı dayanıklılığını gösteren mekanik stabilite, uygulamalara bağlı olarak 0-2.5 cm 'de 2012-2013 ve 2013-2014 yılları için sırasıyla % 80.01-85.63 ve % 81.05-89 arasında değişmiştir. Mekanik stabilitedeki en büyük değişim 2012-2013 yılı için % 7.02 ile düşey milli rototiller uygulamasında, 2013-2014 yılı için ise % 9.80 ile doğrudan ekim uygulamasında elde edilmiştir. Bütün uygulamalarda üst toprağın mekanik stabilite değerlerinin her iki yılda da % 50' nin üzerine çıkması bu toprakların erozyona karşı dayanıklı olduğunu göstermektedir (Demiryürek ve ark., 2007). Toprakların aşınabilirlik veya aşınmaya karşı dayanıklılık özelliği gösteren stabilite indeksi değerleri uygulamalara bağlı olarak 0-2.5 cm' de

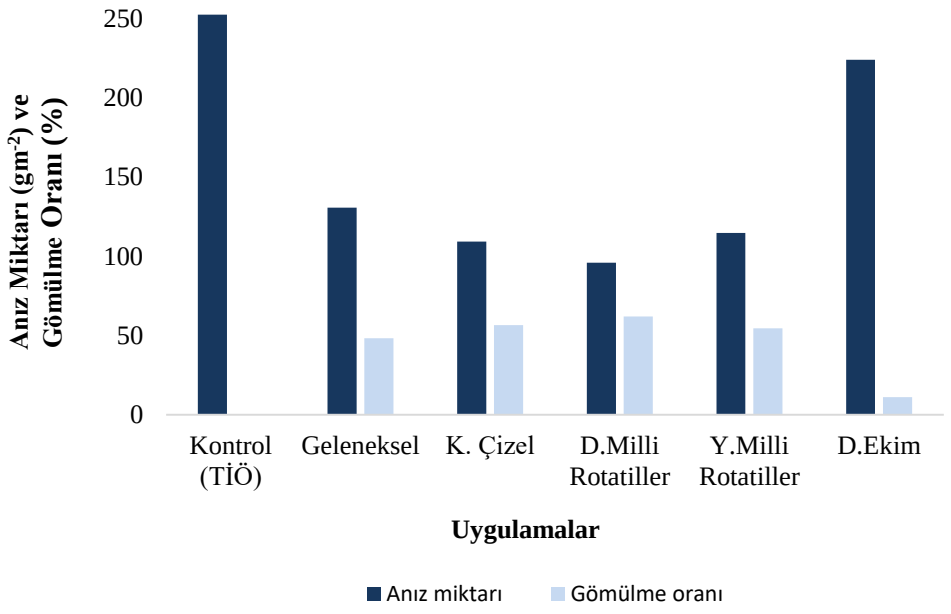
2012-2013 ve 2013-2014 yılları için sırasıyla % 2.24-3.42 ve % 2.53-3.82 arasında değişmiştir. Stabilite indeksindeki en büyük değişim 2012-2013 yılı için % 34.50 ile doğrudan ekim uygulamasında, 2013-2014 yılı için ise % 33.76 ile yine doğrudan ekim uygulamasında elde edilmiştir. Bütün uygulamalarda üst toprağın stabilite indeksi değerlerinin sınır değeri olan >1.5 üzerinde çıkması bu toprakların aşınmaya karşı dayanıklı olduğunu göstermektedir (Demiryürek ve ark., 2007). Gözübüyük ve ark. (2017) farklı toprak işleme ve ekim yöntemlerinin toprağın bazı fiziksel özellikleri üzerine etkisi konusunda yaptıkları çalışmada; geleneksel, iki farklı azaltılmış ve doğrudan ekim uygulamalarında stabilite indeksi değerlerini 2.04 ile 2.20 arasında; mekanik stabilite değerlerini ise % 96.9 ile % 98.6 aralığında bulmuşlardır, bu değerler toprağın rüzgar ile aşınmaya daha mukavim olduğunun bir göstergesi olarak kabul edilmiştir (Chepil, 1957).

4.9. Anız Miktarı ve Gömülme Oranları Değerleri

Uygulamalara bağlı olarak 2012-2013 ve 2013-2014 yıllarına ait anız miktarı ve gömülme oranı değerlerinin değişimi Şekil 4.13 ve Şekil 4.14'de verilmiştir.



Şekil 4.13. Uygulamalara bağlı olarak 2012-2013 yılı anız miktarı ve gömülme oranı değerlerinin değişimi



Şekil 4.14. Uygulamalara bağlı olarak 2013-2014 yılı anız miktarı ve gömülme oranı değerlerinin değişimi

Uygulamalara bağlı olarak toprak işleme sonrası anız miktarı 2012-2013 ve 2013-2014 yılları için sırasıyla 42.67-128 ve 96- 224 g m^{-2} ve anızın gömülme oranları ise; 2012-2013 ve 2013-2014 yılları için ise sırasıyla % 11.11-70.37 ve % 11.22-61.95 arasında değişmiştir. Toprak işleme sonrası en büyük anız miktarı değeri her iki yıl içinde sırasıyla 128 ve 224 g m^{-2} değerleriyle doğrudan ekim uygulamasında elde edilirken, en az anız miktarı değeri ise her iki yıl için sırasıyla 42.67 ve 96 g m^{-2} ile geleneksel uygulama ve düşey milli rotatiller uygulamasında bulunmuştur. 2012-2013 ve 2013-2014 yılları itibariyle sırasıyla en çok gömülme oranı % 70.37 ve % 61.95 değerleriyle geleneksel ve düşey milli rotatiller uygulamalarında, en az gömülme oranı ise % 11.11 ve % 11.22 değerleriyle doğrudan ekim uygulamasında bulunmuştur.

Unger (1984a) anız gömülme oranını kulaklı pulluk için % 90, çizel için % 25, Burkhardt ve ark. (1975) kulaklı pullukla 4.72 km h^{-1} çalışma hızında anız gömülme oranını % 86.45 bularak benzer sonuçlara ulaşmışlardır. Gürsoy ve Kolay (2012) farklı toprak işleme uygulamalarının toprak yüzeyindeki anız miktarına etkileri üzerine yaptıkları çalışmada; toprak işleme sonrası geleneksel toprak işleme yönteminde tarla yüzeyindeki anız miktarını % 58, azaltılmış toprak işleme yönteminde % 81.50 ve toprak işlemesiz doğrudan ekim yönteminde % 98 bulmuşlardır.Uygulanan bütün toprak işleme yöntemlerindeki anız miktarının, koruyucu toprak işleme yöntemleri için öngörülen minimum anız miktarının (%30) üzerinde olduğu görülmüştür (Reeder, 1992). Gürsoy ve

Kolay (2012)' ın kulaklı pulluk kullanarak yaptıkları geleneksel toprak işleme yönteminde tespit ettikleri % 58 yüzey anız miktarı değeri elde etmişlerdir. Benzer şekilde Eck ve Brown (2001)' ın yine kulaklı pulluk ile buğday anızında yaptıkları çalışmada % 0-10 düzeyinde yüzey anız miktarı değeri bulunmuştur. Kulaklı pulluğun devirme etkisinin, işleme derinliğinin, yüzeydeki anız miktarının, pulluğun geometrik özellikleri gibi birçok parametrenin; anızın gömülme oranı üzerinde önemli etkiye sahip olduğu saptanmıştır.

Toprak işleme uygulamalarının toprak işleme sonrası anız miktarı değerleri üzerindeki etkisi önemli bulunmuştur ($P < 0.01$). LSD testi sonuçları Çizelge 4.13' te verilmiştir.

Çizelge 4.13. Toprak işleme sonrası anız miktarı değişiminin deneme yılları ve ortalama değerler üzerinde yapılan çoklu karşılaştırma LSD testi sonuçları

Uygulamalar	**Toprak işleme sonrası anız miktarı değerleri (g m^{-2})**		
	2012-2013 yılı	**2013-2014 yılı**	**Yıllar Ortalaması**
Geleneksel	42.66 a	130.65 a	86.66 ab
K. Çizel	72.06 b	109.33 b	90.70 a
D.Milli Rotatiller	68.00 c	96.00 c	82.00 b
Y.Milli Rotatiller	47.30 d	114.62 b	80.96 b
D.Ekim	128.02 e	223.99 d	176.01 c
LSD (0,05)	3.52	13.21	7.52

Toprak işleme sonrası anız miktarı açısından yapılan çoklu karşılaştırma (LSD) testine göre; 2012-2013 yılında bütün uygulamalar farklı grupta yer almış; 2013-2014 yılında geleneksel uygulama 1. grupta, kanatlı çizel ve yatay milli rototiller 2. grupta, düşey milli rototiller 3. grupta ve doğrudan ekim uygulaması 4. grupta; ortalama değerlere göre ise geleneksel uygulama 1. ve 2. grupta, kanatlı çizel 1.grupta, düşey milli ve yatay milli rototiller 2. grupta, doğrudan ekim ise 3. grupta yer almıştır.

Yıllar ortalama değerlerini incelediğimizde; doğrudan ekim uygulamasında, yatay milli rototiller uygulamasına göre % 117 daha fazla anız toprak yüzeyinde tutulmuştur.

Toprak işleme uygulamalarının toprak işleme sonrası anız gömülme oranı değerleri üzerindeki etkisi önemli bulunmuştur ($P < 0.01$). LSD testi sonuçları Çizelge 4.14' de verilmiştir.

Çizelge 4.14. Toprak işleme sonrası anız gömülme oranı değerleri değişiminin deneme yılları ve ortalama değerleri üzerinde yapılan çoklu karşılaştırma LSD testi sonuçları

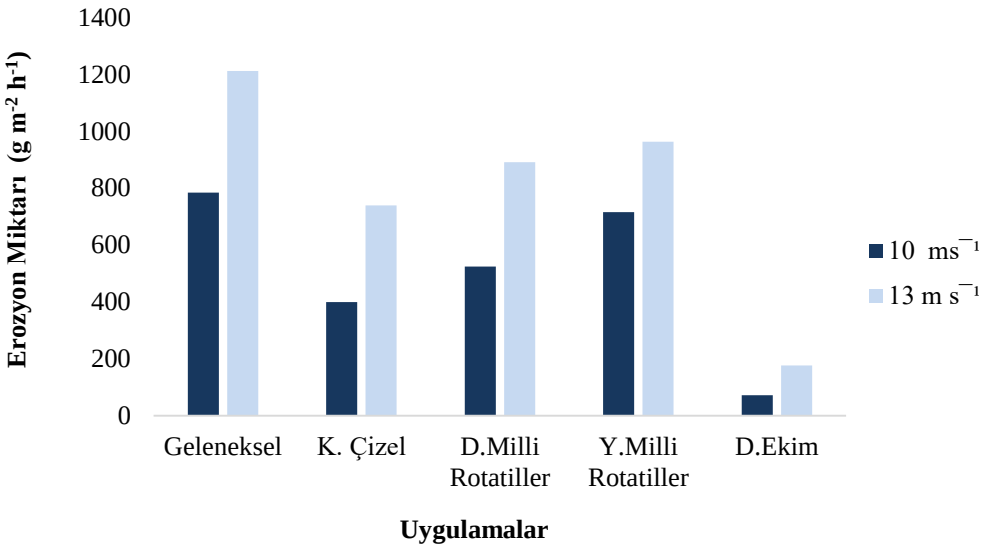
Uygulamalar	**Toprak işleme sonrası anız gömülme oranı değerleri (%)**		
	2012-2013 yılı	**2013-2014 yılı**	**Yıllar Ortalaması**
Geleneksel	70.37 a	48.21 a	59.29 a
K. Çizel	50.00 b	56.67 b	53.33 b
D.Milli Rotatiller	52.78 b	61.94 b	57.36 a
Y.Milli Rotatiller	67.15 c	54.55 ba	60.85 a
D.Ekim	11.11 d	11.22 c	11.17 c
LSD (0,05)	2.97	7.97	3.85

Toprak işleme sonrası anız miktarı açısından yapılan çoklu karşılaştırma (LSD) testine göre; 2012-2013 yılında geleneksel uygulama 1. grupta, kanatlı çizel ve düşey milli rototiller 2. grupta, yatay milli rototiller uygulamaları 3. grupta ve doğrudan ekim uygulaması 4. grupta yer almış; 2013-2014 yılında geleneksel uygulama 1. grupta, kanatlı çizel ve düşey milli rototiller 2. grupta, yatay milli rototiller 1. ve 2. grupta ve doğrudan ekim uygulaması 3. grupta; ortalama değerlere göre ise; geleneksel, düşey milli ve yatay milli rototiller uygulamaları 1. grupta, kanatlı çizel 2. grupta, doğrudan ekim ise 3. grupta yer almıştır.

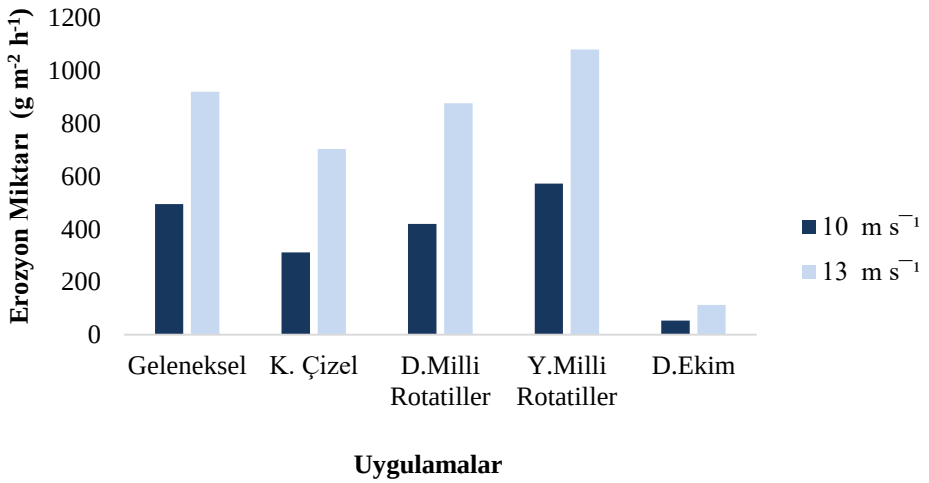
Yıllar ortalama değerlerini incelediğimizde; doğrudan ekim uygulamasında, yatay milli rototiller uygulamasına göre % 126 daha fazla anız toprak yüzeyinde tutulmuştur.

4.10. Uygulamaların Erozyon Üzerindeki Etkisi

Farklı toprak işleme uygulamaları sonrası mobil rüzgâr tünelinde farklı rüzgâr hızı kademelerinde yapılan denemelerde; 4 ve 7 m s^{-1} rüzgar hızlarında; çalışmamızın hem birinci üretim yılında (2012-2013) hem de ikinci üretim yılında (2013-2014) sediment tutumu gerçekleşmemiştir. Uygulamalara bağlı olarak 10 ve 13 m s^{-1} rüzgâr hızlarında ise erozyon değerleri Şekil 4.15 ve Şekil 4.16'da verilmiştir.



Şekil 4.15. Uygulamalara bağlı olarak 2012-2013 yılı toprak erozyonu değerlerinin değişimi



Şekil 4.16. Uygulamalara bağlı olarak 2013-2014 yılı toprak erozyonu değerlerinin değişimi

Farklı uygulamalara bağlı olarak toprak erozyonu değerleri 2012-2013 yılı için; 10 m s-^{1} rüzgar hızında 72 – 784.8 g m^{-2} h^{-1} arasında, 13 m s^{-1} rüzgar hızında 176 - 1212 g m^{-2} h^{-1} aralığında; 2013-2014 yılı için ise; 10 m s^{-1} rüzgar hızında 54 - 572 g m^{-2} h^{-1} arasında, 13 m s^{-1} rüzgar hızında ise 113 - 1080 g m^{-2} h^{-1} aralığında değişim göstermiştir. 10 m s^{-1} ve 13 m s^{-1} rüzgar hızlarında toprak erozyonu değerleri her iki yılda da doğrudan ekim uygulamasında en düşük değeri alırken, yine her iki hız kademesinde 1. yılda geleneksel uygulamada, 2. yılda yatay milli rototiller uygulamasında en yüksek değer bulunmuştur.

Farklı toprak işleme uygulamalarının 10 m s^{-1} rüzgar hızında toprak erozyonu değerleri değişimi ile uygulamalar arası farklılıklara ait LSD testi sonuçları Çizelge 4.15'de verilmiştir.

Çizelge 4.15. 10 m s^{-1} rüzgar hızında toprak erozyonu değerlerinin deneme yılları ve yıllar ortalama değerleri üzerinde yapılan çoklu karşılaştırma LSD testi sonuçları

Uygulamalar	**10 m s^{-1} 'de Toprak Erozyonu Değerleri (g m^{-2} h^{-1})**		
	2012-2013 yılı	**2013-2014 yılı**	**Yıllar Ortalaması**
Geleneksel	784.8 a	495.0 a	639.9 a[1]
K. Çizel	400.0 b	312.0 b	356.0 b
D.Milli Rotatiller	524.0 c	420.0 c	472.0 c
Y.Milli Rotatiller	716.1 d	572.0 d	644.1 a
D.Ekim	72.0 e	54.0 e	63.0 d
LSD (0,05)	48.3	40.4	27.1

1 Her sütun için aynı harfi taşıyan ortalamalar arasındaki fark istatistiki olarak önemsizdir.

10 m s^{-1}' de toprak erozyonu değerleri açısından yapılan çoklu karşılaştırma (LSD) testine göre; he iki yılda da bütün uygulamalar farklı grupta yer almış, en yüksek toprak erozyonu değerleri ise 2012-2013 yılında 784.8 g m^{-2} h^{-1} ile geleneksel uygulamada gerçekleşmiş, en düşük toprak erozyonu değeri ise 72 g m^{-2} h^{-1} ile doğrudan ekim uygulamasında bulunmuştur. 2013-2014 yılında ise; en yüksek toprak erozyonu değeri 572 g m^{-2} h^{-1} ile yatay milli rototiller uygulamasında gerçekleşmiş, en düşük toprak erozyonu değeri ise 54 g m^{-2} h^{-1} ile doğrudan ekim uygulamasında tespit edilmiştir. Yıllar ortalamasına göre ise; geleneksel ve yatay milli rototiller uygulamaları 1. grupta, kanatlı çizel uygulaması 2. grupta, düşey milli rotatiller uygulaması 3. grupta ve doğrudan ekim uygulaması 4. grupta yer almış, en düşük toprak erozyonu değeri 63 g m^{-2} h^{-1} ile doğrudan ekim uygulamasında, en büyük toprak erozyonu değeri ise 644.1 ile yatay milli rotatiller uygulamasında elde edilmiştir. 2012-2013; 2013-2014 ve yıllar ortalamasına göre 10 m s^{-1} rüzgar hızında en küçük ve en büyük toprak erozyonu arasında sırasıyla 10.9; 9.2 ve 10.2 kat fark bulunmuştur.

Farklı toprak işleme uygulamalarının 13 m s^{-1} rüzgar hızında toprak erozyonu değerleri değişimi ile uygulamalar arası farklılıklara ait LSD testi sonuçları Çizelge 4.16'da verilmiştir.

Çizelge 4.16. 13 m s^{-1} rüzgar hızında toprak erozyonu değerlerinin deneme yılları ve yıllar ortalama değerleri üzerinde yapılan çoklu karşılaştırma LSD testi sonuçları

Uygulamalar	**13 m s^{-1} 'de Toprak Erozyonu Değerleri (g m^{-2} h^{-1})**		
	2012-2013 yılı	**2013-2014 yılı**	**Yıllar Ortalaması**
Geleneksel	1,212.0 a	920.0 a	1,066.0 a[1]
K. Çizel	740.0 b	703.3 b	721.7 b
D.Milli Rotatiller	891.6 c	877.3 a	884.5 c
Y.Milli Rotatiller	964.0 c	1,080.0 c	1,022.0 a
D.Ekim	176.0 d	113.0 d	144.5 d
LSD (0.05)	82.91	125.34	71.1

1 Her sütun için aynı harfi taşıyan ortalamalar arasındaki fark istatistiki olarak önemsizdir.

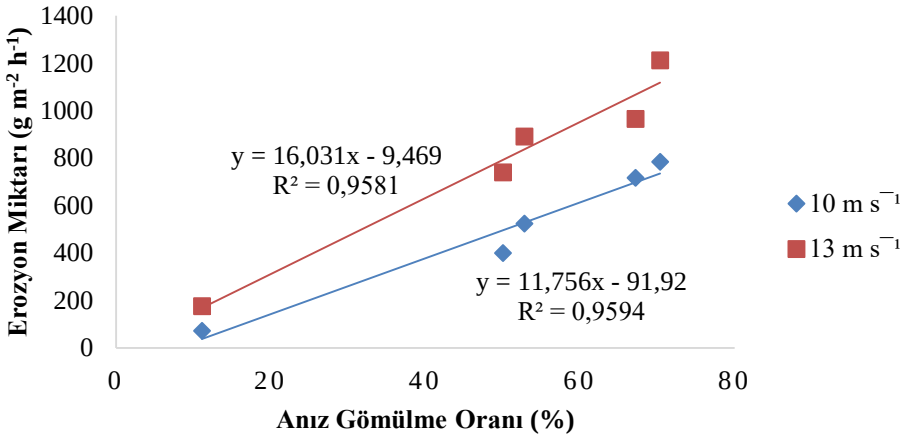
13 m s^{-1} 'de toprak erozyonu değerleri açısından yapılan çoklu karşılaştırma (LSD) testine göre; 2012-2013 yılında; geleneksel uygulama 1. grupta, kanatlı çizel uygulaması 2. grupta, düşey milli rotatiller ve yatay milli rototiller uygulamaları 3. grupta ve doğrudan ekim uygulaması 4. grupta yer almış, en yüksek toprak erozyonu değeri 1212 g m^{-2} h^{-1} ile geleneksel uygulamada gerçekleşmiş, en düşük toprak erozyonu değeri ise 176 g m^{-2} h^{-1} ile doğrudan ekim uygulamasında bulunmuştur. 2013-2014 yılında ise; geleneksel ve düşey milli rototiller uygulaması 1. grupta, kanatlı çizel uygulaması 2. grupta, yatay milli rotatiller uygulaması 3. grupta ve doğrudan ekim uygulaması 4. grupta yer almış, en düşük toprak erozyonu değeri 113 g m^{-2} h^{-1} ile doğrudan ekim uygulamasında, en büyük toprak erozyonu değeri ise 1080 g m^{-2} h^{-1} ile düşey milli rototiller uygulamasında bulunmuştur. Yıllar ortalamasına göre ise; geleneksel ve düşey milli rototiller uygulamaları 1. grupta, kanatlı çizel uygulaması 2. grupta, yatay milli rotatiller uygulaması 3. grupta ve doğrudan ekim uygulaması 4. grupta yer almış, en düşük toprak erozyonu değeri 144.5 g m^{-2} h^{-1} ile doğrudan ekim uygulamasında, en büyük toprak erozyonu değeri ise 1066 g m^{-2} h^{-1} ile geleneksel uygulamada elde edilmiştir. 2012-2013; 2013-2014 ve yıllar ortalamasına göre 13 m s^{-1} rüzgar hızında en küçük ve en büyük toprak erozyonu değerleri arasında sırasıyla 6.88; 9.56 ve 7.38 kat fark bulunmuştur.

13 m s^{-1} çalışma hızında 2012-2013 çalışma yılında geleneksel uygulamada en yüksek erozyon değeri gerçekleşmiş, 2013-2014 çalışma yılında ise yatay milli rototiller uygulamasında en yüksek değer elde edilmiştir. 2012-2013 çalışma yılında geleneksel uygulamada anız kaplama oranının % 29.63 ile en küçük değerde olması ve 2013-2014 uygulama yılında ise yatay milli rotatiller ve geleneksel uygulamada toprağın yoğun işlenmesinin daha yüksek erozyona neden olduğu söylenebilir. Her iki üretim yılında da doğrudan ekim uygulamasında en düşük erozyon miktarı gerçekleşmiştir. Doğrudan ekim uygulamasında toprağın daha az karıştırılması ve yüzey anız örtüsünün yüksek

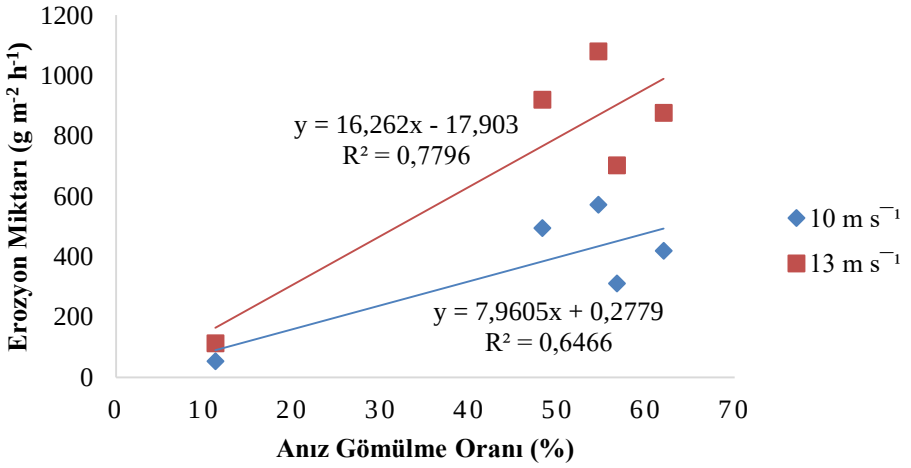
olması erozyon oranının düşük seviyede gerçekleşmesine neden olmuştur.

Zamani ve Mahmoodabadi (2013) işlenmiş topraklarda erozyon değerlerini 1,200 ila 1,680 g m^{-2} h^{-1} arasında değiştiğini saptamışlardır. Daha yüksek erozyon değerleri elde etmelerine toprak tekstürünün ve bozulmuş toprak örnekleriyle çalışmalarının etkili olduğu belirlenmiştir. Liu ve ark. (2006) rüzgar tünelinde yaptıkları çalışmalarında geleneksel toprak işleme uygulamasında erozyon miktarını 256.08 g m^{-2} min^{-1} olarak saptamışlardır. Bu büyük erozyon miktarına yüksek rüzgar hızında (20 m s^{-1}) çalışmaları neden olmuştur.

Uygulamalara bağlı olarak 10 ve 13 ms^{-1} rüzgâr hızlarında yüzey anız gömülme oranı ile erozyon miktarı arasındaki ilişki Şekil 4.17 ve Şekil 4.18' de verilmiştir.



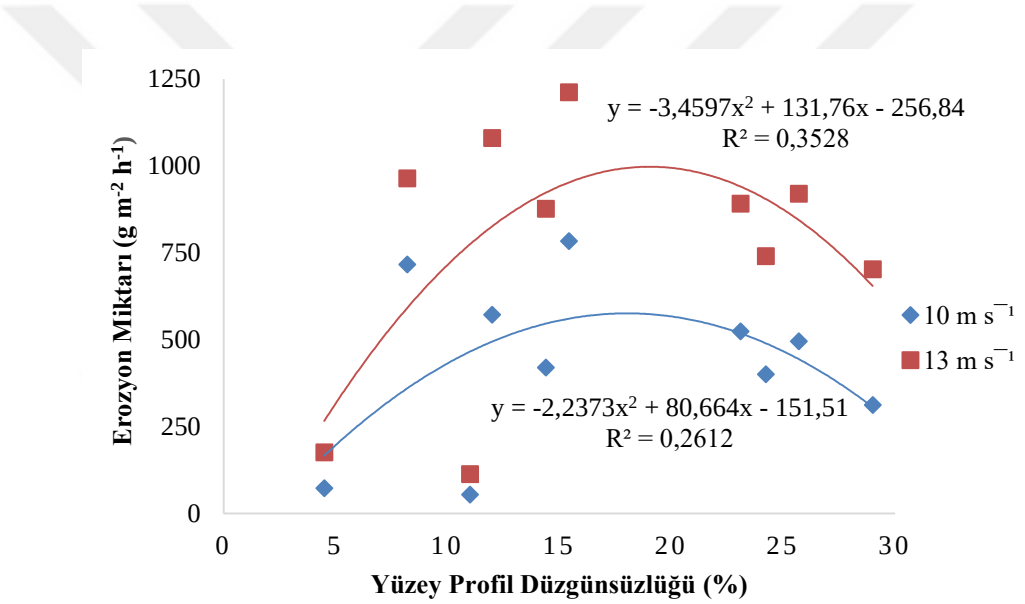
Şekil 4.17. Uygulamalara bağlı olarak 2012-2013 yılı yüzey anız gömülme oranı ile toprak erozyonu arasındaki ilişki



Şekil 4.18. Uygulamalara bağlı olarak 2013-2014 yılı yüzey anız gömülme oranı ile toprak erozyonu arasındaki ilişki

Anız gömülme oranı ile erozyon miktarı arasındaki ilişkileri incelediğimizde (Şekil 4.17 ve 4.18); her iki yılda da uygulamalara bağlı olarak artan anız gömülme oranı toprak erozyonun artmasına neden olmuştur. 2012-2013 üretim yılında anız gömülme oranı % 633 artarken erozyon miktarında 6.88 ila 10.9 kat artış meydana gelmiştir. Yine 2013-2014 üretim yılında anız gömülme oranı % 430 artarken erozyon miktarında 8.1 ila 9.2 kat artış meydana gelmiştir. Her iki yılda iki farklı rüzgar hızında yapılan denemelerde; yüzey anız gömülme oranıyla toprak erozyonu arasında doğrusal bir ilişki ortaya çıkmış ve ilişkinin korelasyon katsayısı R^2 = 0.64-0.95 arasında değişmiştir.

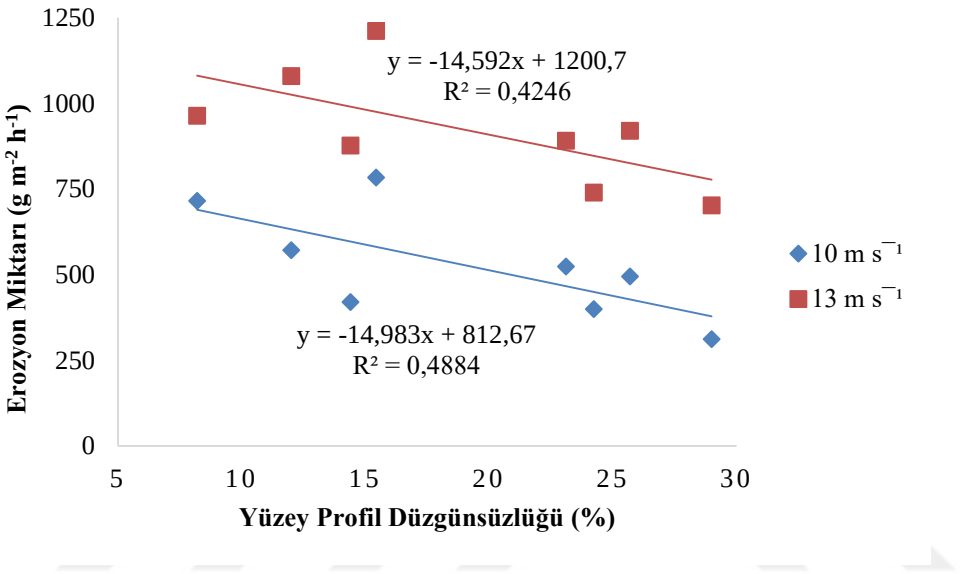
Uygulamalara bağlı olarak 10 m s^{-1} ve 13 m s^{-1} rüzgâr hızlarında tarla yüzey profil düzgünsüzlüğü oranı ile erozyon miktarı arasındaki ilişki Şekil 4.19'da verilmiştir.



Şekil 4.19. Uygulamalara bağlı olarak 2012-2013 ve 2013-2014 yılları tarla yüzey profil düzgünsüzlüğü ile toprak erozyonu arasındaki ilişki

Tarla yüzey profil düzgünsüzlüğü oranı ile erozyon miktarı arasındaki ilişkileri incelediğimizde; her iki yılda da polinomiyal bir ilişki görülmektedir. Hem 2012-2013 yılında hem de 2013-2014 yılında % 20 yüzey profil düzgünsüzlüğü değerine kadar erozyon miktarında artış gözlenirken, her iki yılda da % 20-30 yüzey düzgünsüzlüğü aralığında erozyon miktarlarında azalma eğilimi tespit edilmiştir. Ortaya çıkan polinomiyal ilişkinin nedeni doğrudan ekim uygulamasında düşük yüzey düzgünsüzlüğüne bağlı olarak erozyon değerleride küçük bulunmuştur. Burada erozyonun miktarının küçük değerde olmasına, yüzey düzgünsüzlüğü değil, bu uygulamada toprak işlemenin yapılmamış olması ana nedendir. Doğrudan ekim

uygulamasının grafikten çıkarılması durumunda artan yüzey düzgünsüzlüğüne bağlı olarak erozyon miktarı azalacaktır (Şekil 4.20). Her iki yılda iki farklı rüzgar hızında yapılan denemelerde; tarla yüzey profil düzgünsüzlüğü oranıyla toprak erozyonu arasındaki polinomiyal ilişkide korelasyon katsayısı R^2=0.26-0.35 arasında bulunurken, doğrudan ekim uygulamasının grafikten çıkarılması halinde R^2 = 0.42-0.49 aralığında değişmiştir.

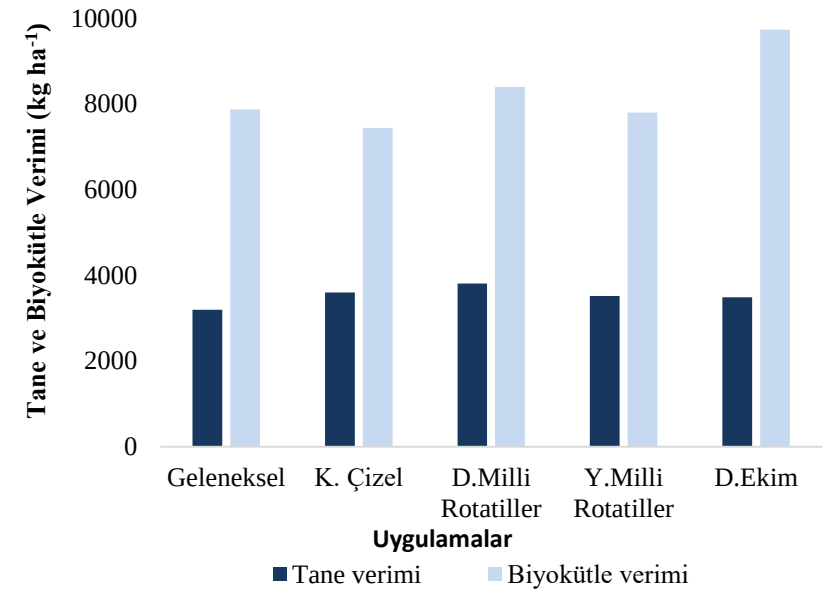


Şekil 4.19. Uygulamalara bağlı olarak 2012-2013 ve 2013-2014 yılları (doğrudan ekim uygulamaları hariç) tarla yüzey profil düzgünsüzlüğü ile toprak erozyonu arasındaki ilişki

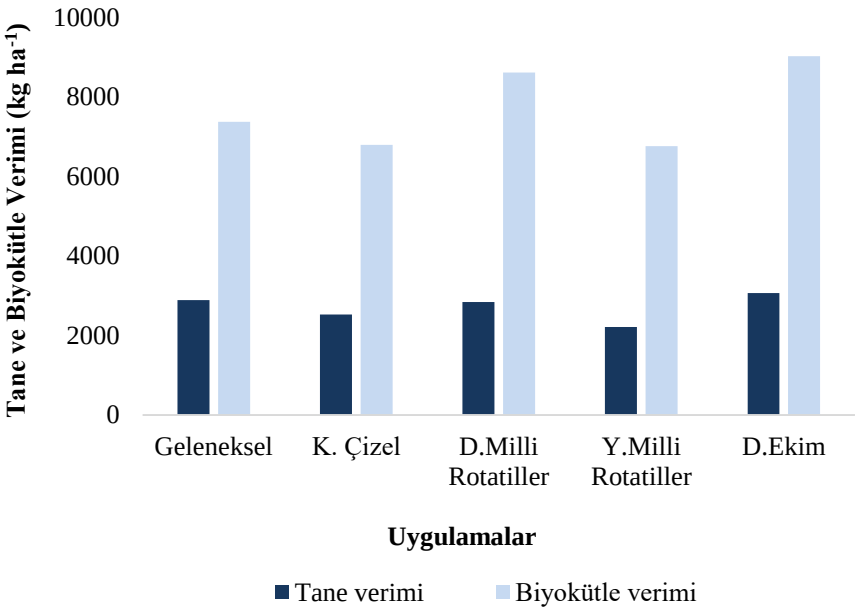
Liu ve ark. (2006) tarım arazilerinde toprak erozyonu üzerine sırt-toprak işleme etkilerinin rüzgar tüneli ile simülasyonu konusunda yaptıkları çalışmada; sırt yapılmış ve düz işlenmiş toprak koşullarında rüzgar tüneli ile 8, 10, 15 m s^{-1} rüzgar hızlarında dikey kütle akış profili üzerinde erozyon tespiti yapmışlardır. Düz toprak işleme altında ortalama rüzgar erozyonu oranını 129.89 g m^{-2} dak^{-1} bulmuşlar ve sırt toprak işleme altında bu oranın % 20-60 daha az olduğunu tespit etmişlerdir.

4.11. Uygulamalara Bağlı Olarak Tane ve Biyokütle Miktarı

Uygulamalara bağlı olarak 2012-2013 ve 2013-2014 yılları buğday üretimi tane ve biyokütle verimi değerlerinin değişimi Şekil 4.21 ve Şekil 4.22'de verilmiştir.



Şekil 4.21. Uygulamalara bağlı olarak 2012-2013 yılı buğday üretiminde tane ve biyokütle verimi değerlerinin değişimi



Şekil 4.22. Uygulamalara bağlı olarak 2013-2014 yılı buğday üretiminde tane ve biyokütle verimi değerlerinin değişimi

Uygulamalara bağlı olarak 2012-2013 yılında buğdayın dane verimi değerleri 3,200-3,810 kg ha^{-1}, 2013-2014 yılında ise 2,210-3,063 kg ha^{-1} arasında değişim göstermiştir. Biomas verimi değerleri açısından doğrudan ekim uygulamasında her iki yılda da sırasıyla 9,740 ve 9,020 kg ha^{-1} olarak en yüksek değer elde edilmiştir.

Farklı toprak işleme uygulamalarının, buğday üretimine ait verim değişimi ile uygulamalar arası farklılıklara ait varyans analizi ve LSD testi sonuçları Çizelge 4.17'de verilmiştir.

Çizelge 4.17. Buğday üretimine ait verim değerlerinin deneme yılları ve yıllar ortalama değerleri üzerinde yapılan çoklu karşılaştırma LSD testi sonuçları

Uygulamalar	**Tane Verimi Değerleri (kg ha^{-1})**		
	2012-2013 yılı	**2013-2014 yılı**	**Yıllar Ortalaması**
Geleneksel	3,200 a	2,885 ac	3,043 a[1]
K. Çizel	3,600 bc	2,530 b	3,065 a
D.Milli Rotatiller	3,810 b	2,836 c	3,323 b
Y.Milli Rotatiller	3,520 c	2,210 d	2,865 c
D.Ekim	3,490 c	3,063 a	3,277 b
LSD (0,05)	232,2	185,4	144,8

1 Her sütun için aynı harfi taşıyan ortalamalar arasındaki fark istatistiki olarak önemsizdir.

2012-2013 üretim yılında en iyi sonuç düşey milli rotatiller uygulamasından elde edilmiştir. LSD sonuçlarına göre; düşey milli rotatiller uygulamasıyla kanatlı çizel ve doğrudan ekim uygulamaları arasındaki farklılığın önemsiz olduğu saptanmıştır. Yine kanatlı çizel uygulamasıyla yatay milli rototiller uygulamaları arasındaki farklılığın da önemsiz olduğu görülmüştür. 2013-2014 üretim yılında ise en iyi sonuç doğrudan ekim uygulamasından elde edilmiştir. LSD sonuçlarına göre, uygulamalar arasındaki farklılığın kaynağını kanatlı çizel ve yatay milli rototiller uygulamaları oluşturmuştur. Geleneksel uygulama ile doğrudan ekim uygulaması arasında yine geleneksel uygulama ile düşey milli rototiller uygulaması arasındaki farklılığın önemsiz olduğu saptanmıştır.

Yıllar ortalamasına göre en iyi sonuç düşey milli rototiller uygulamasında bulunmuştur. Yıllar ortalaması LSD sonuçlarına göre ise Geleneksel uygulama ve kanatlı çizel uygulaması arasında, düşey milli rototiller uygulaması ile doğrudan ekim uygulaması arasında farklılık önemsiz bulunmuş, yatay milli rototiller uygulaması en düşük verimle farklılık oluşturmuştur. 2012-2013; 2013-2014 ve yıllar ortalamasına göre en küçük ve en büyük buğday tane verimi arasındaki fark sırasıyla % 16.01; % 27.84 ve % 13.78 bulunmuştur.

Bulut ve Altuntaş (2015) Sivas koşullarında buğday tarımında farklı toprak işleme yöntemlerinin (GT: kulaklı pulluk+diskli tırmık+ekim; KT1: çizel+diskli tırmık+ekim, KT2: rotovatör+ekim; ve AE: anıza doğrudan ekim) bazı toprak fiziksel özellikleri ile buğday bitkisinin verim parametreleri üzerine etkilerini değerlendirmişlerdir. Araştırma sonuçlarına göre birim alan tane verimi değerleri; AE uygulamasında 293 kg da^{-1}; KT1

uygulamasında 313.50 kg da^{-1}; KT2 uygulamasında 322.25 kg da^{-1}; GT uygulamasında 330 kg da^{-1} bulunmuştur. Marakoğlu ve Çarman (2008) buğday üretiminde azaltılmış toprak işleme ve doğrudan ekim uygulamaları konusunda yaptıkları çalışmada verim değerlerini; 2007 ve 2008 yılı için sırasıyla geleneksel uygulamada 121.40-255.86 kg da^{-1}, azaltılmış toprak işlemede 108.85-223.60 kg da^{-1} ve doğrudan ekimde ise 104.15-230.41 kg da^{-1} bulmuşlardır. Kosutiç ve ark. (2001) farklı toprak işlemenin buğday verimi üzerindeki etkilerini belirlemek amacıyla yaptıkları çalışmada; kışlık buğday üretiminde en yüksek verim 5.89 Mg ha^{-1} ile azaltılmış toprak işleme uygulamasında elde edilirken bunu, 5.75 Mg ha^{-1} ile geleneksel uygulama ve 5.73 Mg ha^{-1} ile doğrudan ekim uygulaması takip etmiştir. Baran ve ark. (2016) Kırklareli ili Atatürk Toprak Su ve Tarımsal Meteoroloji Araştırma İstasyonu Müdürlüğü Merkez İstasyonunda 2009-2015 yıllarında yürüttükleri araştırmada, ikinci ürün ayçiçeği ve silajlık mısırda farklı toprak işleme yöntemlerinin verim üzerine etkilerini belirlemek üzere yaptıkları çalışmada; silajlık mısır denemesinde T1, T2, T3 ve T4 uygulamalarında 60.06 t ha^{-1}, 60.10 t ha^{-1}, 64.69 t ha^{-1} ve 66.36 t ha^{-1}, ayçiçeği denemesinde ise aynı sırayla 2.28 t ha^{-1}, 2.31 t ha^{-1}, 2.33 t ha^{-1} ve 2.55 t ha^{-1} bulmuşlardır.

4.12. Enerji Girdileri ve Verimlilik Değerleri

Uygulamaların 2012-2013 ve 2013-2014 yılları buğday üretimine ait girdi ve çıktı miktarları Çizelge 4.18‘ de, enerji bilançoları ise Çizelge 4.19 ve 4.20‘ de verilmiştir.

Çizelge 4.18. Uygulamalara ait 2012-2013 ve 2013-2014 yılları buğday üretiminde kullanılan girdi ve çıktı miktarları

	Girdi ve çıktı miktarları (kg ha^{-1})	
	2012-2013	**2013-2014**
1.Tohum	220	220
2.Gübreleme		
N	69.9	69.9
P	69	69
3.İlaçlama	1	1
4.Verim		
Geleneksel	3,200	2,885
Kanatlı çizel	3,600	2,530
Düşey milli rotatiller	3,810	2,836
Yatay milli rototiller	3,520	2,210
Doğrudan ekim	3,490	3,063

Çizelge 4.19. Uygulamalara ait 2012-2013 yılı buğday üretimi enerji bilançosu değerleri (Mj ha^{-1})

	Uygulamalar				
	Geleneksel	Kanatlı çizel	Düşey milli rotatiller	Yatay milli rototiller	Doğrudan ekim
A.GİRDİLER					
İşgücü	9.54	6.39	6.30	6.36	3.29
Traktör	179.62	120.69	118.92	119.95	62.04
Makine	113.70	83.60	84.66	85.20	98.31
Yakıt-yağ	2,387.02	1,493.22	1,435.82	1,271.82	804.01
İlaç	120.00	120.00	120.00	120.00	120.00
Gübre					
N	3,292.29	3,292.29	3,292.29	3,292.29	3,292.29
P	1,083.30	1,083.30	1,083.30	1,083.30	1,083.30
Tohum	5,500.00	5,500.00	5,500.00	5,500.00	5,500.00
Toplam Girdi	**12,685.47**	**11,699.49**	**11,641.29**	**11,478.92**	**10,963.24**
B.ÇIKTILAR					
Verim	45,472.00	51,156.00	54,140.10	50,019.20	49,592.90
Biyokütle	72,890.00	68,820.00	77,700.00	72,150.00	90,095.00
Toplam Çıktı	**118,362.00**	**119,976.00**	**131,840.10**	**122,169.20**	**139,687.90**

Çizelge 4.20. Uygulamalara ait 2013-2014 yılı buğday üretimi enerji bilançosu değerleri (Mj ha^{-1})

	Uygulamalar				
	Geleneksel	Kanatlı çizel	Düşey milli rototiller	Yatay milli rototiller	Doğrudan ekim
A.GİRDİLER					
İşgücü	9.08	6.31	6.14	4.65	3.08
Traktör	171.34	119.11	115.93	87.70	58.06
Makine	113.70	83.60	84.66	85.20	98.31
Yakıt-yağ	2,413.26	1,519.46	1,720.36	1,207.86	949.56
İlaç	120.00	120.00	120.00	120.00	120.00
Gübre					
N	3,292.29	3,292.29	3,292.29	3,292.29	3,292.29
P	1,083.30	1,083.30	1,083.30	1,083.30	1,083.30
Tohum	5,500.00	5,500.00	5,500.00	5,500.00	5,500.00
Toplam Girdi	**12,702.97**	**11,724.07**	**11,922.68**	**11,381.00**	**11,104.60**
B.ÇIKTILAR					
Verim	40,995.85	35,951.30	40,299.56	31,404.10	43,525.23
Biyokütle	68,172.50	62,807.50	79,642.50	62,520.75	83,435.00
Toplam Çıktı	**109,168.35**	**98,758.80**	**119,942.06**	**93,924.85**	**126,960.23**

Farklı uygulamalara ait enerji bilançoları değerlendirilmeye alındığında (Çizelge 4.19 ve 4.20), beş farklı uygulamaya ait üretim girdileri içerisinde en yüksek payı tohum enerjisinin aldığı, bunu sırasıyla gübre, yakıt-yağ ve traktör enerjilerinin takip ettiği görülmektedir. İşgücü, traktör ve yağ-yakıt girdileri bakımından doğrudan ekim uygulaması her iki yıl için en düşük enerji girdisine sahip olup, toplam girdi

içerisindeki payı birinci yıl için % 7.93 ikinci yıl için ise % 9.13'tür. Buna karşın geleneksel uygulamanın toplam girdi içerisindeki payının (işgücü, traktör ve yağ-yakıt) her iki yıl için sırasıyla % 17.83 ve % 18.02 olduğu görülmektedir. Bu enerji girdileri açısından, doğrudan ekim ile geleneksel uygulama karşılaştırıldığında, geleneksel uygulamada ortalama % 111.2 daha fazla olduğu saptanmıştır. Buna göre; beş farklı uygulamanın enerji bilânçoları dikkate alındığında en yüksek çıktı / girdi oranına sahip olan doğrudan ekim uygulamasının daha karlı bir üretim tekniği olduğu söylenebilir. Marakoğlu ve Çarman (2010), Orta Anadolu'da buğday üretiminde kullanılan doğrudan ekim uygulamalarının enerji bilançoları üzerine yapmış oldukları araştırmada da benzer sonuçlara ulaşmışlardır. Khaledian ve ark. (2010) daha az girdi kullanarak tarımsal üretim yapan büyük alanlara sahip Afrika gibi ülkelerde enerji girdisi 1 GJ ha^{-1} 'dan daha düşük olmasına rağmen Avrupa ülkeleri gibi yüksek girdi kullanarak tarımsal üretim yapan ülkelerde enerji girdilerinin 30 GJ ha^{-1} 'dan daha yüksek olduğunu belirtmişlerdir. Mileusnić ve ark. (2010) üç farklı üretim tekniği üzerinde yaptıkları araştırmada; geleneksel toprak işleme de 412 ile 740 MJ ha^{-1}; malçlama tekniğinde 183 ile 266 MJ ha^{-1}, sıfır toprak işlemede (zero tillage) 80 ile 284 MJ ha^{-1} yakıt enerjisi tüketim değerlerini bulmuşlardır, toprak işleme operasyonları azaltılarak enerji girdileri ve üretim maliyetlerinin azalacağı belirtilmiştir. Cavalaris ve Gemtos (2004) şekerpancarı üretiminde 5 farklı toprak hazırlığının enerji gereksinimi ve toprak işleme etkinliğini değerlendirdiği çalışmada; azaltılmış toprak işlemede geleneksel uygulamaya göre enerji girdisinin % 18-53, doğrudan ekimde ise % 75-83 oranında azaldığını belirtmişlerdir.

Uygulamaların 2012-2013 ve 2013-2014 yılları buğday üretimine ait enerji parametreleri Çizelge 4.21 ve 4.22' de verilmiştir.

Çizelge 4.21. Uygulamalara ait 2012-2013 yılı buğday üretimi enerji parametreleri

		Uygulamalar				
ENERJİ PARAMETRELERİ	Birim	Geleneksel	Kanatlı çizel	Düşey milli rotatiller	Yatay milli rototiller	Doğrudan ekim
Toplam enerji girdisi	MJ ha^{-1}	12,685.47	11,699.49	11,641.29	11,478.92	10,963.24
Toplam enerji çıktısı	MJ ha^{-1}	118,362.00	119,976.00	131,840.10	122,169.20	139,687.90
Net enerji verimi	MJ ha^{-1}	105,676.53	108,276.51	120,198.81	110,690.28	128,724.66
Çıktı/girdi oranı	-	9.33	10.25	11.33	10.64	12.74
Net enerji oranı	-	8.33	9.25	10.33	9.64	11.74
Enerji verimliliği	kg MJ^{-1}	0.87	0.94	1.05	0.99	1.21
Birim ürün için gerekli enerji	MJkg-1	1.14	1.06	0.95	1.01	0.83

Çizelge 4.22. Uygulamalara ait 2013-2014 yılı buğday üretimine ait enerji parametreleri

		Uygulamalar				
ENERJİ PARAMETRELERİ	Birim	Geleneksel	Kanatlı çizel	Düşey milli rotatiller	Yatay milli rototiller	Doğrudan ekim
Toplam enerji girdisi	MJ ha^{-1}	12,702.97	11,724.07	11,922.68	11,381.00	11,104.60
Toplam enerji çıktısı	MJ ha^{-1}	109,168.35	98,758.80	119,942.06	93,924.85	126,960.23
Net enerji verimi	MJ ha^{-1}	96,465.38	87,034.73	108,019.38	82,543.85	115,855.63
Çıktı/girdi oranı	-	8.59	8.42	10.06	8.25	11.43
Net enerji oranı	-	7.59	7.42	9.06	7.25	10.43
Enerji verimliliği	kg MJ^{-1}	0.81	0.79	0.96	0.79	1.09
Birim ürün için gerekli enerji	MJkg-1	1.24	1.26	1.04	1.27	0.92

Çalışmada buğday tarımında enerji çıktı / girdi oranı göz önüne alındığında en büyük oran 2012-2013 ve 2013-2014 yılları için sırasıyla 12.74 ve 11.43 ile doğrudan ekim uygulamasında elde edilirken, bunu düşey milli rototiller + klasik ekim uygulaması takip etmiştir. Marakoğlu ve Çarman (2010) Orta Anadolu'da buğday üretiminde doğrudan ekim uygulamalarında çıktı/girdi oranını 2.81 olarak bulmuşlardır. Bu çalışmada çıktı/girdi oranlarının daha yüksek olmasının nedeni çıktı içerisinde biomas veriminin dikkate alınmış olmasındadır. Tabatabaeefar ve ark. (2009) buğday üretiminde farklı toprak işleme sistemlerinin karşılaştırılması üzerine yapmış oldukları çalışmalarında enerji çıktı/girdi oranlarını geleneksel uygulama ve doğrudan ekim uygulaması için sırasıyla 3.65 ile 4.87 bularak benzer sonuçlara ulaşmışlardır.

Uygulamaların 2012-2013 ve 2013-2014 yılı buğday üretimine ait net enerji oranı değerleri sırasıyla 8.64-11.74 ile 8.23-10.98 arasında değişim göstermiştir. En yüksek net enerji oranı değeri her iki yıl için doğrudan ekim uygulamasında, en düşük net enerji oranı değeri ise her iki yıl için geleneksel uygulamada elde edilmiştir. 2012-2013 ve 2013-2014 yılı net enerji oranı bakımından doğrudan ekim uygulaması geleneksel uygulamaya göre sırasıyla % 35.87 ve % 33.41 daha fazla net enerji oranına sahip olduğu tespit edilmiştir. Zangeneh ve ark. (2010) İran Hamedan'da patates üretiminde girdi-

çıktı enerji miktarını belirlemek amacıyla; iki farklı çiftçi grubu (kendi makinalarına sahip ve yüksek seviyede tarım teknolojileri kullanan 1. grup ile kendi makinaları olmayan ve düşük seviyede tarım teknolojilerini kullanan 2. grup) üzerinde yaptıkları araştırmada; yüksek teknoloji kullanan 1. grupta 153,071.40 MJ ha^{-1}, düşük teknoloji kullanan 2. grupta ise 157,151.12 MJ ha^{-1} enerji tüketimi bulmuşlardır. Araştırma sonuçlarının enerji parametreleri yönüyle karşılaştırılmasında ise 1. ve 2. grup için sırasıyla; enerji kullanım etkinliği 1.44 ile 0.95, enerji verimliliği 0.32 kg MJ^{-1} ile 0.27 kg MJ^{-1}, spesifik enerji 3.97 MJ kg^{-1} ile 4.72 MJ kg^{-1}, net enerji kazanımı 4,110.95 MJ ha^{-1} ile -21,744.67 MJ ha^{-1}, enerji yoğunluğu 38.84 MJ $\$^{-1}$ ile 42.43 MJ $\$^{-1}$ arasında bulunmuştur. Rusu (2014) farklı toprak işleme uygulamaları üzerinde yaptığı araştırmada; toprak işlemesiz (no-till) uygulamasında enerji etkinliğini yüksek olduğunu saptamış, buğday üretiminde enerji etkinliği değerini 5.66 MJ ha^{-1} bulmuştur. Rathke ve ark. (2007) enerji çıktı girdi oranındaki artışın toprak işleme operasyonlarının yoğunluğundan kaynaklandığını, koruyucu toprak işleme sisteminde geleneksel toprak işlemeye göre %10 tasarruf sağlandığını belirtmişlerdir. Azarpour ve ark. (2012) İranda buğday üretiminde; enerji tüketimini 6,091,826 kcal ha^{-1}, üretimini 9,145,938 kcal ha^{-1}, birim başına enerji kullanımını 3.238 kcal, üretim tüketim oranını 1.5, tüketim üretim oranını 18.68, enerji balansı etkinliğini 1.5 olarak saptamışlardır. Gözübüyük ve ark. (2012) Erzurum yöresinde sulu ve kuru tarım koşullarında buğday üretiminde geleneksel toprak işleme-ekim sistemine alternatif olabilecek, farklı toprak işleme ekim sistemlerini enerji kullanım etkinliği yönünden karşılaştırmışlardır. Uygulamalarını; sulu ve kuru tarım koşulları için; geleneksel toprak işleme (S1: kulaklı pulluk+diskli tırmık+kombikrüm+ekim makinası), azaltılmış toprak işleme-1 (S2: kültivatör+kombikrüm+ekim makinası), azaltılmış toprak işleme-2 (S3: dik rotovatör+ekim makinası) ve doğrudan ekim (S4: doğrudan ekim makinası) şeklinde gerçekleştirmişlerdir. Toprak işleme-ekim sistemlerini karşılaştırdıkları çalışmada; tüm sistemlerde enerji dağılım oranları açısından her iki tarım koşulunda da, kimyasal gübre en yüksek enerji girdi kalemini oluşturmuş; bunu sırasıyla tohum, yakıt-yağ, makine imalat ve insan işgücü enerji girdileri takip etmiştir. Sistemler arasında enerji çıktı/girdi oranları, özgül enerji, enerji üretkenliği ve net enerji üretimi açısından sulu tarım koşullarında S1 en iyi sonucu vermiş, bunu sırasıyla S4, S2 ve S3 sistemleri takip etmiştir. Kuru tarım koşullarında ise enerji çıktı/girdi oranları, özgül enerji, enerji üretkenliği yönünden en iyi sonuç S4 sisteminden elde edilirken, bunu S2, S1 ve S3 sistemleri izlemiştir. Net enerji üretimi açısından ise en iyi sonuç S1 sisteminden elde

edilmiş, bunu sırasıyla S2, S3 ve S4 sistemleri izlemiştir. Marakoğlu ve ark. (2010) Konuklar tarım işletmesinde yürüttükleri çalışmada; geleneksel, azaltılmış toprak işleme ve ekim öncesi yabancı ot kontrollü ve kontrolsüz doğrudan ekim uygulaması olmak üzere 4 farklı uygulama kullanılmıştır. Nohut üretiminde, toplam girdi enerjileri içerisinde kullanım oranı en yüksek olanın gübre enerjisi olduğu bulunmuştur. Bunu sırasıyla tohum, yakıt-yağ ve makine enerjileri izlemiştir. Enerji çıktı / girdi oranı göz önüne alındığında en büyük oran 2.00 ile geleneksel uygulamasında elde edilirken, bunu sırasıyla 1.81 ile azaltılmış toprak işleme, 0.87 ile doğrudan ekim + herbisit uygulaması ve 0.205 ile doğrudan ekim uygulaması izlemiştir. Doğrudan üretim tekniğinin etkin bir herbisit mücadelesi ile nohut üretiminde kullanılabileceği saptanmıştır. Bayhan (2016) ikinci ürün ayçiçeği tarımında farklı toprak işleme ile doğrudan ekim yöntemlerinin enerji kullanım etkinliğini belirlemek amacıyla; goble diskaro (DT), rototiller (ROT), goble diskaro+kombine tırmık (DT+K) ve doğrudan ekim (DIR) yöntemlerini kullanarak toprağı işlemişlerdir. Farklı toprak işleme yöntemlerine göre; özgül enerji değeri DIR yönteminde 2.23 MJ kg^{-1}, ROT yönteminde 2.51 MJ kg^{-1}, DT+K yönteminde 2.64 MJ kg^{-1} ve DT yönteminde ise 2.75 MJ kg^{-1} olarak hesaplanmıştır. Enerji çıktı/girdi oranları ise en düşük DT yönteminde 9,57 elde edilirken en yüksek ise DIR yönteminde 11,82 olarak bulunmuştur. Gültekin ve ark. (2016) Çukurova Bölgesi' nde buğday üretiminde düze ekim, sırta ekim ve geniş sırta ekim yöntemlerinin enerji bilançolarını belirlemek üzere yaptıkları çalışmada özgül enerji değerini; düze ekim yönteminde 1.93 MJ kg^{-1}, sırta ekim yönteminde 2.72 MJ kg^{-1}, geniş sırta ekim yönteminde 2.29 MJ kg^{-1} olarak hesaplanmışlardır. Enerji çıktı/girdi oranı ise; düze ekim yönteminde 7.61, sırta ekim yönteminde 5.39, geniş sırta ekim yönteminde 6.42 olarak elde edilmiştir. Buğday üretiminin tüm ekim yöntemlerinde gübre enerjisi en yüksek enerji girdisi olarak bulunmuştur. Baran ve Karaağaç (2016) Çukurova Bölgesinde kışlık ara ürün (buğday fig karışımı) sonrası yetiştirilen ikinci ürün silajlık mısır üretiminde, azaltılmış toprak işlemeli düze ekim, sırta ekim ve doğrudan ekim yöntemlerinin enerji bilançolarını belirlemişlerdir. Çalışma sonunda özgül enerji değeri azaltılmış toprak işlemeli düze ekimde 0.44 MJ kg^{-1}, sırta ekimde 0.40 MJ kg^{-1}, dogrudan ekimde 0.46 MJ kg^{-1} olarak hesaplanmıştır. Enerji çıktı girdi oranları karşılaştırıldığında bu oran azaltılmış toprak işlemeli düze ekimde 9.34, sırta ekimde 10.36, doğrudan ekimde 9.06 olarak elde edilmiştir. Tüm yöntemlerde toplam girdi enerjileri içerisinde kullanım oranı gübre enerjisi için en yüksek bulunmuştur.

5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

5.1. Sonuçlar

Ülkemizde tarla tarımında ekim öncesi toprak hazırlığı; yakıt tüketimi ve enerji girdileri yönüyle değerlendirildiğinde önemli bir maliyet oluşturmaktadır. Enerji girdilerinin yüksek olması ise yoğun toprak işlemeye işaret etmektedir. Yoğun toprak işleme özellikle rüzgar erozyonuna eğilimli olan bölgemizde; erozyon, sera gazları emisyonu, organik madde kaybı, evaporasyon gibi çevre sorunlarına da neden olmaktadır. Sürdürülebilir tarım tekniklerinden birisi de koruyucu toprak işleme uygulamalarıdır. Buğday üretiminde azaltılmış toprak işleme ve doğrudan ekim uygulamalarına ait dört farklı alternatif toprak işleme sistemi ile geleneksel uygulamayı; yakıt tüketimi, tarla trafiği, penetrasyon direnci, yüzey düzgünsüzlüğü, kesilme direnci, nem değişimi, mekanik stabilite, stabilite indeksi, anız gömülme oranı, tane verimi, biyokütle değerleri, enerji parametereleri ve rüzgar erozyonu üzerine etkileri ile koruyucu tarım tekniği açısından değerlendirdiğimiz bu çalışmayla ilgili olarak bulduğumuz genel sonuçlar aşağıda verilmiştir:

2012-2013 ve 2013-2014 yıllarında en yüksek yakıt tüketimi geleneksel uygulamada elde edilirken, en düşük yakıt tüketimi ise doğrudan ekim uygulamasında bulunmuştur. Geleneksel uygulamada yıllar itibariyle doğrudan ekime göre 5 ila 8 kat daha fazla yakıt tüketilmiştir.

Tarla trafiği değerleri açısından yaptığımız değerlendirmede; % 190 ile geleneksel uygulamada en yüksek, % 50 ile doğrudan ekim uygulamasında en düşük tarla trafiği değerleri elde edilmiştir.

Penetrasyon direnci değerleri her iki yılda 0.69 MPa ile 2.57 MPa arasında değişim göstermiş, toprak işleme öncesi değerlerini doğrudan ekim uygulaması takip etmiş, en düşük değerler ise yatay milli rotatiller uygulamasında bulunmuştur. Yatay milli rotatiller uygulamasında penetrasyon direnci değerleri hem 2012 hem de 2013 yıllarında, toprak işleme öncesine göre % 67 ve % 70.7 oranlarında azalmıştır.

Kesilme gerilmesi değerleri açısından yapılan değerlendirmede en yüksek değer doğrudan ekim uygulamasında gerçekleşmiş, en büyük değişim ise her iki deneme yılı için de sırasıyla % 80 ve % 83.3'lük azalma ile düşey milli rotatiller uygulamasında elde edilmiştir.

Tarla yüzey düzgünsüzlüğündeki en büyük değer her iki yıl içinde kanatlı çizel işleyici organa sahip makinede elde edilirken, en düşük değer yine her iki yıl içinde sırasıyla doğrudan ekim makinesine ait işleyici organdan elde edilmiştir. Kanatlı çizel uygulamasında toprak işleme öncesine göre % 426 ile % 178 daha fazla tarla yüzey pürüzlülüğü tespit edilmiştir.

Toprak işleme sonrası 96. saatte doğrudan ekim uygulamasında, diğer uygulamalara göre nem muhafazası her iki yılda da en yüksek bulunmuştur. Doğrudan ekim uygulamasının, toprak işleme (ekim) sonrası her iki yılda da % 88.89 ve % 88.78 ile en yüksek anız kaplanma oranına sahip olması toprak nemini daha iyi muhafaza ettiğini göstermiştir.

Bütün uygulamalarda üst toprağın mekanik stabilite değerlerinin her iki yılda da % 50‘ nin üzerine çıkmış olması, deneme alanı topraklarının erozyona karşı dayanıklı olduğunu, yine bütün uygulamalarda üst toprağın stabilite indeksi değerlerinin sınır değeri olan >1.5 üzerinde çıkması, bu toprakların aşınmaya karşı dayanıklı olduğunu göstermektedir.

Toprak işleme sonrası en büyük anız miktarı değeri her iki yıl içinde doğrudan ekim uygulamasında elde edilirken, en az anız miktarı geleneksel uygulama ve düşey milli rotatiller uygulamasında bulunmuştur. Buna bağlı olarak en çok gömülme oranı da geleneksel uygulama ve düşey milli rotatiller uygulamasında gerçekleşirken, en az gömülme oranı doğrudan ekim uygulamasında meydana gelmiştir.

Ülkemizde ilk kez mobil rüzgar tüneli ile yürütülen bu çalışmada artan rüzgâr hızına bağlı olarak erozyon miktarının arttığı saptanmıştır. Farklı toprak işleme uygulamaları sonrası farklı rüzgâr hızı kademelerinde yapılan denemelerde 4 ve 7 m s^{-1} rüzgar hızlarında sediment tutumu gerçekleşmemiştir. Erozyon miktarı ile anız gömülme oranı ve tarla yüzey profil düzgünsüzlüğü arasındaki ilişki önemli bulunmuştur.

Uygulamaların erozyon değerleri üzerindeki etkisi önemli bulunmuştur. Uygulamalara bağlı olarak erozyon miktarı 54-1212 g m^{-2} h^{-1} değerleri arasında değişmiştir. Ortalama erozyon miktarı doğrudan ekim uygulamasında en az gerçekleşirken, geleneksel ve yatay milli rototiller uygulamalarında en fazla gerçekleşmiştir. Uygulamaların toprağı parçalama derecesi ve anız örtüsünü karıştırma oranları erozyon üzerinde belirleyici olmuştur.

Anız gömülme oranı ile erozyon miktarı arasındaki ilişkileri incelediğimizde her iki yılda da uygulamalara bağlı olarak artan anız gömülme oranındaki artış toprak erozyonun artmasına neden olmuştur. Her iki yılda iki farklı rüzgar hızında yapılan denemelerde; yüzey anız gömülme oranıyla toprak erozyonu arasında doğrusal bir ilişki ortaya çıkmış ve ilişkinin korelasyon katsayısı R^2 = 0.64-0.95 arasında değişmiştir.

Tarla yüzey profil düzgünsüzlüğü oranı ile erozyon miktarı arasındaki ilişki her iki yılda da polinomiyal bir ilişki görülmüştür. % 20 yüzey profil düzgünsüzlüğü değerine kadar erozyon miktarında artış gözlenirken, daha yüksek yüzey düzgünsüzlüğü değerlerinde erozyon miktarında azalma eğilimi tespit edilmiştir. Her iki yılda iki farklı rüzgar hızında yapılan denemelerde; doğrudan ekim (toprak işleme yapılmadığ için) gözardı edildiğinde tarla yüzey profil düzgünsüzlüğü oranıyla toprak erozyonu arasındaki doğrusal bir ilişki görülmüştür ve bu ilişkide korelasyon katsayısı R^2=0.42-0.48 arasında değişmiştir.

Uygulamalara bağlı olarak verim değerleri; 2013 yılında 3,200-3,810 kg ha^{-1} arasında, 2014 yılında ise 2,210-3,063 kg ha^{-1} arasında değişim göstermiştir. 2012-2013 üretim yılında en iyi sonuç düşey milli rotatiller uygulamasında, 2013-2014 üretim yılında ise en iyi sonuç doğrudan ekim uygulamasında elde edilmiştir. Biyokütle verimi değerleri açısından doğrudan ekim uygulamasından her iki yılda da en yüksek değer elde edilmiştir. 2013; 2014 yılları ile yıllar ortalamasına göre en düşük ve en yüksek buğday tane verimi arasındaki fark sırasıyla % 16.01; % 27.84 ve % 13.78 bulunmuştur.

Uygulamalardan elde edilen verim değerlerinin düşük olması yıl içinde bölgenin yağış ortalamasının ve ortalama sıcaklık değerlerinin vejetasyon döneminde düşük olmasından kaynaklandığı söylenebilir.

Uygulamalar enerji bilançoları açısından değerlendirildiğinde; üretim girdileri içerisinde en yüksek payı tohum enerjisi almış, bunu sırasıyla gübre, yakıt-yağ ve traktör enerjileri takip etmiştir. Enerji çıktı / girdi oranı göz önüne alındığında en büyük oran 2012-2013 ve 2013-2014 yılları için sırasıyla 12.74 ve 11.43 ile doğrudan ekim uygulamasında elde edilirken, bunu düşey milli rototiller + klasik ekim uygulaması takip etmiştir.

Doğrudan ekim yönteminde; girdi miktarının diğer yöntemlerden daha az olması enerji oranının daha yüksek olmasına neden olmuştur.

Net enerji oranı bakımından yapılan değerlendirme sonucunda ise; her iki yılda da doğrudan ekim uygulamasının geleneksel uygulamaya göre sırasıyla % 40.93 ve % 37.41 daha fazla net enerji oranına sahip olduğu tespit edilmiş, en yüksek net enerji oranına sahip olan doğrudan ekim uygulamasının daha karlı bir üretim tekniği olduğu kanaati oluşmuştur. Diğer uygulamalarda da; net enerji oranının geleneksel uygulamaya göre daha büyük olması ve erozyon miktarındaki azalma koruyucu toprak işleme uygulamalarına yönelmemiz gerektiği sonucunu ortaya koymaktadır.

5.2. Öneriler

Denemelerde, her iki yılda da; yakıt tüketimi, tarla trafiği, penetrasyon direnci vb. sonuçları dikkate aldığımızda; tarımsal üretim zincirinde; yoğun toprak işleme uygulamamalarını içeren geleneksel sistemi terkederek azaltılmış toprak işleme uygulamalarını yaygınlaştırmamızın gerekli olduğu görülmektedir.

Azaltılmış toprak işleme uygulamaları (tarla trafiğinin azalması) toprak sıkışmasını azaltır, dolayısıyla penetrasyon direnci düşer, sonuçta bitki kök gelişimi daha iyi olur. Bitki kökleri; su ve besin maddelerini almak ve bunları bitkinin toprak üstü organlarına taşımak gibi önemli fonksiyonlara sahiptir. Toprak üstü vejetatif gelişme ve büyüme, verimi önemli ölçüde etkiler.

Toprağı daha az parçalayan ve daha büyük oranda toprak yüzey düzgünsüzlüğü sağlayan uygulamalar daha az erozyona neden olmaktadır, bu koruyucu toprak işleme uygulamaları açısından önemlidir.

Koruyucu toprak işleme açısından anız yönetimi önemlidir. Anız artıklarının parçalanarak toprağa karıştırılması ve toprak yüzeyinde minumum % 30 düzeyinde tutulması erozyonu önlemek için uygun bir yöntemdir. Toprağa karıştırılan anız artıkları; organik madde artışı, toprak yapısının iyileştirilmesi, su tutma kapasitesinin artırılması gibi faydalar sağlar, toprak yüzeyinde tutulan anız artıkları ise hem toprak nemini muhafaza eder hem de toprakları su ve rüzgar erozyonuna karşı korur.

Azaltılmış toprak işleme uygulamalarında toprak neminin korunmasından dolayı; ürün verim değerleri yüksek olacaktır, girdi enerjileri de düşük olacağı için kârlılık artacaktır.

Ülkemizin tarımda temel güç kaynağı olarak kullandığı traktör de dahil olmak üzere, yakıt (motorin) temininde dışa bağımlı olması acilen alternatif enerji kaynaklarına yönelmemizin gerekli olduğunu ortaya koymaktadır. Diğer taraftan daha da önemlisi;

çevremizi, doğayı ve topraklarımızı korumak ve tarımda sürdürülebilirlik açısından azaltılmış uygulamaları yaygınlaştırmamız gerektiği bir gerçektir.

FAO verilerine göre ülkemizde koruyucu tarım uygulamaları oldukça yetersizdir, koruyucu toprak işleme ve doğrudan ekim uygulamalarının ülkemizde hızla yaygınlaştırılması gerekmektedir, yaptığımız uygulamalarda azaltılmış toprak işleme uygulamalarının enerji ve erozyon açısından olumlu sonuçları görülmüştür.

Koruyucu tarımın en yaygın uygulamalarından olan doğrudan ekim yönteminin; yakıt tüketimi, zaman, işgücü, iş başarısı, erozyon, emisyon vb. yönlerden; azaltılmış toprak işleme ve geleneksel uygulamaya göre daha avantajlı olması ve büyük üretim alanlarında işlemlerin zamanında yapılmasına ve zamanlılık faktörüne bağlı olarak oluşabilecek kayıpların azaltılmasına imkan sağlayacağı için özellikle kurak alanlarda geleneksel uygulamaların yerine ikame edilmesi önemlidir.

Yaptığımız çalışma ülkemizde saha üzerinde rüzgar tüneli ile erozyon tespitine yönelik ilk çalışmadır. Farklı toprak işleme uygulamaları ile farklı lokasyonlarda denemeler yürütülmesi koruyucu tarım uygulamaları açısından önemlidir.

Ülkemizde politika yapıcılara/karar vericilere de erozyon, enerji ve çevre açısından konunun önemi anlatılmalıdır. Koruyucu tarımın; toprak işleme, anız yönetimi ve münavebe ayaklarından oluşan bir sistem olduğu, bu sistemde üreticilerin kar marjında dalgalanmalar olabileceği ve özellikle hayvancılıkta kaba yem ihtiyacı hasat sonrası kalan anız artıkları ile karşılandığından dolayı, bu sorunun da destekleme politikaları ve alternatif üretimlerle çözülebileceği belirtilmelidir.

Konya ili başta olmak üzere ülkemizin bazı illerinde; pullukta yenilik yapmanın zamanının çoktan geçtiğini farketmiş tarım makinaları imalatçıları; koruyucu toprak işlemenin bir bileşeni olan doğrudan ekim makinaları imalatı noktasında belirli bir aşama kaydetmişlerdir. Koruyucu toprak işleme ve doğrudan ekim uygulamalarının özellikle demonstrasyonlar yoluyla tanıtımı yapılmış ve üreticiler tarafından genel olarak kabul görmüştür. Ancak; yeterince teşvik ve destekleme politikalarının oluşturulmaması sistemin yaygınlaşmasını engellemektedir.

Koruyucu toprak işlemenin yaygın kullanıldığı ülkelerde olduğu gibi, ülkemizde de koruyucu toprak işleme ve doğrudan ekim ile ilgili ekipmanların çiftçiler tarafından kiralanabilmelidir. Bu amaçla kurulacak tarım makinaları kiralama şirketleri ve tarımla ilgili sivil toplum kuruluşları; uygulamaların daha geniş kitlelere aktarımı açısından önemli rol oynayacaktır.

Koruyucu tarım uygulamaları ile ilgili eğitim ve yayım faaliyetleri artırılmalı, özellikle uygulamanın içerisinde olan çiftçilere ve teknik elemanlara eğitimler verilmeli, toplumsal duyarlılığın artırılması açısından kamu spotları vb. araçlarla desteklenmeli, milli eğitim bakanlığı müfredatına da alınarak ders olarak okutulmalıdır.

KAYNAKLAR

Acar, R. ve Dursun, S., 2010, Vegetative methods to prevent wind erosion in central Anatolia region, *Int. Journal of Sustainable Water & Environmental Systems*, 1 (1), 25-28.

Adam, K. M. ve Erbach, D., 1992, Secondary tillage tool effect on soil aggregation, *Transactions of the ASAE*, 35 (6), 1771-1776.

Aina, P., 1982, Soil and crop responses to tillage and seedbed configuration in southwestern Nigeria, *Proceedings of the 9th Conference of the International Soil Tillage Research Organization, ISTRO*, Osijek, Yugoslavia, 72-78.

Akbarnia, A. ve Farhani, F., 2014, Study of fuel consumption in three tillage methods, *Research in Agricultural Engineering*, 60 (4), 142-147.

Aksakal, E. L. ve Öztaş, T., 2010, Changes in distribution patterns of soil penetration resistance within a silage-corn field following the use of heavy harvesting equipments, *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 34 (2), 173-179.

Aksakal, E. L., Öztaş, T. ve Özgül, M., 2011, Time-dependent changes in distribution patterns of soil bulk density and penetration resistance in a rangeland under overgrazing, *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 35 (2), 195-204.

Altay, H. ve Tok, H., 1989, Tarla trafiğinin toprak verimliliği üzerindeki etkisi *Tarımsal Mekanizasyon 12. Ulusal Kongresi Bildiri Kitabı*, 12, 454-462.

Altıkat, S., 2011, Doğrudan Ekim Makinalarında Farklı Gömücü Ayak ve İlerleme Hızlarının; Güç ve Yakıt Tüketimi, Toprak Fiziksel Özellikleri, Anız Dağılımı ve Ekim Performansına Etkileri, Doktora Tezi, *Atatürk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tarım Makinaları Anabilim Dalı , 179, Erzurum.*

Anderson, R. S. ve Haff, P., 1991, Wind modification and bed response during saltation of sand in air, In: Aeolian Grain Transport 1, Eds: Springer, p. 21-51.

Anonim, 2014, ZMO Buğday Dosyası [Online], TMMOB Ziraat Mühendisleri Odası, http://www.zmo.org.tr/genel/bizden_detay.php?kod=23218&tipi=17&sube=0: [Ziyaret Tarihi : 21.09.2015].

Anonim, 2015, Enerji kaynakları ve kullanım alanlarına göre toplam enerji tüketimi [Online], Türkiye İstatistik Kurumu, Ankara
www.tuik.gov.tr: [Ziyaret Tarihi : 05.12.2018].

Anonim, 2017, 2016 Yılı Hububat Raporu [Online], Toprak Mahsulleri Ofisi Genel Müdürlüğü, http://www.tmo.gov.tr: [Ziyaret Tarihi : 05.02.2018].

Anonim, 2018a, İşgücü İstatistikleri (Ağustos 2018) [Online], Türkiye İstatistik Kurumu, https://biruni.tuik.gov.tr/isgucuapp/isgucu.zul: [Ziyaret Tarihi : 27.11.2018].

Anonim, 2018b, Türkiye Tahıl Ekim Alanları Oransal Dağılımı [Online], Türkiye İstatistik Kurumu, https://tuik.gov.tr/: [Ziyarat Tarihi : 10.07.2019].

Anonim, 2018c, Türkiye'de Erozyonun Genel Değerlendirilmesi Genel Bilgiler [Online], Çölleşme ve Erozyon Genel Müdürlüğü, http://www.cem.gov.tr/erozyon/AnaSayfa/Erozyonyeni.aspx?sflang=tr: [Ziyaret Tarihi : 13.12.2018].

Anonymous, 1991, Global Assessment of Human-induced Soil Degradation (GLASOD) [Online], ISRIC World Soil İnformation Data Hub, https://data.isric.org/geonetwork/srv/eng/catalog.search#/metadata/9e84c15e-cb46-45e2-9126-1ca38bd5cd22: [Ziyaret Tarihi : 05.01.2019].

Anonymous, 1999, Risk of Human-Induced Desertification Map [Online], 1:100,000,000, Natural Resources Conservation Service Soils, United States Department of Agriculture

https://www.nrcs.usda.gov/wps/portal/nrcs/detail/soils/use/worldsoils/?cid=nrcs142p2_054004: [Ziyaret Tarihi :15.05.2019].

Anonymous, 2002, National Agronomy Manual [Online], United States Department of Agriculture, Natural Resources Conservation Service Soils https://www.nrcs.usda.gov/Internet/FSE_DOCUMENTS/stelprdb1043208.pdf: [Ziyaret Tarihi : 12.05.2017].

Anonymous, 2004, What is conservation agriculture? [Online], FAO, http://www.fao.org/ag: [Ziyaret Tarihi : 10.02.2017].

Anonymous, 2011, Population growth challenge (Climate-action)[online], Nato Dergisi Bakış http://www.nato.int/docu/review/2011/Climate-action/Population_growth_challenge/ TR/index.html [Ziyaret Tarihi: 19 Eylül 2016].

Anonymous, 2014, Conservation Agriculture [Online], AQUATSTAT FAO www.fao/org.ag/ca/6c.htm [Ziyaret Tarihi :10.12.2018].

Anonymous, 2017, World Population Prospects: The 2017 Revision *United Nations, New York* 1-9.

Anonymous, 2018, Conservation Agriculture Case Studies in Latin America and Africa [Online], FAO, http://www.fao.org/3/y1730e/y1730e02.htm: [Ziyaret Tarihi :13.12.2018].

Arkin, G. F. ve Taylor, H. M., 1981, Modifying the root environment to reduce crop stress, St. Joseph : American Society of Agricultural Engineers p. 21-57.

ASAE, 2006, ASAE Standard EP291.3. Terminology and Definitions for Soil Tillage and Soil-Tool Relationships. In ASAE Standards 2006, 131-134. St. Joseph, MI: ASABE.

Aykas, E. ve Önal, İ., 1999, Effects of different tillage seeding and weed control methods on plant growth and wheat yield. 7, *International Congress on Mechanization and Energy in Agriculture*, 26-27.

Aykas, E., Yalçın, H. ve Çakır, E., 2005, Koruyucu toprak işleme yöntemleri ve doğrudan ekim, *Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 42 (3), 195-205.

Aykas, E., Yalçın, H., Önal, İ. ve Evcim, Ü., 2006, İkinci ürün pamuk üretiminde doğrudan ekim uygulama olanakları, *TÜBİTAK Proje No: TOVAG*, 2675, 118.

Azarpour, E., Moraditochaee, M. ve Reza, H., 2012, Evaluating energy balance and energy indices of wheat production in rain-fed farming in northern Iran, *African Journal of Agricultural Research*, 7 (12), 1950-1955.

Bagnold, R., 1941, The physics if blowing sand and desert dunes. Progress in Physical Geography London, Methuen. 18,1 (1994)**:** 96.

Bal, H., 1985, Toprak sıkışması sorunları ve çözüm yolları, *Tarımsal Mekanizasyon 9. Ulusal Kongresi*, 9, 131-138.

Ball, B. ve Robertson, E., 1990, Straw incorporation and tillage methods: straw decomposition, denitrification and growth and yield of winter barley, *Journal of Agricultural Engineering Research*, 46, 223-243.

Baran, M. F., Aydın, B., Kurşun, İ., Kayhan, İ. E., Bayhan, Y. ve Durgut, M. R., 2016, Trakya Bölgesinde Silajlık Mısır ve Ayçiçeği Üretiminde Uygulanabilecek Farklı Toprak İşleme Yöntemlerinin Karşılaştırılması, *Tarım Makinaları Bilimi Dergisi*, 12 (1), 69-77.

Baran, M. F. ve Karaağaç, H. A., 2016, Kışlık Ara Ürün Sonrası (Buğday-Fiğ) İkinci Ürün Olarak Yetiştirilen Silajlık Mısır Üretiminde Farklı Toprak İşleme ve Ekim Yöntemlerinin Enerji Bilançosu (2. Yıl Sonuçları), *Journal of Adnan Menderes University, Agricultural Faculty*, 13 (1).

Barut, Z. B., Çelik, İ. ve Turgut, M. M., 2010, Buğday tarımında farklı toprak işleme sistemlerinin toprağın bazı fiziksel özelliklerine etkisi, *Tarım Makinaları Bilimi Dergisi*, 6 (4), 237-246.

Barut, Z. B., Ertekin, C. ve Karaagac, H. A., 2011, Tillage effects on energy use for corn silage in Mediterranean Coastal of Turkey, *Energy*, 36 (9), 5466-5475.

Basaran, M., Erpul, G., Uzun, O. ve Gabriels, D., 2011, Comparative efficiency testing for a newly designed cyclone type sediment trap for wind erosion measurements, *Geomorphology*, 130 (3-4), 343-351.

Bateman, H. P., 1959, Effects of basic tillage methods and soil compaction on corn production, *Bulletin (University of Illinois (Urbana-Champaign campus). Agricultural Experiment Station); no. 645*.

Bayhan, Y., Gönülol, E., Yalçın, H. ve Kayışoğlu, B., 2001, İkinci Ürün Silajlık Mısır Tarımında Azaltılmış Toprak İşleme ve Doğrudan Ekim Uygulamaları *Tarımsal Mekanizasyon 20. Ulusal Kongresi*, 13-15.

Bayhan, Y., Kayisoglu, B., Gonulol, E., Yalcin, H. ve Sungur, N., 2006, Possibilities of direct drilling and reduced tillage in second crop silage corn, *Soil and Tillage Research*, 88 (1-2), 1-7.

Bayhan, Y., 2016, İkinci Ürün Ayçiçeği Üretiminde Farklı Toprak İşleme ve Doğrudan Ekim Yöntemlerinin Enerji Kullanım Etkinliğinin Karşılaştırılması, *Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi*, 13 (2), 102-109.

Bielders, C. L., Michels, K. ve Rajot, J.-L., 2000, On-farm evaluation of ridging and residue management practices to reduce wind erosion in Niger, *Soil Science Society of America Journal*, 64 (5), 1776-1785.

Black, A. ve Bauer, A., 1990, Stubble height effect on winter wheat in the northern Great Plains: II. Plant population and yield relations, *Agronomy journal*, 82 (2), 200-205.

Black, C. A., 1965, Methods of Soil Analysis Part 1 and 2, American Society Of Agronomy, Inc.; USA. 9**:** 1-26.

Blanco-Canqui, H. ve Lal, R., 2010, In: Principles of soil conservation and management, Eds: Springer, p. 123-257.

Bonari, E., Mazzoncini, M. ve Peruzzi, A., 1995, Effects of conventional and minimum tillage on winter oilseed rape (Brassica napus L.) in a sandy soil, *Soil and Tillage Research*, 33 (2), 91-108.

Borin, M., Menini, C. ve Sartori, L., 1997, Effects of tillage systems on energy and carbon balance in north-eastern Italy, *Soil and Tillage Research*, 40 (3-4), 209-226.

Bouaziz, A. ve Bruckler, L., 1989, Modeling of wheat imbibition and germination as influenced by soil physical properties, *Soil Science Society of America Journal*, 53 (1), 219-227.

Bouyoucos, G. J., 1951, A recalibration of the hydrometer method for making mechanical analysis of soils 1, *Agronomy journal*, 43 (9), 434-438.

Bowers, W., 1992, Agricultural field equipment, *Energy in farm production*, 6, 117-129.

Boydaş, M., 2007, Effect of different soil tillage implements and working speeds on soil surface roughness, *Akdeniz Univ. Agr. Fac. J*, 20, 111-117.

Bulut, O. ve Altuntaş, E., 2015, The effects of the different soil tillage systems on soil properties, emergence and wheat yield in Sivas province, *Gaziosmanpaşa Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 32 (3), 39-51.

Burkhardt, T., Kepner, R. ve Miller, G., 1975, Management of rice straw by soil incorporation, *Transactions of the ASAE*, 18 (3), 434-0438.

Busscher, W. ve Sojka, R., 1987, Enhancement of subsoiling effect on soil strength by conservation tillage, *Transactions of the ASAE*, 30 (4), 888-0892.

Camp, C. ve Lund, Z., 1968, Effect of mechanical impedance on cotton root growth, *Transactions of the ASAE*, 11 (2), 188-0190.

Canakci, M., Topakci, M., Akinci, I. ve Ozmerzi, A., 2005, Energy use pattern of some field crops and vegetable production: Case study for Antalya Region, Turkey, *Energy conversion and Management*, 46 (4), 655-666.

Cannell, R., 1984, Straw incorporation in relation to soil conditions and crop growth, *Outlook on Agriculture*, 13 (3), 130-135.

Carter, M. ve Rennie, D., 1985, Soil temperature under zero tillage systems for wheat in Saskatchewan, *Canadian journal of soil science*, 65 (2), 329-338.

Cavalaris, C. ve Gemtos, T., 2004, Evaluation of tillage efficiency and energy requirements for five methods of soil preparation in the sugar beet crop, *Conf. Book of Energy Efficiency and Agricultural Engineering. June*, 3-5.

Celebi, H., 1971, Investigation of wind erosion on a special research field in Konya, Karapinar *Journal Article*, 35-47.

Cerdà, A., 1996, Soil aggregate stability in three Mediterranean environments, *Soil technology*, 9 (3), 133-140.

Chepil, W., 1945, Dynamics of wind erosion: I. Nature of movement of soil by wind, *Soil Science*, 60 (4), 305-320.

Chepil, W., 1950a, Properties of soil which influence wind erosion: 11. Dry aggregate structure as an index of erodibility, *Soil Sci*, 69, 403-414.

Chepil, W., 1950b, Properties of soil which influence wind erosion: I. The governing principle of surface roughness, *Soil Science*, 69 (2), 149-162.

Chepil, W., 1957, Sedimentary characteristics of dust storms: III. Composition of suspended dust, *Am. J. Sci*, 255 (3), 206-213.

Chepil, W., 1959, Wind erodibility of farm fields, *Journal of Soil and Water Conservation*, 14 (5), 214-219.

Chepil, W., 1962, Stubble mulching to control erosion, *Proceedings of the Great Plains Council Workshop on Stubble Mulch Farming, Lincoln, Nebraska, February*, 8.

Chepil, W. ve Woodruff, N., 1963, The physics of wind erosion and its control, In: Advances in agronomy, Eds: Elsevier, p. 211-302.

Chevalier, P. ve Ciha, A., 1986, Influence of Tillage on Phenology and Carbohydrate Metabolism of Spring Wheat 1, *Agronomy journal*, 78 (2), 296-300.

Cole, G. W. ve Higgins, J. J., 1985, A probability criterion for acceptable soil erosion, *Transactions of the ASAE*, 28 (6), 1921-1926.

Cookson, W. R., Murphy, D. V. ve Roper, M. M., 2008, Characterizing the relationships between soil organic matter components and microbial function and composition along a tillage disturbance gradient, *Soil Biology and Biochemistry*, 40 (3), 763-777.

Cornelis, W. M., Gabriels, D. ve Hartmann, R., 2004, A conceptual model to predict the deflation threshold shear velocity as affected by near-surface soil water, *Soil Science Society of America Journal*, 68 (4), 1154-1161.

Çanga, M., 1995, Toprak ve su koruma, *A.Ü. Ziraat Fakültesi Yayınları* (1386).

Çarman, K., Öğüt, H. ve Peker, A., 1992, Altınova Tarım İşletmesinde Üretimi Yapılan Bazı Tarımsal Ürünler İçin Tarla Trafiğinin Araştırılması, *S.Ü. Ziraat Fakültesi Dergisi, Konya*, 2 (4), 79-86.

Çarman, K. ve Konak, M., 1996 Anızda kullanılabilen ağır tip diskli tırmığın bazı işletme karakteristiklerinin toprak özelliklerine etkisi. 6. Uluslararası Tarımsal Mekanizasyon ve Enerji Kongresi, **:** 502 – 509.

Çarman, K., 1997, Effect of different tillage systems on soil properties and wheat yield in Middle Anatolia, *Soil and Tillage Research*, 40 (3-4), 201-207.

Çarman, K. ve Marakoğlu, T., 2007, Nohut üretiminde azaltılmış toprak işleme ve direk ekim uygulamalarının karşılaştırılması, *EÜ ZF Tarım Makinaları Bölümü Çalıştaylar Dizisi* (10), 2.

Çarman, K., Marakoğlu, T., Çıtıl, E. ve Gür, K., 2012, Kuyruk Milinden Hareketli Bazı Toprak İşleme Makinelerinin Koruyucu Toprak İşleme Açısından Değerlendirilmesi, *Tarım Makinaları Bilimi Dergisi*, 8 (4), 345-352.

Çelik, A., 2009, Anıza doğrudan ekim makinalarının performansına etkili faktörler, *Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 40 (2), 101-108.

Çelik, A., Altıkat, S. ve Turgut, N., 2009, Farklı tip anıza doğrudan ekim makinalarının değişik anız koşullarında, çizi özellikleri ve anız dağılımı yönünden karşılaştırılması. 25, *Tarımsal Mekanizasyon Ulusal Kongresi Bildiri Kitabı, Isparta*.

Çetin, M., Özgöz, E. ve Gürhan, R., 2005, İkinci ürün yetiştiriciliğinde farklı toprak işleme sistemlerinin toprağın bazı fiziko-mekanik özelliklerine etkisi, GOÜ. Ziraat Fakültesi Dergisi, 2005, 22 (1), 31-36.

Çetin, M., Akbaş, T. ve Şimşek, E., 2009, Farklı Toprak İşleme Alet ve Makinalarının Toprağın Penetrasyon Direncine Etkilerinin Belirlenmesi. 25, *Tarımsal Mekanizasyon Ulusal Kongresi, Isparta*.

Çıtıl, E. ve Hacıseferoğulları, H., 2010, Şeker Pancarı Üretiminde Farklı Tohum Yatağı Hazırlama Uygulamalarının Bazı Toprak ve Çimlenme Özelliklerine Etkisi, *Selcuk Journal of Agriculture and Food Sciences*, 24 (1), 39-46.

Demiralay, İ., 1977, Toprak fiziği uygulaması, *Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları, Erzurum*.

Demiryürek, M., Okur, M. ve Taysun, A., 2007, The amount of sediment carried by wind erosion and its distrubution in karapınar wind erosion area and seasonal effects on soil pecularities and dry agregates, *Turkish National AGRIS Center*.

Diepenbrock, W., Pelzer, B. ve Radtke, B., 1995, Energiebilanz im Ackerbaubetrieb: Wulf Diepenbrock, Björn Pelzer, Jörn Radtke, Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft, p.

Doan, V., Chen, Y. ve Irvine, B., 2005, Effect of oat stubble height on the performance of no-till seeder openers, *Canadian Biosystems Engineering*, 47 (2), 37-44.

Doğan, H. ve Çarman, K., 1997, Konya bölgesinde hububat tarımında tohum yatağı hazırlama uygulamalarının toprağın bazı fiziksel özellikleri ve yakıt tüketimine etkileri, *Tarımsal Mekanizasyon*, 17, 337-347.

Doğan, O., 2011, Türkiye'de erozyon sorunu nedenleri ve çözüm önerileri, *Bilim ve Aklın Aydınlığında Eğitim*, 134, 62-69.

Doğan, T., Aydın Bilgehan, G. ve YALÇIN, İ., 2003, Pamuk Sapı Bulunan Ve Bulunmayan Toprakta Tohum Yatağı Hazırlama Yöntemlerinin Toprağın Bazı Fiziksel Karakteristikleri Ve Agregat Stabilitesine Etkileri. Koruyucu Toprak İşleme ve Doğrudan Ekim Çalıştayı, E.Ü.Z.F. Tarım Makinaları Bölümü Çalıştaylar Dizisi. 6**:** 143-154.

Doran, J., Elliott, E. ve Paustian, K., 1998, Soil microbial activity, nitrogen cycling, and long-term changes in organic carbon pools as related to fallow tillage management, *Soil and Tillage Research*, 49 (1-2), 3-18.

Durdiyev, D. ve Dursun, E., 2002, Sap Parçama ve Farklı Toprak İşleme Yöntemlerinin Mısır Saplarının Toprağa Karıştırılmasına Etkilerinin Belirlenmesi, *Tarım Bilimleri Dergisi*, 8 (1), 79-87.

Düzgüneş, O., Kesici, T., Kavuncu, O. ve Gürbüz, F., 1987, Araştırma ve Deneme Metotları (İstatistik Metodları II) AÜ Ziraat Fakültesi Yayın No: 1021, *Ders kitabı*, 295.

Eck, K. J. ve Brown, D. E., 2001, Managing Crop Residue with Farm Machinery, *Agronomy Guide. Purdue University Cooperative Extension Service.*

Ekeberg, E. ve Riley, H., 1997, Tillage intensity effects on soil properties and crop yields in a long-term trial on morainic loam soil in southeast Norway, *Soil and Tillage Research*, 42 (4), 277-293.

Erbach, D. C., 1987, Soil compaction and crop growth, *SAE Technical Paper*.

Erdal, G., Esengün, K., Erdal, H. ve Gündüz, O., 2007, Energy use and economical analysis of sugar beet production in Tokat province of Turkey, *Energy*, 32 (1), 35-41.

Erinç, S., 1963, İç Anadolu Karapınar Çevresindeki Kum Reliefi Hakkında, *İstanbul Üniv. Coğrafya Enstitüsü Dergisi C*, 17, 13.

Eswaran, H., Reich, P. ve Beinroth, F., 1998, Global Desertification Tension Zones | NRCS Soils. USDA Natural Resources Conservation Service, Washington DC.

Ferreras, L., Costa, J., Garcia, F. ve Pecorari, C., 2000, Effect of no-tillage on some soil physical properties of a structural degraded Petrocalcic Paleudoll of the southern "Pampa" of Argentina, *Soil and Tillage Research*, 54 (1-2), 31-39.

Frevert, R. K., Schwab, G. O., Edminster, T. W. ve Barnes, K. K., 1955, Soil and water conservation engineering, 1, LWW, p.

Funk, R., 1993, Vorstellung eines Windkanals zur Prozessforschung in der Wind erosion. , *Mitteilungen der Deutschen Bodenkundlichen Gesellschaft (Proceedings of the German Soil Science Society)*, 92, , 77–80.

Gabriels, D. ve Cornelis, W., 2007, Soil Erosion Processes and Controls, In, Eds, *Faculty of Bioscience Engineering, Ghent University*: International Centre for Eromology, p. 1-18.

Genç, İ., 1974, Yerli ve yabancı ekmeklik ve makarnalık buğday çeşitlerinde verim ve verime etkili başlıca karakterler üzerinde araştırmalar, *Çukurova Üniv. Ziraat Fak. Yay* (82).

Gerontidis, D. S., Kosmas, C., Detsis, B., Marathianou, M., Zafirious, T. ve Tsara, M., 2001, The effect of moldboard plow on tillage erosion along a hillslope, *Journal of Soil and Water Conservation*, 56 (2), 147-152.

Ghuman, B. ve Sur, H., 2001, Tillage and residue management effects on soil properties and yields of rainfed maize and wheat in a subhumid subtropical climate, *Soil and Tillage Research*, 58 (1-2), 1-10.

Gillette, D. A., Adams, J., Muhs, D. ve Kihl, R., 1982, Threshold friction velocities and rupture moduli for crusted desert soils for the input of soil particles into the air, *Journal of Geophysical Research: Oceans*, 87 (C11), 9003-9015.

Gomes, L., Arrue, J., Lopez, M., Sterk, G., Richard, D., Gracia, R., Sabre, M., Gaudichet, A. ve Frangi, J., 2003, Wind erosion in a semiarid agricultural area of Spain: the WELSONS project, *Catena*, 52 (3-4), 235-256.

Gomez, A., Powers, R., Singer, M. ve Horwath, W., 2002, Soil compaction effects on growth of young ponderosa pine following litter removal in California's Sierra Nevada, *Soil Science Society of America Journal*, 66 (4), 1334-1343.

Gómez, J., Giráldez, J., Pastor, M. ve Fereres, E., 1999, Effects of tillage method on soil physical properties, infiltration and yield in an olive orchard, *Soil and Tillage Research*, 52 (3-4), 167-175.

Gökçebay, B., 1983, Pulluksuz tarıma doğru, *Tarım ve Mühendislik*, 14, 43-47.

Gökçebay, B., 1988, Birleştirilmiş tohum yatağı hazırlığı ve ekim yöntemlerinin toprak fiziksel özellikleri ve verim üzerine etkileri, *Ankara*, Ankara Üniversitesi, p.

Gökdoğan, O. ve Sevim, B., 2016, Determination of energy balance of wheat production in Turkey: a case study of Eskil district of Aksaray Province.

Göknur, İ. ve Özarslan, C., 1995, Yerli Yapım Bazı Kulaklı Pulluklarla Çalışmada Traktör İlerleme Hızının Yüzey Artıklarının Gömülme Oranına Etkisi, *Tarımsal Mekanizasyon*, 16, 362-369.

Gözübüyük, Z., Öztürk, İ., Demir, O. ve Çelik, A., 2010, Ayçiçeğinde Farklı Toprak İşleme–Ekim Sistemlerinin Bazı İşletme Parametreleri Yönünden Karşılaştırılması, *Tarım Makinaları Bilimi Dergisi*, 6 (4), 253-259.

Gözübüyük, Z., Öztürk, İ., Demir, O. ve Çelik, A., 2012, Erzurum kuru tarım koşullarında farklı toprak işleme–ekim sistemlerinin toprak nem değişimine etkisi, *Tarım Makinaları Bilimi Dergisi*, 8 (4), 365-374.

Gözübüyük, Z., Öztürk, İ., Çelik, A., Evren, S., Daşçı, E. ve Adıgüzel, M. C., 2015, Ayçiçeği Üretiminde Farklı Toprak İşleme–Ekim Sistemlerinin Enerji Kullanım Etkinliği Yönünden Karşılaştırılması, *Tarım Makinaları Bilimi Dergisi*, 11 (2), 113-119.

Gözübüyük, Z., Öztaş, T., Çelik, A., Yıldız, T. ve Adıgüzel, M. C., 2017, Farklı toprak işleme ve ekim yöntemlerinin toprağın bazı fiziksel özellikleri üzerine etkisi, *Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Dergisi*, 5 (2), 48-54.

Gray, A. W., Harman, W., Richardson, J., Wiese, A., Regier, G., Zimmel, P. ve Lansford, V., 1997, Economic and financial viability of residue management: an application to the Texas High Plains, *Journal of production agriculture*, 10 (1), 175-183.

Greeley, R. ve Iversen, J., 1985, Wind as a geological process, no. 4 in Cambridge Planetary Science Series, *Cambridge Univ. Press, New York, NY*, 3 (3), 3.2.

Griffith, D. ve Parsons, S., 1981, Energy Requipments for Various Tillage–Planthing Systems.(Tillage) Id–141, Coop, *Ext. Ser. Purdue Uni. Indiana*.

Gupta, S., 1990, Development of guides on the susceptibility of soils to excessive compaction.

Güler, İ. ve Bal, H., 1984, Türkiye hububat tarımında toprak işleme ve ekim teknikleri, *2nd International Symposium on Mechanization and Energy in Agriculture*, 244-250.

Gültekin, R., Aykanat, S., Korkmaz, Y. ve Karaağaç, H. A., 2016, Buğday Üretiminde Farklı Toprak İşleme ve Ekim Yöntemlerinin Enerji Bilançosu, *Tarım Makinaları Bilimi Dergisi*, 12 (1), 59-64.

Gürsoy, S. ve Kolay, B., 2012, Buğday Hasadı Sonrası Farklı Toprak İşleme Yöntemlerinin Toprağın Bazı Fiziksel Özelliklerine ve Mercimeğin Çıkış Oranına Etkisi, *Selçuk Tarım Bilimleri Dergisi*, 26 (3), 50-56.

Hacıseferoğulları, H., Çarman, K., Demir, F. ve Özer, A., 1999, Bazı Şeker Pancarı Üretim Alanlarında Ekim ve Ekim Sonrasına Ait Gözlem Sonuçlarının Değerlendirilmesi, *Şeker Pancarı Tarım Tekniği*, 1, 17-25.

Hagen, L., Wagner, L., Tatarko, J., Skidmore, E., Durar, A., Steiner, L., Schomberg, H., Retta, A., Armbrust, D. ve Zobeck, T., 1995, Wind erosion prediction system: technical description, *Proceedings of WEPP/WEPS Symposium, August*.

Håkansson, I. ve Lipiec, J., 2000, A review of the usefulness of relative bulk density values in studies of soil structure and compaction, *Soil and Tillage Research*, 53 (2), 71-85.

Hargrove, W., Reid, J., Touchton, J. ve Gallaher, R., 1982, Influence of Tillage Practices on the Fertility Status of an Acid Soil Double-Cropped to Wheat and Soybeans 1, *Agronomy journal*, 74 (4), 684-687.

Hemmat, A. ve Eskandari, I., 2004, Tillage system effects upon productivity of a dryland winter wheat–chickpea rotation in the northwest region of Iran, *Soil and Tillage Research*, 78 (1), 69-81.

Hernández, T. D. B., Slater, B. K., Corbalá, R. T. ve Shaffer, J. M., 2019, Assessment of long-term tillage practices on physical properties of two Ohio soils, *Soil and Tillage Research*, 186, 270-279.

Hernanz, J., Giron, V. ve Cerisola, C., 1995, Long-term energy use and economic evaluation of three tillage systems for cereal and legume production in central Spain, *Soil and Tillage Research*, 35 (4), 183-198.

Hewitt, J. ve Dexter, A., 1980, Effects of tillage and stubble management on the structure of a swelling soil, *Journal of soil science*, 31 (2), 203-215.

Hong, S.-W., Lee, I.-B., Seo, I.-H., Kwon, K.-S., Kim, T.-W., Son, Y.-H. ve Kim, M., 2014, Measurement and prediction of soil erosion in dry field using portable wind erosion tunnel, *Biosystems Engineering*, 118, 68-82.

Huang, G., Zhang, R., Li, G., Li, L., Chan, K., Heenan, D., Chen, W., Unkovich, M., Robertson, M. ve Cullis, B. R., 2008, Productivity and sustainability of a spring wheat–field pea rotation in a semi-arid environment under conventional and conservation tillage systems, *Field Crops Research*, 107 (1), 43-55.

Hughes, K. ve Baker, C., 1977, Tractor fuel requirements of two tillage systems and zero-tillage, *New Zealand Journal of Experimental Agriculture*, 5 (4), 377-380.

İleri, M. S., 2015, Türkiye Tarım Makinaları Sektörü Sektör Raporu, , *TARMAKBİR, ANKARA*.

Iversen, J. D., Greeley, R., Marshall, J. R. ve Pollack, J. B., 1987, Aeolian saltation threshold: the effect of density ratio, *Sedimentology*, 34 (4), 699-706.

Jordán, A., Zavala, L. M. ve Gil, J., 2010, Effects of mulching on soil physical properties and runoff under semi-arid conditions in southern Spain, *Catena*, 81 (1), 77-85.

Juchnevičienė, A., Raudonius, S., Avižienytė, D., Romaneckas, K. ve Bogužas, V., 2012, Effect of long-term reduced soil tillage and direct seeding on winter wheat crop, *Žemės u¯kio Mokslai*, 19 (3), 139-150.

Kallivroussis, L., Natsis, A. ve Papadakis, G., 2002, RD—rural development: the energy balance of sunflower production for biodiesel in Greece, *Biosystems Engineering*, 81 (3), 347-354.

Kaltschmitt, M. ve Reinhardt, G., 1997, Nachwachsende Energieträger-Grundlagen, *Verfahren, ökologische Bilanzierung, Braunschweig/Wiesbaden (Vieweg-Verlag)*.

Kamburoğlu, İ., 2001, Kırklareli kuru tarım koşullarında buğday tarımında toprak işlemesiz, azaltılmış toprak işlemeli ve geleneksel toprak işlemeli sistemlerin toprağın rutubet değişimine ve ürün verimine etkisi, *Trakya Toprak ve Su Kaynakları Sempozyumu*, 24-27.

Karakaya, N. E. ve Yıldız, O., 1990, Çukurova Bölgesinde Pamuktan Sonra Buğday Tarımında Uygulanan Toprak İşleme ve Ekim Yöntemlerinin Ürün Verimi, Zaman Tüketimi ve Ekonomik Açıdan Karşılaştırılması. 4. Uluslararası Tarımsal Mekanizasyon ve Enerji Kongresi. **:** S.104. .

Kassam, A., Friedrich, T., Derpsch, R. ve Kienzle, J., 2015, Overview of the worldwide spread of conservation agriculture, *Field Actions Science Reports. The Journal of Field Actions*, 8.

Kayışoğlu, B., Taşeri, L. ve Bayhan, Y., 1996, İkinci sınıf toprak işleme aletlerinin toprağın bazı fiziksel özellikleri ve agregat stabilitesine etkisi. 6, *Uluslararası Tarımsal Mekanizasyon ve Enerji Kongresi, s*, 594-603.

Keçecioğlu, G. ve Gülsoylu, E., 2002, Toprak İşleme Makinaları, *EÜ Ziraat Fakültesi Yayınları* (545), 265.

Kellman, M. C., 1969, Some environmental components of shifting cultivation in upland Mindanao, *Journal of Tropical Geography*.

Kelly, T. C., Lu, Y.-c. ve Teasdale, J., 1996, Economic-environmental tradeoffs among alternative crop rotations, *Agriculture, ecosystems & environment*, 60 (1), 17-28.

Khaledian, M., Mailhol, J.-C., Ruelle, P., Mubarak, I. ve Perret, S., 2010, The impacts of direct seeding into mulch on the energy balance of crop production system in the SE of France, *Soil and Tillage Research*, 106 (2), 218-226.

Konak, M., Marakoğlu, T. ve Özbek, O., 2004, Misir Üretiminde Enerji Bilançosu, *Selcuk Journal of Agriculture and Food Sciences*, 18 (34), 28-30.

Korucu, T., Kirişçi, V. ve Görücü, S., 1998, Korumalı toprak işleme ve Türkiye'deki uygulamaları, *Tarımsal Mekanizasyon*, 18, 321-333.

Košutić, S., Filipović, D., Gospodarić, Z., Husnjak, S., Kovačev, I. ve Čopec, K., 2005, Effects of different soil tillage systems on yield of maize, winter wheat and soybean on albic luvisol in north-west slavonia, *Journal of central European agriculture*, 6 (3), 241-248.

Kosutiç, S., Filipoviç, D. ve Gospodariç, Z., 2001, Maize and winter wheat production with different soil tillage systems on silty loam, *Agricultural and Food Science*, 10 (2), 81-90.

Köller, K., 2003, Conservation tillage-technical, ecological and economic aspects, *Conservation Tillage and Direct Seeding Workshop, Izmir, pag*, 9-34.

Kumar, V., Saharawat, Y. S., Gathala, M. K., Jat, A. S., Singh, S. K., Chaudhary, N. ve Jat, M., 2013, Effect of different tillage and seeding methods on energy use efficiency and productivity of wheat in the Indo-Gangetic Plains, *Field Crops Research*, 142, 1-8.

Küçükalbay, M. ve Akbolat, D., 2015, Nohut Yetiştiriciliğinde Farklı Toprak İşleme ve Ekim Yöntemlerinin İncelenmesi, *SDU Journal of the Faculty of Agriculture/SDÜ Ziraat Fakültesi Dergisi*, 10 (2).

Lal, R., 1998, Soil erosion impact on agronomic productivity and environment quality, *Critical reviews in plant sciences*, 17 (4), 319-464.

Leys, J., 1990, Blow or grow? A soil conservationists view to cropping mallee soils, In: The Mallee Lands, A Conservation Perspective, Eds: CSIRO Publishing Melbourne, p. 280-286.

Leys, J. ve Raupach, M., 1991, Soil flux measurements using a portable wind erosion tunnel, *Soil Research*, 29 (4), 533-552.

Liu, B., Qu, J., Ning, D., Han, Q., Yin, D. ve Du, P., 2019, WECON: A model to estimate wind erosion from disturbed surfaces, *Catena*, 172, 266-273.

Liu, M.-X., Wang, J.-A., Yan, P., Liu, L.-Y., Ge, Y.-Q., Li, X.-Y., Hu, X., Song, Y. ve Wang, L., 2006, Wind tunnel simulation of ridge-tillage effects on soil erosion from cropland, *Soil and Tillage Research*, 90 (1-2), 242-249.

Logsdon, S. ve Cambardella, C., 2000, Temporal changes in small depth-incremental soil bulk density, *Soil Science Society of America Journal*, 64 (2), 710-714.

Lopez, M., 1998, Wind erosion in agricultural soils: an example of limited supply of particles available for erosion, *Catena*, 33 (1), 17-28.

López, M., Gracia, R. ve Arrue, J., 2000, Effects of reduced tillage on soil surface properties affecting wind erosion in semiarid fallow lands of Central Aragon, *European Journal of Agronomy*, 12 (3-4), 191-199.

Lyles, L. ve Krauss, R., 1971, Threshold velocities and initial particle motion as influenced by air turbulence, *Trans. ASAE*, 14 (3), 563-566.

Lyles, L. ve Allison, B. E., 1980, Range grasses and their small grain equivalents for wind erosion control, *Journal of Range Management*, 143-146.

Mandal, B., Saha, A., Dhara, M. ve Bhunia, S., 1994, Effects of zero and conventional tillage on winter oilseed crops in West Bengal, *Soil and Tillage Research*, 29 (1), 49-57.

Mandal, D., Sharda, V. ve Tripathi, K., 2010, Relative efficacy of two biophysical approaches to assess soil loss tolerance for Doon Valley soils of India, *Journal of Soil and Water Conservation*, 65 (1), 42-49.

Mandal, K., Saha, K., Ghosh, P., Hati, K. ve Bandyopadhyay, K., 2002, Bioenergy and economic analysis of soybean-based crop production systems in central India, *Biomass and Bioenergy*, 23 (5), 337-345.

Marakoğlu, T. ve Çarman, K., 2008, Buğday Üretiminde Azaltılmış Toprak İşleme ve Direk Ekim Uygulamaları, *Selçuk Tarım Bilimleri Dergisi*, 22 (46), 73-76.

Marakoğlu, T. ve Çarman, K., 2010, Energy balance of direct seeding applications used in wheat production in middle Anatolia, *African Journal of Agricultural Research*, 5 (10), 988-992.

Marakoğlu, T., Özbek, O. ve Çarman, K., 2010, Nohut üretiminde farklı toprak işleme sistemlerinin enerji bilançosu, *Tarım Makinaları Bilimi Dergisi*, 6 (4), 229-235.

Maurer, T., Herrmann, L., Gaiser, T., Mounkaila, M. ve Stahr, K., 2006, A mobile wind tunnel for wind erosion field measurements, *Journal of arid environments*, 66 (2), 257-271.

McCarthy, J., Pfost, D. ve Currence, H., 1993, Direct planting and residue management to reduce soil erosion, *Agricultural Publication G*, 1650.

McEwan, I. ve Willetts, B., 1991, Numerical model of the saltation cloud, In: Aeolian Grain Transport 1, Eds: Springer, p. 53-66.

McNabb, D., Startsev, A. ve Nguyen, H., 2001, Soil wetness and traffic level effects on bulk density and air-filled porosity of compacted boreal forest soils, *Soil Science Society of America Journal*, 65 (4), 1238-1247.

McVay, K., Budde, J., Fabrizzi, K., Mikha, M., Rice, C., Schlegel, A., Peterson, D., Sweeney, D. ve Thompson, C., 2006, Management effects on soil physical properties in long-term tillage studies in Kansas, *Soil Science Society of America Journal*, 70 (2), 434-438.

Mendez, M. J. ve Buschiazzo, D. E., 2010, Wind erosion risk in agricultural soils under different tillage systems in the semiarid Pampas of Argentina, *Soil and Tillage Research*, 106 (2), 311-316.

Meyer, L. ve Mannering, J., 1963, Crop residues as surface mulches for controlling erosion on sloping land under intensive cropping, *Transactions of the ASAE*, 6 (4), 322-0323.

Middleton, N., Goudie, A. ve Wells, G., 1986, The frequency and source areas of dust storms, *Aeolian geomorphology*, 237-259.

Mileusnić, Z., Petrović, D. ve Đević, M., 2010, Comparison of tillage systems according to fuel consumption, *Energy*, 35 (1), 221-228.

Mirreh, H. ve Ketcheson, J., 1972, Influence of soil bulk density and matric pressure on soil resistance to penetration, *Canadian journal of soil science*, 52 (3), 477-483.

Moerschner, J. ve Gerowitt, B., 1998, Energiebilanzen von Raps bei unterschiedlichen Anbauintensitäten, *LANDTECHNIK–Agricultural Engineering*, 53 (6), 384-385.

Moreno, M., Lacasta, C., Meco, R. ve Moreno, C., 2011, Rainfed crop energy balance of different farming systems and crop rotations in a semi-arid environment: Results of a long-term trial, *Soil and Tillage Research*, 114 (1), 18-27.

Mulumba, L. N. ve Lal, R., 2008, Mulching effects on selected soil physical properties, *Soil and Tillage Research*, 98 (1), 106-111.

Munsuz, N., 1985, Toprak mekaniği ve teknolojisi, *Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları. Ders Kitabı* (260).

Mutchler, C. ve Greer, J., 1984, Reduced tillage for soybeans, *Transactions of the ASAE*, 27 (5), 1364-1369.

Negiş, H., 2014, Şeker pancarı tarımında dönemsel toprak sıkışmasının belirlenmesi, *Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Yüksek Lisans Tezi.

Nickling, W. ve Gillies, J., 1989, Emission of fine-grained particulates from desert soils, In: Paleoclimatology and Paleometeorology: modern and past patterns of global atmospheric transport, Eds: Springer, p. 133-165.

Okello, A., 1991, A review of soil strength measurement techniques for prediction of terrain vehicle performance, *Journal of Agricultural Engineering Research*, 50, 129-155.

Oni, K. ve Adeoti, J., 1986, Tillage effects on differently compacted soil and on cotton yield in Nigeria, *Soil and Tillage Research*, 8, 89-100.

Owen, P., 1985, Wind tunnel constraint on saltation, *Proceedings on International Workshop on the Physics of Blown Sand, University of Aarhus, Aarhus, Denmark, 1985*, 253-269.

Ozkan, B., Akcaoz, H. ve Fert, C., 2004, Energy input-output analysis in Turkish agriculture (vol 29, pg 39, 2004), *Renewable energy*, 29 (6), 1003-1003.

Önal, İ., 1981, Seyreltme yönünden değişik ekim metotlarının matematik-istatistik esasları ve ülkemiz koşullarında pamuk seyreltmesinin mekanizasyon olanakları üzerinde bir araştırma, *Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları* (388).

Önal, İ. ve Tozan, M., 1986, Sanayi tipi domates yetiştiriciliğinde alternatif üretim sistemlerinin işgücü gereksinmeleri ve enerji bilançosu. 10, *Ulusal Tarımsal Mekanizasyon Kongresi, s*, 216-228.

Önal, İ., 1995, Ekim, Bakım, Gübreleme Makinaları, *Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları*, 490.

Önal, İ. ve Aykas, E., 1997, Hasat sonrası pamuk saplarının toprağa kazandırılmasında kullanılan teknik ve makinalar, *Tarımsal Mekanizasyon 17. Ulusal Kongresi Bildiri Kitabı*, 17-19.

Önal, İ., 2012, Controlled Traffic farming and Wide span tractors, *Tarım Makinaları Bilimi Dergisi*, 8 (4), 353-364.

Özmerzi, A. ve Barut, Z., 1996, İkinci Ürün Susamda Toprak İşleme ve Ekim Yöntemlerinin Karşılaştırılması. 6, *Uluslararası Tarımsal Mekanizasyon Kongresi Bildiri Kitabı*, 472-481.

Özsert, İ. ve Kara, M., 1987, Kuru Tarım Tahıl Üretiminde Değişik Toprak İşleme-Ekim Sistemleri ve Enerji Gereksinimleri. 3, *Uluslararası Tarımsal Mekanizasyon ve Enerji Sempozyumu, İzmir/TURKEY*.

Patterson, D., Chamen, W. ve Richardson, C., 1980, Long-term experiments with tillage systems to improve the economy of cultivations for cereals, *Journal of Agricultural Engineering Research*, 25 (1), 1-35.

Pimentel, D., 1980, Handbook of energy utilization in agriculture. [Collection of available data]. United States: N. p., 1980. Web.

Pimentel, D., Harvey, C., Resosudarmo, P., Sinclair, K., Kurz, D., McNair, M., Crist, S., Shpritz, L., Fitton, L. ve Saffouri, R., 1995, Environmental and economic costs of soil erosion and conservation benefits, *Science*, 267 (5201), 1117-1123.

Pimentel, D., 2006, Soil erosion: a food and environmental threat, *Environment, development and sustainability*, 8 (1), 119-137.

Pimentel, D., 2018, Handbook of Energy Utilization In Agriculture: 0, CRC press, p.

Quine, T. A., Basher, L. R. ve Nicholas, A. P., 2003, Tillage erosion intensity in the South Canterbury Downlands, New Zealand, *Soil Research*, 41 (4), 789-807.

Raper, R., 2001, The influence of implement type and tillage depth on residue burial, *Soil Erosion*, 517.

Rasmussen, V. P., Newhall, R. L. ve Cartee, R. L., 1986, Dryland Conservation Tillage Systems, *Utah Science*, 47 (2), 46-51.

Rathke, G.-W., Wienhold, B., Wilhelm, W. ve Diepenbrock, W., 2007, Tillage and rotation effect on corn–soybean energy balances in eastern Nebraska, *Soil and Tillage Research*, 97 (1), 60-70.

Raupach, M. ve Leys, J., 1990, Aerodynamics of a portable wind erosion tunnel for measuring soil erodibility by wind, *Soil Research*, 28 (2), 177-191.

Reeder, R., 1992, Making the transition to conservation tillage, *Conservation tillage systems and management: Crop residue management with no-till, ridge-till, mulch-till. 1st ed. Midwest Plan Service, Ames, IA*, 3-4.

Reinhardt, G., 1993, Energie-und C02-Bilanzierung nachwachsender Rohstoffe, *Theoretische Grundlagen und Fallstudie Raps. Vieweg Umweltwissenschaften, Braunschweig/Wiesbaden*.

Richard, G., Cousin, I., Sillon, J., Bruand, A. ve Guérif, J., 2001, Effect of compaction on the porosity of a silty soil: influence on unsaturated hydraulic properties, *European Journal of Soil Science*, 52 (1), 49-58.

Rusu, T., 2014, Energy efficiency and soil conservation in conventional, minimum tillage and no-tillage, *International Soil and Water Conservation Research*, 2 (4), 42-49.

Sands, R., Greacen, E. ve Gerard, C., 1979, Compaction of sandy soils in radiata pine forests. I. A penetrometer study, *Soil Research*, 17 (1), 101-113.

Saral, A., Vatandaş, M., Güner, M., Ceylan, M. ve Yenice, T., 2000, Türkiye tarımının makinalaşma durumu, *Ziraat Mühendisliği V. Teknik Kongresi*, 17-21.

Schjonning, P. ve Rasmussen, K. J., 2000, Soil strength and soil pore characteristics for direct drilled and ploughed soils, *Soil and Tillage Research*, 57 (1-2), 69-82.

Schneider, E. ve Gupta, S., 1985, Corn Emergence as Influenced by Soil Temperature, Matric Potential, and Aggregate Size Distribution 1, *Soil Science Society of America Journal*, 49 (2), 415-422.

Scholz, V. ve Kaulfuß, P., 1995, Energiebilanz für Biofestbrennstoffe, Institut für Agrartechnik Bornim, p.

Shao, Y. ve Raupach, M., 1992, The overshoot and equilibration of saltation, *Journal of Geophysical Research: Atmospheres*, 97 (D18), 20559-20564.

Shao, Y., Raupach, M. ve Findlater, P., 1993, Effect of saltation bombardment on the entrainment of dust by wind, *Journal of Geophysical Research: Atmospheres*, 98 (D7), 12719-12726.

Shao, Y., 2008, Physics and modelling of wind erosion, Springer Science & Business Media, p.

Sherbok, I. P., M., 1976, Sub-surface cultivation of soil in southern regions of Nikolaev province, *Vetrovaya eroziya i plodorodie pochv*, 210-216.

Sidiras, N., Henklain, J. ve Derpsch, R., 1982, Comparison of three different tillage systems with respect to aggregate stability; the soil and water conservation and the yields of soybean and wheat on an Oxisol, *Proceedings of the 9th Conference of the International Soil Tillage Research Organization, ISTRO*.

Singh, H., Singh, A., Kushwaha, H. ve Singh, A., 2007, Energy consumption pattern of wheat production in India, *Energy*, 32 (10), 1848-1854.

Sirjani, E., Sameni, A., Moosavi, A. A., Mahmoodabadi, M. ve Laurent, B., 2019, Portable wind tunnel experiments to study soil erosion by wind and its link to soil properties in the Fars province, Iran, *Geoderma*, 333, 69-80.

Sławiński, C., Cymerman, J., Witkowska-Walczak, B. ve Lamorski, K., 2012, Impact of diverse tillage on soil moisture dynamics, *International Agrophysics*, 26 (3), 301-309.

Smets, T., Poesen, J. ve Knapen, A., 2008, Spatial scale effects on the effectiveness of organic mulches in reducing soil erosion by water, *Earth-Science Reviews*, 89 (1-2), 1-12.

Smil, V., Nachman, P. ve Long, T. V., 1983, Energy analysis and agriculture: an application to US corn production.

Sterk, G. ve Raats, P., 1996, Comparison of models describing the vertical distribution of wind-eroded sediment, *Soil Science Society of America Journal*, 60 (6), 1914-1919.

Tabatabaeefar, A., Emamzadeh, H., Varnamkhasti, M. G., Rahimizadeh, R. ve Karimi, M., 2009, Comparison of energy of tillage systems in wheat production, *Energy (Oxford)*, 34 (1), 41-45.

Taşer, Ö. ve Metinoğlu, F., 1997, Farklı Tohum Yatağı Hazırlama Yöntemlerinin Toprak Sıkışması ve Toprak Nem Düzeyine Etkileri Üzerine Bir Araştırma, *Tarımsal Mekanizasyon*, 17, 298-309.

Tatarko, J., 2001, Soil aggregation and wind erosion: processes and measurements, *Annals of Arid Zone*, 40 (3), 251-264.

Tebrügge, F., 1993, The environmental implication of tillage systems, *5th International Congress on Mechanization and Energy in Agriculture, Kuşadası-Turkey*, 55-65.

Tosun, O. ve Yurtman, N., 1973, Ekmeklik buğdaylarda (Triticum aestivum L. em Thell) verime etkili morfolojik ve fizyolojik özellikler, *Ankara Üniv. Ziraat Fakültesi Yıllığı*, 23, 418-434.

Toure, A. A., Rajot, J. L., Garba, Z., Marticorena, B., Petit, C. ve Sebag, D., 2011, Impact of very low crop residues cover on wind erosion in the Sahel, *Catena*, 85 (3), 205-214.

Troeh, F., Hobbs, J. ve Donahue, R., 1999, Soil and water conservation: productivity and environmental protection. Prentice Hall Inc, *New Jersey 610p*.

Tsoar, H., Rasmussen, K., Sorensen, M. ve Willetts, B. B., 1985, Laboratory studies of flow over dunes, p.

Tüzüner, A. ve Yörük, M., 1981, Orta Anadolu Koşullarında Toprak İşleme Sistemlerinin Mukayesesi ve En Uygun Toprak İşleme Sistemi. Sonuç Raporu, *Toprak ve Gübre Araştırma Enstitüsü Müd. Ankara.*

Unger, P. W., 1984a, Tillage Effects on Surface Soil Physical Conditions and Sorghum Emergence 1, *Soil Science Society of America Journal*, 48 (6), 1423-1432.

Unger, P. W., 1984b, Tillage systems for soil and water conservation, 54, p.

Upadhyaya, A., Singh, S., Prasad, L. ve Roy, M., 2015, Spatial and Temporal Variation of Soil Moisture Under Different Tillage Practices in Wheat Crop, *Journal of AgriSearch*, 2 (3), 175-178.

Uri, N. D., 2000, Agriculture and the environment–the problem of soil erosion, *Journal of Sustainable Agriculture*, 16 (4), 71-94.

USDA-NRCS, 2007, National Resources Inventory (NRI) *A statistical survey of land use and natural resource conditions and trends on U.S. non-Federal lands, United States Department of Agriculture, 2007*.

USDA, N., 2011, National Agronomy Manual. 190-V, Washington, DC.

Uzun, B., Yol, E., Furat, Ş., TopakcI, M., Canakci, M. ve Karayel, D., 2012, The effects of different tillage methods on the post-wheat second crop sesame: seed yield, energy budget, and economic return, *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 36 (4), 399-407.

Van Pelt, R. S., Baddock, M. C., Zobeck, T. M., Schlegel, A. J., Vigil, M. F. ve Acosta-Martinez, V., 2013, Field wind tunnel testing of two silt loam soils on the North American Central High Plains, *Aeolian Research*, 10, 53-59.

VandenBygaart, A., Protz, R. ve Tomlin, A., 1999, Changes in pore structure in a no-till chronosequence of silt loam soils, southern Ontario, *Canadian journal of soil science*, 79 (1), 149-160.

Wang, E., Xin, C., Williams, J. R. ve Xu, C., 2006, Predicting soil erosion for alternative land uses, *Journal of environmental quality*, 35 (2), 459-467.

White, B. ve Mounla, H., 1991, An experimental study of Froude number effect on wind-tunnel saltation, In: Aeolian grain transport 1, Eds: Springer, p. 145-157.

White, R. E., 2013, Principles and practice of soil science: the soil as a natural resource, John Wiley & Sons, p.

Williford, J., 1980, A controlled-traffic system for cotton production, *Transactions of the ASAE*, 23 (1), 65-0070.

Wischmeier, W. H. ve Smith, D. D., 1978, Predicting rainfall erosion losses-a guide to conservation planning, *Predicting rainfall erosion losses-a guide to conservation planning.*

Woodruff, N. ve Chepil, W., 1956, Implements for wind erosion control, *AGRICULTURAL ENGINEERING*, 37, 751-754.

Yalcin, H., Cakir, E. ve Aykas, E., 2005, Tillage parameters and economic analysis of direct seeding, minimum and conventional tillage in wheat, *Journal of Agronomy*, 4 (4), 329-332.

Yalçın, H., Demir, V., Yürdem, H. ve Sungur, N., 1997, Buğday tarımında azaltılmış toprak işleme yöntemlerinin karşılaştırılması üzerine bir araştırma, *Tarımsal Mekanizasyon*, 17, 415-423.

Yalçın, H., Aykas, E. ve Evrenosoğlu, M., 2003a, Koruyucu tarım ve koruyucu toprak işleme, *Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 40 (2).

Yalçın, H., Çakır, E., Akdemir, H., Öcel, T. ve Soya, H., 2003b, Hafif topraklarda azaltılmış toprak işleme yöntemlerinin iş başarıları ve buğday verimine etkileri, *Koruyucu Toprak İşleme ve Doğrudan Ekim Çalıştayı*, 23-24.

Yalçın, H. ve Çakır, E., 2006, Tillage effects and energy efficiencies of subsoiling and direct seeding in light soil on yield of second crop corn for silage in Western Turkey, *Soil and Tillage Research*, 90 (1-2), 250-255.

Yeşilsoy, M., 1992, Toprak Amenajmanı, *ÇÜ Ziraat Fakültesi Ders Kitabı* (18).

Zamani, S. ve Mahmoodabadi, M., 2013, Effect of particle-size distribution on wind erosion rate and soil erodibility, *Archives of Agronomy and Soil Science*, 59 (12), 1743-1753.

Zangeneh, M., Omid, M. ve Akram, A., 2010, A comparative study on energy use and cost analysis of potato production under different farming technologies in Hamadan province of Iran, *Energy*, 35 (7), 2927-2933.

Zeren, Y., Işık, A. ve Özgüven, F., 1993, GAP bölgesinde ikinci ürün tane mısır yetiştirmede farklı toprak işleme yöntemlerinin karşılaştırılması. 5, *Int. Cong. On Mechanization And Energy In Agriculture*, 11-14.

Zhang, X., Cruse, R., Sui, Y. ve Jhao, Z., 2006, Soil compaction induced by small tractor traffic in Northeast China, *Soil Science Society of America Journal*, 70 (2), 613-619.

Zobeck, T. M. ve Van Pelt, R. S., 2006, Wind-induced dust generation and transport mechanics on a bare agricultural field, *Journal of Hazardous Materials*, 132 (1), 26-38.

EKLER

Ek- Çizelge 1. 2012-2013 yılı için yakıt tüketimi değerleri üzerinde yapılan varyans analiz tablosu

Varyasyon Kaynakları	Serbestlik Derecesi	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F Değeri
Model	6	23,534200	3,92237	5511,522
Hata	8	0,005693	0,00071	**Prob > F**
Toplam	14	23,539893		<,0001**
DK : % 1,22				

** %1 önem seviyesinde (P<0.01); * %5 önem seviyesinde (P<0.05)

Ek-Çizelge 2. 2013-2014 yılı için yakıt tüketimi değerleri üzerinde yapılan varyans analiz tablosu

Varyasyon Kaynakları	Serbestlik Derecesi	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F Değeri
Model	6	22,324387	3,72073	4164,998
Hata	8	0,007147	0,00089	**Prob > F**
Toplam	14	22,331533		<,0001**
DK : % 1,25				

** %1 önem seviyesinde (P<0.01); * %5 önem seviyesinde (P<0.05)

Ek- Çizelge 3. Yakıt tüketimi yıllar ortalaması değerleri üzerinde yapılan varyans analiz tablosu

Varyasyon Kaynakları	Serbestlik Derecesi	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F Değeri
Model	6	22,629573	3,77160	5802,455
Hata	8	0,005200	0,00065	**Prob > F**
Toplam	14	22,634773		<,0001**
DK : % 1,12				

** %1 önem seviyesinde (P<0.01); * %5 önem seviyesinde (P<0.05)

Ek-Çizelge 4. 2012-2013 yılı için toprak penetrasyon direnci değerleri üzerinde yapılan varyans analiz tablosu

Varyasyon Kaynakları	Serbestlik Derecesi	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F Değeri
Model	6	3,2553067	0,542551	426,0873
Hata	8	0,0101867	0,001273	**Prob > F**
Toplam	14	3,2654933		<,0001**
DK : % 3,15				

** %1 önem seviyesinde (P<0.01); * %5 önem seviyesinde (P<0.05)

Ek- Çizelge 5. 2013-2014 yılı için toprak penetrasyon direnci değerleri üzerinde yapılan varyans analiz tablosu

Varyasyon Kaynakları	Serbestlik Derecesi	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F Değeri
Model	6	6,7155867	1,11926	1288,980
Hata	8	0,0069467	0,00087	**Prob > F**
Toplam	14	6,7225333		<,0001**
DK : % 2,36				

** %1 önem seviyesinde (P<0.01); * %5 önem seviyesinde (P<0.05)

Ek-Çizelge 6. Toprak penetrasyon direnci yıllar ortalaması değerleri üzerinde yapılan varyans analiz tablosu

Varyasyon Kaynakları	Serbestlik Derecesi	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F Değeri
Model	6	4,8134933	0,802249	1011,238
Hata	8	0,0063467	0,000793	**Prob > F**
Toplam	14	4,8198400		<,0001**
DK : % 2,36				

** %1 önem seviyesinde (P<0.01); * %5 önem seviyesinde (P<0.05)

Ek-Çizelge 7. 2012-2013 yılı için toprak kesilme direnci değerleri üzerinde yapılan varyans analiz tablosu

Varyasyon Kaynakları	Serbestlik Derecesi	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F Değeri
Model	6	6,5287200	1,08812	637,5703
Hata	8	0,0136533	0,00171	**Prob > F**
Toplam	14	6,5423733		<,0001**
DK : % 4,51				

** %1 önem seviyesinde (P<0.01); * %5 önem seviyesinde (P<0.05)

Ek-Çizelge 8. 2013-2014 yılı için toprak kesilme direnci değerleri üzerinde yapılan varyans analiz tablosu

Varyasyon Kaynakları	Serbestlik Derecesi	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F Değeri
Model	6	6,0414000	1,00690	42,1356
Hata	8	0,1911733	0,02390	**Prob > F**
Toplam	14	6,2325733		<,0001**
DK : % 20,46				

** %1 önem seviyesinde (P<0.01); * %5 önem seviyesinde (P<0.05)

Ek-Çizelge 9. Toprak kesilme direnci yıllar ortalaması değerleri üzerinde yapılan varyans analiz tablosu

Varyasyon Kaynakları	Serbestlik Derecesi	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F Değeri
Model	6	6,2665467	1,04442	149,3457
Hata	8	0,0559467	0,00699	**Prob > F**
Toplam	14	6,3224933		<,0001**
DK : % 9,98				

** %1 önem seviyesinde (P<0.01); * %5 önem seviyesinde (P<0.05)

Ek-Çizelge 10. 2012-2013 yılı için tarla yüzey profil düzgünsüzlüğü değerleri üzerinde yapılan varyans analiz tablosu

Varyasyon Kaynakları	Serbestlik Derecesi	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F Değeri
Model	6	922,75504	153,793	5118,739
Hata	8	0,24036	0,030	**Prob > F**
Toplam	14	922,99540		<,0001**
DK : % 1,14				

** %1 önem seviyesinde (P<0.01); * %5 önem seviyesinde (P<0.05)

Ek-Çizelge 11. 2013-2014 yılı için tarla yüzey profil düzgünsüzlüğü değerleri üzerinde yapılan varyans analiz tablosu

Varyasyon Kaynakları	Serbestlik Derecesi	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F Değeri
Model	6	843,32148	140,554	68,6276
Hata	8	16,38449	2,048	**Prob > F**
Toplam	14	859,70597		<,0001**
DK : % 7,75				

** %1 önem seviyesinde (P<0.01); * %5 önem seviyesinde (P<0.05)

Ek-Çizelge 12. Tarla yüzey profil düzgünsüzlüğü yıllar ortalaması değerleri üzerinde yapılan varyans analiz tablosu

Varyasyon Kaynakları	Serbestlik Derecesi	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F Değeri
Model	6	728,00365	121,334	247,7096
Hata	8	3,91859	0,490	**Prob > F**
Toplam	14	731,92224		<,0001**
DK : % 4,17				

** %1 önem seviyesinde (P<0.01); * %5 önem seviyesinde (P<0.05)

Ek-Çizelge 13. 2012-2013 yılı için 0-2,5 cm'de toprak mekanik stabilite değerleri üzerinde yapılan varyans analiz tablosu

Varyasyon Kaynakları	Serbestlik Derecesi	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F Değeri
Model	6	79,12813	13,1880	3,3027
Hata	8	31,94516	3,9931	**Prob > F**
Toplam	14	111,07329		0,0611
DK : % 2,40				

** %1 önem seviyesinde (P<0.01); * %5 önem seviyesinde (P<0.05)

Ek-Çizelge 14. 2013-2014 yılı için 0-2,5 cm'de toprak mekanik stabilite değerleri üzerinde yapılan varyans analiz tablosu

Varyasyon Kaynakları	Serbestlik Derecesi	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F Değeri
Model	6	223,87931	37,3132	7,8059
Hata	8	38,24119	4,7801	**Prob > F**
Toplam	14	262,12049		0,0053**
DK : % 2,52				

** %1 önem seviyesinde (P<0.01); * %5 önem seviyesinde (P<0.05)

Ek-Çizelge 15. 0-2,5 cm'de toprak mekanik stabilitesi yıllar ortalaması değerleri üzerinde yapılan varyans analiz tablosu

Varyasyon Kaynakları	Serbestlik Derecesi	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F Değeri
Model	6	98,12268	16,3538	10,6654
Hata	8	12,26676	1,5333	**Prob > F**
Toplam	14	110,38944		0,0019**
DK : % 1,46				

** %1 önem seviyesinde (P<0.01); * %5 önem seviyesinde (P<0.05)

Ek-Çizelge 16. 2012-2013 yılı için 2,5-5 cm'de toprak mekanik stabilite değerleri üzerinde yapılan varyans analiz tablosu

Varyasyon Kaynakları	Serbestlik Derecesi	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F Değeri
Model	6	202,14731	33,6912	8,7996
Hata	8	30,62985	3,8287	**Prob > F**
Toplam	14	232,77716		0,0036
DK : % 2,16				

** %1 önem seviyesinde (P<0.01); * %5 önem seviyesinde (P<0.05)

Ek-Çizelge 17. 2013-2014 yılı için 2,5-5 cm'de Toprak Mekanik Stabilite Değerleri Üzerinde Yapılan Varyans Analiz Tablosu

Varyasyon Kaynakları	Serbestlik Derecesi	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F Değeri
Model	6	135,92039	22,6534	7,7187
Hata	8	23,47885	2,9349	**Prob > F**
Toplam	14	159,39924		0,0055
DK : % 1,95				

** %1 önem seviyesinde (P<0.01); * %5 önem seviyesinde (P<0.05)

Ek-Çizelge 18. 2,5-5 cm'de toprak mekanik stabilitesi yıllar ortalaması değerleri üzerinde yapılan varyans analiz tablosu

Varyasyon Kaynakları	Serbestlik Derecesi	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F Değeri
Model	6	134,69120	22,4485	14,3483
Hata	8	12,51637	1,5645	**Prob > F**
Toplam	14	147,20757		0,0007
DK : % 1,40				

** %1 önem seviyesinde (P<0.01); * %5 önem seviyesinde (P<0.05)

Ek-Çizelge 19. 2012-2013 yılı için 0-2,5 cm'de toprak stabilite indeksi değerleri üzerinde yapılan varyans analiz tablosu

Varyasyon Kaynakları	Serbestlik Derecesi	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F Değeri
Model	6	3,0815467	0,513591	7,0185
Hata	8	0,5854133	0,073177	**Prob > F**
Toplam	14	3,6669600		0,0074
DK : % 9,70				

** %1 önem seviyesinde (P<0.01); * %5 önem seviyesinde (P<0.05)

Ek-Çizelge 20. 2013-2014 yılı için 0-2,5 cm'de toprak stabilite indeksi değerleri üzerinde yapılan varyans analiz tablosu

Varyasyon Kaynakları	SerbestlikDerecesi	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F Değeri
Model	6	3,5998800	0,599980	6,4765
Hata	8	0,7411200	0,092640	**Prob > F**
Toplam	14	4,3410000		0,0095
DK : % 8,97				

** %1 önem seviyesinde (P<0.01); * %5 önem seviyesinde (P<0.05)

Ek-Çizelge 21. 0-2,5 cm'de toprak stabilite indeksi yıllar ortalaması değerleri üzerinde yapılan varyans analiz tablosu

Varyasyon Kaynakları	SerbestlikDerecesi	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F Değeri
Model	6	2,4162133	0,402702	14,6384
Hata	8	0,2200800	0,027510	**Prob > F**
Toplam	14	2,6362933		0,0006
DK : % 5,36				

** %1 önem seviyesinde (P<0.01); * %5 önem seviyesinde (P<0.05)

Ek-Çizelge 22. 2012-2013 yılı için 2,5-5 cm'de toprak stabilite indeksi değerleri üzerinde yapılan varyans analiz tablosu

Varyasyon Kaynakları	Serbestlik Derecesi	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F Değeri
Model	6	9,4589067	1,57648	33,8132
Hata	8	0,3729867	0,04662	**Prob > F**
Toplam	14	9,8318933		<,0001
DK : % 4,27				

** %1 önem seviyesinde (P<0.01); * %5 önem seviyesinde (P<0.05)

Ek-Çizelge 23. 2013-2014 yılı için 2,5-5 cm'de toprak stabilite indeksi değerleri üzerinde yapılan varyans analiz tablosu

Varyasyon Kaynakları	Serbestlik Derecesi	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F Değeri
Model	6	4,7273467	0,787891	43,4739
Hata	8	0,1449867	0,018123	**Prob > F**
Toplam	14	4,8723333		<,0001
DK : % 3,83				

** %1 önem seviyesinde (P<0.01); * %5 önem seviyesinde (P<0.05)

Ek-Çizelge 24. 2,5-5 cm'de toprak stabilite indeksi yıllar ortalaması değerleri üzerinde yapılan varyans analiz tablosu

Varyasyon Kaynakları	SerbestlikDerecesi	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F Değeri
Model	6	3,7219067	0,620318	24,6044
Hata	8	0,2016933	0,025212	**Prob > F**
Toplam	14	3,9236000		<,0001
DK : % 3,70				

** %1 önem seviyesinde (P<0.01); * %5 önem seviyesinde (P<0.05)

Ek-Çizelge 25. 2012-2013 yılı için toprak işleme sonrası anız miktarı değerleri üzerinde yapılan varyans analiz tablosu

Varyasyon Kaynakları	SerbestlikDerecesi	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F Değeri
Model	6	13876,360	2312,73	660,9597
Hata	8	27,992	3,50	**Prob > F**
Toplam	14	13904,352		<,0001**
DK : % 2,61				

Ek-Çizelge 26. 2013-2014 yılı için toprak işleme sonrası anız miktarı değerleri üzerinde yapılan varyans analiz tablosu

Varyasyon Kaynakları	SerbestlikDerecesi	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F Değeri
Model	6	31645,440	5274,24	107,1679
Hata	8	393,718	49,21	**Prob > F**
Toplam	14	32039,158		<,0001**
DK : % 5,19				

** %1 önem seviyesinde (P<0.01); * %5 önem seviyesinde (P<0.05)

Ek-Çizelge 27. Toprak işleme sonrası anız miktarının yıllar ortalaması değerleri üzerinde yapılan varyans analiz tablosu

Varyasyon Kaynakları	Serbestlik Derecesi	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F Değeri
Model	6	20042,681	3340,45	209,2376
Hata	8	127,719	15,96	**Prob > F**
Toplam	14	20170,400		<,0001
DK : % 5,19				

** %1 önem seviyesinde (P<0.01); * %5 önem seviyesinde (P<0.05)

Ek-Çizelge 28. 2012-2013 yılı için toprak işleme sonrası anız gömülme oranı değerleri üzerinde yapılan varyans analiz tablosu

Varyasyon Kaynakları	Serbestlik Derecesi	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F Değeri
Model	6	6687,4528	1114,58	447,6225
Hata	8	19,9199	2,49	**Prob > F**
Toplam	14	6707,3727		<,0001**
DK : % 3,13				

Ek-Çizelge 29. 2013-2014 yılı için toprak işleme sonrası anız gömülme oranı değerleri üzerinde yapılan varyans analiz tablosu

Varyasyon Kaynakları	Serbestlik Derecesi	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F Değeri
Model	6	5621,1058	936,851	52,2164
Hata	8	143,5335	17,942	**Prob > F**
Toplam	14	5764,6393		<,0001**
DK : % 9,10				

Ek-Çizelge 30. Toprak işleme sonrası anız gömülme oranı yıllar ortalaması değerleri üzerinde yapılan varyans analiz tablosu

Varyasyon Kaynakları	Serbestlik Derecesi	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F Değeri
Model	6	5461,2949	910,21	216,8778
Hata	8	33,5753	4,197	**Prob > F**
Toplam	14	5494,8702		<,0001
DK : % 5,19				

** %1 önem seviyesinde (P<0.01); * %5 önem seviyesinde (P<0.05)

Ek-Çizelge 31. 2012-2013 yılı için 10 ms^{-1} rüzgar hızında toprak erozyonu değerleri üzerinde yapılan varyans analiz tablosu

Varyasyon Kaynakları	Serbestlik Derecesi	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F Değeri
Model	6	965193.43	160866	244.5713
Hata	8	5261.96	658	**Prob > F**
Toplam	14	970455.40		0.0001
DK : % 5,77				

** %1 önem seviyesinde (P<0.01); * %5 önem seviyesinde (P<0.05)

Ek-Çizelge 32. 2013-2014 yılı için 10 ms^{-1} rüzgar hızında toprak erozyonu değerleri üzerinde yapılan varyans analiz tablosu

Varyasyon Kaynakları	Serbestlik Derecesi	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F Değeri
Model	6	486734.47	81122.4	176.2412
Hata	8	3682.34	460.3	**Prob > F**
Toplam	14	490416.81		0.0001
DK : % 5.52				

** %1 önem seviyesinde (P<0.01); * %5 önem seviyesinde (P<0.05)

Ek-Çizelge 33. 10 ms^{-1} rüzgar hızında toprak erozyonu yıllar ortalaması değerleri üzerinde yapılan varyans analiz tablosu

Varyasyon Kaynakları	Serbestlik Derecesi	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F Değeri
Model	6	695064.30	115844	557.2859
Hata	8	1662.97	208	**Prob > F**
Toplam	14	696727.28		0,0001
DK : % 4,03				

** %1 önem seviyesinde (P<0.01); * %5 önem seviyesinde (P<0.05)

Ek-Çizelge 34. 2012-2013 yılı için 13 ms^{-1} rüzgar hızında toprak erozyonu değerleri üzerinde yapılan varyans analiz tablosu

Varyasyon Kaynakları	Serbestlik Derecesi	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F Değeri
Model	6	1794233.6	299039	154.2188
Hata	8	15512.5	1939	**Prob > F**
Toplam	14	1809746.1		0.0001
DK : % 5.86				

** %1 önem seviyesinde (P<0.01); * %5 önem seviyesinde (P<0.05)

Ek-Çizelge 35. 2013-2014 yılı için 13 ms^{-1} rüzgar hızında toprak erozyonu değerleri üzerinde yapılan varyans analiz tablosu

Varyasyon Kaynakları	Serbestlik Derecesi	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F Değeri
Model	6	1697478.2	282913	63.8397
Hata	8	35452.9	4432	**Prob > F**
Toplam	14	1732931.1		0.0001
DK : % 8,79				

** %1 önem seviyesinde (P<0.01); * %5 önem seviyesinde (P<0.05)

Ek-Çizelge 36. 13 ms^{-1} rüzgar hızında toprak erozyonu yıllar ortalaması değerleri üzerinde yapılan varyans analiz tablosu

Varyasyon Kaynakları	Serbestlik Derecesi	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F Değeri
Model	6	1676446.3	279408	196.1106
Hata	8	11398.0	1425	**Prob > F**
Toplam	14	1687844.3		0.0001
DK : % 5.19				

** %1 önem seviyesinde (P<0.01); * %5 önem seviyesinde (P<0.05)

Ek-Çizelge 37. 2012-2013 yılı için buğday üretimine ait verim değerleri üzerinde yapılan varyans analiz tablosu

Varyasyon Kaynakları	Serbestlik Derecesi	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F Değeri
Model	6	587840,80	97973,5	6,4395
Hata	8	121716,13	15214,5	**Prob > F**
Toplam	14	709556,93		0,0097
DK : % 3,50				

** %1 önem seviyesinde (P<0.01); * %5 önem seviyesinde (P<0.05)

Ek-Çizelge 38. 2013-2014 yılı için buğday üretimine ait verim değerleri üzerinde yapılan varyans analiz tablosu

Varyasyon Kaynakları	Serbestlik Derecesi	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F Değeri
Model	6	1375654,8	229276	23,6423
Hata	8	77581,6	9698	**Prob > F**
Toplam	14	1453236,4		0,0001
DK : % 3,64				

** %1 önem seviyesinde (P<0.01); * %5 önem seviyesinde (P<0.05)

Ek-Çizelge 39. Buğday üretimine ait verimlerin yıllar ortalaması değerleri üzerinde yapılan varyans analiz tablosu

Varyasyon Kaynakları	Serbestlik Derecesi	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F Değeri
Model	6	428414,27	71402,4	12,0696
Hata	8	47327,07	5915,9	**Prob > F**
Toplam	14	475741,33		0,0012
DK : % 2,47				

** %1 önem seviyesinde (P<0.01); * %5 önem seviyesinde (P<0.05)

ÖZGEÇMİŞ

KİŞİSEL BİLGİLER

Adı Soyadı	**:**	Kazım GÜR
Uyruğu	**:**	T.C.
Doğum Yeri ve Tarihi	**:**	Konya, 1972
Telefon	**:**	0 332 355 12 90
Faks	**:**	0 332 355 12 88
e-mail	**:**	kazimgur@hotmail.com

EĞİTİM

Derece		**Adı, İlçe, İl**	**Bitirme Yılı**
Lise	:	Gazi Lisesi, Meram, Konya	1989
Üniversite	:	Selçuk Üniversitesi, Selçuklu, Konya	1994
Yüksek Lisans	:	Selçuk Üniversitesi, Selçuklu, Konya	1999
Doktora	:	Selçuk Üniversitesi, Selçuklu, Konya	2019

İŞ DENEYİMLERİ

Yıl	**Kurum**	**Görevi**
1996-2001	T.C. Milli Eğitim Bakanlığı	Sınıf Öğretmeni
2001-halen	T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı	Mühendis

UZMANLIK ALANI

Koruyucu Toprak İşleme, Erozyon, Tarım Makineleri İşletmeciliği ve Enerji

YABANCI DİLLER

İngilizce

YAYINLAR

Çarman, K., Marakoğlu, T., Çıtıl, E. ve **Gür, K**., 2012, Kuyruk Milinden Hareketli Bazı Toprak İşleme Makinelerinin Koruyucu Toprak İşleme Açısından Değerlendirilmesi, Tarım Makinaları Bilimi Dergisi, 8 (4), 345-352.

Gür, K., Çarman, K., Cornelis, W., 2016, The Effect on Soil Erosion of Different Tillage Applications. In EGU General Assembly Conference Abstracts (Vol. 18), 2016.

Marakoğlu, T., Çarman, K., **Gür, K.**, 2016, Konya Bölgesinde Kullanılan Alternatif Toprak İşleme Uygulamalarının Koruyucu Toprak İşleme Tekniği Açısından Değerlendirilmesi. Tarım Makinaları Bilimi Dergisi, 12(3), 163-169.

Çarman, K., **Gür, K.**, Marakoğlu, T., 2018, Wind Erosion Risk in Agricultural Soils under Different Tillage Systems in the Middle Anatolia. Selcuk Journal of Agriculture and Food Sciences, 32(3), 355-360.