

Farklı Toprak İşleme Sistemlerinin Toprağın Bazı Fiziksel Özelliklerine Etkilerinin Belirlenmesi ve Haritalanması

Mustafa ÇETİN¹, Engin ÖZGÖZ¹, Fevzi AKBAŞ², Recai GÜRHAN³

¹GOPÜ. Ziraat Fakültesi Tarım Makinaları Bölümü, Tokat

²GOPÜ. Ziraat Fakültesi Toprak Bölümü, Tokat

³A.Ü. Ziraat Fakültesi Tarım Makinaları Bölümü, Ankara
mccetin@gop.edu.tr

Özet: Bu çalışmada, II. ürün tarımı için yapılan tohum yatağı hazırlığının toprağın bazı fiziksel özelliklerine etkileri belirlenerek bu özelliklerin değişimleri haritalanmıştır. Denemeler, Kazova içerisinde yer alan Gaziosmanpaşa Üniversitesi Araştırma ve Uygulama Çiftliğinde gerçekleştirilmiştir. Bu amaçla; S1 (Kulaklı pulluk + Diskli tırmık), S2 (Çizel + Diskli tırmık), S3 (Rototiller) olmak üzere üç farklı sistem uygulanmıştır. Denemede, toprağın fiziksel özelliklerinin belirlenmesi amacıyla farklı derinliklerden ve 90 noktadan alınan örnekler ile toprak işleme yöntemlerine ait toprağın gravimetrik nem içeriği, hacim ağırlığı, penetrasyon direnci ve kesilme direnci değerleri haritalanarak karşılaştırılmıştır. Deneme sonucunda; 0-10 cm derinlikte ölçülen toprağın tüm fiziksel özelliklerine ait minimum değerler S3 sistemiyle yapılan toprak işleme sonucunda elde edilmiştir. 10-20 cm derinlikte ise S3 sisteminin uygulandığı parselde toprak işleme öncesine göre bir değişiklik olmadığı ve çizelin kullanıldığı S2 sisteminde nemin daha iyi korunduğu belirlenmiştir.

Anahtar kelimeler: Toprak işleme sistemi, toprağın fiziksel özellikleri, haritalama

Mapping and Determination of the Effects of Different Soil Tillage Systems on Some Physical Properties of the Soil

Abstract: In this study, different soil tillage systems and effects of some physical properties of seed bed preparation of soil for second crop farming determined and mapped. Experiments were carried out on research and application farm in GOP university in Kazova area. With this purpose, three different soil tillage systems were applied as S1 (Mouldboard plow + disc harrow), S2 (Chisel + disc harrow), S3 (Rototiller). In this study, to determine physical properties of soil, samples are collected from 90 points and different depths. Values of gravimetric moisture content, penetration resistance and shear strength were obtained. Measurement results were mapped and compared. Based on the experimental results, minimum value of all physical properties of soil were obtained in the S3 system in 0-10 cm depth after soil tillage and S3 system's value were not any different in 10-20 cm depth than before soil tillage. Gravimetric moisture content was highly conserved in S2 system than the other systems.

Key words: Soil tillage systems, physical properties of soil, mapping

GİRİŞ

Üretimde kullanılan tarım teknolojilerinin etkinliğini artırmak, ekonomikliğini sağlamak ve çalışma koşullarını iyileştirmek açısından gerekli olan tarımsal mekanizasyon uygulamalarında; uygun alet makine kombinasyonlarıyla yapılacak tohum yatağı hazırlama işlemlerinin önemli bir yeri olmaktadır (Yalçın ve Sungur 1991; Öztürk ve Bastaban 1993). Toprağı uygun duruma getirmek ve bu durumunu sürdürmek

işlemekle olanaklıdır. Bu nedenle üretimi artıracak agro-teknik önlemlerin başında toprak işleme gelmektedir (Mutaf 1984). Toprak işleme yöntemleri, devirme, kabartma, parçalanma, karıştırma ve düzeltme vb. işlemlerden oluşmaktadır (Demir ve ark. 2000). Toprağa verilen ilave maddelerin ve bitki artıklarının işlenen toprak derinliğinde homojen bir şekilde karışımının sağlanmaması durumunda toprağın

su geçirgenliği önemli ölçüde azalmakta ve bitkilerin değişik oranlarda besin maddelerini absorbe etmelerine neden olmaktadır. Bu nedenle toprağın homojen karıştırılması önem taşımaktadır (Öztürk ve Bal 1992).

Tohum yatağı hazırlarken, tohumun çimlenmesini sağlayacak gevşek bir ortam hazırlamak, bitki köklerinin gelişmesine uygun su ve hava düzenine sahip bir toprak durumu sağlamak amacıyla toprak işlenmektedir. Diğer bir deyişle bitkinin gelişmesine uygun bir strüktür temin edilmektedir (Adam ve Erbach 1992). Tohum yatağının hazırlığında kullanılan tarım alet ve makinalarının bir arada kullanılması toprak işleme yöntemlerinin oluşturulmasını sağlamıştır. Tohum yatağı hazırlamada kullanılan yöntemler iklim, toprak koşulları ve bitki çeşidine göre farklı olabilmektedir. Bir yöntem bazı koşullarda olumlu sonuçlar verebilmektedir (Mutaf 1984; Khalilian ve ark. 1988).

Günümüzde birçok gelişmiş ülkede başarıyla uygulanan hassas tarım uygulamaları toprak özelliklerindeki değişkenliği esas almaktadır (Blackmore 1994). Hassas tarım uygulamalarında toprak özelliklerine ait mevcut durum ve uygulama haritaları hazırlanmaktadır. Bu haritaların hazırlanmasında jeostatistiksel teknikler (semivariogram modelleme ve krigleme tahminleri) yaygın olarak kullanılmaktadır (Wollenhaupt ve ark. 1997).

Bu çalışmada, II. ürün tarımı için yapılan tohum yatağı hazırlığının toprağın bazı fiziksel özelliklerine etkileri belirlenmiş ve bu özelliklere ait farklılıklar haritalanmıştır.

MATERYAL ve YÖNTEM

Deneme Kazova içerisinde yer alan Gaziosmanpaşa Üniversitesi Araştırma ve Uygulama Çiftliğinde Ekim 2003'de killi-tınlı toprak bünyesine sahip tarlada yürütülmüştür. Yörenin rakımı 600 m, Ekim ayı aylık ortalama yağış miktarı 36.5 mm ve yıllık ortalama yağış miktarı 443.8 mm'dir. Deneme alanında uzun yıllar buğday ve II. ürün mısır rotasyonu uygulanmıştır. Deneme her birinde üç farklı toprak işleme sisteminin uygulandığı üç blok şeklinde düzenlenmiştir. Deneme bloklarının her biri 15 m genişliğinde ve 100 m uzunluğundadır. Araştırmada güç kaynağı olarak 65 BG'de ve 2528 kg ağırlığında standart tarım traktörü kullanılarak üç farklı toprak işleme sistemi uygulanmıştır. Uygulanan toprak işleme sistemleri; S1 : Kulaklı pulluk + Diskli tırmık, S2 : Çizel + Diskli tırmık ve S3 : Rototillerdir.

Toprak işleme sistemlerinin toprağın nem içeriği, hacim ağırlığı, penetrasyon direnci ve kesilme direncine etkilerini belirlemek amacıyla toprak işleme öncesi ve toprak işleme sonrası 90 noktadan iki farklı derinlikte ölçümler yapılmıştır (Şekil 1). Deneme alanından toprak işleme öncesi elde edilen ortalama değerler Çizelge 1'de verilmiştir.

Toprağın hacim ağırlığı silindir metoduna göre belirlenmiştir (Blake ve Hartge 1986). Hacim ağırlığı ve gravimetrik nem içeriği 0-10 cm ve 10-20 cm derinliklerden 100 cm³'lük silindirelerle alınan bozulmamış toprak örneklerini 24 h ve 105 °C sıcaklıkta etüvde bekletilerek belirlenmiştir.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
S1	11			12	13	14	15	16	17	18	19	20
	21	22	23	24	25	26		27	28	29	30	
	31	32	33	34	35	36		37	38	39	40	
S2	41			42	43	44	45	46	47	48	49	50
	51	52	53	54	55	56		57	58	59	60	
	61	62	63	64	65	66		67	68	69	70	
S3	71			72	73	74	75	76	77	78	79	80
	81	82	83	84	85	86		87	88	89	90	

Şekil 1. Denemenin yapıldığı alanda örnek alınan noktalar

Çizelge 1. Deneme alanı topraklarının toprak işleme öncesindeki bazı fiziksel özelliklerinin ortalama değerleri

Fiziksel özellikler	Derinlik	
	0-10 cm	10-20 cm
Nem içeriği	10.84	12.83
Hacim ağırlığı (g/cm ³)	1.172	1.454
Penetrasyon direnci (MPa)	1.766	3.862
Kesilme direnci (kPa)	49.04	99.93

Toprağın düşey yönde alet ve makinalara gösterdiği toprak penetrasyon direnci elle itmeli maksimum 5000 kPa ve 80 cm derinlikte ölçüm yapabilen penetrometre kullanılarak ölçülmüştür (Anonim 1990). Ölçümlerde açısı 30° ve taban alanı 1 cm² olan konik uç kullanılmıştır. Penetrasyon direnci değerleri tüm parsellerde 20 cm toprak derinliğine kadar alınmıştır.

Toprağın yatay yönde alet ve makinalara gösterdiği direnç Geonor marka kanatlı kesme direnci ölçme aleti ile belirlenmiştir. 50 cm boyunda uzatma milleri ile 300 cm'ye kadar ölçüm yapabilen bu alet üzerinde farklı büyüklüklerde 3 kanat kullanılmaktadır. Denemede döndürme çapı ve yüksekliği sırasıyla 16 mm - 32 mm olan 0 - 260 kPa aralıkta ölçüm yapabilen uç kullanılmıştır (Anonim 1995).

Çalışılan özelliklere ait haritalar ARCGIS 8.1 (Esri 2001) paket programının jeostatistik modülü yardımıyla üretilmiştir. Enterpolasyon haritalarının üretilmesinde krigleme (ordinary) yöntemi kullanılmıştır. Kriglemede küresel semivariogram modelleri seçilmiş ve değerlerin tahmininde 20 komşu noktadan faydalanılmıştır.

Çalışmada toprak işleme sistemlerinin toprağın bazı fiziksel özelliklerine etkilerini değerlendirmek için ortalama değerler kullanılarak varyans analizi ve

ortalama değerleri karşılaştırmak amacıyla da LSD testi yapılmıştır. İstatistiksel analizlerde SPSS paket programı kullanılmıştır.

SONUÇLAR ve TARTIŞMA

Toprak nem içeriği, hacim ağırlığı, penetrasyon direnci ve kesilme direncine toprak işleme sistemleri ve derinliğin etkilerini incelemek için ortalama değerler kullanılarak yapılan varyans analizi sonuçları Çizelge 2'de görülmektedir. Varyasyon kaynağı olarak alınan faktörler ölçülen parametreler üzerine etkisi istatistiksel olarak p<0.01 seviyesinde önemlidir. Toprak işleme sistemlerinin işleme sonrası ölçülen nem içeriği, hacim ağırlığı, penetrasyon direnci ve kesilme direnci üzerine etkisini belirlemek amacıyla her bir ölçüm derinliği için yapılan varyans analizi ve LSD testi sonuçları Çizelge 3'de verilmiştir.

Çizelge 2. Toprağın fiziksel özelliklerine toprak işleme sistemleri ve derinliğin etkisi ile ilgili varyans analizi sonuçları

V.K.	Nem İçeriği	Hacim Ağırlığı	Penetrasyon Direnci	Kesilme Direnci
Toprak durumu (Z)	**	**	**	**
Toprak işl. sist.(S)	**	**	**	*
Derinlik (D)	**	**	**	**
Z x S	**	*	**	**
Z x D	**	ns	**	**
S x D	**	**	**	**
Z x S x D	**	**	**	*

** : 0.01 seviyesinde önemli

* : 0.05 seviyesinde önemli

ns : İstatistiksel olarak önemsiz

Z : Toprak işleme öncesi ve toprak işleme sonrası ifade etmektedir.

Çizelge 3. Toprak işleme sistemleriyle etkilenen toprak fiziksel özelliklerinin ortalamalarının karşılaştırılması

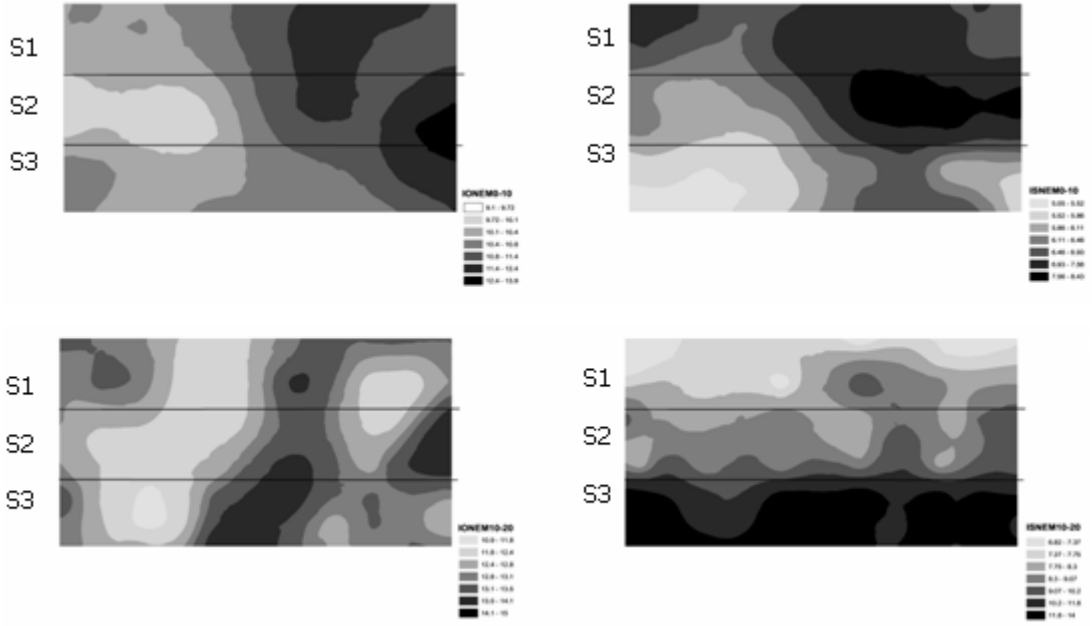
Toprak işleme sistemi	Nem İçeriği (%)		Hacim Ağırlığı (g/cm ³)		Penetrasyon direnci (MPa)		Kesilme direnci (kPa)	
	0-10 cm	10-20 m	0-10 cm	10-20 cm	0-10 cm	10-20 cm	0-10 cm	10-20 cm
S1	6.93 a	7.65 a	1.142 a	1.389 a	0.723 a	2.278 a	7.27 a	23.6 a
S2	6.95 a	8.61 b	1.143 a	1.405 b	0.468 b	2.823 b	12.07 a	36.93 ab
S3	5.83 b	12.34 c	1.112 b	1.462 c	0.477 b	3.405 c	4.00 ab	47.87 b

Sütunlarda aynı harfle isimlendirilen ortalamalar arasında istatistiksel olarak p<0.05 seviyesinde önemli bir fark yoktur.

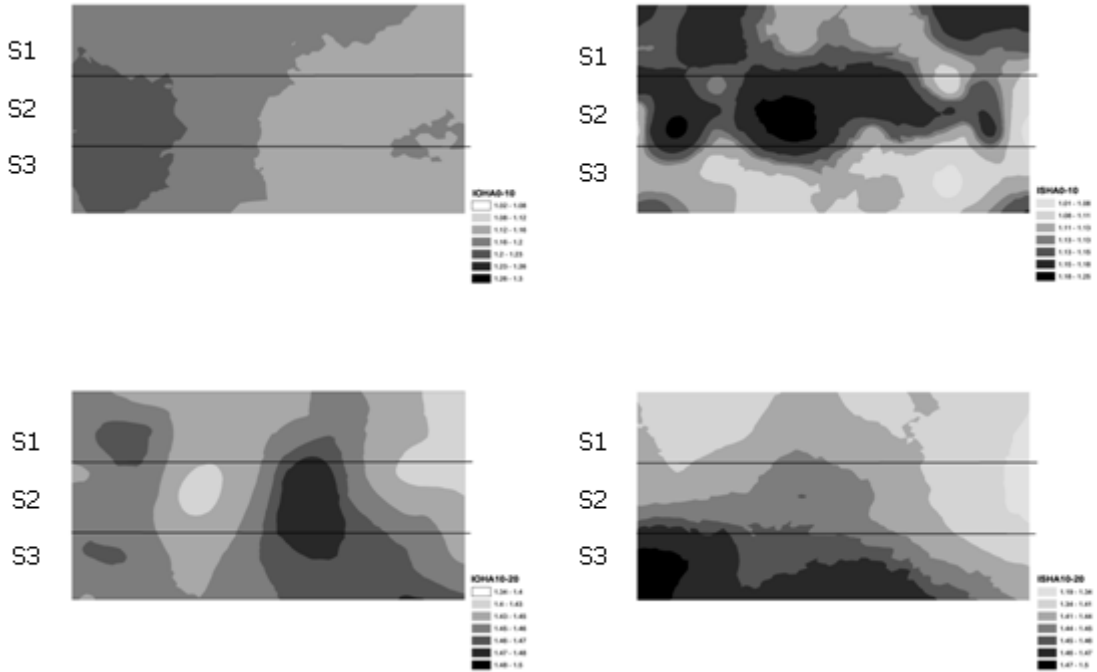
S1 : Kulaklı pulluk + diski trmık S2 : Çizel + diski trmık S3 : Rototiller

Toprak işleme öncesi ve sonrası ölçülen fiziksel özelliklerin ortalama değerlerine göre yapılan varyans analizi sonucunda uygulanan toprak işleme sistemlerinin istatistiksel olarak önemli bir etkiye sahip olduğu belirlenmiştir. Bu değerlendirmeden sonra, her

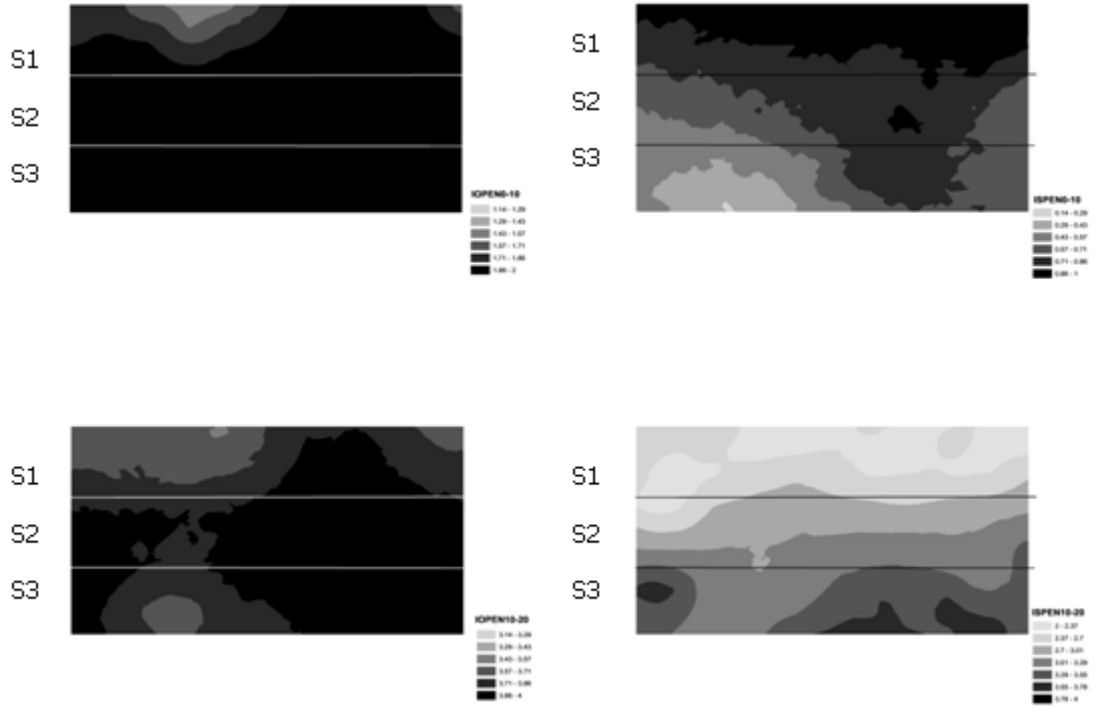
toprak işleme uygulaması için işleme öncesi ve işleme sonrası 0-10 ve 10-20 cm derinliklerde 30 noktadan ölçülen fiziksel özelliklerin değişimleri haritalanarak da karşılaştırılmıştır (Şekil 2,3,4,5)



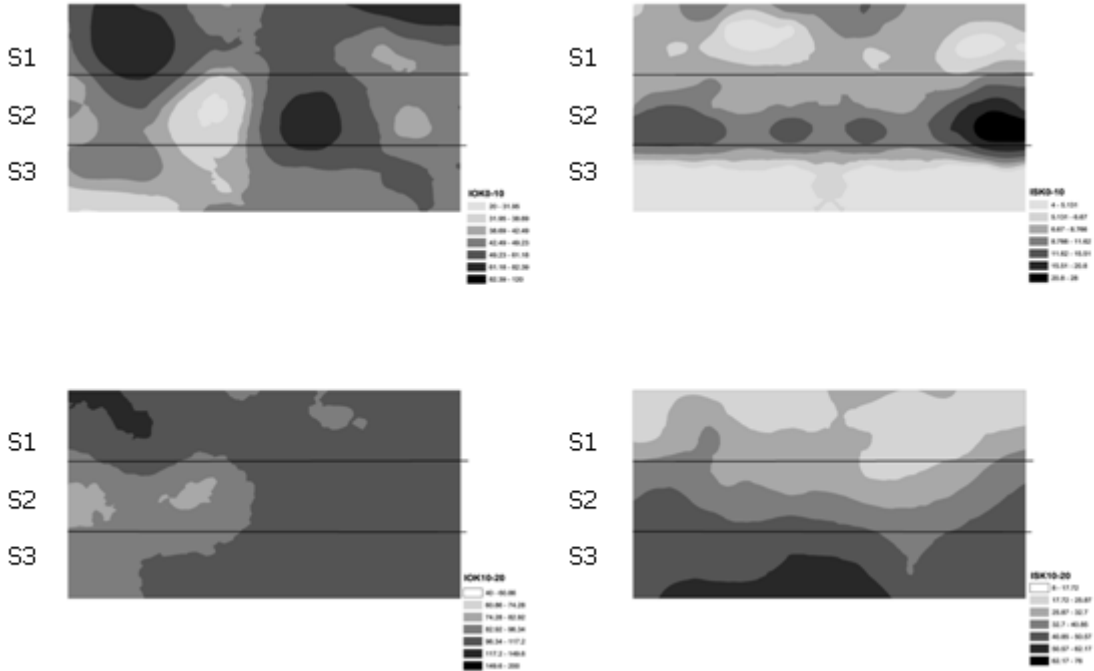
Şekil 2. Toprağın gravimetrik nem içeriğinin işleme öncesi ve sonrasında farklı derinliklerdeki değişimine ait haritalar (%)



Şekil 3. Toprağın hacim ağırlığının işleme öncesi ve sonrasında farklı derinliklerdeki değişimine ait haritalar (g/cm³)



Şekil 4. Toprağın penetrasyon direncinin işleme öncesi ve sonrasında farklı derinliklerdeki değişimine ait haritalar (MPa)



Şekil 5. Toprağın kesilme direncinin işleme öncesi ve sonrasında farklı derinliklerdeki değişimine ait haritalar (kPa)

Toprağın gravimetrik nem içeriği, işleme öncesi değerleri tüm parselde 0-10 cm ve 10-20 cm derinlikte sırasıyla, %9,1-%13,9 ve %10,9-%15 arasında değişmektedir. Bu değişim toprak işleme sonrasında tüm parselde 0-10 cm derinlikte % 5,05-% 8,43 arasında, 10-20 cm derinlikte ise %6,82-%14 arasında olmaktadır. Gravimetrik nem içeriğinin 0-10 cm derinlikte, minimum olduğu parsel S3 sistemiyle yapılan toprak işleme sonucunda elde edilmiştir. S3 sistemiyle işlenen parselde gravimetrik nem içeriği değerleri %5,05-%7,71 arasında değişmektedir. Şekil 2 incelendiğinde toprak işleme sonrası maksimum gravimetrik nem içeriği değerlerinin çizelin kullanıldığı S2 sisteminde olduğu görülmektedir. Gravimetrik nem içeriği değerlerinin toprak işleme sonrası 10-20 cm derinlikte S3 sisteminde işleme derinliğinin düşük olması nedeniyle daha yüksek değerlerde olduğu ancak kulaklı pulluğun kullanıldığı S1 ve çizelin kullanıldığı S2 sistemi karşılaştırıldığında, S2 sisteminde toprak alt üst edilmeden işlendiği için toprak neminin S1 sistemine göre daha iyi korunduğu görülmektedir (Şekil 2). Yavuzcan 2000, Doğan ve Çarman 1997 ve Raper ve ark. 1993 de yaptıkları çalışmalarda çizelin kullanıldığı yöntemlere göre rototillerin yüzey derinlikte daha yüksek oranda nem kaybı meydana getirdiğini belirtmektedirler.

Toprağın hacim ağırlığı değerleri, işleme öncesinde tüm parselde 0-10 cm ve 10-20 cm derinlikte sırasıyla, 1,02-1,30 g/cm³ ve 1,34-1,50 g/cm³ arasında değişmektedir. Bu değişim toprak işleme sonrasında tüm parselde 0-10 cm derinlikte 1,01-1,25 g/cm³ arasında, 10-20 cm derinlikte ise 1,19-1,50 g/cm³ arasında olmaktadır. Hacim ağırlığı değerlerinin 0-10 cm derinlikte, minimum olduğu parsel gravimetrik nem içeriğinde de olduğu gibi S3 sistemiyle yapılan toprak işleme sonucunda elde edilmiştir. S3 sistemiyle işlenen parselde hacim ağırlığı değerleri 1,02-1,17 g/cm³ arasında değişmektedir. Şekil 3 incelendiğinde toprak işleme sonrası maksimum hacim ağırlığı değerlerinin çizelin kullanıldığı S2 sisteminde olduğu görülmektedir. Hacim ağırlığı değerlerinin toprak işleme sonrası 10-20 cm derinlikte S3 sisteminde işleme derinliğinin düşük olması nedeniyle daha yüksek değerlerde olduğu ancak kulaklı pulluğun kullanıldığı S1 ve çizelin kullanıldığı S2 sistemi karşılaştırıldığında, S2 sisteminde S1 sistemine göre hacim ağırlığı

değerlerinin daha yüksek olduğu görülmektedir (Şekil 3). Hacim ağırlığı 1.5-1.6 g/cm³'ü aştığı zaman bitki kök büyümesi engellenmektedir (Raper ve ark. 1993). İkincil toprak işleme aleti olarak diskli tırmağın kullanıldığı S1 ve S2 sistemlerinde 0-10 cm derinlikte hacim ağırlığının yüksek çıkmasında diskli tırmağın sıkıştırma etkisi ve rototillerin kullanıldığı S3 sisteminde düşük çıkmasında ise yüzey artıklarının rototiller tarafından tarla yüzeyine yakın katmanlara karıştırılması etkili olmuştur (Yavuzcan 2000; Doğan ve Çarman 1997; Zeren ve ark. 1992).

Toprak işleme öncesi penetrasyon direnci değerleri, tüm parselde 0-10 cm ve 10-20 cm derinlikte sırasıyla, 1,14-2,00 MPa ve 3,14-4,00 MPa arasında değişmektedir. Toprak işleme sonrası penetrasyon direnci değerleri, tüm parselde 0-10 cm derinlikte 0,14-1,00 MPa arasında, 10-20 cm derinlikte ise 2,00-4,00 MPa arasında olmaktadır. Penetrasyon direnci değerlerinin 0-10 cm derinlikte, minimum olduğu parsel hacim ağırlığı değerlerine benzer şekilde S3 sistemiyle yapılan toprak işleme sonucunda elde edilmiştir. S3 sistemiyle işlenen parselde penetrasyon direnci değerleri 0,25-0,80 MPa arasında değişmektedir. Şekil 4 incelendiğinde toprak işleme sonrası maksimum penetrasyon direnci değerlerinin yoğun bir şekilde kulaklı pulluğun kullanıldığı S1 sisteminde olduğu görülmektedir. Penetrasyon direnci değerlerinin toprak işleme sonrası 10-20 cm derinlikte S3 sisteminde işleme derinliğinin düşük olması nedeniyle daha yüksek değerlerde olduğu ancak kulaklı pulluğun kullanıldığı S1 ve çizelin kullanıldığı S2 sistemi karşılaştırıldığında, S2 sisteminde S1 sistemine göre penetrasyon direnci değerlerinin daha yüksek olduğu görülmektedir (Şekil 4). S3 sisteminde işleme derinliğinin düşük olması nedeniyle penetrasyon direncinin 10-20 cm derinlikte işleme öncesine yakın olmasına ve S1 yönteminde yüzey artıklarının derine gömülmesi penetrasyon direncinin diğer sistemlere göre daha yüksek oranda azalmasına etkili olmuştur (Doğan ve Çarman 1997). Penetrasyon direnci değerleri (S3 sisteminde 10-20 cm derinlikte ölçülen penetrasyon direnci değerleri hariç) bitki büyümesini engelleyici sınır olarak belirlenen 3 MPa değerini aşmadığı görülmüştür.

Toprak işleme öncesi kesilme direnci değerleri, tüm parselde 0-10 cm ve 10-20 cm derinlikte sırasıyla, 20-120 kPa ve 40-200 kPa arasında değişmektedir. Toprak

işleme sonrası kesilme direnci değerleri, tüm parselde 0-10 cm derinlikte 4-28 kPa arasında, 10-20 cm derinlikte ise 8-76 kPa arasında olmaktadır. Kesilme direnci değerlerinin 0-10 cm derinlikte, minimum olduğu parsel hacim ağırlığı ve penetrasyon direnci değerlerine benzer şekilde S3 sistemiyle yapılan toprak işleme sonucunda elde edilmiştir. S3 sistemiyle işlenen parselde kesilme direnci değerleri 4 kPa olarak belirlenmiştir. Şekil 5 incelendiğinde toprak işleme sonrası maksimum kesilme direnci değerlerinin çizelin kullanıldığı S2 sisteminde olduğu görülmektedir. Kesilme direnci değerlerinin toprak işleme sonrası 10-20 cm derinlikte S3 sisteminde işleme derinliğinin düşük olması nedeniyle daha yüksek değerlerde olduğu ancak kulaklı pulluğun kullanıldığı S1 ve çizelin kullanıldığı S2 sistemi karşılaştırıldığında, S2 sisteminde S1 sistemine göre kesilme direnci değerlerinin daha yüksek olduğu görülmektedir (Şekil 5).

LİTERATÜR LİSTESİ

- Adam, K. M. and D. C. Erbach, 1992. Secondary Tillage Tool Effect on Soil Aggregation. Transaction of the ASAE, 35(6)1771-1776.
- Anonim, 1990. Equipment for Soil Research. Eijkelkamp Co., The Netherlands, 240 pp.
- Anonim, 1995. Instructions for Use Inspection Vane Tester, H-60. Geonor AS, Norway.
- Blake, G. R. and K. H. Hartge, 1986. Bulk Density. In: Klute, A. (Ed.), Methods of Soil Analysis. Part I. Physical and Mineralogical Methods, 2nd ed. Agronomy Monograph No: 9. ASA and SSSA, Madison, WI, pp: 363-375.
- Blackmore, S., 1994. Precision Farming. An Introduction Outlook on Agriculture. 23 (4) 275-280.
- Demir, F., H. Haciseferoğulları ve H. Doğan, 2000. Düşey Milli Frezeli Pulluğun Toprağın Bazı Fiziksel Özelliklerine ve Güç Gereksinimine Etkilerinin Belirlenmesi. Tarımsal Mekanizasyon 19. Ulusal Kongresi, s: 95-101, Erzurum.
- Doğan, H. ve K. Çarman, 1997. Konya Bölgesinde Hububat Tarımında Tohum Yatağı Hazırlama Uygulamalarının Toprağın Bazı Fiziksel Özellikleri ve Yakıt Tüketimine Etkileri. Tarımsal Mekanizasyon 17. Ulusal Kongresi, cilt 1. s: 337-347, Tokat.
- Esri, 2001. Arcgis 8.1 Environmental System Research Institute. Redland CA USA
- Khallian, A., T. H. Garner, H. L. Musen, R. B. Dodd and S. A. Hale, 1988. Energy for Conservation Tillage in Coastal Plain Soils. Transaction of The ASAE, 31(5), 1333-1337.
- Mutaf, E. 1984. Tarım Alet ve Makinaları. Cilt 1, E.Ü. Ziraat Fakültesi Yayınları, No: 218, İzmir.
- Öztürk, İ. ve H. Bal, 1992. Tohum Yatağı Hazırlamada Kullanılan Bazı Toprak İşleme Aletlerinin Karıştırma Etkileri Üzerine Bir Araştırma. Tarımsal Mekanizasyon 14. Ulusal Kongresi, s: 37-47, Samsun.
- Öztürk, İ. ve S. Bastaban, 1993. Tohum Yatağı Hazırlamada Kullanılan Bazı Toprak İşleme Alet ve Makinalarının Toprağın Parçalanması, Gözenek Hacmi ve Yüzey Profiline Etkileri Üzerine Bir Araştırma. 5. Uluslararası Tarımsal Mekanizasyon ve Enerji Kongresi, s: 111-118, İzmir.
- Raper, R. L., D. W. Reeves, E. C. Burt and H. A. Torbert, 1993. Conservation Tillage and Traffic Effects on Soil Condition. Transaction of The ASAE, 37, 763-768.
- Wollenhaupt, N. C., D. J. Mulla, and C. A. Gotway Crawford. 1997. Soil Sampling and Interpolation Techniques for Mapping Spatial Variability of Soil Properties. Pp. 19-54 in F. J. Pierce, and E. J. Sadler, eds. Madison, Wis.: American Society of Agronomy, Crop Science Society of America, and Soil Science Society of America
- Yalçın, H. ve N. Sungur, 1991. İkinci Ürün Mısır Tarımında İki Farklı Tohum Yatağı Hazırlama Yönteminin Verime Etkileri Üzerine Bir Araştırma. Tarımsal Mekanizasyon 13. Ulusal Kongresi, s: 213-222, Konya.
- Yavuzcan, H. G. 2000. Wheel Traffic Impact on Soil Conditions as Influenced by Tillage System in Central Anatolia. Soil and Tillage Research, 54, pp: 129-138.
- Zeren, Y., A. Işık ve Ö. F. Özgüven, 1992. İkinci Ürün Tane Mısır Yetiştirilmede Farklı Toprak İşleme Yöntemlerinin Temel ve Ekonomik Yönden Karşılaştırılması. 5. Uluslararası Tarımsal Mekanizasyon ve Enerji Kongresi, s: 43-54, İzmir.