

Farklı Toprak İşleme Yöntemlerinin Killi Toprağın Bazı Fiziksel Özellikleri Üzerine Etkilerinin Jeostatistiksel Yöntemle Değerlendirilmesi

Mustafa SAĞLAM^{1*} Orhan DENGİZ¹ K. Çağatay SELVİ² E. Fatma GÜRSOY¹ Çağla ATASOY³

¹Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü, Samsun

²Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarım Makinaları Bölümü, Samsun

³Ankara Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü, Ankara

*Sorumlu yazar e-posta (Corresponding author e-mail): mustafa.saglam@omu.edu.tr

Geliş tarihi (Received) :07.11.2013

Kabul tarihi (Accepted) : 03.03.2014

Öz

Bu çalışmada, ağır killi tekstüre sahip bir toprakta farklı toprak işleme uygulamalarının toprakların havalanma ve su iletimi ile ilişkili fiziksel toprak özellikleri üzerine etkilerinin jeostatistiksel yöntemle araştırılması amaçlanmıştır. Deneme, 2011 ve 2012 yıllarında Samsun ilinde Karadeniz Tarımsal Araştırma Enstitüsü arazilerindeki 11 m x 50 m boyutlarında hazırlanan parsellerde iki yıl süreyle yürütülmüştür. İlk yıl tüm toprak işleme uygulamalarının toplam porozite, mikropor, hacim ağırlığı ve organik madde içeriği üzerine etkileri istatistiksel olarak önemli bulunmuştur. Toprakların toplam porozite ve mikropor içeriği, toprak işleme uygulamalarıyla artış gösterirken, toprakların hacim ağırlığı ve organik madde içeriklerinde toprak işlemeye bağlı azalmaların meydana geldiği görülmüştür. İkinci yıl ise toprak işleme uygulamalarının yalnızca makropor ve mikropor içeriğine etkileri istatistiksel olarak önemli bulunmuş, ancak mikropor içeriğindeki etkiler yıllara göre ters yönde değişkenlik göstermiştir. İkinci yılda toprak işleme uygulamalarının etkilerindeki değişkenlikler, 2012 yılındaki yağış miktarlarındaki artış ile açıklanmıştır. Toprakların her iki yılda da genelde toprak işleme uygulamalarıyla birlikte bitki gelişimi ve iyi drenaj için uygun makropor içeriklerine sahip olamadığı görülmüştür. Ayrıca Duncan çoklu karşılaştırma sonuçları ile Krigleme haritalarının önemli benzerlikler gösterdiği ve jeostatistiksel yöntemlerin toprak yönetim uygulamalarına bağlı olarak toprak özelliklerindeki değişkenliklerin haritalanmasında başarılı bir şekilde kullanılabildiği görülmüştür.

Anahtar Kelimeler: Hacim ağırlığı, killi toprak, toplam porozite, toprak işleme, jeostatistik

Assessment with Geostatistical Method for Effects of Different Soil Tillage Systems on Clay Soil's Some Physical Properties

Abstract

The main aim of this research is to investigate effects of different soil tillage applications on soil physical properties related to soil aeration and water conductivity in soils having heavy soil texture using geostatistical method. Experiment was conducted on 11 m x 50 m sized plots located in Black Sea Agricultural Research Institute-Samsun between 2011 and 2012 years. It was found significant as statistically effects of all soil tillage applications on total porosity, micropore, bulk density and organic matter content for first year. It was showed that total porosity and micropore content of soils increased

with applications of soil tillage whereas, bulk density and organic matter content decreased with the same applications. As for in second years, it was found statistically significant only for micro and macropore contents of soils under these applications. On the other hand, effects on micropore content of soils were showed inversely by taking into consideration of time. Variability of soil tillage effects for second years on it were explained with increasing amount of precipitation in 2012. It was determined that soils have not suitable macrospores for plant growth and for drainage under soil tillage applications in for both years. In addition, it was found the similarity between Duncan multiple comparison results and Kriging maps. Therefore, geostatistic methods can be used successfully for mapping of variations of soil properties depending at some soil management applications

Key Words: Bulk density, clay soil, total porosity, soil tillage, geostatistics,

GİRİŞ

Tarımsal üretimde öncelikli amaç, çevre ile uyumlu yönetim uygulamaları ve girdilerinin kullanıldığı yöntemlerle yetiştiricilik yapmak olmalıdır. Özellikle karasal ekosistemlerde tarımsal üretimin sürdürülebilir kılınabilmesi için toprak üzerinde yaratılan değişimlerinde iyi bir şekilde incelenmesi gerekir. Çevreye zarar vermeden sürdürülebilir ürün yetiştiriciliği yapabilmek ancak, topraklar konusunda ortaya konabilecek oldukça fazla bilgi birikimiyle sağlanabilir. Bu kapsamda, sürdürülebilir tarım kavramı 1980'li yıllardan sonra tarımsal üretimle ilgili yapılan bilimsel çalışmalarda yüksek sesle dile getirilmeye başlanmıştır (Kirişçi vd., 1999). Tarımsal ürünlerin geçmişte öncelikli olarak insan beslenmesi temel alınarak yetiştirilmesine karşın, günümüzdeki teknolojik gelişimlerle birlikte sanayi hammaddesi olarak da önemli miktarlarda pay almaya başlaması, tarımsal sürdürülebilirliği daha anlamlı ve önemli kılmaya başlamıştır. Ancak, tarımsal ürünlerin bu değer artışıyla birlikte, sanayinin yüksek taleplerinin karşılanmasına yönelik sürdürülebilir tarım sistemlerinde ortaya çıkan tarımsal yoğunluğunda, çevresel kaliteyi olumsuz yönde etkilediği görüşü karşı bir düşünce olarak son dönemlerde oldukça yaygın şekilde ifade edilmektedir. Tarım alanların yoğun kullanımlarıyla birlikte toprak özelliklerinde ortaya çıkan zamana ve mesafeye bağlı bu değişimler, günümüzde toprakların sürdürülebilir kullanımlarının gözden geçirilmesini zorunlu kılmaktadır. Kullanım ve yönetim nedeniyle toprak özelliklerindeki değişimler ile onların çevre ve verimlilik kapasitesi üzerine olan etkileri birçok araştırmacı tarafından yapılan çalışmalarla da ortaya konulmuştur (Lal ve Stewart, 1990; Arzeno, 1990; Alves, 1992; Paz-Gonzalez ve Guerif, 1993; Sarvasi, 1994; Castro, 1995; Fernandez-Rueda ve Paz-Gonzalez, 1998).

Gerek geleneksel tarım gerekse organik tarım sistemlerinde bitkisel üretim faaliyetleri toprak işleme ile başlar. Söz konusu bitkisel üretim sistemlerindeki

toprak işleme, iyi bir tohum yatağı hazırlığı, toprağın fiziksel durumunun iyileştirilmesi ve yabancı ot kontrolünün sağlanması gibi birincil amaçların yanı sıra, toprağın gevşetilmesi, ufalanması, keseklerin parçalanması, kaymak tabakasının kırılması, tohum yatağının bastırılması, toprağın su tutma kapasitesinin artırılması ve devamlılığının sağlanması, erozyonun önlenmesi ile gübre ve diğer maddelerin toprağa karıştırılması gibi ikinci derece amaçlara da hizmet etmektedir (Korucu, 2002). Özellikle tohum yatağı hazırlarken, tohumun çimlenmesini sağlayacak gevşek bir ortam hazırlamak, bitki köklerinin gelişmesine uygun su ve hava düzenine sahip bir toprak ortamı sağlamak, toprak işlemenin öncelikli amacıdır. Diğer bir ifadeyle toprak işleme ile, bitkinin gelişmesine uygun bir strüktür temin edilmektedir (Çetin vd., 2009).

Toprak işlemeyle bitki gelişimi için uygun strüktür kazandırılan toprakta, toprağa ait fiziksel, kimyasal ve morfolojik özellikler kullanılarak toprağın işlendiği ve işlenmediği alanlar karşılaştırılabilir veya sürekli toprak işlemenin etkileri değerlendirilebilir. Örneğin aşırı toprak işleme sonucunda toprak organik maddesinde ortaya çıkan azalmalar, toprağın fiziksel ve kimyasal verimliliğinin sınırlandırılmasına neden olabilir. Diğer taraftan toprak şartlarındaki bu değişimler, besin/beslenme dinamiklerini ve biyolojik aktiviteyi etkileyerek ürün verimi üzerine önemli etkiler ortaya koyabilir (Salinas-Garcia vd., 1997). Çünkü agregatlaşma ve porozite gibi fiziksel toprak özellikleri nem içeriği, sıcaklık, havalanma ve mekaniksel direnç gibi diğer toprak özellikleri üzerine olan dolaylı etkileriyle bitki gelişimini etkilemekte (Ferrerias vd., 2000), benzer şekilde toprak porozitesinin özellikle de makro ve mikroporların dağılımında, köklere karşı toprak direncini ve yarıyıllı suyu düzenleyerek bitkilerin gelişimini büyük ölçüde etkileyebilmektedir (Farkas vd., 2006; Lipiec vd., 2006; Witkowska-Walczak ve Turski, 2004).

Toprakların por büyüklük dağılımı, toprak işlemeden büyük ölçüde etkilenmektedir. Lipiec vd. (2006), geleneksel toprak işleme altındaki toprakların genel olarak daha düşük hacim ağırlığına sahip olduğunu ve pulluk katmanı içerisindeki toplam poroziteninde sıfır toprak işleme altındaki topraklara göre daha yüksek bir ilişki ortaya koyduğunu bildirmektedir. Toplam porozitedeki değişimler por büyüklük dağılımındaki değişimlerle ilişkilidir ancak bu ilişki toprak tekstürüne göre değişebilmektedir. Schjønning ve Rasmussen (2000), aynı koşullar altında sıfır toprak işleme ile geleneksel toprak işleminin etkilerini karşılaştırdıkları çalışmada, sıfır toprak işleme altında kumlu ve siltli tın toprakların daha düşük makropor hacmine sahip olduğunu, buna karşın kumlu tın topraklarda tersi bir durum olduğunu bildirmektedir. Kay ve Vanden Baygaart (2002) ise geleneksel toprak işlemeden sıfır toprak işlemeye doğru dönüldüğünde genel olarak 100-150 µm büyüklüğündeki por hacminin arttığını ve 30-100 µm büyüklüğündeki por hacminin de azaldığını ifade etmektedir. Yine işlenen ve işlenmeyen topraklar karşılaştırıldığında toprakların su iletim özellikleri üzerine yönetim ve toprak işleminin değişik etkilerinin olduğunu gösteren birçok

çalışmada mevcuttur (Gantzer ve Blake, 1978; Freebarin vd., 1986; Ankeny vd., 1990; Arshad vd., 1999; Gomez vd., 1999; Rasmussen, 1999; McGarry vd., 2000).

2011 ve 2012 yıllarında Samsun Karadeniz Tarımsal Araştırma Enstitüsü arazisinde yürütülen bu çalışmayla, yoğun işlemeli tarım yapılan alanlarda toprak işleminin toprakların sürdürülebilir boşluk dağılımları üzerine etkilerinin araştırılması amaçlanmıştır. Killi tekstüre sahip bir toprakta farklı toprak işleme aletlerinin ve yöntemlerinin (Pulluk + 2*Diskaro + 2*Freze; Ağır çizel + 2*Diskaro + 2*Freze; pulluk + 2*Freze; Doğrudan ekim) toprakların hacim ağırlığı, organik madde, toplam porozite, mikro ve makropor dağılımları üzerine olan etkileri klasik istatistik ve jeostatistiksel yöntemlerle değerlendirilmiştir.

MATERYAL VE YÖNTEM

Çalışma Samsun ili Karadeniz Tarımsal Araştırma Enstitüsü arazilerinde iki yıllık arazi denemesi şeklinde yürütülmüştür. Deneme alanına ait bazı toprak özellikleri Çizelge 1’de, denemenin yürütüldüğü yıllara ait aylık toplam yağış ve ortalama sıcaklık değerleri ise Çizelge 2’de verilmiştir.

Çizelge 1. Deneme toprağının bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri

Table 1. Some physical and chemical properties of selected soil

Kil	Silt	Kum	Bünye sınıfı	pH	EC
67,03	18,16	14,81	Kil	7,22	0,64

Çizelge 2. 2011 ve 2012 yıllarına ait aylık ve yıllık toplam yağış ve ortalama sıcaklık değerleri

Table 2. Total precipitation and average temperature values of monthly and annual for 2011 and 2012 years

Aylar	2011		2012	
	Yağış (mm)	Sıcaklık (°C)	Yağış (mm)	Sıcaklık (°C)
Ocak	117,2	6,4	98,0	5,4
Şubat	45,4	5,7	70,8	3,2
Mart	95,6	7,4	81,6	5,8
Nisan	60,6	9,7	10,4	13,3
Mayıs	66,1	14,8	34,4	17,5
Haziran	49,6	20,1	24,4	21,9
Temmuz	26,0	23,9	96,0	24,0
Ağustos	14,2	23,1	179,6	23,0
Eylül	39,1	20,1	113,0	20,1
Ekim	135,5	17,8	99,8	17,8
Kasım	149,5	13,5	276,4	13,5
Aralık	64,4	9,2	128,6	9,2
Toplam Yağış	863,2	—	1211,0	—
Ortalama Sıcaklık	—	11,5	—	14,6

2011 ve 2012 yıllarında 11 m x 50 m (550 m²) boyutlarında oluşturulan 5 parselde yürütülen denemede, 4 farklı toprak işleme (i - Pulluk + 2*Diskaro + 2*Toprak frezesi + Ekim makinası; ii- Ağır çizel + 2*Diskaro + 2*Toprak frezesi + Ekim makinası; iii- Pulluk + 2*Toprak frezesi + Ekim makinası; iv- Doğrudan ekim) ve kontrol konuları araştırılmıştır. Her iki yılda da toprak işleme konularının uygulandığı parsellerde toprak işleme sonrasında mısır bitkisi yetiştirilirken kontrol parselinde toprak işleme ve bitkisel üretime yönelik hiçbir uygulama yapılmamıştır. Her iki yılda da toprak fiziksel özellikleri üzerine toprak işleme yöntemlerinin etkisinin incelenmesine yönelik toprak örnekleme parsellerdeki mısır bitkisi hasat edildikten sonra bozulmuş ve bozulmamış toprak örnekleme şeklinde 0-30 cm derinlikten yapılmıştır.

Alınan bozulmamış toprak örneklerinde hacim ağırlığı; Blake ve Hartge (1986)'a göre, toplam porozite; toprakların hacim ağırlığı ve özgül ağırlığı arasındaki ilişkiler kullanılarak Danielsen ve Sutherland (1986) tarafından bildirilen Eşitlik 1'e göre hesaplanmıştır.

$$\text{Toplam Porozite(\%)} = 1 - \frac{\rho_b}{\rho_k} \times 100 \quad (\rho_k = 2.65) \quad (1)$$

Mikropor miktarı; Klute (1986) tarafından bildirilen tansiyon tablası yöntemine göre, makropor miktarı ise; toplam porozite ile mikropor arasındaki farktan hesaplanmıştır. Bozulmuş toprak örneklerinde ise toplam organik madde; Jackson (1958) tarafından modifiye edilmiş Walkley-Black yöntemine göre, tekstür; Gee ve Bauder (1986) tarafından bildirilen Bouyoucous hidrometre yöntemine göre, pH; 1:2'lik toprak-su karışımında Hendershot vd. (1993)'e göre, elektriksel iletkenlik (EC); 1:2'lik toprak-su karışımında EC metre aleti kullanılarak Rhoades (1986)'e göre, kireç; Allison ve Moodie (1965)'ye göre hacimsel olarak belirlenmiştir.

Analiz edilen toprak özelliklerinin uzaysal değişkenlik bilgisini ortaya koymak amacıyla ise, öncelikle her bir toprak özelliğine ait semivariogram modelleri tahmin edilmiştir. Semivariogram modellerinin tahmininde aşağıdaki Eşitlik 2'den yararlanılmıştır.

$$\gamma(h) = \frac{1}{2N} \sum_{i=1}^N (Z_x - Z_{x+h})^2 \quad (2)$$

Burada

$\gamma(h)$: h uzaklığı için semivaryans,

h: ayırma uzaklığı (lag),

Zx: x noktasında ölçülmüş örnek değeri,

Zx+h: x+h noktasında ölçülmüş örnek değeri,

N: h ayırma uzaklığı için çiftlerin toplam sayısını tanımlamaktadır.

Toprak özelliklerine ait en uygun semivariogram modeline karar verirken belirleme katsayısını (R²) en yüksek, hata kareler toplamını (HKT) en düşük ve çapraz doğrulamada regresyon katsayısını (r) en yüksek tahmin eden model, uygun semivariogram modeli olarak seçilmiştir. Daha sonra tahmin edilen semivariogram modelleri kullanılarak krigleme yapılmış ve bu şekilde çalışma alanı içerisindeki değişkenlikler haritalanmıştır. Toprak özelliklerine ait semivariogram tahminlerinin ve krigleme haritalarının hazırlanmasında bilgisayarda GS+ 7.0 paket programı kullanılırken, toprak özellikleri arasındaki Duncan çoklu karşılaştırma testlerinde ise SPSS 17.0 paket programı kullanılmıştır.

BULGULAR ve TARTIŞMA

Hacim ağırlığı, toplam porozite, doymuş hidrolik iletkenlik, hava geçirgenliği vb. dinamik toprak fiziksel özelliklerinin değerlendirilmesi fiziksel toprak kalitesi hakkında değerli bilgiler sağlamaktadır. Farklı toprak işleme yöntemlerinin, toprakta havalanma ve su hareketiyle ilişkili dinamik fiziksel toprak özellikleri üzerine olan etkilerinin incelendiği 2 yıllık arazi denemesinden elde edilen sonuçlarla ilgili tanımlayıcı istatistikler Çizelge 3'de verilmiştir.

Fiziksel toprak özellikleri çarpıklık katsayılarına göre, çalışmanın yürütüldüğü 2011 ve 2012 yıllarında normal dağılım veya normal dağılıma yakın çarpıklıkta dağılımlar sergilemişlerdir (Webster, 2001). Yine yıllara göre toprak özellikleri değişkenlik katsayısına göre benzer değişkenlikler ortaya koymuş ve toplam porozite, mikropor ve hacim ağırlığı değişkenlik katsayısına göre düşük düzeyde değişkenlikler sergilerken, makropor ve organik maddenin her iki yıldaki değişkenlikleri orta düzeyde olmuştur (Wilding 1994; Mulla ve McBratney 2000). Çalışmamızda değişkenlik katsayıları ile ilgili elde ettiğimiz bulgulara benzer sonuçlar Campos vd. (2007) ve Campos vd. (2013) tarafından da rapor edilmektedir. Diğer taraftan makropor ve organik maddenin sahip olduğu orta düzeydeki değişkenlik, her iki toprak özelliğine ait veri setlerinde belirli bir düzeyde hetorejenliğin var olduğunu ortaya koymaktadır.

Çizelge 3. 2011 ve 2012 yıllarında fiziksel toprak özelliklerine ait tanımlayıcı istatistikler**Table 3.** Descriptive statistics for soil physical properties in 2011 and 2012 years

Tanımlayıcı İstatistikler	Toplam Porozite		Makropor		Mikropor		Hacim Ağırlığı		Organik Madde	
	2011	2012	2011	2012	2011	2012	2011	2012	2011	2012
Ortalama	58,34	54,80	6,56	8,94	51,75	45,51	1,10	1,20	2,46	2,30
Standart Sapma	1,57	1,65	1,65	1,91	2,46	3,43	0,04	0,04	0,51	0,46
En Küçük	54,90	50,93	3,15	1,38	46,77	34,42	1,00	1,07	1,79	1,04
En Büyük	62,41	59,50	10,29	14,58	57,05	58,12	1,20	1,30	3,88	3,28
Değişkenlik Katsayısı	2,68	3,01	25,13	21,34	4,75	7,54	3,49	3,76	19,14	20,07
Çarpıklık	0,59	0,22	0,17	-0,48	-0,07	0,19	-0,51	-0,24	0,35	-0,44
Basıklık	0,39	0,51	-0,49	3,88	-0,40	3,02	0,42	0,49	-0,60	0,45

Toplam Porozite: %; Makropor: %; Mikropor: %; Hacim Ağırlığı: g cm⁻³; Organik Madde: %; Değişkenlik Katsayısı: %.

2011 ve 2012 yıllarında farklı toprak işleme yöntemlerinin toprakta havalanma ve su hareketini etkileyen fiziksel toprak özellikleri üzerine olan etkileri istatistiksel olarak değerlendirilmiş ve elde edilen Duncan çoklu karşılaştırma sonuçları Çizelge 4'de verilmiştir. Çizelge 4 incelendiğinde toprak işleme uygulamalarının fiziksel toprak özellikleri üzerine olan etkilerinin denemenin yürütüldüğü iki yıllık sürede, yıllara göre farklılıklar gösterdiği görülmektedir. Toprak işleme uygulamalarının yıllara göre farklı şekilde ortaya çıkan etkilerinin, denemenin yürütüldüğü 2011 ve 2012 yıllarının Mayıs ve Ekim ayları arasında bölgede gerçekleşen

farklı aylık yağış rejimi ve yağış miktarından kaynaklandığı düşünülmektedir (Çizelge 2). Lal (1989), toprak fiziksel özelliklerindeki değişimin büyüklüğünün ve eğilimlerinin geçmiş koşullara, tarla trafiğine, toprak tekstürüne ve iklime bağlı olduğunu bildirmektedir. Çalışmanın alanı topraklarının kil içeriğinin yüksek ve killi tekstüre sahip olması nedeniyle 2011 ve 2012 yıllarında gerçekleşen farklı yağış rejimi ve yağış miktarlarının topraklardaki şişme ve büzülme olaylarında farklılıklar yarattığı ve bunun da yıllara göre toprak işleme uygulamalarının farklı etkiler meydana getirmesine neden olduğu düşünülmektedir.

Çizelge 4. Toprak işleme uygulamalarına göre 2011 ve 2012 yıllarında toprak fiziksel özelliklerinin Duncan çoklu karşılaştırma sonuçları**Table 4.** The results of Duncan multiple comparison of soil physical properties in 2011 and 2012 years according to soil tillage practices

Toprak İşleme Yöntemleri	Toplam Porozite (%)	Makropor (%)	Mikropor (%)	Hacim Ağırlığı (g cm ⁻³)	Organik Madde (%)
2011					
P+2*D+2*F	59,60 ± 0,77 a	6,48 ± 0,66	53,11 ± 1,05 a	1,07 ± 0,02 b	2,64 ± 0,17 b
AÇ+2*D+2*F	59,11 ± 0,49 ab	6,55 ± 0,59	52,56 ± 0,76 ab	1,08 ± 0,01 ab	2,25 ± 0,10 b
P+2*F	57,79 ± 0,28 b	6,74 ± 0,60	51,05 ± 0,64 bc	1,12 ± 0,01 a	2,34 ± 0,09 b
DE	57,88 ± 0,42 b	7,27 ± 0,71	50,61 ± 1,07 c	1,12 ± 0,01 a	2,58 ± 0,12 b
Kontrol	57,62 ± 0,39 b	6,83 ± 0,64	50,79 ± 0,97 c	1,12 ± 0,01 a	3,31 ± 0,14 a
P Değeri	0,039*	0,920	0,042*	0,034*	<0,001**
ODÖ	0,721	0,597	0,045	0,703	0,537
ODD			42,585		
2012					
P+2*D+2*F	54,32 ± 0,28	10,37 ± 0,60 a	42,47 ± 1,11 b	1,21 ± 0,01	2,39 ± 0,06
AÇ+2*D+2*F	54,65 ± 0,48	9,48 ± 0,45 ab	45,18 ± 0,70 a	1,20 ± 0,01	2,18 ± 0,21
P+2*F	55,86 ± 0,34	8,90 ± 0,26 abc	46,96 ± 0,40 a	1,17 ± 0,01	1,87 ± 0,24
DE	54,62 ± 0,59	7,55 ± 0,68 c	47,08 ± 1,23 a	1,20 ± 0,02	2,14 ± 0,16
Kontrol	54,76 ± 0,55	8,34 ± 0,32 bc	46,13 ± 0,76 a	1,20 ± 0,02	2,48 ± 0,14
P Değeri	0,227	0,003**	0,004**	0,225	0,176
ODÖ	0,117	0,125	0,441	0,119	0,756

P+2*D+2*F: Pulluk+Diskaro+Freze; AÇ+2*D+2*F: Ağır Çizel+Diskaro+Freze; P+2*F: Pulluk+Freze; DE: Doğrudan Ekim; ODÖ: Ortak Değişken Önemi; ODD: Ortak Değişken Düzeltmesi; *: p < 0,05; **: p < 0,01.

Toprak işleme uygulamalarının öncelikle 2011 yılına ait sonuçları değerlendirildiğinde, makropor dışında incelenen tüm fiziksel toprak özelliklerinde toprak işleme uygulamalarının önemli değişimler meydana getirdiği görülmektedir. Toplam porozite ve mikropor düzeyleri üzerine Pulluk+Diskaro+Freze ve Ağır Çizel+Diskaro+Freze uygulamalarının hemen hemen benzer bir etkiye sahip olduğu ve bu uygulamalarla 2011 yılında toprakların toplam porozite ve mikropor düzeylerinin arttığı belirlenmiştir. Pulluk+Freze, Doğrudan Ekim ve Kontrol uygulamalarının ise toplam porozite ve mikropor düzeyleri üzerine olan etkilerinin Pulluk+Diskaro+Freze uygulamasının etkisinden tamamen farklı ve uygulamalar arasında benzer bir etkisinin olduğu görülmüştür (Çizelge 4). Hacim ağırlığına ilişkin sonuçlar ise, toprak işlemeye bağlı olarak topraklarda gözenekliliğin arttığını ve buna bağlı olarak da hacim ağırlığı değerlerini azaldığını ortaya koymaktadır. Topraklarda yüksek gözenekliliğin göstergesi olarak kabul edilen en düşük hacim ağırlığı değerleri Pulluk+Diskaro+Freze uygulamasında elde edilirken, bu toprak işleme uygulaması diğer uygulamalara göre toprakta en fazla gözenekliliğinin sağlandığı uygulama olmuştur. Pulluk+Freze, Doğrudan Ekim ve Kontrol uygulamaları ise, toprak sıkışmasına bağlı olarak 2011 yılında daha yüksek hacim ağırlığına ve daha düşük toprak gözenekliliğine sahip toprak işleme uygulamaları olmuşlardır. Diğer taraftan Ağır Çizel+Diskaro+Freze uygulamasının hacim ağırlığı yönünden tüm toprak işleme uygulamalarıyla benzer bir etkiye sahip olduğu görülmüştür (Çizelge 4). 2011 yılında toprak organik maddesi yönünden toprak işleme uygulamalarıyla Kontrol uygulaması karşılaştırıldığında, en yüksek organik madde değerlerinin Kontrol uygulamasında elde edildiği buna karşın toprak işleme uygulamalarının yürütüldüğü parsellerde organik madde miktarlarının Kontrol uygulamasına göre daha düşük olduğu ve toprak işlemeye ortaya çıkan bu farkların istatistiksel olarak önemli olduğu belirlenmiştir. Yani toprak işlemenin yapıldığı tüm parsellerde Kontrol uygulamasına göre organik madde miktarında istatistiksel olarak önemli azalmaların meydana geldiği ancak toprak işleme uygulamalarının toprakların organik madde içeriğine etkilerinin ise benzer olduğu görülmüştür (Çizelge 4).

2012 yılına ait veriler incelendiğinde, toprak işleme uygulamalarının toprakların yalnızca makropor ve mikropor içerikleri üzerine olan etkilerinin istatistiksel olarak önemli bulunduğu, ancak incelenen diğer fiziksel özellikler yönünden toprak işleme uygulamalarının etkilerinin istatistiksel olarak önemsiz olduğu görülmüştür (Çizelge 4). Pulluk+Diskaro+Freze uygulaması, topraklarda makropor içeriğini artırırken, mikropor içeriğinin de en düşük bulunduğu toprak işleme uygulaması olmuştur. Diğer taraftan Doğrudan Ekim uygulaması, en düşük ortalama makropor içeriğine sahip uygulama olmasına karşın Kontrol ve Pulluk+Freze uygulamalarıyla benzer etkiye sahip olduğu, mikropor içeriğinde de Pulluk+Diskaro+Freze uygulaması dışındaki tüm toprak işleme uygulamalarının benzer bir etkisinin olduğu belirlenmiştir (Çizelge 4).

Toprak işleme uygulamalarının toprak fiziksel özellikleri üzerine etkilerine yönelik literatürde bir çok çalışma olmasına karşın aynı derecede birçok farklı sonucunda verildiği görülmektedir. Yapılan bazı çalışmalar sıfır toprak işleme altında aşırı toprak sıkışmasının meydana geldiğini bildirirken (Tebrügge ve Düring, 1999; Oliver vd., 2002; Fabrizzi vd., 2005), bazıları da toprak sıkışmasının gözlemlenmediğini bildirmektedir (Logsdon ve Karlen, 2004; Filipovic vd., 2006). Yine pullukla toprak işleme (Tebrügge ve Düring, 1999) veya azaltılmış toprak işleme (Mc Vay vd., 2006) karşısında sıfır toprak işleme uygulamasının toprakların hacim ağırlığını artırdığı ve aynı zamanda farklı azaltılmış toprak işleme uygulamalarının yoğun toprak işleme uygulamalarıyla kıyaslandığında üst toprak katmanlarında toprak sıkışmasını artırabileceği (Rasmussen, 1999) ifade edilmektedir. Fabrizzi vd. (2005) ise toprak sıkışmasının genel olarak sıklıkla meydana geldiğini ancak bu sıkışmanın sıfır toprak işleme altında bitkiler üzerine her zaman zararlı bir etkisi olmadığını belirtirken, Singh vd. (1992) sınır değer olarak 1.3 gr cm^{-3} e eşit veya daha düşük hacim ağırlığına sahip herhangi bir toprağın bitki gelişimini sınırlamadığını ifade etmektedir. Strudley vd. (2008) ise, toprakların hacim ağırlığı ve porozite içeriği üzerine toprak işleme uygulamalarının tutarsız etkileri olduğunu bildirmektedir. Lal vd. (1994) ve Mahboubi vd. (1993)'da, toprak fiziksel özelliklerini iyileştirmede geleneksel toprak işlemeye göre çizel ile toprak

işleme ve sıfır toprak işlemeyi içeren uzun süreli koruyucu toprak işleme yöntemlerinin faydalı etkileri olduğunu ve sıfır toprak işleme uygulamasında daha düşük hacim ağırlığı ve daha yüksek porozite ve agregatlaşma değerleri elde edildiğini bildirmektedir. 2011 yılı sonuçlarımız toplam porozite ve hacim ağırlığı değerleri, toprak işleme uygulamaları kıyaslandığında Kontrol uygulamasında daha düşük toplam porozite ve daha yüksek hacim ağırlığı değerleri olarak kontrol uygulamasında daha fazla toprak sıkışmasının olduğunu ortaya koyarken; 2012 yılındaki sonuçlar ise Kontrol ve toprak işleme uygulamalarının aynı özellikler üzerine tutarsız etkilerinin olduğu görülmüştür. Ancak her iki yıla ait hacim ağırlığı değerleri, gerek kontrol uygulamasında gerekse toprak işleme uygulamalarında bitki gelişimini sınırlayacak düzeyde bir toprak sıkışmasının gerçekleşmediğini göstermektedir.

Vidal (1997), sıfır toprak işlemeyle geleneksel toprak işlemeyi por büyüklük dağılım değerleri yönünden karşılaştırdığında, geleneksel toprak işlemede $> 20 \mu\text{m}$ porların istatistiksel olarak önemli düzeyde daha büyük bir yüzdeye sahip olduğunu bildirirken doymuş hidrolik iletkenlik ve makroporozitenin dolaylı ölçümlerinde yine geleneksel toprak işlemede daha yüksek olduğunu rapor etmektedir. Bu çalışmada da makropor içeriği yönünden 2011 yılında tüm uygulamalara ait sonuçlarda önemli farklılıklar gözlemlenmezken, 2012 yılındaki sonuçlar literatür sonuçlarıyla benzer bulgular ortaya koyarak kontrol uygulamasına kıyasla toprak işleme uygulamalarının toprakların makropor içeriğini artırdığını ve Pulluk+Diskaro+Freze uygulamasıyla en yüksek değerleri aldığını ortaya koymuştur. Mikropor değerleri ise yıllara göre çelişkili sonuçlar ortaya koymasına karşın 2012 yılında en yüksek makropor içeriğinin bulunduğu Pulluk+Diskaro+Freze uygulamasında en düşük değerini almış ve bu azalma istatistiksel olarak önemli bulunmuştur. Ayrıca Sparling ve Schipper (2002), geniş makroporlardan hesaplanan makroporozitenin % 10-15 arasındaki değerlerinin genel olarak bitki gelişimi ve iyi drenaj için uygun olduğunu ifade etmektedir. Buna göre çalışmanın yürütüldüğü her iki yılda da 2012 yılındaki Pulluk+Diskaro+Freze uygulamasına ait makropor

sonuçları dışındaki tüm makropor değerlerinin bitki gelişimi ve iyi drenaj koşulları için yeterli hacimde olmadığı görülmüştür. Ancak, düşük makropor değerlerinin toprak işleme uygulamalarının etkisinin yanı sıra çalışma alanının tekstürü ile de ilişkili olabileceği düşünülmektedir.

Hao vd. (1999), toprağın daha az bozulması ve bitki atıklarının daha düşük ayrışması nedeniyle minimum toprak işleme uygulamasında organik madde içeriğinin istatistiksel olarak önemli düzeyde daha yüksek olduğunu ifade ederken, Havlin vd. (1990) ve Franzluebbers vd. (1995), koruyucu toprak işlemenin 10 yıldan fazla bir süre sonra organik madde içeriğini artırdığını bildirmektedir. Al-Kaisi vd. (2005) ise, organik madde üzerine kısa süreli toprak işlemenin etkilerinin değişken olduğunu ve değişimlerin yüksek oranda toprak nemi, sıcaklık, oksijen içeriği ve besin elementi içeriği gibi toprak ve çevresel faktörlere bağlı olduğunu rapor etmektedir. Çalışmanın yürütüldüğü iki yıllık sonuçlar, organik madde içeriğinin toprak işleme uygulamalarıyla azaldığını ortaya koyarken bu azalma yalnızca 2011 yılında istatistiksel olarak önemli bulunmuştur.

Toprak işleme uygulamalarının yıllara göre toprak fiziksel özellikleri üzerine olan etkileri ise Çizelge 5'te verilmiştir. Yürütülen tüm toprak işleme uygulamalarının toplam porozite ve hacim ağırlığı üzerine etkileri her iki yıl için farklı olmuş ve bu farklar istatistiksel olarak önemli bulunmuştur. 2011 yılında 2012 yılına göre topraklarda daha yüksek toplam porozite ve daha düşük hacim ağırlığı değerleri elde edilirken, 2012 yılında elde edilen daha düşük toplam porozite ve daha yüksek hacim ağırlığı değerlerinin, 2012 yılında denemenin yürütüldüğü Mayıs ve Ekim ayları arasındaki yüksek yağış miktarlarına bağlı olarak meydana gelen yüksek şişme ve büzülme olaylarından kaynaklandığı düşünülmektedir. Toprakların mikropor ve makropor içeriği yönünden toprak işleme uygulamalarından Doğrudan Ekim uygulaması dışındaki tüm uygulamaların yıllara göre etkisi istatistiksel olarak önemli bulunmuştur. Organik madde içeriği yönünden ise yalnızca kontrol uygulamasında yıllara göre değişim önemli bulunurken, diğer tüm toprak işleme uygulamalarında organik maddenin yıllara göre değişimi istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur (Çizelge 5).

Çizelge 5. Toprak işleme uygulamalarının toprak fiziksel özellikleri üzerine yıllara göre etkisi

Table 5. The effect of soil tillage practices on soil physical properties according to years

Fiziksel Özellikler	Yıl	P+2*D+2*F	AÇ+2*D+2*F	P+2*F	DE	Kontrol
Toplam	2011	59,60 ± 0,77 a	59,11 ± 0,49 a	57,79 ± 0,28 b	57,88 ± 0,42 a	57,62 ± 0,39 a
Porozite	2012	54,32 ± 0,28 b	54,65 ± 0,48 b	55,86 ± 0,34 a	54,62 ± 0,59 b	54,76 ± 0,55 b
		<0,001**	<0,001**	0,001**	0,001**	0,001**
Makropor	2011	6,48 ± 0,66 b	6,55 ± 0,59 b	6,74 ± 0,60 b	7,27 ± 0,71	6,83 ± 0,64 b
	2012	10,37 ± 0,60 a	9,48 ± 0,45 a	8,90 ± 0,26 a	7,55 ± 0,68	8,34 ± 0,32 a
		<0,001**	<0,001**	0,002**	0,794	0,040*
Mikropor	2011	53,11 ± 1,05 a	52,56 ± 0,76 a	51,05 ± 0,64 a	50,61 ± 1,07	50,79 ± 0,97 a
	2012	42,47 ± 1,11 b	45,18 ± 0,70 b	46,96 ± 0,40 b	47,08 ± 1,23	46,13 ± 0,76 b
		<0,001**	<0,001**	<0,001**	0,069	0,002**
Hacim	2011	1,07 ± 0,02 b	1,08 ± 0,01 b	1,12 ± 0,01 b	1,12 ± 0,01 b	1,12 ± 0,01 b
Ağırlığı	2012	1,21 ± 0,01 a	1,2 ± 0,013 a	1,17 ± 0,01 a	1,20 ± 0,02 a	1,20 ± 0,02 a
		<0,001**	<0,001**	0,001**	0,001**	0,001**
Organik	2011	2,64 ± 0,17	2,25 ± 0,10	2,34 ± 0,09	2,58 ± 0,12	3,31 ± 0,14 a
Madde	2012	2,39 ± 0,06	2,18 ± 0,21	1,87 ± 0,24	2,14 ± 0,16	2,48 ± 0,14 b
		0,223	0,777	0,053	0,054	0,001**

P+2*D+2*F: Pulluk+Diskaro+Freze; AÇ+2*D+2*F: Ağır Çizel+Diskaro+Freze; P+2*F: Pulluk+Freze; DE: Doğrudan Ekim; *: p < 0,05; **:p< 0,01.

Toprak fiziksel özelliklerinin toprak işleme uygulamalarına göre alansal değişimleri ise jeostatistiksel analiz yöntemiyle değerlendirilmiş ve elde edilen semivariogram sonuçları Çizelge 6'da, krigleme haritaları ise Şekil 1'de verilmiştir. 2011 ve 2012 yıllarında fiziksel toprak özelliklerinin uzaysal dağılımları küresel model ile tahmin edilirken, elde edilen düşük külçe etkisi değerleri de deneme parselleri içerisinde seçilen örnekleme mesafelerinin toprak özelliklerinin kısa

mesafeli değişimlerinin ortaya konulması için uygun olduğunu ortaya koymuştur. Ayrıca toprak işleme uygulamalarının etkilerinin araştırıldığı her iki yılda da incelenen fiziksel toprak özelliklerinin çalışma alanında güçlü konumsal ilişkilere sahip olduğu görülmüştür (Çizelge 6).

Toplam porozitenin toprak işleme uygulamalarına bağlı olarak 2011 ve 2012 yıllarına ait dağılım haritası incelendiğinde 2011 yılında

Çizelge 6. Fiziksel toprak özelliklerine ait semivariogram analiz sonuçları

Table 6. The results of semivariogram analysis of physical soil properties

Fiziksel Özellikler	Model	Külçe Etkisi (C ₀)	Eşik Değeri (C ₀ +C)	Yapısal Uzaklık (A ₀)	HKT	r ²	Çapraz Doğrulama
2011 Yılı							
Toplam Porozite	Küresel	0,001	2,674	32,3	0,041	0,99	0,81
Makropor	Küresel	0,01	3,929	20,34	0,23	0,98	0,74
Mikropor	Küresel	0,01	6,345	19,24	0,147	0,99	0,74
Hacim Ağırlığı	Küresel	0,000	0,002	30,2	2,73x10 ⁻⁸	0,99	0,79
OrganikMadde	Küresel	0,022	0,205	27,58	5,52x10 ⁻⁴	0,96	0,80
2012 Yılı							
Toplam Porozite	Küresel	0,01	3,283	29,18	0,156	0,98	0,82
Makropor	Küresel	0,199	2,148	22,29	0,023	0,99	0,72
Mikropor	Küresel	0,01	6,364	17,61	0,708	0,97	0,78
Hacim Ağırlığı	Küresel	0,000	0,002	30,31	1,98x10 ⁻⁷	0,94	0,89
OrganikMadde	Küresel	0,016	0,179	31,62	1,44x10 ⁻³	0,88	0,71

P+2*D+2*F: Pulluk+Diskaro+Freze; AÇ+2*D+2*F: Ağır Çizel+Diskaro+Freze; P+2*F: Pulluk+Freze; DE: Doğrudan Ekim; *: p < 0,05; **:p< 0,01.

Pulluk+Diskaro+Freze ve Ağır Çizel+Diskaro+Freze uygulamalarında toplam porozite değerlerinin en yüksek olduğu buna karşın Pulluk+Freze, Doğrudan Ekim ve Kontrol uygulamalarında ise düşük değerler aldığı ve krigleme haritasının bu dağılım deseninin Duncan çoklu karşılaştırma sonuçlarıyla benzer olduğu görülmektedir (Şekil 1, Çizelge 4). 2012 yılında ise toprak işleme uygulamalarının toplam porozite içeriğinde krigleme haritasındaki dağılım desenleri yönünden önemli farklılıklarının olmadığı görülmektedir. 2012 yılında en düşük toplam porozite değerleri tüm deneme parsellerinin kuzey yönlerinde elde edilirken, en yüksek değerler Ağır Çizel+Diskaro+Freze ve Pulluk+Freze uygulamalarının yürütüldüğü deneme parsellerinde elde edilmesine karşın parseller arasındaki bu değişkenliklerin istatistiksel olarak önemli olmadığı görülmektedir (Şekil 1, Çizelge 4).

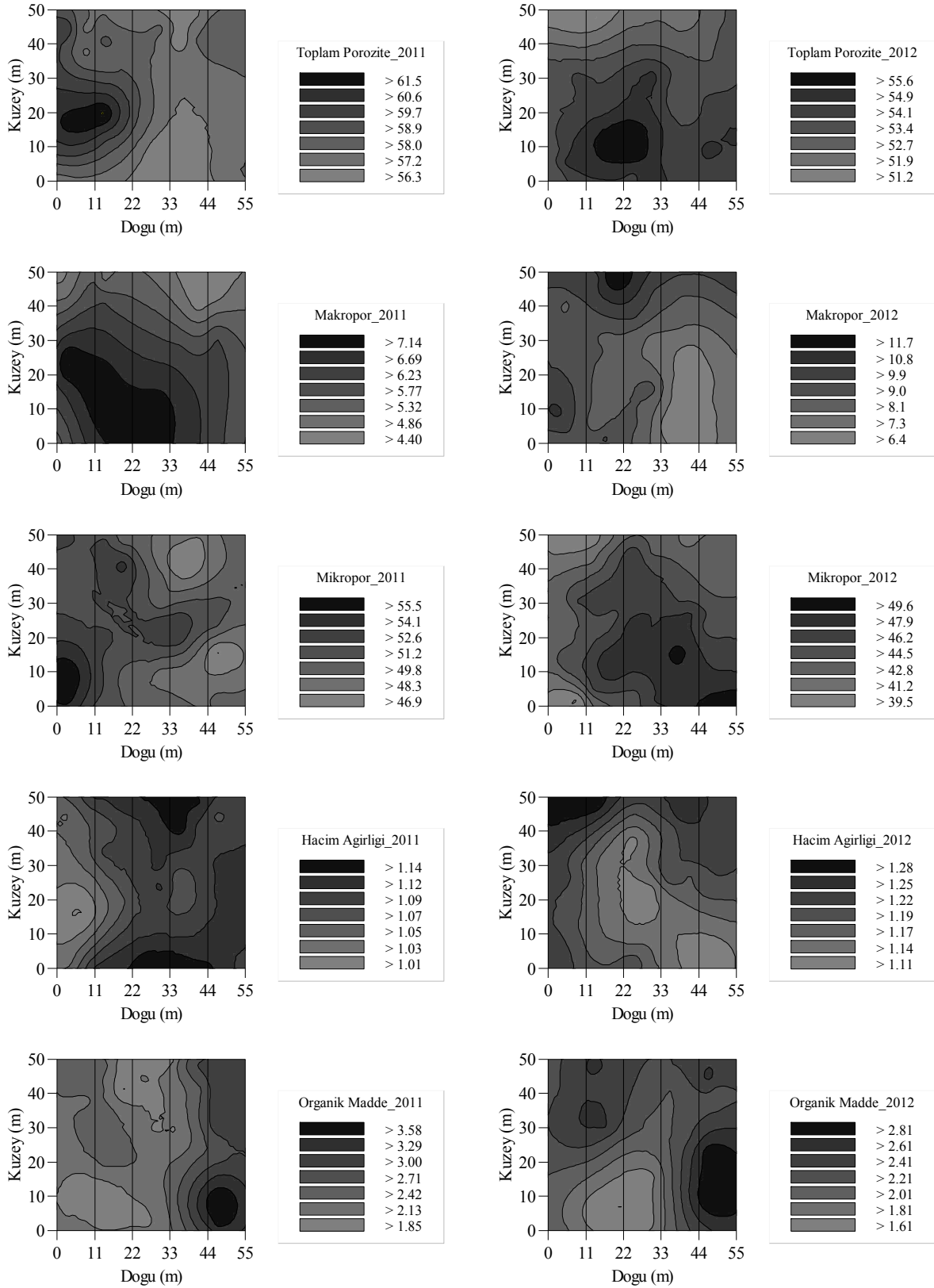
Makropor içeriğine ait dağılım haritası incelendiğinde, 2011 yılında toprak işleme uygulamalarının 2012 yılındaki toplam poroziteye ait dağılım desenine benzer bir dağılım sergilediği ve toprak işleme uygulamalarının makropor içeriğine istatistiksel yönden önemli etkisinin olmadığı buna karşın 2012 yılındaki dağılım deseninde ise toprak işleme uygulamaları yönünden farklı dağılım desenlerinin olduğu görülmektedir (Şekil 1). Krigleme haritasının dağılım desenine göre en yüksek makropor içeriği Pulluk+Diskaro+Freze uygulamasında elde edilirken, en düşük makropor dağılımları Doğrudan Ekim ve Kontrol uygulamalarında elde edilmiş ve toprak işleme uygulamaları arasında gerçekleşen farklı dağılım deseni istatistiksel olarak önemli bulunmuştur (Şekil 1, Çizelge 4).

2011 ve 2012 yıllarında toprak işleme uygulamalarına bağlı olarak toprakların mikropor içeriğine ait dağılım deseni incelendiğinde birinci ve ikinci yıl arasında tam tersi sonuçların ortaya çıktığı görülmektedir. İlk yıl toprak işleme uygulamalarına bağlı olarak en yüksek mikropor içeriği Pulluk+Diskaro+Freze uygulamasının yürütüldüğü parselde elde edilirken, ikinci yıl ise bu toprak işleme uygulamasının yürütüldüğü parsel en düşük değerlerin elde edildiği parsel olmuştur. Yine benzer şekilde ilk yıl en düşük mikropor değerlerinin elde edildiği Doğrudan Ekim ve Kontrol uygulamaları ikinci yıl en yüksek değerlerin elde edildiği uygulamalar olmuştur. Her iki yılda da Pulluk+Diskaro+Freze uygulaması ile Doğrudan

Ekim ve Kontrol uygulamalarının etkileri yıllara göre farklılık gösterirken, toprak işleme uygulamaları arasında gerçekleşen bu farklı etkiler istatistiksel olarak da önemli bulunmuştur (Şekil 1, Çizelge 4).

Hacim ağırlığının toprak işleme uygulamalarına bağlı olarak 2011 ve 2012 yıllarına ait krigleme dağılım haritaları incelendiğinde, ilk yıl Pulluk+Diskaro+Freze uygulamasının yürütüldüğü parselde en düşük değerlerini aldığı Pulluk+Freze, Doğrudan Ekim ve Kontrol uygulamalarının yürütüldüğü parsellerde ise en yüksek değerlerini aldığı ve ilk yıl toprak işleme uygulamaları arasındaki bu farklarında istatistiksel olarak önemli bulunduğu görülmüştür (Şekil 1, Çizelge 4). İkinci yılda ise, toprak işleme uygulamalarının hacim ağırlığı üzerine olan etkilerinde, dağılım deseni haritasına göre önemli farklılıklar gözlenmemiştir. En düşük hacim ağırlığı değerleri Pulluk+Freze uygulamasının yürütüldüğü parselde bulunurken, diğer toprak işleme parsellerindeki hacim ağırlığı değerlerinin birbirine yakın olduğu görülmüştür (Şekil 1).

Toprak işleme uygulamalarının toprakların organik madde içerikleri üzerine olan etkilerine ait krigleme haritaları değerlendirildiğinde ilk yıl en yüksek organik madde içeriğinin Kontrol parselinde elde edildiği görülmüştür. Toprak işleme uygulamalarının yürütüldüğü parsellerde ise, organik madde içeriği azalmış ve Kontrol parseli ile toprak işleme uygulamaları arasında organik madde içeriği yönünden ortaya çıkan bu farklılıklar, istatistiksel yönden önemli bulunmuştur (Şekil 1, Çizelge 4). İkinci yılda ise, yine en yüksek organik madde içeriği Kontrol uygulamasında elde edilmiş ve toprak işleme uygulamalarına göre organik madde içeriğinde azalmalar meydana gelerek en düşük organik madde içeriği Pulluk+Freze uygulamasının yürütüldüğü parsellerde elde edilmiştir. Ancak, ikinci yılda toprak işleme uygulamalarına bağlı ortaya çıkan değişimler istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur (Şekil 1, Çizelge 4).



0-11 m: Pulluk+2*Diskaro+2*Freze; 11-22 m: Ağır Çizel+2*Diskaro+2*Freze; 22-33 m: Pulluk+2*Freze; 33-44 m: Doğrudan Ekim; 44-55 m: Kontrol.

Şekil 1. Fiziksel toprak özelliklerine ait krigleme haritaları

Figure 1. Kriging maps for physical soil properties

SONUÇ

Farklı toprak işleme yöntemlerinin ağır killi tekstüre sahip bir toprakta havalanma ve su hareketi ile ilişkili fiziksel toprak özellikler üzerine etkilerinin araştırıldığı iki yıllık arazi çalışmasıyla elde edilen sonuçlar önemli farklılıklar ortaya koymuştur. İlk yıl toprak işleme uygulamalarının toplam porozite, mikropor içeriği, hacim ağırlığı ve organik madde içeriği üzerine önemli etkileri belirlenirken, makropor içeriğindeki değişimler önemsiz olmuştur. İkinci yıl ise, toprak işleme uygulamalarının yalnızca makropor ve mikropor içeriklerine etkileri istatistiksel olarak önemli bulunmuştur. İlk yıl Kontrol uygulamasına kıyasla toprak işleme uygulamalarına bağlı olarak hacim ağırlığı değerlerinin azaldığı ve toprakta gözenekliliğin artarak daha yüksek toplam porozite değerlerinin elde edildiği görülmüşken, ikinci yılda bu etki gözlemlenmemiştir. İkinci yılda toprak işleme uygulamalarının etkilerinin farklı olmasının önemli bir nedeninin, ilk yıla oranla ikinci yılda denemenin yürütüldüğü Mayıs ve Ekim ayları arasındaki yağış rejimindeki farklılıklardan kaynaklandığı düşünülmektedir. Benzer şekilde Lal (1989)'de, toprak fiziksel özelliklerindeki değişimin büyüklüğünün ve eğilimlerinin geçmiş koşullara, tarla trafiğine, toprak tekstürüne ve iklime bağlı olduğunu ifade etmektedir. Ayrıca her iki yılda da makropor değerleri üzerine toprak işleme uygulamalarının etkisi, bitki gelişimi ve iyi drenaj için genel olarak uygun kabul edilen % 10-15 değerlerinin altında olduğu görülmüşken, yalnızca 2012 yılındaki Pulluk+Diskaro+Freze uygulamasında makropor içeriğinde bitki gelişimi ve iyi drenaj için uygun koşulların sağlandığı görülmüştür.

Toprak işleme uygulamalarının etkilerine ait krigleme dağılım haritalarının ise parsel içerisindeki değişkenliklere yönelik önemli bilgileri yansıttığı ve oluşan dağılım desenleri ile Duncan çoklu karşılaştırma sonuçlarının birbirini destekler nitelikte olduğu görülmüştür. Bu yönüyle jeostatistiksel yöntemlerin toprak işleme gibi yönetimsel uygulamalara bağlı olarak toprak özelliklerinde meydana gelen değişkenliklerin haritalanmasında başarılı bir şekilde kullanılabilmesi ve bu yönüyle de toprak kalitesinin korunmasında ve sürdürülmesinde önemli katkılarının olabileceği düşünülmektedir.

KAYNAKLAR

Al-Kaisi M, Yin X, Licht M A (2005). Soil carbon and nitrogen changes as affected by tillage system and crop biomass in a corn-soybean rotation. *Applied Soil Ecology*, 30: 174–191.

Allison L E, Moodie C D (1965). Carbonate. In: C A Black, D D Evans, J L White, L E Ensminger and F E Clark (Eds.), *Methods of Soil Analysis, Part II*, American Society of Agronomy Inc., No: 9, Madison, Wisconsin, pp. 1379-1400.

Alves M C (1992). Cultivation rotation systems with direct drilling on a red latosol: effect on soil physical and chemical properties. PhD Thesis, Escola Superior Agricultura "Luiz de Queiroz", University of Sao Paulo, Piracicaba, Brazil.

Ankeny M D, Kaspar C K, Horton R (1990). Characterization of tillage effects on unconfined infiltration measurements. *Soil Science Society America Journal*, 54: 837–840.

Arshad M A, Franzluebbers A J, Azooz R H (1999). Components of surface soil structure under conventional and no-tillage in northwestern Canada. *Soil Tillage Research*, 53: 41–47.

Azeno J L (1990). Physical evaluation of different soil management systems on a red dystrophic latosol. PhD Thesis, Escola Superior Agricultura "Luiz de Queiroz", University of Sao Paulo, Piracicaba, Brazil.

Blake G R, Hartge K H (1986). Bulk Density and Particle Density. In: A Klute (Eds.), *Methods of Soil Analysis, Part 1, Physical and Mineralogical Methods (2nd ed.)*, ASA and SSSA Agronomy Monograph, No: 9, Madison, Wisconsin, pp. 363-381.

Campos M C C, Marques Júnior J, Pereira G T, Montanari R, Siqueira D S (2007). Variabilidade espacial da textura de solos de diferentes materiais de origem em Pereira Barreto, SP. *Revista Ciência Agronômica*, 38: 149-157.

Campos M C C, Soares M D R, Oliveira A, Santos L A C, Aquino R E (2013). Spatial variability of physical attributes in Alfissol under agroforestry, Humaitá region, Amozonas state, Brazil. *Revista Ciência Agronômica*, 56 (2): 149-159.

Castro O M (1995). Physical and chemical characteristics on a red latosol as a function of seedbed preparation for maize *Zea mays L*. PhD Thesis, Escola Superior Agricultura "Luiz de Queiroz", University of Sao Paulo, Piracicaba, Brazil.

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

Danielsen R E, Sutherland P L (1986). Soil porosity. In: A Klute (Ed.), *Methods of Soil Analysis, Part 1, Physical and Mineralogical Methods (2nd ed.)*, ASA and SSSA Agronomy Monograph, No. 9, Madison, Wisconsin, pp. 443-461.

Fabrizzi K P, Garcia F O, Costa J L, Picone L I (2005). Soil water dynamics, physical properties and corn and wheat responses to minimum and no-tillage systems in the southern Pampas of Argentina. *Soil Tillage Research*, 81: 57–69.

Farkas C, Csaba Gyuricz C, Birkas M (2006). Seasonal changes of hydraulic properties of a Chromic Luvisol under different soil management. *Biologia, Bratislava*, 61/Suppl., 19: 344-348.

Fernandez-Rueda Ma J, Paz-Gonzalez A (1998). Influence of organic matter content on soil physical properties. *Cad. Lab. Xeol. Laxe*, 23: 101–120.

- Ferreras L A, Costa J L, Garcia F O, Pecorari C (2000). Effect of no-tillage on some soil physical properties of a structural degraded Petrocalcic Paleudoll of the southern Pampa of Argentina. *Soil Tillage Research*, 54: 31–39.
- Filipovic D, Husnjak S, Kosutic S, Gospodaric Z (2006). Effects of tillage systems on compaction and crop yield of Albic Luvisol in Croatia. *Journal of Terramech*, 43: 177–189.
- Franzluebbers A J, Hons F M, Zuberer D A (1995). Tillage and crop effects on seasonal soil carbon and nitrogen dynamics. *Soil Science Society America Journal*, 59: 1618–1624.
- Freebarin D M, Wockner G H, Silburn D M (1986). Effects of catchment management on runoff, water quality and yield potential from Vertisols. *Agricultural Water Management*, 12: 1–19.
- Gantzer C J, Blake G R (1978). Physical characteristics of Le Sueur clay loam soil following no-till and conventional tillage. *Agronomy Journal*, 70: 853–857.
- Ge G W, Bauder J W (1986). Particle-Size Analysis. In: A Klute (Ed.), *Methods of Soil Analysis, Part I, Physical and Mineralogical Methods* (2nd ed.), ASA and SSSA Agronomy Monograph, No. 9, Madison, Wisconsin, pp. 388–409.
- Gomez J A, Giraldez J V, Pastor M, Ferreres E (1999). Effects of tillage methods on soil physical properties, infiltration and yield in an olive orchard. *Soil Tillage Research*, 52: 167–175.
- Hao X, Chang C, Lindwall C W, Bergen P, Conner R L (1999). Crop sequence and reduced tillage to maximize crop production and promote soil conservation under irrigation. Canada-Alberta Environmentally Sustainable Agriculture Agreement Research Program. Final Technical Report Project Number RES-077-94. AAFC Lethbridge Research Centre, Lethbridge, Alta.
- 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 Science Society America Journal*, 54: 448–452.
- Hendershot W H, Lalonde H, Duquette M (1993). Soil Reaction and Exchangeable Acidity. In: M R Carter (Ed.), *Soil Sampling and Methods of Analysis*, Canadian Society of Soil Science, pp. 141–145.
- Jackson M L (1958). *Soil chemical analysis*. Prentice Hall Inc., Englewood Cliffs, N.J.
- Kay B D, Vanden Bygaart A J (2002). Conservation tillage and depth stratification of porosity and soil organic matter. *Soil Tillage Research*, 66: 107–118.
- Kirişçi V, Keskin M, Say S M, Keskin S G (1999). Hassas uygulamalı tarım teknolojisi.
- Klute A (1986). Water retention: Laboratory methods. In: A Klute (Eds.) *Methods of soil analysis, Part 1, Physical and Mineralogical Methods* (2nd ed.), ASA and SSSA Agronomy Monograph, No. 9, Madison, Wisconsin, pp. 635–662.
- Korucu T (2002). Çukurova Bölgesinde İkinci Ürün Mısırın Doğrudan Ekim Olanaklarının Araştırılması. Doktora Tezi. Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana.
- Lal R, Stewart B A (1990). Soil degradation: a global threat. In: R Lal and B A Stewart (Eds.), *Advances in Soil Science*, vol. 11, Springer-Verlag, New York, pp. 12–17.
- Lal R (1989). Conservation tillage for sustainable agriculture: tropics versus temperate environments. *Advances in Agronomy*, 42: 85–197.
- Lal R, Mahboubi A, Fausey N R (1994). Long-term tillage and rotation effects on properties of central Ohio soils. *Soil Science Society America Journal*, 58: 517–522.
- Lipiec J, Kus J, Slowinska-Jurkiewicz A, Nosalewicz A (2006). Soil porosity and water infiltration as influenced by tillage methods. *Soil Tillage Research*, 89: 210–220.
- Logsdon S D, Karlen D L (2004). Bulk density as a soil quality indicator during conversion to no-tillage. *Soil Tillage Research*, 78: 143–149.
- Mahboubi A, Lal R, Fausey N R (1993). Twenty-eight years of tillage effects on two soils on Ohio. *Soil Science Society America Journal*, 57: 506–512.
- Mc Vay K A, Budde J A, Fabrizzi K, Mikha M M, Rice C W, Schlegel A J, Peterson D E, Sweeney D W, Thompson C (2006). Management effects on soil physical properties in long-term tillage studies in Kansas. *Soil Science Society America Journal*, 70: 434–438.
- McGarry D, Bridge B J, Radford B J (2000). Contrasting soil physical properties after zero and traditional tillage of an alluvial soil in the semi-arid subtropics. *Soil Tillage Research*, 53: 105–115.
- Mulla D J, McBratney A B (2000). Soil Spatial Variability. In: M E Summer (Ed. in chief), *Handbook of Soil Science*, CRS Press, A-321-A-351.
- Oliver R, Douzet J M, Scopel E, Blanchart E, Curmi P, Alves Moreira J A, Minette S, Guerin P, Fortier M, Maraux F (2002). Medium term impact of no tillage on some physical properties of a Brazilian oxisol of Cerrados (tropical humid savannah of central Brazil). In: F Maraux (Ed.), *Confronting New Realities in the 21st Century. Proceedings of the 17th World Congress of Soil Science*.
- Paz-Gonzalez A, Guerif J (1993). Texture dependent physical and mechanical properties of soil containing small amounts of swelling material. *Invest Agrar.*, 8(3): 387–410.
- Rasmussen K J (1999). Impact of ploughless soil tillage on yield and soil quality: a Scandinavian review. *Soil Tillage Research*, 53: 3–14.
- Rhoades J D (1986). Soluble Salts. In: A Klute (Ed.), *Methods of Soil Analysis, Part II, Chemical and Microbiological Properties* (2nd ed.), ASA and SSSA Agronomy Monograph, No. 9, Madison, Wisconsin, pp. 167–179.
- Salinas-Garcia J R, Hons F M, Matocha J E (1997). Long-term effects of tillage and fertilization on soil organic matter dynamics. *Soil Science Society America Journal*, 61: 152–159.
- Sarvasi F O C (1994). Water dynamics, water erosion and crop productivity as a function of soil preparation. MS Thesis, Escola Superior Agricultura “Luiz de Queiroz”, University of Sao Paulo, Piracicaba, Brazil.
- Schjønning P, Rasmussen K (2000). Soil strength and soil pore characteristics for direct drilled and ploughed soils. *Soil Tillage Research*, 57: 69–82.
- Singh K K, Colvin T S, Erach D C, Mughal, A O (1992). Tilth index: an approach quantifying soil tilth. *Transactions of American Society of Agricultural Engineers*, 35(6): 1777–1784.

Sparling G P, Schipper L A (2002). Soil quality at a national scale in New Zealand. *Journal of Environmental Quality*, 31: 1848–1857.

Strudley M W, Green T R, Ascough II J C (2008). Tillage effects on soil hydraulic properties in space and time: state of the science. *Soil Tillage Research*, 99: 4–48.

Tebrügge F, Düring R A (1999). Reducing tillage intensity: a review of results from a long-term study in Germany. *Soil Tillage Research*, 53: 15–28.

Vidal C M (1997). Evaluación de algunas propiedades físicas en sistemas de siembra directa y labranza reducida. Tesis de Grado. Facultad de Ciencias Agrarias de Balcarce. UNMdP.

Webster R (2001). Statistics to support soil research and their presentation. *European Journal Soil Science*, 52: 331-340.

Wilding L P, Bouma J, Goss D W (1994). Impact of Spatial Variability on Interpretative Modelling In: R B Bryant, R W Arnold (Eds.), *Quantitative Modelling of Soil Forming Processes*. Soil Science Society of American Special Publication Number 39, Soil Science Society of American Inc., Madison, Wisconsin.

Witkowska-Walczak B, Turski M (2004). Porosity and water useful for plants in Luvisols created from sandy silt and silt. *International Agrophysics*, 18: 189-194.