



Araştırma Makalesi

<http://stgbd.selcuk.edu.tr/stgbd>
Selçuk Üniversitesi
Selçuk Tarım ve Gıda Bilimleri Dergisi
27 (1): (2013) 63-73
ISSN:1309-0550



Muharrrik Lastiklerin Çeki Performansı Deneyleri İçin Geliştirilen Test Düzenekleri

Şerafettin EKİNCİ¹, Kazım ÇARMAN^{2,3}

¹Selçuk Üniversitesi, Teknoloji Fakültesi, Makine Mühendisliği Bölümü, Konya/Türkiye

²Selçuk Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarım Makinaları Bölümü, Konya/Türkiye

(Geliş Tarihi: 12.01.2013, Kabul Tarihi:26.02.2013)

Özet

Çekiş test düzenekleri çeki performansı ve toprak sıkışması deneylerinde yoğun olarak kullanılmaktadır. Tarım traktörlerinde kullanılan lastiklerin çeki mekaniği üzerinde araştırmalar yapabilmesi için çeşitli çekiş test düzenekleri tasarlanmış ve imal edilmiştir. Bu test düzenekleri, çevresel lastik hızı, lastik patinajı ve dinamik aks yükünü kontrol edebilmektedir. Bu düzeneklerin geliştirilmesi ile farklı zeminlerde denemeler yapma yeteneğinin yansırı, gelişmiş ölçüm sistemleri kullanılarak daha hassas ve doğru veriler alma imkânı sağlamıştır. Bu düzeneklerde ilerleme hızını, lastik iç basıncını, dinamik aks yükünü, patinajı ve net çekişi kontrol edebilmek için geri bildirim sağlayan bilgisayar sistemleri kullanılmaktadır. Bu çalışmada tarım traktör lastiklerinde kullanılan muharrrik lastiklerin çeki performans deneylerinde kullanılmak için tasarlanan ve geliştirilen deney düzenekleri açıklanmıştır.

Anahtar Kelimeler: Çeki performansı, Lastik, Patinaj, Çeki verimi

Experimental Setups Designed for Tractive Performance Tests of Drive Tires

Abstract

Traction experimental setups have been used extensively for tractive performance and soil compaction experiments. Various traction test setups were designed and developed for performing researches on traction mechanic of tires used in agricultural tractors. Those test setups can control peripheral tire speed, travel reduction and dynamic axle load. By the development of these experimental setups, more sensitive and accurate data acquisition opportunity was provided by means of advanced measurement systems beside the gained ability of performing experiments in different grounds. These setups utilize computer systems which feeds back in order to control forward speed, inflation pressure, dynamic axle load, travel reduction and net traction. In this study, designed and implemented experimental setups dedicated to traction performance experiments of drive tires used for agricultural tractors are described and reported.

Keywords: Tractive performance, Tire, Travel reduction, Tractive efficiency

Giriş

Lastik, yol dışı taşıtlarda hareket donanımının önemli bir parçasıdır. Bu nedenle lastiklerin davranışlarının çalışılması temel bir öneme sahiptir. Araştırma sonuçları göstermiştir ki, traktör muharrrik lastiklerine iletilen enerjinin %20-55'i işe dönüşmeden çeki elamanlarında kaybolmaktadır. Bu enerji sadece kaybolmamakta, aynı zamanda toprakta sıkışmaya neden olarak, bitkisel üretim için önemli bir problemi doğurmaktadır (Burt ve ark., 1983., Çarman ve Aydın, 2002). Taşıtların hareket donanımları ve çeşitli tip arazi yüzey şartları arasındaki etkileşimin karmaşık problemlerinden dolayı taşıt sistemlerinin daha iyi anlaşılması için yoğun araştırma çabaları mevcuttur (Yahya ve ark., 2007).

Çeki performansı ve toprak sıkışması araştırmaları için kullanılan deney düzenekleri genellikle tek lastik test düzeneği ya da tek tekerlek test düzeneği olarak bilinir. Bazı tek tekerlek test düzenekleri, yaklaşık

2090 mm çapındaki büyük tarım traktörlerinin muharrrik lastiklerinin testlerini yapacak büyüklüğe sahiptir. Diğer tek tekerlek test düzenekleri ise yaklaşık 600 mm çapa sahip bahçe traktörlerinin muharrrik arka lastikleri gibi küçük ebattaki lastiklerin testleri için dizayn edilmiştir (Way, 2009).

Yol dışı araçların zemin ve lastik etkileşimlerinin performans etkilerini belirlemek amacıyla geliştirilen deney düzeneklerini 4 grup altında incelemek mümkündür (Ekinci ve Çarman, 2012).

Toprak Kanalında Yürütülen Deney Düzenekleri

Birinci grup laboratuvar şartlarında deneme zemini olarak toprak kanalı kullanılan ve genellikle elektrik motorlarıyla tahrik edilen ve raylar boyunca hareket kabiliyetine sahip tek tekerlek test düzenekleridir. Bu düzeneklerin sakıncaları; testlerin düşük ilerleme hızlarında ve düşük lastik kayma şartlarında gerçekleşmesinden dolayı arazi şartlarında elde edilen performans verileriyle örtüşmemesidir. Bu veri

³Sorumlu Yazar: kcarman@selcuk.edu.tr

eksiklikleri çeki performans değerlendirilmelerinde yanlış yaklaşımlara neden olmaktadır (Upadhyaya ve Wulfsohn, 1989).

Bu düzeneklerin öncülerinden biri Pope (1971) tarafından tasarlanan tek tekerlek test düzeneğidir. Bu düzenek, tekerlek hızının yuvarlanma direnci üzerindeki etkilerini araştırabilmek için 6m x 0.64 m x 0.23 m ölçülerindeki toprak kanalı içerisinde denemeler yapabilecek şekilde tasarlanmıştır. Düzenek üzerine pürüzsüz bir çelik silindir yerleştirilmek suretiyle zeminin sürekli tesviye edilmesi sağlanmıştır. Bu düzenek raylar üzerinde hareket ettirilerek, bir elektrik motoru vasıtasıyla test tekerleği tahrik edilmiştir. Aks yükü, tekerlek taşıyıcı üzerine ağırlıklar yerleştirilerek elde edilmiştir. Yük hücreleri (loadcell) vasıtasıyla aks yükü ve yuvarlanma direnci, doğrusal algılayıcı (lineer transduser) ile de lastik batma miktarı belirlenmiştir. Yapılan deneyler ile yuvarlanma direnci ve batma miktarının tekerlek hızı ile değişim karakteristikleri incelenmiştir.

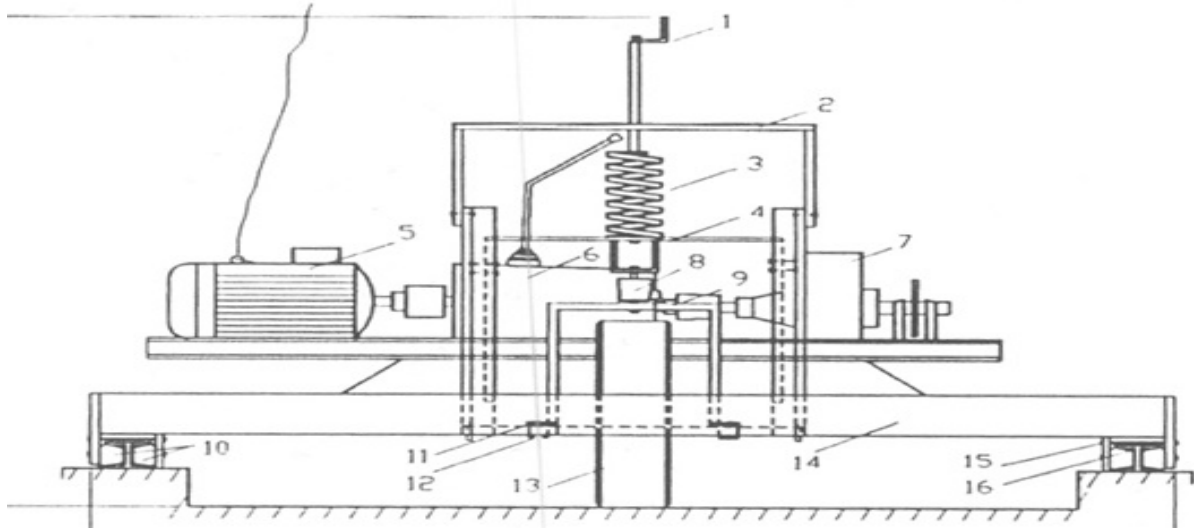
İkinci düzenek Kural (1998) tarafından geliştirilen 7.50-16 ölçüsündeki taşıyıcı tip lastik tekerleğin yuvarlanma direncini ve toprak sıkışmasına etkilerini araştırmak için toprak kanalı içerisinde çalıştırılan tek tekerlek deney düzeneğidir (Şekil 1). Araştırmada kullanılan tekerleğin bağlı bulunduğu araba, kanalın iki tarafına yerleştirilmiş raylar üzerinde yürütülmüş olup, hareketini 3 fazlı 22 kW gücündeki AC motordan almıştır. Elektrik motorundan elde edilen dönü hareketi bir redüktöre verilmiştir. Redüktör

miline bağlanan zincir dişliye iletilen dönü hareketi, tekerleğe iletilerek, kanalın her iki ucunda bulunan profiller arasına gerilmiş halkalı zincir yardımıyla arabanın ileri-geri hareketi sağlanmıştır. Tekerleğe aks yükü, sonsuz vidadan oluşmuş yükleme kolunun bir yayı sıkıştırarak profile iletmeye ile uygulanmıştır. Tekerlek aksının bağlandığı eleman ile yayın bastırıldığı eleman arasına 10 kN nominal yük kapasiteli bir dinamometre yerleştirilerek aks yükü miktarı ölçülmüştür. Aynı düzenek ile Çarman ve Aydın (2002), çeşitli ölçülerde lastiklerin çeki performansını belirlemiştir.

Diğer bir düzenek Özgöz ve Okursoy'un (2001) lastik basıncı ile toprak sıkışıklığı arasındaki ilişkileri belirlemek için geliştirdiği, 13.6/12-36 ölçüsündeki lastikle toprak kanalı üzerinde yer alan deney düzeneğidir. Tekerleğe uygulanan aks yükü, deney düzeneğinin şasisi üzerine yerleştirilen oldukça sert bir helisel yayın sıkışması ile oluşan baskı kuvveti ile sağlanmıştır. Toprak sıkışıklığına ait değerler, kanaldaki toprağın 15 ve 30 cm derinliğine gömülen algılayıcılardan elde edilmektedir.

Toprak kanalında performans denemeleri için tasarlanan diğer tek tekerlek test düzenekleri şöyle özetlenebilir.

Raheman ve Singh (2004) muharrik olmayan traktör lastiklerinin dümenleme kuvvetlerini belirleyebilmek için toprak kanalında çalışan deney düzeneği tasarlamışlardır.



1. Yükleme kolu, 2. Mesnet çatısı, 3. Yay, 4. Dinamometre bağlama çatısı 5. Elektrik motoru, 6. Dişli kutusu 7. Redüktör, 8. Dinamometre, 9. Yükleme çantası, 10. Toplar, 11. Rulmanlı yatak bağlama platinası, 12. Rulmanlı yatak, 13. Tekerlek, 14. Araba, 15. Yan bağlama platinası, 16. Ray

Şekil 1. Kurala (1998) ait toprak kanalında yürütülen deney düzeneğinin şematik görünümü

14.28 x 1.21 x 0.61 m ölçülerindeki toprak kanalında bulunan düzeneği, toprak işleme arabası, çeki arabası, tek tekerlek deney arabası, kontrol paneli ve kuvvet

kayıt ünitesi olmak üzere 5 ana kısımdan imal edilmiştir. Deney lastiğini bağladıkları taşıyıcı kısma, lastiğe farklı kayma açısı verebilecek şekilde

monte etmişlerdir. Denemeler sonucunda, yuvarlanma direnci ve kayma açısı arasında lineer bir ilişki bulmuşlardır.

Elwaleed ve ark. (2006) yüksek profilli tarım lastiklerinin net çeki oranını belirlemek için Putra Malezya Üniversitesi Biyoloji ve Ziraat Mühendisliği Bölümü'nde toprak kanalı içinde çalışan tek tekerlek deney düzeneği geliştirmişlerdir (Şekil 2). 6.4 x 0.6 x 0.8 m ölçülerindeki toprak kanalında kumlu killi tın toprak kullanmışlardır. Deney lastiğini, taşıyıcı iç çerçeve içerisine yerleştirilen sertleştirilmiş dik bir şaft üzerinde serbestçe kayabilmesi için, lastik destek düzeneği üzerindeki doğrusal yataklara

bağlamışlardır. Lastik destek düzeneğini, lastiğin toprak kanalında ilerlemesini ve dönmesini sağladığı gibi lastiğin toprağa batma miktarını da ölçmeye yardım edecek şekilde tasarlamışlardır. Düzeneğin tüm kontrollerini taşıyıcı üzerinde bulunan ana kontrol ünitesinden yapmışlardır. Ünite üzerindeki çeşitli sensörler vasıtasıyla yatay ve düşey kuvvetleri, lastiğin toprağa batma miktarını ve zincir dişliyle tahrik edilen sürüş sisteminin ilerlemesi ve dönüşlerini ölçmüşlerdir. Düzeneği 0.75 kW gücünde ve 1500 d/d devirde çalışan üç fazlı elektrik motoruyla tahrik etmişler ve zincir dişliye hareketi dişli kutusunda değiştirilerek iletmişlerdir.



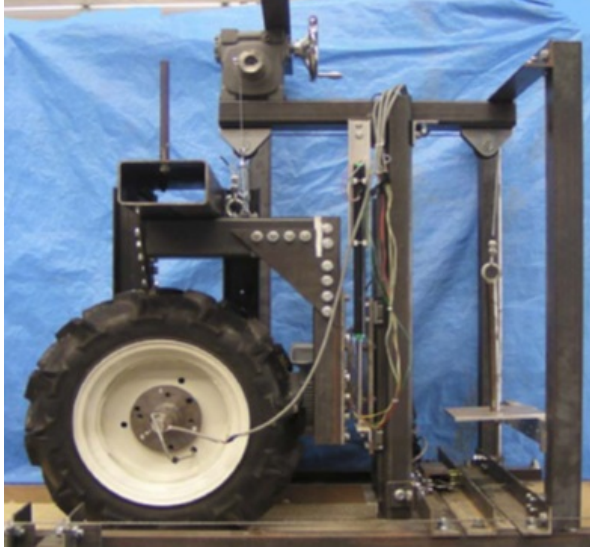
Şekil 2. Elwaleed ve ark. (2006) ait toprak kanalında yürütülen deney düzeneği

Kawase ve ark. (2006) tarım lastiklerinin çeki performans ölçümlerini laboratuvar ortamında 3.015 x 0.480 x 0.605 m ölçülerinde kurutularak nemi alınmış kumla dolu toprak kanalı içerisinde tek tekerlek deney düzeneği ile gerçekleştirmişlerdir (Şekil 3). Deneylerde kullandıkları 545 mm çapında 126 mm genişliğindeki lastiği, düzenekteki 750 W gücündeki 3 fazlı elektrik motoru ve 1:240 redüksiyon oranına sahip dişli kutusu vasıtasıyla tahrik etmişlerdir. Bir invertör ünitesi sayesinde motor devrini ölçmüşlerdir. Motorla tekerlek göbeği arasına yerleştirilen bir şaft üzerine strengçe bağlayarak tekerlek torkunu belirlemişlerdir. Aks üzerindeki bir devir kodlayıcı ile tekerlek aksının devrini, lineer bir potansiyometre ile lastik batma miktarını ve lineer kılavuzla sürüş ünitesi

arasına yerleştirdikleri sekiz kenar halkalı transduser ile çeki kuvvetlerini ölçmüşlerdir. Farklı aks yüklerinde yaptıkları deneyler sayesinde çeki kuvveti-patinaj, tork-ilerleme mesafesi ve lastik batma miktarı-patinaj ilişkilerini belirlemişlerdir.

Tiwari ve ark. (2009) lastik performansı üzerindeki parametreleri inceleyebilmek için toprak kanalı içerisine yerleştirdikleri toprak işleme aracı, çeki kuvvet yüklemeye aygıtı ve çeşitli alet ve teçhizat ünitesinden oluşan tek tekerlek deney düzeneği tasarlamışlardır (Şekil 4). 23.5 x 1.37 x 1.5 m ölçülerindeki toprak kanalı içerisinde kumlu killi toprak kullanmışlardır. Bu kanal içerisinde çalışan tek tekerlek deney düzeneğini 7.46 kW gücünde 1500 d/d devirinde üç fazlı bir elektrik motoru ile tahrik

etmişlerdir. Motordan aldıkları hareketi torkmetreden geçtikten sonra zincir dişli vasıtasıyla tekerlek göbeğine bağladıkları dişli kutusuna (50:1) ileterek tekerleği tahrik etmişlerdir. Düzenek üzerine yerleştirdikleri yükleme platformu üzerine ağırlıklar koyarak çeşitli aks yüklerinde çalışma imkânı sağlamışlardır.



Şekil 3. Kawase ve ark.'nın (2006) geliştirdiği toprak kanalında yürütülen deney düzenneği

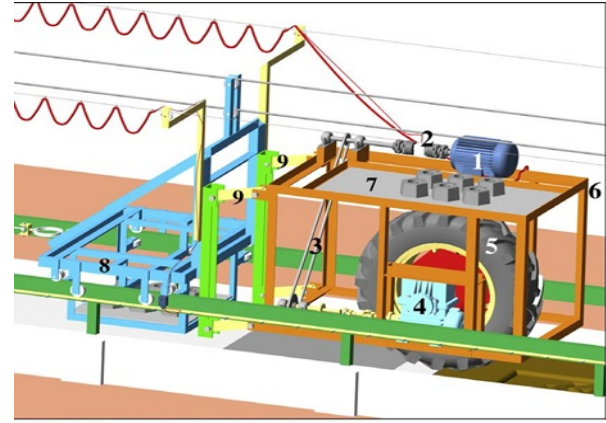
Papuç tipi frenleme düzenneği ile tambur halat sisteminden oluşan çeki kuvveti yükleme ünitesi ile lastiğin çeki kuvvetini değiştirmişler ve halka transduser ile çeki kuvvetini ölçmüşlerdir. Tek tekerlek deney düzenneğinin toprak işleme aracını ise kesek kırma makinesi, toprak tesviye aleti ve sıkıştırma silindirinden oluşturarak her bir ilerlemeden sonra toprak kanalında bulunan toprağı düzeltmişlerdir. Tekerlek tahrik torkunu, aks yükünü ve ilerleme hızlarını ölçerek, net çeki oranı ve çeki verimini incelemişlerdir.

Farklı Zeminlerde Kullanılabilen Deney Düzenekleri

Asfalt, beton, stabilize, anız tarla veya sürülmüş tarla koşullarında çeki performans deneyleri gerçekleştirebilmek amacıyla traktörden yarı bağımsız yada traktöre tam bağımlı tek tekerlek deney düzenekleri, toprak kanalında gerçekleştirilen deneylerin olumsuzluklarını giderebilmek için tasarlanmış ve kullanılmıştır.

Gerçek arazi şartlarında performans denemeleri yapabilmek için tasarlanan, Upadhyaya ve Wulfsohn'un [6] Kaliforniya Üniversitesi Ziraat Mühendisliği Bölümü'nde çeki performansı araştırmaları yaptıkları tek tekerlek deney düzenneği, bu çalışmalara öncülük eden ilk düzeneklerden biridir (Şekil 5). Bu düzenek sayesinde tarla şartlarında

deneyler kontrol edilebilmektedir. Bu düzenek, değişik değerlerde olmak üzere maksimum 26.7 kN aks yükü verebilecek ve 13.3 kN çeki kuvveti sağlayabilecek şekilde yapılmıştır. Upadhyaya ve Wulfsohn 18.4R38, 18.4-38, 14.9R28, 14.9-28 boyutlarda ve 83-124 kPa iki farklı lastik iç basınçlarında çapraz katlı ve radyal lastikler kullanarak yaptıkları testlerde; çeki kuvvetini ve patinajı kontrol ederek, net çeki oranı ve çeki verimini araştırmışlardır.



1. Elektrik motoru 2. Tork transduseri 3. Tahrik zinciri
4. Dişli kutusu 5. Test tekerleği 6. Ana şasi
7. Yükleme platformu 8. Çeki arabası 9. Paralel çubuklar

Şekil 4. Tiwari ve ark.'nın (2009) tasarladığı toprak kanalında yürütülen deney düzenneği



Şekil 5. Farklı zeminlerde kullanılabilen deney düzenneği (Upadhyaya ve Wulfsohn, 1989)

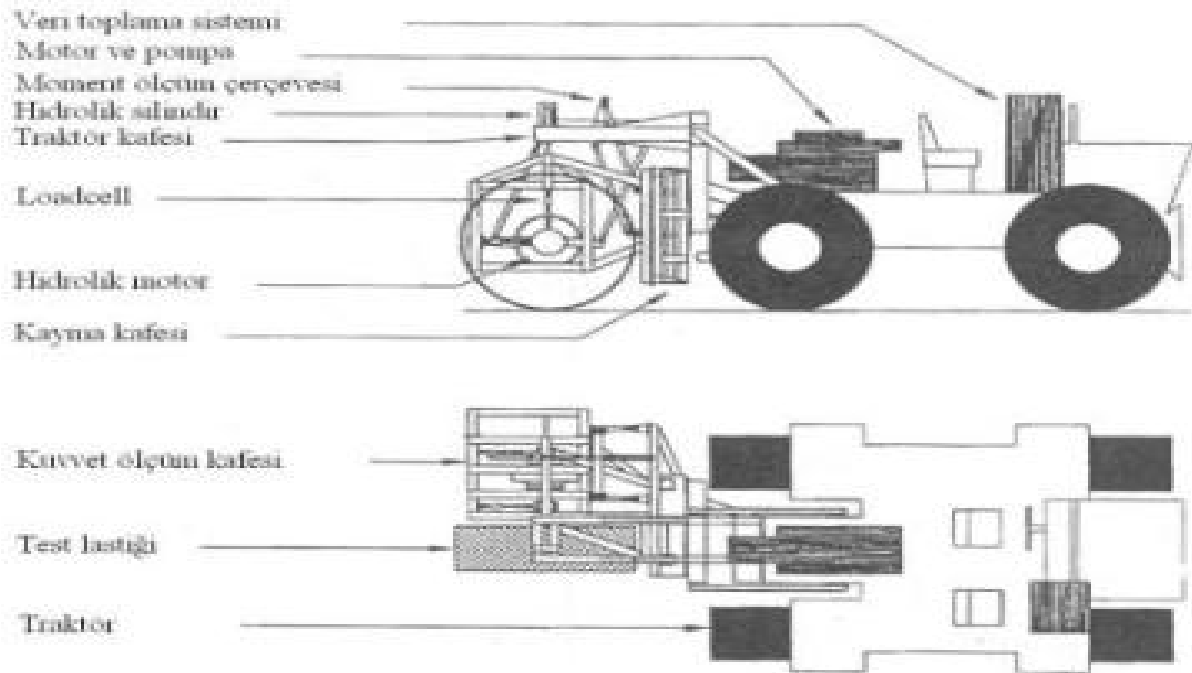
Farklı zeminlerde çalışabilmek için geliştirilen diğer bir düzenek, Shmulevich ve ark.'nın (1996) tarla şartlarında çeki testleri yapabilmek için tasarladıkları tek tekerlek test düzenneğidir (Şekil 6). Düzenek temelde, kuvvet ve tork ölçüm ünitesi ve hidrolik motor, hidrolik yükleme silindiri, kayma bağlantı

şasisi ve traktör bağlantı şasisi gibi elemanlardan oluşan yürütme ünitesi olmak üzere iki üniteden oluşmaktadır. Yürütme ünitesinin temel elemanı olan hidrolik motorla hareket tekerleğe iletilmiş, motor ve güç şaftı, yük hücreleri vasıtasıyla kuvvet ölçüm çerçevesine bağlanmıştır. Tork ölçüm çerçevesi içerisine hidrolik motorla ilişkili kollar yerleştirilmiş ve bu kollara gelen kuvvetler ve açıların ölçülmesiyle tork hesaplanabilmektedir. Tekerlek aks yükü ise hidrolik sistem içinde kullanılan bir hidrolik silindir sayesinde test tekerleğine yüklenmiştir. Tüm ölçüm sinyallerini toplayan, tarayan ve analog sinyalden dijital sinyale çeviren bir kart bilgisayara yerleştirilerek verileri depolanmaktadır. Bu bilgisayarlı ölçüm sistemi traktöre yerleştirilmiştir. Bu düzeneğe ile 18.4-34 ölçüsündeki test lastiği 110 kPa iç basınçta, kumlu toprak zeminde test edilmiş, net çeki oranının ve çeki veriminin patinajla ilişkisi incelenmiştir.

Shmulevich ve Osetinskya (2003), itilir/çekilir muharrik lastiklerin çeki performansını belirlemek için tüm arazi denemelerinde kullanmayı amaçladıkları tek tekerlek deney düzeneği geliştirmişlerdir (Şekil 7). Tek akslı hidrolik tahrikli ve yarı bağımsız çalışan bu düzeneği yükleme traktörüne bağlamışlardır. Düzeneği statik dikey yükleri ve torku uygulayabilecek şekilde inşa etmişlerdir. Ayrıca tekerlek üzerindeki dinamik yük değişimlerini, net çeki kuvvetini, tekerleğin doğrusal hızı ve açılal hızlarını da ölçmüşlerdir. Sensörlerden aldıkları verileri A/D çeviriciden geçirdikten sonra DAS-16 model karta depolanmışlardır. Bu düzeneğe

denemelerini kumlu ve işlenmiş tarla üzerinde gerçekleştirmişlerdir. 0.8 ve 1.4 bar lastik iç basınçlarındaki 12.5-20 ölçüsündeki çapraz katlı lastikle 3.53, 5.1 ve 9.02 kN aks yüklerinde çeki deneyleri yapmışlar sonuçta net çeki kuvveti ve patinaj arasındaki ilişkileri incelemişlerdir

Ferhadbegović ve ark. (2005), tarım traktörlerinde kullanılan lastiklerin uzunlamasına kuvvetler altındaki patinaj davranışını incelemek için kendi geliştirdikleri tek tekerlek test düzeneği ile denemeler yapmışlardır (Şekil 8). Kullandıkları düzeneği 4 tekerlekli tasarlanmışlar ve yükleme traktörüne bağlamışlardır. Lastik yükünü hidrolik kontrol devresi yoluyla kontrol edilen bir hidrolik silindir ile sağlamışlardır. Lastiğin tahrikini ve kayma açısını yine aynı hidrolik kontrol devresi ile gerçekleştirmişlerdir. Kayma açısını 0°'den 18°'ye kadar ayarlayabilecek şekilde tasarlamışlardır. Deney lastiği üzerine iki potansiyometre yerleştirmişler ve ölçülen değerlerin farklılıklarıyla oluşan gerçek kayma açısını sağlayabilmişlerdir. Lastik kuvvetlerini piezoelektrikli tekerlek dinamometresiyle ölçmüşler ve torku hesaplamışlardır. İlerleme hızlarını ve patinaj değerlerini tekerlek şaftına bağladıkları bir kodlayıcıdan aldıkları sinyallerle belirlemişlerdir. Ultrasonik mesafe sensörü ile lastik çapını sürekli ölçmüşlerdir. Denemeleri 520/70 R 34 lastik tipiyle, 0.8 bar lastik iç basıncıyla ve 10-20 kN aks yüklerinde asfalt zeminde gerçekleştirmişler, çeki kuvvet patinaj etkileşimini incelemişlerdir.



Şekil 6. Shmulevich ve ark.'nın (1996) tasarladığı farklı zeminlerde kullanılabilen deney düzeneğinin şematik görünüşü



Şekil 7. Shmulevich ve Osetinskya'nın (2003) geliştirdiği farklı zeminlerde kullanılabilen deney düzeneği



Şekil 8. Farklı zeminlerde kullanılabilen deney düzeneği (Ferhabbegović ve ark., 2005)

Way (2009) çalışmasında, çeki ve toprak sıkışma araştırmaları için USDA-ARS Ulusal Toprak Dinamiği Laboratuvarı'nda geliştirilen 3 farklı tek tekerlek deney düzeneği hakkında bilgiler vermektedir.

Bunlardan birincisi; Burt ve ark. (1980) geliştirdiği çeki performansı ve toprak sıkışması deneylerinde kullanılan tek tekerlek çeki araştırma aracıdır (Şekil 9.a). Arazi şartlarında denemeler yapabilen bu düzeneğe bağladıkları lastik tekerleğe hareketi bir hidrolik motor, zincir dişli ve torkmetre üzerinden

iletmişlerdir. Tekerlek aks yükünü ise hidrolik bir silindir vasıtasıyla tekerlek şasisine uygulamışlardır. Tekerlek kafesi içerisinde yerleştirdikleri yük hücreleri vasıtasıyla çeki kuvvetini hidrolik silindir altına yerleştirdikleri yük hücresi ile aks yükünü ölçmüşlerdir. İkinci deney düzeneği ise Way ve Kishimoto'nun (2004) geliştirdikleri, tüm arazi taşıt lastiklerinin çeki ve hareket direnç karakteristiklerini belirlemeye yarayan ve arazide kullanılabilen tek tekerlek düzeneği olup, yapı itibarıyla Burt ve ark.'nın tek tekerlek düzeneğine benzemektedir (Şekil 9.b).

Lastik tahrikini yine hidrolik motordan alan ve aynı şekilde torkmetre yerleştirilmiş bu düzenekte de kafes sistemi içerisinde bulunan yük hücreleri vasıtasıyla çeki kuvvetlerini ölçmüşlerdir. Üçüncü olarak geliştirdikleri geniş çatılı çeki aracı ise Monroe ve

Burt (1989) tarafından geliştirilmiş kendi yürür bir düzenektir. (Şekil 9.c). Geliştirilen bu 3 düzenekte farklı yapısal özellikte lastiklerle farklı aks yüklerinde farklı ilerleme hızlarında çeki deneyleri yapmışlar ve çeki performans özelliklerini belirlemişlerdir.



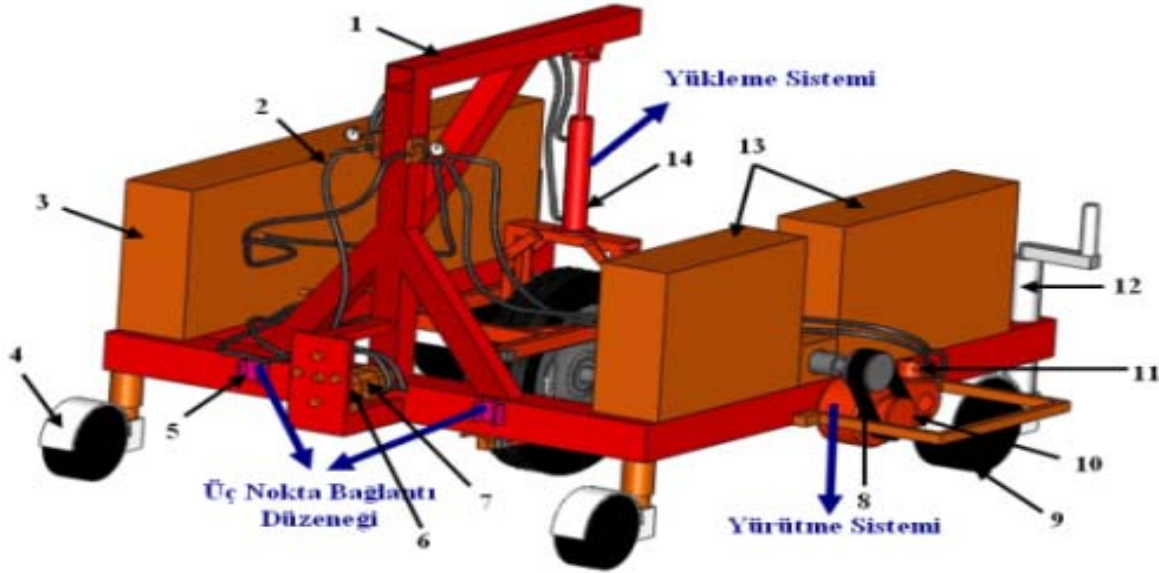
Şekil 9. Farklı zeminlerde kullanılabilen deney düzenekleri a) Burt ve ark. (1980) b) Way ve Kishimoto (2004) c) Monroe ve Burt (1989)

Ekinci ve Çarman (2012), ülkemizde tarım traktörlerinde kullanılan muharrir lastiklerin çeki mekaniği üzerindeki araştırmalarına öncülük yapabilmesi için farklı zeminlerde performans denemeleri yapabilen bir tek tekerlek test düzeneği

tasarlamış ve geliştirilmişlerdir. Bu düzenek çevresel lastik hızı, tekerlek patinajı ve dinamik tekerlek yükünü kontrol edebilmek için yeterli kapasiteye sahiptir. Tasarladıkları test düzeneği 3 ana kısımdan oluşmaktadır (Şekil 10). Birinci kısım test

düzeneginin hareket yeteneğini sağlayan ve deneyde kullanılacak traktörün üç nokta askı sistemine bağlanan çeki kısmıdır. Düzenek, traktör üç nokta askı sistemine bağlanarak, çeki arabasını (traktörü) simetri ekseninde itebilme özelliğine sahiptir. İkinci kısım traktörün kuyruk mili çıkışına bağlı olarak çalışan hidrolik pompadan hareket alan bir hidrolik motor tarafından test tekerleğine hareket ileten yürütme sistemidir. Tekerlek için gerekli güç, bir hidrolik pompa ve motor vasıtasıyla sağlanmaktadır. Tek tekerlek deney düzeneginde traktör kuyruk milinden alınan 540 d/d dönme hareketi $i=1/3$ 'lük bir dişli kutusu ile 1500 d/d'lık bir dönme hareketi elde edilerek hidrolik pompayı ve pompadan alınan hareket ise hidrolik motoru hareketlendirmektedir. Hidrolik motor test tekerleğini tahrik etmektedir. Test

tekerleğinin ilerleme hızının kontrolü için hidrolik motordan alınan hareket $i=30$ 'luk bir redüktörle devir düşürülmektedir. Redüktör çıkışında tekerlek aksına giriş torkunun belirlenebilmesi amacıyla bir torkmetre kullanılmıştır. Lastiğin değişen dinamik yüklenmesine ve iç basıncındaki değişime bağlı olarak meydana gelecek defleksiyonlarla (çökme) tekerleğe hareket giriş eksenine tekerlek eksenindeki düşey eksen kaçıklığının karşılanabilmesi amacıyla iki nokta arasında mafsallı shaft kullanılmıştır. Deneylerde çeki kuvvetinin ölçülmesinde tekerlek şasisine mafsallı olarak bağlı bulunan 4 adet tekerlek itme kolunun ana şasiye bağlantı noktasında yük hücreleri kullanılmıştır. Üçüncü kısım ise deneyler sırasında dinamik yükün test tekerleğine uygulanmasını sağlayan ve bir hidrolik silindirden oluşan yükleme sistemidir.



1. Yükleme çatısı, 2. Hidrolik geri dönüş hortumları, 3. Hidrolik deposu, 4. Ön destek tekerleği, 5. Üç nokta sistemi bağlantı kulağı, 6. Dişli kutusu, 7. Hidrolik pompa, 8. Zincir, 9. Arka denge tekerleği, 10. Redüktör, 11. Hidrolik motor, 12. Arka denge tekerleği yükseklik ayar kolu, 13. Beton denge ağırlıkları, 14. Hidrolik silindir

Şekil 10. Ekinci ve Çarman'ın (2012) geliştirdiği farklı zeminlerde kullanılabilen deney düzenegi

Dinamik tekerlek yükü bir hidrolik silindir bağlanarak şasiden lastiğe transfer edilmiştir ve lastik taşıyıcı şasinin üst kısmına bağlanmıştır. Sekiz adet 50 kg'lık beton blok, uzayan silindir koluyla lastiğe yük sağlamak için şasiye bindirilmiştir. Şasiye ağırlık dahil edilmesiyle, test cihazı 8 kN'luk dinamik tekerlek yükü sağlayabilmektedir. Test tekerleğinde farklı aks yüklerini sağlayabilecek yükleme sisteminde, hidrolik silindirle test tekerleği arasına yerleştirilen bir yük hücresi sayesinde uygulanan dinamik yükler ölçülmüştür.

Çeki Arabalı Deney Düzenekleri

Çeki performans deneylerinin yapıldığı diğer bir deney düzenegi ise çeki arabası ile performans testleridir. Çekici traktöre bağlanan çeki arabası ile traktör frenlenmeye zorlanmakta ve bu şekilde çeki kuvvetleri ve patinaj değerleri belirlenmektedir.

Sümer (2005) ile Küçüksarıyıldız (2006) değişik lastiklerin traktör çeki performansına etkilerini araştırmak için özel olarak hazırlanmış çeki arabası ile deneyler yapmışlardır. (Şekil 11). Kullanılan çeki arabasının ön kısmında bulunan kumanda kabini; operatör kısmı ve kumanda kısmı olarak iki kısma ayrılmaktadır. Kumanda kısmına dümenleme, yakıt sayacı, fren pedalı ve üç kademeli vites kolu gibi donanımlar eklenmiştir. Operatör kısmında ise; dizüstü bilgisayar yerleştirmek için bir bölme,

konvertör ve hemen yanında jeneratöre bağlı potansiyometre bulundurulmuştur. Elektrik ihtiyacı 2 adet batarya ile sağlanmaktadır. Kabinin arka üst kısmına yakıt deposu bağlanmıştır. Çeki arabasının arka kısmına da dört adet soğutma kulesi yerleştirilmiştir. Deneme traktöründe, yükleme

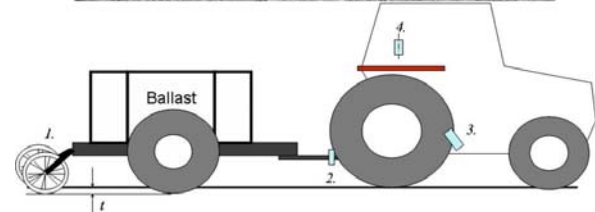
işlemini yapmak için çeki arabasının güç aktarma organlarına bir jeneratör bağlanmıştır. Traktörün çeki arabasını hareketlendirmesi ile birlikte tekerlekten alınan hareket, diferansiyele iletilmiştir. Çeki performansını belirlemek amacı ile dinamometre beşik düzeni ile çeki demirine bağlanmıştır.



Şekil 11. Çeki arabasıyla yürütülen deney düzeneği

Traktörün kuyruk mili devrini ölçen devir sensörü ve çeki arabasının arka tarafında bulunan ve ilerleme hızını ölçen tekerlek sensörü ile dinamometrede bulunan sensör verileri çeki arabasında bulunan konvertörden geçirilerek dizüstü bilgisayara aktarılmıştır. Ölçülen değerler ise paket program yardımı ile çeki gücü, ilerleme hızı ve patinaj değerleri olarak bu bilgisayardan görüntülenmektedir.

Kurjenluoma ve ark. (2009) işlenmiş killi toprak zeminde lastiklerin yuvarlanma direncini ve iz formasyonunu incelemek için çeki arabalı deney düzeneği kullanmışlardır (Şekil 12). Kullandıkları düzenekte çeki arabası içerisine beton ağırlıklar, arabanın arka kısmına lastik iz derinliğini ölçmek için ultrasonik sensör, traktör hızını belirlemek için traktör tekerleğine radarlı hız sensörü ve çeki kuvvetini ölçebilmek için çeki arabası ile traktör arasında yük hücresi yerleştirmişlerdir. Tüm sensörlerden aldıkları verileri veri toplayıcı kullanarak depolamışlardır. 5 farklı profil şekilli lastiklerle 35.4 ila 36.4 aks yüklerinde 2-11 m/s ilerleme hızlarında denemelerini gerçekleştirmişlerdir.



1. İz derinliği, 2. Çeki kuvveti, 3. İlerleme hızı,
4. Traktör eğimi

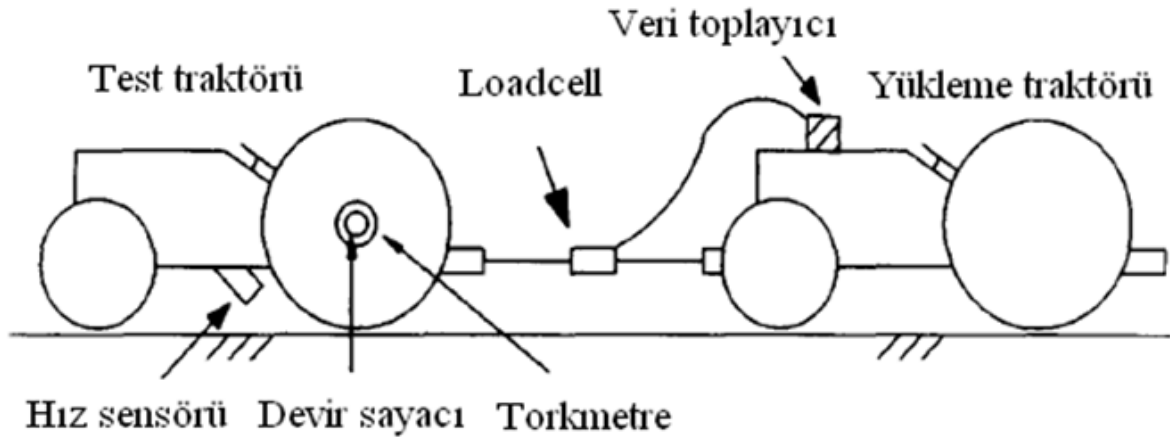
Şekil 12. Çeki arabalı deney düzeneği (Kurjenluoma ve ark., 2009)

Çift Traktörle Yapılan Performans Deneyleri

Çeki performans karakteristiklerini belirlemenin diğer bir yöntemi ise çekici traktör ve yükleme traktörü olmak üzere 2 traktörle yapılan denemelerdir.

Burt ve ark. (1983) Aks yükünün ve lastik iç basınçlarının lastik çeki verimi üzerindeki etkilerini araştırmak için çift traktör kullanarak denemeler yapmışlardır. Kuyruk mili gücü oranı 53 kW olan Massey-Ferguson 188 model test traktörü ile John Dere 4640 model yükleme arabası olarak kullanılan traktörleri üzerinde yük hücresi ve multi iletken kablo bulunan bir çubukla bağlamışlardır. Yükleme traktörü içerisine mikroişlemci tabanlı veri toplama ve kaydetme sistemi yerleştirmişlerdir. Tüm denemelerde diferansiyeli kilitlemişlerdir. Killi toprak zeminde yaptıkları çalışmada 18.4-30 çapraz katlı ve 18.4R30 radyal lastik kullanmışlar, 62-160 kPa arasında değişen dört farklı lastik iç basıncında ve 16-26 kN

olmak üzere 4 farklı statik yükte denemeleri gerçekleştirmişlerdir. Elde ettikleri sonuçlarda; verilen bir çeki kuvveti için her iki lastik tipinin çeki veriminin, uygun aks yükü ve lastik iç basıncı seçimi ile maksimize edilebileceği belirtilmiştir. Test edilen en düşük ve en büyük etkili koşullar arasında bulunan çeki verimi farklılıklarının (0.10-0.21), toprak koşulları ve lastik yapısındaki farklılıklardan kaynaklandığını, en yüksek çeki verimi değerinin elde edilmesi için, verilen bir çeki kuvvetinin geliştirilmesinde gerekli olan minimum patinaj değerinin sağlanması gerektiğini belirtmişlerdir. Bu nedenle, sistem en yüksek çeki etkinliği geliştirilecek şekilde tasarlanacaksa, minimum patinajın sağlanması yerine uygun lastik basıncı ve dinamik yük değerlerinin seçilmesinin doğru olacağını vurgulamışlardır.



Şekil 13. Çift traktörle yapılan deney düzeneği

Lee ve Kim (1997), çapraz katlı lastiklerin iç basıncının çeki performansı üzerine etkilerini araştırmak için yaptıkları deneylerde test traktörü ve yükleme traktörü olarak yine çift traktör kullanmışlardır (Şekil 13). İki traktör arasında bir yük hücresi yerleştirilerek çeki kuvvetini, test traktörüne yerleştirdikleri hız sensörü ile traktör hızını, yine test traktörünün muharrik lastiğine yerleştirdikleri devir sayacı ve torkmetre ile tekerlek devri ile torkunu ölçmüşlerdir. Bu algılayıcılardan gelen verileri veri toplayıcıya depolamışlardır. Çalışmada 13.6-28 ölçüsündeki çapraz katlı lastikle 4 farklı zeminde 40 kPa'dan 250 kPa'a kadar farklı lastik iç basıncında ve 3 farklı traktör hızında yaptıkları denemeler neticesinde net çeki oranı ve çeki verimini belirlemişlerdir.

Sonuç

Yapılan araştırmalar sonucu birçok çeki performansı deney düzeneklerinin kullanıldığı görülmektedir. Tarım sektöründe enerji kayıpları ve toprak sıkışması gibi probleminin ortaya çıkması, çok sayıda deney

düzeneklerinin gelişmesine neden olmuştur Çeki Performansı deney düzeneklerinin daha verimli ve daha güvenilir olabilmesi için test düzenekleri üzerinde çalışmalar sürmektedir. Test koşulları, maliyet, test süresi, test koşulları kontrolünün hassasiyeti bu düzeneklerin tasarımını etkileyen önemli parametrelerdir. Düzeneklerin bilgisayar kontrolleri arttıkça testlerin güvenilirliği artarken, maliyet orantılı olarak azalmakta ve sistemin kontrolü de kolaylaşmaktadır.

Kaynaklar

- Burt, E.C., Lyne, P.W.L., Meiring, P., Keen, J.F., 1983. Ballast and inflation effects on tire efficiency. *Transactions of the ASAE*, 26 (5): 1352-1354.
- Burt, E.C., Reaves, C.A., Bailey, A.C., Pickering, W.D., 1980. A machine for testing tractor tires in soil bins. *Transactions of the ASAE*, 23 (3): 546-552.

- Çarman, K., Aydın, C., 2002. Load and velocity effects on tire. *International Conference on Agricultural Engineering*, Budapest.
- Ekinci, Ş., Çarman, K., 2012. Lastik çeki performansı araştırmalarında kullanılabilir tek tekerlek test düzeneğinin geliştirilmesi. *Tarım Makinaları Bilimi Dergisi*, 8(2): 249-255.
- Elwaleed, A.K., Yahya, A., Zohadie, M., Ahmad, D., Kheiralla, A.F., 2006. Net traction ratio prediction for high-lug agricultural tyre. *Journal of Terramechanics*, 43: 119-139.
- Ferhadbegović, B., Brinkmann, C., Kutzbach, H.D., 2005. Dynamic longitudinal model for agricultural tyres. *15th International Conference of the ISTVS Hayama*, Japan, 1-13.
- Kawase, Y., Nakashima, H., Oida, A., 2006. An indoor traction measurement system for agricultural tires. *Journal of Terramechanics*, 43: 317-327.
- Kural, H., 1998. Tarım makinalarında kullanılan 7.50-16 taşıyıcı tip lastik tekerleğin yuvarlanma direnci ve toprak sıkışmasına etkisi. Doktora Tezi, *Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Konya.
- Kurjenluoma, J., Alakukku, L., Ahokas, J., 2009. Rolling resistance and rut formation by implement tyres on tilled clay soil. *Journal of Terramechanics*, 46: 267-275.
- Küçüksarıyıldız, H., 2006. Traktörlerde çeki performansı üzerine bazı faktörlerin etkisi, Yüksek Lisans Tezi, *Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Konya.
- Lee, D.R., Kim, K.U., 1997. Effect of inflation pressure on tractive performance of bias-ply tires. *Journal of Terramechanics*, 34 (3): 187-208.
- Monroe, G.E., Burt, E.C., 1989. Wide frame tractive vehicle for controlled-traffic research. *Applied Eng. in Agric.*, 5 (1): 40-43.
- Özgöz, E., Okursoy, R., 2001. Lastik tekerlekli traktörlerde lastik basıncı ile toprak sıkışıklığı arasındaki ilişkiler, 20. *Ulusal Tarımsal Mekanizasyon Kongresi*, Şanlıurfa, 130-133.
- Pope, R. G., 1971. The effect of wheel speed on rolling resistance. *Journal of Terramechanics*, 8 (1): 51-58.
- Raheman, H., Singh, R., 2004. Steering forces on undriven tractor wheel. *Journal of Terramechanics*, 40: 161-178.
- Shmulevich, I., Ronai, D., Wolf, D., 1996. A new field single wheel tester. *Journal of Terramechanics*, 33 (3): 133-141.
- Shmulevich, I., Osetinskya, A., 2003. Traction performance of a pushed/pulled drive wheel. *Journal of Terramechanics*, 40: 33-50.
- Sümer, S.K., Değişik lastik ve tekerlek düzenlemelelerinin traktör çeki verimine etkileri üzerinde bir araştırma, Doktora Tezi, *Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, 2005.
- Tiwari, V.K., Pandey, K.P., Sharma, A.K., 2009. Development of a tyre traction testing facility. *Journal of Terramechanics*, 46: 293-298.
- Upadhyaya, S.K., Wulfsohn, D., 1989. An overview of traction research at University of California, Davis. *California Agriculture*, 43(2): 15-17.
- Way, T.R., 2009. Three single wheel machines for traction and soil compaction research. *Agricultural Engineering International: CIGR Ejournal*, 11: 1-24.
- Way, T.R., Kishimoto, T., 2004. Interface pressures of a tractor drive tyre on structured and loose soils. *Biosystems Engineering*, 87 (3): 375-386.
- Yahya, A., Zohadie, M., Ahmad, D., Elwaleed, A.K., Kheiralla, A.F., 2007. UPM indoor tyre traction testing facility. *Journal of Terramechanics*, 44: 293-301.