

**TARLA TRAFİĞİ SONUCUNDA MEYDANA GELEN SIKIŞMANIN BAZI  
TOPRAK ÖZELLİKLERİNDEN TAHMİNİ**

**Cevdet ŞEKER\***

**A. Ali İŞILDAR\*\***

**Saim KARAKAPLAN\*\*\***

**ÖZET**

Bu çalışmanın amacı; kumlu tın tekstüre sahip bir toprak üzerinden lastik tekerlekli traktörün bir, iki ve dört defa geçişiyle oluşan sıkışmanın bazı toprak özelliklerinden tahmin edilmesidir. Tarla kapasitesine yakın su içeriğine sahip toprak üzerinden farklı sayılarda traktör geçişleri yapılarak, toprak profilinde meydana gelen sıkışma durumu ve bazı toprak özellikleri saptanarak aralarındaki ilişkiler incelenmiştir.

Çalışma sonuçlarına göre, penetrasyon direnci ve kütleli yoğunluk arasında önemli pozitif ilişkiler bulunurken, toplam gözeneklilik, boşluk oranı, 50 µm'den büyük ve 50-8.6 µm arası gözenek yüzdesi ile önemli negatif ilişkiler bulunmuştur. Penetrasyon direnci ile bu özellikler arasındaki korelasyon katsayılarının sırasıyla; 0.874\*\*, -0.850\*\*, -0.852\*\* ve -0.708\*\* olduğu tespit edilmiştir.

**Anahtar Kelimeler :** Toprak sıkışması, penetrasyon direnci, gözeneklilik.

**ABSTRACT**

**ESTIMATION OF SOIL COMPACTION BY WHEEL TRAFFIC FROM  
SOME SOIL PROPERTIES**

The aim of this experimental study was to estimate soil compaction by wheel traffic by using some soil properties. The soil surface compacted by a tire-wheel tractor, once, twice and four times. The soil was sandy loam and its water content was approximately field capacity. Penetration resistance and some soil properties were measured in the soil profile in order to determine their interactions.

The results showed that a positive relationship between penetration resistance and bulk density, and negative relationships between penetration resistance and total porosity, void ratio, larger than 50 µm and 50-8.6 µm existed. Correlation coefficients of those relationships were 0.874\*\*, -0.850\*\*, -0.856\*\*, -0.852\*\* and -0.708\*\*, respectively.

**Key Words :** Soil compaction, penetration resistance, porosity.

**GİRİŞ**

Toprak sıkışması, dış kuvvetlerin etkisiyle toprak parçacıklarının birbirine yakın bir şekilde istiflenmesi olup, toprağın bir çok özelliğini etkilemektedir.

\* Yrd. Doç. Dr., Selçuk Üniversitesi, Toprak Bölümü, KONYA

\*\* Yrd. Doç. Dr., Süleyman Demirel Üniv., Ziraat Fakültesi, Toprak Bölümü, ISPARTA

\*\*\* Prof. Dr., Selçuk Üniversitesi, Toprak Bölümü, KONYA

## Tarla Trafığı Sonucu Meydana Gelen Sıkışmanın Bazı Toprak Özelliklerinden Tahmini

Sıkışmaya uğramış toprakta penetrasyon direnci ve kütleli yoğunluk artışları olurken, gözeneklilikte özellikle iri gözeneklerin oranlarında azalmalar meydana gelmektedir (Şeker, 1998 a; Şeker, 1998 b).

Tarla trafığı, toprakların strüktürü ve yoğunluğu üzerinde önemli etkiye sahiptir. Yoğun tarımsal üretim yapan işletmelerde, tarla yüzeyi bir üretim yılında alanının 4-5 katından daha fazla tekerlek izine maruz kalmaktadır (Abebe ve ark., 1989; Koger ve Brut, 1985). Mısır, soya gibi ürünlerde bir üretim yılı içerisinde tarlanın % 80'inin tekerlek trafığına maruz kaldığı hesaplanmıştır (Erbach, 1986).

Sıkışma sonucunda topraklarda su ve hava hareketi azalmakta, bitkilerin gelişimi bundan olumsuz etkilenmektedir (Bowen, 1981; Unger ve ark., 1981; Wolf ve Hadas, 1984). Ayrıca mikrobiyal faaliyet azalmakta, bitkilerin besin elementi ve su kullanımı düşmektedir (Busscher, 1990; Cannel, 1977).

Toprak profilinde meydana gelen sıkışmanın derecesi çeşitli faktörlere bağlı olarak değişiklikler göstermektedir. Traktör ve diğer ekipmanların ağırlığı, birim alana uyguladıkları kuvvetler ve toprakların su içerikleri bu faktörler arasında sayılabilir (Gupta ve Larson, 1982; Gupta ve Allmaras, 1990; Çarman, 1993).

Toprakların sıkışma durumlarının incelenmesinde penetrasyon direnci, kesme mukavemeti, hacimsel yoğunluk ve gözeneklilik gibi parametreler kullanılmaktadır. Penetrasyon direnci ölçümleri arazide pratik olarak yapılabilir. Ancak taşlılık, bitki artıkları ve çatlaklar ölçüm hatalarına sebep olabilmektedir. Hatayı azaltmak için çok sayıda ölçümün yapılması gerekmektedir. Ayrıca penetrasyon direnci değerlerinin farklı toprak şartları için kıyaslanmalarında çeşitli güçlükler ortaya çıkmaktadır. Penetrasyon direnci değerleri toprak su içeriklerinden önemli ölçüde etkilenmektedir (Wolf ve Hadas, 1984; Busscher, 1990).

Bu araştırmayla; üzerinde çalışılan toprağın tarla trafığı sonucunda uğradığı sıkışmanın ifadesinde, kullanılacak toprak özelliklerini belirlemek ve bunların penetrasyon direnci ile olan ilişkilerini açıklamak amaçlanmıştır.

## MATERYAL VE METOD

Araştırma, Selçuk Üniversitesi, Ziraat Fakültesi'nin kampüs sahası içerisinde bulunan deneme alanında yürütülmüştür. Deneme yeri toprağının bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri Tablo 1'de verilmiştir.

Fraksiyon yüzdeleri Bouyoucos Hidrometre Metodu ile (Gee ve Bauder, 1986), pH ve elektriksel iletkenlik (EC) 1 : 2.5'lik toprak : su karışımında (Peech, 1965; Bower ve Wilcox, 1965), organik madde yaş yakma metodu ile (Allison, 1965), kireç kalsimetre ile (Allison ve Modie, 1965), daimi solma noktası bozulmuş toprak örnekleri kullanılarak basınç zarı aletinde (Peters, 1965), kütleli yoğunluk bozulmamış örnek alma silindirleri kullanılarak (Blake, 1965 a), tane yoğunluğu piknometre ile

Tablo 1. Deneme Yeri Toprağının Bazı Fiziksel ve Kimyasal Özellikleri\*

Fraksiyon Yüzdeleri, (%)			Tane Yoğunluğu (g/cm <sup>3</sup> )	pH ECx10 <sup>-3</sup> 25°C		Organik Madde (%)	CaCO <sub>3</sub> (%)	Daimi Solma Noktası (%)
Kil (<2µm)	Silt (2-50µm)	Kum (50-2000µm)		1 : 2.5 Toprak : Su				
24	26	50	2.65	7.78	192.00	2.25	29.00	12.06

\* Bozulmuş toprak örnekleri 0-30 cm toprak derinliğinden alınmış ve 2 mm'lik elekten geçirilmiştir.

(Blace, 1965 b), toplam gözeneklilik kütle yoğunluğu ve tane yoğunluğundan hesaplanarak (Vomocil, 1965), boşluk oranı toplam gözeneklilikten hesaplanarak (Munsuz, 1982) ve gözenek büyüklüğü dağılımı ise bozulmamış toprak örnekleri su ile doyurulduktan sonra değişik basınçlar altında tutularak (Demiralay, 1977) belirlenmiştir. Tüm ölçümler üç tekerrürlü olarak, 0-10, 10-20 ve 20-30 cm toprak derinliğinde yapılmıştır.

Araştırma başlangıcında 15 x 30 cm ebatlarındaki deneme parseli 10 cm derinliğinde yüzeysel şekilde işlenmiş ve ölçüm yapılan profilin altına su uygulaması yapılmıştır. Günlük aralıklarla toprak profilinden örnekler alınarak su içeriği tayinleri yapılmış, tarla kapasitesine yakın rutubet değerleri (% 24.78) oluşunca, yüzeyden 51.5 kW gücünde, 2900 kg ağırlığında, ön lastik iç basıncı 2.1 bar, arka lastik iç basıncı 1.8 bar olan STEYR 8073-70 tipi lastik tekerlekli traktör ile bir, iki ve dört defa aynı izden olacak şekilde, 4.5 km/sa'lık sabit ilerleme hızında geçişler yapılmıştır.

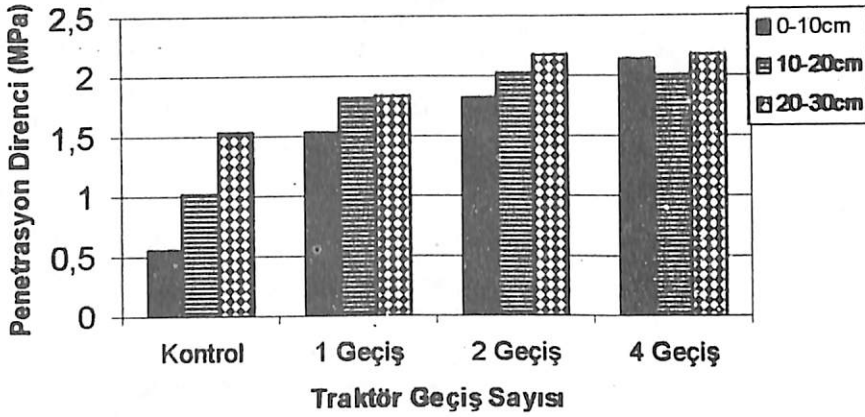
Penetrasyon ölçümleri, el ile itilerek toprağa girişi sağlanan 30° açılı, 12.83 mm çaplı, konik uçlu, ölçüm değerlerini N/cm<sup>2</sup> olarak 1 cm aralıkla işaretlendirilmiş kağıda, derinlikteki artışla beraber grafikleme özelliğine sahip Eijkelkamp toprak penetrometresi ile beş tekerrürlü olarak yapılmıştır. Her bir toprak katmanının penetrasyon direnci değerleri okuma değerlerinin ortalamaları alınarak hesaplanmıştır. Elde edilen değerler 100'e bölünerek MPa'a çevrilmiştir.

Penetrasyon dirençleri ile ölçülen diğer toprak özellikleri arasında Path analizi yapılarak korelasyon matrisi tablosu çıkarılmıştır. Korelasyon katsayıları dik-kate alınarak kademeli regresyon analizi yapılmış, penetrasyon direnci ile ölçülen toprak özellikleri arasındaki uygun regresyon denklemleri oluşturulmuştur (Açıkgöz).

### BULGULAR VE TARTIŞMA

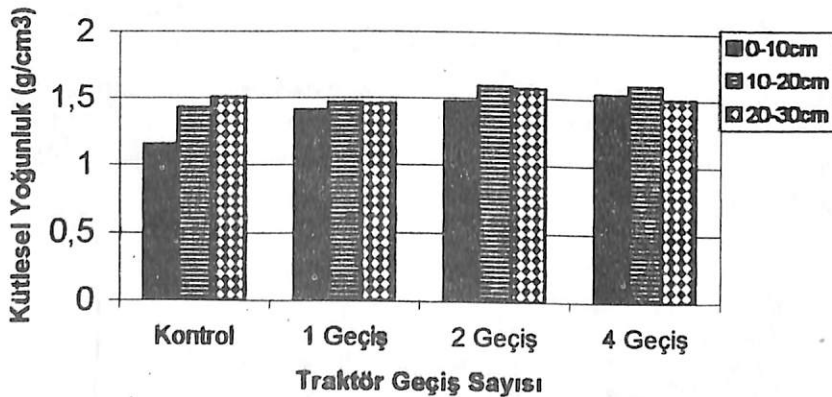
Traktör geçiş sayılarının toprak profilindeki penetrasyon direncine etkileri Şekil 1'de verilmiştir. Traktör geçişi toprak profilinde önemli derecede sıkışma meydana getirmiştir.

Tarla Trafik Sonucu Meydana Gelen Sıkışmanın Bazı Toprak Özelliklerinden Tahmini



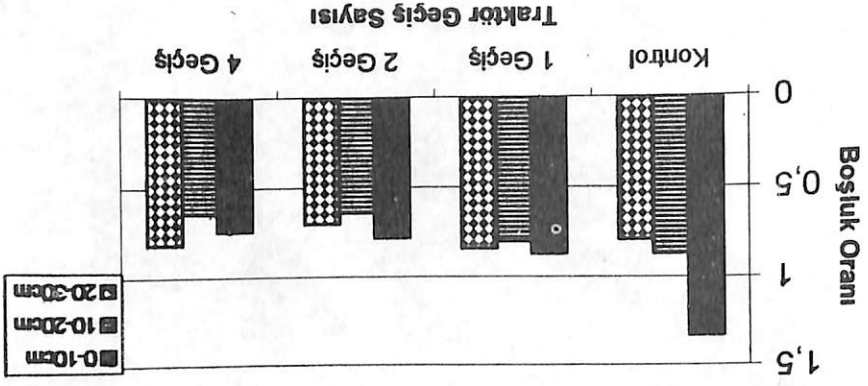
Şekil 1. Tarla trafiğinin toprak profilindeki sıkışmaya etkisi

Kontrol parseli ve değişik sayıda traktör geçişi yapılan alanların kütesel yoğunluğu, toplam gözenekliliği, boşluk oranları, 50  $\mu\text{m}$ 'den büyük ve 50-8.6  $\mu\text{m}$  arası gözenek yüzdeleri Şekil 2, 3, 4, 5 ve 6'da verilmiştir. Traktör geçişi toprak profilindeki kütesel yoğunluğu artırırken, toplam gözenekliliği, boşluk oranını, 50  $\mu\text{m}$ 'den büyük ve 50-8.6  $\mu\text{m}$  arası gözenek yüzdesini düşürmüştür.

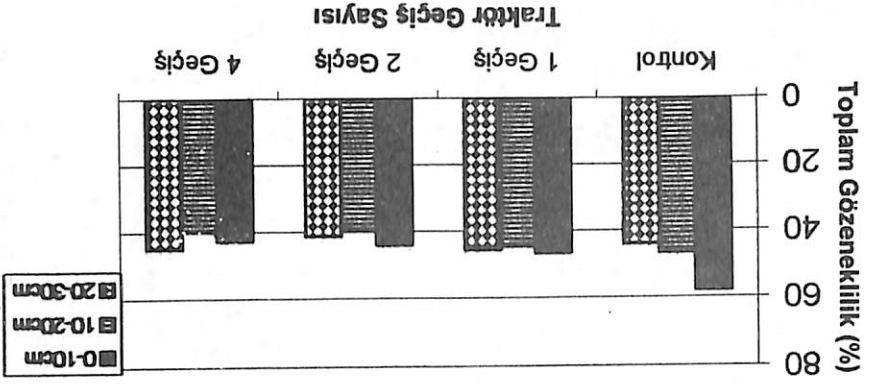


Şekil 2. Tarla trafiğinin toprak profilindeki kütesel yoğunluğa etkisi

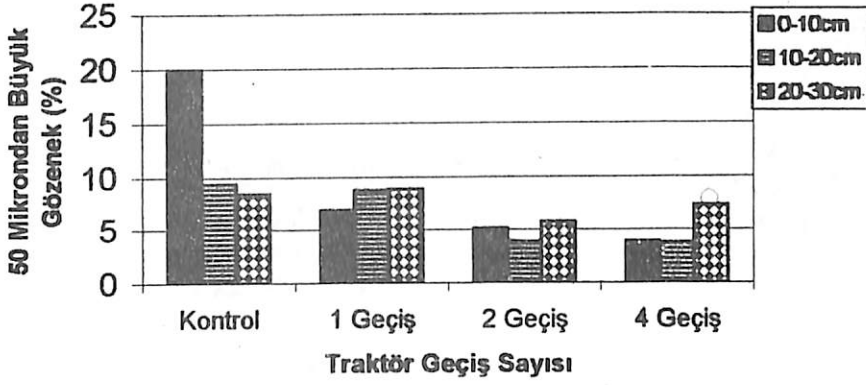
Şekil 4. Tarla trafiğinin toprak profilindeki boşluk oranına etkisi



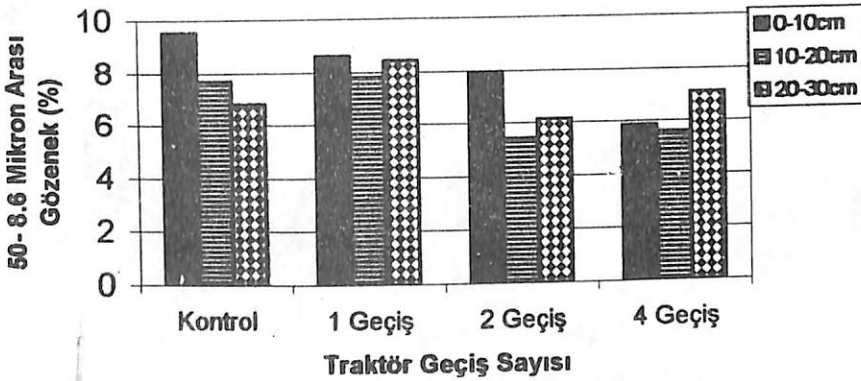
Şekil 3. Tarla trafiğinin toprak profilindeki toplam gözenekliliğe etkisi



Tarla Trafik Sonucu Meydana Gelen Sıkışmanın Bazı Toprak Özelliklerinden Tahmini



Şekil 5. Tarla trafiğinin toprak profilindeki 50 mikrondan büyük gözeneklere etkisi



Şekil 6. Tarla trafiğinin toprak profilindeki 50-8.6 mikron arası gözeneklere etkisi

Penetrasyon direnci değerleri ve ölçülen diğer toprak özellikleri arasındaki ilişkiyi açıklayan korelasyon katsayıları Tablo 2'de sunulmuştur. Penetrasyon direnci ile kütleli yoğunluk arasında önemli pozitif bir ilişki ( $r^2 = 0.874^{**}$ ) bulunurken, toplam gözeneklilik ( $r^2 = -0.850^{**}$ ), boşluk oranı ( $r^2 = -0.856^{**}$ ), 50  $\mu\text{m}$ 'den büyük gözenek yüzdesi ( $r^2 = -0.852^{**}$ ) ve 50-8.6  $\mu\text{m}$  arası gözenek yüzdesi ile ( $r^2 = -0.708^{**}$ ) önemli negatif ilişkiler olduğu saptanmıştır.

Tablo 2. Deneme Parsellerine Ait Toprakların Penetrasyon Direnci İle Ölçülen Bazı Özellikleri Arasındaki Korelasyon Katsayıları

Toprak Özellikleri	Penetrasyon Direnci (Y)	Kütleli Yoğunluk ( $X_1$ )	Toplam Gözeneklilik ( $X_2$ )	Boşluk Oranı ( $X_3$ )	>50 $\mu\text{m}$ Gözenek ( $X_4$ )	50-8.6 $\mu\text{m}$ Gözenek ( $X_5$ )	8.6-2.0 $\mu\text{m}$ Gözenek ( $X_6$ )
Y (MPa)	1						
$X_1$ (g/cm <sup>3</sup> )	0.874**	1					
$X_2$ (%)	-0.850**	-0.990**	1				
$X_3$ (%)	-0.856**	-0.985**	0.995**	1			
$X_4$ (%)	-0.852**	-0.929**	0.949**	0.959**	1		
$X_5$ (%)	-0.708**	-0.884**	0.855**	0.818**	0.766**	1	
$X_6$ (%)	-0.259ns	-0.103ns	0.018ns	0.048ns	-0.016ns	-0.005ns	1

\*\* P<0.01; ns : İstatistiksel olarak önemsiz

Penetrasyon direnci ile toprak özellikleri arasındaki regresyon denklemleri Tablo 3'de verilmiştir. Penetrasyon direncinin tahmininde en yüksek determinasyon katsayısını ( $r^2 = 0.76$ ) kütleli yoğunluk vermiştir. Toplam gözeneklilik, boşluk oranı, 50  $\mu\text{m}$ 'den büyük ve 50-8.6  $\mu\text{m}$  arası gözenek yüzdelilerinin determinasyon katsayıları sırasıyla; 0.72, 0.71, 0.70 ve 0.45 olarak bulunmuştur. Penetrasyon direncine toprak özelliklerinin ortak etkisi incelendiğinde, en yüksek determinasyon katsayısı (0.72)  $X_2$  ve  $X_5$ 'in ortak etkisinde belirlenmiştir.  $X_2+X_3$ ,  $X_2+X_4$ ,  $X_2+X_6$  ve  $X_4+X_5$  determinasyon katsayıları sırasıyla; 0.70, 0.70, 0.61 ve 0.55 olarak belirlenmiştir. Bu çalışma şartlarında ele alınan bağımsız parametrelerin toprak sıkışması üzerindeki etkileri önemli bulunmuştur.

Tarla trafiği sonucunda meydana gelen toprak sıkışmasının (0-10 cm derinlikte) farklı tansiyonlarda tutulan hacimsel su içeriklerine etkileri Şekil 7'de gösterilmiştir. Doğunluk durumunda en yüksek su içeriği kontrol parselinde ölçülürken, en düşük su içeriği dört defa traktör geçişi yapılan parselden elde edilmiştir. Toprak sıkışması doğunlukta tutulan hacimsel su içeriğini azaltmıştır. Toprak sıkışması pF 2.54'te tutulan hacimsel su içeriğini ise artırmıştır. Bu durum iri gözeneklerin miktarının azalması, kapillar gözeneklerin miktarının arttığını göstermektedir. Toprakların pF 2.54'te tuttukları su içeriklerinin yüksek olması istenir. Ancak bu durum iri gözeneklerin azalmasıyla ortaya çıkarsa toprakta su ve hava hareketi engellenebilir. Bu ise istenmeyen bir durumdur.

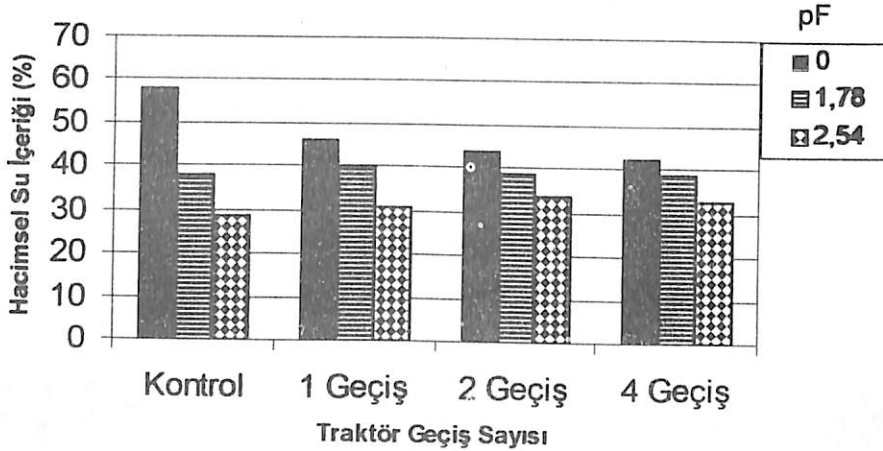
Tarla Trafik Sonucu Meydana Gelen Sıkışmanın Bazı Toprak Özelliklerinden Tahmini

Tablo 3. Regresyon Denklemleri ve Determinasyon Katsayıları

Bağımsız Değişken	Bağımlı Değişken	Regresyon Denklemleri	SH*a	SH <sub>b1</sub>	SH <sub>b2</sub>	r <sup>2</sup>
Y	X <sub>1</sub>	Y = -3.554**+3.590**X <sub>1</sub>	±0.929	±0.630	--	0.76
Y	X <sub>2</sub>	Y = 5.567**-0.086**X <sub>2</sub>	±0.760	±0.017		0.72
Y	X <sub>3</sub>	Y = 3.368**-2.351**X <sub>3</sub>	±0.376	±0.450		0.71
Y	X <sub>4</sub>	Y = 2.445**-0.095**X <sub>4</sub>	±0.162	±0.019		0.70
Y	X <sub>5</sub>	Y = 3.325**-0.264**X <sub>5</sub>	±0.611	±0.083		0.45
Y	X <sub>1</sub> +X <sub>2</sub>	Y = 2.189**X <sub>1</sub> -0.033**X <sub>2</sub>		±0.280	±0.093	0.70
Y	X <sub>1</sub> +X <sub>3</sub>	Y = 1.816**X <sub>1</sub> -1.168**X <sub>3</sub>		±0.179	±0.316	0.70
Y	X <sub>1</sub> +X <sub>4</sub>	Y = 1.472**X <sub>1</sub> -0.059**X <sub>4</sub>		±0.089	±0.015	0.72
Y	X <sub>1</sub> +X <sub>5</sub>	Y = 1.833**X <sub>1</sub> -0.135**X <sub>5</sub>		±0.237	±0.045	0.61
Y	X <sub>3</sub> +X <sub>4</sub>	Y = 0.066**X <sub>3</sub> -0.162**X <sub>4</sub>		±0.050	±0.026	0.55

\* Determinasyon katsayılarının standart hatası

\*\* P<0.01



Şekil 7. Tarla trafiğinin farklı tansiyonlardaki hacimsel su içeriğine etkisi

**KAYNAKLAR**

Abebe, A.T., Tanaka, T., Yamazaki, M., 1989. Soil Compaction by Multiple Passes of Rigid Wheel for Optimization of Traffic, J. Terramechanics, 26, 139-148.

Açıkgöz, N. Deneme Değerlendirme Paketi, Seri No : A1001, Ege Üniv. Ziraat Fakültesi, İzmir.



Penetrasyon direnci değerleri ve ölçülen diğer toprak özellikleri arasındaki ilişkiyi açıklayan korelasyon katsayıları Tablo 2'de sunulmuştur. Penetrasyon direnci ile kütleli yoğunluk arasında önemli pozitif bir ilişki ( $r^2 = 0.874^{**}$ ) bulunurken, toplam gözeneklilik ( $r^2 = -0.850^{**}$ ), boşluk oranı ( $r^2 = -0.856^{**}$ ), 50  $\mu\text{m}$ 'den büyük gözenek yüzdesi ( $r^2 = -0.852^{**}$ ) ve 50-8.6  $\mu\text{m}$  arası gözenek yüzdesi ile ( $r^2 = -0.708^{**}$ ) önemli negatif ilişkiler olduğu saptanmıştır.

Tablo 2. Deneme Parsellerine Ait Toprakların Penetrasyon Direnci İle Ölçülen Bazı Özellikleri Arasındaki Korelasyon Katsayıları

Toprak Özellikleri	Penetrasyon Direnci (Y)	Kütleli Yoğunluk ( $X_1$ )	Toplam Gözeneklilik ( $X_2$ )	Boşluk Oranı ( $X_3$ )	>50 $\mu\text{m}$ Gözenek ( $X_4$ )	50-8.6 $\mu\text{m}$ Gözenek ( $X_5$ )	8.6-2.0 $\mu\text{m}$ Gözenek ( $X_6$ )
Y (MPa)	1						
$X_1$ (g/cm <sup>3</sup> )	0.874**	1					
$X_2$ (%)	-0.850**	-0.990**	1				
$X_3$ (%)	-0.856**	-0.985**	0.995**	1			
$X_4$ (%)	-0.852**	-0.929**	0.949**	0.959**	1		
$X_5$ (%)	-0.708**	-0.884**	0.855**	0.818**	0.766**	1	
$X_6$ (%)	-0.259ns	-0.103ns	0.018ns	0.048ns	-0.016ns	-0.005ns	1

\*\* P<0.01; ns : İstatistiksel olarak önemsiz

Penetrasyon direnci ile toprak özellikleri arasındaki regresyon denklemleri Tablo 3'de verilmiştir. Penetrasyon direncinin tahmininde en yüksek determinasyon katsayısını ( $r^2 = 0.76$ ) kütleli yoğunluk vermiştir. Toplam gözeneklilik, boşluk oranı, 50  $\mu\text{m}$ 'den büyük ve 50-8.6  $\mu\text{m}$  arası gözenek yüzdelilerinin determinasyon katsayıları sırasıyla; 0.72, 0.71, 0.70 ve 0.45 olarak bulunmuştur. Penetrasyon direncine toprak özelliklerinin ortak etkisi incelendiğinde, en yüksek determinasyon katsayısı (0.72)  $X_2$  ve  $X_5$ 'in ortak etkisinde belirlenmiştir.  $X_2+X_3$ ,  $X_2+X_4$ ,  $X_2+X_6$  ve  $X_4+X_5$  determinasyon katsayıları sırasıyla; 0.70, 0.70, 0.61 ve 0.55 olarak belirlenmiştir. Bu çalışma şartlarında ele alınan bağımsız parametrelerin toprak sıkışması üzerindeki etkileri önemli bulunmuştur.

Tarla trafiği sonucunda meydana gelen toprak sıkışmasının (0-10 cm derinlikte) farklı tansiyonlarda tutulan hacimsel su içeriklerine etkileri Şekil 7'de gösterilmiştir. Doğunluk durumunda en yüksek su içeriği kontrol parselinde ölçülürken, en düşük su içeriği dört defa traktör geçişi yapılan parselden elde edilmiştir. Toprak sıkışması doğunlukta tutulan hacimsel su içeriğini azaltmıştır. Toprak sıkışması pF 2.54'te tutulan hacimsel su içeriğini ise artırmıştır. Bu durum iri gözeneklerin miktarının azalması, kapillar gözeneklerin miktarının arttığını göstermektedir. Toprakların pF 2.54'te tuttukları su içeriklerinin yüksek olması istenir. Ancak bu durum iri gözeneklerin azalmasıyla ortaya çıkarsa toprakta su ve hava hareketi engellenebilir. Bu ise istenmeyen bir durumdur.

- Allison, L.E., 1965. Organic Carbon, In : Black, C.A. (ed.), Methods of Soil Analysis Part II, American Society of Agronomy, Madison, Wisconsin, 1367-1378.
- Allison, L.E., Modie, C.D., Carbonate, In : Black, C.A. (ed.), Methods of Soil Analysis Part II, American Society of Agronomy, Madison, Wisconsin, 1379-1396.
- Blake, G.R., 1965 a. Bulk Density In : Black, C.A. (ed.), Methods of Soil Analysis Part II, American Society of Agronomy, Madison, Wisconsin, 374-390.
- Blake, G.R., 1965 b. Bulk Density In : Black, C.A. (ed.), Methods of Soil Analysis Part I, American Society of Agronomy, Madison, Wisconsin, 371-373.
- Bowen, H.D., 1981. Alleviating Mechanical Impedance, In : Arkinand, G.f., Taylor, H.M. (eds.), Modifying the Root Environment to Reduce Crop Stress. American Society of Agricultural Engineering, Monograph No : 4, 21-59.
- Bower, C.A., Wilcox, L.V., 1965. Soluble Salt, In : Black, C.A. (ed.), Methods of Soil Analysis Part II, American Society of Agronomy, Madison, Wisconsin, 933-951.
- Busscher, W.J., 1990. Adjust of Flat-Tipped Penetrometre Resistance Data to a Common Water Content, Transaction ASAE, 33, 519-524.
- Cannell, R.Q., 1977. Aeration and Compaction In Relation to Root Growth and Soil Management, Appl. Biology, 2, 1-86.
- Çarman, K., 1993. Tarla Trafiğinin Toprak Sıkışmasına Etkisi, Turkish. J. of Agricultural and Forestry, 17, 255-266.
- Demiralay, İ., 1977. Toprak Fiziksel Ders Notları. Atatürk Üniv. Ziraat Fak., Erzurum.
- Erbach, D., 1986. Farm Equipment and Soil Compaction, ASAE Paper No : 860730.
- Gee, G.W., Bauder, J.W., 1986. Particle-Size Analysis, In Klute, A. et. al. (ed.), Methods of Soil Analysis Part I, Agronomy 9, 388-409.
- Gupta, S.C., Allmaras, R.R., 1990. Model to Assess the Susceptibility of Soils to Excessive Compaction, Transaction ASAE, 33, 65-100, 151-178.
- Gupta, S.C., Larson, W.E., 1982. Modelling Soil Mechanical Behavior During Tillage In : Unger, P., Van Doren Jr, D.M., Whisler, F.D., Skidmore, E.L. (eds.), Symposium on Predicting Tillage Effects on Soil Physical Properties and Processes, American Society of Agronomy, Spec., Publ. 44, Madison, WI.
- Koger, J.L., Brut, E.C., Trowse, A.C., 1985. Multiple Pass Effects of Skidder Tires on Soil Compaction, Transaction ASAE, 28, 11-16.
- Munsuz, N., 1982. Toprak-Su İlişkileri, Ankara Üniv. Ziraat Fak. Yayınları . 126, Ders Kitabı : 221, Ankara Üniv. Basımevi.
- Peach, M., 1965. Hydrogen-Ion Activity, In : Black, C.A. (ed.), Methods of Soil Analysis Part II, American Society of Agronomy, Madison, Wisconsin, 914-926.

**Tarla Trafik Sonucu Meydana Gelen Sıkışmanın Bazı Toprak Özelliklerinden Tahmini**

- Peters, B.D., 1965. Water Availability, In : Black, C.A. (ed.), *Methods of Soil Analysis Part I*, American Society of Agronomy, Madison, Wisconsin, 279-285.
- Şeker, C., 1998 a. Penetrasyon Direnci İle Bazı Toprak Özellikleri Arasındaki İlişkiler, *Turkish J. of Agriculture and Forestry*, (Yayımda).
- Şeker, C., 1998 b. Farklı Toprakların Penetrasyon Dirençleri Üzerine Su İçeriklerinin Etkisi ve Regresyon Modelleri, *Turkish J. of Agriculture and Forestry*, (Yayımda).
- Unger, P.W., Eck, H.V. Musick, J.T., 1981. Alleviating Plant Water Stress, In : Arkinand, G.F., Taylor, H.M. eds., *Modifying the Root Environment to Reduce Crop Stress*. American Society of Agricultural Engineering, Monograph No : 4, 61-97.
- Vomocil, J.A., 1965. Porosity, In : Black, C.A. (ed.), *Methods of Soil Analysis Part I*, American Society of Agronomy, Madison, Wisconsin, 315-318.
- Wolf, D., Hadas, A., 1984. Soil Compaction Effects of Cotton Emergence, *Transaction ASAE*, 27, 655-659.