

Traktöre Asılabilen Bir Toprak Penetrometresi İçin Tasarlanan Hidrolik Donanım*

Yücel TEKİN** Rasim OKURSOY***

ÖZET

Toprak sıkışıklığı konusunda yapılan çalışmalarda görülmüştür ki, toprak sıkışması toprağa bırakılan tohumun çimlenmesini ve çimlenen bitkinin kök gelişimini sınırlayan en önemli fiziksel faktörlerin başında gelmektedir. Bitkisel üretim aşamasında yoğun tarla trafiği nedeniyle ortaya çıkan toprak sıkışıklığının kontrol edilmesi gerekmektedir. Toprak sıkışıklığı, standart ölçü ve yapıdaki bir toprak penetrometresi ile ölçülmektedir. Toprak sıkışıklığı değeri ise, koni indeksi (cone index) olarak penetrometre konisinin, toprağı standart delme hızında, penetrometre sapına uygulanan kuvvetin, standart koninin taban alanına oranlanması ile bulunan bir parametredir. Özellikle ağır toprak koşullarında, el penetrometresi ile yapılan ölçümlerde verilerin alınması zor ve uzun zaman almakla birlikte standart delme hızı uygulanamaması nedeni ile alınan veriler hatalı olmaktadır. Bu çalışmada toprak sıkışıklığının tarla koşullarında kolayca ölçülebilmesinde kullanılan hidrolik tahrikli bir elektronik toprak penetrometresi için geliştirilen hidrolik sistem tanıtılmıştır. Hidrolik sistem hareketini traktör üzerinde bulunan hidrolik pompadan almaktadır. Hidrolik sistemde sabit hızın sağlanabilmesi için hidrolik blok üzerinde yer alan akış kontrol valfi ile birlikte piston, silindir ve emniyet valfi kullanılmıştır.

Anahtar Sözcükler: Hidrolik penetrometre, Koni İndeksi, Toprak Sıkışıklığı.

* U.Ü. Fen Bilimleri Ens. Y. Tekin tarafından tamamlanmış doktora tezinden alınmıştır.

** Öğr. Gör., U.Ü. Teknik Bilimler MYO, Bursa. [e-mail: ytekin@uludag.edu.tr](mailto:ytekin@uludag.edu.tr)

*** Prof. Dr., U.Ü. Ziraat Fakültesi Tarım Mak. Bölümü, Bursa. [e-mail: okursoy@uludag.edu.tr](mailto:okursoy@uludag.edu.tr).

ABSTRACT

The Design of Hydraulic Implementation for Three Point Hitch Soil Cone Penetrometer

The soil compaction sometimes becomes an important physical limiting factor for the root emergence and the growth of plants. Therefore, it is essential to control soil compaction that is normally caused by heavy traffic on field during to the growing season. The soil compaction in field is usually measured by using standard soil cone penetrometer, which can be different several types due to their design. For common applications, standard hand penetrometer such as delmi and bush types are used, and the soil compaction is presented as cone index which is the force acting on device handle divided by standard cone base area during to the penetration of penetrometer cone for the constant penetration rate. Most of the time, especially, in heavy soil conditions, measuring the soil compaction with a standard hand penetrometer produces measurement errors if the cone of penetrometer cannot be pushed in to the soil with standard rate. In this research, hydraulic system has been explained for measuring soil compaction by electronic penetrometer. Hydraulic system consist of flow control valve over the hydraulic block for obtaining constant speed, piston, cylinder and safety valve.

Key Words: Hydraulic penetrometer, Cone Index, Soil Compaction.

GİRİŞ

Tarımsal üretimde birim alandan elde edilecek ürün miktarının artırılmasında teknolojik olarak gelişmiş karmaşık yapıdaki makinaların tarımsal işlerde sıkça yer alması gereğini ortaya çıkarmıştır. Bu tür makinalar, doğal olarak ağırlıkları ve iş genişlikleri diğer makinalara göre fazla iş yapma yetenekleri ile iş başarıları yüksek makinalardır. Toprak sıkışıklığı, zaman zaman iklim ve yağış rejimindeki düzensizlikler ile toprak yapısının buna uygun olması sonucu doğal olarak toprakta oluşan bir fiziksel parametre olduğu gibi, çoğu kez de yoğun tarla trafiği veya ağır makine ve alet kombinasyonlarının toprakta gezinmesinde kaynaklanan yapay bir parametreye olarak da karşımıza çıkmaktadır. Tarımsal uygulamalarda, yoğun makine kullanımı yapay toprak sıkışmasını oluşturmaktadır. Geniş anlamda, nemli toprak şartlarında makina kullanılması, sürekli aynı ürünün yetiştirilmesi, çayır ve otlakların tarım alanı olarak kullanılması daha geniş alanlarda daha sıkışık toprak yapısına neden olmuştur. Bir bitkisel üretim sezonunda, toprak işleme ve tohum yatağı hazırlığından makinalı ekime, ekimden bakım işlemlerine ve makinalı hasada kadar uzanan geniş bir zaman süreci içeri-

sindeki sık makine kullanımının bir genel anlatımı olarak karşımıza çıkmaktadır (Özgöz ve Okursoy, 1997). Bitkisel üretimde kök gelişimini engelleyerek verimin düşmesine neden olabilen toprak sıkışıklığı, birtakım doğal ve yapay etmenlerle topraktaki gözenek oranlarının azalması veya toprak partiküllerinin birbirine oldukça yakın olacak şekilde yapışması sonucu kuru toprak yoğunluğunun artması olarak tanımlanabilmektedir. Bitkisel üretimin geliştirilmesinde, toprağın fiziksel şartlarının verimli yönetimi için toprak sıkışıklığı ve buna bağlı olarak üretim yöntemlerinin önemli bir girdi olduğu, kök gelişimi ve infiltrasyon ile çeki gücü ve tarla trafiği açısından istenen sıkışıklık derecesinin farklılık gösterdiği ortaya konmuştur (Schafer ve ark. 1992). Toprak sıkışıklığı konusunda literatürde yaygın olarak yürütülen çalışmalarda birbirine benzer sonuçlar ortaya çıkmıştır. Bu çalışmaların birisinde, ağır tarım makinalarının özellikle toprağın alt katmanlarında önemli oranda bir sıkışıklık yarattığı ve bu sıkışıklığın toprak içerisinde su ve hava iletimini azaltarak toprağın ısı kapasitesini değiştirdiğini ve buna bağlı olarak toprak erozyonunu artırdığı sonucuna varılmıştır. (Al-Adawi ve ark, 1996). Toprak sıkışıklığı, toprağın yapısına, yoğunluğuna, nem oranına ve organik madde miktarına bağlı olarak değişir ve penetrometre adı verilen aletlerle ölçülür. Toprak sıkışıklığı, bilindiği gibi yaygın olarak, standart ölçü ve yapıdaki bir toprak penetrometresi ile ölçülmekte ve toprak sıkışıklığı değeri ise, koni indeksi (cone index) olarak penetrometre konisinin toprağı standart delme hızında penetrometre sapına uygulanan kuvvetin standart koninin taban alanına oranlanması ile bulunan bir parametredir (Anonim, 1983). Tarla topraklarında toprak sıkışıklığını ölçmek amacıyla statik penetrometre ölçümleri yapılması daha uygundur. Statik penetrometre ölçümlerinde esas, standart ölçülere sahip bir koninin toprak yüzeyinden başlayarak toprağı standart bir hızda delmesinin sağlanmasıdır. Bir başka deyimle, koni indeksi; toprak sertliğinin ölçülmesinde 30°'lik koninin taban alanına gelen, ve koninin toprakta 30 mm/s'lik standart hızda ilerlemesi için gerekli kuvvetin koni tabanına oranı olarak tanımlanır (Anonim, 1983). Penetrometre konisinin toprakta standart hızla ilerlemesi durumunda, koni, önünde bulunan toprak geometrisini değiştirir ve bu da bir penetrasyon direnci ortaya çıkarmaktadır. Bu çalışmada toprak sıkışıklığının tarla koşullarında kolayca ölçülebilmesinde kullanılan hidrolik tahrikli bir elektronik toprak penetrometresi için geliştirilen hidrolik donanım tanıtılmıştır. Hidrolik sistem hareketini traktör üzerinde bulunan hidrolik pompadan almaktadır. Hidrolik sistemde sabit hızın sağlanabilmesi için hidrolik blok üzerinde yer alan akış kontrol valfi ile birlikte piston, silindir ve emniyet valfi kullanılmıştır.

MATERYAL VE YÖNTEM

Toprak sıkışıklığının ölçülmesinde kullanılan penetrometrenin hidrolik sistemi harekete geçirebilmek için 4 zamanlı, diesel motorlu, doğal emişli, direkt püskürtmeli 1994 model Fiat 70-56 DT traktörü üzerinde yer alan hidrolik pompa kullanılmıştır. Traktörün hidrolik ünitesi, bu çalışmada geliştirilen standart ölçülerdeki hidrolik penetrometre için önemli bir güç kaynağını oluşturmaktadır. Bu nedenle, traktör hidrolik sisteminde bulunan hidrolik pompaya ait teknik özellikler ise Çizelge I'de verilmiştir (Anonim 1997).

Çizelge I.
Hidrolik Pompaya Ait Teknik Özellikler.

Tip	Dişli tip, arka transmisyon kutusundan yağ emişli
Model	1 PI-148-AB11
Üretici firma	HEMA
Tahrik şekli	Zamanlama dişlisinden hareketli
Dönüş yönü (Tahrik tarafı)	Saat dönüş yönün tersi
Tahrik oranı(motor/pompa)	1/0.931
Maximum devir	2328 d/d
Maximum debi	32.8 L/d

Traktör hidrolik sisteminden tahrikli penetrometre, en fazla 6 MPa değerine karşılık gelen koni indeks değerini (CI) ölçebilecek şekilde tasarlanmıştır. Kullanılan standart penetrometre konisinin taban alanı 645.16 mm² olduğuna göre 6 MPa'ı oluşturabilecek kuvvet;

$$P = \frac{F}{A} \text{ eşitliği kullanılarak hesaplanabilmektedir. Buna göre,}$$

6 MPa = 6000000 N/m², A=0.00064516 m² ise; buradan F=PxA=3870.96 N=394.8kg olmaktadır. Sistemde kullanılan hidrolik pompanın uygun çalışma basıncı 100 bar olarak bilindiğine göre (Anonim, 1997);

$$P = \frac{F}{A} \text{ P=100 Bar, ve 1Bar=1.02x10}^4 \text{ kg/m}^2 \text{ ise, 6 MPa'a karşılık}$$

gelen maksimum yükü karşılayabilecek hidrolik pistonun çapı,

$$A = \frac{F}{P}, \text{ ve } A = \frac{394.8}{102 * 10^4} = 0.000387 \text{ m}^2 = 387 \text{ mm}^2 \text{ olmaktadır.}$$

Buradan,

$$\frac{\pi * D^2}{4} = 387 \text{ mm}^2, D^2=492.74, \text{ ve } D=22 \text{ mm olarak bulunur.}$$

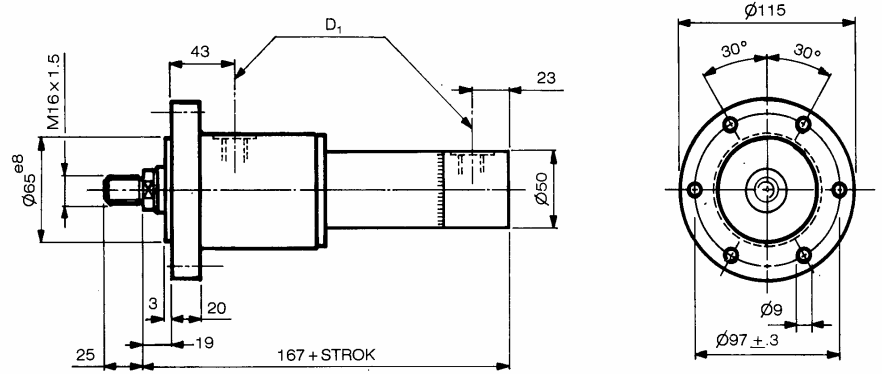
Hesaplanan piston çapına en uygun ve yeterli büyüklükteki standart çap 40x28 olduğundan, sistemde bu ölçülerdeki hidrolik silindir kullanılmıştır. Hidrolik piston ve ölçüleri Şekil 1.'de verilmiştir. Şekilde de görüleceği gibi hidrolik sistemde 40 mm çaplı piston kullanıldığından ve pistonu etkileyen kuvvet en fazla 394.8 kg olacağından silindir içindeki basınç;

$$P = \frac{F}{A} = \frac{394.8}{0.001256} = 314331.21 \text{ kg/m}^2 \text{ olarak hesaplanmaktadır.}$$

Burada

$1 \text{ kg/m}^2 = 9.81 * 10^{-5} \text{ Bar}$, ve $P=30.83 \text{ Bar}$ olmaktadır. Aynı şekilde, hidrolik pistonun yağ debisi süreklilik yasasına bağlı olarak;

$Q=Axv$ 'den $A=1256 \text{ mm}^2$ ve $v=30 \text{ mm/s}$ için $Q=2.2608 \text{ L/d}$ olarak hesaplanabilmektedir.



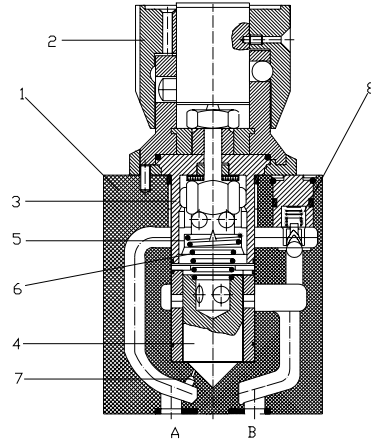
Şekil 1.
Hidrolik silindir

Tarla koşullarında yürütülen denemelerde penetrometre çubuğunun sabit hızda toprağı delecek şekilde tutulması, toprak sıkışıklığına ilişkin verilerinin duyarlılığı açısından önem kazanmaktadır. Standart penetrasyon hızı 30 mm/s'dir (Anonim, 1987). Bu standart penetrasyon hızını sağlayabilmek için Şekil 2'de gösterilen çek valfli, maksimum 210 bar basınca dayanıklı 1.54 L/d kapasiteli akış kontrol valfi kullanılmıştır. Çek valfli akış kontrol ünitesi, tek yönde akışa izin veren, diğer yönden akış kesitini kapayan ve akışa yol vermeyen valflerdir. Akış kontrol valfi; Gövde (1), ayar başlığı (2), Orifis (3 ve 7), basınç dengeleyici hidrolik valf pistonu (4), ayarlanabilen kısma valfi (5), baskı yayı (6) ve çek valf (8)'den oluşmaktadır. Hız büyüklük olarak, hacimsel debiye bağlı olduğundan hızı azaltmak

için hacimsel debinin azaltılması gerekmektedir. Bu nedenle akış kontrol valfi, biri istenilen hacimsel debiyi ayarlamak için ayarlanabilen kısma valfi (5) ve diğeri kendi giriş ve çıkışında etkili olan basınçlara göre ayarlanabilen kısma valfi için basınç farkını sabit tutacak şekilde, kendi direncini kendiliğinden değiştiren bir hidrolik valf pistonundan meydana gelmiştir. Her iki valfin toplam direnci, basınç sınırlama valfi ile birlikte debinin bölünmesine etki eder. Döner ayar başlığı (2) ile orifis alanının değiştirilmesi sağlanmaktadır. Orifisler akış yolunda ani bir sınırlama teşkil eder. Orifisten geçen akış, basınç düşmesinin karekökü ile doğru orantılıdır. Değişken yük koşullarında hassas hız gerektiğinde orifisteki basınç düşüşünü sabit tutmak gerekir. Akış kontrol valfinde bulunan basınç dengeli bir hidrolik valf pistonu, dozaj orifisinde (3) besleme ve yük basıncından bağımsız sabit bir basınç düşüşü sağlar. Debi, ayarlanabilir dozaj orifisi ile ayarlanabilmektedir. Valfin çalışmadığı durumda basınç dengeleyici hidrolik valf pistonu açık konumdadır. Akışın başlaması ile birlikte ayarlanabilen kısma valfinde bir giriş basınç düşmesi oluşur. Basınç dengeleyici hidrolik valf pistonu (4)'nun dengede olabilmesi için bir baskı yayı (6) pistonu baskı yapar. Sıkıştırma yayı ayarlanabilir kısma valfi üzerindeki sabit basınç farkının korunabilmesi için etkili olur. Valfin çıkışındaki yük basıncı arttığı takdirde kısma valfi üzerinde bir basınç farkı ortaya çıkar. Bu şekilde meydana gelen kuvvet, yay kuvveti ile birlikte basınç dengeleyici hidrolik valf pistonuna etki eder. Basınç dengeleyici kuvvetler arasında tekrar denge kuruluncaya kadar ve ayarlanabilir kısma valfindeki basınç farkı orijinal değerini alana kadar açılmaya devam eder. İki yöllü akış kontrol valfinde kullanılmayan akışkan fazlası basınç emniyet valfi tarafından tanka geri gönderilir. Dozaj orifisinde akış yokken oluşan basınç ile birlikte bir yönde kontrollü akım, geri yönde ise serbest akım olması için devrede bir çek valf de (8) bulunmaktadır.

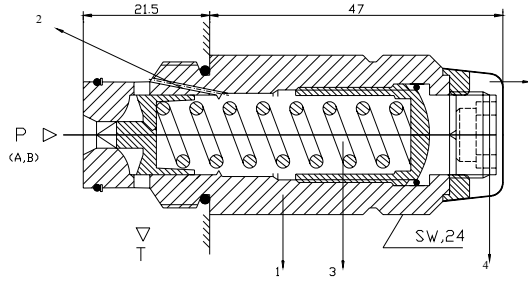
Hidrolik sistemi yüksek basınçtan korumak ve sistem içerisinde dolaşan yağ basıncını önceden belirlenen sınırlar arasında tutmak amacıyla Şekil 3'de gösterilen basınç emniyet valfi kullanılmıştır. Emniyet valfi standart ölçülerde olup hidrolik sistemler için yaygın olarak kullanılan valflerdendir. Emniyet valflerinde fazla yağ basıncı yağın akışını engelleyen, elemanlara baskı yapan helisel yaylarla düzenlenmektedir. Yağ basıncının belirli bir sınır değerinden yüksek olduğu durumlarda sistem içerisindeki basınçlı yağ geri dönüş hattı üzerinden depoya yönlendiren bu valfler, ancak basıncın belirli sınıra ulaştığında çalışmaktadır. Şekil 3'de görüleceği gibi basınçlı yağ P bölgesinden valf içerisine girmekte ve giriş basıncının meydana getirdiği kuvvetin yay kuvvetini aşması durumunda helis yay (3) tarafından itilerek kapatılan konik yüzeyi (2) açarak geri dönüş hattına ulaşmaya çalışmaktadır. Giriş basıncının artmaya devam etmesi durumunda toplam pompa debisinin tanka akması mümkün oluncaya kadar valf açıl-

maya devam eder. Konik yüzeyinin açılabilmesi için gerekli yağ basıncı helis yayın gerginliğine bağlı olup, yay gerginliği bir ayar vidası (4) yardımı ile kademesiz şekilde ayarlanabilmektedir.



Şekil 2.

Akış kontrol valfi kesit resmi: Gövde (1), ayar başlığı (2), Orifis (3 ve 7), basınç dengeleyici hidrolik valf pistonu (4), ayarlanabilen kısma valfi (5), baskı yayı (6) ve çek valf (8).



Şekil 3.

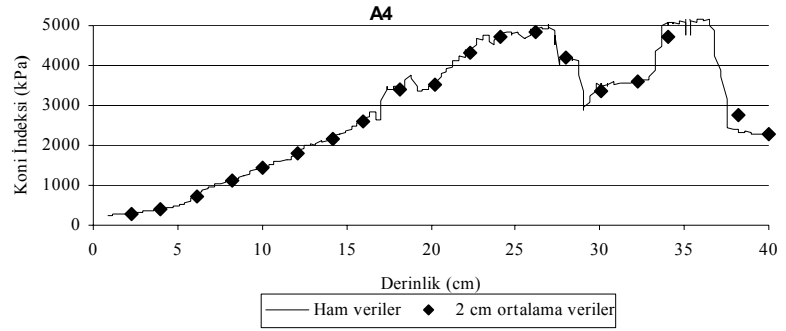
Basınç emniyet valfi: (1) valf gövdesi, (2) konik yüzey, (3) helis baskı yayı, (4) ayar vidası, (5) kapak.

TARTIŞMA VE SONUÇ

Traktör hidrolik düzeninden tahrikli toprak penetrometrede, enerji kaynağı olan yağ, bir dişli pompa tarafından traktörün hidrolik yağ deposundan alınmakta, ve traktör üzerindeki yön kontrol valfleri yardımıyla yardımcı güç çıkışlarına iletilmektedir. Pompanın kontrolü aynı zamanda

traktör kabini içerisindeki kumanda valfi tarafından sağlanmaktadır. Hidrolik güç çıkışına, tasarımı yapılan penetrometrenin hidrolik girişi bağlanmaktadır. Cihaz çalışmaya başladığında yağ üzerinde, bir basınç göstergesi, akış kontrol valfi, emniyet valfi ve hidrolik giriş-çıkış bağlantılarının bulunduğu hidrolik bloğa iletilmektedir. Blok üzerindeki valfler ve diğer elemanlar yardımı ile çalışma basıncı ve verisi düzenlenen akışkan hidrolik silindire basılmaktadır. Veri toplama sırasında hidrolik silindire basınçlı yağ akışının sağlanması akışı düzenleyen yön kontrol valfinin açık tutulması ile gerçekleştirilmektedir. Bu işlem, veri toplama süresinde kabin içerisinde sürücü tarafından, yapılmaktadır. Toprak penetrometresi standart delme hızı 30 mm/s olduğundan maksimum 40 cm derinliğe inmesi durumunda tek bir veri noktasından veri alma işlemini 13.3 saniye gibi kısa bir sürede tamamlayabilmektedir.

Bu çalışmada killi toprak yapısına sahip bir tarlada seçilen birçok noktada hidrolik penetrometre çalıştırılmış ve bu noktalara ait koni indeksi ham verileri ölçülerek Ms-Excel ortamına aktarılmıştır. Penetrometre de kullanılan yük hücresinin kalibrasyonu yapıldığından veriler doğru bulunmuştur. Bu verilerin ham olarak ve ayrıca ikişer santimetredeki ortalama değerleri de alınarak grafikleri çizdirilmiştir. Tek bir noktadan alınan grafik Şekil 4’de gösterilmiştir. Penetrometrenin tarla şartlarında çalıştırılması sırasında hidrolik aksamda herhangi bir sorun gözlenmemiştir.



Şekil 4.
Bir Noktaya Ait Penetrometreden Alınan Veriler

KAYNAKLAR

Al-Adawi, S.S., R.C. Reeder. 1996. Compaction And Subsoiling Effects On Corn And Soybean Yields and Soil Physical Properties. Transactions of the ASAE 39(5):1641-1649.

- Anonim 1983. ASAE Standard: Agricultural Engineers Yearbook Of Standard, ASAE S313.1, USA, p 233.
- Anonim. 1997. Trakmak 55-66 / 60-66 / 70-66 / 80-66 Servis Katalođu. 030/01 - SK/01.04.1997.
- Özgöz, E. ve Okursoy R., 1997. Toprak Sıkışması ve Penetrasyon Direncinin Ölçümünde Kullanılan Penetrometreler. Cumhuriyet Üniversitesi, Tarımsal Mekanizasyon 17. Ulusal Kongresi. Bildiri Kitabı. Sayfa:310-320. Tokat.
- Schafer, R.L., C.E. Johnson, A.J. Koolen, S.C. Gupta, R. Horn. 1992. Future Research Needs in Soil Compaction. Transactions of the ASAE 35(6): 1761-1770.