

## Lastik Tekerlekli Traktörlerde Lastik Basıncının Toprak Sıkışıklığına Olan Etkilerinin Belirlenmesi\*

Engin ÖZGÖZ<sup>1</sup>

Rasim OKURSOY<sup>2</sup>

Geliş Tarihi: 17.06.2001

**Özet:** Bitkisel üretim etkinliklerinde, tohum yatağı hazırlığı ve ardından makinalı ekim sırasında artan tarla trafiğine bağlı olarak oluşan toprak sıkışıklığı bitki gelişimi için oldukça önemli olan kısıtlardandır. Toprak sıkışıklığı, dış basınça bağlı olarak topraktaki boşluklar oranının hızla azalarak toprak tanelerinin birbirine daha yakın olabilecek şekildeki istifleme durumudur. Makinalı tarımda toprak sıkışıklığının temel kaynağı, yoğun tarla trafiğine bağlı olarak traktör tekerleri ile toprak arasındaki etkileşimdir. Bu etkileşimlerin büyüklüğü ve derecesi, traktör ve lastik parametreleri ile toprak parametrelerinin değişkenliğine bağlıdır. Toprak sıkışıklığını etkileyen parametreler genel olarak, lastik iç basıncı (şişirilme basıncı), aks yüküne bağlı olarak lastik baskısı, lastik geometrisi, tutunma profillerinin özellikleri, % olarak patinaj, ve aynı noktadan geçiş sayısı ile geçiş hızı gibi traktör ve lastikten gelen parametreler ile, toprak cinsi, fiziksel yapısı, nem oranı, hacim ağırlığı gibi birçok toprak parametrelerinden oluşmaktadır. Bu çalışmada lastik tekerlekli traktörlerde, lastik iç basıncının ve toplam aks yükünün, toprağın sıkıştırılmasına ve lastiklerin toprakta oluşturduğu izdeki en yüksek profil derinliğine yaptığı etkiler araştırılmıştır. Bu amaçla tasarlanarak yapılan 18 m uzunluğunda 3 m genişliğinde ve 1.5 m derinliğindeki bir toprak kanalı ve içerisinde yer alan tınlı yapıdaki (%48 kum, %34 silt, %18 kil) deneme toprağı kullanılmıştır. Toprak kanalı üzerine, bir uçtan diğerine üç değişik hız kademesinde (1.0 m/s, 1.3 m/s ve 1.6 m/s) hareket edebilen elektrik motoru tahrikli bir test arabası tasarlanmış ve bu arabaya bağlı 13.6/12-36 ölçülerindeki traktör lastiği denemelerde kullanılmıştır. Denemeler sonrasında yapılan ölçümler ve analizler sonucunda, lastik iz merkezinde ve kenarında olmak üzere, ortalama iki farklı toprak neminde (%9 ve %13), iki farklı derinlikte (0-15 cm ve 15-30 cm), üç farklı geçiş hızında (1.0 m/s, 1.3 m/s, ve 1.6 m/s), üç farklı aks yükünde (1000 kg, 1300 kg ve 1600 kg), üç farklı lastik iç basıncında (0.8 bar, 1.0 bar ve 1.5 bar) ve üç farklı geçiş sayısında (1 geçiş 3 geçiş ve 5 geçiş) toprakta oluşturulan toprak sıkışıklığı, maksimum iz derinliği ve 15 ve 30 cm'deki toprak gerilmeleri ölçülmüş ve bu parametreler arasındaki ilişkiler istatistiksel analizlere dayalı olarak ortaya konulmuştur.

**Anahtar Kelimeler :** toprak sıkışıklığı, lastik şişme basıncı, tekerlek batması, koni indeksi

### Relations Between Tractor Rubber Tire Pressure and Soil Compaction

**Abstract:** One of the physical limiting factors for the plant growth is the soil compaction where mostly occurs during to the seedbed preparation and then seeding process. The soil compaction is defined as to reduce the soil porosity and to let the soil particles to orient closer to each other under the external pressures. The main effects of soil compaction in farm mechanization is the influences of tractor tires and top soil itself due to the heavy traffic on field. The magnitude of these influences depends on the variety of the tractor and tire parameters as well as the soil parameters. In general, these parameters are the inflation pressure of tires, axle load, tire pressure on to soil, tire geometry and profile, %slippage, the number of the pass on a certain point, tractor velocity, soil type, soil moisture content and soil bulk density. In this research, the effect of tire inflation pressure and the axle load on the soil compaction as well as the maximum profile depth on the tire marks on soil have investigated. For this purpose a 18 m length, 3 m width and 1.5 m depth soil bin was designed, and the silty loam (%48 sand, %34 loam, %18 clay) soil in this bin was used for the experiment. A movable soil test frame was also designed to move along the bin length in three levels (1.0 m/s, 1.3 m/s, 1.6 m/s) powering by an electrical motor, a tractor tire sized 13.6/12-36 was attached on a bin frame. The measurements were performed by the Data Acquisition System such that the soil shear stress in the soil buried load cells that produced analog signals for the shear stress of the soil in 15 an 30 cm depth under the tire marks center and the side. As a result, analyses statistically showed there was significant influences of interaction between tire and soil parameters, and measured data have also been discussed to explain the effects experimental parameters such as the axle load, soil depth, number of passes in certain point, tire inflation and external pressures, slippage, forward velocity and soil bulk density and the moisture content on soil compaction.

**Key Words :** soil compaction, tire inflation pressure, tire sinkage, cone index

### Giriş

Tarım tekniğindeki gelişmeler sonucunda kullanılan tarım alet ve makinalarının yapıları farklılaşmış ve ağırlıklarında ise hızlı artışlar olmuştur. Bunun sonucunda, makine ve ekipman kombinasyonları ile yapılan

tarım güncel olmaya başlamış, özellikle minimum toprak işleme tekniklerinde, ekipman kombinasyonları ile bir geçişte birçok işlemin yapılabilmesi yönünde eğilim artmıştır. Bu durum, tarla üzerinde gezinmenin bir ölçüsü

\* Doktora Tezi'nden hazırlanmıştır. Dergimizin 7. cilt, 4. sayısının 75-82. sayfalarında hatalı basılan bu makale, düzeltilerek yeniden yayınlanmıştır.

<sup>1</sup> Gaziosmanpaşa Üniv. Ziraat Fak., Tarım Makinaları Bölümü-Tokat

<sup>2</sup> Uludağ Üniv., Ziraat Fak., Tarım Makinaları Bölümü-Bursa

olan tarla trafiğine ilişkin yoğunluğu kısmen azaltmasına rağmen, makina kombinasyonlarının kullanımından dolayı, artan ekipman ağırlığına bağlı olarak tarım topraklarında önemli bir sorun olan toprak sıkışmasını ortaya çıkarmıştır. Toprak sıkışması; topraktaki gözenek oranlarının azalması veya toprak partiküllerinin dış etkilerle birbirine yakın olacak şekilde istiflenmesi sonucu kuru yoğunluğun artması olarak tanımlanabilmektedir (McKyes 1985). Toprak sıkışması, bitki gelişimi ve toprağa bırakılan tohumun çimlenmesini sınırlayan en önemli faktörlerin başında gelmektedir.

Toprak sıkışmasının bitkiler üzerine olan etkisinin araştırılmasında bilim adamlarının elinde iki önemli kriter bulunmaktadır. Bunlardan birincisi, kök gelişimi, ikincisi ise bitkisel üretimde ulaşılan verim değeridir (Önal 1978). Yapılan araştırmalar, 80 kPa'nın üzerindeki sıkışıklık değerlerinin, bitki köklerinin gelişimini sınırlayan önemli bir faktör olduğunu ortaya koymuştur (Okursoy 1992).

Tarımda kullanılan traktörlerdeki lastik tekerlerin boyutları ve işletme karakteristikleri ile toprağın yapısı, sıkışma derecesini belirleyen faktörlerin başında gelmektedir. Tarımsal mekanizasyon faaliyetlerinin verimli bir şekilde yapılabilmesi, bu alanda kullanılan pnömatik lastik tekerlerin dinamik aks yükü ve lastik iç basıncı gibi işletme karakteristiklerinin, değişen toprak koşullarına göre güç üniteleriyle uyumlu bir şekilde seçimine bağlıdır (Çarman 1992). Değişik mekanizasyon düzeylerinde yapılan tarımsal üretim amaçlı toprak işlemedeki toprak sıkışmasının değeri, büyük oranda traktör tekerleklerindeki toplam aks yükü, tekerlek iç basıncı, tekerleklerin aynı noktadan geçiş sayısı ile tekerlekteki patinaj gibi faktörlerle yakından ilişkilidir (Barone 1990).

Toprak makina ilişkilerinin büyük bir kısmını toprak - tekerlek ilişkileri kapsamaktadır. Topraktaki sıkışma değerinin, toprağın kuru haldeki hacim ağırlığı ve tekerleklerin batma dirençlerindeki değişimler yardımıyla bulunması; toprak içindeki gerilmelerin toprağa gömülen basınç algılayıcıları ile saptanması ve batma miktarının doğru bir şekilde ölçülmesi, bize toprak deformasyonları hakkında nitel ve nicel bilgiler sağlayabilecektir (Harzadin ve Güray 1985). Tarım traktörleri ile tarım aletlerinin neden olduğu yoğun tarla trafiğine bağlı toprak sıkışmasının değerlendirilmesinde, sıkışmanın tahmini ve tarla koşullarında ölçülmesi gerekmektedir. Yoğun tarla trafiğinin neden olduğu toprak gerilme dağılımının ölçülmesinde, toprağa yerleştirilen yük hücreleri yaygın olarak kullanılmaktadır. Bu konuda yapılan bir çalışmada toprak sıkışmasına; toprak tipi, tekerlek boyutu, şişme basıncı ve % olarak patinaj oranının etkileri incelenmiştir (Koger ve ark. 1984). Buna göre, dinamik yükün; hacim ağırlığı, koni indeksi ve tekerlek iz derinliğindeki artışa yardım eden önemli bir değişken olduğu ve patinajın sıkışma üzerine dinamik yükten daha etkili bulunduğu vurgulanmıştır. Aynı çalışmada araştırmacılar, tekerleklerin boyut olarak büyüklükleri ile, dinamik aks yükünün, lastik şişme basıncının ve lastiklerin aynı noktadan geçiş sayılarının, toprağın kuru hacim ağırlığına olan etkilerinin topraktan toprağa değişen fiziksel yapısına ve bünyesine bağlı olarak önemli şekilde değiştiğini saptamışlardır. Hacim ağırlığındaki en büyük değişimin testten önceki

toprak koşulları ve ilk geçiş arasında meydana geldiğini belirtmişlerdir. Ayrıca; bu çalışmanın sonucunda, hacim ağırlığı değerlerinin, tekerlek ölçülerinin (çap ve genişlik) artması ile azaldığını bulmuşlardır. Benzer sonuca, lastik şişme basıncının azaltılması ile de ulaşılabilmektedir. Birçok araştırmacı, pnömatik tekerleklerin trafiği sonucunda meydana gelen toprak sıkışmasını ölçmek için algılayıcılar kullanmışlardır (Nichols ve ark. 1987, Erbach ve ark. 1991, Burt ve ark. 1992, Bailey ve ark. 1992). Bu amaçla, algılayıcıları tekerlek iz merkezinde ve kenar çizgisinde farklı derinliklere yerleştirmişler ve ölçümlerde bilgisayar destekli veri toplama sistemlerinden yararlanmışlardır.

Bu çalışmada iki farklı nem düzeyinde, tınlı toprak şartında farklı dinamik yük, lastik şişme basıncı, geçiş sayısı ve ilerleme hızlarında çalıştırılan 13.6/12-36 (6 kat) ölçülerindeki pnömatik bir traktör tekerleğinin toprakta meydana getirdiği sıkışma miktarı belirlenmeye çalışılmıştır. Bu amaçla, tekerlek izinin altında iki farklı derinliğe yük hücreleri yerleştirilmiş ve düşey yöndeki toprak gerilmeleri ölçülmüştür. Bunun yanında; toprağın hacim ağırlığı, koni indeksi olarak toprağın penetrasyon direnci ve maksimum tekerlek iz derinliği belirlenmiştir. Elde edilen veriler bilgisayar ortamına aktarılarak parametreler arasındaki ilişkiler istatistiksel olarak değerlendirilmiştir.

## Materyal ve Yöntem

Denemelerde materyal olarak Gaziosmanpaşa Üniv. Ziraat Fakültesi Tarım Makinaları Bölümü Araştırma ve Uygulama Atölyesinde kapalı alanda bulunan bir toprak kanalı kullanılmıştır. Toprak kanalı 18 m uzunluğunda, 3 m genişliğinde, ve 1.5 m derinliğinde olup, içerisinde özellikleri Çizelge 1'de verilen üniform yapıdaki sıkıştırılmamış tınlı toprak bulunmaktadır.

Denemede kullanılan toprak kanalının üzerinde değişik büyüklükte aks yükü ile farklı geçiş hızları için ayarlanabilir ve bir elektrik motorundan hareketini alan bir test arabası bulunmaktadır. Test arabasına, özellikleri Çizelge 2'de verilen eski bir muharrir traktör tekerleği monte edilmiştir. Tekereğe uygulanan aks yükü test arabasının şasesi üzerine yerleştirilmiş oldukça sert bir helisel yayın sıkıştırılması ile elde oluşan baskı kuvveti ile sağlanmaktadır. Denemelerde kullanılan muharrir traktör

Çizelge 1. Deneme toprağının bazı fiziksel özellikleri

Toprak sınıfı : Tınlı toprak		
%Kum	%Silt	%Kil
48	34	18
Derinlik (cm)	Ort. kuru hacim ağırlığı: $\gamma$ (g/cm <sup>3</sup> )	
	%9 nemde	%13 nemde
0-15	1.12	1.11
15-30	1.21	1.52
Derinlik (cm)	Ort. penetrasyon direnci (kPa)	
	%9 nemde	%13 nemde
0-15	315.9	231.7
15-30	652.8	280.6

tekerleğinin temel ölçü ve özellikleri Çizelge 2'de görülmektedir. Denemelerde, ayrıca, tekerleğe uygulanan yüke bağlı olarak tekerleğin toprağa yaptığı basınç değerlerine ilişkin verileri algılamak ve bunları bilgisayar ortamına aktararak kullanılmak üzere dönüşümlerinin yapılabilmesi için bilgisayar destekli veri toplama cihazı (Data Acquisition) hazırlanmıştır.

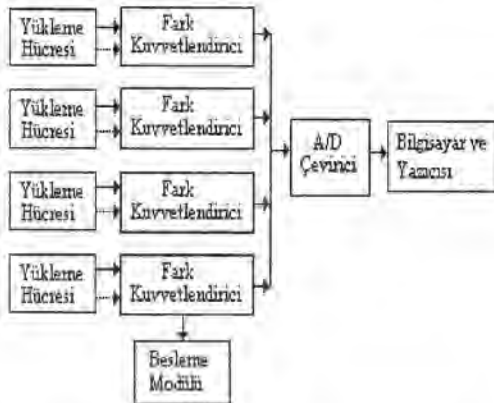
Hazırlanan veri toplama cihazı, Şekil 1'de verilen blok şemasında da görülebileceği gibi, yükleme hücrelerinden (load cell), fark kuvvetlendiricilerinden (differential amplifier), besleme modülünden (excitation), A/D çeviriciden (Analog-digital conversion), bir bilgisayar ve yazıcısından oluşmaktadır.

Tekerlek geçişinden önceki ve sonraki toprağın nem içeriği ve kuru hacim ağırlığının belirlenmesi için, bozulmamış toprak örneklerinin alınmasında 100 cm<sup>3</sup> hacminde silindireler ile çakma aparatı, toprağın penetrasyon direncinin ölçülmesinde ise ELE marka itmeli tip toprak penetrometresi kullanılmıştır.

Bu çalışmada yöntem olarak, farklı boyutlardaki aks yükünün, ilerleme hızının, lastiğin aynı noktadan geçiş sayısı ile lastik şişme basıncının belirlenmesi ve verilerin bu değişkenlere göre toplanması üzerinde yoğunlaşmıştır. Denemelere başlamadan önce kontrol değeri olarak kullanılmak üzere toprağın nem içeriği, hacim ağırlığı ve penetrasyon direnci değerleri belirlenmiştir.

Çizelge 2. Denemelerde kullanılan traktör lastiğine ilişkin yapısal özellikler

Özellik	Değer
Lastik ölçüsü	13.6/12-36
Teorik lastik çapı (mm)	1500
Kat sayısı (adet)	6
Profil yüksekliği (mm)	15
Önerilen max. şişme basıncı (bar)	1.28
Önerilen max. aks yükü (kg)	1.815



Şekil 1. Veri toplama ünitesinin çalışmasındaki bilgi akış diyagramı

Denemeler sırasında, her deneme kombinasyonundan sonra toprak tabakası gevşetilmiş ve karıştırılarak mün-kün olduğunca başlangıçtaki fiziksel durumuna getirilmiştir. Deneme toprağının nem içeriğinin sabit kalması için toprak tabakasının üzeri plastik örtü ile örtülmüş ve böylece denemeler süresince kontrollü değişken olarak seçilen parametrelerin, ölçümleri etkilememesi açısından, değişmeden kalması sağlanmıştır. Ölçümler 0-30 cm'lik toprak derinliğinde yapılmıştır.

Toprak yüzeyi altındaki basınç değerlerinin belirlenmesi amacıyla, Şekil 2'de görüleceği gibi, tekerlek izinin merkez çizgisinde ve kenar çizgisinde olmak üzere; 0-15 cm ve 15-30 cm derinliklere 4 adet 500 kg kapasiteli yükleme hücreleri yerleştirilmiştir. Toprak içerisine yerleştirilen yükleme hücreleri metal kutularla dış etkilerden koruma altına alınmıştır. Her deneme kombinasyonunda tekerlek üzerine yüklenen yük ölçülmüş ve daha sonra geçiş yapılmıştır. Yük ölçümü için test arabası üzerinde bulunan 2000 kg kapasiteli yükleme hücresinin sistemle bağlantısı yapılmış ve uygulanan yük miktarı bilgisayar monitöründen izlenerek belirlenmiştir.

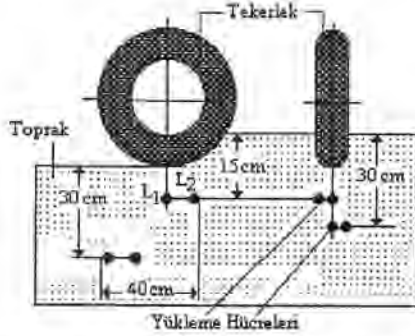
Ölçümler sırasında bütün kombinasyonlar için 4 kanalda da voltmetre ile sıfırlama işlemi (offset) yapılmıştır. Daha sonra yükleme hücrelerinden gelen verileri PC' de depolayan ve kontrol kodları QBASIC programlama dilinde yazılmış olan ÖLÇÜM.SDE adlı bilgisayar program çalıştırılmıştır. Programla her bir saniyede yaklaşık 75 adet değer okunabilmektedir. Sistemin kalibrasyonunu yapmak için program çalıştırılarak yükleme hücrelerinin üzerine ağırlıkları bilinen kütleler konulmuştur. Burada hesaplanan doğrusal ilişkiye ait denklem aşağıda verilmiştir. Denemeler sonucunda elde edilen veriler, bu aşağıda verilen eşitlik 1. kullanılarak kalibre edilmiştir.

$$Y = 3.756X - 2.3062 \quad (R^2 = 0.97) \quad [1]$$

Gerekli işlemler yapıldıktan sonra test arabası hareketlendirilmiştir. Test arabası yükleme hücrelerine yaklaşık 2 m uzaklıkta iken okuma başlatılmış ve test arabası yükleme hücrelerini 2 m geçtikten sonra okuma işlemi sonlandırılmıştır. Böylece değişik derinlikler için geçiş anındaki lastik yükünün toprağa yapmış olduğu baskı ölçülmüştür. Diğer yandan, toprağın nem içeriği ve hacim ağırlığı değerleri 0-15 cm ve 15-30 cm derinliklerden 3 ayrı bölgeden bozulmamış toprak örnekleri alınarak gravimetrik yöntemle göre belirlenmiştir. Toprağın penetrasyon direncini belirlemek için ise tekerleğin her geçişinden önce ve sonra test şeridinin uzunluğu üzerinde 1,5 m aralıklarla 6 ayrı noktadan toprağın 0-30 cm derinliğinde penetrometre ölçümleri yapılmıştır. Ölçümler sırasında toprak penetrometresi ile ilgili olarak ASAE standardına uyulmuştur (Anonymous 1982). Elde edilen veriler Barut ve ark. (1995) tarafından aynı tip ve modeldeki penetrometre için belirlenen eşitlik 2 kullanılarak kalibre edilmiştir.

$$Y = 1666.6X - 7.933 \quad (R^2 = 0.99) \quad [2]$$





Şekil 2. Yükleme hücrelerinin toprak içerisindeki konumları

Tekerlek geçişinden sonra meydana gelen iz derinliğinin ölçülmesinde bir çubuklu profilmetre kullanılmıştır. Test şeridi uzunluğu üzerinde 3 ayrı noktaya profilmetre konularak maksimum iz derinliği değerleri okunmuştur. Maksimum iz derinliği değerleri 3 adet deneme tekrarının (tekerrür) ortalaması olarak verilmiştir (Koger ve ark. 1984, Burt ve ark. 1992).

Yöntemin son bölümü olarak, bu çalışma için istatistiksel analizlerin uygulandığı deneme planlaması verilebilmektedir. Tesadüf bloklarında 4 faktörlü faktöriyel deneme desenine göre yapılan testler sonucunda elde edilen değerler arasındaki ilişkiler belirlenmiştir. Bu amaçla istatistiksel analizler yapılmış ve varyans analiz sonuçlarının önemli çıktığı durumlarda LSD testi uygulanmıştır.

### Bulgular ve Tartışma

Kontrollü değişken olarak seçilen parametrelere bağlı olarak toprağın % 9 ve % 13 nem içeriğinde yürütülen denemeler sonucunda hacim ağırlığı değerlerinin sırasıyla 1.20-1.44 g/cm<sup>3</sup> ve 1.18-1.43 g/cm<sup>3</sup> değerleri arasında değiştiği saptanmıştır. Kontrol değerlerine göre; % 9 nem içeriğinde 0-15 cm derinlikte hacim ağırlığında % olarak 7.7 ile 24 arasında, 15-30 cm derinlikte ise yine % olarak 4.8 ile 18.1 oranları arasında artış olduğu bulunmuştur. Toprağın % 13 nem içeriğinde ise bu oranlar sırasıyla %7 ile %28.6 ve %7 ile %23.8'dir. Bu sonuçlara göre % 13 nem içeriğinde hacim ağırlığı değerlerinde daha yüksek bir değişimin meydana geldiği görülmektedir.

İstatistiksel olarak, her iki nem içeriği ve her iki derinlikte de tekerlek yükü, ilerleme hızı ve geçiş sayısının, hacim ağırlığı değerleri üzerine önemli bir etkisinin olduğu saptanmıştır ( $p < 0.01$ ). Lastik iç basıncının aynı parametreye olan etkisi ise yalnız %9 nem içeriğinde ve 15-30 cm derinlikte önemlidir ( $p < 0,05$ ).

Denemelerle elde edilen ve Çizelge 3 'de ilk iki sütunda kontrollü değişkenlerin kombinasyonlarına göre özetlenen değerler baz alınarak çeşitli bilimsel sonuçlara varılabilmektedir. Tekerlek yükleri üzerine uygulanan LSD testi sonuçlarına göre, tekerlek yükündeki artış ile ortalama hacim ağırlığı değerlerinin arttığı, ve en büyük artışın her iki nem içeriğinde de 1600 kg tekerlek yükünde meydana geldiği görülmüştür. Buna benzer sonuçlar literatürde, tekerlek yükünün hacim ağırlığını etkileyen önemli bir parametre olarak Koger ve ark. (1984, 1985), Harzadın ve Güray (1985), Bal (1985), Bailey ve ark.

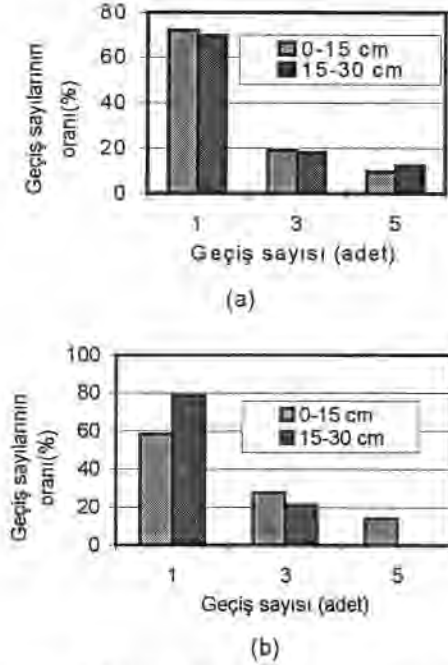
(1988), Çarman (1996) ve Yıldız (1997), tarafından yapılan çalışmalar sonucunda da ortaya çıkmıştır. Aynı şekilde Çizelge 3 'deki değerlerden hareketle ve lastik iç basıncına ilişkin değerlere uygulanan LSD testi sonuçlarından, %9 nem içeriğinde 15-30 cm derinlikte lastik iç basıncındaki artış ile hacim ağırlığının arttığı ve en büyük ortalama hacim ağırlığının 1.5 bar'lık lastik iç basıncında elde edildiği sonucuna varılabilmektedir. Lastik iç basıncının istatistiksel olarak önemli olmadığı durumlarda da 0.8 bar ile 1.5 bar'lık lastik iç basıncı arasında istatistiksel yönden herhangi bir farkın olmadığı ve en büyük ortalama hacim ağırlığının 1.5 bar olan lastik iç basıncında meydana geldiği saptanmıştır. Lastik iç basıncının hacim ağırlığına etkisini incelemek için yapılan birçok çalışmada farklı sonuçlar elde edilmiştir. Erbach ve Knoll (1992), Djordje (1988), Çarman (1996), lastik iç basıncının hacim ağırlığına etkili olduğunu belirtmişlerdir. Bailey ve ark. (1988), yaptıkları çalışmada lastik iç basıncının hacim ağırlığına önemli bir etkisinin olmadığı, Koger ve ark (1984), ise lastik iç basıncının etkisinin toprak tipiyle değiştiği sonucuna varmışlardır.

Çizelge 3 incelendiğinde, ilerleme hızı arttıkça hacim ağırlığı değerlerinin de arttığı ve toprakta sıkışmaya bağlı olarak en büyük hacim ağırlığı değerinin 1.6 m/s ilerleme hızında meydana geldiği görülmektedir. Elde edilen sonuçlar Pınar ve Sessiz (1998), Barut ve ark. (1999) tarafından desteklenmektedir.

Denemelerde her iki nem içeriğinde de ortalama hacim ağırlığı değerlerinin geçiş sayısı ile arttığı ve en büyük değer %13 nem için beşinci geçiş sonunda meydana geldiği saptanmıştır. Geçiş sayılarının toplam artış içindeki oranları incelendiğinde her iki nem içeriğinde ve her iki derinlikte de birinci geçişte meydana gelen artışın daha yüksek olduğu Şekil 3'te verilen grafikten de görülebilmektedir. Aynı noktadan geçen tekerleklerde, her geçiş sonunda toprak sıkışmasındaki artış, ilk geçişlere göre biraz daha az olmaktadır, bu ise, aynı zamanda, toprağın kuru hacim ağırlığı değerlerindeki benzer değişimlerle ortaya konabilmektedir. Bu sonuç, aynı zamanda, birçok araştırmacı tarafından varılan ve geçiş sayılarının artmasıyla hacim ağırlığının da arttığı ve hacim ağırlığındaki en büyük değişimin birinci geçişten sonra meydana geldiği yönündeki (Koger ve ark. 1985, Dzenia ve ark. 1990, Gee-Clough ve ark. 1990, Yıldız 1997) bulgularıyla desteklenmektedir.

Konuya toprak sıkışıklığının bir ölçüsü olan penetrasyon direnci yönünden bakıldığında, yapılan ölçümler sonucunda kontrollü değişkenlere bağlı olarak penetrasyon direncinin; %9 nem içeriğinde 1022.7-2982.6 kPa, %13 nem içeriğinde ise 729.3-3102.2 kPa değerleri arasında değiştiği saptanmıştır. Kontrol değerlerine göre; %9 nem içeriğinde tekerlek izinin merkez çizgisinde 0-15 cm derinlikte penetrasyon direncinde %327.8-%766.7 gibi oldukça yüksek oranlarda artışlar olurken tekerlek izinin kenarında da %223.7-%816.5 gibi benzer oranlarda artışlar olmuştur. Tekerlek izinin merkez ve kenar çizgisinde 15-30 cm derinlikte ise sırasıyla, %171-%356.9 ve %163.6-%315.7 oranında artış olduğu saptanmıştır. Toprağın % 13 nem içeriğinde ise bu değerler 0-15 cm ve 15-30 cm derinlik için sırasıyla, %387.4-%1179.5, %214.7-%998.3 ve %463.7 - %1005.4, %311.9 - %878.3'dür.





Şekil 3. Toprağın % 9 (a) ve % 13 (b) nem içeriğinde ölçülen hacim ağırlığı değerlerine göre geçiş sayılarının toplam artış içindeki oranları

İstatistiksel olarak her iki nem içeriğinde ve bütün ölçüm noktalarında tekerlek yükü, lastik iç basıncı ve geçiş sayısının penetrasyon direnci değerleri üzerine önemli bir etkisinin olduğu belirlenmiştir ( $p < 0,01$ ). İlerleme hızının penetrasyon direncine, toprağın %9 nem içeriğinde ölçüm noktalarına göre farklı şekillerde etkili olduğu belirlenmiştir. Toprağın %13 nem içeriğinde ise genellikle en düşük ilerleme hızında en yüksek penetrasyon direnci değeri elde edilmiştir. Birçok araştırmacı ilerleme hızının penetrasyon direncine farklı şekillerde etki ettiğini belirtmektedir. Pınar ve Sessiz (1998) ve Barut ve ark. (1999) yaptıkları çalışmada ilerleme hızı arttıkça penetrasyon direncinin arttığını, Ababe ve ark. (1992) ise ilerleme hızı arttıkça lastik tarafından toprakta yapılan sıkışmaya bağlı olarak toprağın penetrasyon direncinin azaldığını ifade etmiştir.

İlerleme hızının, koni indeksi olarak ölçülen toprak direnci üzerinde %9 nem içeriğinde tekerlek iz merkezinde önemli bir etkisinin olmadığı, ne var ki tekerlek iz kenarında ise  $p < 0,01$  düzeyinde önemli bir etkisinin olduğu bulunmuştur. Bu bulgu, iz merkezinde hızla bağlı olarak ve özellikle yavaş gidildiğinde, lastiğin toprağa iyi teması sonucu toprak yüzeyinde düzgün yayılı bir yükün oluştuğu ve bu yük, lastik temas alanına yayıldığından toprağın sıkıştırılma etkisinin iz kenarına göre kısmen ve zaman zaman azalması olarak açıklanabilmektedir. Oysa iz kenarında yayılı yük bulunmadığından özellikle lastik dış yüzeyindeki tutunma profillerinin yarattığı keskin ve nokta yükü yüzünden sıkışmanın bazen fazla olması, dolayısı ile de koni indeksi değerlerinin ise zaman zaman yükselmesi olarak yorumlanabilmektedir. Benzer şekilde, toprak sıkışıklığı, %13 nem içeriğinde tekerlek iz merkezi ve iz kenarında  $p < 0,01$ , iz merkezinde 15-30 cm derinlikte  $p < 0,05$  düzeyinde önemli olduğu, fakat iz kenarında 15-30 cm derinlikte önemli bir etkisinin bulunmadığı görülmüştür.

O halde traktör lastiği tarafından yapılan sıkışma, toprağın üst katmanlarında ve iz kenarlarında yüksek derecede oluşmaktadır.

Her iki nem içeriğinde yapılan değerlendirmeler sonucunda, Çizelge 3 'te yer alan ölçüm sonuçlarından hareketle, bütün ölçüm noktalarında, genel olarak tekerlek yükü arttıkça ortalama penetrasyon direnci değerleri de artmıştır. Toprağın %9 ve %13 nem içeriklerinde; tekerlek iz merkezinde 0-15 cm ve 15-30 cm derinliklerde ölçülen değerlerde, tekerlek izi kenarında ölçülen değerlere göre daha büyük bir artış olmaktadır. Buna göre; her iki ölçüm derinliğinde de tekerlek yükü, tekerlek iz kenarına göre iz merkezinde toprağın daha fazla sıkışmasına neden olmaktadır. Ayrıca her iki ölçüm bölgesinde de 15-30 cm derinlikte ölçülen ortalama penetrasyon direnci değerleri daha büyük olmasına rağmen 0-15 cm derinlikte yükün artmasıyla ortalama penetrasyon direnci değerlerinde meydana gelen % artış oranı daha yüksektir. Birçok araştırmacı, yaptıkları çalışmalar sonucunda; yükün penetrasyon direncine etkili olan önemli bir değişken olduğunu ve yükteki artış ile penetrasyon direncinin de arttığını belirterek benzer sonuçlar elde etmişlerdir (Koger ve ark. 1984, Koger ve ark. 1985, Çarman 1996, Yıldız 1997, Pınar ve Sessiz 1998).

Ortalama penetrasyon direnci değerlerine lastik iç basıncının etkisi incelendiğinde %9 ve %13 nem içeriklerinde farklı sonuçların elde edildiği görülmektedir. Çizelge 3 'te özetlenen değerlerden hareketle toprağın %9 nem içeriğinde, bütün ölçüm noktalarında en küçük ortalama penetrasyon direnci, 1 bar'lık lastik iç basıncında meydana gelirken 0.8 bar ve 1.5 bar'lık lastik iç basınçları istatistiksel olarak benzer şekilde etki etmektedir. Toprağın %13 nem içeriğinde ise lastik iç basıncı arttıkça ortalama penetrasyon direnci de artmış ve 1.5 lastik iç basıncında daha yüksek değerler elde edilmiştir. Geçiş sayısının penetrasyon direncine etkisini belirlemek için yapılan analizler sonucunda her iki nem içeriğinde de geçiş sayısı arttıkça ortalama penetrasyon direnci değerlerinin de arttığı görülmüştür. Tıpkı, toprağın kuru hacim ağırlığındaki artış oranlarında olduğu gibi, her iki nem içeriğinde bütün ölçüm noktalarında koni indeksi olarak ölçülen ortalama penetrasyon direncinde de en büyük artışın birinci geçişten sonra meydana geldiği ve geçiş sayısı arttıkça toprak sıkışıklığında azalan oranlarda bir artışın olduğu belirlenmiştir (Şekil 4). Bu sonuç, Barone (1990), Gee-Clough ve ark. (1990), Yıldız (1997), Pınar ve Sessiz (1998) tarafından belirtilen benzer sonuçlardandır. Genel olarak, aynı noktadan yapılan geçişin fazlalığı sonucu penetrasyon direnci de artmaktadır.

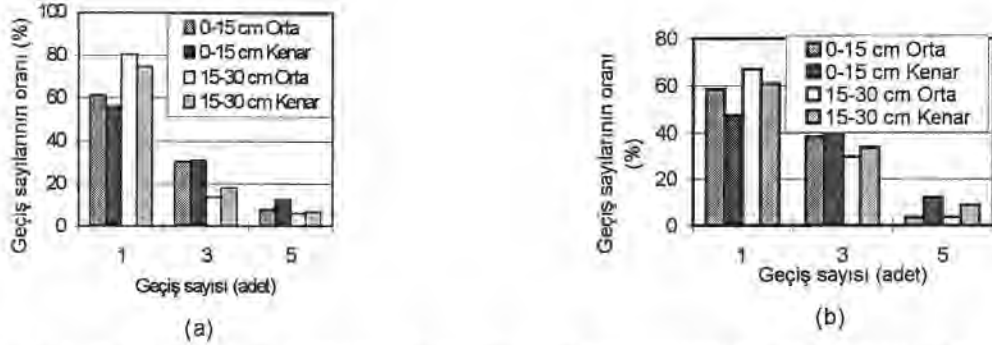
Bu çalışmada yürütülen çalışmalardan birisi de geçişler sonrası lastiğin bıraktığı iz profiline hareketle, iz derinliklerinde oluşan değişimlerin gözlemlenmesidir. Yapılan ölçümler sonucunda maksimum iz derinliğinin tekerlek eksenine göre çok yakın bir yerde oluştuğu ve değerlerinin ise %9 ve %13 nem içeriğinde sırasıyla 5.6-12.5 cm ve 12.2-15.8 cm arasında değiştiği bulunmuştur. Toprağın %9 ve %13 nem içeriğinde ölçülen bir kombinasyonuna ait iz profili Şekil 5'te verilmiştir. Denemelerin yürütüldüğü her iki nem içeriğinde de tekerlek yükü, lastik iç basıncı, ilerleme hızı ve geçiş sayısının iz derinliği üzerine istatistiksel olarak önemli bir etkisinin olduğu belirlenmiştir.

Çizelge3: İki farklı nem içeriğindeki deneme toprağının istatistiksel analizlerde kullanılmak üzere ölçülmüş bazı ortalama değerleri.  
(aynı sütunda farklı harflerle simgelenmiş ortalamalar arasındaki fark istatistiksel olarak önemlidir.)

Toprağın % nem içeriği	*Kontrollü değişkenler	Hacim ağırlığı (g/cm <sup>3</sup> )		Toprağın penetasyon direnci (kPa)				İz derinliği (cm)	Lastik temas yüzeyi altındaki basınç (kPa)			
				İz merkezli		İz kenarı			İz merkezli		İz kenarı	
				0-15 cm	15-30 cm	0-15 cm	15-30 cm		0-15 cm	15-30 cm	0-15 cm	15-30 cm
N1 Ortalama %9 nem oranında	Y1=1000 kg	1.29b	1.34b	2066.9c	2482.7c	1493.4c	2129.6c	9.1c	622.3	317.9c	362.3b	130.4c
	Y2=1300 kg	1.31ab	1.36ab	2204.9b	2613.5b	1640.9b	2270.7b	9.8b	672.7	371.9b	460.6a	178.9b
	Y3=1600 kg	1.32a	1.37a	2366.9a	2699.2a	1835.1a	2384.9a	10.3a	649.4	425.3a	453.0a	201.9a
	Ş1=0.8 bar**	1.30	1.35b	2240.1a	2656.2a	1673.1a	2327.9a	9.3b	599.3b	325.0c	389.0c	152.5c
	Ş2=1.0 bar**	1.30	1.36ab	2133.9b	2506.0b	1560.5b	2143.9b	9.8a	643.9ab	414.9a	429.3b	182.6a
	Ş3=1.5 bar**	1.31	1.37a	2264.8a	2633.1a	1735.9a	2313.5a	10.0a	712.4a	375.2b	457.6a	178.1b
	V1=1.0 m/s	1.26c	1.34b	2202.1	2599.2a	1673.7a	2311.3a	8.2c	626.2	304.7c	402.4b	152.5a
	V2=1.3 m/s	1.31b	1.36ab	2203.5	2564.3b	1598.2b	2187.1b	10.3b	680.0	361.7b	476.7a	180.5a
	V3=1.6 m/s	1.34a	1.37a	2233.3	2631.9a	1697.6a	2286.9ab	10.7a	640.4	448.6a	396.7b	179.7a
	G1=1 geçiş	1.27c	1.33c	1695.9c	2360.3c	1245.6c	2002.5c	9.4b	830.9a	342.0b	379.5c	119.1c
	G2=3 geçiş	1.31b	1.36b	2381.3b	2652.6b	1759.2b	2328.6b	9.7a	660.9b	387.0a	467.4a	187.2b
	G3=5 geçiş	1.33a	1.38a	2561.6a	2782.4a	1964.6a	2454.2a	10.0a	535.9c	386.2a	429.0b	206.1a
N2 Ortalama %13 nem oranında	Y1=1000 kg	1.27b	1.31b	2237.7c	2467.4c	1612.1c	1910.3c	13.6b	586.3	295.2c	511.9b	90.8c
	Y2=1300 kg	1.28ab	1.33ab	2361.6b	2578.8b	1736.6b	2059.3b	14.2a	596.4	325.2b	524.7ab	116.8a
	Y3=1600 kg	1.30a	1.34a	2453.0a	2683.2a	1842.8a	2166.8a	14.2a	599.8	362.3a	538.4a	101.8b
	Ş1=0.8 bar**	1.28	1.32	2264.9b	2481.9b	1546.4b	1914.0b	13.7a	558.4b	310.5b	411.7c	98.1b
	Ş2=1.0 bar**	1.28	1.32	2368.6a	2604.4a	1785.5a	2084.5a	13.9ab	633.3ab	303.6b	547.4b	97.9b
	Ş3=1.5 bar**	1.29	1.33	2418.9a	2646.2a	1859.6a	2137.9a	14.3a	693.8a	368.5a	615.9a	113.4a
	V1=1.0 m/s	1.28b	1.31b	2401.0a	2619.1a	1728.2ab	2078.4	14.1a	601.8ab	380.9a	471.0c	111.1b
	V2=1.3 m/s	1.28b	1.32b	2348.0ab	2581.8ab	1802.6a	2026.5	13.6b	693.5a	344.7b	527.7b	124.7a
	V3=1.6 m/s	1.30a	1.35a	2303.4a	2531.5b	1660.6b	2031.6	14.2a	562.3b	257.0c	576.1a	73.5c
	G1=1 geçiş	1.23c	1.30b	1686.5c	2031.3c	1136.1c	1554.6c	13.8	856.2a	260.6b	563.6a	55.7c
	G2=3 geçiş	1.29b	1.34a	2639.5b	2806.6b	1911.5b	2201.1b	13.4	597.8b	357.7a	569.1a	115.6b
	G3=5 geçiş	1.32a	1.34a	2726.4a	2894.5a	2143.9a	2380.8a	14.2	492.3c	346.3a	442.2b	138.1a

\* Kontrollü değişken olarak, Y, lastik yükünü Ş lastiğin denemedeki şişme basıncını, N topraktaki ortalama nem oranını, V deney arabasının ilerleme hızını ve G tekerin aynı noktadan geçiş sayısını belirtmektedir.

\*\*1 bar=10 N/cm<sup>2</sup> = 10<sup>5</sup> Pa'dır. Aynı zamanda 1 N=0.102 kg'dır.



Şekil 4. Toprağın % 9 (a) ve % 13 (b) nem içeriğinde ölçülen penetrasyon direnci değerlerine göre geçiş sayılarının toplam artış içerisindeki oranları

Genel olarak Çizelge 3 'te verilen değerlerden de anlaşılacağı gibi, tekerlek yükü, lastik iç basıncı, ilerleme hızı ve geçiş sayısı arttıkça iz derinliği de artmaktadır.

Konuya, aks yükünün, toprak sıkışıklığına olan etkisi doğrultusunda bakıldığında ise, toprağın %9 nem içeriğinde yapılan ölçümler sonucunda; farklı derinliklerde yaratılan basınç değerlerinin, tekerlek iz merkezinde 304 kPa ile 830.9 kPa, tekerlek iz kenarında ise 119.1 kPa ile 476.7 kPa değerleri arasında değiştiği belirlenmiştir. Bu değişim miktarı Çizelge 3 'ten de görülebileceği gibi %13 nem içeriğinde iz merkezinde ve iz kenarında olmak üzere sırasıyla, 260.6-856.2 kPa arasında ve 73.5-615.9 kPa arasında bulunmaktadır. Yapılan ölçümler sonucunda toprak altındaki en büyük basınç değerleri sırasıyla Şekil 2'de gösterilen ve  $L_1$ ,  $L_3$ ,  $L_2$  ve  $L_4$  ile simgelenen yüklenme hücrelerinde elde edilmiştir. Bir başka deyimle aynı derinlik için tekerlek iz merkezinde iz kenarına göre daha yüksek değerler bulunmuştur. Benzer şekilde literatürde Erbach ve ark. (1991), Block ve ark. (1994), ve Way ve ark. (1996), gibi bazı araştırmacılar, yaptığı çalışmalarda tekerlek iz kenarına göre iz merkezine yerleştirdikleri algılayıcılarda okunan basınç değerlerinin daha yüksek olduğunu belirtmişlerdir. Tekerele, beklendiği gibi, yüklenme hücrelerine belirli bir uzaklıkta iken, yüklenme hücrelerinde basınç değeri okunmaya başlanmakta, tekerlek yüklenme hücrelerine yaklaştıkça ölçülen basınç değeri artmakta ve tekerlek yüklenme hücrelerinin tam üzerine geldiğinde en yüksek basınç değeri okunmaktadır. Tekerele yüklenme hücrelerinden uzaklaştıkça ölçülen basınç değeri hızla düşmekte ve belirli bir noktadan sonra ise sıfır olmaktadır. Şekil 6'da görüldüğü gibi pozitif okuma uzaklığı değerleri tekerleğin yüklenme hücrelerine gelmeden önceki uzaklığını, negatif yüklenme hücreleri değerleri ise tekerleğin yüklenme hücrelerini geçtikten sonraki okuma uzaklıklarını ifade etmektedir.

Toprağın %9 nem içeriğinde, bütün ölçüm noktalarında; tekerlek yükü, lastik iç basıncı, ilerleme hızı ve geçiş sayısının ölçülen basınç değerleri üzerine  $p < 0.01$  düzeyinde önemli bir etkisinin olduğu saptanmıştır. Toprağın %13 nem içeriğinde de;  $L_2$ ,  $L_3$  ve  $L_4$  de ölçülen basınç değerlerine; tekerlek yükü, lastik iç basıncı, ilerleme hızı ve geçiş sayısının  $p < 0.01$  düzeyinde etkili olduğu belirlenmiştir. Bunun yanında, toprağın %9 nem içeriğinde  $L_1$  yük hücrelerinde ölçülen basınç değerleri üzerine etkili olan tekerlek yükleri arasında önemli bir fark bulunamamıştır. Diğer yandan,  $L_2$  ile belirtilen yük

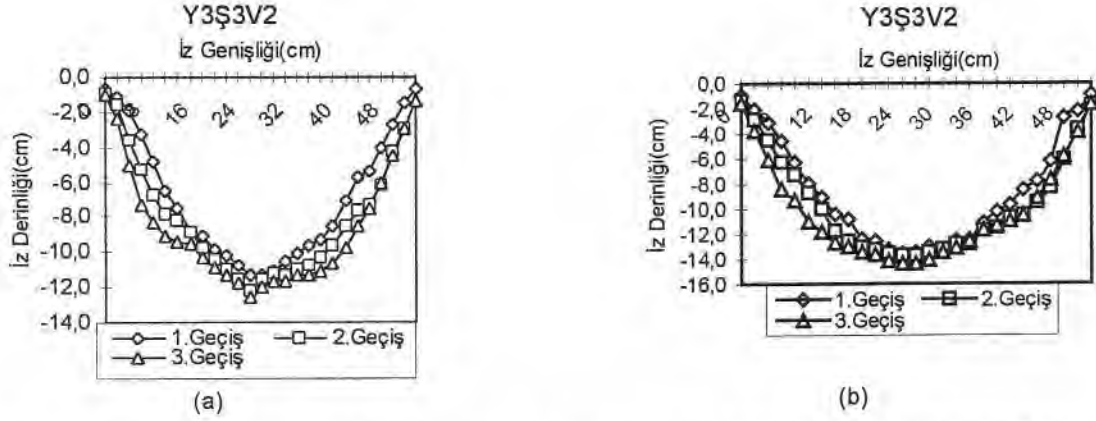
hücrelerinde ölçülen basınç değerleri üzerine ise 1300 kg tekerlek yükü ile 1600 kg tekerlek yükünün benzer şekilde etkili olduğu ve tekerlek yükünün 1000 kg'dan 1300 kg'a yükseltilmesiyle ölçülen basınç değerlerinde ortalama %27.1 oranında artmış olduğu bulunmuştur. Tekerele aks yükündeki artışa bağlı olarak  $L_3$  ve  $L_4$ 'de ölçülen basınç yüksek değerde bulunmuştur.

Benzer şekilde, Çizelge 3 'de verilen ölçüm sonuçlarından hareketle,  $L_3$ 'de tekerlek yükünün 1000 kg'dan 1600 kg'a yükseltilmesiyle basınç değerleri %33.8 oranında,  $L_4$ 'de ise %52.5 oranında artış olmuştur. Toprağın %13 nem içeriğinde de;  $L_1$ 'de ölçülen basınç değerlerine etkili olan tekerlek yükleri arasında önemli bir fark bulunamamıştır. Tekerele yükü arttıktan  $L_2$  ve  $L_3$ 'de basınç değerleri de artmış ve tekerlek yükünün 1000 kg'dan 1600 kg'a yükseltilmesiyle ortalama basınç değerlerinde sırasıyla %5.2 ve %22.7 oranında artışlar olmuştur. Yük hücreleri  $L_4$ 'de ise en küçük basınç değeri 1000 kg tekerlek yükünde elde edilmiş ve yükün 1000 kg'dan 1300 kg'a yükseltilmesiyle basınç değeri %28.6 oranında artmıştır. Bu oranlar; her iki ölçüm bölgesi içinde 15 cm derinlikte ölçülen basınç değerlerinin 30 cm derinlikte ölçülen basınca göre daha yüksek olduğunu ve 15 cm derinlikte yükün artırılmasıyla daha düşük oranlarda değişim olduğunu göstermektedir.

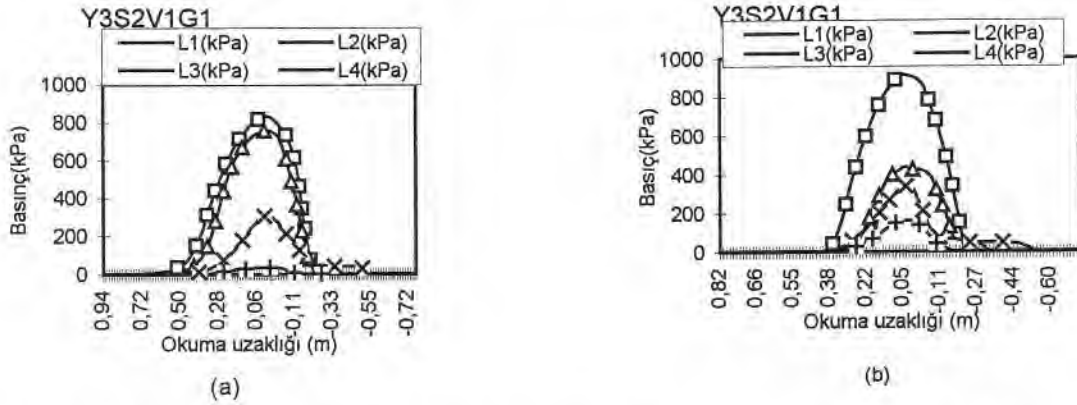
Toprağın %9 ve %13 nem içeriğinde, lastik iç basıncının artmasıyla, lastiğin toprağa yaptığı ortalama basınç değerlerinin de arttığı, denemelerde elde edilen ölçüm sonuçlarından çıkarılan bir bulgudur. Tekerele iz merkezinde ve iz kenarında yapılan ölçümlerde, lastik iç basıncının 0.8 bar'dan 1.5 bar'a yükseltilmesiyle ölçülen tekerlek basıncı değerlerinin %9 nem içeriğinde sırasıyla %18.9 ve %17.6, %13 nem içeriğinde %24.3 ve %49.6 oranında arttığı belirlenmiştir. Toprağın 30 cm derinliğinde ise bu artış oranları sırasıyla; %15.5, %16.8 ve %18.7 ve %15.6 olarak bulunmuştur.

Son bir bulgu olarak ise, ilerleme hızının toprağın farklı derinliklerinde ölçülen basınç değerleri üzerine farklı şekillerde etkili olduğudur. Genel olarak, her iki nem içeriğinde de tekerlek iz merkezinde ve iz kenarında lastiğin toprağa yaptığı basınç değerleri tekrarlanan geçişlerde azalmış, 30 cm derinlikte ise artmıştır. Bu bulgu Pollock ve ark. (1988) yaptıkları çalışmada vardıkları "toprakta ilk tekerlek yüklenmesi süresince volumetrik zorlanmanın büyük bir kısmının ilk geçişten sonra meydana geldiği,





Şekil 5. Toprağın % 9 ve % 13 nem içeriğinde farklı tekerlek yükü, lastik iç basıncı ve ilerleme hızlarında geçiş sayısı ile iz profilindeki değişim



Şekil 6. Toprağın % 9 (a) ve % 13 (b) nem içeriğinde 1600 kg lastik yükünde 1.0 bar lastik iç basıncında, 1 m/s'lik ilerleme hızında ve 1 kez geçişte elde edilen lastik basınç değerlerinin okuma uzaklığına göre değişimleri

ilave yüklemelerin toprağın sertleşmesinden dolayı, zorlanmada küçük artışlar meydana getirdiği" yönündeki bulguları ile bağdaşır görünmektedir.

## Sonuç

Tınlı toprakta iki farklı nem içeriğinde yapılan denemeler sonucunda elde edilen bulgu ve yorumlarından hareketle aşağıdaki sonuçlar sıralanabilmektedir.

1. Toprağın %9 ve %13 nem içeriğinde yapılan ölçümler sonucunda kontrollü değişken olarak seçilen parametrelerin, %13 nem içeriğinde toprağın hacim ağırlığı, penetrasyon direnci, iz derinliği ve basınç değerlerine olan etkisi daha fazladır.

2. Tekerlek yükündeki artışlar; hacim ağırlığı, penetrasyon direnci, iz derinliği ve lastik temas yüzeyi altındaki basınç değerlerinin artmasına neden olmaktadır. Tarım makinalarının mümkün olduğunca ağırlıklarının azaltılması, doğal olarak, toprak sıkışmasının azalmasına yardımcı olacaktır.

3. Lastik iç basıncındaki artış tekerleğin temas alanı ve esnekliğini azalttığından toprak sıkışmasının artmasına

neden olmaktadır. Lastik iç basıncı lastiğin yapısına zarar vermeyecek en düşük değerde tutulmalıdır. Bu değer, lastiğin boyutlarına ve taşıyacağı aks yüküne bağlı olarak değişik değerlerde olabilmektedir.

4. Tekrarlanan geçişler toprağın hacim ağırlığı, penetrasyon direnci, iz derinliği ve yüzey altındaki basınç değerlerini artırmaktadır. Tarımsal alanlarda tekrarlanan geçişlerden kaynaklanan yoğun tarla trafiğinin azaltılması toprak sıkışmasının zararlı boyutlara ulaşmasını engelleyecektir. Bu ise, özellikle makinalı tarımda mümkün olduğunca tek geçişte bir çok tarımsal işlerin yapılmasını zorlayacaktır. Ne var ki, tarımsal işlerdeki çeşitlilik, minimum tarla trafiği için çok farklı özelliklerde ve yapılarıdaki makinelerin bir arada kullanılmasını gerektirebilmekte, bu ise, bir kısıt olarak artan makina ağırlığı şeklinde karşımıza çıkabilmektedir.

5. İlerleme hızının, toprağın kuru hacim ağırlığına, penetrasyon direncine, lastik iz derinliğine ve yüzey altındaki basınç değerleri üzerine farklı şekillerde etki ettiği belirlenmiştir. Bu konuda kesin bir sonuca varılamama nedeni olarak, toprak kanalının uzunluğu dikkate alınarak çalışmadaki hız kademelerinin birbirine çok yakın seçildiği düşünülmektedir.

## Kaynaklar

- Ababe, A. T., M. Yamazaki, A. Oida and H. Nakashima, 1992. Effects of forward velocity of tractor on transient soil compaction. *Journal of The Japanese Society of Agricultural Machinery*, 54 (3) 25-30.
- Anonymous, 1982. ASAE Standart: ASAE S313.1. *Agricultural Engineering Yearbook*. Michigan, USA.
- Bailey, A. C., T. A. Nichols and C. E. Johnson, 1988. Soil stress state determination under wheel loads. *Transaction of the ASAE*, 31 (5) 1309-1314.
- Bailey, A. C., R. L. Raper, E. C. Burt, C. E. Johnson and T. R. Way, 1992. Soil stresses under tires with low inflation pressure. *Transaction of the ASAE*, Paper No. 92-1581.
- Bal, H. 1985. Toprak sıkışması, sorunları ve çözüm yolları. *Tarımsal Mekanizasyon 9. Ulusal Kongresi*, 20-22 Mayıs 1985, *Bildiriler Kitabı*, Adana, s: 131-138.
- Barone, L. 1990. Wheel traffic effect on soil compaction. 4. *Uluslararası Tarımsal Mekanizasyon ve Enerji Kongresi*, 1-4 Ekim 1990, *Bildiriler Kitabı*, Adana, s: 159-165.
- Barut, Z. B., R. Okursoy and A. Özmerzi, 1995. Sera topraklarının işlenmesinde toprak işleme kriterleri. *Tarımsal Mekanizasyon 16. Ulusal Kongresi*, 5-7 Eylül 1995, *Bildiriler Kitabı*, Bursa, s: 521,528.
- Barut, Z. B., R. Okursoy and A. Özmerzi, 1999. Physical effects of tractor traffic on silty sand. 7<sup>th</sup> *Int. Congress on Agricultural Machanisation and Energy*. 26-27 May 1999, Adana, Turkey, pp. 215-219.
- Block, W. A., C. E. Johnson, A. C. Bailey, E. C. Burt and R. L. Raper, 1994. Soil stress measurement under rigid wheel loading. *Transaction of the ASAE*, 37 (6) 1753-1756.
- Burt, E. C., R. K. Wood and C. Bailey, 1992. Some comparions of average to peak soil-tire contact pressures. *Transaction of the ASAE*, 35 (2) 401-404.
- Çarman, K. 1992. Tarımda kullanılan lastiklerin potansiyel sıkıştırma indekslerinin belirlenmesi. *Tarımsal Mekanizasyon 14. Ulusal Kongresi*, 14-16 Ekim 1992, *Bildiriler Kitabı*, Samsun, s: 494-502.
- Çarman, K. 1996. Prediction of penetration resistance sinkage and bulk density in soil - tire introduction. 6. *Uluslararası Tarımsal Mekanizasyon ve Enerji Kongresi*, 2-6 Ekim 1996, *Bildiriler Kitabı*, Ankara, s. 417-423.
- Djordje, M. R. 1988. Influence of tire inflation pressure on soil bulk density. *Physical Properties of Agricultural Materials and Products Proceedings of the 3<sup>rd</sup> Int. Conference*. August 19-23, 1985, Prague, Czechoslovakia, 867-872.
- Dzenia, S., A. Sosnowski, Hoffman, I. Kakol, 1990. Effect of soil and crops pressure by tractor wheels on physical properties of soil, weediness and yields of barley and wheat part changes in some soil physical properties. *Roczniki Nauk Polniczych Seria A Produkcja Roslina*, 107 (4) 21-29.
- Erbach, D. L., G. R. Kinney, A. P. Wilcox and A. E. Ababda, 1991. Strain gage to measure soil compaction. *Transaction of the ASAE*, 334 (6) 2345-2348.
- Erbach, D. C. and K. K. Knoll, 1992. Inflation pressure effect on soil compaction. Paper- *American Society of Agricultural Engineers*, No.92-1582.
- Gee - Clough, D., V. M. Salokhe and M. Javid, 1990. The effect of soil compaction on maize yield in heavy clay soil. *Proceedings of the International Agr. Eng. Conference and Exhibition*, Bangkok, Thailand, 3-6 December, 389-395.
- Harzadın, T., ve U. Güray, 1985. Tarımda kullanılan lastiklerin toprağın deformasyonuna etkileri. *Tarımsal Mekanizasyon 9. Ulusal Kongresi*, *Bildiriler Kitabı*, Adana, s: 122-130.
- Koger, J. L., A. C. Trowse Jr, E. C. Burt, R. H. Iff and A. C. Bailey, 1984. Skidder tire size vs. soil compaction in soil bins. *Transaction of the ASAE*, 27 (3) 665-669.
- Koger, J. L., E. C. Burt and A. C. Trowse Jr. 1985. Multiple pass effects of skidder tires on soil compaction. *Transaction of the ASAE*, 28 (1) 11-16.
- Mc Kyes, E. 1985. *Soil cutting and tillage*. Elsevier Publishing Company, New York USA.
- Nichols, T. A., A. C. Bailey, C. E. Johnson and R. D. Grisso, 1987. A stress state transducer for soil. *Transaction of the ASAE*, 30 (5) 1237-1241.
- Okursoy, R. 1992. Toprağın kompaksiyon modeli. *Tarımsal Mekanizasyon 14. Ulusal Kongresi*, 14-16. Ekim 1992, *Bildiriler Kitabı*, Samsun, s: 564-573.
- Önal, İ. 1978. Tarım topraklarında sıkışma sorunu. *Ege Üniv. Ziraat Fak. Dergisi*, İzmir, 15 (3) 1-27.
- Pınar, Y. ve A. Sessiz, 1998. Toprak sıkışmasına etkili bazı faktörler üzerine bir araştırma. *Tarımsal Mekanizasyon 18. Ulusal Kongresi*, Tekirdağ, s:310-316.
- Polock, D., J. V. Perumpral and T. Kuppasamy, 1986. Finite element analysis of multipass Effect of Vehicles on Soil Compaction. *Transaction of The ASAE*, 29 (1) 45-50.
- Way, T. R., T. Kishimoto and E. C. Burt, 1996. Tractor tire aspect ratio effects on soil stresses and rut depths. *ASAE Paper No: 96-1097*.
- Yıldız, M. U. 1997. 7.00-18 Ölçülerindeki Radyal Lastiğin Yapısal Özellikleri ve İşletme Karakteristiklerinin Toprak Sıkışmasına Etkisi. *Selçuk Üniv. Fen Bilimleri Ens. (Yayınlanmamış Doktora Tezi)*, Konya, 77s.

## ANKARA ÜNİVERSİTESİ ZİRAAT FAKÜLTESİ TARIM BİLİMLERİ DERGİSİ YAYIN İLKELERİ

1. Dergide tarım bilimleri alanında yapılmış özgün araştırmalar yayınlanır.
2. Dergide yayınlanacak eserler Türkçe, İngilizce, Almanca ya da Fransızca dillerinden birinde yazılabilir.
3. Dergiye gelen eserin basımı öncesinde hakem görüşü alınır. Yayın komisyonuna gönderilen makalenin dergide yayınlanabilmesi için Yayın Kurulunca bilimsel içerik ve şekil bakımından uygun görülmesi ve hakemler tarafından kabul edilmesi gerekir. Yayınlanması uygun bulunmayan eser yazarına/yazarlarına geri gönderilir.
4. Dergide yayınlanacak eserin daha önce hiçbir yaygın organında yayınlanmamış ya da yayın hakkının verilmemiş olması gerekir.
5. Yayınlanması istenen eser dergiye, Microsoft Word Windows programında, Arial yazı karakterinde yazılarak, disketiyle birlikte, 1 bilgisayar çıktısı, 2 fotokopi olmak üzere toplam 3 nüsha gönderilir.
6. Dergide yayınlanan eserin yazarına/yazarlarına 5 (beş) adet ücretsiz ayrı baskı verilir.
7. Yazar soyadlarının son harfi üzerine rakam koyularak adresleri ilk sayfanın altında dipnot olarak verilir.
8. Yapılan çalışma bir kurum/kuruluş tarafından desteklenmiş ya da doktora/yüksek lisans tezinden hazırlanmış ise, bu durum ilk sayfanın altında dipnot olarak verilir.
9. Dergiye gönderilecek eser: Özet, Abstract, Giriş, Materyal ve Yöntem, Bulgular ve Tartırma, Sonuç, Teşekkür (gerekirse), Kaynaklar şeklinde düzenlenir.
10. Dergiye gönderilecek eser, A4 normunda birinci hamur kağıda, 170 x 250 mm'lik alanı kapsayacak şekilde ortada 0,5 cm boşluk bırakılarak 8,25 cm'lik iki sütun halinde hazırlanmalı ve 8 sayfayı geçmemelidir.
11. Eser hangi dilde yazılırsa yazılsın, Türkçe özet ve İngilizce abstract içermeli, özetlere aynı dilde başlık koyulmalı ve 200'er kelimeyi geçmemelidir. Özetler, 15 cm'lik tek sütun halinde 8 punto ve 1 aralık ile yazılmalıdır.
12. Metin, 9 punto ve 1 aralık ile yazılmalıdır. Şekil, grafik, fotoğraf ve benzerleri "Şekil", sayısal değerler ise "Çizelge" olarak belirtilir ve metin içerisine yerleştirilir. Şekil ve çizelgelerin eni 7,5 cm ya da 15,5 cm'yi geçmemelidir. Şekil, çizelge ve kaynaklar da kullanılan harf büyüklüğü 8 punto olmalıdır.
13. Eserde yararlanılan kaynaklara ilişkin yazım "yazar ve yıl" yöntemine göre yapılır. Üç ya da daha fazla yazarın kaynağı ifade edilmek istenirse "ve ark." kısaltması kullanılır, "Kaynaklar" bölümünde tüm yazarlar belirtilir.
14. Sözlü görüşmeler ve yayınlanmamış eserlere ait bildirimler, kaynak olarak kullanılmamalıdır.
15. Kaynaklar listesi ilk yazarın soyadına göre alfabelik olarak düzenlenir. Yararlanılan kaynak dergiden alınmışsa;  
Yetişmeyen, A., N. Aröz, 1995. Farklı koyulaştırma oranı ve kurutma sıcaklığında elde edilen yayıkaltı tozunun kalite kriterlerinin belirlenmesi. Gıda 20 (2): 117-122.  
kitaptan alınmışsa;  
Düzgüneş, O., T. Kesici, O. Kavuncu ve F. Gürbüz, 1987. Araştırma ve Deneme Metodları (İstatistik Metodları II). Ankara Üniv. Zir. Fak. Yay. No. 1021, 381 s., Ankara.  
kitabın bir bölümünden alınmışsa;  
Fıratlı, Ç. 1993. Arı Yetiştirme. "Ed. M.Ertuğrul. Hayvan Yetiştirme (Yetiştiricilik)", s. 239-270, Ankara.  
anonim ise;  
Anonim, 1993. Tarım İstatistikleri Özeti 1991. T.C. Başbakanlık Devlet İstatistik Enstitüsü, Yayın No. 1579, Ankara.  
internet ortamından alınmışsa;  
<http://www.newscientist.com/ns/980223/features.html>  
olarak verilmelidir.
16. Basımına karar verilen ve düzeltme için yazarına/yazarlarına gönderilen eserde, ekleme ya da çıkarma yapılamaz.
17. Yayın süreci tamamlanan eserler geliş tarihi esas alınarak yayınlanır.
18. Bir yazarın, aynı sayıda ilk isim olarak 1 (bir), ikinci ve diğer isim sırasında 1 (bir) olmak üzere toplam 2 (iki) eseri basılabilir.
19. Yayınlanan eserin tüm sorumluluğu yazar/yazarlarına aittir.