

## Toprak Frezesi ilerleme Hızının Toprakta Karbondioksit Emisyonu Üzerine Etkisi<sup>1</sup>

Yunus Emre BOZKURT<sup>1</sup>

Davut AKBOLAT<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Süleyman Demirel Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarım Makineleri ve Teknolojileri Mühendisliği  
Bölümü, Isparta  
Sorumlu yazar: davutakbolat@sdu.edu.tr

Geliş tarihi: 24.06.2016, Yayına kabul tarihi: 19.12.2016

**Özet:** Bu çalışmada, toprak frezesi farklı ilerleme hızlarında toprak işlemede kullanılarak toprağı parçalama ve topraktan karbondioksit emisyonu miktarları işleme sonrası 25 gün süresince belirli aralıklarla belirlenmiştir. Bu amaçla toprak frezesi; 0.5 (h<sub>1</sub>), 1.0 (h<sub>2</sub>) ve 1.5 (h<sub>3</sub>) m s<sup>-1</sup> olmak üzere üç farklı ilerleme hızlarında kullanılarak toprak işlenmiştir. Toprak CO<sub>2</sub> emisyonu, mobil toprak CO<sub>2</sub> emisyonu cihazı kullanılarak belirlenmiştir. Toprak karbondioksit emisyonu ile birlikte, toprak sıcaklığı, buharlaşma ve toprak nemi de belirlenmiştir. İlerleme hızlarına bağlı olarak toprağın parçalanma düzeyini belirlemek için toprak granül irilik dağılımı da saptanmıştır. Ayrıca konulara bağlı olarak derinliğe göre toprak porozitesi ve hacim ağırlıkları da saptanmıştır.

Sonuçlara göre; toprak frezesi ilerleme hızlarının toprak CO<sub>2</sub> emisyonu üzerine etkili olduğu bulunmuş ve h<sub>1</sub> konusundaki CO<sub>2</sub> emisyonu h<sub>2</sub> ve h<sub>3</sub> konularından daha yüksek bulunmuştur. h<sub>1</sub>, h<sub>2</sub> ve h<sub>3</sub> konuları için sırasıyla ortalama olarak CO<sub>2</sub> emisyonları 0.21, 0.15 ve 0.15 g m<sup>-2</sup> h<sup>-1</sup> olarak belirlenmiştir ( $p<0.05$ ). Konulara bağlı olarak toprak sıcaklıkları arasındaki farklılık önemli bulunmamıştır. Toprakta buharlaşma; h<sub>1</sub>, h<sub>2</sub> ve h<sub>3</sub> konuları için sırasıyla 3.8, 3.8 ve 4.6 g m<sup>-2</sup>h<sup>-1</sup> olarak gerçekleşmiştir. h<sub>3</sub> konusundaki buharlaşma diğer iki konudan daha yüksek bulunmuştur ( $p<0.05$ ). Toprak nemleri ortalamaları h<sub>1</sub>, h<sub>2</sub> ve h<sub>3</sub> konuları için sırasıyla %18.7, %19.2 ve %19.1 olarak belirlenmiştir. Ortalamalara göre h<sub>1</sub> konusundaki toprak nemi diğer iki konudan daha düşük bulunmuştur ( $p<0.05$ ). Elek analizine göre ilerleme hızı artışı ile toprağın parça boyutu artmıştır. Ortalama ağırlıklı toprak çapları h<sub>1</sub>, h<sub>2</sub> ve h<sub>3</sub> için sırasıyla 0.159, 0.216 ve 0.303 mm bulunmuştur. Konulara göre ortalama granül irilikleri arasındaki farklılık önemlidir ( $p<0.05$ ). Sonuç olarak ilerleme hızı artışı ile toprağın parça boyutu artmış, toprak CO<sub>2</sub> emisyonu ise bunun aksine azalmıştır.

**Anahtar kelimeler:** Toprak frezesi, toprak CO<sub>2</sub> emisyonu, ilerleme hızı, toprak işleme.

### The Effect of Forward Speed of Rotary tiller on Soil Carbon Dioxide Emission

**Abstract:** In this study, soil CO<sub>2</sub> emission was determined after the tillage using by rotary tiller. Data was periodically recorded after the tillage operation for 25 days. For this purpose, three forward speeds of rotary tiller as 0.5 (h<sub>1</sub>), 1.0 (h<sub>2</sub>) and 1.5 (h<sub>3</sub>) m s<sup>-1</sup> were used in the trial. The soil CO<sub>2</sub> emission was recorded by using portable soil CO<sub>2</sub> emission device. Soil carbon dioxide emissions, soil temperature, evaporation and soil moisture are determined simultaneously. Depending on the rotary tiller forward speeds, distribution of soil aggregate size was determined. Additionally, soil bulk density and porosity were determined according to three soil depths.

Based on the results; rotary tiller forward speed has been found to be effective on the soil CO<sub>2</sub> emissions. Soil CO<sub>2</sub> emission of the h<sub>1</sub> treatment was higher than h<sub>2</sub> and h<sub>3</sub> treatments ( $p<0.05$ ). Average soil CO<sub>2</sub> emission for h<sub>1</sub>, h<sub>2</sub> and h<sub>3</sub> treatments were 0.21, 0.15 and 0.15 g m<sup>-2</sup> h<sup>-1</sup>, respectively. Difference among the soil temperature are not significant. Soil evaporation for h<sub>1</sub>, h<sub>2</sub> and h<sub>3</sub> treatments were 3.8, 3.8 and 4.6 g m<sup>-2</sup>h<sup>-1</sup>, respectively. Evaporation of h<sub>3</sub> treatment was higher than h<sub>1</sub> and h<sub>2</sub> treatments ( $p<0.05$ ). Soil moisture for h<sub>1</sub>, h<sub>2</sub> and h<sub>3</sub> treatments were 18.7%, 19.2%, and 19.1%, respectively. According to average soil moisture, h<sub>1</sub> treatment was lower than h<sub>2</sub> and h<sub>3</sub> treatment ( $p<0.05$ ). According to sieve analysis, increasing of forward speeds of rotary tiller has increased the soil particle size. Mean weight diameter for h<sub>1</sub>, h<sub>2</sub>, and h<sub>3</sub> was found as 0.159, 0.216, and 0.303 mm.

<sup>1</sup> Bu araştırma Süleyman Demirel Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimi tarafından SDÜ BAP -4152-YL1-14, no'lu yüksek lisans projesi kapsamında desteklenmiştir.

Difference between the mean weight diameter was important ( $p<0.05$ ). Consequently, with the increase of forward speed of rotary tiller has increased the soil particle size. Increase in the soil particle size led to decrease the soil carbon dioxide emission.

**Key words:** rotary tiller, soil CO<sub>2</sub> emission, forward speed, tillage.

## Giriş

Tarımsal üretimdeki uygulamalar sera etkisi oluşturan gazların üretimi üzerine etkilidir. Bu uygulamalardan biri de tohum yatağı hazırlamaya yönelik toprak işleme uygulamalarıdır. Tohum yatağı hazırlığında kullanılan alet ve ekipmanların kullanımı sıklığı ve özelliklerine göre toprağı farklı yoğunluklarda karıştırmaktadırlar. Kullanılan bu aletlerin toprağı işleme derinliği, karıştırma miktarları ve kullanım sırasındaki hareket tarzlarına bağlı olarak enerji giderleri de değişmektedir. Toprak frezesi (rototiller) topraktan parça kopararak çalışan ve toprağı karıştırma niteliğı yüksek olan tohum yatağı hazırlığında kullanılan aletlerinden biridir. Ayrıca toprak frezesi, yüzeysel işleme için azaltılmış bir toprak işleme aleti olduğu da kabul edilmektedir (Griffith ve Wollenhaupt 1994). Traktör kuyruk milinden hareket alarak çalışan ve farklı tip ve özelliklerde üretilen toprak frezesi, ülkemizde daha çok yabancı ot kontrolünde çapa aleti olarak kullanılmaktadır. Ancak tohum yatağı hazırlığında gereksinim duyulan zamanı azaltması, diğer birincil ve ikincil toprak işleme aletleri ile kombinasyon oluşturmaya oldukça uygun olması nedeniyle de kullanımı oldukça yaygındır (Sharda ve Singh 2004).

Toprak frezesi, uygulamada bıçakların ilerleme yönüne göre dönüşüne bağlı olarak ters yönlü ve düz yönlü olarak iki tipi bulunmasına karşın yaygın olarak ilerleme yönüyle aynı doğrultuda çalışanlar daha çok kullanılmaktadır (Dilmaç 1984). Toprak frezesinin toprağı parçalama ve karıştırma etkisi traktör ilerleme hızı ile bıçak uçları çizgisel hızları arasındaki ilişkiye (hız oranı) bağlıdır (Hendrick ve Gill 1971). Bu ilişkide ilerleme hızının sabit tutulması durumunda, toprağı parçalama oranını etkileyen faktörün doğrudan rotor devri olduğu, rotor devri sabit tutulduğunda ise traktör ilerleme hızı

etkili olmaktadır. Önal ve Aykas (1993), yaptıkları bir çalışmada kuyruk milinden hareketli yatay ve düşey milli makinelerle çalışmada toprağı parçalamaya ilişkin ortalama ağırlık çapı değerlerinin 14.6-16.5 mm arasında değiştiğini saptamışlardır. Çelik ve ark. (2006) yaptıkları bir çalışmada, toprak frezesi ile dört farklı ilerleme hızında toprak parçacık boyutları ortalama ağırlık çapı değerleri 11-28 mm arasında değişmiştir. İkinci sınıf toprak işleme aletlerinin toprağın bazı fiziksel özellikleri ve ayçiçeğı verimini üzerine etkileri konusunda yapılan bir çalışmada; dört elek aralığında ortalama ağırlık çapı değerleri 0.13 ile 2.43 mm arasında değişmiştir (Kayışoğlu ve ark. 2007).

Toprak frezesi rotor devrinin 160-280 d d<sup>-1</sup>, traktör ilerleme hızının 0.6-1.5 ms<sup>-1</sup> ve topraktan koparılan dilim kalınlığının ise 4-15 cm arasında olması gerektiğı bir diğer çalışmada bildirilmiştir (Keçecioğlu ve Gülsoylu 2002). Başka bir çalışmada ise toprak frezesi ortalama ilerleme hızı için 0.6-1.9 m/s aralıkları verilmiştir (Sabancı ve ark., 2010). Pullukla yapılan denemelerde ilerleme hızı artışı ile parçalanmanın artmasına karşın (Taniguchi ve ark.1999) toprak frezesi ise parçalama etkisi diğer parametreler sabit tutulması koşulu ile parçalama azalmaktadır (Hendrick ve Gill 1971). Diğer deyişle hız oranı büyüdükçe parçalanma artmakta, küçüldükçe ise parçalanma azalmaktadır. Bu konuda en uygun hız oranının 4.8 olması gerektiğı bildirilmiştir (Dilmaç 1984).

Toprak işleme sistemlerinde topraktan karbondioksit emisyonunu belirlemeye yönelik yapılan ve toprak frezesinin de kullanıldığı bir çalışmada, toprak frezesi uygulamasındaki toprak CO<sub>2</sub> emisyonu pulluktan sonra ikinci sırada gerçekleşmiştir (Akbolat ve ark. 2009). Toprak işleme sistemlerinde toprak karbondioksit

emisyonusunu belirlemek için yapılan bir diğer çalışmada, toprak frezesi uygulamasındaki CO<sub>2</sub> emisyonu kulaklı pulluk ve diskli pulluk uygulamasından daha düşük çıkmıştır (Scala ve ark. 2001). Toprak frezesi devir sayısı ve arka saç kapak konumunun toprak CO<sub>2</sub> emisyonu üzerine etkisini saptamak için yapılan bir çalışmada, kapak aşağıda iken CO<sub>2</sub> emisyonu daha yüksek çıkarken, rotor devir sayısı yüksek olan uygulamada düşük devirli olana göre daha fazla CO<sub>2</sub> emisyonu saptanmıştır (Scala ve ark. 2005).

Yapılan çalışmalardan görüleceği üzere tohum yatağı hazırlığında kullanılan ekipmanlar ve toprak işleme yöntemleri topraktan karbondioksit emisyonu üzerine etkili olmaktadır. Ancak tek başına bu ekipmanların farklı çalışma koşullarındaki emisyon miktarı üzerine etkileri konusunda çalışma bulunmaktadır. Bu amaçla toprak frezesinin farklı ilerleme hızlarının toprağı

parçalama ve toprak karbondioksit emisyonu üzerine etkisi bu çalışma ile belirlenmiştir.

### Materyal ve Yöntem

Deneme Süleyman Demirel Üniversitesi Ziraat Fakültesi Araştırma Uygulama Çiftliğinde yürütülmüştür. Deneme alanı konumu; 30°31'50" doğu, 37°50'19" kuzey koordinatlarında ve rakım 1015 m 'dir. Deneme alanı 0-23 cm derinlikteki toprak yapısı; %43 kum, %33.9 silt ve %23.1 oranında kil içeren, organik madde oranı ortalama %1.34 ve pH değeri 8.1 olan tınlı toprak bünyesine sahiptir. Topraklar; orta ve orta-ince bünyeli, derin, kireçli, tuzsuz, hafif ve orta derecede alkalın karakterlidir (Akgül ve Başayığit 2005). Denemede kullanılan toprak frezesine ait teknik özellikler Çizelge 1 'de verilmiştir.

Çizelge 1. Denemede kullanılan toprak frezesinin bazı özellikleri

Table 1. Some specifications of rotary tiller used in trial

| İş derinliği<br>(cm)<br><i>Working<br/>depth (cm)</i> | Rotor çapı<br>(cm)<br><i>Rotor<br/>diameter<br/>(cm)</i> | İş genişliği<br>(cm)<br><i>Working<br/>width (cm)</i> | İşleyici<br>bıçak sayısı<br><i>Blade<br/>number</i> | Bir Flanştaki<br>bıçak sayısı<br><i>Blade number at<br/>the one flange</i> | Rotor devri<br>(d/dak)<br><i>Rotor<br/>Revolutions<br/>(rpm)</i> | İşleyici<br>bıçak şekli<br><i>Blade type</i> | Toplam<br>ağırlık (kg)<br><i>Total weight<br/>(kg)</i> |
|---|--|---|---|--|--|--|--|
| 15  | 46   | 180   | 42  | 6  | 190  | L  | 400  |

Denemede konu olarak toprak frezesi ilerleme hızları ele alınmıştır. Bu amaçla 0.5 (h<sub>1</sub>), 1.0 (h<sub>2</sub>) ve 1.5 (h<sub>3</sub>) m s<sup>-1</sup> olmak üzere üç farklı toprak frezesi ilerleme hızlarında, üç tekerrürlü olarak tesadüf parselleri deneme düzeni oluşturulmuştur. İlerleme hızları sabit motor devri ve vites konumları ile ayarlanmıştır. Deneme süresince toprak frezesinin arka saç kapağı en alt konumda tutulmuştur.

Toprak frezesinin farklı ilerleme hızlarında toprak parçacık boyutlarındaki değişimler mekanik elek analiz yöntemi ile saptanmıştır (Çelik ve Erkmen 1999). Bu amaçla toprak işlemeden sonra her konudan 0-13 cm derinlikten alınan 1 kg toprak örnekleri laboratuvarında kurutulduktan sonra; 16, 8, 4, 2, 1, 0.5 ve 0.25 mm delik çaplı elekler kullanılarak 8 ayrı gruba ayrılmıştır. Elemeden sonra, elde edilen çap grupları değerlendirmeye alınmıştır. Ayrıca ortalama ağırlık çapı değerleri belirlenerek konular

karşılaştırılmıştır (Gee ve Bauder 1986). Ortalama ağırlık çapı değerleri aşağıdaki eşitlik yardımıyla hesaplanmıştır;

$$MWD = \sum X_i W_i \quad (1)$$

*Burada;* MWD- ortalama ağırlık çapı (mm), X<sub>i</sub>- her bir parçacığın çapı (mm), W<sub>i</sub>- boyut aralığındaki agregatların ağırlığının toplam materyal ağırlığına oranıdır.

Toprak fiziksel özelliklerini saptamak için her parselde iki tekerrürlü olarak; 0-5, 5-10, ve 10-15 cm derinliklerden bozulmamış toprak örneği alma silindirleri kullanılarak alınan örnekler ile, hacim ağırlığı ve porozite değerleri Blake & Hartge (1986) and Danielson & Sutherland (1986) 'e uygun olarak saptanmıştır.

Toprak CO<sub>2</sub> emisyonu; PP SYSTEMS (PP Systems, Hitchin, UK) "Soil CO<sub>2</sub> flux

sistem” ile belirlenmiştir (Akbolat ve ark. 2009). Sistem; integral analizör, CFX-2 flux chamber (solunum odası) ve toprak/hava sıcaklığı probundan oluşmaktadır. Sistem; solunum odası içindeki ve normal atmosferdeki CO<sub>2</sub> değerlerinin karşılaştırılması ilkesine göre çalışmaktadır. Ölçüm sistemi ile CO<sub>2</sub> emisyonu yanında buharlaşma (H<sub>2</sub>O emisyonu), toprak/hava sıcaklığı değeri de ölçülmüştür. Kullanılan sistem ile her parselden rastgele seçilen üç noktadan üçer kayıt alınmıştır. Veri kayıtları; toprak CO<sub>2</sub> emisyonu değişimi sabitleninceye kadar sürdürülmüştür. Ölçümler toprak işlemeden sonraki; 1, 2, 3, 5, 6, 9, 11, 13, 15, 20 ve 25 ‘inci günlerde yapılarak 25 gün sonra veri kaydı bitirilmiştir. Seçilen noktalara yerleştirilen solunum odası, toprak içine 1.5 cm çakılarak dış ortam ile yalıtılmış ve toprak sıcaklığını ölçmek için de sıcaklık probu 20 cm toprak derinliğine batırılmıştır. Kayıt alınan tüm noktalardan aynı zamanda nem tayini için 0-20 cm derinliklerden toprak örneği alınmıştır. Alınan toprak örneklerinin nem içerikleri gravimetrik yöntemle göre laboratuvarında saptanmıştır.

Toprak frezesi ilerleme hızı SAS programında bağımsız değişken, CO<sub>2</sub> emisyonu, sıcaklık, buharlaşma, toprak nemi, toprak parçacık büyüklüğü değişkenleri ise bağımlı değişken olarak kullanılmıştır. SAS (2002) programındaki PDIFF komutu, toprak frezesi ilerleme hızına göre bağımlı değişken ortalamalarının önem derecelerini karşılaştırmak için kullanılmıştır. Önem derecesi olarak p=0.05 seviyesi seçilmiştir.

### Bulgular ve Tartışma

Toprak frezesinin farklı ilerleme hızlarında toprağı parçalama miktarlarına bağlı olarak topraktan CO<sub>2</sub> emisyonu üzerine etkisini belirlemek için yapılan çalışma sonunda elde edilen veriler Çizelge 2’de verilmiştir.

Mayıs 2015 başında başlatılan çalışma ile toprak işlemeden sonra, ilk günlerde sık aralıklarla ve daha sonraları açılan aralarla olmak üzere bir ay süreyle 11 farklı günde karbondioksit kaydı alınmıştır. Karbondioksit emisyon miktarları stabil hale geldiğinde veri alınmasına son verilmiştir.

Çizelge 2. Denemeden elde edilen sonuçlar

Table 2. Results obtained from the experiment

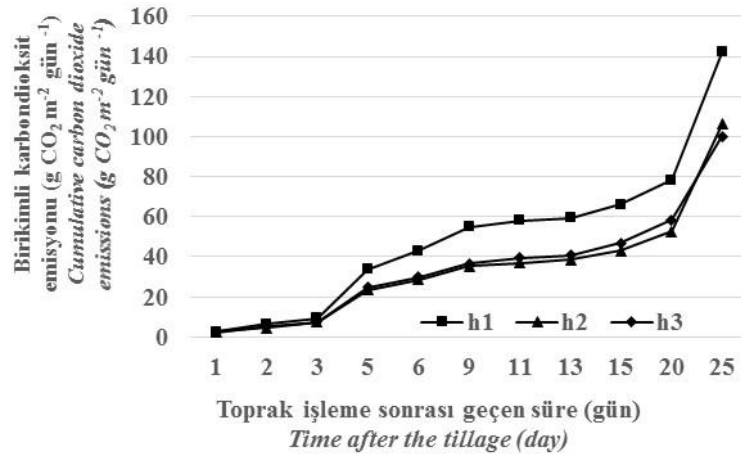
| Konular<br>Subjects  | Toprak işlemeden sonra geçen süre (gün); Time after the tillage (day) |                   |      |                   |                   |                   |                   |      |                  |                   |                    | Ortalama<br>Average |
|--|---|-------------------|------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|------|------------------|-------------------|--------------------|---------------------|
|  | 1   | 2                 | 3    | 5                 | 6                 | 9                 | 11                | 13   | 15               | 20                | 25                 |                     |
| Toprak karbondioksit emisyonu (g CO <sub>2</sub> m <sup>-2</sup> h <sup>-1</sup> )<br>Soil carbon dioxide emissions (g CO <sub>2</sub> m <sup>-2</sup> h <sup>-1</sup> ) |   |                   |      |                   |                   |                   |                   |      |                  |                   |                    |                     |
| h <sub>1</sub> (n=27)  | 0.08  | 0.16 <sup>a</sup> | 0.12 | 0.51 <sup>a</sup> | 0.38 <sup>a</sup> | 0.17 <sup>a</sup> | 0.06              | 0.03 | 0.14             | 0.10              | 0.53 <sup>a</sup>  | 0.21 <sup>a</sup>   |
| SD±  | 0.04  | 0.06              | 0.05 | 0.30              | 0.26              | 0.07              | 0.03              | 0.02 | 0.04             | 0.06              | 0.14               |                     |
| h <sub>2</sub> (n=27)  | 0.11  | 0.08 <sup>b</sup> | 0.11 | 0.33 <sup>b</sup> | 0.22 <sup>b</sup> | 0.09 <sup>b</sup> | 0.04              | 0.03 | 0.10             | 0.08              | 0.45 <sup>b</sup>  | 0.15 <sup>b</sup>   |
| SD±  | 0.07  | 0.05              | 0.07 | 0.13              | 0.09              | 0.04              | 0.02              | 0.02 | 0.04             | 0.02              | 0.16               |                     |
| h <sub>3</sub> (n=27)  | 0.10  | 0.13 <sup>a</sup> | 0.08 | 0.36 <sup>b</sup> | 0.22 <sup>b</sup> | 0.09 <sup>b</sup> | 0.06              | 0.02 | 0.13             | 0.09              | 0.35 <sup>c</sup>  | 0.15 <sup>b</sup>   |
| SD±  | 0.07  | 0.07              | 0.04 | 0.21              | 0.08              | 0.02              | 0.03              | 0.01 | 0.05             | 0.05              | 0.13               |                     |
| Toprak sıcaklığı (°C); Soil temperature (°C)   |   |                   |      |                   |                   |                   |                   |      |                  |                   |                    |                     |
| h <sub>1</sub> (n=27)  | 19.6  | 29.2              | 26.4 | 26.1              | 25.4 <sup>a</sup> | 17.2              | 19.2              | 18.6 | 17.0             | 30.0 <sup>a</sup> | 32.4               | 23.7                |
| SD±  | 0.71  | 0.37              | 1.03 | 0.95              | 2.30              | 0.76              | 0.84              | 0.54 | 0.46             | 8.14              | 0.65               |                     |
| h <sub>2</sub> (n=27)  | 19.7  | 29.2              | 26.2 | 25.9              | 25.2 <sup>a</sup> | 18.0              | 19.0              | 19.1 | 17.1             | 29.8 <sup>a</sup> | 32.7               | 23.8                |
| SD±  | 0.73  | 0.26              | 1.00 | 0.67              | 1.22              | 1.04              | 0.61              | 0.49 | 0.54             | 7.90              | 0.97               |                     |
| h <sub>3</sub> (n=27)  | 19.5  | 29.0              | 25.7 | 26.1              | 22.3 <sup>b</sup> | 18.1              | 19.5              | 18.3 | 17.0             | 35.6 <sup>b</sup> | 32.9               | 23.9                |
| SD±  | 0.65  | 0.43              | 1.24 | 0.80              | 2.91              | 1.28              | 0.82              | 0.78 | 0.40             | 0.45              | 0.93               |                     |
| Topraktan buharlaşma (g H <sub>2</sub> O m <sup>-2</sup> h <sup>-1</sup> ); Soil evaporation (g H <sub>2</sub> O m <sup>-2</sup> h <sup>-1</sup> )                       |   |                   |      |                   |                   |                   |                   |      |                  |                   |                    |                     |
| h <sub>1</sub> (n=27)  | 1.6   | 2.8 <sup>a</sup>  | 0.8  | 7.6               | 3.8               | 4.0 <sup>a</sup>  | 1.0 <sup>a</sup>  | 0.8  | 4.5 <sup>a</sup> | 6.1 <sup>a</sup>  | 8.7 <sup>a</sup>   | 3.8 <sup>a</sup>    |
| SD±  | 0.85  | 1.74              | 0.75 | 3.21              | 2.07              | 1.85              | 0.74              | 0.61 | 1.79             | 5.44              | 3.28               |                     |
| h <sub>2</sub> (n=27)  | 1.5   | 2.1 <sup>ab</sup> | 1.0  | 7.2               | 3.0               | 3.8 <sup>a</sup>  | 2.1 <sup>ac</sup> | 0.5  | 4.6 <sup>a</sup> | 5.8 <sup>a</sup>  | 10.2 <sup>bd</sup> | 3.8 <sup>a</sup>    |
| SD±  | 0.65  | 1.31              | 0.75 | 2.55              | 0.82              | 1.09              | 1.57              | 0.45 | 0.94             | 2.09              | 2.39               |                     |
| h <sub>3</sub> (n=27)  | 1.1   | 3.3 <sup>ac</sup> | 1.4  | 7.4               | 3.2               | 5.4 <sup>b</sup>  | 2.3 <sup>bc</sup> | 1.2  | 6.3 <sup>b</sup> | 7.9 <sup>b</sup>  | 10.7 <sup>cd</sup> | 4.6 <sup>b</sup>    |
| SD±  | 0.75  | 1.36              | 1.01 | 1.92              | 0.99              | 2.47              | 1.39              | 0.69 | 1.74             | 5.01              | 2.85               |                     |

GLM çoklu karşılaştırma testine göre, kolonlardaki farklı değerler p<0.05 önem düzeyinde birbirinden farklıdır. There is no difference (p<0.05) between letters in the same column.

Toprak karbondioksit emisyonları ortalama olarak h<sub>1</sub>, h<sub>2</sub> ve h<sub>3</sub> konuları için sırasıyla 0.21, 0.15 ve 0.15 g CO<sub>2</sub> m<sup>-2</sup> h<sup>-1</sup> olarak belirlenmiştir. Konulara bağlı olarak toprak ortalama karbondioksit emisyonları arasında farklılık bulunmuştur. Toprak CO<sub>2</sub> emisyonu miktarı  $p < 0.05$  önem seviyesinde h<sub>1</sub> konusunda diğer iki konudan daha yüksek bulunurken h<sub>2</sub> ve h<sub>3</sub> konuları arasındaki farklılık istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur. Elde edilen bu değerler Akbolat ve ark. (2009) tarafından toprak işleme sistemlerinde toprak CO<sub>2</sub> emisyonunu belirlemek için yaptıkları ve toprak frezesinin kullanıldığı konuda saptanan değer (0.17 g CO<sub>2</sub> m<sup>-2</sup> h<sup>-1</sup>) ile uyumludur. Denemenin 5., 6., ve 9. gün kayıtlarında da aynı şekilde h<sub>1</sub> konusu CO<sub>2</sub> emisyonu

miktarı diğer iki konudan daha yüksek bulunmuştur. Deneme sonrasındaki 2. ve 25 günde de yine h<sub>1</sub> konusu CO<sub>2</sub> emisyonu en yüksek değerde bulunmuştur (Çizelge 1).

Birikimli toprak CO<sub>2</sub> emisyonu değerlerinden de (Şekil 1.) h<sub>1</sub> konusundaki emisyon miktarının diğer iki konudan belirgin olarak daha fazla olduğu gözükmemektedir. Birikimli toprak CO<sub>2</sub> emisyonları 25 günlük kayıt sonunda h<sub>1</sub>, h<sub>2</sub> ve h<sub>3</sub> konuları için sırasıyla; 142.3, 106.2 ve 100.0 g m<sup>-2</sup> gün<sup>-1</sup> olarak gerçekleşmiştir. Bu durumda h<sub>1</sub> konusunda h<sub>2</sub> den %34, h<sub>3</sub> 'ten ise %42 daha yüksek oranda CO<sub>2</sub> emisyonu gerçekleşmiştir. Ayrıca birikimli emisyon değerlerinden h<sub>2</sub> ile h<sub>3</sub> konuları arasında fark bulunmamıştır.

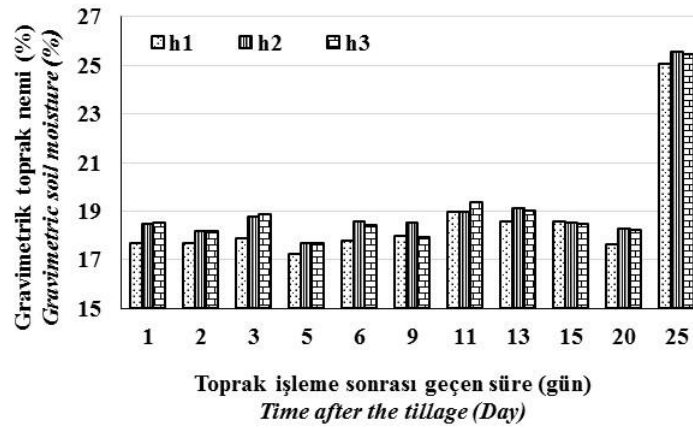


Şekil 1. Birikimli toprak karbondioksit emisyonu  
Figure 1. Cumulative soil carbon dioxide emission

Topraktan CO<sub>2</sub> emisyonu üzerine etkili olan toprak sıcaklıkları arasında konular arasında istatistiksel olarak farklılık bulunmamıştır ( $p < 0.05$ ). Toprak ortalama sıcaklıkları (°C) h<sub>1</sub>, h<sub>2</sub> ve h<sub>3</sub> konuları için 23.7 °C, 23.8 °C ve 23.9 °C olarak saptanmıştır. Denemenin 6. gününde h<sub>1</sub>, h<sub>2</sub> ve h<sub>3</sub> konuları için 25.4, 25.2 ve 22.3 °C elde edilirken h<sub>3</sub> konusu diğerlerinden daha düşük bulunmuştur. Ancak belirtilen gündeki sıcaklık değişiminin toprak CO<sub>2</sub> emisyonu üzerine etkisi olmamıştır. Denemenin 20. gününde h<sub>1</sub>, h<sub>2</sub> ve h<sub>3</sub> konuları

için sırasıyla 30.0, 29.8 ve 35.6 °C olarak ölçülürken h<sub>3</sub> konusu sıcaklık değeri diğer konulardan daha yüksek çıkmış ancak bu durum CO<sub>2</sub> emisyonu ortalamalarını değiştirmemiştir. Bu sonuçlara göre toprak sıcaklığının CO<sub>2</sub> emisyonu üzerine etkisi konusunda ilişki kurulamamıştır (Çizelge 1).

Toprak neminin topraktan CO<sub>2</sub> emisyonu üzerine etkili olduğu yapılan önceki çalışmalardan anlaşılmaktadır. Bu durum 25. gündeki aşırı nem artışının CO<sub>2</sub> emisyonunu artırmış olmasından da belirgin olarak görülebilir.



Şekil 2. Gravimetrik toprak nemi  
Figure 2. Gravimetric soil moisture

Konulara bağlı olarak saptanan toprak nemi ortalama değerleri  $h_1$ ,  $h_2$  ve  $h_3$  için sırasıyla %18.7, %19.2 ve %19.1 olarak belirlenmiştir. Toprak nemi ortalama değerlerinden  $h_1$  konusu  $p < 0.05$  önem seviyesinde diğer iki konudan daha düşük çıkmıştır. Deneme sonrası geçen süreye bağlı alınan toprak örneklerinden sadece 3. gündeki  $h_1$  konusunda nem değeri diğer iki konudan daha düşük (%17.8) çıkarken, diğer tüm günlerdeki toprak nemi değerleri arasında  $p < 0.05$  önem seviyesinde farklılık bulunmamıştır (Şekil 2.). Denemenin 25. günündeki toprak nemi değerleri diğer günlere göre oldukça yüksek bulunmuştur. Bunun nedeni ise kayıt öncesi günlerde yağmur yağması ile toprak nem derecelerinin artmasıdır. Bu gündeki toprak nemi bir önceki nem değerlerinden yaklaşık %28 daha fazladır. Nem değerleri belirtilen tarihte diğer tarihlere göre aşırı artmasına karşın konular arasında fark oluşmamıştır. Belirtilen gündeki artan toprak nemlerinin etkisi ile  $CO_2$  emisyonu miktarları önceki gündeki kayıtlara göre daha yüksek çıkmıştır.  $h_1$  konusu toprak nemi diğer konulardan düşük olmasına karşın Toprak  $CO_2$  emisyonu aynı konuda diğerlerinden yüksek bulunmuştur. Bu durum konular arası nem farkının az olması ile açıklanabilir.

Toprakta buharlaşma ( $H_2O$  emisyonu) genellikle  $CO_2$  emisyonunu etkileyen faktörlerden bir diğeridir (Akbolat ve ark. 2007). Konulara göre  $h_1$ ,  $h_2$  ve  $h_3$  için sırasıyla ortalama buharlaşma; 8.7, 10.2 ve

10.7  $g H_2O m^{-2} h^{-1}$  olarak belirlenmiştir (Çizelge 1). İstatistiksel değerlendirmede  $h_1$  konusunda elde edilen buharlaşma miktarı diğerlerinden daha düşük bulunmuştur. Diğer iki konu arasındaki farklılık  $p < 0.05$  önemsiz bulunmuştur. Bu sonuçlara göre buharlaşmanın toprak  $CO_2$  emisyonu üzerine etkisi konusunda bir ilişki kurulamamıştır.

Toprak frezesi ilerleme hızına bağlı olarak toprağın parçalanma miktarı ve bunun toprak  $CO_2$  emisyonu üzerine etkisini ortaya koyabilmek için belirlenen toprak ortalama ağırlık çapı değerleri Çizelge 3 'de verilmiştir.

Çizelge 3. Toprak Ortalama ağırlık çapı değerleri

| Elekt açıklığı<br>(mm)<br>Sieve size (mm) | Konular<br>Subjects |                    |                    |
|---|---------------------|--------------------|--------------------|
|   | $h_1$               | $h_2$              | $h_3$              |
| 16  | 0.048 <sup>a</sup>  | 0.158 <sup>a</sup> | 0.450 <sup>b</sup> |
| 8   | 0.251 <sup>a</sup>  | 0.568 <sup>b</sup> | 0.903 <sup>c</sup> |
| 4   | 0.348               | 0.388              | 0.481              |
| 2   | 0.248               | 0.257              | 0.257              |
| 1   | 0.159               | 0.161              | 0.156              |
| 0.5                                       | 0.151               | 0.138              | 0.126              |
| 0.25                                      | 0.045               | 0.039              | 0.030              |
| <0.25                                     | 0.029               | 0.025              | 0.021              |
| Ortalama/Mean                             | 0.159 <sup>a</sup>  | 0.216 <sup>b</sup> | 0.303 <sup>c</sup> |

GLM çoklu karşılaştırma testine göre, satırlardaki farklı değerler  $p < 0.05$  önem düzeyinde birbirinden farklıdır.

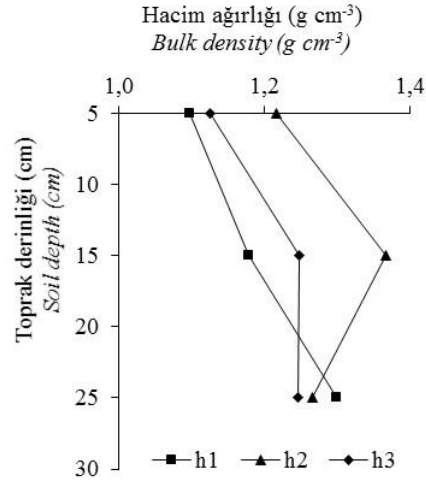
According to GLM multi comparing test, there is no difference ( $p < 0.05$ ) between letters in the same row.

Kuramsal olarak toprak frezesi ilerleme hızı artışı ile topraktan koparılan dilim kalınlıkları artmaktadır. Bu durumu uygulamada test etmek için toprak parçacık irilik dağılımları değerlendirilmiştir. Bu değerlendirmelere göre, ortalama ağırlık çapı değerleri arasındaki farklılık genel ortalamalara göre önemli bulunmuştur ( $p < 0.05$ ). Diğer deyişle, en küçük parçacık boyutu  $h_1$  konusunda elde edilirken bunu sırasıyla  $h_2$  ve  $h_3$  konuları izlemiştir. Bu durum ilerleme hızı artışı ile topraktan koparılan parçacık boyutu arasında zıt bir ilişkinin olduğunu göstermiştir. Ayrıca bu durum en düşük ilerleme hızında en küçük parçacık elde edildiğini ve daha fazla parçalanmanın olduğunu göstermektedir. İlerleme hızı değişiminin parçacık boyutu üzerine etkisi daha çok 16 ve 8 mm boyutlarındaki parçacıklar tarafından etkilenmiştir. Özellikle 8 mm boyutundaki elek grubunda toplanan materyal miktarı ağırlık çapı değeri açısından konular arasında farklılık ortaya çıkarmıştır. Ancak diğer çap gruplarında konular arasında farklılık bulunmamıştır ( $p < 0.05$ ). Konulara göre bulunan ortalama ağırlık çap değerleri Kayışoğlu ve ark. (2007) tarafından dik rotovator +yaylı kültivatör için bulunan (0.625) değerinden daha düşük bulunmuştur. Bunun nedeni kombinasyonda kullanılması, rotovator tipinden ya da ilerleme hızı farklılığından kaynaklanmış olabilir. Karami ve ark. (2012) 'nın yaptığı ve farklı miktar organik madde uygulaması için yapılan çalışmada ise ortalama ağırlık çapı 0.81-0.93 mm olarak bulunmuştur.

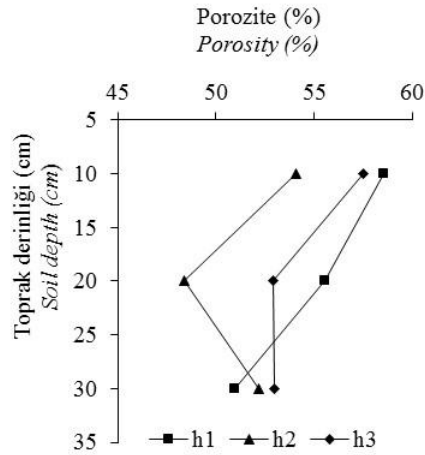
Bu değerlendirmelere göre, ilerleme hızı artışı ile parçalanmanın azaldığı ve bunun sonucunda ortalama ağırlık çap değerleri arası farkın önemli boyutta olduğu ( $p > 0.05$ ) saptanmıştır. Hız oranları ( $\lambda$ ) hesaplamasından  $h_1$ ,  $h_2$  ve  $h_3$  sırasıyla 3.04, 4.57 ve 9.14 değerleri elde edilmiştir. Bu oranlardan  $h_2$  konusunun, Dilmaç (1984) 'ın belirttiği en uygun değer ile örtüşen konu olduğu söylenebilir.

Toprak hacim ağırlığı ve porozite değerleri de belli ölçülerde toprak  $CO_2$  emisyonu üzerine etkili olabilmektedir. Özellikle yüksek oranda havalandırma (yüksek porozite) ile havalı ortamda çalışan mikroorganizmaları teşvik ederek toprak

solunumunu artırmaktadır. Bu açıdan konular arası bir değerlendirme yapabilmek için 0-30 cm toprak derinliğinde belirlenen hacim ağırlığı ve porozite sonuçları Şekil 3 ve Şekil 4'de verilmiştir.



Şekil 3. Konulara göre toprak hacim ağırlığı  
Figure 3. Soil bulk density by treatments



Şekil 4. Konulara göre toprak porozitesi  
Figure 4. Soil porosity by treatments

Topraktaki boşlukların miktarına bağlı olarak toprak solunumu dolayısıyla toprak  $CO_2$  emisyonu değişebilmektedir. Denemede bu türden bir ilişkinin olabileceğinden hareketle konulara bağlı alınan bozulmamış toprak örneklerinin porozitesi ve hacim ağırlığı değerleri belirlenmiştir. Toprağın 0-30 cm derinliğindeki hacim ağırlığı değerleri  $h_1$ ,  $h_2$  ve  $h_3$  konularında sırasıyla 1.19, 1.28 ve 1.21  $g\ cm^{-3}$  olarak belirlenmiştir. Yapılan istatistiksel değerlendirmelerde ortalama

hacim ağırlığı değerlerine göre konular arası farkın önemli olmadığı ( $p < 0.05$ ) belirlenmiştir. Bu sonuçlara göre hacim ağırlığının toprak CO<sub>2</sub> emisyonu üzerine etkisi konusunda bir yargıya varmak olası değildir. Ancak derinliğe bağlı olarak en düşük hacim ağırlığı değeri  $h_1$  konusunda saptanırken bunu sırasıyla  $h_3$  ve  $h_2$  konuları izlemiştir. Hacim ağırlığı değerleri tüm konularda derinlik artışı ile artmıştır. Saptanan hacim ağırlığı değerleri yine aynı deneme alanında toprak frezesinin farklı rotor devirlerinde anızı toprağa karıştırma özelliklerini saptamak için yapılan bir denemede elde edilen 1.11-1.32 g cm<sup>-3</sup> değerler ile benzerlik göstermektedir (Akbolat ve Ekinci 2008). Topraktaki boşlukları diğer deyişle havalanmayı ifade eden porozite ise;  $h_1$ ,  $h_2$  ve  $h_3$  konuları için sırasıyla %55.0 %51.5 ve %54.5 olarak belirlenmiştir. İstatistiksel değerlendirme sonucuna göre porozite değerleri arasında konulara göre farklılık bulunmamıştır ( $p < 0.05$ ).

Porozite değerlerinde en düşük konu  $h_2$  olmak üzere bunu sırasıyla  $h_3$  ve  $h_1$  konuları izlemiştir. Konular arasında istatistiksel olarak farklılık bulunmamıştır. Ancak  $h_1$  konusunda toprağın diğer konulara göre yüksek oranda parçalanmış olması görece de olsa havalanmayı beraberinde getirmesi nedeniyle toprak CO<sub>2</sub> emisyonunu artırmıştır. Ayrıca konulara göre toprak CO<sub>2</sub> emisyonu ile porozite arasındaki doğrusal korelasyon ( $R^2$ ) 0.61 olarak bulunmuştur. Yine toprak CO<sub>2</sub> emisyonu ile ortalama ağırlık çapı arasındaki korelasyon da negatif ve değeri ( $R^2$ ) -0.80 olarak saptanmıştır. Elde edilen sonuçlara göre konular arası toprak karbondioksit emisyonu miktarını toprak granül iriliği dağılımı ve bununla ilişkili porozite değerleri etkilemiştir. Bu çalışma ile; ilerleme hızı ve rotor devrinin bir fonksiyonu olan parçalanmanın, ilerleme hızı artırılarak ya da rotor devri azaltılarak toprak karbondioksit emisyonunun azaltılabileceği ortaya konmuştur. Bu durum aynı zamanda özellikle kuru tarım bölgelerinde toprak erozyonunun önlenmesi için de önemlidir. Çalışmadaki toprak frezesi özellikleri dikkate alındığında, 1.0 ve 1.5 m s<sup>-1</sup> ilerleme hızlarının toprak CO<sub>2</sub> emisyonunu azaltması

açısından daha uygun olacağı önerilmektedir. En uygun hız oranı (rotor dönüşü/ilerleme hızı) da dikkate alındığında 1.0 m s<sup>-1</sup> ilerleme hızının kullanımı diğerlerine göre daha uygun olacaktır.

### Kaynaklar

- Akbolat, D., Ekinci, K., Uysal, S. ve Onursal, E. 2007. Elma bahçelerinde yabancı ot kontrolünde yaygın olarak kullanılan toprak işleme aletlerinin yabancı ot gelişimi ve topraktan CO<sub>2</sub> çıkışı üzerine etkisi. Tarım makinaları bilimi dergisi.3 (2): 87-96.
- Akbolat, D. ve Ekinci, E. 2008. Rotary tiller velocity effects on the distribution of wheat (*Triticum aestivum*) residue in the soil profile. New Zealand Journal of Crop and Horticultural Science, Vol. 36: 247-252
- Akbolat, D., Evrendilek, F., Coskan, A. ve Ekinci, K. 2009. Quantifying soil respiration in response to short-term tillage practices: a case study in southern Turkey. Acta Agriculturae Scandinavica Section B-Soil and Plant Science, 59(1): 50-56.
- Akgül, M. ve Başyığıt, L. 2005. Süleyman Demirel Üniversitesi Çiftlik arazisinin detaylı toprak etüdü ve haritalanması. SDÜ Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 9 (3): 1-10.
- Blake, G. R. ve Hartge, K. H. 1986. Particle density. Methods of Soil Analysis: Part 1-Physical and Mineralogical Methods, (methods of soil an1.), 377-382.
- Çelik, A. ve Erkmen, Y. 1999. Toprak frezesinde değişik tip bıçaklarla toprak işleminin kışık buğdayda tarla filizi çıkışına ve verime olan etkileri. Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 30(1): 55-62.
- Çelik, A., Altıkat, S. ve Turgut, N. 2006. Kışık buğdayda farklı tohum yatağı parçalama ve sıkıştırma düzeylerinin bitki çıkışı ve verime olan etkileri. Tarım Makinaları Bilimi Dergisi, 2 (2): 95-102.
- Danielson, R. E., Sutherland, P. L. ve Klute, A. 1986. Porosity. Methods of soil



- analysis. Part 1. Physical and mineralogical methods, 443-461.
- Dilmaç, M. 1984. Toprak İşleme Aletlerinin Teori, Hesap ve Konstrüksiyonu, Türkiye Donatım Kurumu Mesleki Yayınları, Yayın No: 36, Zonguldak.
- Gee, G. W., Bauder, J. W. ve Klute, A. 1986. Particle-size analysis. Methods of soil analysis. Part 1. Physical and mineralogical methods, 383-411.
- Griffith DR ve Wollenhaupt NC. 1994. Crop residue management strategies for the Midwest. In: Hatfield JL, Stewart BA ed. Crop residue management. Boca Raton, Florida, Lewis Publishers. Pp. 15-37.
- Hendrick JG ve Gill RW. 1971. Rotary-tiller design parameters. Part I—direction of rotation. Transaction of the American Society of Agricultural Engineers. Pp. 669-674.
- Karami, A., Homae, M., Afzalnia, S., Ruhipour, H., ve Basirat, S. 2012. Organic resource management: impacts on soil aggregate stability and other soil physico-chemical properties. Agriculture, Ecosystems & Environment, 148, 22-28.
- Kayışoğlu B., Bayhan Y. ve Taşeri L. 2007. Effects of secondary tillage implement on some properties of soil and yield of sunflower. JOTAF/Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi, 4(1): 81-89.
- Keçecioglu, G. ve Gülsoylu, E. 2002. Toprak İşleme Makinaları. E.Ü. Ziraat Fakültesi Ofset atelyesi, Ege Üniversitesi Yayın no:545 s.265, Bornova İzmir.
- Önal, İ. ve Aykas, E. 1993. The effects of some pto-driven rotary - tillers on the soil, wheat growth and operational characteristics under the Aegean region. 5<sup>th</sup> International Congress on Mechanization and Energy in Agriculture, Kuşadası, pp: 119-130.
- Sabancı, A., Başçetinçelik, A., Özgüven F. ve Öztürk, H.H., (Say, S.M. Ed.), 2010. Tarım Makinaları I. Nobel kitabevi s. 193, Adana.
- Scala, N.L. Jr., A. Lopez, J., Marques, Jr. ve Percira, G.T. 2001. Carbondioxide Emissions after Application of Tillage Systems for A Dark Red Latosol in Southern Brasil. Soil and Tillage Research. Vol: 62: 163-166.
- La Scala, N., Lopes, A., Panosso, A. R., Camara, F. T. ve Pereira, G. T. 2005. Soil CO<sub>2</sub> efflux following rotary tillage of a tropical soil. Soil and Tillage Research, 84(2): 222-225.
- SAS, S. 2002. STAT user's guide: statistics. Cary, NC: Statistical Analysis System Institute Inc.
- Sharda A ve Singh S. 2004. Effect of selected parameters on field performance of rotary tiller. Journal of Institution of Engineers (India), Agricultural Engineering Division 85: 21-25.
- Taniguchi, T., Makanga, J.T., Ohtoma K. ve Kishimoto T. 1999. Draft and soil manipulation by a moldboard plow under different forward speed and body attachments. Transactions of the ASAE. 42: 1517-1521.