

## **Toprak İşlem Yöntemlerinin Toprak Kalitesi İndikatörü ve Toprak Kalitesine Etkileri**

### **Effects of Soil Tillage Methods on Soil Quality Indicators and Soil Quality**

**Fatih Gökmen<sup>1</sup> Hikmet Günal<sup>2</sup>**

#### **Öz:**

Bu çalışmanın amacı, üç yıllık bir arazi çalışmasında buğday-silajlık mısır rotasyonunda geleneksel ve korumalı toprak işleme yöntemlerinin toprak kalitesi indikatörleri ve toprak kalitesine etkilerini araştırmaktır. Denemde, 3 geleneksel, bir azaltılmış ve sıfır toprak işleme olmak üzere 5 farklı toprak işleme yöntemi kullanılmıştır. Tarla denemeleri tesadüf bloklarında bölünmüş parseller deneme desenine göre 4 tekrarlamalı olarak yürütülmüştür. Denemenin ana parsellerinin yarısına yabancı ot ilacı kullanılarak yabancı ot mücadeleleri yapılmış, diğer yarısında ise yabancı ot mücadelesi yapılmamıştır. Deneme başlangıcı ve sonunda, otlu ve otsuz parsellerin 0-10, 10-20 ve 20-30 cm derinliklerinden bozulmuş ve bozulmamış toprak örnekleri alınmış ve çeşitli fiziksel ve kimyasal özellikler için analiz edilmişlerdir. Toprak örneklerinde parçacık büyüklük dağılımı, hacim ağırlığı, agregat stabilitesi, organik karbon, pH, elektriksel iletkenlik, yarıyışlı fosfor ve ekstrakte edilebilir potasyum içeriği belirlenmiştir. Toprak indikatörlerinin değerlerinin normalize edilmelerinde ve toprak kalitesi indeksinin hesaplanmasında Toprak Amenajmanı Değerlendirme Çerçevesi kullanılmıştır. Deneme öncesi yaklaşık %68-73 arasında olan fonksiyon gösterme potansiyelinin, 3 yıl devam eden buğday-silaj mısır rotasyonu sonunda otlu parsellerde %63-%70 arasına ve otsuz parsellerde ise %64-70 arasına indiği görülmüştür. Toprağın fonksiyon gösterme kapasitesi, kontrol dahil tüm uygulamalarda deneme başlangıcına kıyasla azalmıştır. Bulgular, korumalı toprak işleme uygulamalarının tek başına toprak kalitesinin korunması ve iyileştirilmesi için yeterli olmadığını göstermiştir. Toprak fonksiyonlarının iyileştirilmesi ve sürdürülebilirliği için örtücü

---

<sup>1</sup> Iğdır Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü, Iğdır. Sorumlu yazar: fatih.gokmen@igdir.edu.tr

<sup>2</sup> Gaziosmanpaşa Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü, Tokat.

bitkiler ile baklagil yem bitkilerinin rotasyona sokulması ve hayvan gübresi gibi katkı maddelerinin kullanımına gereksinim olduğu anlaşılmaktadır.

**Anahtar sözcükler:** Toprak işleme, kulaklı pulluk, geleneksel, korumalı, SMAF, toprak sağlığı

### **Abstract:**

The aim of this study was to investigate the effects of conventional and conservational soil tillage methods on soil quality indicators and soil quality in wheat-silage corn rotation in a three-year field study. Five different tillage methods of which 3 conventional, one reduced and zero tillage were used in the experiment. Field trials were laid out according to split plots in a randomized complete block design with four replicates. Herbicide was used to control weeds in the half of the main plots, while weed control was not done in the other half. Disturbed and undisturbed soil samples were collected from 0-10, 10-20 and 20-30 cm depths of herbicide applied and herbicide not applied plots at the beginning and at the end of the experiment. Soil samples were analyzed for various physical and chemical properties which were particle size distribution, bulk density, aggregate stability, organic carbon, pH, electrical conductivity, available phosphorus and extractable potassium content. Soil Management Assessment Framework was used to normalize the values of soil indicators and to calculate soil quality index. After 3 years of wheat-silage corn rotation, the functioning potential of soils before the experiment was ranged between 68-73% , while decreased to between 63-70% in non herbicide applied plots and to 64-70% in herbicide applied plots. The ability of the soil to function was reduced in all treatments, including control, compared to the initial state of the experiment. The findings revealed that conservative soil tillage practices alone are not sufficient to maintain and improve the quality of soils. The improvement and sustainability of soil functions may be achieved by including the cover plants and legume fodder plants into the crop rotation and the use of additives such as animal manure.

**Keywords:** Soil tillage, moldboard plough, conventional, conservational, SMAF, soil health

### **Giriş**

Toprağın yerine getirmesi gereken verimlilik, su yönetimi, filtreleme gibi fonksiyonlarını gerektiği kadar yerine getiremiyor olması durumunda gerekli tedbirler alınmaz ise, yenilenmesi oldukça uzun zaman alan bu doğal kaynağımızın geri dönüşümsüz bir biçimde elden çıkması kaçınılmaz olacaktır. Toprak kalitesini korumak ve bitkisel üretimi devap ettirebilmek için arazi

içi uygulamaları son derece önemlidir (Aziz ve ark. 2009). Tarımsal uygulamalardaki farklılıklar, toprağın biyolojik, kimyasal ve fiziksel özelliklerinde önemli farklılıklara neden olduğundan toprağın fonksiyon gösterme kapasitesi olarak bilinen toprak kalitesinde de değişikliklere neden olurlar (Çelik ve ark., 2011).

Geleneksel pulluk kullanımı ile yapılan toprak işlemede, yabancı otları kontrol etmek için toprak ters yüz edilir; bu durumda bitki atıkları ve yüzeye bırakılan hayvan gübreleri alt katmanlardaki toprak ile karıştırılır ve üst toprak gevşetilir. Pulluk ile toprak işleme, kısa vadede gözenekliliği artırır, ancak uzun vadede toprak agregatlarının dayanıklılığının azalmasına neden olur (Bronick ve Lal, 2005). Toprak işlemenin yoğunluğu toprakta özellikle organik maddenin hızlı bir şekilde mineralizasyonuna ve agregatların parçalanmasına neden olmaktadır (Rasmussen ve ark., 1998). Pulluk kullanılarak toprağın ters çevrilmesi ile yapılan uzun süreli geleneksel toprak işleme uygulamaları, organik maddenin parçalanmasına ve toprak yapısının bozmasına neden olarak erozyonun artışa neden olmaktadır (Nachtergaele ve ark., 2002). Bundan dolayı, geleneksel tarımda toprağı çok fazla karıştıran ve agregatların parçalanmasına neden olan yöntemlerin yerine direk ekim veya azaltılmış toprak işleme yöntemleri gibi koruyucu toprak işleme yöntemlerinin kullanımı toprağın doğal yapının korunması ve iyileştirilmesine katkı sağladığı bildirilmektedir (Lichter ve ark., 2008). Korumalı toprak işlemenin agregat dayanıklılığı, organik madde içeriği, yarayıslı K, biyolojik aktivite ve toprak direncini arttırdığı gösterilmiştir (Munkholm ve ark., 2008). Bununla birlikte, korumalı toprak işleme yöntemlerinin özellikle de sıfır toprak işlemenin toprak yüzeyinde hacim ağırlığını arttırdığı ve fosfor birikimine neden olduğu da bildirilmiştir (Franzluebbbers, 2002). Tokat il sınırları içerisinde yer alan oldukça verimli ve çoğunlukla düz düze yakın bir eğime sahip sulanabilir tarım arazilerinin yer aldığı Kazova'da ülkenin genelinde olduğu gibi tarımsal üretimde geleneksel toprak işleme yöntemleri kullanılmaktadır. Toprağın kalitesini koruyan ve fonksiyonlarını uzun yıllar azaltmadan yerine getirmesini sağlayan korumalı toprak işleme yöntemleri henüz yaygınlaşmamıştır. Bu çalışmada, geçit iklim özelliği taşıyan Tokat Kazova'da çiftçi koşullarında, geleneksel ve koruyucu toprak işleme yöntemleri altında buğday- silajlık mısır rotasyonunda toprak kalitesinin değişimi incelenmiştir. Farklı toprak işleme yöntemlerinin toprak kalitesine etkilerinin belirlenmesi yolu ile en uygun toprak işleme yönteminin seçimi temel amaçlardan bir tanesidir. Toprak işleme uygulamalarının yanında, uygulamalarının gerçekleştirildiği parsellerin yarısına yabancı ot kontrolü için herbisit uygulaması yapılmış ve yabancı ot kontrolünün çapalama ve herbisit ile uygulamasının da toprak özellikleri üzerine etkisi araştırılmıştır.

## MATERYAL ve YÖNTEM

### 1. Çalışma Alanı

Kazova, Tokat merkez ve Turhal ilçesi arasında yaklaşık 225.000 da sulanabilir çoğunlukla düz ve düze yakın aluviyal ve koluviyal arazilerden oluşmuş son derece verimli toprakların yer aldığı bir ovadır. Çalışma, Kazova içerisinde yer alan Çaylı Kasabasına ait bir çiftçi arazisinde gerçekleştirilmiştir. Tokat İli Orta Karadeniz bölümünün iç kısımlarında yer almaktadır. Bu nedenle hem Karadeniz iklim özellikleri hem de İç Anadolu'daki step (kara) ikliminin etkisi altındadır. Bu özelliği ile Tokat iklimi; Karadeniz iklimi ile İç Anadolu'daki step iklimi arasında geçiş özelliği taşır. Yaz mevsiminde sıcak ve kurak, kış mevsimi soğuk ve kar yağışlıdır. Tokat Meteoroloji İstasyonu kayıtları esas alındığında son 40 yıllık istatistiklere göre ilin yıllık ortalama sıcaklığı 12.4 °C'dir. Yıllık ortalama yağış miktarı ise 445.7 mm'dir (Çizelge 1).

Çizelge 1. Tokat Merkez uzun yıllar ortalama sıcaklık değerleri (1975-2005) (Anonim, 2007).

	AYLAR												Yıllık
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	
En Yüksek Sıcak (°C)	6.1	8.0	12.9	19.0	23.1	26.5	29.0	29.4	26.4	20.3	13.0	7.6	18.4
Ort. Sıcak (°C)	2.0	3.2	7.1	12.6	16.3	19.6	22.2	22.1	18.7	13.4	7.6	3.6	12.4
En Düşük Sıcak (°C)	-1.5	-1.0	2.1	6.8	9.8	12.8	15.5	15.4	12.1	8.0	3.2	0.2	7.0

### 2. Yöntem

#### 2.1. Denemenin Kurulması

Denemede toprak işleme uygulamaları dört bağımsız blokta tesadüf parselleri şeklinde yerleştirilmiştir. Denemede 3 farklı mısır çeşidi de kullanılmıştır, ancak bu makalede mısır çeşitlerine ait veriler sunulmayacaktır. Beş toprak işleme x 3 mısır çeşidi x 4 tekerrürden oluşan denemede toplam 60 ana parsel yer almıştır. Ana parsel genişliği 6.5 m x 20 m (130 m<sup>2</sup>) olarak belirlenmiş ve her ana parselin yarısına (65 m<sup>2</sup>) yabancı ot kontrolü için herbisit uygulanırken diğer yarısında otların mücadelesi yapılmamıştır. Her bir parselin fiziksel ve kimyasal toprak özellikleri deneme öncesi ve 3. yılın sonunda belirlenerek uygulamaların toprak kalitesi indikatörlerine olan etkileri değerlendirilmiştir.

Çalışmada, 3 geleneksel, bir azaltılmış ve sıfır toprak işleme olmak üzere 5 farklı toprak işleme yöntemi kullanılmıştır. Uygulamalar; sulama+kulaklı pulluk+diskli tırmık (SKPDT), kulaklı pulluk+freze (KPF), freze (F), çizel+diskli tırmık (ÇDT) ve sıfır toprak işleme (ST). Her yöntemde parsellerin yarısında yabancı ot kontrolü için herbisit uygulanmış ve diğer yarısında ise yabancı ot mücadelesi yapılmamıştır.

### 3.2.2. Toprak Analizleri

Deneme başlangıcında, yabancı ot uygulaması dikkate alınmadan parsellerden örnekleme yapılmıştır. Çalışmanın tamamlandığı 2009 hasat döneminde ise toprak örnekleri; her bir parcel yabancı ot kontrolü yapılmış ve yapılmamış diye ikiye ayrılarak alınmıştır. Toprakların fiziksel ve kimyasal özelliklerini belirleyebilmek için bozulmuş ve bozulmamış toprak örnekleri her parselden 3 derinlikten (0-10, 10-20 ve 20-30 cm) bir adet olmak üzere alınmıştır. Toplam 60 adet olan ana parsellerin her biri otlu ve otsuz şeklinde ikiye ayrıldığından her derinlik için alınan örnek sayısı toplam 120 olmuştur. Bozulmuş toprak örnekleri oda sıcaklığında kurutulduktan sonra analizler için 2 mm'lik elekten geçirilmiştir. Çalışmada belirlenen toprak özellikleri bunların ve yöntemleri özet olarak Çizelge 2'de verilmiştir.

Çizelge 2. Toprak analiz yöntemleri

Analiz	Açıklama	Kullanılan Metot
Tekstür	Deneme alanı topraklarını tanıması	Bouyoucos hidrometre metodu (Gee ve Boudier, 1986)
Hacim ağırlığı	Toprak sıkışıklığı	Bozulmamış toprak örneklerinde (Blake ve Hartge, 1986)
Agregat dayanıklılığı	Agregatların parçalanmaya karşı direnci	Kemper ve Rosenau (1986)
Organik madde	Tohum yatağının özelliğini belirlemek	Kjeldahl Yöntemi (Bremner, 1965)
Toplam azot	Toprak işleme yöntemlerinin gübre kullanım etkinliğine etkileri	Kjeldahl Yöntemi (Bremner, 1965)
Yarayışlı fosfor	Toprak işleme yöntemlerinin gübre kullanım etkinliğine etkileri	Sodyum bikarbonat metodu (Olsen ve ark., 1954)
Potasyum	Toprak işleme yöntemlerinin gübre kullanım etkinliğine etkileri	1N amonyum asetat ile ekstraksiyon (Thomas, 1982)

Toprak reaksiyonu (pH) ve Elektriksel iletkenlik	Gübre çeşidi ve genel toprak kalitesi	1:2 (toprak:su) (Rhoades, 1982)
--	---------------------------------------	---------------------------------

### 2.3. Toprak Kalitesi İndikatörlerinin Değerlendirilmesi

Toprak işleme yöntemlerinin toprak kalitesine etkisini ölçmek için, Andrews ve ark. (2004) tarafından geliştirilen Toprak Yönetimi Değerlendirme Çerçevesi (SMAF) kullanılmıştır. SMAF, toprak kalitesini değerlendirmek için 3 aşamalı bir işlem kullanmaktadır. SMAF'da yer alan aşamalar; indiatör seçimi, indikatör yorumlanması ve genel bir toprak kalite endeksi içine indikatörlerin etkilerini dahil etme aşamasıdır. Toprak kalitesi indikatörü olarak belirlenen toprak özelliklerinin değerleri, Andrews ve ark. (2004) tarafından geliştirilen, Toprak Amenajmanı Değerlendirme Çerçevesinde (SMAF) yer alan skorlama eğrileri kullanılarak birimsiz skorlara dönüştürülmüştür. SMAF, toprak kalitesi indikatör sonuçları için yere özgü yorumlar veren bir yaklaşımdır. Skorlamada doğrusal olmayan skorlama fonksiyonları kullanılmıştır. Bu indikatör yorumlama şeklini ilk defa Karlen ve Stott (1994) toprak indikatör yorumlamasında kullanmıştır. Bu amaçla araştırmacılar üç ana skorlama eğrisi kullanmışlardır; daha fazla daha iyidir, daha az daha iyidir ve orta nokta optimumdur. SMAF bu tekniğin aynısını kullanmaktadır, ancak eğrinin şeklinde değişkenliklere izin vermektedir (Anonymous, 2010).

Her durumda belirli bir toprak için bir indikatörün değeri yüksek fonksiyon gösteriyor ise optimum skor verilir. İndikatörlerin bir kısmı ürüne özgü olabilir. Örneğin, toprak pH'sı için optimum skor hangi ürünün yetiştirileceğine bağlı olarak değişir. İndikatörlerin skorlanması çoğunlukla yere özgüdür ve yorumlamaları genellikle toprak oluşumu ürünü olan toprak özelliklerini esas almaktadır. Bazı özellikler yere özgü olarak farklılık gösterebilmektedir. Örneğin kurak bölge ve yağışlı bölgelerin organik madde içerikleri doğal olarak birbirlerinden farklıdır. Skorlama eğrisinde eşik değeri düzenlemek için çeşitli faktörler (Örn; organik madde, tekstür, iklim, eğim, bölge, mineraloji, ayrışma sınıfı, ürün örnekleme zamanı ve analitik metot) kullanılır. Bu gibi farklılıklar skorlamada farklılığın oluşmasına neden olurlar. Kurak bölgelerin toprakları için %2 organik madde içeriği en yüksek skoru alırken yağışlı ve organik madde birikiminin yüksek olduğu bir bölge için %2 organik madde oldukça düşük bir skor alacaktır. Skorlama eğrileri daha sonra toplanan her çeşit veri için oransal olarak 0 ile 1.0 arasında değer vermek için kullanılır (Andrews ve ark., 2004).

Toprak kalitesinin belirlenmesinde son aşama bireysel indikatör skorlarının tek bir indeks değeri içersinde birleştirilmesidir. Entegrasyon aşaması adı verilen bu adım; her indikatör için

skorların toplanması, toplam indikatör sayısına bölünmesi ve ardından 10 ile çarpılması ile gerçekleştirilmiştir.

## 2.4. İstatistiksel Analizler

Öncelikle, farklı toprak işleme yöntemlerinin uygulandığı çalışma alanındaki toprak özelliklerine ait tanımlayıcı parametreler hesaplanmıştır. Tanımlayıcı istatistik verileri olarak veri setlerine ait ortalama ve varyasyon katsayısı değerleri SPSS programı kullanılarak hesaplanmıştır. İstatistiksel analizlere başlamadan önce, veri setlerine ait normal dağılım testleri uygulanmış, normal dağılım göstermeyen veri setleri normal dağılıma dönüştürülebilmesi için uygun dönüşüm işlemleri yapılmıştır. Her bir uygulama için elde edilen indikatör skorları kullanılarak uygulamalar arasındaki farklılıkların önem dereceleri varyans analizi (ANOVA) ile belirlenmiştir. Daha sonra, DUNCAN testi ile özellikler açısından homojen olan uygulamalar tespit edilmiştir. Denemenin başlangıcında belirlenen toprak özellikleri için hesaplanan toprak kalitesi değerleri ile deneme sonu hasat döneminde belirlenen toprak kalitesi indikatör skorlarının karşılaştırılması eşleştirilmiş t-testi ile yapılmıştır. İstatistiksel analizler için SPSS 13 (SPSS 2000) bilgisayar programı kullanılmıştır.

## BULGULAR VE TARTIŞMA

Koruyucu ve geleneksel toprak işleme yöntemleri içinden silajlık mısırdaki erkenciliği sağlayacak aynı zamanda toprakta sürdürülebilir tarımsal üretime katkı mümkün kılacak toprak işleme yönteminin belirlenmesi çalışmanın temel amacıdır.

### 1. Deneme Öncesi Çalışma Alanı Toprak Kalitesi

Deneme alanında farklı uygulamaların yer aldığı parsellerin ortalama toprak organik karbon (TOC) içeriği %1 civarındadır (Çizelge 1). Organik karbonun düşük olması toprak kalitesi için bir olumsuzluk olarak kabul edilmektedir. Zira TOC, besin elementi kaynağı, birçok besin elementinin döngüsünün sağlandığı ortam ve toprağın su ve rüzgâr erozyonuna dayanımını arttıran agregatların oluşması için gerekli olan bir bileşendir. Cambardella ve ark. (1994) toprak değişkenliğini varyasyon katsayısına (VK) göre 3 sınıfa ayırmışlardır. Buna göre VK'sı  $\leq$ %15 olanlar az değişken, %16-35 arasında olanlar orta derecede değişken ve  $\geq$ %35'dan büyük olanlar ise yüksek derecede değişken olarak gruplandırılmıştır.

Çizelge 3. Çalışma başlangıcı (2007) toprak özellikleri ortalama ve varyasyon katsayısı (VK) değerleri (Özgöz ve ark., 2010).

2007		SKPDT		KPF		F		ÇDT		ST	
		Ort	VK	Ort	VK	Ort	VK	Ort	VK	Ort	VK
% TOC	0-10	0.93	13.6	0.97	13.0	0.91	18.8	0.97	13.5	0.98	14.6
	10_20	0.93	14.7	0.96	22.2	0.94	20.6	1.0	13.6	0.91	18.5
	20-30	0.89	16.6	0.85	16.9	0.97	11.7	0.89	26.7	0.9	10.1
pH	0-10	8.36	1.7	8.47	1.3	8.44	1.5	8.4	1.8	8.46	1.5
	10_20	8.39	2.0	8.38	1.1	8.33	3.2	8.39	1.7	8.41	1.7
	20-30	8.45	1.3	8.48	2.1	8.47	1.4	8.5	1.6	8.42	1.5
EC dSm <sup>-1</sup>	0-10	0.27	21.6	0.27	6.9	0.28	7.8	0.27	13.2	0.27	8.0
	10_20	0.29	9.3	0.27	9.7	0.28	7.3	0.27	9.7	0.27	8.9
	20-30	0.28	10.3	0.28	8.0	0.28	9.6	0.27	11.7	0.27	11.2
P mg kg <sup>-1</sup>	0-10	24.12	33.3	23.45	33.9	22.03	41.9	22.31	29.0	19.06	27.4
	10_20	22.92	27.4	22.56	37.8	23.47	21.9	21.92	21.2	26.59	30.8
	20-30	20.71	41.7	24.44	25.9	22	31.7	23.85	39.7	22.77	34.4
K mg kg <sup>-1</sup>	0-10	146.41	31.4	107.59	35.4	132.14	36.5	125.88	27.2	131.85	23.7
	10_20	144.76	33.3	118.23	20.3	127.62	37.3	108.91	30.3	96.67	25.8
	20-30	132.66	38.3	97.98	31.1	118.57	24.9	103.37	27.6	120.87	29.4
% AS	0-10	65.5	36.0	67.7	24.8	61.7	29.0	57.7	33.3	65.0S	35.2
	10_20	69.8	21.2	70.3	28.6	64.6	29.3	67.5	15.8	62.3	36.1
	20-30	60.0	33.0	66.4	30.0	64.3	26.6	62.4	23.9	61.9	29.1
HA gcm <sup>-1</sup>	0-10	1.45	7.8	1.38	8.6	1.43	4.2	1.44	9.5	1.45	7.6
	10_20	1.5	5.6	1.44	5.9	1.46	6.9	1.47	4.7	1.45	8.2
	20-30	1.5	9.6	1.46	6.6	1.51	6.4	1.5	5.3	1.52	8.6
% Kil	0-10	46.1	20.9	45.2	10.6	45.6	13.0	45.6	13.8	44.2	14.7
	10_20	42.8	11.3	45.2	14.9	45.3	11.6	41.5	16.9	45.7	11.0S
	20-30	42.9	13.6	43.3	14.8	43.3	13.4	41.5	14.9	45.0	23.7
% Silt	0-10	37.7	20.9	41.7	4.0	41.4	10.7	39.6	11.7	39.7	8.3



	<b>10_20</b>	41.5	6.2	42.0	6.5	42.0	4.9	41.9	4.1	39.5	7.8
	<b>20-30</b>	40.7	5.8	43.2	9.6	42.8	7.2	43.1	8.7	39.5	19.6
<b>% Kum</b>	<b>0-10</b>	16.3	30.7	13.1	35.3	13.1	46.1	14.8	42.7	16.0	42.2
	<b>10_20</b>	15.8	30.7	12.8	47.8	12.7	41.3	16.6	41.9	14.8	38.6
	<b>20-30</b>	16.5	31.7	13.6	34.3	14.0	30.2	15.4	30.3	15.5	47.6

**SKPDT:** Sulama+Kulaklı pulluk+Diskli tırmık **KPF:** Kulaklı pulluk+freze **F:** Freze **ÇDT:** Çizel+Diskli tırmık **ST:** Toprak İşlemesiz

Tüm parseller ve derinlikler dikkate alındığında az ile orta değişken agregat stabilitesi orta değişken, pH az değişken, fosfor orta değişken, hacim ağırlığı az değişken, EC ortalama az ve orta değişken ve potasyum ortalama orta derecede değişken olarak sınıflandırılabilir. Kil içeriği ortalama %41.5 ile %46.1 arasında ve az değişken olarak sınıflandırılırken silt az değişken ve kum ise yüksek derecede değişken olarak sınıflandırılabilir (Çizelge 3).

Öncelikle farklı uygulamaların yapılacağı parsellerin her biri için toplam organik karbon (TOC), agregat stabilitesi (AS), pH, bitkiye yararlı fosfor (P), hacim ağırlığı (HA), bitkiye yararlı potasyum (K) indikatör skorları her bir toprak işleme sistemi için ayrı ayrı hesaplanmıştır. Karlen ve ark. (2006) farklı lokasyonlarda, uzun süreli çeşitli ürün rotasyonları ve azot gübreleme dozlarının toprak kalitesine etkilerini araştırdıkları bir çalışmada toprak kalitesi için önemli olan ve toprağın fiziksel ve kimyasal özelliklerini temsil edeceklerini düşündükleri için HA, penetrasyon direnci, ıslak agregat stabilitesi, pH, TOC, P ve K indikatörlerini dikkate almıştır. Bu çalışmada, HA topraktaki sıkışmanın göstergesi, TOC ve AS; infiltrasyon, havalanma ve besin döngüsü gibi birçok işlemi etkileyen toprak strüktürünün bir göstergesi, pH, P ve K ise toprağın kimyasal durumunun yani verimliliğinin bir göstergesi olduğundan çalışmaya dahil edilmiştir.

Denemenin kurulduğu arazinin tamamı benzer toprak oluşum faktörlerinin etkisi altındadır. Yani ana materyal, iklim, topoğrafya, bitki örtüsü ve zaman açısından farklılık olmadığından genetik kaynaklı bir değişkenlik söz konusu değildir. Böylesine küçük bir tarım arazisinde toprak özelliklerinde görülen değişkenliğin temel nedeni tarla içi uygulamalardır. Toprak özelliklerinin çok kısa mesafelerde dahi değişkenlik göstermesi, bir arazide aynı tarımsal uygulama (toprak işleme, gübreleme, sulama ve mücadele) sonucunda bitkisel ürünün arazinin değişik yerlerinde farklılaşmasının en temel nedenlerindedir (Goovaerts, 1998). Toprak kalitesi indikatörlerinden pH skoru, her üç derinlikte de SKPDT uygulamasının olduğu

parsellerde (0.68, 0.69 ve 0.70) diğer uygulamalara kıyasla bir miktar yüksektir (Çizelge 4). Benzer şekilde 0-10 cm derinlikteki yarayışlı K konsantrasyonu skoru KPF uygulamasında bir miktar düşük olduğundan DUNCAN gruplamasında farklı bir grupta yer almıştır. Yarayışlı K skoru, 10-20 cm derinliğinde de SKPDT ve ST uygulamalarında istatistiksel olarak önemli ( $P<0.05$ ) farklılık göstermiştir. Diğer kalite indikatörleri açısından parsellerin çalışma öncesinde homojen oldukları anlaşılmaktadır. Agregat stabilitesi indikatörü skoru, ST parsellerinin 10-20 cm'sinde diğer uygulamalara göre bir miktar düşük olduğundan özellikle SKPDT ve ÇDF uygulamalarından farklı grupta yer almıştır. Her ne kadar bireysel indikatör değerleri açısından küçük farklılıklar görülmüş olsa da bireysel indikatörlerin birleşimi ile elde edilen TKİ açısından Duncan homojenlik testi sonuçları sadece 10-20 cm derinlikteki toprağın kalitesinde istatistiksel olarak bir miktar önemli farklılık olduğunu, ancak 0-10 ve 20-30 cm derinliklerde tüm uygulama parsellerinin homojen olduğunu göstermektedir.

Kalite değerlendirmelerinde son aşama olan çalışmada var olan tüm kalite indikatörlerinin tek bir toprak kalitesi indikatörü içerisine dahil edilmesidir. Her bir indikatöre ait skorlaması yapılan değerler kendi önem düzeylerine göre ayrı ayrı incelenmesi gerektiğinden, bu aşama isteğe bağlıdır. Ancak, bu aşama tüm indikatörlerin tek bir ilaveli indeks değeri içerisine dahil edilme potansiyelini sunmaktadır (Andrews ve ark., 2004). Bu nedenle "toprak kalitesi değeri" toprak kalitesinin bir bütün olarak değerlendirilmesi olarak kabul edilir. Bununla birlikte, birleştirilen bu değer zaman içerisinde belirli bir lokasyondaki değişimlerin özetlenmesi veya bir tarladaki farklı amenajman pratiklerinin karşılaştırılmaları ve değerlendirilmesi için de oldukça uygundur.

Çizelge 4. Deneme öncesi uygulama parsellerinin toprak kalitesi indikatör skorları ve toprak kalitesi indeksleri.

İndik	Derinlik	SKPDT	KPF	F	ÇDT	ST	ANOVA
TOC	0-10 cm	0.16a*	0.17a	0.16a	0.17a	0.17a	0.769
	10-20 cm	0.16a	0.17a	0.17a	0.18a	0.16a	0.792
	20-30 cm	0.15a	0.14a	0.17a	0.16a	0.15a	0.417
AS	0-10 cm	0.93a	0.98a	0.97a	0.93a	0.96a	0.707
	10-20 cm	1.00b	0.98ab	0.98ab	1.00b	0.95a	0.033
	20-30 cm	0.96a	0.98a	0.97a	0.98a	0.96a	0.785
pH	0-10 cm	0.77b	0.65a	0.65a	0.67a	0.65a	0.000
	10-20 cm	0.76b	0.67a	0.69a	0.67a	0.66a	0.011

	<b>20-30 cm</b>	0.76b	0.64a	0.64a	0.64a	0.66a	0.000
<b>P</b>	<b>0-10 cm</b>	0.96a	0.96a	0.92a	0.96a	0.93a	0.402
	<b>10-20 cm</b>	0.96a	0.93a	0.97a	0.96a	0.97a	0.501
	<b>20-30 cm</b>	0.91a	0.97a	0.93a	0.91a	0.95a	0.679
<b>HA</b>	<b>0-10 cm</b>	0.32a	0.38a	0.32a	0.34a	0.33a	0.432
	<b>10-20 cm</b>	0.28a	0.32a	0.31a	0.30a	0.32a	0.498
	<b>20-30 cm</b>	0.31a	0.31a	0.28a	0.28a	0.28a	0.757
<b>K</b>	<b>0-10 cm</b>	0.89b	0.79a	0.86ab	0.86ab	0.88ab	0.162
	<b>10-20 cm</b>	0.89b	0.85ab	0.85ab	0.80ab	0.77a	0.053
	<b>20-30 cm</b>	0.86a	0.76a	0.84a	0.78a	0.84a	0.196
<b>TKİ</b>	<b>0-10 cm</b>	72a	71a	70a	70a	70a	0.417
	<b>10-20 cm</b>	73b	70.a	71ab	70a	69a	0.176
	<b>20-30 cm</b>	70a	70a	69a	68a	69a	0.888

**SKPDT:** Sulama+Kulaklı pulluk+Diskli tırmık **KPF:** Kulaklı pulluk+freze **F:** Freze **ÇDT:** Çizel+Diskli tırmık **ST:** Toprak İşlemesiz \* Satırda aynı harfle gösterilen değerler arasında istatistiksel olarak P<0,05 düzeyinde farklılık yoktur.

Genel TKİ değerleri, farklı toprak işleme sistemlerinin uygulanan parsellerde 0-10 cm derinlik için %69.7 (F) ile %72.0 (SKPDT) arasında, 10-20 cm için %69.0 (ST) ile %72.9 (SKPDT) arasında ve 20-30 cm derinlik için %67.9 (ÇDF) ile %70.4 (SKPDT) arasında değişmiştir. Toprak kalitesi indeks değeri toprağın fonksiyon gösterme kapasitesinin bir göstergesi kabul edildiğinden (Marzaioli, 2010) çalışma alanı topraklarının tüm derinlerde yaklaşık ortalama %70 düzeyinde fonksiyon gösterdiği söylenebilir. Karlen ve ark. (2006) toprağın fonksiyonu için %95 ve üzerinin hemen hemen optimum kabul edilebileceğini rapor etmişlerdir. Bu durumda, çalışma alanı topraklarının optimum düzeyde fonksiyon göstermedikleri anlaşılmaktadır. Toprağın kalitesinin daha yüksek olmamasının temel nedenleri, TOC içeriğinin düşüklüğünden dolayı TOC skorunun çalışılan parsellerde 0.15 ile 0.18 arasında ve HA ağırlığı değerlerinden dolayı HA için hesaplanan skorun 0.28 ile 0.38 arasında olmasıdır (Çizelge 4). Ülkemizde çalışma alanının da yer aldığı yoğun tarımsal üretimin yapıldığı arazilerde genel olarak toprağı aşırı derecede parçalayan ve organik maddenin hızla mineralizasyonuna neden olan geleneksel toprak işleme yöntemleri kullanılmaktadır. Bununla beraber özellikle anızın yakılıp araziden uzaklaştırılması, yeşil gübrelemenin yetersiz oluşu gibi nedenler ülke topraklarının organik madde içeriklerinin düşük olmasına neden olmuştur (Korucu ve ark., 2009). Organik madde içeriği düşük olmasına rağmen kil içeriğinin yüksek

olması bu toprakların AS'nin oldukça yüksek olmasına neden olmuştur. Bu nedenle AS indikatör skoru 0.93 ile 1.00 arasındadır.

Bu çalışmada mısır ekimi öncesinde toprak analizleri yapılmış ve mısır için gerekli olan besin elementi miktarı tespit edildikten sonra gübreleme yapılmıştır. Ancak ülkemizde gübreleme konusunda toprak analizleri genellikle çok fazlaca dikkate alınmamaktadır. Özellikle fosfor içeren taban gübrelerinin yoğun kullanımı bu gübrelerin zaman içerisinde toprakta depolanmasına neden olmaktadır. Bu arazide de yüksek düzeyde atık fosforun bulunması, arazideki fosfor skorumuzun oldukça yüksek çıkmasına neden olmuştur (Çizelge 4). Kazova'da mera ve tarım arazilerinin toprak kalitelerinin karşılaştırıldığı bir çalışmada Özgöz ve ark. (2011), tarım arazilerindeki yüksek fosfor içeriğinin toplam kaliteyi etkilediği ve bu nedenle kalite değerlendirilmelerinde toplam kaliteden ziyade bireysel indikatörlerin değerlendirilmesi gerektiğini vurgulamışlardır. Zira genel kalite yüksek olsa dahi, TOC düşüklüğü ve HA yüksekliği verimde azalmaya neden olabilecek önemli etkenlerdir.

Toprak kalitesinin değerlendirilmesinde kullanılan SMAF yöntemi toprak tipi, ürün, çalışılan alanlar içerisindeki iklime oldukça hassastır ve skorlamada kullanılan eğrinin şeklinde değişmelere neden olmaktadır. Arazinin eğimi %0-2 arasında olduğunda  $150 \text{ mg kg}^{-1}$  P içeriği olan toprak %100 değerini alırken, bu değer eğimin %4-8 arasında olan yerlerde %75 ve eğim %16'dan fazla olduğunda ise %10'dan daha düşük değerler almaktadır. Zira eğimin artması ile birlikte toprağın erozyona hassasiyeti arttığından dolayı fosforun yüzey akışı ile kaybı gerçekleşme riski artacaktır (Karlen ve ark., 2006). Çalışma alanımızda fosfor içeriğinin fazla olmasına rağmen skorun yüksek çıkmasının nedeni, arazinin düz olmasından dolayı fazla fosforun yıkanma riskinin bulunmamasıdır.

Türkiye toprakları genellikle yüksek düzeyde potasyum içerdiği kabul edildiğinden dolayı potasyumlu gübre kullanımı çok yaygın değildir. Ancak toprakta ne kadar yüksek olursa olsun, sürekli olarak bitkisel üretimin yapıldığı topraklarda ürünler ile beraber kaldırılan besin elementleri toprakların bu besin elementlerince fakirleşmesine neden olmaktadır. Yaklaşık 245.000 toprakta yapılan potasyum analizi Türkiye topraklarının %92'sinin yeterli veya fazla, %3'lük bir bölümünde mutlak potasyumlu gübreye ihtiyaç duyulduğunu, %5'lik bir bölümünde ise muhtemelen potasyumlu gübreleme yapılması gerektiğini göstermiştir (Güçdemir, 2006). Acir (2010), Kazova'da özellikle kum içeriğinin yüksek olduğu Yeşilirmak nehri kıyılarındaki arazilerde toprakların potasyumca yetersiz olduğunu vurgulanmış ve noksanlık olan arazilerde gübre kullanımının sürdürülebilir bir bitkisel üretim için gerekli olduğunu ortaya koymuştur. Çalışma alanında potasyum skoru farklı toprak işleme sistemlerinin uygulanacağı parseller için

0.76 ile 0.89 arasında değişmiştir. Genel itibari ile K skoru toprağın ilk 20 cm'sinde 20-30 cm derinliğe göre daha yüksektir.

Toprakların elektriksel iletkenliği bitkisel üretim için sorun oluşturmayacak kadar düşük olduğu durumlarda EC skoru oldukça yüksek olarak bulunmaktadır. Tuz için kullanılan algoritma “en düşük en iyidir” şeklinde olduğundan çalışma alanındaki tüm derinlikler için EC skoru 1.00 çıkmıştır. Toprak pH'sı bitkisel üretimde verimliliği etkileyen en önemli özelliklerden birisidir. Yüksek pH'larda Fe, Mn, Zn, Cu ve Co gibi mikro ve fosfor gibi makro besin elementlerin alınımı azalmaktadır (FAO, 1984). Arazide hafif alkali bir pH olduğundan, pH skoru 0.64 ile 0.77 arasındadır (Çizelge 4).

## 2. Deneme Sonu Toprak Kalitesi Değerlendirmesi

Toprak örnekleri toprağın 0-10, 10-20 ve 20-30 cm derinliklerinden otlulu ve otsuz parseller için ayrı ayrı alınmış ve kalite indeksleri için analizler yapılmıştır. Bu analiz sonuçları Özgöz ve ark. (2010) tarafından TUBITAK projesi bitiminde rapor edilmiştir (Çizelge 5 ve Çizelge 4.5).

### 2.1. Yabancı Ot Mücadelesi Yapılmayan Parsellerde Toprak Kalitesi

Tüm parseller ve derinlikler dikkate alındığında TOC için VK değerleri ortalama %8.7 (az değişken) ile %29.1 (orta değişken) arasında olduğu görülmektedir. Agregat stabilitesi ortalama %44.0 ile %55.8 arasında değişirken VK değerleri %12.4 ile %20.4 arasında değişkenlik göstermektedir. Ortalama pH değeri 8.4 olup deneme alanı içinde az değişkendir. Bitkiye yararlı fosfor içeriği ortalama 12.79 ile 38.23 mg kg<sup>-1</sup> arasında olup büyük deneme alanında çok değişkenlik arz etmektedir. Hacim ağırlığı ortalama 1.44 g cm<sup>-3</sup> ve az değişken olarak sınıflandırılabilir. Elektriksel iletkenlik (EC) 0.3 ve 0.5 dS m<sup>-1</sup> iken VK %6.6 ile %47.5 arasında değişkenlik göstermektedir. Potasyum içeriği 113.95 ile 232.33 mg kg<sup>-1</sup> arasında olup deneme alanındaki değişkenliği %15.9 ile %78.1 arasındadır (Çizelge 5).

Çizelge 5 Çalışma sonu (2009) yabancı ot mücadelesi yapılmayan parsellere ait toprak özelliklerinin ortalama değerleri ve varyasyon katsayıları (VK) (Özgöz ve ark., 2010).

2009 otlulu		SKPDT		KPF		F		ÇDT		ST	
		Ort	VK	Ort	VK	Ort	VK	Ort	VK	Ort	VK
TOC %	0-10	0.99	17.4	0.97	24.7	1.03	22.5	1.06	15.6	1.1	12.5
	10_20	1.05	15.2	0.99	13.5	1	8.7	0.96	14.6	1	13.8
	20-30	0.96	17.2	1.04	29.1	1.04	12.3	0.98	12.0	0.99	14.6

<b>AS</b> %	<b>0-10</b>	49.7	14.2	49.3	20.4	46.5	15.2	44.0	12.4	50.9	15.4
	<b>10_20</b>	49.1	18.4	55.0	17.5	47.6	19.5	48.1	14.5	55.8	16.4
	<b>20-30</b>	45.6	21.8	50.0	14.7	48.5	15.5	49.7	19.9	48.2	19.2
<b>pH</b>	<b>0-10</b>	8.44	1.7	8.4	2.5	8.4	2.2	8.41	1.8	8.42	1.3
	<b>10_20</b>	8.43	0.8	8.43	1.3	8.39	1.7	8.41	1.5	8.38	1.8
	<b>20-30</b>	8.41	1.1	8.38	1.2	8.46	1.3	8.45	1.3	8.45	1.8
<b>P</b> mg kg <sup>-1</sup>	<b>0-10</b>	28.93	42.6	19.74	65.6	28.21	80.1	24.52	47.8	38.23	68.1
	<b>10_20</b>	19	35.2	17.26	56.5	16.91	31.0	14.29	37.7	21.64	56.4
	<b>20-30</b>	16.87	30.2	12.79	33.9	14.84	23.4	16.77	48.9	13.67	47.8
<b>HA</b> g cm <sup>-3</sup>	<b>0-10</b>	1.42	3.4	1.4	6.4	1.41	7.2	1.42	4.2	1.45	5.9
	<b>10_20</b>	1.42	5.9	1.37	5.9	1.44	5.2	1.41	4.1	1.49	4.7
	<b>20-30</b>	1.49	3.9	1.46	4.0	1.48	5.5	1.45	7.3	1.44	6.7
<b>EC</b> dS m <sup>-1</sup>	<b>0-10</b>	0.35	20.6	0.5	45.7	0.4	36.0	0.39	25.0	0.35	11.2
	<b>10_20</b>	0.31	15.2	0.33	7.7	0.31	10.6	0.32	7.7	0.32	10.1
	<b>20-30</b>	0.3	15.7	0.31	6.6	0.37	47.5	0.31	6.9	0.31	9.1
<b>K</b> mg kg <sup>-1</sup>	<b>0-10</b>	152.5	44.4	138.75	21.3	172.1	25.0	162.54	28.1	232.33	78.1
	<b>10_20</b>	133.42	15.9	126.28	30.8	123.33	23.9	117.42	18.5	124.36	22.1
	<b>20-30</b>	129.97	22.3	113.95	25.5	135.39	40.6	117.5	26.6	114.25	30.8

**SKPDT:** Sulama+Kulaklı pulluk+Diskli tırmık **KPF:** Kulaklı pulluk+freze **F:** Freze **ÇDT:** Çizel+Diskli tırmık **ST:** Toprak İşlemesiz

Toprak Amenajmanı Değerlendirme Çerçevesi (SMAF), toprak oluşum faktörlerinden ziyade toprak işleme gibi insan etkisinin toprak kalitesi üzerine etkilerine yoğunlaşmış ve arazinin belirli kullanımlara uygunluklarının belirlenmesinde (Andrews ve ark., 2004) yaygın bir şekilde kullanılmıştır. Bu çalışmada da hem farklı toprak işleme yöntemleri hem de yabancı ot mücadelesi şeklinde iki farklı amenajmanın toprak kalitesi üzerine etkilerinin değerlendirilmesi ve silajlık mısır yetiştiriciliğinde bölgede kullanılabilir bir yöntemin belirlenmesi hedeflenmiştir. Toprak örnekleri için hesaplanan toprak kalitesi indikatör skorları ile her bir toprak işleme yöntemi için elde edilen toprak kalitesi değerleri Çizelge 6'da verilmiştir.

Çizelge 6. 2009 hasat dönemi otlu parsellerine ait toprak kalitesi indikatör skorları ve toprak kalitesi indeks (TKİ) değerleri

İndik	Derinlik	SKPDT	KPF	F	ÇDT	ST	ANOVA
TOC	0-10	0.18a*	0.18a	0.20a	0.21a	0.22a	0.605
	10-20	0.20a	0.18a	0.18a	0.17a	0.18a	0.536
	20-30	0.17a	0.21a	0.19a	0.17a	0.17a	0.659
AS	0-10	0.95b	0.93ab	0.93ab	0.91a	0.96b	0.093
	10-20	0.93a	0.97a	0.92a	0.94a	0.97a	0.268
	20-30	0.90a	0.95a	0.94a	0.93a	0.94a	0.379
pH	0-10	0.68b	0.57a	0.57a	0.57a	0.57a	0.005
	10-20	0.69b	0.56a	0.57a	0.57a	0.58a	0.002
	20-30	0.70b	0.58a	0.55a	0.56a	0.56a	0.000
P	0-10	0.98a	0.94a	0.95a	0.97a	0.98a	0.123
	10-20	0.96a	0.92a	0.95a	0.92a	0.96a	0.183
	20-30	0.95b	0.89ab	0.95b	0.95b	0.88a	0.052
HA	0-10	0.32a	0.35a	0.35a	0.32a	0.31a	0.438
	10-20	0.33ab	0.37ab	0.31a	0.33ab	0.28a	0.027
	20-30	0.28a	0.30a	0.29a	0.32a	0.33a	0.438
K	0-10	0.89a	0.89a	0.95ab	0.93ab	0.98b	0.037
	10-20	0.88a	0.85a	0.85a	0.84a	0.85a	0.707
	20-30	0.87a	0.82a	0.87a	0.84a	0.82a	0.459
TKİ	0-10	68a	67a	68a	67a	69a	0.923
	10-20	67a	67a	65a	65a	63a	0.158
	20-30	70b	68ab	69ab	68ab	67a	0.982

SKPDT: Sulama+Kulaklı pulluk+Diskli tırmık KPF: Kulaklı pulluk + freze F: Freze ÇDT: Çizel+Diskli tırmık ST: Toprak İşlemesiz. \* Satırda aynı harfle gösterilen değerler arasında istatistiksel olarak P<0.05 düzeyinde farklılık yoktur.

Üç yıl süren deneme sonunda toprak işleme uygulamalarının TKİ değerleri üzerine etkisinin 0-10 cm ve 10-20 cm derinliğinde istatistiksel açıdan önemli düzeyde olmadığı görülmektedir (Çizelge 6). İlk 10 cm derinlikte TKİ değerinin en yüksek (%68.8) olduğu uygulama ST ve 0-20 cm derinlikte (%67.3) ise KPF uygulaması olmuştur. Yüzeyle toprak işlemesiz parsellerde

toprak kalitesi değerlerinin yüksek çıkmasının nedenleri, yüzeyde bırakılan bitki atıklarından dolayı organik madde de meydana gelen artış ve beraberinde agregat stabilitesinin gelişimi, banda uygulanan fosforun derine karıştırılmamasından dolayı yüzeyde fosfor birikimi, bitki atıkları ve yüzeye uygulanan potasyumlu gübrelerden dolayı bitkiye yararlı potasyumun diğer parsellere nazaran daha yüksek olmasıdır. Toprak kalitesindeki farklılık 20-30 cm derinliğinde %69.7 ile en yüksek skor SKPDT uygulamasında iken KPF, F ve ÇDT uygulamaları birbirlerine benzerken %67.3 ile en düşük toprak kalitesi skoru Tİ uygulamasında gözlemlenmiştir. Wienhold ve ark. (2005) uzun süreli ürün rotasyonunun uygulandığı sekiz ayrı lokasyonda yürüttükleri bir çalışmada değerlendirmeleri SMAF kullanarak yapmışlardır. Bu projedekine nazaran daha uzun süreli çalışma sonunda, arazi yüzeyinde önemli miktarda anız bırakan azaltılmış toprak işleme yönteminin ürün rotasyonunu çeşitlenmesi ile birlikte tüm Büyük Ovalarda toprak fonksiyonunu (Örn. bitki gelişiminin desteklenmesi, temel besin elementleri için depo olması, toprak içerisinden geçerken suyun depolanması ve arttırılması ve bitki ve hayvan atıklarının parçalanması ve geri dönüşümünü sağlaması ile biyolojik aktiviteyi ve çeşitliliği desteklemesi gibi) geliştirdiğini rapor etmişlerdir. Yüzeyde ilk 20 cm içerisinde istatistiksel olarak önemli bir değişme görülmemesinin temel nedeni uygulamanın sadece üç yıllık olması olduğu düşünülmektedir.

Organik madde fiziksel yapıyı olumlu etilediği, toprak nem dengesini koruduğu, besin döngüsü ve biyolojik aktivitenin başlıca kaynağı olduğu için toprak kalitesinin belirlenmesinde önemli bir parametre olarak tercih edilmiştir. Toplam organik karbon (TOC) skoru farklı toprak işleme yöntemleri için sırası ile 0.22 (ST), 0.21 (ÇDT), 0.20 (F), 0.18 (KPF) ve 0.18 (SKPDT) olarak belirlenmiştir (Çizelge 6). En yüksek TOC skoru, ST uygulamasında olmasına rağmen, farklı toprak işleme uygulamaları arasında DUNCAN gruplandırma testine göre istatistiksel olarak önemli bir farklılık bulunmamaktadır. Toprak işleme yapılmadan direkt yapılan ekimler sonunda arazi yüzeyinde bırakılan önemli miktardaki anız, toprak yüzeyinde organik maddenin dolayısı ile TOC skorunun yükselmesine katkıda bulunmuş, ancak sadece 3 yıl süren bu çalışma sonunda önemli düzeyde farklılık oluşturacak seviyeye ulaşamamıştır.

Farklı büyüklükteki organik ve inorganik bileşenler, toprakta bir araya geldiklerinde toprak agregatlarını (Amezket, 1999) oluştururlar. Toprakların organik madde içerikleri, agregat oluşumu ve stabilizasyonu ile yakından ilişkilidir ve tarımsal uygulamalar bu özelliklerin tamamını etkilemektedir (Six et al., 2000). Beare ve ark. (1994) toprağı parçalayarak karıştıran geleneksel toprak işleme yöntemleri ile kıyaslandığında direkt ekim yönteminin suya dayanıklı agregat miktarını arttırdığını ve oluşan agregatların daha iri olduklarını rapor etmiştir. Tüm uygulamalarda 10-20 cm ve 20-30 cm derinliğindeki agregat stabilitesi skorları istatistiksel



olarak benzerdir. Buna karşılık, ilk 10 cm derinlikte ST uygulaması alatındaki AS indikatör skoru (0.96), ÇDT uygulamasına (0.91) kıyasla önemli derecede yüksektir. Callium (2001), işlemez tarım uygulamasında, 0-10 cm derinliğinde AS'nin istatistiksel olarak geleneksel tarımın yapılan uygulamalara kıyasla daha yüksek olduğunu bildirmiştir. Yabancı ot mücadelesi yapılmayan parsellerin 0-10 cm derinliğinde en yüksek AS skoru işlemez tarımın uygulandığı parsellerde elde edilmiştir (Çizelge 6). Farklı toprak ve iklim koşulları altında yapılmış çalışmalarda, toprak işlemenin parçalayıcı etkisinden dolayı geleneksel tarım yapılan arazilerde korumalı veya direk ekim yapılan arazilere kıyasla agregat büyüklüklerinin azaldığı ve toprak agregatlarının çok fazla parçalandığı rapor edilmiştir (Pagliai ve ark., 2004; Gren ve ark., 2007; Alvaro-Fuentes ve ark., 2008).

pH indikatör skoru her üç derinlikte SKPDT uygulamasının yer aldığı parsellerde diğer uygulamalara kıyasla daha yüksektir. Fosfor indikatör skoru, tüm uygulamalarda 0-10 ve 10-20 cm derinliğinde istatistiksel olarak benzerdir. Bununla birlikte 20-30 cm derinliğinde SKPDT, F, ÇDT uygulamalarında fosfor skorları (0.95) ST (0.88) uygulamasına kıyasla istatistiksel olarak yüksek olduğu görülmüştür.

Yabancı ot mücadelesinin yapılmadığı parsellerde HA değerleri yüzeydeki ilk 0-10 cm derinlikte  $1.40 \text{ g cm}^{-3}$  (KPF) ile  $1.45 \text{ g cm}^{-3}$  (ST) arasında, 10-20 cm derinlikte  $1.37 \text{ g cm}^{-3}$  (KPF) ile  $1.49 \text{ g cm}^{-3}$  (ST) arasında ve 20-30 cm derinlikte ise  $1.44 \text{ g cm}^{-3}$  (ST) ile  $1.49 \text{ g cm}^{-3}$  (SKPDT) arasında değişmiştir. Hacim ağırlığı değerlerinin yükselmesi, HA için hesaplanan indikatör skorlarının da düşük olmasına neden olmuştur. Ancak bu değişim 0-10 cm ve 20-30 cm derinliklerinde HA indikatör skorlarının uygulamalar arasında önemli düzeyde farklılaşması için yeterli değildir. Potasyum indeks değeri ise 10-20 ve 20-30 cm derinliklerinde benzerdir. Bununla birlikte, istatistiksel olarak önemli farklılıkların görüldüğü 0-10 cm derinliğinde ise en yüksek potasyum skoru 0.98 ile NT uygulamasında ve en düşük skor ise 0.89 ile SKPDT ve KPF uygulamalarında olmuştur.

## 2.2. Yabancı Ot Mücadelesi Yapılan Parsellerde Toprak Kalitesi

Tüm uygulamalar ve derinlikler dikkate alındığında TOC için VK değerleri ortalama %8.6 ile %20.4 arasında değiştiği görülmektedir. Tüm derinliklerde AS değerleri %43.0 ile 50.1 arasında değişmiştir. AS indikatörünün VK değerleri deneme parsellerinde %13.3 ile %25.6 arasında olmuştur. Tüm deneme parsellerinde pH değerleri 8.36 ile 8.48 gibi çok dar bir aralıkta değiştiğinden, diğer toprak özelliklerine kıyasla daha düşük değişkenlik gösteren toprak özelliği olmuştur. (Çizelge 7). Çizelge 7. Deneme sonunda yabancı ot mücadelesi yapılan parsellerde

toprak özelliklerinin ortalama değerleri ve varyasyon katsayısı (CV) değerleri (Özgöz ve ark., 2010).

2009 otsuz		SKPDT		KPF		F		ÇDT		ST	
		Ort	CV	Ort	CV	Ort	CV	Ort	CV	Ort	CV
TOC %	0-10	0.95	18.2	0.95	13.0	0.98	12.7	1.02	8.6	1.01	14.1
	10_20	0.98	13.2	1	10.1	1.04	12.9	1	13.3	0.91	14.2
	20-30	0.91	12.9	0.95	13.3	1.04	20.4	0.95	13.3	0.98	17.1
AS %	0-10	45.1	18.2	44.9	18.1	43.0	15.2	47.1	15.1	45.7	22.5
	10_20	50.1	16.9	44.7	19.7	49.2	20.3	48.0	18.2	47.8	13.3
	20-30	45.5	15.1	43.9	14.3	47.1	25.6	46.5	16.9	48.8	23.3
pH	0-10	8.47	1.6	8.39	2.5	8.41	1.9	8.36	1.1	8.42	1.7
	10_20	8.48	1.1	8.39	1.9	8.43	1.5	8.42	1.3	8.41	1.8
	20-30	8.45	1.0	8.40	1.2	8.42	1.1	8.42	1.3	8.43	0.7
P mg kg <sup>-1</sup>	0-10	26.58	59.2	35.19	64.1	23.52	42.1	30.29	84.8	42.45	75.7
	10_20	19.98	37.3	18.76	78.2	20.91	42.7	16.14	59.9	22.84	63.7
	20-30	23.95	99.4	13.41	36.7	15.61	37.3	12.73	19.3	15.24	45.0
HA g cm <sup>-3</sup>	0-10	1.45	4.9	1.4	4.0	1.43	4.1	1.39	6.1	1.48	3.1
	10_20	1.45	5.0	1.45	3.8	1.46	5.1	1.42	6.0	1.45	3.6
	20-30	1.49	3.8	1.47	1.9	1.5	3.9	1.46	5.1	1.48	3.6
EC dS m <sup>-1</sup>	0-10	0.42	28.5	0.45	35.1	0.39	27.9	0.4	27.5	0.41	38.1
	10_20	0.3	8.4	0.31	18.2	0.31	11.8	0.32	10.2	0.34	15.4
	20-30	0.31	6.4	0.31	9.1	0.32	7.7	0.32	10.0	0.33	8.6
K mg kg <sup>-1</sup>	0-10	194.44	92.6	153.18	22.4	193.79	28.8	185.24	50.0	222.82	84.8
	10_20	140.54	24.9	137.47	32.8	149.75	35.1	139.4	21.3	117.67	28.7
	20-30	138.27	34.3	123.65	22.5	121.13	21.0	132.21	43.3	112.08	23.4

SKPDT: Sulama+Kulaklı pulluk+Diskli tırmık KPF: Kulaklı pulluk+freze F: Freze ÇDT: Çizel+Diskli tırmık ST: Toprak İşlemesiz

Fosfor ortalama değerleri 12.73 ile 42.45 mg kg<sup>-1</sup> arasında değişmektedir ve uygulama parsellerin büyük bir kısmında çok değişkendir. Hacim ağırlığı ortalama değerleri 1.39 ile 1.5

$\text{g cm}^{-3}$  ve az değişkendir. EC ortalama 0.3 ve 0.45  $\text{dS m}^{-1}$  iken %6.4 ile %38.1 arasında değişkenlik göstermektedir. Potasyum içeriği ortalama 112.08 ve 222.82  $\text{mg kg}^{-1}$  arasında ve %21.0 ve %92.6 arasında değişkenlik göstermektedir. (Çizelge 7).

Yabancı ot mücadelesi yapılan parsellerde TKİ değeri tüm uygulamalarda ve tüm derinliklerde istatistiksel benzerdir (Çizelge 8). Kalite indikatörlerinden TOC skoru 0-10 ve 20-30 cm derinliğindeki tüm uygulamalarda benzerdir. Ancak 10-20 cm derinliğinde uygulamalar arasında istatistiksel olarak önemli ( $P<0.05$ ) bir fark oluşmuş ve TOC skoru 0.19 (F) ile 0.15 (ST) arasında değişmiştir (Çizelge 8). Toprak işleme agregat stabilitesi tahribi ve havalanmayı artırdığı için organik madde kayıpları artırmaktadır. Ancak işlemenin etkileri yapılan uygulamalara bağlı olarak değişmektedir. Koruyucu toprak işleme sistemlerinin uygulanması topraktaki organik materyalleri artmasına neden olur (Doran, 1987). Çalışmada, TOC içeriği bakımında uygulamalar arasında istatistiksel olarak fark görülmemiştir. Bunun temel nedeninin çalışmanın üç yıl gibi kısa bir sürede tamamlanmış olmasından kaynaklandığı tahmin edilmektedir.

Çizelge 8. 2009 hasat dönemi otsuz parsellerde toprak kalitesi indikatörü skorları ve toprak kalitesi indeks (TKİ) değerleri.

İndikatör	Derinlik cm	SKPDT	KPF	F	ÇDT	ST	ANOVA
<b>TOC</b>	<b>0-10</b>	0.17a	0.16a	0.17a	0.18a	0.18a	0.804
	<b>10-20</b>	0.17ab	0.18ab	0.19b	0.18ab	0.15a	0.207
	<b>20-30</b>	0.15a	0.16a	0.20a	0.16a	0.17a	0.302
<b>AS</b>	<b>0-10</b>	0.90a	0.90a	0.89a	0.93a	0.90a	0.841
	<b>10-20</b>	0.95a	0.90a	0.93a	0.92a	0.94a	0.421
	<b>20-30</b>	0.92a	0.90a	0.91a	0.92a	0.92a	0.938
<b>pH</b>	<b>0-10</b>	0.68b	0.58a	0.57a	0.58a	0.57a	0.014
	<b>10-20</b>	0.68b	0.58a	0.56a	0.56a	0.57a	0.003
	<b>20-30</b>	0.69b	0.57a	0.56a	0.56a	0.56a	0.001
<b>P</b>	<b>0-10</b>	0.97a	0.96a	0.97a	0.96a	0.98a	0.651
	<b>10-20</b>	0.97b	0.92a	0.97b	0.92a	0.95ab	0.043
	<b>20-30</b>	0.96a	0.90a	0.93a	0.92a	0.91a	0.228
<b>HA</b>	<b>0-10</b>	0.30ab	0.34bc	0.31abc	0.36c	0.28a	0.007
	<b>10-20</b>	0.30a	0.30a	0.30a	0.32a	0.30a	0.708
	<b>20-30</b>	0.27a	0.28a	0.27a	0.30a	0.28a	0.337
<b>K</b>	<b>0-10</b>	0.91a	0.92a	0.97a	0.94a	0.97a	0.182
	<b>10-20</b>	0.89a	0.87a	0.9a	0.89a	0.83a	0.415
	<b>20-30</b>	0.87a	0.85a	0.85a	0.86a	0.82a	0.541
<b>TK</b>	<b>0-10</b>	67a	68a	67a	70a	67a	0.676
	<b>10-20</b>	67a	64a	66a	66a	65a	0.304
	<b>20-30</b>	70b	67a	68ab	68ab	67a	0.177

SKPDT: Sulama+Kulaklı pulluk+Diskli tırmık KPF: Kulaklı pulluk+freze F: Freze ÇDT: Çizel+Diskli tırmık ST: Toprak İşlemesiz \* Satırda aynı harfle gösterilen değerler arasında istatistiksel olarak P<0,05 düzeyinde farklılık yoktur.

Agregat stabilitesi ve potasyum indikatör skorları tüm uygulamalarda istatistiksel olarak benzerdir. Yoğun toprak işleme strüktür yapısını bozmakta ve organik madde kayıplarını arttırmaktadır. Yoğun toprak işleme agregat stabilitesinin zayıflamasına neden olurken azaltılmış toprak işleme agregat stabilitesini iyileşmesine neden olmaktadır (Havlin ve ark., 1990). Jijo (2005), azaltılmış toprak işleme uygulaması ile organik madde miktarında bir miktar

artış olduğunu, ancak agregat stabilitesinde önemli bir artışın olmadığını bildirmiştir. Bu çalışmada da yabancı ot mücadelesi yapılan parsellerde toprak işlemenin agregat stabilitesi üzerine istatistiksel olarak önemli bir fark oluşturmadığı görülmüştür.

Toprakta bitkisel üretim için en önemli kimyasal özelliklerin başında gelen toprak pH'sı 0-10 cm'de 8.36 (ÇDT) ile 8.47 (SKPDT) arasında, 10-20 cm derinliğinde 8.41 (ST) ile 8.48 (SKPDT) arasında ve 20-30 cm derinlikte 8.40 (KPF) ile 8.45 (SKPDT) arasında değişmiştir. Her üç toprak derinliğinde de SKPDT uygulamasının olduğu parsellerde toprak pH'sı indikatör değeri diğer uygulamalara kıyasla daha yüksek ve istatistiksel olarak önemli düzeyde ( $P<0.05$ ) farklıdır (Çizelge 8). Toprak tuzluluğunun göstergesi olan EC önemli bir toprak kalitesi indikatörüdür. Ancak çalışma alanında EC değeri hiçbir uygulamada bitki gelişimini sınırlayacak kadar yüksek olmadığından, EC için indikatör skoru da 1.0 olarak hesaplanmıştır (Çizelge 8).

Çalışma boyunca, mısır bitkisi için fosforlu gübre uygulaması, toprak analizleri esas alınarak yapılmıştır. Fosfor indikatör skoru, 0-10 ve 20-30 cm derinliğindeki tüm uygulamalarda benzerdir. Ancak 10-20 cm derinliğinde 0.97 ile en skorlar SKPDT ve F uygulamalarında, en düşük skorlar ise 0.92 ile KPF ve ÇDT uygulamalarında kayıt edilmiştir (Çizelge 8). Fosfor, diğer besin elementlerine göre toprakta daha hareketsiz olan bir besin elementidir ve bu çalışmada olmak üzere tohumun yan tarafına hemen hemen aynı derinliğe gelecek şekilde banda uygulanır. Toprak işlemenin yapılmadığı parselde yüzeyde ilk 0-10 cm derinlikte fosfor içeriğinin  $42.45 \text{ mg kg}^{-1}$  gibi oldukça yüksek bir değerde olmasının nedeni bu uygulamada toprağın karıştırılmamış olmasıdır (Çizelge 7). Mısır kazık kök sistemine sahip olduğundan dolayı toprağın yüzeyinde bulunan fosfordan yeterince faydalanamamaktadır. Bu yüzden ilk 10 cm içerisindeki ortalama fosfor indeks skoru da 0.98 gibi oldukça yüksek çıkmıştır (Çizelge 8). Farklı toprak işleme uygulamaları, yabancı ot mücadelesi yapılan parsellerin 10-20 cm ve 20-30 cm derinliklerinde HA indikatör skoru üzerine istatistiksel olarak bir etki yapmamıştır. Bununla birlikte 0-10 cm derinliğinde HA indikatörleri için hesaplanan kalite skorları birbirlerinden önemli derecede ( $P<0.05$ ) farklıdır (Çizelge 8). Sadece freze uygulaması yapılan parsellerde ortalama  $1.39 \text{ g cm}^{-3}$  olan HA değeri için skor 0.36 olurken, ST parsellerinde ortalama  $1.48 \text{ g cm}^{-3}$  olan HA değeri için skor 0.28 olarak hesaplanmıştır. Callum (2001), toprak işlemez tarımın hacim ağırlığını geleneksel işleme kıyasla istatistiksel olarak önemli düzeyde arttırdığını belirtmiştir. Tebrügge ve Düring (1999) ve Lipiec ve ark. (2006)'da, geleneksel tarımdan direk ekim yöntemine geçilen arazilerde azalan toprak işleme yoğunluğundan dolayı toprağın üst kısmında HA artışı olduğunu rapor etmişlerdir. Bundan nedenle de yabancı ot mücadelesinin yapıldığı parsellerde en düşük HA skorları ST parsellerinde kayıt edilmiştir.

### 3. Deneme Öncesi ve Sonrası Toprak Kalitesinin Karşılaştırılması

Deneme başlangıcı toprak kalite indikatörleri ve genel TKİ'nin değişiminin istatistiksel olarak önemli olup olmadığını anlayabilmek için eşleştirilmiş t-testi yapılmıştır (Çizelge 9). Üç yıl süren deneme sonunda deneme başlangıcına göre yabancı ot mücadelesi yapılmayan parsellerin 0-10 cm derinliklerinde uygulanan tüm toprak işleme yöntemlerinde toplam organik karbon (TOC) indikatörü için hesaplanan değerlerde artış gözlemlenmiştir. Ancak eşleştirilmiş t-testi sonuçlarına göre TOC değişimi sadece SKPDT ve F uygulamalarında istatistiksel olarak önemlidir (Çizelge 9). Deneme süresince yoğun bir yabancı ot popülasyonunun geliştiği parsellerde toprağa katılan organik madde TOC'nin artışının en önemli nedenlerinden bir tanesidir. Bunun yanında özellikle azaltılmış toprak işleme yöntemleri olarak kabul edilen F, CDT ve ST yöntemlerinde bitki atıklarının önemli bir kısmının arazinin yüzeyinde kalıyor olması da bu uygulamalarda zaman içerisinde TOC içeriğinin artışına neden olmuştur. TOC indikatöründe artış olmasına rağmen suya dayanıklı agregatların göstergesi olan AS indikatör skoru uygulamaların çoğunluğunda azalmıştır. Agregat stabilitesi indikatör skorunda azalma, toprağı devirerek işleyen pulluk uygulamasının ardından parçalayan frezenin kullanıldığı KPF uygulamasında istatistiksel olarak önemli düzeye ulaşmıştır.

Çizelge 9. Deneme öncesi ve deneme sonrası otsuz parseller toprak kalitesi indikatörleri ve TKİ değerlerinin karşılaştırılması

	Derinlik	Otsuz					Otlı				
		SKPDT	KPF	F	ÇDT	ST	SKPDT	KPF	F	ÇDT	ST
TOC	0-10 cm	*	ns	*	ns	ns	ns	ns	*	ns	ns
	10-20 cm	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
	20-30 cm	ns	ns	ns	ns	ns	ns	*	ns	ns	ns
AS	0-10 cm	ns	ns	*	ns	ns	ns	*	ns	ns	ns
	10-20 cm	*	*	*	*	ns	**	ns	ns	*	ns
	20-30 cm	ns	*	ns	ns	ns	ns	*	ns	ns	ns
pH	0-10 cm	**	*	**	*	*	*	*	**	**	**
	10-20 cm	*	**	*	**	**	*	**	**	**	**
	20-30 cm	**	*	**	**	**	**	**	**	**	**
P	0-10 cm	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	*
	10-20 cm	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	*
	20-30 cm	ns	*	ns	ns	ns	ns	*	ns	ns	ns
HA	0-10 cm	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
	10-20 cm	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
	20-30 cm	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
K	0-10 cm	ns	ns	ns	ns	ns	ns	*	*	*	**
	10-20 cm	ns	*	**	*	**	ns	ns	ns	ns	ns
	20-30 cm	ns	*	ns	*	ns	ns	ns	ns	ns	*
TKİ	0-10 cm	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
	10-20 cm	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	*	*	**
	20-30 cm	ns	*	ns	ns	**	ns	ns	ns	ns	ns

SKPDT: Sulama+Kulaklı pulluk+Diskli tırmık KPF: Kulaklı pulluk+freze F: Freze ÇDT: Çizel+Diskli tırmık ST: Toprak

İşlemesiz \*P<0.05 düzeyinde farklılık önemlidir \*\*P<0.01 düzeyinde farklılık önemlidir

Hacim ağırlığı indikatörünün skorlanmasında “daha yüksek daha kötüdür” şeklindeki algoritma kullanılmıştır. Yani, HA’nın artması skorun düşmesine neden olmaktadır. Zira HA’nın artması,

köklerin derine inmesini ve bitki besin elementleri ile sudan yararlanmasını olumsuz etkileyeceği gibi, suyun hareketini ve toprağın havalanmasını da olumsuz yönde etkileyecektir. Hacim ağırlığı indikatörüne ait skor sadece freze uygulamasının olduğu parsellerde artmış, diğer tüm parsellerde ya değişmemiş veya azalmıştır. Uzun vadede organik maddedeki artışın direk ekim ve azaltılmış toprak işlemenin olduğu parsellerde agregat oluşumunu teşvik etmesi ve dolaylı olarak HA değerini düşürmesi beklenebilir. Ancak bu kısa sürede her ne kadar TOC değerinde bir artış görülse de bu artış agregat oluşumuna ve dolayısı ile hacim ağırlığına yansımamıştır.

Direk ekim yapılan ve toprağın karıştırılmadığı parsellerde, bitkiye yararlı fosforun yüzeyde birikiminden dolayı, fosfor indikatörünün değeri önemli düzeyde ( $P<0.05$ ) artmasına neden olmuştur. İstatistiksel olarak önemli olmasa da geleneksel yöntem olan KPF'de P indikatör değerinde bir azalma ve diğer yöntemlerde artışlar meydana gelmiştir (Çizelge 9). Toprak indikatörleri içerisinde ilk 10 cm içinde tüm toprak işleme uygulamalarında istatistiksel olarak önemli düzeyde azalma gösteren tek indikatör, toprak pH'sı indikatörüdür. Toprak pH indikatöründeki azalma, SKPDT ve KPF uygulamalarında  $P<0.05$  ve F, ÇDT ve ST uygulamalarında  $P<0.01$  düzeyinde olmuştur.

Deneme alanı, toprak analizleri toprakların potasyum açısından silajlık mısır için istenen verimi elde etmeye yetecek düzeyde olmadığını gösterdiğinden, potasyum nitrat gübresi uygulanmıştır. Yararlı potasyum indikatörü için hesaplanan değer SKPDT uygulamasının dışındaki tüm uygulamalarda istatistiksel olarak önemli düzeyde artmıştır. Toprağın karıştırılmadığı ST'de deneme başında 0.88 olan yararlı K indikatör skoru deneme sonunda 0.98'e yükselmiştir ( $P<0.01$ ).

Bireysel indikatör skorunun bir kısmında yıllar arasında farklılıklar bulunsa da bu farklılık genel toprak kalitesini değiştirmeye yetmemiştir. Özellikle pH ve HA skorlarındaki azalmanın etkisi ile deneme sonu TKİ değeri başlangıç değerlere kıyasla istatistiksel olarak önemli olmamakla beraber azalmıştır (Çizelge 9). Çalışma alanında, tüm toprak işleme uygulamalarının yer aldığı parsellerin yarısına herbisit uygulanmış ve yabancı otlar yok edilmiştir. Yabancı otların yok edildiği "otsuz" parsellerin 0-10 cm derinliğinde TOC skorları başlangıca göre sadece KPF uygulamasında istatistiksel olarak önemli olmayan bir azalmaya neden olmuş ancak diğer tüm parsellerde özellikle de SKPDT ve freze uygulamalarında istatistiksel olarak önemli ( $P<0.05$ ) bir artış olmuştur (Çizelge 9). TOC skorunun aksine, AS skoru ÇDT uygulamasında değişmemiş, freze uygulamasında ise istatistiksel olarak önemli düzeyde (0.97'den 0.89'e) azalma göstermiştir. Toprak pH'sı indikatörü yabancı ot mücadelesi



yapılmayan parsellerde olduğu gibi başlangıca göre istatistiksel olarak önemli düzeyde azalma göstermiştir.

Çalışma sonunda otsuz parsellerde yarayışlı P, HA, K ve genel TKİ değerinde artma veya azalmalar olmuştur. Ancak bu kalite değerlerindeki değişkenliğin hiçbiri istatistiksel olarak önemli düzeyde değildir (Çizelge 9). Özgöz ve ark. (2011), Kazova'da karşılaştırdıkları tarım arazisi ve mera arazisinin kendi potansiyellerinin %73 ve %71'i düzeyinde fonksiyon gösterdiğini bildirilmişlerdir. Yabancı ot mücadelesinin yapılmadığı parseller ile yapılan parsellerin arasında yüzey toprağının TKİ değerleri açısından istatistiksel olarak önemli bir fark olmamakla birlikte yabancı ot mücadelesinin yapılmadığı parsellerde TKİ değerinin hafifçe yüksek olduğu görülmüştür.

## Sonuç Ve Öneriler

Bu çalışmada, geleneksel ve korumalı toprak işleme yöntemlerinin yer aldığı beş farklı uygulamanın geçit iklim kuşağındaki Kazova'da buğday-silaj mısır rotasyonunda toprak kalitesi indikatörleri ve toprak kalitesine etkisini araştırmak için gerçekleştirilmiştir. Denemde elde edilen veriler, azaltılmış veya sıfır toprak işlemenin dahil olduğu korumalı toprak işleme yöntemlerinin buğday-silaj mısır şeklinde yoğun bitkisel üretimin olduğu bir rotasyonda, tek başına toprak kalitesinin korunması ve iyileştirilmesi için yeterli olmadığını göstermiştir. Toprağın organik madde miktarının artması, diğer bir çok özelliği üzerine olumlu etki yapacağından dolayı öncelikle organik madde miktarını arttıracak uygulamalara öncelik verilmelidir. Bu nedenle, fonksiyonlarının iyileştirilmesi ve sürdürülebilirliği için üretim deseni içerisine örtücü bitkiler ile baklagil yem bitkilerinin dahil edilmesi son derece önemlidir. Ayrıca, hayvan gübresi gibi katkı maddelerinin kullanımı da başta toprağın organik maddesi olmak üzere toprağın birçok fonksiyonuna olumlu etki yapacak ve kalitesinin iyileşmesini salayacaktır.

Toprak kalitesi ve değerlendirmeleri toprak ve yere özgüdür ve bu değerlendirmeler toprağın genetik kapasitesi, sıcaklık ve yağış gibi çevresel etkiler, arazinin kullanım şekli ve amenajman hedefleri gibi çeşitli faktörlerin etkisine bağlı olarak değişebileceği unutulmamalıdır. Bu nedenle, çalışma sonunda rapor edilenler denemenin kurulduğu toprak koşulları ile bölgenin iklimine benzer iklimde buğday-silajlık mısır rotasyonunun uygulandığı koşullar için geçerlidir. Benzer koşullarda benzer sonuçların alınması muhtemeldir. Bundan dolayıdır ki, tarımsal üretimin vazgeçilmez unsuru olan toprak kaynaklarımızın korunması ve sürdürülebilir bir şekilde üretimde kullanılabilmesi için kalitesinin gözlemlenmesine izin verecek değerlendirme yöntemleri ile diğer alanlarda da benzer çalışmaların yapılmasına gereksinim vardır.

## Teşekkür

Bu çalışma Fatih GÖKMEN tarafından hazırlanan "Toprak İşleme Yöntemlerinin Toprak Kalitesine Etkisinin Değerlendirilmesi" isimli yüksek lisans tezinden üretilmiş ve aynı tez TOVAG-107 O 124 nolu proje tarafından desteklenmiştir.

## Kaynaklar

- Acir, N., 2010. Kazova topraklarının depo potasyum, kil mineralojisi ve spesifik yüzey alanı etkileşimlerinin jeostatistiksel analizi. (Y. Lisans tezi) Gaziosmanpaşa Üniver. Fen Bilimleri Enst. Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Ana Bilim Dalı. Tokat
- Alvaro-Fountes, J., Arrue, J.L., Gracia, R., Lopez, M.V., 2008. Tillage and cropping intensification effects on soil aggregation: Temporal dynamics and controlling factors under semiarid conditions. *Geoderma*. 145:390-396.
- Amezkeka, E., 1999. Soil aggregate stability: a review. *J. Sustain Agr.* 14:83-151.
- Andrews, S.S., Karlen, D.L., Cambardella, C.A., 2004. The soil management assessment framework: A quantitative evaluation using case studies. *J. Soil Sci. Soc. Am.* 68:1945-1962.
- Anonim, 2007. Tokat Uzun Yıllar İklim Verileri. Tokat Meteoroloji Bölge Müdürlüğü İnternet Sayfası. <http://tokat.meteor.gov.tr/tokatuzunyillarveri.htm>
- Anonymous, 2010. Why assess soil quality. [http://soilquality.org/assessment/assess\\_why.html](http://soilquality.org/assessment/assess_why.html). Erişim: 02.04.2010.
- Aziz, I., Mahmood, T., Raut, Y., Lewis, W., Islam, R., Weil, R.R., 2009. Active organic matter as a simple measure of field soil quality. In: ASA International Meetings, Pittsburg, PA.
- Beare, M.H., Hendrix, P.F., Coleman, D.C., 1994. Water-stable aggregates and organic matter fractions in conventional and no-tillage. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 58, 777-786.
- Bronick, C., Lal, R., 2005. Soil structure and management: a review. *Geoderma* 124:3-22.
- Callum, I. R., 2001. Long term effect of tillage and residues on selected soil quality parameters. Y. Tez. Department of agricultural and biyosistems engineering macdonald campus of mcgill university.
- Cambardella C. A., Moorman, T. B., Andrews, S. S., Karlen, D. L. 2004. Watershed-scal assessment of soil quality in the loess hills of southwest Iowa. *Soil and tillage Resource* 237-247
- Celik, I., Barut, Z.B., Ortas, I., Gok, M., Demirbas, A., Tulun, Y., Akpınar, C., 2011. Impacts of different tillage practices on some soil microbiological properties and crop yield under semi-arid Mediterranean conditions. *International Journal of Plant Production* 5 (3), 237–254.
- Central Highlands of Ethiopia. Doktora Tezi, Universität Hohenheim (310); D-70593 Stuttgart.
- Doran, J.W. Smith, M.S. 1987. Organic matter Management and utilization of soil and fertilizer nutrients. P. 53-72. In: Soil fertility and organic matter as critical components of production systems. SSSA Special Publication 19. Soil. Sci. Soc. Inc., Amer. Soc. Agron, Inc. Publ. Madison WI.
- Franzluebbbers, A.J. 2002. Soil organic matter stratification ratio as an indicator of soil quality. *Soil Tillage Res.* 66:95–106.
- Goovaerts, P. 1998. *Geostatistics for Natural Resources Evaluation* Oxford University Press New York p 483.

- Gren, V.S., Stott, D.E., Cruz, J.C., Curi, N. 2007. Tillage impact on soil biological activity and aggregation in a Brazilian Cerrada Oxisol. *Soil Till. Res.* 92, 114-121.
- Güçdemir, İ.H. 2006. Türkiye Gübre ve Gübreleme Rehberi. Tarım Orman ve Köyişleri Bakanlığı Topraksu Genel Müdürlüğü Araştırma Dairesi Başkanlığı Yayın No. 231, Teknik yayın no: T.69 1- 183.
- Havlin, J.L., Kissel, D.E., Maddux, L.D., Claassen, M.M. Long, J.H. 1990. Crop rotation and tillage effects on soil organic carbon and nitrogen. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 54:448-452.
- Jijo, T. E. 2005. Land Preparation Methods and Soil Quality of a Vertisol Area in the
- Karlen, D.L., Andrews, S.S. ve Wienhold, B.J. 2003. Soil Quality, Fertility and Health – Historical Context, Status and Perspective. In. *Managing Soil Quality: Challenges in Modern Agriculture.* Schjonning, P., Elmholt, S., Christensen, B.T., (Editors). Wallingford, Oxon. GBR. CABI Publishing. 17-33.
- Karlen, D.L., Hurley, E.G., Andrews, S.S., Cambardella, C.A., Meek, D.W., Duffy, M.D., Mallarino, A.P. 2006. Crop Rotation Effects on Soil Quality at Three Northern Corn/Soybean Belt Locations. *Agron J* (98),484-495.
- Karlen, D.L., Stott, D.E. 1994. A framework for evaluating physical and chemical indicators of soil quality. In J. W. Doran, D. C. Coleman, D. F. Bezdicek ve B. A. Stewart, eds. *Defining Soil Quality for a Sustainable Environment.* SSSA, Inc., Madison, Wisconsin, USA.
- Karlen, D.L., Wollenhaupt, N.C., Erbach, D.C., Berry, E.C., Swan, J.B., Eash, N.S., Jordahl, J.L. 1994. Long-term tillage effects on soil quality. *Soil Tillage Res.* (32), 313-327.
- Korucu, T., Arslan, S., Günal, H., Şahin, M. 2009. Spatial and temporal variation of soil moisture content and penetration resistance as affected by post harvest period and stubble burning of wheat. *Fresenius Environ. Bulletin*, 18(9A): 1736-1747.
- Lichter, K., Govaerts, B., Six, J., Sayre, K.D., Deckers, J., Dendooven, L. 2008. Aggregation and C and N contents of soil organic matter fractions in the permanent raised-bed planting system in the Highlands of Central Mexico. *Plant Soil* 305: 237-252.
- Lipiec, J., Kus, J., Slowinska-Jurkiewicz, A., Nosalewicz, A. 2006. Soil porosity and water infiltration as influenced by tillage methods. *Soil Till. Res.* 89: 210-220.
- Marzaioli, R., D'Ascoli, R., De Pascale, R.A. Rutigliano, F.A. 2010. Soil Quality in a Mediterranean area of Southern Italy as related to different land use types. *Applied Soil Ecology.* 44: 205-212.
- Munkholm, L.J., E.M. Hansen, and J.E. Olesen. 2008. The effect of tillage intensity on soil structure and winter wheat root/shoot growth. *Soil Use Manage.* 24:392-400.
- Nachtergaele, F.O.F., Van Lynden, G.W.J., Batjes, N.H., 2002. Soil and terrain databases and their applications with special reference to physical soil degradation and soil vulnerability to pollution in Central and Eastern Europe. *Sustain. Land Manage.: Environ. Prot.* 35, 45-55.
- Özgoz, E., Günal, H., Acir, N., Gokmen, F., Birol, M., Budak, M. 2011. Soil quality and spatial variability assessment of land use effects in a typic haplustoll. *Land Degradation & Development*, 24(3): 277-286.
- Özgöz E, Önen H, Günal, H. 2010. Geçit İklim Kuşağında İkinci Ürün Silajlık Mısır Tarımında Gerekli Termal Zamanın Uzatılmasına Yönelik Olarak Farklı Toprak İşleme Yöntemlerinin Karşılaştırılması. TÜBİTAK Projesi, Proje No: TOVAG-107 O 124, s: 133.
- Pagliai, M., Vignozzi, N., Pellegrini, S. 2004. Soil structure and the effect of management practices. *Soil Till. Res.* 79: 131-143.
- Rasmussen, P.E., Albrecht, S.L., Smiley, R.W. 1998. Soil C and N changes under tillage and cropping systems in semi-arid Pacific Northwest agriculture. *Soil Till. Res.* 47:197-205.

- Six, J., Elliott, E.T., Paustian, K. 2000. Soil structure and soil organic matter: II. A normalized stability index and the effect of mineralogy. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 64:1042-1049.
- Tebrügge, F., Düring, R.A. 1999. Reducing tillage intensity- a review of results from a long-term study in Germany. *Soil Till. Res.* 53:15-28.
- Wienhold, B. J. 2005. Changes in Soil Attributes Following Low Phosphorus Swine Slurry Application to No-Tillage Sorghum. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 69:206-214.