



Farklı Toprak İşleme Yöntemlerinin Erozyon Yönünden Karşılaştırılması

İlknur DURSUN^{1*}

¹Tarım Makinaları ve Teknolojileri Mühendisliği Bölümü, Ziraat Fakültesi,
Ankara Üniversitesi, 06110, Ankara-Türkiye
*e-mail: dursun@agri.ankara.edu.tr

Alındığı tarih (Received): 06.02.2017

Kabul tarihi (Accepted): 28.06.2017

Online Baskı tarihi (Printed Online): 30.08.2017

Yazılı baskı tarihi (Printed): 09.09.2017

Öz: Bu çalışmada; buğday, arpa, yulaf, çavdar, kanola, keten veya bezelyenin yüzey artıklarıyla kaplı toprak koşullarında, 36 farklı toprak işleme yöntemiyle çalışmadan sonra toprak yüzeyinde kalan bitki yüzey artığı miktarlarının tahmin edilmesi ve seçilen yöntemlerin su ve rüzgar erozyonu yönünden karşılaştırılması amaçlanmıştır. Araştırma sonucunda; su ve rüzgar erozyonunun önlenmesi yönünden en başarılı yöntemin, sonbaharda anızlı nadasa bırakılan tarlanın ilkbaharda hafif diskli tırmıkla işlenmesinden sonra çift diskli gömücü ayaklı tahıl ekim makinasıyla ekimin yapıldığı Yöntem-66; en başarısız yöntemin ise sonbaharda kulaklı pullukla işlenerek kara nadasa bırakılan tarlanın ilkbaharda sırasıyla ağır diskli tırmık + hafif diskli tırmık ve düz dişli tırmıkla işlenmesinden sonra çift diskli gömücü ayaklı tahıl ekim makinasıyla ekimin yapıldığı Yöntem 11 olduğu belirlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Bitki yüzey artığı miktarı, koruyucu toprak işleme, erozyon, toprak işleme, ekim

Comparison of Different Soil Tillage Methods in Terms of Erosion

Abstract: In this study, it was aimed to estimate the amount of the surface crop residue remaining on the soil surface after 36 different soil tillage methods on wheat, barley, oat, rye, canola, flax and pea fields and compare selected methods in terms of water and wind erosion. At the end of the study, it was determined that the most successful method of preventing water and wind erosion was the Method-66 in which spring tillage was done by using light disc harrow on the field left stubble mulch fallow in fall and then seeding was done by using conventional drill with double disc openers. It was also found that the most unsuccessful method of preventing water and wind erosion was Method-11 in which tillage was done using mouldboard plough in fall, field was left bare fallow, spring tillage was done with heavy disc harrow, light disc harrow and harrow with spike tooth and seeding was done by using conventional drill with double disc openers, respectively.

Keywords: Amount of crop residues, conservation tillage, erosion, soil tillage, seeding

1. Giriş

Toprak yüzeyine yayılmış durumda ya da kökleriyle toprağa bağlı halde bulunan sap, saman, kavuz, yaprak ve anız gibi bitki parçalarına bitki yüzey artığı adı verilir. Bitki yüzey artıklarının erozyonun önlenmesi, toprağın organik madde içeriğinin artması, nem içeriğinin korunması, toprak strüktürünün iyileşmesi, toprağın yağışlardan ve sulama suyundan daha fazla yararlanması gibi birçok yararı vardır (Durdıyev ve Dursun 2002, Al-Kaisi ve Hanna

2009, Dursun 2015). Bitki yüzey artığı miktarının belirlenmesinde fotoğraf karşılaştırma, cetvel, kesişen hat, hesaplama yöntemi gibi çeşitli yöntemlerden yararlanılır (Dickey ve ark. 1986, Shelton ve ark. 1995, Dursun 2002a, Al-Kaisi ve Hanna 2009, Anonymous 2015a). Hesaplama yönteminin esası; önceki ürüne ait bitki yüzey artığı miktarı, iklim koşulları, toprak işleme ve ekim alet-makinalarının bitki yüzey artığı gömme oranları gibi faktörlere bağlı olarak bitki yüzey artığı miktarının tahmin edilmesi ilkesine dayanır

(Hickman ve Schoenberger 1989, Shelton ve ark. 1995).

Su ve rüzgar erozyonunun önlenmesinde tarlada yüzey artığı bulunan bitki çeşidi, yüzey artığı miktarı, yüzey artıklarının dik veya yatık oluşu, uygulanan toprak işleme ve ekim yöntemi gibi faktörler etkilidir (McCool ve ark. 1995, Dursun 2002b, Anonymous 2015a). Toprak işleme ve ekimden sonra toprak yüzeyinde kalan bitki yüzey artığı miktarının önceden tahmin edilmesi erozyonun önlenmesi açısından oldukça önemlidir.

Bu araştırmada; gevrek ve gevrek olmayan bitki yüzey artığıyla kaplı toprak koşullarında, 36 farklı toprak işleme ve ekim yöntemiyle çalışmadan sonra toprak yüzeyinde kalan bitki yüzey artığı miktarının tahmin edilmesi ve seçilen yöntemlerin su ve rüzgar erozyonu yönünden karşılaştırılması amaçlanmıştır.

2. Materyal ve Metot

Araştırmada; bitki yüzey artıkları gevrek olan kanola, keten ve bezelye ile gevrek olmayan buğday, arpa, yulaf ve çavdarın yüzey artıklarıyla kaplı toprak koşulları seçilmiştir. Toprak işlemeden önceki bitki yüzey artığı miktarları (kg ha^{-1}), bitki yüzey artığı miktarı/ürün verimi oranlarına bağlı olarak tahmin edilmiştir. Bitki yüzey artığı miktarları ile ürün verimlerinin seçiminde Anonymous (2015a) tarafından bsh ac^{-1} birimi cinsinden verilen değerler dikkate alınmıştır. Bilindiği gibi 1 bsh ac^{-1} yaklaşık olarak $87.08 \text{ dm}^3 \text{ ha}^{-1}$ e eşittir. Bu nedenle ürün verimlerinin kg ha^{-1} a dönüştürülmesi sırasında buğdayın hacim ağırlığı 0.760 kg dm^{-3} , arpanın hacim ağırlığı 0.580 kg dm^{-3} , yulafın hacim ağırlığı 0.440 kg dm^{-3} , çavdarın hacim ağırlığı 0.720 kg dm^{-3} , kanolanın hacim ağırlığı 0.770 kg dm^{-3} , ketenin hacim ağırlığı 0.670 kg dm^{-3} ve bezelyenin hacim ağırlığı ise 0.561 kg dm^{-3} olarak seçilmiştir (Anonymous 2015b, Dursun ve Erol 2015, Anonymous 2016). Bitki yüzey artığı miktarı/ürün verimi oranları; buğdayda 1.63, arpada 1.03, yulafta 2.82,

çavdarda 1.72, kanolada 1.78 ve 2.38, ketende 1.19, bezelyede ise 1.37 olarak alınmıştır (Anonymous 2015a). Her bir bitki için 9 farklı ürün verimi ve bitki yüzey artığı miktarı belirlenmiştir. Hesaplamalar sonucunda bulunan ürün verimlerinden TÜİK (2016) tarafından belirtilen Türkiye ürün verimi ortalamalarına en yakın olan değerler seçilmiştir (Çizelge 1).

36 farklı toprak işleme yöntemi oluşturulmuştur (Çizelge 2). Yöntemlerin oluşturulmasında ülkemizde yaygın olarak kullanılan alet-makina tiplerinin seçilmelerine ve seçilen yöntemler arasında geleneksel, azaltılmış ile koruyucu toprak işleminin bulunmasına dikkat edilmiştir. Tüm yöntemlerde; sonbaharda birincil toprak işleme alet ve makinalarıyla toprağın işlendiği (Yöntem-6 dışında), ilkbahara kadar olan dönemde toprağın nadasa bırakıldığı, ilkbaharda ikincil toprak işleme alet ve makinalarıyla toprak işlendikten sonra çift diskli gömücü ayaklı klasik tahıl ekim makinasıyla ekimin yapıldığı kabul edilmiştir.

Bitki yüzey artığı miktarı, hesaplama yöntemiyle tahmin edilmiştir. Hesaplama yönteminin esası, toprak işleme ve ekimden sonra toprak yüzeyinde kalan bitki yüzey artığı miktarı ile bitki yüzey artığı kaplama oranının çarpımından oluşur. Toprak işleme ve ekimden sonra toprak yüzeyinde kalan bitki yüzey artığı kaplama oranının (ondalık) ve miktarının (kg ha^{-1}) hesaplanmasında aşağıdaki eşitliklerden yararlanılmıştır (Dickey ve Havlin 1985, Dursun 2002a, Al-Kaisi ve Hanna 2009):

$$\text{YAO} = \text{STİ} \cdot \text{N} \cdot \text{İTİ} \cdot \text{E} \quad (1)$$

$$\text{YAM} = \text{YM} \cdot \text{YAO} \quad (2)$$

Eşitliklerde; YAO: Toprak işleme ve ekimden sonra toprak yüzeyindeki bitki yüzey artığı kaplama oranı (ondalık), STİ: Sonbahar toprak işlemeden sonra toprak yüzeyinde kalan bitki yüzey artığı kaplama oranı (ondalık), N: Nadastan sonra toprak yüzeyinde kalan bitki yüzey artığı kaplama oranı (ondalık), İTİ: İlkbahar toprak işlemeden sonra toprak yüzeyinde kalan bitki

Çizelge 1. Seçilen bitkilerin hesaplamalar sonucunda elde edilen tahmini ürün verimleri ile bitki yüzey artığı miktarları

Table 1. Estimated crop yields and amounts of surface residue obtained using calculation of selected plants

Toprak işlemeden önce toprak yüzeyinde yüzey artığı bulunan bitki çeşidi		Ürün verimi (kg ha ⁻¹)	Bitki yüzey artığı miktarı (kg ha ⁻¹)
Yüzey artıkları gevrek olmayan bitkiler	Buğday	2647.16	4320
	Arpa	3030.30	3120
	Yulaf	2681.98	7560
	Çavdar	3134.80	5400
Yüzey artıkları gevrek olan bitkiler	Kanola	3352.48	7710
	Keten	875.13	1050
	Bezelye	2442.50	3350

Çizelge 2. Oluşturulan toprak işleme ve ekim yöntemleri.

Table 2. The methods of soil tillage and seeding created.

Yöntemler	Sonbahar toprak işleme	İlkbahar toprak işleme ^{****}			Yöntemler	Sonbahar toprak işleme	İlkbahar toprak işleme		
Yöntem-1	Kulaklı pulluk	ADT	HDT	DT	Yöntem-41	Diskli anız bozma pulluğu ^{**}	ADT	HDT	DT ^{***}
		ADT	HDT	-	Yöntem-42		ADT	HDT	-
		ADT	-	DT	Yöntem-43		ADT	-	DT
		ADT	-	-	Yöntem-44		ADT	-	-
		-	HDT	DT	Yöntem-45		-	HDT	DT
		-	HDT	-	Yöntem-46		-	HDT	-
Yöntem-2	Diskli pulluk	ADT	HDT	DT	Yöntem-51	Uzun kanatlı kazayağı uç demirli çizel	ADT	HDT	DT
		ADT	HDT	-	Yöntem-52		ADT	HDT	-
		ADT	-	DT	Yöntem-53		ADT	-	DT
		ADT	-	-	Yöntem-54		ADT	-	-
		-	HDT	DT	Yöntem-55		-	HDT	DT
		-	HDT	-	Yöntem-56		-	HDT	-
Yöntem-3	Rototiller [*]	ADT	HDT	DT	Yöntem-61	Birincil toprak işlemsiz	ADT	HDT	DT
		ADT	HDT	-	Yöntem-62		ADT	HDT	-
		ADT	-	DT	Yöntem-63		ADT	-	DT
		ADT	-	-	Yöntem-64		ADT	-	-
		-	HDT	DT	Yöntem-65		-	HDT	DT
		-	HDT	-	Yöntem-66		-	HDT	-

* Rototillerin iş derinliği 15 cm, ** Diskli anız bozma pulluğunun disk çapı 60 cm, *** Düz dişli trmik (Anonymous 1992, Al-Kaisi ve Hanna 2009), **** ADT ağır diskli trmik, HDT hafif diskli trmik, DT düz dişli trmik.

bitki yüzey artığı kaplama oranı (ondalık), E: Ekimden sonra toprak yüzeyinde kalan bitki yüzey artığı kaplama oranı (ondalık), YAM: Toprak işleme ve ekimden sonra toprak yüzeyinde kalan bitki yüzey artığı miktarı (kg ha⁻¹), YM: Toprak işlemeden önce toprak yüzeyinde bulunan bitki yüzey artığı miktarı (kg ha⁻¹)'dır.

Çizelge 3' de STİ, N, İTİ ve E oranları; Çizelge 4' de toprak işleme ve ekimden sonra toprak yüzeyinde kalan bitki yüzey artığı kaplama oranları; Çizelge 5' de ise toprağın tekstürüne ve arazinin eğimine bağlı olarak su ve rüzgar erozyonunun önlenmesi için toprak yüzeyinde bulunması gereken bitki yüzey artığı miktarları (kg ha⁻¹) verilmiştir.

Çizelge 3. Seçilen her bir alet-makinayla çalışmadan ve nadastan sonra toprak yüzeyinde kalan bitki yüzey artığı kaplama oranları (Anonymous 1992, Al-Kaisi ve Hanna 2009).

Table 3. Crop residue cover ratios remaining on the soil surface after working with each selected equipment and after the fall/winter weathering (Anonymous 1992, Al-Kaisi and Hanna 2009).

Alet-makina tipi ve nadas	Bitki yüzey artığı kaplama oranı (ondalık)	
	Yüzey artıkları gevrek olmayan bitkiler	Yüzey artıkları gevrek olan bitkiler
Kulaklı pulluk	0.10	0.05
Diskli pulluk	0.20	0.15
Rototiller	0.35	0.15
Diskli anız bozma pulluğu	0.40	0.30
Uzun kanatlı kazayağı uç demirli çizel	0.85	0.60
Ağır diskli tırmık	0.60	0.35
Hafif diskli tırmık	0.70	0.40
Düz dişli tırmık	0.90	0.80
Çift diskli gömücü ayaklı tahıl ekim makinası	0.95	0.85
Nadas	0.90	0.85

Çizelge 4. Seçilen toprak işleme ve ekim yöntemleriyle çalışmadan sonra hesaplamalar sonucunda elde edilen toprak yüzeyinde kalan bitki yüzey artığı kaplama oranları (YAO)

Table 4. Calculated crop residue cover ratios remaining on the soil surface after working with selected tillage and seeding methods (YAO)

Yöntemler	Bitki yüzey artığı kaplama oranı (ondalık)		Yöntemler	Bitki yüzey artığı kaplama oranı (ondalık)			
	Gevrek olmayanlar	Gevrekler		Gevrek olmayanlar	Gevrekler		
Yöntem-1	Yöntem-11	0.03232	0.00405	Yöntem-4	Yöntem-41	0.12928	0.02428
	Yöntem-12	0.03591	0.00506		Yöntem-42	0.14364	0.03034
	Yöntem-13	0.04617	0.01011		Yöntem-43	0.18468	0.06069
	Yöntem-14	0.05130	0.01260		Yöntem-44	0.20520	0.07586
	Yöntem-15	0.05386	0.01156		Yöntem-45	0.21546	0.06936
	Yöntem-16	0.05985	0.01445		Yöntem-46	0.23940	0.08670
Yöntem-2	Yöntem-21	0.06464	0.01214	Yöntem-5	Yöntem-51	0.27471	0.04855
	Yöntem-22	0.07182	0.01517		Yöntem-52	0.30523	0.06069
	Yöntem-23	0.09234	0.03034		Yöntem-53	0.39244	0.12138
	Yöntem-24	0.10260	0.03793		Yöntem-54	0.43605	0.15172
	Yöntem-25	0.10773	0.03468		Yöntem-55	0.45785	0.13872
	Yöntem-26	0.11970	0.04335		Yöntem-56	0.50872	0.17340
Yöntem-3	Yöntem-31	0.11312	0.01214	Yöntem-6	Yöntem-61	0.32319	0.08092
	Yöntem-32	0.12568	0.01517		Yöntem-62	0.35910	0.10115
	Yöntem-33	0.16165	0.03034		Yöntem-63	0.46170	0.20230
	Yöntem-34	0.17955	0.03793		Yöntem-64	0.51300	0.25875
	Yöntem-35	0.18853	0.03468		Yöntem-65	0.53865	0.23120
	Yöntem-36	0.20947	0.04335		Yöntem-66	0.59850	0.28900

Çizelge 5. Su ve rüzgar erozyonunun önlenmesi için toprak yüzeyinde olması gereken bitki yüzey artışı miktarları (Krall ve ark. 1986, Dursun 2002a).

Table 5. The amounts of surface crop residue required on the soil surface to prevent water and wind erosion (Krall ve ark. 1986, Dursun 2002a).

Su erozyonunun önlenmesi koşulu			Rüzgar erozyonunun önlenmesi koşulu	
Toprak tekstürü	Eğim (%)	Gerekli yüzey artışı miktarı (kg ha ⁻¹)	Toprak tekstürü	Gerekli yüzey artışı miktarı (kg ha ⁻¹)
Kum, humuslu kum, kumlu humus	0-8	560-784 (a)*	Kum	>1680 (g)
	8-15	784-1344 (b)	Humuslu kum	1400-1680 (h)
	15-25	1344-1960 (c)	Kireçli kil	1120-1400 (i)
Humus, kumlu killi humus, siltli humus, siltli killi humus, silt	0-8	840-1120 (d)	Tın ve kumlu killi humus	896-1120 (j)
	8-15	1120-1680 (e)	Siltli humus ve killi humus	784-896 (k)
	15-25	1680-2520 (f)	Silt ve siltli killi humus	672-784 (n)

* Bitki yüzey artışı miktarlarının yanındaki harfler, bitki yüzey artışı miktarlarının karşılaştırılmasında kullanılan simgelerdir.

Seçilen toprak işleme ve ekim yöntemlerinin su ve rüzgar erozyonu yönünden değerlendirilmeleri amacıyla tahmin edilen bitki yüzey artışı miktarları ile Çizelge 5’ de verilen yüzey artışı miktarları karşılaştırılmıştır (Dursun 2002a ve b).

3. Bulgular ve Tartışma

Yapılan hesaplamalar sonucunda gevrek ve gevrek olmayan yüzey artıklı bitkilerle kaplı tarla koşullarında çalışmadan sonra toprak yüzeyinde kalan bitki yüzey artışı miktarları, Çizelge 6 ve Çizelge 7’ de verilmiştir. Araştırmadan elde edilen sonuçlar aşağıda maddeler halinde açıklanmış ve tartışılmıştır:

1. Seçilen tüm bitkilerin yüzey artıklarıyla kaplı tarla koşullarında Yöntem-1 ile çalışmadan sonra toprak yüzeyinde kalan bitki yüzey artışı miktarları (4.25-452.47 kg ha⁻¹), su ve rüzgar erozyonunun önlenmesi yönünden yetersizdir (Çizelge 6 ve 7). Bunun başlıca nedeni, Yöntem-1’ de birincil toprak işlemenin kulaklı pullukla yapılacak olmasıdır (Dickey ve ark. 1986, Dursun 2002a, Dursun 2015). Çünkü kulaklı pullukla çalışmadan sonra toprak yüzeyinde kalan bitki yüzey artışı kaplama oranı çok düşük olup 0.05-0.10 düzeyindedir (Dursun ve ark. 1999, Al-Kaisi ve Hanna 2009).

2. Yulafın yüzey artıklarıyla kaplı tarla koşulunda Yöntem-23, Yöntem-24, Yöntem-25 ve Yöntem-26 ile çalışmadan sonra toprak yüzeyinde kalan bitki yüzey artışı

miktarları (698.09-904.93 kg ha⁻¹), su ve rüzgar erozyonunun önlenmesi açısından yeterlidir. Çavdarın yüzey artıklarıyla kaplı tarlada Yöntem-25 ve Yöntem-26 ile çalışmadan sonraki yüzey artışı miktarları (581.74-646.38 kg ha⁻¹) yalnızca % 0-8 eğimli ve hafif toprak koşulundaki su erozyonunun önlenmesi yönünden uygundur (Çizelge 6).

3. Buğday ile arpanın yüzey artıklarıyla kaplı tarlada sırasıyla buğdayda Yöntem-31 ve Yöntem-32 ile, arpada ise Yöntem-31, Yöntem-32 ve Yöntem-33 ile çalışmadan sonra toprak yüzeyinde kalan yüzey artışı miktarları su ve rüzgar erozyonunun önlenmesi için yetersizdir (Çizelge 6). Arpada Yöntem-34, Yöntem-35 ve Yöntem-36 ile çalışmadan sonra toprak yüzeyinde kalan yüzey artışı miktarları (560.19-653.56 kg ha⁻¹), yalnızca % 0-8 eğimli olan hafif toprak koşulunda su erozyonunun önlenmesine yeterlidir. Gevrek olmayan yüzey artıklı bitkilerle kaplı toprak koşulunda Yöntem-3’ le çalışmadan sonra toprak yüzeyinde kalan bitki yüzey artışı miktarları (560.19-1583.63 kg ha⁻¹), bazı koşullardaki su ve rüzgar erozyonunun önlenmesi için yeterli miktardadır. Buğday, arpa, yulaf ve çavdarın yüzey artıklarıyla kaplı tarla koşullarında Yöntem-36 ile çalışmadan en iyi sonuçlar elde edilmiştir (Çizelge 6). Benzer şekilde Dickey ve ark. (1986) tarafından, mısırın yüzey artıklarıyla kaplı toprak koşulunda toprağın rototillerle işlenmesi ardından ekim yapılması halinde

geleneksel toprak işlemeye göre toprak kaybının % 76 oranında azaldığı açıklanmıştır. Ancak toprak erozyon sorunu olan araziler ile kuru tarım bölgelerinde yatay milli toprak frezeleriyle çalışılmasında, freze mili dönü sayısının

60 min⁻¹' e kadar düşürülmesi ve iş derinliğinin azaltılması önerilir. Aksi koşulda toprak aşırı derecede parçalanır ve toprak yüzeyinde kalan bitki yüzey artığı kaplama oranı azaldığından toprak ve nem kaybı artar (Dursun 2015).

Çizelge 6. Yüzey artıkları gevrek olmayan bitkilerle kaplı toprak koşullarında seçilen yöntemlerle çalışmadan sonra toprak yüzeyinde kalan bitki yüzey artığı miktarları (kg ha⁻¹).

Table 6. The amount of crop residue remaining on the soil surface after working with selected methods in the soil conditions covered with non-fragile residue (kg ha⁻¹).

Yöntemler	Toprak işlemeyen önce toprak yüzeyinde yüzey artığı bulunan bitki çeşidi				
	Buğday	Arpa	Yulaf	Çavdar	
Yöntem-1	Yöntem-11	139.62	100.83	244.33	174.52
	Yöntem-12	155.13	112.04	271.48	193.91
	Yöntem-13	199.45	144.05	349.04	249.32
	Yöntem-14	221.62	160.06	387.83	277.02
	Yöntem-15	232.69	168.06	407.22	290.87
	Yöntem-16	258.55	186.73	452.47	323.19
Yöntem-2	Yöntem-21	279.24	201.67	488.66	349.04
	Yöntem-22	310.26	224.08	542.96	387.83
	Yöntem-23	398.61	288.10	698.09 an	498.64
	Yöntem-24	443.23	320.11	775.66 an	554.04
	Yöntem-25	465.39	336.12	814.44 bk	581.74 a
	Yöntem-26	517.10	373.46	904.93 bdj	646.38 a
Yöntem-3	Yöntem-31	488.66	352.92	855.16 bdjk	610.83 a
	Yöntem-32	542.96	392.14	950.18 bdj	678.69 an
	Yöntem-33	698.37 an	504.38	1222.14 beı	872.96 bdjk
	Yöntem-34	775.66 an	560.19 a	1357.39 ceıj	969.57 bdj
	Yöntem-35	814.44 bk	588.20 a	1425.27 ceıj	1018.05 bdj
	Yöntem-36	904.93 bdj	653.56 a	1583.63 ceıh	1131.16 beıj
Yöntem-4	Yöntem-41	558.47	403.34	977.33 bdj	698.09 an
	Yöntem-42	620.52 a	448.16	1085.92 bdj	775.66 an
	Yöntem-43	797.82 bk	576.20 a	1396.18 ceıı	997.27 bdj
	Yöntem-44	886.46 bdk	640.22 a	1551.31 ceıh	1108.08 bdj
	Yöntem-45	930.79 bdj	672.23 an	1628.88 ceıh	1163.48 beı
	Yöntem-46	1034.21 bdj	746.93 an	1809.86 cfıg	1292.76 beı
Yöntem-5	Yöntem-51	1186.75 beı	857.09 bdk	2076.82 fıg	1483.44 ceıh
	Yöntem-52	1318.61 beı	952.33 bdj	2307.58 fıg	1648.27 ceıh
	Yöntem-53	1695.36 cfıg	1224.43 beı	2966.88 g	2119.20 fıg
	Yöntem-54	1883.74 cfıg	1360.48 ceı	3296.54 g	2354.67 fıg
	Yöntem-55	1977.92 fıg	1428.50 ceıh	3461.36 g	2472.40 fıg
	Yöntem-56	2197.69 fıg	1587.22 ceıh	3845.96 g	2747.11 g
Yöntem-6	Yöntem-61	1396.18 ceı	1008.35 bd	2443.32 fıg	1745.23 cfıg
	Yöntem-62	1551.31 ceıh	1120.39 beı	2714.79 g	1939.14 cfıg
	Yöntem-63	1994.54 fıg	1440.50 ceıh	3490.45 g	2493.18 fıg
	Yöntem-64	2216.16 fıg	1600.56 ceıh	3878.28 g	2770.20 g
	Yöntem-65	2326.97 fıg	1680.59 cfıg	4072.19 g	2908.71 g
	Yöntem-66	2585.52 g	1867.32 cfıg	4524.66 g	3231.90 g

* Açık renkle belirtilen miktarlar, su ve rüzgar erozyonu açısından yetersizdirler. Koyu renk harfler (a, b, c) hafif topraklardaki su erozyonuyla; d, e ve f orta ağır ve ağır topraklardaki su erozyonuyla; koyu renk ve italik harfler (g, h, ı, j, k, n) ise rüzgar erozyonuyla ilgilidir. Söz konusu harfler, su ve rüzgar erozyonunun önlenmesi için toprak yüzeyinde kalması gereken bitki yüzey artığı miktarlarına ilişkin simgelerdir (Çizelge 5).

Çizelge 7. Yüzeysel artıkları gevrek olan bitkilerle kaplı toprak koşullarında seçilen yöntemlerle çalışmadan sonra toprak yüzeyinde kalan bitki yüzey artığı miktarları (kg ha^{-1})^{*}

Table 7. The amount of crop residue remaining on the soil surface after working with selected methods in the soil conditions covered with fragile residue (kg ha^{-1})^{*}

Yöntemler	Toprak işlemeden önce toprak yüzeyinde yüzey artıkları bulunan bitki çeşidi			
	Kanola	Keten	Bezelye	
Yöntem-1	Yöntem-11	31.19	4.25	13.55
	Yöntem-12	38.99	5.31	16.94
	Yöntem-13	77.99	10.62	33.88
	Yöntem-14	97.15	13.23	42.21
	Yöntem-15	89.13	12.14	38.73
	Yöntem-16	11.41	15.17	48.41
Yöntem-2	Yöntem-21	93.58	12.74	40.66
	Yöntem-22	116.98	15.93	50.83
	Yöntem-23	233.96	31.86	101.65
	Yöntem-24	292.45	39.83	127.07
	Yöntem-25	267.38	36.41	116.18
	Yöntem-26	334.23	45.52	145.22
Yöntem-3	Yöntem-31	93.58	12.74	40.66
	Yöntem-32	116.98	15.93	50.83
	Yöntem-33	233.96	31.86	101.65
	Yöntem-34	292.45	39.83	127.07
	Yöntem-35	267.38	36.41	116.18
	Yöntem-36	334.23	45.52	145.22
Yöntem-4	Yöntem-41	187.17	25.49	81.32
	Yöntem-42	233.96	31.86	101.65
	Yöntem-43	467.92	63.72	203.31
	Yöntem-44	584.89 a	79.65	254.14
	Yöntem-45	534.76	72.83	232.36
	Yöntem-46	668.46 a	91.03	290.44
Yöntem-5	Yöntem-51	374.33	50.98	162.65
	Yöntem-52	467.92	63.72	203.31
	Yöntem-53	935.84 bdi	127.45	406.62
	Yöntem-54	1169.80 bi	159.31	508.28
	Yöntem-55	1069.53 bdj	145.66	464.71
	Yöntem-56	1336.91 bej	182.07	580.89 a
Yöntem-6	Yöntem-61	623.89 a	84.97	271.08
	Yöntem-62	779.87 an	106.21	338.85
	Yöntem-63	1559.73 ceh	212.41	677.70 an
	Yöntem-64	1994.96 fg	271.69	866.81 bdk
	Yöntem-65	1782.55 cfg	242.76	774.52 an
	Yöntem-66	2228.19 fg	303.45	968.15 bdj

^{*} Söz konusu harfler, su ve rüzgar erozyonunun önlenmesi için toprak yüzeyinde kalması gereken bitki yüzey artığı miktarlarına ilişkin simgelerdir (Çizelge 5 ve 6).

4. Buğdayın yüzey artıklarıyla kaplı olan toprak koşulunda Yöntem-41, arpada ise Yöntem-41 ve Yöntem-42 ile çalışmadan sonra toprak yüzeyinde kalan yüzey artığı miktarlarının (403.34-558.47 kg ha⁻¹), su ve rüzgar erozyonunun önlenmesi için yetersiz oldukları belirlenmiştir. Buğdayın yüzey artıklarıyla kaplı toprak koşulunda Yöntem-42, arpanın yüzey artıklarıyla kaplı toprak koşulunda ise Yöntem-43 ve Yöntem-44 ile çalışmadan sonra toprak yüzeyinde kalan yüzey artığı miktarları (576.20-640.22 kg ha⁻¹), yalnızca % 0-8 eğimli olan hafif toprak koşulunda su erozyonunun önlenmesi yönünden yeterlidir. Yulafın yüzey artıklarıyla kaplı olan toprak koşulunda Yöntem-4 ile çalışmadan sonra toprak yüzeyinde kalan yüzey artığı miktarlarının (977.33-1809.86 kg ha⁻¹), tüm koşullardaki su ve rüzgar erozyonunun önlenmesi yönünden yeterli oldukları bulunmuştur (Çizelge 6). Bu sonuç üzerinde gevrek olmayan yüzey artıklı bitkiler arasında toprak yüzeyinde kalan en yüksek bitki yüzey artığı miktarının (7560 kg ha⁻¹) yulafa ait olması etkili olmuştur (Çizelge 1).

5. Buğday, arpa, yulaf ve çavdarın yüzey artıklarıyla kaplı toprak koşullarında, Yöntem-5 ile çalışmadan sonra toprak yüzeyinde kalan bitki yüzey artığı miktarları (857.09-3845.96 kg ha⁻¹), gerek su gerekse de rüzgar erozyonunun önlenmesi yönünden yeterli miktardadır (Çizelge 6).

6. Gevrek olmayan bitki yüzey artıklarıyla kaplı tarla koşullarında Yöntem-6 ile çalışmadan sonra toprak yüzeyinde kalan bitki yüzey artığı miktarları, 1008.35-4524.66 kg ha⁻¹ arasında değişmektedir. Bu miktarlar, gerek su gerekse de rüzgar erozyonunun önlenmesi yönünden yeterlidir (Çizelge 6). Yöntem-6, su ve rüzgar erozyonunun önlenmesi yönünden en uygun yöntemdir. Bu sonuç üzerinde sonbaharda toprak işleme yapılmadan ilkbahara kadar olan süre boyunca toprağın anızlı nadasa bırakılmasının etkili olduğu düşünülmektedir.

7. Gevrek bitki yüzey artıklarıyla kaplı toprak koşullarında; Yöntem-1, Yöntem-2 ve Yöntem-3 ile çalışmadan sonra toprak yüzeyinde kalan bitki yüzey artığı miktarları

(4.25-334.23 kg ha⁻¹), su ve rüzgar erozyonunun önlenmesi için yetersizdir (Çizelge 7).

8. Keten ve bezelyenin yüzey artıklarıyla kaplı toprak koşullarında Yöntem-4 ile çalışmadan sonra toprak yüzeyinde kalan yüzey artığı miktarları (25.49-290.44 kg ha⁻¹), su ve rüzgar erozyonunun önlenmesi yönünden yeterli değildir (Çizelge 7).

9. Ketenin yüzey artıklarıyla kaplı toprak koşulunda tüm toprak işleme ve ekim yöntemleriyle çalışmadan sonra toprak yüzeyinde kalan bitki yüzey artığı miktarları (4.25-303.45 kg ha⁻¹) erozyonun önlenmesi yönünden yeterli değildir (Çizelge 7).

10. Kanolanın yüzey artıklarıyla kaplı toprak koşulunda yalnızca Yöntem-44 ve Yöntem-46 ile çalışmadan sonra toprak yüzeyinde kalan yüzey artığı miktarları (584.89-668.46 kg ha⁻¹), % 0-8 eğimli olan hafif toprak koşulunda su erozyonunun önlenmesi yönünden yeterli düzeydedir (Çizelge 7).

11. Kanolanın yüzey artıklarıyla kaplı toprak koşulunda yalnızca Yöntem-51 ve Yöntem-52, bezelyenin yüzey artıklarıyla kaplı toprak koşulunda ise Yöntem-56 dışındaki tüm yöntemlerle çalışmadan sonra toprak yüzeyinde kalan yüzey artığı miktarları (162.65-508.28 kg ha⁻¹), su ve rüzgar erozyonunun önlenmesi için yeterli değildir (Çizelge 7). Kanolanın yüzey artıklarıyla kaplı toprak koşulunda Yöntem-53, Yöntem-54, Yöntem-55 ve Yöntem-56 ile çalışmadan sonra toprak yüzeyinde kalan yüzey artığı miktarları (935.84-1336.91 kg ha⁻¹), su ve rüzgar erozyonunun önlenmesi için yeterlidir. Bezelyenin yüzey artıklarıyla kaplı toprak koşulunda ise Yöntem-56 ile çalışmadan sonra toprak yüzeyinde kalan bitki yüzey artığı miktarı (580 kg ha⁻¹), yalnızca % 0-8 eğimli hafif toprak koşulundaki su erozyonunun önlenmesine uygundur.

12. Gevrek bitki yüzey artıklarıyla kaplı toprak koşulunda Yöntem-6 ile çalışmadan sonra toprak yüzeyinde kalan bitki yüzey artığı miktarları, diğer yöntemlerden elde edilen miktarlardan daha fazladır. Kanolanın yüzey artıklarıyla kaplı toprak koşulunda Yöntem-6 ile

çalışmadan sonra toprak yüzeyinde kalan bitki yüzey artığı miktarları, 623.89-2228.19 kg ha⁻¹ arasında değişmektedir. Bezelyenin yüzey artıklarıyla kaplı toprak koşulunda ise Yöntem 63, Yöntem 64, Yöntem 65 ve Yöntem 66 ile çalışmadan sonra toprak yüzeyinde kalan yüzey artığı miktarları, 677.70-968.15 kg ha⁻¹ arasında değişmektedir. Su ve rüzgar erozyonunun önlenmesi yönünden gevrek bitki yüzey artıklarıyla kaplı toprak koşullarında da en uygun yöntem, Yöntem-6' dır.

13. Seçilen bitkiler arasında en yüksek bitki yüzey artığı miktarına sahip olan ilk iki bitki, sırasıyla 7710 kg ha⁻¹, la kanola ve 7560 kg/ha' la yulafıdır (Çizelge 1). Kanolanın yüzey artıklarıyla kaplı tarla koşulunda tüm toprak işleme ve ekim yöntemleriyle çalışmadan sonra toprak yüzeyinde kalan bitki yüzey artığı miktarı 31.19-2228.19 kg ha⁻¹, yulafın yüzey artıklarıyla kaplı tarla koşulunda ise 244.33-4524.66 kg ha⁻¹ arasında değişmektedir.

14. Yüzey artıkları gevrek olmayan buğday, arpa, yulaf ve çavdarla kaplı toprak koşulları; yüzey artıkları gevrek olan kanola, keten ve bezelye ile kaplı toprak koşullarına göre erozyonun önlenmesi yönünden daha başarılıdır. Çünkü gevrek olmayan bitki yüzey artıkları, daha zor parçalanırlar (Al-Kaisi ve Hanna 2009). Yüzey artığı miktarları sırasıyla 1050 kg ha⁻¹ ile 3350 kg ha⁻¹ olan keten ve bezelyenin gevrek yüzey artıklarıyla kaplı toprak koşullarında çalışmadan sonra toprak yüzeyinde kalan yüzey artığı miktarları, genel olarak erozyonun önlenmesi yönünden yetersizdir.

15. Toprak işleme ve ekimden sonra toprak yüzeyinde kalan bitki yüzey artığı kaplama oranı; geleneksel toprak işlemede 0.15' den az, azaltılmış toprak işlemede 0.15-0.30 arasında, koruyucu toprak işlemede ise 0.30' a eşit veya daha fazladır (Dursun 2015). Yulafın yüzey artıklarıyla kaplı toprak koşulunda Yöntem-23 ile çalışmadan sonra toprak yüzeyinde kalan yüzey artığı kaplama oranı 0.09 olup 0.15' den küçüktür. Buna göre Yöntem-23, geleneksel toprak işleme yöntemlerinden birisidir. Yöntem-23 ile çalışmadan sonra toprak yüzeyinde kalan yüzey artığı miktarı (698.09 kg ha⁻¹), % 0-8 eğimli olan

hafif toprak koşulunda su erozyonu ile orta ağır toprak koşulunda rüzgar erozyonunun önlenmesine yeterli düzeydedir (Çizelge 5). Ketenin yüzey artıklarıyla kaplı toprak koşulunda Yöntem-66 ile çalışmadan sonra toprak yüzeyinde kalan yüzey artığı kaplama oranı ise 0.60 olup 0.30' dan büyüktür. Buna göre Yöntem-66, koruyucu toprak işleme yöntemlerinden birisidir. Ancak Yöntem-66 ile çalışmadan sonra toprak yüzeyinde kalan bitki yüzey artığı miktarı (303.45 kg ha⁻¹) gerek su gerekse de rüzgar erozyonunun önlenmesi yönünden yeterli değildir (Çizelge 5). Bir başka ifadeyle yulafın yüzey artıklarıyla kaplı tarlada Yöntem-23 ile geleneksel toprak işleme yapıldığında toprak işleme ve ekimden sonra toprak yüzeyinde kalan yüzey artığı miktarı bazı koşullarda erozyonun önlenmesine yeterli olurken, ketenin artıklarıyla kaplı tarlada Yöntem-66 ile koruyucu toprak işleme yapıldığında toprak yüzeyinde kalan yüzey artığı miktarı erozyonunun önlenmesine yeterli olmamaktadır. Çizelge 1' e göre yulafın bitki yüzey artığı miktarı 7560 kg ha⁻¹, ketenin bitki yüzey artığı miktarı 1050 kg ha⁻¹ dır. Buradan erozyonun önlenmesinde yalnızca toprak işleme ve ekimden sonraki bitki yüzey artığı kaplama oranının değil aynı zamanda toprak işlemeden önce tarlada bulunan bitki yüzey artığının hangi bitkiye ait olduğunun ve önceki ürünün hasadından sonra birim alana düşen bitki yüzey artığı miktarının da (kg ha⁻¹) önemli olduğu anlaşılmaktadır.

4. Sonuç

Araştırma sonucunda, su ve rüzgar erozyonunun önlenmesi yönünden en başarılı yöntemin Yöntem-66, en yetersiz yöntemin ise Yöntem-11 olduğu bulunmuştur. Erozyon sorunu olan bölgelerde, sonbaharda toprağın kulaklı pullukla işlenmesinden kaçınılması gerekir. Sonbahar toprak işleminde kanatlı kazayağı uç demirli çizel, diskli anız bozma pulluğu veya rototiller gibi alet-makinalar kullanılmalıdır. Aynı zamanda toprak yüzeyinde yüzey artıkları bulunan önceki bitki çeşidi, birim alana düşen yüzey artığı miktarı ve kaplama oranı da önemlidir. Gevrek olmayan yüzey artıklı bitkiler, erozyon

kontrolünde daha etkilidirler. Erozyonla mücadele açısından en uygun çözüm önerisi, özellikle tahılların yüzey artıklarıyla kaplı toprak koşullarında sonbaharda birincil toprak işleme yapılmadan ilkbahara kadar olan dönemde toprağın anızlı nadasa bırakılması, daha sonra ilkbaharda hafif diskli tırmıkla işlenmesi ve ekimin yapılmasıdır.

Kaynaklar

- Al-Kaisi M and Hanna M (2009). Residue Management & Cultural Practices. Resources Conservation Practices, PM 1901a, University Extension, Iowa State University, Iowa.
- Anonymous (1992). Estimates of Residue Cover Remaining After Single Operation of Selected Tillage Machines. Developed Jointly by the Soil Conservation Service, USDA and the Equipment Manufacturers Institute.
- Anonymous (2015a). Estimating Crop Residue Cover for Soil Erosion Control. Soil Factsheet, Order No: 641.220-1, revised December 2015, Created September 2000, British Columbia, Ministry of Agriculture, Abbotsford, British Columbia.
- Anonymous (2015b). Bulk Density Averages. <http://go.key.net/rs/key/images/Bulk%20Density%20Averages%20100630.pdf> (Erişim Tarihi: 07.03.2016).
- Anonymous (2016). The Engineering ToolBox, Food Product-Bulk Density. http://www.engineeringtoolbox.com/foods-materials-bulk-density-d_1819.html (Erişim Tarihi: 06.04.2016).
- Dickey EC and Havlin J (1985). Estimating Crop Residue Using Residue to Help Control Wind and Water Erosion. University of Nebraska-Lincoln, Biological Systems Engineering, Lincoln, NE Leaflet No 3, 1-1-1985, Nebraska.
- Dickey EC, Shelton DP and Jasa PJ (1986). G18-544 Residue Management for Soil Erosion Control. University of Nebraska-Lincoln, Lincoln Extension, 1-1-1981, Nebraska.
- Durdiyev D ve Dursun E (2002). Sap parçalama ve farklı toprak işleme yöntemlerinin mısır saplarının toprağa karışmasına etkilerinin belirlenmesi. Tarım Bilimleri Dergisi, 8(1): 79-87.
- Dursun E, Güner M ve Erdoğan D (1999). Kulaklı ve diskli pullukların anızı toprağa gömme oranlarının belirlenmesi. Tarım Bilimleri Dergisi, 5(1): 45-50.
- Dursun Gökür İ (2002a). Yüzey artıklarıyla erozyon kontrolüne uygun toprak işleme ve ekim alet-makina setlerinin hesaplama yöntemiyle belirlenmesi. Tarım Bilimleri Dergisi, 8(2): 149-156.
- Dursun Gökür İ (2002b). Bitki yüzey artığı kaplama oranının belirlenmesinde kullanılan yöntemler. Türk-Koop Ekin Dergisi, Yıl: 6, 21: 60-65.
- Dursun İ (2015). Toprak İşleme Alet ve Makinaları. Ankara Üniv. Zir. Fak., Yayın No: 1618, Ders Kitabı: 570, Ankara Üniv. Basımevi, 584 s., Ankara.
- Dursun İ ve Erol MA (2015). Ekim, Bakım ve Gübreleme Makinaları (Gözden Geçirilmiş ve Genişletilmiş II. Baskı). Ankara Üniv. Zir. Fak., Yayın No: 1628, Ders Kitabı: 580, Ankara Üniv. Basımevi, 402 s., Ankara.
- Hickman JS and Schoenberger DL (1989). Estimating Wheat Residue. Cooperative Extension Service, L-784, Crops and Soils 4-5 (Soil Conservation), Manhattan, Kansas.
- Krall J, Cross E and Hogelin C (1986). Residue Management to Control Wind and Water Erosion. Sm-50.wy, Cooperative Extension Service University of Wyoming College of Agriculture, Wyoming.
- McCool DK, Hammel IE and Papendick RL (1995). Surface Residue Management. Crop Residue Management To Reduce Erosion and Improve Soil Quality Northwest, United States Department of Agriculture, Agricultural Research Service Conservation Research Report Number: 40.
- Shelton D, Smith JA, Jasa PJ and Kanable R (1995). Estimating percent residue cover using the calculation method. G05-1135-A, Field Crops, H-4, Conservation and Management, University of Nebraska, Nebraska.
- TÜİK (2016). Bitkisel Üretim İstatistikleri. Türkiye İstatistik Kurumu, http://www.tuik.gov.tr/PreTablo.do?alt_id=1001 (Erişim Tarihi: 14.04.2016).