

## **Yazlık-Kışık Ürün Döngüsünde Toprak İşleme Sistemlerinin Toprak Sıkışıklığına Etkileri**

**Zeliha Bereket BARUT<sup>1</sup>, İsmail ÇELİK<sup>2</sup>, M. Murat TURGUT<sup>1</sup>**

<sup>1</sup> Çukurova Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarım Makinaları Bölümü, Adana

<sup>2</sup> Çukurova Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Toprak Bölümü Bölümü, Adana  
zbarut@cu.edu.tr

Received (Geliş Tarihi): 30.03.2011

Accepted (Kabul Tarihi): 12.05.2011

**Özet:** Bu çalışmada, Çukurova koşullarında buğday+mısır/buğday+soya ürün döngüsünde uygulanan geleneksel toprak işleme ve buna alternatif olabilecek korumalı işleme sistemlerinin toprak sıkışıklığına olan etkileri incelenmiştir. Kil bünyeli bir toprakta 2006–2009 yılları arasında sürdürülen bu çalışmada, geleneksel, azaltılmış toprak işleme ve doğrudan ekim yöntemleri kullanılmıştır. Geleneksel işleme sistemleri olarak anızlı geleneksel işleme (GTA) ve anızları yakılmış geleneksel işleme (GTY) kullanılmıştır. Korumalı toprak işleme sistemleri olarak diskli tırmıklı azaltılmış toprak işleme (ATD), rototillerli azaltılmış toprak işleme (ATR), diskli tırmıklı azaltılmış toprak işleme+doğrudan ekim (ATDE) ve doğrudan ekim (DE) kullanılmıştır. Bağımsız değişken olarak toprağın penetrasyon direnci parametresi ele alınmıştır. Çalışmada elde edilen sonuçlara göre, geleneksel toprak işleme sistemlerine göre korumalı işleme sistemleri penetrasyon direncini önemli oranda arttırmış ve toprak sıkışmasına neden olmuştur. Araştırma sonucunda penetrasyon direnci 0–45 cm derinlikte ATR>ATD>ATDE>DE>GTA>GTY şeklinde bir sıralama izlenmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Toprak işleme, toprak sıkışıklığı, yazlık-kışık ürün döngüsü

### **Effect of Tillage Systems on Soil Compaction in Summer-Winter Crop Rotation**

**Abstract:** In this study, the effects of conservational and conventional tillage on soil compaction were examined in Çukurova region. This experiment was conducted between 2006 and 2009 in a clayey soil. The conventional tillage, reduced tillage and no-tillage methods were used in the study. The conventional tillage methods were used in two different ways; one with crop residue (GTA) and other with crop residue burned (GTY). Conservation tillage methods used were; reduced tillage with tandem disc harrow (ATD), reduced tillage with rotary tiller (ATR), reduced tillage with tandem disc harrow+no-tillage (ATDE), and no-till systems (DE). Penetration resistance of the soil was investigated as the soil compaction parameters. The results indicated that penetration resistance of soils with conservational methods was greater than that of conventional methods. The penetration resistance at 0-45 cm depth was determined as ATR>ATD>ATDE>DE>GTA>GTY.

**Key words:** Soil tillage, soil compaction, summer-winter crop rotation

### **GİRİŞ**

Tarımsal üretimde yoğun teknoloji kullanımı, tüm dünyada olduğu gibi ülkemizde de tarımsal sürdürülebilirliği sınırlandıran ve toprak verimliliğini düşüren önemli bir çevresel sorun haline gelmiştir. Bu sorunun ana ürünü olan toprak bozunumu, toprak kalite parametrelerini oluşturan fiziksel, kimyasal ve biyolojik toprak özelliklerinden bir ya da birkaçının bozulması sonucu meydana gelmektedir. Bu bozunumun başında da aşırı veya yanlış toprak işleme yöntemleri gelmektedir.

Türkiye'deki toplam ekilebilir alanların %5'ini kapsayan Çukurova bölgesi, sahip olduğu iklim, toprak

ve su kaynakları avantajından ötürü bir yıl içerisinde en az iki ürün yetiştiriciliğinin yapıldığı bölgelerin başında gelmektedir. Yoğun tarımsal üretim faaliyetlerinin uygulandığı bu bölgede, topraklar bitkisel yetiştiricilikte kullanılırken daha çok geleneksel yöntem ve aletlerle yoğun bir şekilde işlenmektedir. İki ürünün yetiştirildiği bitki rotasyon sisteminde de genellikle kışık buğday+mısır ya da kışık buğday+soya/yer fıstığı yetiştiriciliği yaygın olarak yapılmaktadır.

İki ürün yetiştiriciliğinde birinci ürünün hasadını takiben ikinci ürün için zaman ve hızlı tohum yatağı

hazırlamanın önemi ve güçlükleri nedeniyle, üreticilerin büyük bir bölümü, yasal olmamakla birlikte birinci ve ikinci ürün yetiştiriciliğinde, önceki ürüne ait anızları yakarak ve geleneksel toprak işleme yöntemlerini kullanarak tohum yatağı hazırlamaktadır. Toprakların geleneksel yöntemlerle sürekli derin, çok sayıda, yoğun ve parçalayıcı olarak işlenmesi sonucu toprakların kalite özelliklerini oluşturan fiziksel, kimyasal ve biyolojik özelliklerinde önemli bozunumlar meydana gelmektedir (Cannell ve Hawes, 1994; Lal, 1998; Pagliai ve ark., 2004).

Topraklardaki bozunum süreci, çevresel sorunlar yaratması ile birlikte şu anda hem ürün hem de ekonomik kayıplara neden olmasının yanı sıra gelecekteki uzun dönemli ürün verimini de tehlikeye sürükleyen acil sorunların başında geldiği kabul edilmektedir. Tarımsal aktivitelerin çevresel etkilerini ve toprakların fiziksel, kimyasal ve biyolojik bozunumunu azaltmak ve önlemek için, iyi bir toprak yönetimi temel amaçlardan birisidir. Bu amaç, arazi kullanıcılarını geleneksel yoğun toprak işleme yerine çevre ve sürdürülebilir tarım için olumsuz etkileri daha az olan korumalı ya da azaltılmış toprak işlemenin uygulanabilirliğine yönlendirmiştir (Cannell ve Hawes, 1994).

Toprağın fiziksel kalite parametrelerinden olan penetrasyon direnci değerlerinin, tarım topraklarındaki sıkışmanın derecesini ve sıkışmış katmanların varlığının belirlenmesinde en çok kullanılan parametrelerden biri olduğu belirtilmektedir (Diaz-Zorita, 2000; Abu-Hamdeh, 2003). Penetrasyon direnci (MPa) aynı zamanda kök ve tohum sürgünü gelişmesine ve bitki verimine etkileri hakkında da önemli bilgiler verebilmektedir. Bitki kökleri toprak mekanik direncinin yüksek olduğu masif yapılu toprak katmanlarından olumsuz etkilenir. Toprak direnci yükseldikçe köklerin toprağa penetrasyonu azalmaktadır. Toprak mekanik direncindeki artma, köklerin toprağa nüfuzunu ve kök uzama oranını düşürmektedir. 700 kPa (7 bar) penetrasyon direncinde, pamuk bitkisinin kök uzama oranı %50 azalmıştır. Kök uzamasını %50 oranında düşüren penetrasyon direnci yarfıstığı bitkisi için 20 bar, bezelye için 11 bar olarak ölçülmüştür (Arkin ve Taylor, 1981). Roscoe ve Buurman (2003), geleneksel

toprak işleme ile işlenmiş sistemlerini karşılaştırdıkları araştırmada, geleneksel işlemede topraklarda önemli sıkışma ve hacim ağırlığında artışlar olduğu saptanmıştır. Birkas ve ark. (2004) toprak işlemenin toprak kalitesine etkilerinin araştırıldığı çalışmada, toprakların her yıl düzenli olarak pulluk veya diskli aletlerle derin işlenmesi sonucunda, ilk 3 yıl içerisinde yüzeye yakın katmanlarda sıkışmaya neden olduğu, fakat bu sıkışmış katmanın genişlemesi ve daha alt katmanlara yayılmasının beşinci yıldan sonra olduğu belirtilmektedir.

Bu çalışmada, buğday+mısır/buğday+soya ürün döngüsünde geleneksel toprak işleme, azaltılmış toprak işleme ve doğrudan ekim sistemlerinin toprak sıkışıklığına olan etkileri incelenmiştir.

## **MATERYAL ve YÖNTEM**

Araştırmanın yürütüldüğü Adana ili, Akdeniz iklim kuşağında olup, ilde kışlar ılık ve yağışlı, yazlar ise sıcak ve kurak geçmektedir. İlin 30 yıllık ortalama iklim verilerine göre yıllık ortalama sıcaklığı 19.1 °C, ortalama toplam buharlaşma miktarı 1536 mm, toplam yağış miktarı ise 670 mm olup, bu yağışın %75'i kış ve ilkbahar aylarında düşmektedir (Anonim, 2009). Çukurova Üniversitesi Ziraat Fakültesi Araştırma ve Uygulama Çiftliği arazileri içerisinde yer alan killi bünyeye sahip deneme alanı, tesadüf parselleri deneme desenine göre düzenlenmiş olup çalışma, 6 farklı toprak işleme sistemi için 3 tekrarlı olmak üzere toplam 18 parsel üzerinde yürütülmüştür. Denemede parsellerinin her birinin genişliği 12 m, uzunluğu 40 m'dir. Araştırmada, geleneksel ve korumalı olmak üzere altı farklı toprak işleme sistemi uygulanmıştır (Çizelge 1):

AT ve DE sistemlerinde önceki ürün hasat edildikten sonra bu ürünlere ait anızların fazla olması nedeniyle toprak yüzeyindeki anızlar toplama makinası ile toplanıp parsellerden uzaklaştırıldıktan sonra geriye kalan anızlar sap parçalama aletiyle parçalanmış, GTY parselinde ise önceki ürün artıkları yakılmıştır. Anız uygulamalarından sonra GT ve AT parsellerinde toprak işleme yapılarak ekim, DE parselinde ise yabancı ot ilaçlaması sonrası anızlı alanlara doğrudan ekim uygulanmıştır.

**Çizelge 1. Birinci ve ikinci ürünlerin ekiminde kullanılan toprak işleme yöntemleri**

Yöntem	Kışlık Ürün İçin Toprak İşleme	Yazlık Ürün İçin Toprak İşleme
Anızlı Geleneksel Toprak İşleme ( <b>GTA</b> )	<ul style="list-style-type: none"> <li>Anız parçalama</li> <li>Kulaklı pulluk</li> <li>Diskli tırmık (Diskaro) (2 kez)</li> <li>Tapan (2 Kez)</li> <li>Buğday ekimi</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Anız parçalama</li> <li>Ağır diskli tırmık (Goble)</li> <li>Diskli tırmık (2 kez)</li> <li>Tapan (2 Kez)</li> <li>Mısır/soya ekimi</li> </ul>
Anızları Yakılmış Geleneksel Toprak İşleme ( <b>GTY</b> )	<ul style="list-style-type: none"> <li>Anız yakımı</li> <li>Kulaklı pulluk</li> <li>Diskli tırmık (2 kez)</li> <li>Tapan (2 Kez)</li> <li>Buğday ekimi</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Anız yakımı</li> <li>Çizel</li> <li>Diskli tırmık (2 kez)</li> <li>Tapan (2 Kez)</li> <li>Mısır/soya ekimi</li> </ul>
Ağır Diskli Tırmıklı Azaltılmış Toprak İşleme ( <b>ATD</b> )	<ul style="list-style-type: none"> <li>Anız parçalama</li> <li>Ağır diskli tırmıkla (Goble) işleme (2 kez)</li> <li>Tapan (2 Kez)</li> <li>Buğday ekimi</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Anız parçalama</li> <li>Rototillerle işleme</li> <li>Tapan (2 Kez)</li> <li>Mısır/soya ekimi</li> </ul>
Rototillerli Azaltılmış Toprak İşleme ( <b>ATR</b> )	<ul style="list-style-type: none"> <li>Anız parçalama</li> <li>Rototillerle işleme</li> <li>Tapan (2 Kez)</li> <li>Buğday ekimi</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Anız parçalama</li> <li>Rototillerle işleme</li> <li>Tapan (2 Kez)</li> <li>Mısır/soya ekimi</li> </ul>
Azaltılmış Toprak İşleme+Doğrudan Ekim ( <b>ATDE</b> )	<ul style="list-style-type: none"> <li>Anız parçalama</li> <li>Ağır diskli tırmık (Goble) Tapan (2 Kez)</li> <li>Buğday ekimi</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Anız parçalama</li> <li>Herbisit uygulama</li> <li>Mısır/soya ekimi</li> </ul>
Doğrudan Ekim ( <b>DE</b> )	<ul style="list-style-type: none"> <li>Anız parçalama</li> <li>Buğday ekimi</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Anız parçalama</li> <li>Mısır/soya ekimi</li> </ul>

Toprak analiz sonuçlarına göre buğdayda, taban gübresi olarak 9 kg N da<sup>-1</sup> azot ve 8 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> da<sup>-1</sup> fosfor, kardeşlenme döneminde ise üst gübre olarak amonyum nitrat gübresinden 9 kg N da<sup>-1</sup> kullanılmıştır. Mısır ekiminde taban gübresi olarak 20-20-0 MAP gübresinden dekara 30 kg ve üre (%46'lık) gübresinden de dekara 16 kg kullanılmıştır. Üst gübre olarak da bitkinin 4-5 yapraklı olduğu dönemde %46'lık üre gübresinden dekara 26 kg verilmiştir. Böylelikle mısır bitkisi için taban ve üst gübrelemeyle birlikte toplam 25 kg N da<sup>-1</sup> azot ve 6 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> da<sup>-1</sup> fosfor olarak verilmiştir. Soya ekimi için taban gübresi olarak 20-20-0 MAP gübresinden dekara 20 kg kullanılmıştır. Bu gübreleme sonucu ekimle birlikte toprağa 4.0 kg N da<sup>-1</sup> azot ve 4.0 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> da<sup>-1</sup> fosfor olarak verilmiştir. İkinci ürün soya bitkisinde üst gübreleme ise çiçeklenmenin başlangıcında %33'lük amonyum nitrat gübresinden 8 kg N da<sup>-1</sup> olacak şekilde 25 kg kullanılmıştır.

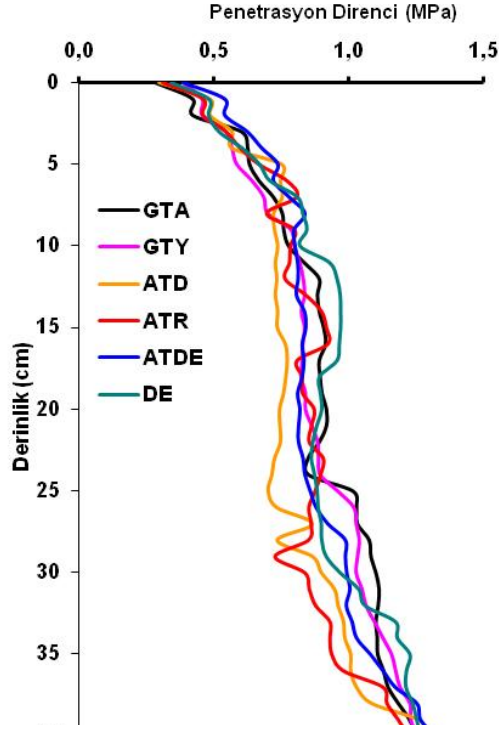
### Toprak Analizleri

Farklı toprak işleme sistemlerinin toprağın penetrasyon direncine etkilerini belirlemek amacıyla, araştırmanın yürütüldüğü 2006-2009 yılları arasında deneme başlangıcında ve her yıl ürünlerin hasadından sonra parsellerde penetrasyon ölçümleri yapılmıştır. Penetrasyon dirençlerindeki değişimi belirlemek amacıyla parsellerde Eijkelkamp marka penetrolgler

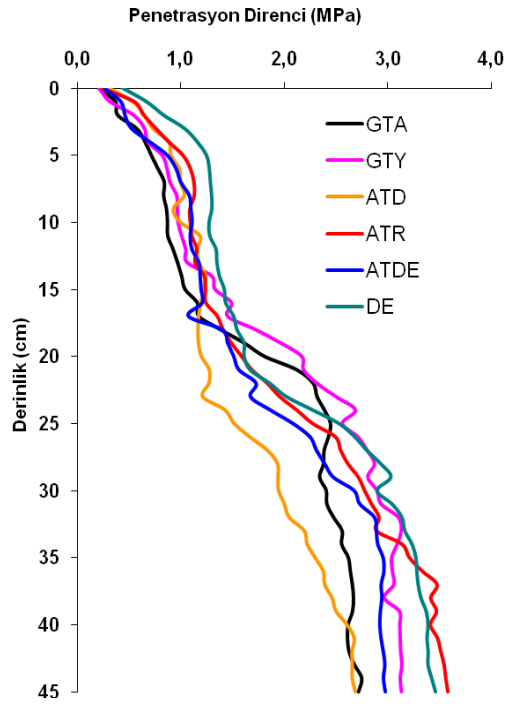
aletiyle (max. 5000 kPa basınca ve 80 cm derinliğe kadar 1 cm aralıklarla ölçüm yapabilen) her parselin 6 ayrı noktasında ölçümler yapılmıştır. Farklı toprak işleme uygulamalarının toprağın bazı fiziksel özelliklerine olan etkisini istatistiksel olarak ortaya koymak için varyans analizi ve ortalamalar arasındaki farkı belirlemek için de Tukey testi uygulanmıştır.

### ARAŞTIRMA BULGULARI

Araştırmanın başlangıcında parsellerdeki penetrasyon dirençlerine ilişkin sonuçlar Şekil 1'de verilmiştir. Bu verilere göre 0-10 cm derinliğinde araştırma parsellerindeki penetrasyon dirençleri arasında fark olmayıp, bütün parseller benzer penetrasyon değerlerine sahiptir. Söz konusu şekilde görüldüğü gibi 0-5 cm'lik yüzey katmanında penetrasyon dirençleri 0.3 ile 0.6 MPa arasında değişirken, derinlikteki artışla birlikte penetrasyon değerlerinde de artışlar kaydedilmiş ve 40 cm toprak derinliğinde 1.35 MPa kadar çıkmıştır (Şekil 1). Penetrasyon dirençleri incelendiğinde ATR parseli hariç diğer parsellerin 25 ile 30 cm katmanı arasında penetrasyon direnç değerlerinde ani bir artışın olduğu görülmektedir. Bu durum özellikle de ATD ve GTA parsellerinde daha belirgin olarak görülmektedir. Bu bulgu bu derinlikte (25-30 cm) bir pulluk alt katmanının varlığına işaret etmektedir. ATR parselinde ise bu durum 29-33 cm'de görülmektedir.



Şekil 1. Araştırmanın başlangıcında parsellerdeki penetrasyon direnç değerleri



Şekil 2. Farklı toprak işleme uygulamalarının 2006-2007 yılı kışık buğday sonrası toprak sıkışmasına etkileri

2007 yılı buğday hasadı sonrası yapılan penetrasyon ölçümlerine ilişkin sonuçlar Şekil 2’de sunulmuştur. Şekilde, 0-15 cm derinlikte en yüksek penetrasyon direncinin doğrudan ekimin yapıldığı DE’de olduğu anlaşılmaktadır. Bunu sırasıyla sadece kışlık toprak işlemede diskli tırmığın kullanıldığı doğrudan ekim (ATDE), diskli tırmıklı azaltılmış toprak işleme (ATD) ve rototillerli azaltılmış toprak işleme (ATR) uygulamaları izlemektedir. Geleneksel toprak işlemlerinin uygulandığı GTA ve GTY işleme sistemlerinde daha düşük penetrasyon dirençleri kaydedilmiştir. Elde edilen bu bulgulara göre toprak işleme uygulamalarının çoğunlukla etkili olduğu 0-20 cm derinlikte toprak işleme uygulama ve sayıları arttıkça topraklarda penetrasyon direncinin azaldığını söyleyebiliriz. Buna karşılık toprak işleminin olmadığı/çok az olduğu (ATDE ve DE) ya da azaltıldığı (ATD ve ATR) koşullarda toprakların yüzey katmanlarında penetrasyon direncinin arttığı söylenebilir.

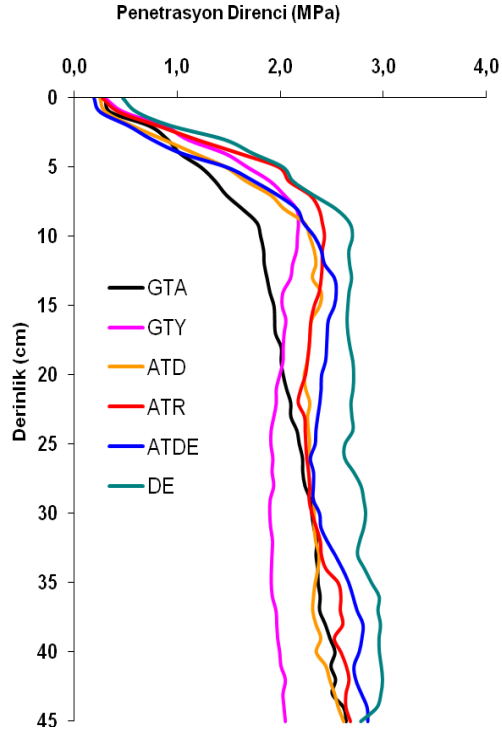
Söz konusu şekilde görüldüğü gibi 0–10 cm’lik yüzey katmanında penetrasyon dirençleri 0.3 ile 1.4 MPa arasında değişirken, derinlikteki artışla birlikte penetrasyon değerlerinde de artışlar kaydedilmiş ve 40 cm toprak derinliğinde 3.0-3.5 MPa kadar çıkmıştır (Şekil 2). Saptanan bu penetrasyon değerleri, yüzeyden alt katmanlara doğru toprakta sıkışmanın arttığını göstermektedir. Penetrasyon dirençleri dikkatli incelendiğinde, 0-15 cm derinliğe kadar dirençlerde düzgün ve homojen bir artışın olduğu, ancak 15 cm derinlikten sonra bütün işleme konularındaki direnç eğrilerinde ani artışlar ve azalışların olduğu görülmektedir. Bu durumun 15 cm derinlikten sonraki katmanlarda sıkışmış katmanların ya da çatlakların varlığından kaynaklandığı düşünülmektedir.

2007 yılı ikinci ürün Mısır hasadı sonrasında parsellerde yapılan penetrasyon ölçümlerine ilişkin sonuçlar Şekil 3’te verilmiştir. Şekil incelendiğinde 0–10 cm derinlikte en yüksek penetrasyon direnci sırasıyla doğrudan ekimin yapıldığı DE’de ve rototillerli azaltılmış toprak işleme (ATR) uygulamalarında olduğu anlaşılmaktadır. Bu iki uygulamayı sadece kışlık toprak işlemede diskli tırmığın kullanıldığı doğrudan ekim (ATDE), ağır diskli tırmıklı azaltılmış toprak işleme (ATD) ve geleneksel toprak işleminin uygulandığı GTY sistemleri izlemektedir. Ancak 0–10 cm derinliğinde ATDE, ATD ve GTY sistemleri arasında önemli bir fark saptanamamış olup değerler birbirine oldukça yakındır. 0–10 cm derinliğinde geleneksel toprak işlemlerinin uygulandığı GTA işleme sisteminde diğer

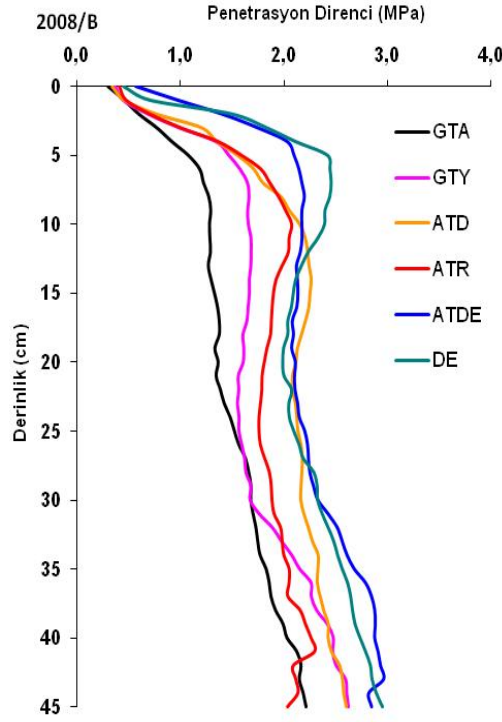
işleme sistemlerine göre daha düşük penetrasyon dirençleri kaydedilmiştir (Şekil 3).

Elde edilen bu bulgulara göre toprak işleme uygulamalarının etkili olduğu 0–20 cm derinlikte toprak işleme uygulama ve sayıları arttıkça topraklarda penetrasyon direncinin azaldığı sonucu çıkmaktadır. Buna karşılık toprak işleminin olmadığı/çok az olduğu (ATDE ve DE) ya da azaltıldığı (ATD ve ATR) koşullarda toprakların yüzey katmanında penetrasyon direncinin arttığı belirlenmiştir. Söz konusu şekilde görüldüğü gibi 0–10 cm’lik yüzey katmanında penetrasyon dirençlerinde düzgün bir artış olup 0.25 ile 2.69 MPa arasında değişirken, 10 cm’den sonraki 10–25 cm derinliklerde bu direnç değerleri ya azalmış ya da sabit kalmıştır. 25–40 cm arasında ise direnç değerlerinde biraz daha artış görülmektedir. Bu eğriler 10 cm derinliğinde bir sıkışma ya da geçirimsizliğin göstergeleri olabilir.

2008 yılı buğday hasadı yapıldıktan hemen sonra farklı toprak işleme uygulamaları altında toprakların penetrasyon dirençlerindeki değişimin belirlenmesi amacıyla parsellerde penetrologger aleti ile penetrasyon ölçümleri yapılmış ve elde edilen sonuçlar Şekil 4’de verilmiştir. Farklı toprak işleme sistemlerinin 3. kez uygulanmasından sonraki verileri yansıtan bu şekil incelendiğinde, 0–10 cm derinlikte en yüksek penetrasyon direncinin sırasıyla doğrudan ekimin yapıldığı DE ve sadece kışlık toprak işlemede diskli tırmığın kullanıldığı doğrudan ekim (ATDE) uygulamalarında saptanmıştır. Bu iki uygulamayı diskli tırmıklı azaltılmış toprak işleme (ATD) ve rototillerli azaltılmış toprak işleme (ATR) izlemektedir. Ancak 0–10 cm derinlikte penetrasyon dirençleri bakımından ATD ve ATR uygulamaları arasında önemli bir farklılık saptanamamıştır. 0–10 cm derinlikte en düşük penetrasyon dirençleri sırasıyla geleneksel toprak işleminin uygulandığı GTA ve GTY sistemlerinde elde edilmiştir (Şekil 4). 10–20 cm derinlikteki penetrasyon dirençleri incelendiğinde, en yüksek değerler sırasıyla ATD, DE ve ATDE’de elde edilmiştir. Bu uygulamaları ise sırasıyla ATR ve GTY izlemektedir. 0-10 cm’de olduğu gibi benzer şekilde 10-20 cm derinlikte de en düşük penetrasyon direnci GTA’de saptanmıştır. 20-40 cm derinlikteki penetrasyon dirençleri incelendiğinde, aralarında önemli farklılıklar olmamakla birlikte yine en yüksek değerler DE ve ATDE’de saptanırken bu uygulamaları sırasıyla ATR ve ATD izlemektedir. Söz konusu bu derinlikte de yine en düşük değerler sırasıyla GTA ve GTY toprak işleme sistemlerinde elde edilmiştir (Şekil 4).



Şekil 3. Farklı toprak işleme uygulamalarının 2007 yılı ikinci ürün mısır sonrası toprak sıkışmasına etkileri



Şekil 4. Farklı toprak işleme uygulamalarının 2007–2008 yılı kışık buğday sonrası toprak sıkışmasına etkileri

Farklı toprak işleme uygulamalarının başlatıldığı andan itibaren yaklaşık olarak 18 ay sonraki sonuçları yansıtan bu bulgular, toprak işleme uygulamalarının çoğunlukla etkili oldukları 0–30 cm derinlikte toprakların geleneksel yöntemlerle (GTA ve GTY) derin, parçalayıcı ve birden fazla kez toprak işleminin yapılması durumunda topraklarda penetrasyon direncinin azaldığını göstermektedir. Buna karşılık toprak işleminin olmadığı/çok az olduğu (ATDE ve DE) ya da azaltıldığı (ATD ve ATR) koşullarda toprakların yüzey katmanında penetrasyon direncinin arttığı belirlenmiştir (Şekil 4). Toprak işleme ile toprak sıkışması arasındaki ilişkilere yönelik yapılan araştırmalarda birbirinden farklı sonuçlar belirlenmiştir. Araştırmaların çoğunda geleneksel ve derin işlenen topraklara göre işlenmiş ve minimum işleme koşullarında daha yüksek penetrasyon direnci değerleri saptanmıştır (Stewart ve Vyn, 1994; Varsa ve ark., 1997). Bu araştırmacıların aksine Cassel ve ark. (1995) toprak işleme farklılıklarının penetrasyon direncini etkilemediğini belirtmişlerdir.

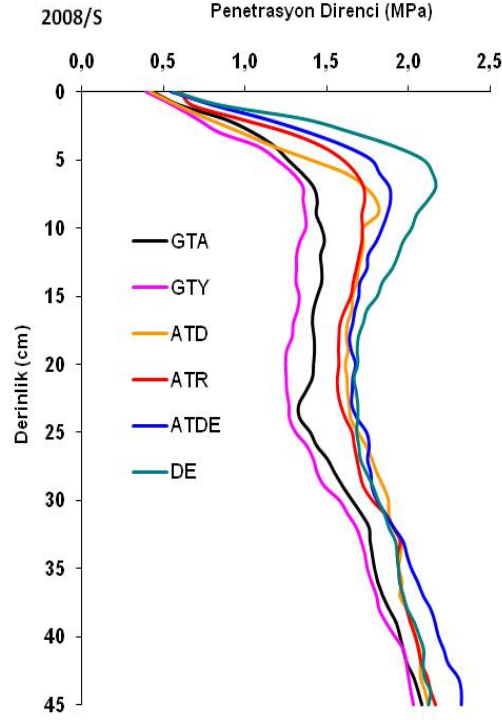
Farklı toprak işleme uygulamalarının 4. uygulama yani ikinci ürün soya hasadı sonrasında (Ekim 2008) parsellerde penetrasyon ölçümleri yapılarak toprakların penetrasyon dirençlerindeki değişimleri belirlenmiştir (Şekil 5). 0–10 cm derinlikte en yüksek penetrasyon direncinin sırasıyla DE ve ATDE uygulamalarında olduğu anlaşılmaktadır. Bu iki uygulamayı rototillerli azaltılmış toprak işleme (ATR) ve ağır diskli tırmıklı azaltılmış toprak işleme (ATD) izlemektedir. 0–10 cm derinlikte en düşük penetrasyon dirençleri sırasıyla anızları yakılmış ve yakılmamış geleneksel toprak işleminin uygulandığı GTY ve GTA sistemlerinde elde edilmiştir (Şekil 5). 10–20 cm derinlikteki penetrasyon dirençleri incelendiğinde, 0–10 cm deki katmanda olduğu gibi bu katmanda da durum değişmemiş olup en yüksek değerler sırasıyla DE ve ATDE’de elde edilmiştir. Bu uygulamaları ise sırasıyla ATD ve ATR izlemekte olup, bu derinlikte penetrasyon dirençleri bakımından ATD ve ATR uygulamaları arasında önemli bir fark bulunmamaktadır. 20–40 cm derinlikteki penetrasyon dirençleri incelendiğinde, aralarında önemli farklılıklar olmamakla birlikte yine en yüksek değerler DE ve ATDE’de saptanırken bu uygulamaları sırasıyla ATD ve ATR izlemektedir. Söz konusu bu derinlikte de yine en düşük değerler sırasıyla GTY ve GTA işleme sistemlerinde elde edilmiştir. Penetrasyon ölçümlerinin

alındığı derinlik (0–45 cm) genel olarak incelendiğinde en düşük direnci değerlerinin sırasıyla GTY ve GTA’de olduğu anlaşılmaktadır (Şekil 5).

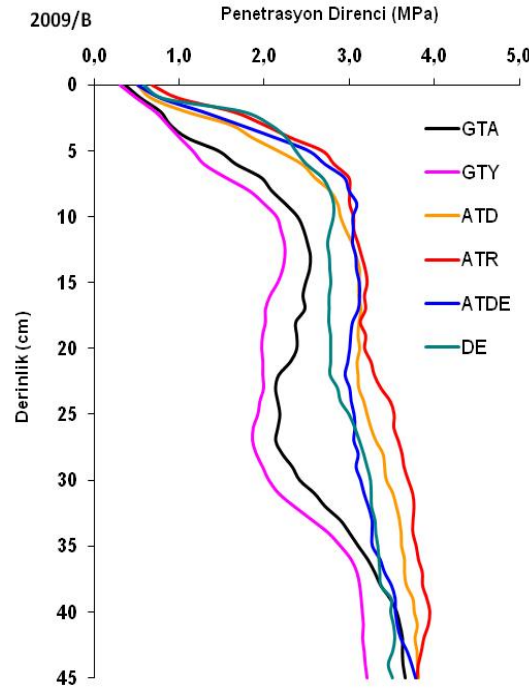
Kışık ekim işleminde GTA ve GTY konularında kullanılan toprak işleme alet ve yöntemleri arasında hiçbir fark bulunmamaktadır. Ancak kışık buğday hasadından sonra ikinci ürün yetiştiriciliği (mısır ve soya) için toprakların işlenmesinde GTA parselleri pullukla işlenirken, GTY parselleri çizel aletiyle daha derin (35–40 cm) işlenmektedir. Bu derin işlenmeye bağlı olarak oluşan gevşeklik nedeniyle GTA parsellerine oranla GTY parsellerinde 7–40 cm derinlikte daha düşük penetrasyon değerlerinin elde edilmesine yol açtığı sanılmaktadır.

Farklı toprak işleme sistemlerinin iki yıl içerisinde 4. kez uygulanmasından sonra elde edilen bu bulgulara göre, toprak işleme uygulamalarının çoğunlukla etkili oldukları 0–30 cm derinlikte toprak işleme uygulama ve sayıları arttıkça (GTA ve GTY) topraklarda penetrasyon direncinin azaldığı saptanmıştır. Buna karşılık toprak işleminin olmadığı/çok az olduğu (ATDE ve DE) ya da azaltıldığı (ATD ve ATR) koşullarda toprakların yüzey katmanında penetrasyon direnci ve sıkışıklığın arttığı belirlenmiştir. Korunmalı işleme yöntemlerinin kullanılması durumunda topraklarda penetrasyon direnci ve toprak sıkışmasının arttığına yönelik elde edilen bu sonuçlar, başka araştırmalardaki sonuçlarla paralellik göstermektedir. Moret ve Arrue (2007), tınlı bir toprakta geleneksel, azaltılmış ve doğrudan ekimin karşılaştırıldığı uzun dönemli (12 yıl) araştırmada en yüksek sıkışmanın doğrudan ekimde meydana geldiğini belirlemişlerdir. Uzun dönemli yapılan diğer bir çok araştırmada da doğrudan ekimde en yüksek sıkışma değerleri elde edilmiştir (Logsdon ve ark., 1990; Schwartz ve ark., 2003).

Minimum veya doğrudan ekim sistemlerinde tohum yatağının hazırlanmasında ve bitki büyüme dönemi boyunca toprakların hiç işlenmemesi ya da çok az işlenmesinden dolayı bu işleme sistemlerinde penetrasyon dirençleri daha yüksek bulunmuştur (Carter, 1990). İşlenmiş (no-till) sistemler ile toprakların üst katmanlarında geleneksel işlemeye ve azaltılmış işlemeye göre daha yüksek penetrasyon direnci değerleri elde edilmiştir (Francis ve ark., 1987; Stewart ve Vyn, 1994). Ancak, Cassel ve ark. (1995) toprak işlemedeki yöntem farklılıklarının penetrasyon direncini etkilemediğini belirttiktedirler.



Şekil 5. Farklı toprak işleme uygulamalarının 2008 yılı ikinci ürün soya sonrası toprak sıkışmasına etkileri



Şekil 6. Farklı toprak işleme uygulamalarının 2008-2009 yılı kışık buğday sonrası toprak sıkışmasına etkileri



Farklı toprak işleme uygulamalarının başlatılmasından yaklaşık 2.5 yıl sonra elde edilen 2009 yılı buğday hasadı sonrası verilere göre 0–10 cm derinlikte en yüksek ortalama penetrasyon direnci değerleri rototillerli azaltılmış toprak işleme olan ATR’de elde edilirken, bunu sırasıyla sadece kışık toprak işlemede diskli tırmığın kullanıldığı doğrudan ekim (ATDE), doğrudan ekimin yapıldığı DE ve ağır diskli tırmıklı azaltılmış toprak işleme (ATD) izlemektedir (Şekil 6). Ancak söz konusu bu derinlikte ATDE, DE ve ATD uygulamaları arasındaki fark önemsiz düzeyde olup birbirine yakın penetrasyon direnç değerleri elde edilmiştir. 0–10 cm derinlikteki en düşük penetrasyon değerleri ise sırasıyla anızları yakılmış ve yakılmamış geleneksel toprak işleminin uygulandığı GTY ve GTA sistemlerinde elde edilmiştir (Şekil 6).

10–20 cm derinlikteki penetrasyon dirençleri incelendiğinde, 0–10 cm’deki sıralamaya benzer değerler bu katmanda da elde edilmiştir. Bu derinlikteki en yüksek penetrasyon direnç değerleri sırasıyla azaltılmış işleme sistemleri olan ATR ve ATD’de elde edilirken, en düşük değerler sırasıyla geleneksel işleme sistemleri olan GTY ve GTA’da belirlenmiştir. Bu katmandaki DE ve ATDE direnç değerleri GTY ve GTA işleme yöntemlerine göre daha yüksek ancak AT işleme sistemlerine göre daha düşük elde edilmiştir (Şekil 6). Topraklarda sıkışmanın göstergelerinden birisi olan penetrasyon direnç değerleri 20–40 cm derinlikte de birbirinden farklı elde edilmiş olup, 0–10 ve 10–20 cm katmanlarındaki sıralamaya benzer saptanmıştır. 20–40 cm katmanındaki penetrasyon değerleri ATR>ATD>ATDE>DE>GTA>GTY şeklinde belirlenmiştir (Şekil 6).

Farklı toprak işleme uygulamaları ile 2.5 yıl içerisinde birinci ve ikinci ürün yetiştiriciliği yapılarak toplam beş ürün (Buğday-mısır, buğday-soya, buğday) döneminden sonra elde edilen bu bulgulara göre, toprak işleme uygulamalarının çoğunlukla etkili oldukları 0–30 cm derinlikte toprak işleminin yoğunluğu (sayısı) ve derinliği arttıkça topraklarda sıkışmanın bir göstergesi olan penetrasyon direncinin azaldığı saptanmıştır. Zira geleneksel işleme yöntemleriyle toprakların pulluk ve çizelle derin ve bir yıl içerisinde parçalayıcı çeşitli aletlerle 6-7 kez işlendiği GTA ve GTY konularında en düşük penetrasyon direnç değerleri elde edilmiştir. Buna karşılık araştırmanın başından beri 5 ürünün yetiştiriciliği için (2006-2007 buğday, 2007 ikinci ürün mısır, 2007-2008 buğday, 2008 ikinci ürün soya ve

2008-2009 buğday) toprak işleminin olmadığı (DE) ve sadece kışık üründe işlemin yapıldığı (ATDE) parsellerde daha yüksek penetrasyon dirençleri elde edilmiştir. Benzer şekilde GTA ve GTY işleme yöntemlerine göre toprakların derin işlenmediği ve sayıca daha az işlendiği ATD ve ATR parsellerinde de yüksek penetrasyon ve sıkışma değerleri elde edilmiştir (Şekil 4, 5 ve 6).

Kışık ekim işleminde GTA ve GTY konularında kullanılan toprak işleme alet ve yöntemleri arasında hiçbir fark bulunmamaktadır. Ancak kışık buğday hasadından sonra ikinci ürün için (mısır ve soya) toprakların işlenmesinde GTA parselleri pullukla 30–33 cm derinliğinde işlenirken, GTY parselleri çizel aletiyle 40 cm derinlikte işlenmektedir. Bu derin işlenmeye bağlı olarak oluşan gevşeklik nedeniyle GTY parsellerinde GTA parsellerine göre 5 cm derinlikten sonra daha düşük penetrasyon ve sıkışma değerlerinin elde edilmesine neden olmuştur. Ayrıca GTY işleme konusunda ürün artıklarının yakılması sonucu (3 kez buğday anızı, 1 kez mısır ve 1 kez soya anızları) oluşan küllerin toprak işleme aletleriyle toprağa karıştırılması sonucu bu küllerin toprakta gevşeklik yarattığı ve sonuç olarak sıkışmanın azalmasına neden olduğu sanılmaktadır.

İşleme sistemlerinin toprak sıkışmasına etkileri ile ilgili olarak elde edilen bu bulgular yapılan diğer birçok araştırmadaki bulgularla önemli benzerlik göstermektedir. Varsa ve ark. (1997), azaltılmış ve işlenmiş topraklara göre geleneksel olarak derin işlenen topraklarda penetrasyon direncinin önemli ölçüde azaldığını rapor etmişlerdir. Moret ve Arrue (2007), tınlı bir toprakta geleneksel, azaltılmış ve doğrudan ekimin karşılaştırıldığı uzun dönemli (12 yıl) araştırmada en yüksek sıkışmanın doğrudan ekimde meydana geldiğini belirlemişlerdir. Silva ve ark. (2000)’e göre bitki kök gelişimini sınırlandıran kritik penetrasyon direnci olan 2 MPa’dan büyük değerlerin geleneksel veya azaltılmış toprak işlemeden ziyade çoğunlukla işlenmeyen (no-till) alanlarda elde edildiği belirtilmektedir.

Birçok araştırmada azaltılmış ve doğrudan ekim sistemlerinin, geleneksel işleme sistemlerine göre toprakta sıkışmanın artmasına yol açtığını ortaya koysa da, bazı araştırmalarda bunun tam tersi bulgular elde edilmiştir. İşleme sistemlerinin toprak sıkışması ile ilgili olarak elde edilen bu farklı sonuçların nedeni, yetiştirilen bitki türlerinin farklılığı, toprak özellikleri, iklim karakteristikleri ve bunların karmaşık etkileşimlerinin sonucu olabilir (Rasmussen, 1999).

**Çizelge 2. Toprak işleme uygulamalarının derinliğe göre 2006 ve 2009 yılındaki toprak sıkışma etkileri**

Yöntemler	2006			2009		
	0-10 cm	11-20 cm	21-30 cm	0-10 cm	11-20 cm	21-30 cm
GTA	0.60±0.16 <sup>†a</sup> &	0.89±0.02 b	0.98±0.09 a	1.41±0.71 ab	2.46±0.06 d	2.22±0.09 d
GTY	0.60±0.14 a	0.83±0.00 c	0.96±0.07 a	1.22±0.60 b	2.11±0.11 e	1.95±0.06 e
ATD	0.62±0.15 a	0.74±0.02 d	0.77±0.07 c	1.95±0.87 ab	3.08±0.05 ab	3.24±0.13 b
ATR	0.62±0.16 a	0.84±0.05 c	0.85±0.04 bc	2.28±0.85 a	3.16±0.04 b	3.49±0.14 a
ATDE	0.62±0.16 a	0.82±0.01 c	0.89±0.07 ab	2.15±0.94 ab	3.06±0.04 b	3.04±0.05 c
DE	0.64±0.17 a	0.94±0.03 a	0.89±0.03 ab	2.13±0.78 ab	2.77±0.01 c	3.02±0.18 c

<sup>†</sup>standart sapma değerleri.

<sup>&</sup>aynı kolondaki aynı harfler arasında istatistiksel olarak fark yoktur (Tukey,  $P \leq 0.05$ ).

## TARTIŞMA ve SONUÇ

Geleneksel toprak işleme, azaltılmış toprak işleme ve doğrudan ekim sistemlerinin toprak sıkışıklığına olan etkilerinin incelendiği bu çalışmada, toprak işleme sistemlerinin toprak sıkışıklığını etkilediği ortaya konmuştur. Korumalı işleme sistemlerinin toprakta önemli ölçüde sıkışmaya neden oldukları belirlenmiştir. Toprakta sıkışmanın önemli göstergeleri olan

penetrasyon direnci değerleri geleneksel işleme sistemlerine oranla korumalı işleme sistemlerinde daha yüksek bulunmuştur. 2006–2009 yılları arasında toplam 5 kez (3 kez buğday, 1 kez mısır ve 1 kez soya için) farklı işleme sistemlerinin uygulanmasından sonra 0–45 cm derinlikte elde edilen penetrasyon direnci değerleri ATR>ATD>ATDE>DE>GTA>GTY şeklinde dizilim göstermiştir.

## LİTERATÜR LİSTESİ

- Abu-Hamdeh, N.H., 2003. Soil compaction and root distribution for okra as affected by tillage and vehicle parameters. *Soil Till. Res.* 74, 25-35.
- Anonim, 2009. Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü, Adana Meteoroloji İstasyonu.
- Arkin, G.F., Taylor, H.M., 1981. Modifying the root environment to reduce crop stress. An ASAE Monograph, Nr.4. *American Society of Agricultural Engineers*, St. Joseph, Michigan.
- Birkas, M., Jolankai, M., Gyuricza, C., Percze, A., 2004. Tillage effects on compaction, earthworms and other soil quality indicators in Hungary. *Soil Till. Res.* 78, 185-196.
- Cannell, R.Q., Hawes, J.D., 1994. Trends in tillage practices in relation to sustainable crop production with special reference to temperate climates. *Soil Till. Res.* 30, 245-282.
- Carter, M.R., 1990. Relative Measures of Soil Bulk Density to Characterize Compaction in Tillage Studies on Fine Sandy Loam. *Can. J. Soil Sci.*, 70, 425-433.
- Cassel, D.K., Raczowski, C.W., 1995. Denton, H.P., Tillage effects on corn production and soil physical conditions. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 59, 1436-1443.
- Diaz-Zorita, M., 2000. Effect of deep-tillage and nitrogen fertilization interactions on dryland corn (*Zea mays* L.) productivity. *Soil and Till. Res.* 54, 11-19.
- Francis, G.S., Cameron, K.C., Swift, R.S., 1987. Soil physical conditions after six years of different drilling or conventional cultivation on a silt loam soil in New Zealand. *Aust. J. Soil Res.* 25, 517-529.
- Lal, R., 1998. Methods for assessment of soil degradation. In: *Advances in Soil Science*. CRP press, Boca Raton, FL.
- Logsdon, S.D., Allmaras, R.R., Wu, L., Swan, J.B., Randall, G.W., 1990. Macroporosity and its relation to saturated hydraulic conductivity under different tillage practices. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 54, 1096-1101.
- Moret, D., Arrue, J.L., 2007. Dynamics of soil hydraulic properties during fallow as affected by tillage. *Soil Till. Res.* 96, 103-113.

- Pagliai, M., Vignozzi, N., Pellegrini, S., 2004. Soil structure and the effect of management practices. *Soil Till. Res.* 79, 131–143.
- Rasmussen, K.J., 1999. Impact of ploughless soil tillage on yield and soil quality: a Scandinavian review. *Soil Till. Res.* 53, 3–14.
- Roscoe, R., Buurman, P., 2003. Tillage effects on soil organic matter in density fractions of a Cerrado Oxisol. *Soil Till. Res.* 70, 107–119.
- Schwartz, R.C., Evett, S.R., Unger, P.W., 2003. Soil hydraulic properties of cropland compared with reestablished and native grassland. *Geoderma* 116, 47–60.
- Silva, V.R., Reinert, D.J., Reichert, J.M., 2000. Soil strength as affected by combine wheel traffic and two soil tillage systems. *Ciencia Rural.* 30, 795–801.
- Stewart, G.A., Vyn, T.J., 1994. Influence of high axle loads and tillage systems on soil properties and grain yield. *Soil Till. Res.* 29, 229–235.
- Varsa, E.C., Chong, S.K., Abolaji, J.O., Farquhar, D.A., Olsen, F.J., 1997. Effect of deep tillage on soil physical characteristics and corn (*Zea mays* L.) root growth and production. *Soil Till. Res.* 43, 221–230.