

TARIM MAKİNALARI BİLİMİ DERGİSİ
(Journal of Agricultural Machinery Science)

2017 CİLT (VOLUME) 13 SAYI (NUMBER) 1

| |
|--|
| Sahibi (President) |
| Tarım Makinaları Derneği Adına (On Behalf of Agricultural Machinery Association) |
| Prof. Dr. Harun YALÇIN |

| |
|------------------------------|
| EDİTÖRLER (Editors) |
| Prof. Dr. Harun YALÇIN |
| Prof. Dr. Vedat DEMİR |
| Yrd. Doç. Dr. Hüseyin YÜRDEM |
| Doç. Dr. Hüseyin GÜLER |
| Doç. Dr. Tuncay GÜNHAN |

| | |
|---|--|
| Bilimsel Danışma Kurulu (Scientific Advisory Board) | |
| Prof. Dr. İbrahim ÇİLİNGİR, <i>Ankara Üniversitesi</i> | Prof. Dr. Sedat ÇALIŞIR, <i>Selçuk Üniversitesi</i> |
| Prof. Dr. Erdem AYKAS, <i>Ege Üniversitesi</i> | Prof. Dr. Hasan BAL, <i>Iğdır Üniversitesi</i> |
| Prof. Dr. Ali BAYAT, <i>Çukurova Üniversitesi</i> | Prof. Dr. M. Arif BEYHAN, <i>Ondokuz Mayıs Üniversitesi</i> |
| Prof. Dr. Tuna DOĞAN, <i>Adnan Menderes Üniversitesi</i> | Prof. Dr. Kamil EKİNCİ, <i>Süleyman Demirel Üniversitesi</i> |
| Prof. Dr. Yücel ERKMEN, <i>Atatürk Üniversitesi</i> | Prof. Dr. Can ERTEKİN, <i>Akdeniz Üniversitesi</i> |
| Prof. Dr. İsmail KAVDIR, <i>Çanakkale Onsekiz Mart Üniv.</i> | Prof. Dr. Ramazan SAĞLAM, <i>Harran Üniversitesi</i> |
| Prof. Dr. Abdullah SESSİZ, <i>Dicle Üniversitesi</i> | Prof. Dr. Bahattin AKDEMİR, <i>Namık Kemal Üniversitesi</i> |
| Prof. Dr. Ö. Faruk TAŞER, <i>Gazi Osmanpaşa Üniv.</i> | Doç. Dr. Muharrem KESKİN, <i>Mustafa Kemal Üniv.</i> |
| Prof. Dr. Halil ÜNAL, <i>Uludağ Üniversitesi</i> | Doç. Dr. Cevdet SAĞLAM, <i>Erciyes Üniversitesi</i> |
| Doç. Dr. Ali AYBEK, <i>Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniv.</i> | Yrd. Doç. Dr. Tanzer ERYILMAZ, <i>Bozok Üniversitesi</i> |

Tarım Makinaları Bilimi Dergisi, Tarım Makinaları Derneği'nin bir yayınıdır.
Tarım Makinaları Bilimi Dergisi yılda üç sayı olarak yayınlanır.

(Journal of Agricultural Machinery Science is published three times in a year by
Agricultural Machinery Association.)

Bu derginin yayın hakları Tarım Makinaları Derneği'ne aittir. Derginin hiç bir bölümü, yayıncının izni
olmaksızın, herhangi bir şekilde çoğaltılamaz.

(All rights reserved. No part of this publication may be reproduced in any form without the prior
permission of the publisher.)

Yazıřma Adresi
(Correspondence Address)

Tarım Makinaları Derneği
1462. Sok. No:33 Alsancak – İzmir / Türkiye
tarmak@mail.ege.edu.tr
<http://www.tarmakder.org.tr>
Tel / Faks: +90.232.342 76 42

T.C. Kültür ve Turizm Bakanlığı Sertifika No: 18679

Basım Yeri : Ege Üniversitesi Rektörlüğü Basımevi Müdürlüğü
No: 172/134 Kampüs içi - Bornova, İzmir
Tel: 0232 311 20 59
e-posta: bsmmd@rektorluk.ege.edu.tr
Baskı Adedi : 50 Adet
Basım Tarihi : 27.12.2017

2017 CİLT 13, SAYI 1 Bilimsel Hakemleri
(2017 VOLUME 13 NUMBER 1 Scientific Referees)

| | |
|-------------------------|-------------------------------------|
| Abdullah SESSİZ | Dicle Üniversitesi |
| Adnan DEĞİRMENCİOĞLU | Ege Üniversitesi |
| Anıl ÇAY | Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi |
| Can ERTEKİN | Akdeniz Üniversitesi |
| Ceren KÖMEKÇİ | |
| Engin ÇAKIR | Ege Üniversitesi |
| Erdal ÖZ | Ege Üniversitesi |
| Erkan URKAN | Ege Üniversitesi |
| Fatih Göksel PEKİTKAN | Dicle Üniversitesi |
| Fazilet Nezahat ALAYUNT | Ege Üniversitesi |
| Harun YALÇIN | Ege Üniversitesi |
| Hülya ÖZ | Ege Üniversitesi |
| Hüseyin GÜLER | Ege Üniversitesi |
| Hüseyin YÜRDEM | Ege Üniversitesi |
| İkbal Aygün DERELİ | Ege Üniversitesi |
| Kamil EKİNCİ | Süleyman Demirel Üniversitesi |
| Mehmet TOPAKÇI | Akdeniz Üniversitesi |
| Öncül Kaangün CANER | Bornova Zirai Mücadele Enstitüsü |
| Sedat ÇALIŞIR | Selçuk Üniversitesi |
| Tuncay GÜNHAN | Ege Üniversitesi |
| Vedat DEMİR | Ege Üniversitesi |
| Zeynep DUMANOĞLU | |

Tarandığı İndeksler / Indexing

TUBİTAK-ULAKBİM

Google Scholar

İçindekiler (Contents)

| | |
|---|--------------|
| Buğdayda Sorun Olan Bazı Yabancı Otlara Karşı Elektrostatik İlaçlamanın Etkinliğinin Araştırılması | 1-9 |
| Hasan DEMİRKAN, Emrah KOÇYİĞİT, Hüseyin GÜLER | |
| Some Physical, Mechanical and Ripening Properties of the Boğazkere Grape (<i>Vitis vinifera</i> L.) and Theirs Relationships | 11-19 |
| Abdullah SESSİZ, Gültekin ÖZDEMİR, Reşat ESGİCİ | |
| Türkiye Tarımında Traktör Kullanımı (2010) | 21-31 |
| Hakkı Ünal EVCİM, Gülten ÖZGÜNTAY ERTUĞRUL | |
| Effects of Different Tillage Methods on the Nutrient Contents of Organically Grown Sultani Çekirdeksiz Grape | 33-38 |
| Fadime ATEŞ, Bülent YAĞMUR, Engin ÇAKIR, Harun YALÇIN | |
| Optimization of the Distribution Uniformity of a Single-Disc Granular Broadcast Spreader | 39-47 |
| İsmail Serkan KOLCU, Adnan DEĞİRMENCİOĞLU | |
| Çukurova Koşullarında İkinci Ürün Ekimi Öncesi Uygulanan Toprak İşleme Yöntemlerinin Yakıt ve Zaman Tüketimleri | 49-54 |
| M. Emin BİLGİLİ, Yasemin VURARAK, Uğur SEVİLMİŞ, Ali AYBEK | |
| Damla Sulama Sistemlerinde Kullanılan Hidrosiklon Filtrelerde Basınç Kaybı ve Ayırma Etkinliğinin Hesaplamalı Akışkanlar Dinamiği (HAD) Yöntemi ile Belirlenmesi | 55-67 |
| Vedat DEMİR, Hüseyin YÜRDEM, Tuncay GÜNHAN, Arzu YAZGI | |

Buğdayda Sorun Olan Bazı Yabancı Otlara Karşı Elektrostatik İlaçlamanın Etkinliğinin Araştırılması

Hasan DEMİRKAN¹, Emrah KOÇYİĞİT¹, Hüseyin GÜLER²

¹Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Bitki Koruma Bölümü, Bornova/İZMİR

²Ege Üniversitesi Tarım Makinaları ve Teknolojileri Mühendisliği Bölümü, Bornova/İZMİR

Sorumlu yazar: hasan.demirkan@ege.edu.tr

Received (Geliş Tarihi): 03.02.2017

Accepted (Kabul Tarihi): 04.04.2017

Özet: Bu çalışma EÜ Ziraat Fakültesinin Menemen Araştırma, Uygulama ve Üretim Çiftliği'ndeki buğday tarlasında 2015 yılında yapılmıştır. Buğdayda sorun olan yabancı otlara karşı geleneksel ve elektrostatik ilaçlamanın $\frac{3}{4}$ ve tam dozları karşılaştırılmalı olarak bu çalışmada denenmiştir. Denemede dar yapraklılara karşı pinoxaden 45 g l⁻¹ aktif maddeli ve geniş yapraklılara karşı ise de chlorsulfuron WP %10 aktif maddeli herbisitler kullanılmıştır. Deneme sonucunda yabancı ot popülasyonları dikkate alındığında ana zararlı yabancı otun *Phalaris* spp. olduğu bulunmuştur. Diğer dar yapraklı yabancı otların sayısı oldukça az olduğundan değerlendirmeye alınmamıştır. Geniş yapraklı yabancı ot popülasyonu da oldukça az seviyede bulunmuştur. *Phalaris* spp. yabancı ot yoğunluğuna göre; geleneksel ilaçlama tekniğinin $\frac{3}{4}$ dozu % 53.7, geleneksel ilaçlama tekniğinin tam dozu % 75.2, elektrostatik ilaçlama tekniğinin $\frac{3}{4}$ dozu % 73.3 ve elektrostatik ilaçlamanın tam dozu ise % 77.3 oranında etkili bulunmuştur. Geniş yapraklı yabancı ot yoğunluğuna göre; geleneksel ilaçlama tekniğinin $\frac{3}{4}$ dozu % 43.0, geleneksel ilaçlama tekniğinin tam dozu % 48.2, elektrostatik ilaçlama tekniğinin $\frac{3}{4}$ dozu % 38.3 ve elektrostatik ilaçlamanın tam dozu ise % 56.7 oranında etkili bulunmuştur. Verimin kontrol parsellerine göre; geleneksel ilaçlama tekniğinin $\frac{3}{4}$ dozu % 27.3, geleneksel ilaçlama tekniğinin tam dozu % 30.1, elektrostatik ilaçlama tekniğinin $\frac{3}{4}$ dozu % 25.6 ve elektrostatik ilaçlamanın tam dozu % 32.4 oranında artış gösterdiği bulunmuştur.
Anahtar kelimeler: Doz, verim, biyolojik etkinlik, geleneksel ilaçlama.

Surveying the Efficiency of Electrostatic Spraying Against Some Weeds in Wheat

Abstract: This study was done in wheat field at Menemen Research, Application and Farm production belonging to EU Faculty of Agriculture. The $\frac{3}{4}$ and full doses of conventional and electrostatic spraying was compared against weeds in wheat. In this trial pinoxaden containing 45 g l⁻¹ active substance against narrow leaf and chlorsulfuron containing WP %10 active substance against broadleaf were used. At the end of the trial, considering the weed population the major weed was determined as *Phalaris* spp. The rest of narrow leaf weeds were counted few therefore they were not evaluated. The population of broadleaf weeds was also counted in low levels. According to the weed density of *Phalaris* spp.; $\frac{3}{4}$ dose of the conventional spraying technique, full doses of conventional spraying technique, $\frac{3}{4}$ doses of electrostatic spraying technique and full doses of electrostatic spraying technique were found to be effective 53.7%, 75.2%, 73.3% and 77.3% respectively. According to the density of broadleaf weeds; $\frac{3}{4}$ doses of conventional spraying technique, full doses of conventional spraying technique, $\frac{3}{4}$ doses of electrostatic spraying technique and full doses of electrostatic spraying technique were found to be effective in comparison to control parcels 43.0%, 48.2%, 38.3% and 56.7% respectively. In comparison to control parcels; $\frac{3}{4}$ dose of conventional spraying technique, full doses of conventional spraying technique, $\frac{3}{4}$ dose of electrostatic spraying technique and full doses of electrostatic spraying technique caused an increase in yield 27.3%, 30.1%, 25.6% and 32.4% respectively.

Key words: Dose, yield, biological efficacy, conventional spraying

GİRİŞ

Buğday, en fazla üretilen tarım ürünü olup Dünya'da 2016 yılında 758.1 milyon ton üretimle tahıllar içerisinde ilk sırada yer almaktadır (Anonim,

2017). Buğday yalnız başına dünya gıda kaynaklarının yaklaşık % 20'sini ve tahıl üretiminin de % 30'unu karşılamaktadır (Mızrak, 2011). Bugün dünyadaki tarım alanlarının büyük çoğunluğu, tahıl grubu

bitkilerle ekilmektedir. Türkiye’ de işlenen alanların %75’ ine yakın bölümünde tahıl tarımı yapılmakta olup, tahıllar içinde de buğday, en geniş ekim alanına sahip bitkidir (TMO, 2012). Dünyada buğday üretiminin ilk sırasında Çin yer alırken, Türkiye ise 15.5 milyon ton üretimi ile 8. sırada yer almaktadır. Dünya buğday üretimindeki ilk dört ülke Çizelge 1’de verilmiştir.

Çizelge 1. Dünya’da buğday üretici ülkeler (TUSAF, 2013)

Table 1. Wheat producing countries in the World (TUSAF, 2013)

| Sıralama | Ülke | Üretim (milyon ton) | | |
|----------|----------------|---------------------|-------|-------|
| | | 2010 | 2011 | 2012 |
| 1 | Çin | 115.2 | 117.9 | 593.8 |
| 2 | Hindistan | 80.78 | 86.79 | 94.9 |
| 3 | A.B.D | 60.1 | 54.4 | 61.7 |
| 4 | Rusya | 41.5 | 56.2 | 37.7 |
| 8 | Türkiye | 17.5 | 18.8 | 15.5 |

İnsanoğlunun istemediği yerde yetişen, yararından çok zararı olan, özellikle tarım alanlarında ürünün verim ve kalitesini azaltan bitkilere yabancı ot denir. Yabancı otlar; bitkiler ile, besin elementleri, su ve ışık için rekabete girmekte ve bunun yanında zararlı böceklerle ve patojenlere konukçuluk yapabilmektedirler. Yabancı otlar ayrıca, yetiştirilen ürünlerin hasadını zorlaştırdıkları gibi hasat işlemlerini de daha masraflı hale getirebilmektedirler. Kalitatif ve kantitatif ürün azalmasına; gerekli kültürel işlerin süratle yapılamamasına; çeşitli böcek ve hastalıkların taşınmasına ya da konukçuluk yaparak bu hastalık ve zararlıların gelişmelerine neden olurlar (Uygur ve ark.,1984). Buğday’ın içinde en fazla zarar veren yabancı ot türleri; *Avena fatua* L. (yabani yulaf), *A. sterilis* L. (kısır yabani yulaf), *Phalaris brachystachys* Link. (kısa başaklı kuş yemi), *P. canariensis* L.(uzun başaklı kuşyemi), *P. Minör* Retz. (küçük başaklı kuşyemi), *P. paradoxa* L.(yumuşak başaklı kuşyemi) ve *Sinapis arvensis* L. (yabanıhardal)’dir.

Yabancı ot mücadelesinde, kültürel önlemlerden en önemli yeri tohum temizliği almaktadır. Bunun yanında ekim nöbetini ihmal etmemek gerekir. Ayrıca tarla temizliğine uyulmalı, tarım alet ve makinalarıyla yabancı otların yayılmalarına engel olunmalıdır (Güncan, 2010).

Kimyasal savaşımında başarı sağlanabilmesi için ilacın hedef alanda istenilen dozda ve homojen dağılması gerekmektedir. İlaç dağılımının homojen olmaması, yabancı ot kontrolünün istenen düzeyde

gerçekleşmemesine, ilaç uygulamalarının tekrarlanmasına ve çevre kirliliğine neden olmaktadır. Tarımsal ilacın hedef dışı alanlara sürüklenmesi ve hedef alandaki dağılımı başta meteorolojik koşullar olmak üzere, ilacın damla büyüklüğüne, formülasyonuna ve bırakılma yüksekliği gibi faktörlere bağlı olarak değişmektedir. Yapılan araştırmalar, püskürtülen ilacın yaklaşık % 50-80’lik kısmının hedef yüzeylere ulaşmadığını, ya sürüklenme yoluyla hedef dışına taşındığını ya da aynı alan içerisindeki toprak yüzeyine ulaştığını göstermektedir (Pergher et al., 1997; Tosun ve ark., 2013a).

Uygulayıcıya ve çevreye olan risk potansiyelini en düşük seviyeye indirerek ilaç kullanımında maksimum etkinlik elde etmek için yeni yöntemler ve ekipmanlar geliştirilmiştir. Bu gelişmelerden birisi de elektrostatik yükleme tekniğidir. Elektrostatik yükleme tekniğinde, sıvı ilaç damlaları statik elektrikle yüklenmekte ve yüklenmiş damlalar bitkiye yaklaşırken bitkiden toprağa bir kısım elektron akışı olmakta ve bitkide zıt bir yük oluşmaktadır. Böylece damlalar ve bitki yüzeyleri arasında elektrostatik çekim kuvveti oluşturularak yüklü damlaların bitki yüzeyleri üzerine çökmesi sağlanmaktadır. Yüklü damlalar bitki üzerindeki zıt yüklü iyonlar tarafından çekilmekte ve böylece daha iyi bir penetrasyon ve yaprakların da her iki yüzeyinde iyi bir tutunma ve kaplama sağlanmış olur (Tosun ve ark., 2013b).

Elektrostatik yüklemenin faydaları şu şekilde sıralanabilir:

- İlaç damlaları üzerine etkili olan yerçekimi kuvvetine ek olarak bir elektriksel kuvvet uygulandığı için, bitkiler üzerinde daha fazla ilaç birikmektedir.
- Elektriksel kuvvet, rüzgarın sürüklenme etkisini azaltmada yardımcı olmakta hem ilaç kayıplarının hem de çevre kirliliğinin azalmasına olanak sağlamaktadır.
- Aynı elektriksel yükle yüklenmiş damlaların doğal olarak birbirlerini itmesi nedeniyle bitki yüzeyleri üzerinde daha düzgün bir ilaç dağılımı görülür.
- Elektriksel bir yükle yüklenmiş damlalar, elektriksel alan çizgilerine bağlı olarak değişik yörüngeler izledikleri için yaprak altlarının da yeterli miktarda ilaç alması sağlanmış olur (Dursun ve ark., 2005).

Bu çalışmada, İzmir’de buğdayda sorun olan yabancı otlara karşı elektrostatik ve geleneksel ilaçlama tekniklerinin etkililikleri araştırılmıştır.

MATERYAL ve YÖNTEM

Bu çalışma İzmir'in Menemen İlçesindeki EÜ Ziraat Fakültesi Menemen Araştırma, Uygulama ve Üretim Çiftliğinde yürütülmüştür. Deneme alanına 20-20-0-36 SO₃ taban gübresi 20 kg da⁻¹ dozda, amonyum nitrat (%26'lık) ise 25 kg da⁻¹ oranında üst gübresi olarak atılmıştır. Ceyhan 99 ekmeçlik buğday çeşidi ekilmiştir. Deneme alanına fungusit ve insektisit atılmamıştır. Parselasyon, 20 Ocak 2015 tarihinde yapıp kazıklar çakılmıştır (Şekil 1).



Şekil 1. Menemen'deki deneme alanından genel bir görünüm

Figure 1. An overview from the experimental area in Menemen

Denemede kullanılan preparatlar

Çalışmamızda buğdayda sorun olan yabancı otlara karşı ruhsatlı pinoxaden (dar yapraklı yabancı otlara karşı) ve chlorsulfuron (geniş yapraklı yabancı otlara karşı) kullanılmıştır. Denemede kullanılan herbisitler, birbiriyle karıştırılarak tek uygulama şeklinde atılmıştır. Denemede kullanılan herbisitlerin bazı özellikleri Çizelge 2'de verilmiştir.

Çizelge 2. Denemede kullanılan herbisitlerin bazı özellikleri

Table 2. Some properties of the herbicides used in the experiment

| Herbisit | Aktif Madde | Firma | Önerilen Doz |
|--------------|--------------------------------|-------------|-------------------------|
| Axial 45 EC | Pinoxaden 45 g l ⁻¹ | Syngenta | 100 cc da ⁻¹ |
| Hammer 10 WP | Chlorsulfuron WP %10 | Doğal Kimya | 7.5 g da ⁻¹ |

Denemede kullanılan makineler

Denemede sırt pülverizatörü ve elektrostatik ilaçlama makinası kullanılmıştır. Elektrostatik ilaçlama

makinası iki zamanlı bir motor, kompresör, sıvı deposu, elektrostatik yüklemeye yapan el tabancası ve çatı aksamından oluşmaktadır. Geleneksel sırt pülverizatöründe ise 2 konik hüzmeli meme bulunmakta olup 3 bar (40 psi) basınçta çalıştırılmıştır (Şekil 2).



(a)

(b)

Şekil 2. Denemede kullanılan elektrostatik ilaçlama makinası (a) ve sırt pülverizatörü (b)

Figure 2. Electrostatic spraying machine (a) and knapsack sprayer (b) used in the experiment

Suya duyarlı kağıtlar ve tutturucular

Kalitatif yöntemlerde damla spektrumu ve damla yoğunluğu belirlenebilmekte, damlaların yüzeyde kapladığı alan yüzde olarak ölçülebilmektedir. Bu yöntemde su bazlı ilaç damlalarının analizinde suya duyarlı kağıtlar kullanılmaktadır (Sayıncı ve Bastaban, 2009). Denemede birikim miktarının belirlenmesi ve ilacın dağılım düzgünlüğünün ölçülmesi için 2.5 cm çapında kare şeklindeki suya duyarlı özel kağıtlar bitkinin alt, orta ve üst taraflarına kışkaçlar ile tutturulmuştur (Şekil 3).

Deneme, 5 karakterli (chlorsulfuron 1 g da⁻¹ ve pinoxaden 100 ml da⁻¹ geleneksel ilaçlama ve elektrostatik ilaçlama, chlorsulfuron 0.75 g da⁻¹ ve pinoxaden 75 ml/da⁻¹ geleneksel ilaçlama ve elektrostatik ilaçlama ve kontrol) 4 tekerrürlü olmak üzere tesadüf blokları deneme desenine göre kurulmuştur. Herbisitler, buğdayın kardeşlenme dönemi içerisinde yani yabancı otların 2-3 yapraklı döneminde uygulanmıştır. EPPO ilaçlama standartlarına göre her bir parselin büyüklüğü 20 m² (4 x 5m)'dir. Karakterler ve tekerrürler arasında birer metre emniyet şeridi bırakılmıştır.



Şekil 3. Suya duyarlı kağıtların buğday bitkisi üzerine yerleştirilmesi

Figure 3. Positions of water-sensitive papers on the wheat plant

İlaçlamadan sonra yabancı ot tür ve sayısını belirlemek için yapılan sayımlarda, her parselde tesadüfi olarak üç çerçeve atılarak örneklemeler yapılmıştır. Elde edilen değerlerin ortalamaları alınarak, o alan için ana zararlı ve diğer zararlı yabancı otların yoğunlukları tespit edilmiştir. Kurulan bu deneme sonucunda, her karakterin yabancı otlara tür düzeyinde (dominant olan türlere karşı) etkisine bakılarak ve her parselin hasadı ayrı ayrı yapılarak verim değerlendirilmesi yapılmıştır.

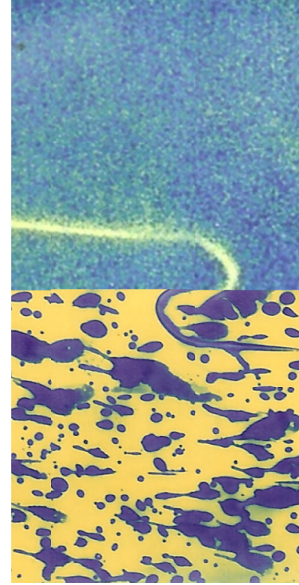
Veriler SPSS For Windows Version16.0 İstatistik Programı ile değerlendirilmiş ve Duncan testi ($P=0,05$) ile sonuçlar yorumlanmıştır. İstatistiksel açıdan farklı çıkan sonuçlar ayrı sütun halinde verilerek a, b ve c şeklinde harflerle belirtilmiştir.

BULGULAR

Bitki Üzerindeki Birikim Miktarı

Buğday bitkisi yapraklarının alt, orta ve üst yerlerine yerleştirilen suya duyarlı kağıtlar ilaçlama yapıldıktan hemen sonra toplanmıştır. Geleneksel ve elektrostatik ilaçlama aletleriyle yapılan ilaçlamanın kaplama oranının belirlenmesi ve ilacın dağılım

düzensizliğinin ölçülmesi hedeflenmiştir. Elektrostatik ilaçlama aleti, homojen bir dağılım ve çok küçük çaplarda ilaç damlaları oluştururken, geleneksel ilaçlama aleti ise tam tersi heterojen bir dağılım ve büyük çaplarda damla çapları oluşturmuştur. Şekil 4'de elektrostatik ve geleneksel ilaçlama dağılımı arasındaki fark gösterilmiştir.



Şekil 4. Elektrostatik (solda) ve geleneksel ilaçlama (sağda) sonrasında suya duyarlı kağıtlarından bir görünüm

Figure 4. A view of the water sensitive papers after electrostatic (left) and conventional spraying (right)

Damlaların hacimsel çap miktarlarını ve kaplama oranını bulmak için suya duyarlı kağıtlar tarayıcı yardımıyla bilgisayara kaydedilmiştir. Damlalar kağıt üzerine düştüğünde belli bir miktar yayılma göstermektedir. Bu nedenle damlanın gerçek çap değeri Image Tool programı ile hesaplanmış ve hacimsel anma çap değeri elde edilmiştir (Çizelge 3). Dv 0.1 öyle bir çap değeri ki bu çap değerinden küçük olan damlalar püskürtülen sıvı hacminin %10'unu ve Dv 0.9 çap değerinde ise büyük damlalar püskürtülen sıvı hacminin %10'unu oluşturmaktadır. Dv 0.5 çap değeri ise küçük-büyük damlaların püskürtülen sıvı hacminin %50'sini oluşturmasıdır.

Suya duyarlı kağıtların ayrıca kaplama oranları bulunmuştur. Elektrostatik ilaçlama ön ve arka kısımlarda eşit oranda kaplama sağlamıştır. Geleneksel ilaçlamanın ise ön ve arka tarafları arasındaki kaplama oranı farkının fazla olmadığı bulunmuştur (Çizelge 4). Ayrıca istatistiksel açıdan da kaplama oranları arasında

farkın önemsiz olduğu bulunmuştur. Elektrostatik ilaçlama ile geleneksel ilaçlama arasındaki farkın az olmasının bir sebebi ilaçlama çalışmalarında sırt ekipmanlarının kullanılmış olmasıdır.

Çizelge 3. Hacimsel anma çapı değerleri

Table 3. Volume Median Diameters

| Hacimsel anma çapı (µm) | Geleneksel ilaçlama | Elektrostatik ilaçlama |
|-------------------------|---------------------|------------------------|
| Dv 0,1 | 240 | 70 |
| Dv 0,5 | 340 | 93 |
| Dv 0,9 | 410 | 117 |

Çizelge 4. Damlaların yapraktaki kaplama oranı

Table 4. Coverage rates of the leaves

| Kaplama Oranı (%) | Ön | Arka |
|------------------------|-------|-------|
| Elektrostatik ilaçlama | 13.56 | 13.68 |
| Geleneksel ilaçlama | 10.38 | 12.92 |

Deneme alanında 7 adet yabancı ot türü tespit edilmiştir. Dar yapraklı yabancı otlar; *Phalaris* spp. (kuş yemleri), *Avena* spp. (yabani yulaflar), *Lolium temulentum* (delice), geniş yapraklı yabancı otlar; *Lamium amplexicaule* (ballıbababa), *Stellaria media* (kuş otu), *Vicia* spp. (yabani fiğ türleri), *Urtica urens* (ısırgan otu) ve *Veronica* spp. (yavşan otları)'dır.

Çizelge 5'ten de görüleceği gibi, (1. yabancı ot sayımı) kontrolde m²'de 387.6 adet *Phalaris* spp.

Görülürken elektrostatik ilaçlamada tam dozda 92.3 (%76.2 etki), ¾ dozda ise 106.9 adet (%72.4 etki) *Phalaris* spp. görülmüştür. Geleneksel ilaçlamada ise etki tam dozda ve ¾ dozda sırasıyla 96.2 adet (%75.2 etki) ve 190.6 adet (%50.8 etki) *Phalaris* spp. görülmüştür.

Çizelge 6'da ise 2. yabancı ot sayımı sonrasında, kontrolde m²'de 400 adet *Phalaris* spp. görülürken elektrostatik ilaçlamada tam dozda 86.3 (%78.4 etki), ¾ dozda ise 103.3 adet (%74.2 etki) *Phalaris* spp. görülmüştür. Geleneksel ilaçlamada ise etki tam dozda ve ¾ dozda sırasıyla 98.9 adet (%75.3 etki) ve 173.9 adet (%56.5 etki) *Phalaris* spp. görülmüştür.

Deneme alanında görülen geniş yapraklı yabancı otlar oldukça az sayıda görülmüştür bu yüzden hepsi geniş yapraklı yabancı ot başlığı altında verilmiştir. Sayımlar sonucunda geniş yapraklı yabancı ot sayısı Çizelge 7 ve 8'de verilmiştir.

Çizelge 7'de görüleceği gibi 1. yabancı ot sayımı sonrasında, kontrolde m²'de 11.8 adet geniş yapraklı yabancı ot görülürken elektrostatik ilaçlamada tam dozda ve ¾ dozda sırasıyla 5.9 adet (%50 etki) ve 7.3 adet (%38.1 etki) geniş yapraklı yabancı ot görülmüştür. Geleneksel ilaçlamada ise tam dozda ve ¾ dozda sırasıyla 6.5 adet (%44.9 etki) ve 9.9 adet (%16.1 etki) geniş yapraklı yabancı ot görülmüştür.

Çizelge 5. Deneme alanında görülen *Phalaris* spp. (kuş yemleri) (1. sayım)

Table 5. Determined *Phalaris* spp. (canarygrass) on experimental area (1. count)

| Uygulamalar | Tekerrürler | | | | Ortalama (adet m ⁻²)* | Etki Değeri (%) |
|----------------------------------|-------------|-------|-------|-------|-----------------------------------|-----------------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | | |
| Kontrol | 334.4 | 380 | 389.2 | 446.8 | 387.6 a | |
| Geleneksel ilaçlama (3/4 doz) | 214.8 | 181.4 | 184 | 182.4 | 190.6 b | 50.8 |
| Geleneksel ilaçlama (tam doz) | 61.2 | 46.4 | 106.4 | 170.8 | 96.2 c | 75.2 |
| Elektrostatik ilaçlama (3/4 doz) | 62.4 | 180 | 88 | 97.2 | 106.9 c | 72.4 |
| Elektrostatik ilaçlama (tam doz) | 144 | 58.8 | 80 | 86.4 | 92.3 c | 76.2 |

*a, b ve c harfleri İstatistiksel açıdan farkları belirtmektedir.

Çizelge 6. Deneme alanında görülen *Phalaris* spp. (kuş yemleri) (2. sayım)

Table 6. Determined *Phalaris* spp. (canarygrass) on experimental area (2. count)

| Uygulamalar | Tekerrürler | | | | Ortalama (adet m ⁻²)* | Etki Değeri (%) |
|---|-------------|-------|-------|-------|--------------------------------------|--------------------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | | |
| Kontrol | 266.8 | 433.2 | 410.8 | 489.2 | 400 a | |
| Geleneksel ilaçlama (3/4 doz) | 212 | 120 | 185.2 | 178.4 | 173.9 b | 56.5 |
| Geleneksel ilaçlama (tam doz) | 62.8 | 57.2 | 101.2 | 174.4 | 98.9 c | 75.3 |
| Elektrostatik ilaçlama (3/4 doz) | 61.2 | 170.8 | 84 | 97.2 | 103.3 c | 74.2 |
| Elektrostatik ilaçlama (tam doz) | 132 | 68 | 62.4 | 82.6 | 86.3 c | 78.4 |

*a, b ve c harfleri istatistiksel açıdan farkları belirtmektedir.

Çizelge 7. Deneme alanında görülen geniş yapraklı yabancı otlar (1. sayım)

Table 7. Determined broadleaf on experimental area (1. count)

| Uygulamalar | Tekerrürler | | | | Ortalama (adet m ⁻²) | Etki Değeri (%) |
|---|-------------|------|------|------|-------------------------------------|--------------------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | | |
| Kontrol | 0 | 19 | 11.2 | 16.8 | 11.8 a | |
| Geleneksel ilaçlama (3/4 doz) | 2.4 | 16.4 | 0 | 20.8 | 9.9 a | 16.1 |
| Geleneksel ilaçlama (tam doz) | 10.4 | 2 | 10.4 | 3.2 | 6.5 a | 44.9 |
| Elektrostatik ilaçlama (3/4 doz) | 5.6 | 3.2 | 4.4 | 16 | 7.3 a | 38.1 |
| Elektrostatik ilaçlama (tam doz) | 5.6 | 12.4 | 5.6 | 0 | 5.9 a | 50 |

Çizelge 8. Deneme alanında görülen geniş yapraklı yabancı otlar (2. sayım)

Table 8. Determined broadleaf on experimental area (2. count)

| Uygulamalar | Tekerrürler | | | | Ortalama (adet m ⁻²) | Etki Değeri (%) |
|---|-------------|------|------|------|-------------------------------------|--------------------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | | |
| Kontrol | 0 | 25.6 | 17.2 | 22.8 | 16.4 a | |
| Geleneksel ilaçlama (3/4 doz) | 7.6 | 22 | 0 | 24.4 | 13.5 a | 17.7 |
| Geleneksel ilaçlama (tam doz) | 15.8 | 3.2 | 9.2 | 4.4 | 8.1 a | 50.7 |
| Elektrostatik ilaçlama (3/4 doz) | 6.8 | 5.6 | 6.8 | 21.2 | 10.1 a | 38.4 |
| Elektrostatik ilaçlama (tam doz) | 7.2 | 12.4 | 5.6 | 0 | 6.3 a | 61.6 |

Çizelge 8'de ise 2. yabancı ot sayımı sonrasında, kontrolde m²'de 16.4 adet geniş yapraklı yabancı ot görülürken elektrostatik ilaçlamada tam dozda ve ¾ dozda sırasıyla 6.3 adet (%61.6 etki) ve 10.1 adet (%38.4 etki) geniş yapraklı yabancı ot görülmüştür. Geleneksel ilaçlamada ise tam dozda ve ¾ dozda sırasıyla 8.1 adet (%50.7 etki) ve 13.5 adet (%17.7 etki) geniş yapraklı yabancı ot görülmüştür.

Verim Analiz Sonuçları

Hasat yapılmadan önce parsellerin etrafı ipe çevrelenmiştir. Parsellerin her biri ayrı ayrı hasat edilerek sap samandan ayrılan daneler hassas terazide

tartıldıktan sonra her bir tekerrürün değeri Çizelge 9'da verilmiştir. Tekerrürlerin ortalamaları alınarak dekara göre verimi hesaplanmıştır. Artış değerleri kontrol parsellerinin ortalaması baz alınarak % olarak hesaplanmıştır. Çizelge 9'dan da görüleceği gibi, kontrol parsellerinden 220 kg da⁻¹ verim elde edilmiştir. Elektrostatik ilaçlamanın tam doz ve ¾ doz parsellerinden sırasıyla 291.25 kg da⁻¹ (%32.4 artış) ve 276.25kg da⁻¹ (%25.6 artış) verim elde edilmiştir. Geleneksel ilaçlamanın tam doz ve ¾ doz parsellerinden sırasıyla 286.25 kg da⁻¹ (%30.1 artış) ve 280 kg da⁻¹ (%27.3 artış) verim elde edilmiştir.

Çizelge 9. Deneme parsellerinin buğday verim değerleri (kg da⁻¹)Table 9. Wheat yield values of experimental area (kg da⁻¹)

| Uygulamalar | Tekerrürler | | | | Ortalama (kgda ⁻¹) | Artış (%) |
|---|-------------|-----|-----|-----|--------------------------------|-------------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | | |
| Kontrol | 230 | 245 | 200 | 205 | 220 a | |
| Geleneksel ilaçlama (3/4 doz) | 265 | 305 | 270 | 280 | 280 b | 27.3 |
| Geleneksel ilaçlama (tam doz) | 320 | 265 | 285 | 275 | 286.25 b | 30.1 |
| Elektrostatik İlaçlama (3/4 doz) | 275 | 270 | 270 | 290 | 276.25 b | 25.6 |
| Elektrostatik ilaçlama (tam doz) | 265 | 290 | 325 | 285 | 291.25 b | 32.4 |

TARTIŞMA ve SONUÇ

Bu çalışmada Ege bölgesinde buğdayda yabancı ot mücadelesinde elektrostatik ilaçlama tekniği ile geleneksel ilaçlama tekniği etkinliklerinin karşılaştırılması olarak verilmesi amaçlanmıştır. Buğdayda yabancı otlara karşı elektrostatik ilaçlama tekniği ülkemizde ilk kez bu çalışmada denenmiştir. Deneme alanına 23 Ocak 2015 tarihinde buğdayın kardeşlenme dönemi sırasında ilaçlama yapılmıştır. İlaçlamadan 20 gün sonra fitotoksosite kontrolü yapılmış olup ve herhangi bir fitotoksititeye rastlanmamıştır. İlaçlamadan 28 ve 55 gün sonra yabancı ot sayımı yapılmıştır. Sonuç olarak uygulanan bütün uygulamalar, kontrol parsellerine göre etkili bulunmuştur.

Phalaris spp. yabancı ot yoğunluğuna göre 1. sayım sonrasında; geleneksel ilaçlama tekniğinin ¾ dozu % 50.8, geleneksel ilaçlama tekniğinin tam dozu %75.2, elektrostatik ilaçlama tekniğinin ¾ dozu %72.4 ve elektrostatik ilaçlamanın tam dozu %76.2 oranında etkili bulunmuştur. *Phalaris* spp. yabancı ot yoğunluğuna göre 2. Sayım sonrasında ise; geleneksel ilaçlama tekniğinin ¾ dozu % 56.5, geleneksel ilaçlama tekniğinin tam dozu %75.3, elektrostatik ilaçlama tekniğinin ¾ dozu %74.2 ve elektrostatik ilaçlamanın tam dozu %78.4 oranında etkili bulunmuştur.

Geniş yapraklı yabancı ot yoğunluğuna göre 1. sayım sonrasında; geleneksel ilaçlama tekniğinin ¾ dozu %16.1, geleneksel ilaçlama tekniğinin tam dozu %44.9, elektrostatik ilaçlama tekniğinin ¾ dozu %38.1 ve elektrostatik ilaçlamanın tam dozu % 50 oranında etkili bulunmuştur. Geniş yapraklı yabancı ot yoğunluğuna göre 2. Sayım sonrasında ise; geleneksel ilaçlama tekniğinin ¾ dozu %17.7, geleneksel

ilaçlama tekniğinin tam dozu %50.7, elektrostatik ilaçlama tekniğinin ¾ dozu % 38.4 ve elektrostatik ilaçlamanın tam dozu %61.6 oranında etkili bulunmuştur.

Hasattan sonra (2 Haziran 2015) her bir parselin verimi ayrı ayrı değerlendirilmiştir. Verimin kontrol parsellerine göre; geleneksel ilaçlama tekniğinin ¾ dozu %27.3, geleneksel ilaçlama tekniğinin tam dozu %30.1, elektrostatik ilaçlama tekniğinin ¾ dozu % 25.6 ve elektrostatik ilaçlamanın tam dozu %32.4 oranında artış gösterdiği bulunmuştur.

Herbisitlerin yabancı ot yoğunluğunu etkilemede düşük kalmasının sebepleri, deneme alanının küçük olması, ilaçlamada kullanılan suyun pH'ının ölçülmemesinden kaynaklandığı düşünülmektedir. Suyun pH'ının belirli aralığın dışında olması ilaçların etkinliğini düşüren bir etkiye sahip olabilmektedir. Ayrıca deneme parsellerinde el tabancası ile uygulama yapılmasının da olumsuz etkileri olduğu düşünülmektedir. Bundan sonra yapılacak çalışmalarda her iki teknik için de tarla tipi pülverizatörlerin kullanılması daha doğru olacaktır. Verim değerlerinin düşük kalmasının ise bazı deneme parsellerinde fazla su birikimi olmasından kaynaklandığı düşünülmektedir. Bu nedenle bu çalışmanın daha büyük alanlarda ve yabancı otun daha homojen dağıldığı ve daha yoğun olduğu buğday alanlarında tekrarlanması yararlı olacaktır.

Denemede ayrıca yaprakta kaplama oranını belirlemek ve ilacın dağılımını ölçmek için yerleştirilen suya duyarlı kağıtlara bakıldığında (Şekil 4) elektrostatik ilaçlamanın yaprak üzerine küçük çaplı damlalar (ince damla sınıfı) halinde homojen bir şekilde dağıldığını görülmektedir. Geleneksel ilaçlamanın ise büyük çaplı damlalar halinde heterojen bir şekilde dağıldığı görülmektedir. Elektrostatik

ilaçlamanın bu etkinliği dar yapraklı yabancı otlar gibi yüzey alanı dar olan bitkilere bile etkili bir şekilde ulaşacağını göstermektedir. Dv 0.5 ortalama hacimsel anma çap değerine bakıldığında elektrostatik ilaçlamanın 93 µm geleneksel ilaçlamanın ise 340 µm boyutunda olduğu bulunmuştur. Geleneksel ilaçlamada damla çapı elektrostatik ilaçlamadaki damla çapından 3.65 kat daha büyüktür. Ancak damla çapındaki bu büyüklük damla hacimleri arasında yaklaşık 49 katlık bir fark oluşmasına yol açmaktadır. Başka bir ifade ile geleneksel yöntemle oluşturulan damlaların hacimleri elektrostatik püskürtme tekniğinde elde edilen damlaların hacminden 49 kat daha büyüktür. Bu durum geleneksel yöntemde kullanılan, hedef dışına gitmesi durumunda boşa giden ilaç miktarlarının ve paralelinde çevre kirliliğinin fazla olmasına neden olmaktadır.

Elektrostatik ilaçlama ve geleneksel ilaçlamanın ¾ dozları karşılaştırıldığında elektrostatik ilaçlamanın daha başarılı olduğu bulunmuştur. Yapılan bir çalışmada (Cesari et al, 1986), elektrostatik ilaçlamada kullanılan fungusit miktarının % 20 oranında düşürüldüğünde etkinin azalmadığını belirtmiştir. Başka bir çalışmada ise (Law and Mills, 1980), ABD’de brokolide *B.thuringiensis* mikrobiyal insektisitinin uygulama hacmindeki 8 katlık azalmanın insektisit miktarını % 25-50 arasında azalttığı belirtilmiş olup benzer sonuçlar elde edilmiştir. Herbisitlerin fiyatlarının yüksek oluşu düşük dozlarda mücadelenin önemini artırmaktadır. Bir çalışmaya göre ABD’de ürünün kalitesinde ve miktarında yabancı otların sebep olduğu kaybin yılda 5.1 milyar dolar olduğunu saptamıştır (Zimdahl, 1980). Chlorsulfuron gibi etkili maddeli herbisitlerin toprakta kalıcılığı uzun olduğundan dolayı daha düşük dozlarda dahi mücadele olanağı sağlamaktadır. Yapılan bir çalışmada buğday bitkisine uygulanan chlorsulfuron etkili maddeli herbisitinin 10 g/da % 75’lik preperat dozunun uygulanmasından 8 ay sonra ekilen mercimek bitkisinin çıkışını % 62, aynı herbisitinin 20 g/ha dozu ise % 86 etkilediği bulunmuştur (Uzun, 1992). Elektrostatik ilaçlama tekniğinde ilacın sürüklenmesi sonucu toprağa giden ilaç miktarı geleneksel ilaçlamaya göre oldukça az miktardadır. Bu nedenle başta çevre olmak üzere hedef dışı organizmalara etkisi minimum seviyededir.

Yukarıda bahsedilen deneme sonuçlarına göre buğdayda sorun olan yabancı otlara karşı elektrostatik ilaçlama tekniğinin etkililiğini geleneksel ilaçlama tekniği ile karşılaştırılmış olup yapılan öneriler şu şekildedir:

- Yabancı ot ilaçlamasında toprağa ve hedef dışı organizmalara giden ilaçlı su miktarının elektrostatik ilaçlama tekniği ile azaltılabileceği düşünülmektedir.
- Herbisitlerin özellikle dar yapraklı yabancı otların yapraklarına ulaşabilmesi zor olmaktadır ama elektrostatik yönteminde yüklü iyonlar sayesinde yabancı otun yapraklarına tutunabilmesi daha kolay olmaktadır.
- Herbisitlerin fiyatlarının yüksek oluşu ve herbisitlerin toprakta kalıcılığı uzun olduğundan düşük dozlarda geleneksel ilaçlamaya göre daha başarılı olan elektrostatik ilaçlama daha fazla önem kazanmaktadır.
- Gelişmiş ülkelerde yaygın ve uzun yıllardır kullanılan elektrostatik ilaçlama teknolojisi ülkemizde de yaygınlaştırılması gerekmektedir.
- Bu çalışma ile buğday yapan üreticilere ve tarımla uğraşan diğer üreticilere ülkemiz için yeni bir teknoloji olan elektrostatik ilaçlama aletinin avantajları sunulmuştur ve elektrostatik ilaçlama ile daha etkili ve daha başarılı bir şekilde ilaçlama yapılabileceği belirtilmiştir.

Kimyasal mücadelenin 3 temel ilkesi olan ekolojik, ekonomik ve etkinlik prensiplerine uyan bu teknolojinin ülkemizde yaygınlaştırılması gerekmektedir.

TEŞEKKÜR

Bu çalışmanın gerçekleşmesinde verdikleri destekten dolayı Ege Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projesi (2014 ZRF039 NO’LU PROJE) Komisyonuna teşekkür ederiz.

LİTERATÜR LİSTESİ

- Anonim, 2017, Record Cereal Production to Boost Global Supplies in 2016/2017. FAO. Release date:02.02.2017
- Anonim, 2013, Tahıl raporu/Nüsha <http://arastirma.tarim.gov.tr/gaputaem/Belgeler/tar%C4%B1msal%20veriler/gaputaem%20gncel/Tah%C4%B1%20Raporu.pdf> (Erişim tarihi 23 Mart 2015).
- Cesari A., Davi R., Castagnoli F. and Flori P., 1986, Low Volume Phytoiatric Applications With Electrostatic Distribution Systems. Department for the Protection and Development of Agri-foodstuffs Plant Pathology Section - University of Bologna (Italy) Atti Giorn. Fitopat., 2, 525-534.
- Dursun, E., Çilingir, İ. ve Erman, A., 2005, Tarımsal Savaşım ve Mekanizasyonunda Yeni Yaklaşımlar. http://www.zmo.org.tr/resimler/ekler/ab070d53bd0d200_ek.pdf?tipi=14&sube= (Erişim tarihi 1 Eylül 2015)
- Güncan, A., 2010, Yabancı Ot Mücadelesi (genişletilmiş ve ilaveli ikinci baskı). Selçuk Üniversitesi Ziraat Fakültesi, Konya. 278 s.,

- Law, S. E. and Mills, H. A., 1980, Electrostatic Application of Low-Volume Microbial insecticide spray on broccoli plants. Journal of American Society for Horticultural Science Vol. 105 No. 6pp. 774-777.
- Mızrak, G., 2011, Buğdayın Hikayesi. Türkiye Ziraat Odaları Birliği Yayını, 156. s.
- Pergher, G., R.Gubiani and G.Tonetto., 1997, Foliar Deposition and Pesticide Losses From Three Air-assisted Sprayers in a Hedgerow Vineyard. Crop Protection, 16 (1): 25-33.
- Sayıncı B. ve Bastaban S., 2009, İlaç Uygulama Performansının Değerlendirilmesinde Kalitatif ve Kantitatif Analiz Yöntemlerinin İncelenmesi. Anadolu Tarım Bilim. Der., 2009,24(2):133-140.
- TMO (Toprak Mahsülleri Ofisi) 2012, "Hububat Sektör Raporu" <http://www.tmo.gov.tr/Upload/Document/raporlar/HububatSektorRaporu2012.pdf> (Erişim tarihi 15 Mayıs 2014)
- Tosun N., Güler H., Urkan E. ve Güven H., 2013 a, Bitki Sağlığında Yeni Dönem; Elektrostatik Püskürtme. Hasad Bitkisel Üretim. 28 (335):56-59s.
- Tosun N., Güler H., Urkan E. ve Güven H., 2013 b, Bitki Korumada Elektrostatik İlaçlama Yöntemi. (Ed. K. Melan, O. Arı) I. Bitki Koruma Ürünleri ve Makineleri Kongresi 03-04 Nisan 2013, Antalya. Bitki Koruma Makineleri, Cilt3, Ankara, 267-282.
- TUSAF (Türkiye Un Sanayicileri Federasyonu) 2013, "2013 Yılı Un Sanayi Sektör Raporu" <http://www.usf.org.tr/TR/dosya/1-2141/h/tusaf-un-sektor-raporu-2013.pdf> (Erişim tarihi 15 Mayıs 2014)
- Uygur, F.N., Koch, W. ve Walter, H., 1984, Yabancı Ot Bilimine Giriş (Kurs Notu). PLITS, 1984/2 (1), Verlag J. Margraf, Stuttgart, Germany, s. 114.
- Uzun, A., 1992, Güneydoğu Anadolu Bölgesinde Glean 75 DF (Chlorsulfuron) İlaç Kalıntısının Münavebe Bitkisi Mercimek (*Lens esculenta* Moench.)'in Çıkışına Etkisinin Belirlenmesi Üzerinde Çalışmalar. Zirai Mücadele Araştırma Yıllığı, 1992.
- Zimdahl, R. L., 1980, Weed-Crop Competition (A Review). International Plant Protection Center Pub. Oregon State Univ., Corvallis, Oregon, USA.

Some Physical, Mechanical and Ripening Properties of the Boğazkere Grape (*Vitis vinifera* L.) and Theirs Relationships

Abdullah SESSİZ¹, Gültekin ÖZDEMİR², Reşat ESGİCİ³

¹Faculty of Agriculture, Department of Agricultural Machinery and Technologies Engineering, Dicle University, Diyarbakir, TURKEY

²Faculty of Agriculture, Department of Horticultural, Dicle University, Diyarbakir, TURKEY

³Bismil Vocational High School, Dicle University, Diyarbakir, TURKEY

Corresponding author: asesiz@dicle.edu.tr

Received (Geliş Tarihi): 06.02.2017

Accepted (Kabul Tarihi): 05.04.2017

Abstract: In this study, some physical, mechanical and ripening properties of local variety Boğazkere grape and their relationships were determined depend on three different phenological stages and five cane internode (IN) diameters. This research was performed at commercial vineyard in Diyarbakir province, which is located in the southeastern part of Turkey. Cutting properties and energy values were measured by The Lloyd LRX plus materials testing machine. In addition to cutting properties of cane, grape berries' include length, width, thickness, geometric mean diameter, sphericity, surface area, berry detachment force (BDF), berry weight (W), berry detachment force/weight (BDF/W) were determined.

The mean length, width and thickness values of berries were found as 16.64 mm, 15.49 mm, and 15.42 mm, respectively. The arithmetic mean diameter, geometric mean diameter, surface area values were not changed statistically with phenological stages.

There were found closely relationships between ripening and mechanical properties at different phenological stages for grape berries. The ratio of BDF/W decreased with phenological stages. The BDF was decreased from 2.60 N to 2.13 N, the grape berries skin firmness decreased from 1.60 N to 0.93 N, while berries weight increased from 2.48 g to 2.76 g with harvesting stages. Total soluble solids content and pH values increased with phenological stages. Whereas the total acids were slight changed and reduced from 0.413 to 0.323 % with ripening stages.

The phenological stages has not significant effect on the cutting properties of cane ($P > 0.05$). However, cutting force were found highly correlated with the cane diameter, the significant differences were found among internodes diameter of grape canes at a 5 % probability level. While the maximum cutting force and energy were obtained at IN5 diameter as 600.92 N and 5.05 J, the minimum cutting force and energy were obtained at IN1 diameter as 289 N and 1.52 J, respectively.

Key words: Grape, grape cane, cutting properties, cutting energy, engineering properties

INTRODUCTION

Grape is an important product for the economy of Turkey. Turkey is sixth largest producer of worldwide with an estimated production of 4 million tons in 550.000 ha production area in 2016. It is the biggest exporter of raisin grapes. Each year over 200.000 tons golden coloured raisins is exported all over the world. The grape export is 170.000 ton valued at 133 million \$ (Anonymous, 2016). Turkey will continue to acting an important role in grape production and raisin exportation in the world because of its large number of grape varieties, favorable ecological conditions and large amount of production areas. However, pruning and harvesting of grape berries are mainly performed

by manually and labor intensive. So, production cost is very high and labor efficiency is low in vineyard. Whereas, pruning and harvesting are the most critical operations in the management of the vineyard. To increase production, total costs and labor requirement must be reduced to reasonable level. The reduces of labor and production cost can be accomplished by utilizing a mechanical pruner and grape harvester (Morris,2000; Sessiz et al.2015). So, use of mechanization application should be increased in vineyard.

Also, use of mechanization can help improve grape yield and quality in vineyard. Percentage presence of undamaged grapes and dimensions are an important

quality criteria both table grape and juice industry. Therefore, the economic value of grape mostly depends on the presence of undamaged grape fruits. To reduced harvest and postharvest losses, we need to know some physical, mechanical and ripening properties of each grape cultivar separately. Because, these properties are important parameters for design of a pruner, harvester, sorting and grading machines. Some of these properties include the dimensional size, shape, sphericity, geometric mean diameter, surface area, mass, volume, etc. The knowledge related to shape and physical dimensions are useful in sorting and sizing of fruits and determining how many fruits can place in box or shipping containers. These properties depend on the species, variety, diameter, maturity, moisture content and cellular structure (Persson, 1987; Kabas et al., 2005; Morris, 2000; Sessiz et al., 2013). In addition to physical properties, we have to know some cutting properties of grapes canes for pruning, and we need information related to grape berries detachment force from cluster and some quality criteria such as ripening, skin firmness, soluble solids content, pH, total acidity and maturity index for suitable design of grape harvesters and grape industry. Knowing those properties will be useful industry, academia, research Institutes, consumers, manufacturer of machines and producers of food processing equipment (Nesvadba et al., 2004). Until now, many studies have been conducted related to mechanical and physical properties of agricultural products and biological materials such as fruits, grains and seeds. But, published researches were not found directly cutting properties of grape internodes of canes, and physical, mechanical and ripening properties of grape berry and theirs relations. Romano et al. (2010), determined cutting force for certain vine branches such as Cabernet, Sauvignon and Chardonnay in different regions in Italy, Sessiz et al. (2015) determined cutting properties of some grape varieties in Turkey. Some physical properties of Rasa grape were determined by Khodaei and Akhijahani (2012). Cutting properties of some wine grapes cultivars were determined by Özdemir et al. (2015).

The objective of this study was to determine mechanical properties of grape cane and physical and ripening properties of grape berry and their

relationships. The specific objectives were to:(1) evaluate cutting forces and energy along canes internodes of Boğazkere variety at different phenological stages, (2) development empirical model between berry axial dimensional and other physical properties, (3) to determine the relationship between phenological stages and berry ripening properties.

MATERIAL and METHOD **Vineyard and Samples**

This study was performed with Boğazkere (*Vitis vinifera* L) local grape variety (Figure 1). The tests samples were obtained from an organic commercial vineyard in Diyarbakır province, which is located in the southeastern part of Turkey.



Figure 1. View of vineyard area and Boğazkere grape variety

The grape berry and cane cutting tests were carried out during the different phenological stages of the veraison (30 August), 15 days after veraison (15 September) and harvesting time (30 September) in 2016. Grape canes (Figure 2), which have between five internode, has different diameters. The test samples were randomly harvested by hand from vineyard. Harvested and collected canes which have different internode and grape clusters (Figure 3) were transported to laboratory of Department of Agricultural Machinery and Technologies Engineering,

University of Dicle. All samples were preserved at room temperature until the time of the cutting tests.



Figure 2. Grape canes

This study was conducted in two phases. In the first phase, grape berries length, width, thickness, arithmetic and geometric mean diameter, sphericity, roundness, force detachment (FDF), weight (W), ratio of FDF/W, skin firmness, total soluble solids content, pH, total acidity and maturity index were measured. In the second phase, grapevine cane cutting force, cutting strength, upper yield and cutting energy were determined under compression load. Yabancı ot mücadelesinde, kültürel önlemlerden en önemli yeri tohum temizliği almaktadır. Bunun yanında ekim nöbetini ihmal etmemek gerekir. Ayrıca tarla temizliğine uyulmalı, tarım alet ve makinalarıyla yabancı otların yayılmalarına engel olunmalıdır (Günçan, 2010).

Measurement of Grape Berry Physical and Pomological Properties

To determine the dimensional sizes and physical properties of grape, 25 berries randomly taken from five grape clusters at each phenological stages during the harvest season. The three linear dimensions namely, length, width and thickness were measured by using an electronic micrometer with a reading accuracy within 0.01 mm. The geometric mean diameter, sphericity, roundness, and surface area of individual fruits were calculated using the following equations (Mohsenin 1986; Zare et al., 2012; Sessiz et al., 2013).

$$Da = \frac{(L + W + T)}{3}$$

$$Dg = (LWT)^{1/3}$$

$$\emptyset = \frac{(LWT)^{1/3}}{L} = \frac{Dg}{L}$$

$$Ro = \frac{W}{L} \times 100$$

$$S = \pi D_g^2$$

Where L is the length (mm), W is the width (mm), T is the thickness (mm), Da is arithmetic mean diameter (mm), Dg is geometric mean diameter (mm), \emptyset is sphericity (%), Ro is roundness (%).

Measurement of Mechanical and Pomological Properties of Grape Berries

Berry fruit detachment force (BDF), berry weight (W), and the FDF/W ratio are important mechanical and ripening properties for fruit harvesting (Sessiz and Özcan, 2006; Morris 2007; Putri et al., 2015), and firmness is the resistance of the individual fruit to deformation under applied forces (Renny et al., 2015). Therefore, to determine of these parameters of grape berries were measured at three different phenological stages during the harvest period. Length, width and thickness of grape berries were measured with a micrometer to within 0.01 mm. Grape berries were weighed by means of a digital balance with 0.01g (Figure 3). The maximum berry detachment force from cluster and berry skin firmness were measured in Newton (N) by using a pull digital force gauge (Model FG-20, Lutron Instrument) with stainless steel cone head (Figure 3). The digital force gauge is shown in Figure 3. Some basic important fruit ripening parameters, like Total soluble solids content (TSSC) (by refractometer), pH (by pH meter) and total acidity (by Digital Burette) values were measured (Jha et al., 2006; Morris, 2007; Özdemir et al., 2016).



Figure 3. View of grape cluster, force gauge, micrometer and balance

Measurement of Cane Cutting Properties

Prior to the tests, the grapevine canes were cutted into five different groups (Figure 2). Five internodes of grape canes were named first to fifth from the top toward the bottom. The mechanical properties include the cutting force, cutting strength, upper yield and cutting energy were determined along the canes from

first internode to fifth internode in three phenological stages. Five internodes of grape cane, namely, IN1, IN2, IN3, IN4 and IN5, were studied in this study. The average diameter of cane internodes (between two nodes were considered a internode) were changed from 6.00 mm to 11.00 mm. Each group was determined separately. The average internode diameters were considered as 6.5, 7.5, 8.5, 9.5, 10.5 mm. The ranges of internode diameter of cane (mm) values were converted to cross-section area in mm² (33.16, 44.15, 56.71, 70.84, 86.54 mm²) The cane diameters were measured before the test using a caliper. Testing was completed as rapidly as possible in order to reduce the effects of drying. The initial moisture content of canes were determined according to ASABE standard (ASABE, 2006, Sessiz at al., 2007) by oven-drying 50 g of each sample at 105 °C for 24 h. The average moisture content levels of internode of cane were determined in three phenological stages at 44.48%, 53.04 % and, 55.58% w.b., respectively. Lloyd LRX Plus Materials Testing Machine were used for cutting tests(Figure 4). During the tests, the cane samples were placed on the machine loading table in its flat position. Loading was applied vertical direction. The cutting knife was steel, 50 mm width, 6 mm thickness and the blade angle of 17°. Cutting measurements were performed at 100 mm/min fixed loading speed for all tests.



Figure 4. The Lloyd LRX Plus Materials Testing Machine and cutting blade

The peak cutting strength, obtained from the cutting force findings, was determined by the following equation (Mohsenin, 1986; Beyhan, 1996; İnce at al., 2005; Taghijarah et., 2011; Sessiz et al., 2013):

$$\sigma_s = \frac{F}{A}$$

Where: σ_s is the maximum shearing strength in (MPa), F_{max} is the maximum shearing force in (N) and A is the cross-sectional area in (mm²).

The cutting energy was calculated by measuring the surface area under the force-deformation curve (Georget et al.,2001;Yore et al., 2002; Chen, et al., 2004; İnce at al., 2005; Ekinici et al., 2010; Zareiforush, et al., 2010; Heidar and Chegini, 2011; Alizadeh at al., 2011; Sessiz at al., 2015; Nowakowski, 2016A computer data acquisition system recorded all the force-displacement curves during the cutting process. A typical force- deformation curve for grapevine cane under compression is shown in Figure 5. The first peak corresponds to the yield point at which cane damage was initiated. The second peak corresponds to maximum compressive force. This bioyield point is characterized by the fact that any further compression yields no increase in applied load (Mohsenin, 1986; Lu and Siebenmorgen, 1995; Emadi et ., 2004).

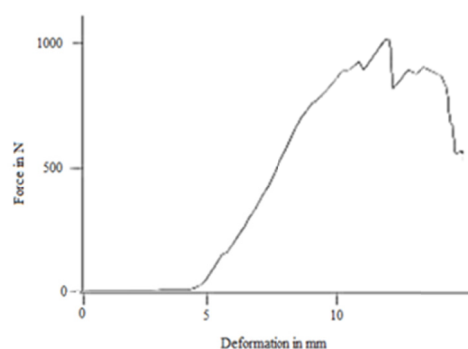


Figure 5. Typical force-deformation curve

Data Analysis

All data were determined using the analysis of variance (ANOVA) method and significant differences of means were compared using the least significant difference test (LSD) at 5% significance levels using the Tukey multiple range tests in JMP software, version 11.All these tests were replicated 15 times and the average values were reported. The relationship between physical properties of grape berries and phenological stages were determined using regression analysis of Microsoft Excel (2010) program.

RESULTS and DISCUSSION

Linear Dimensions and Physical Properties

Average berry dimensions and other physical sizes at three phenological stages are presented in Table 1. The variance analysis of the data indicated that the effect of phenological stages on physical dimensions, namely, length, volume, sphericity and roundness were found significant at 5 % probably, while there were not found significant differences ($p>0.05$) between the phenological stages and other physical properties. In addition, the values of three axial dimensions of grape berries were observed very close to each other. The mean length, width and thickness values were found obtained as 16.64 mm, 15.49 mm, and 15.42 mm, respectively. Although statistical differences were not found between phenological stages and physical properties, except volume, sphericity and roundness, the rest all of other physical properties of berry slightly decreased with the period of maturity time. Also, the arithmetic mean diameter, geometric mean diameter, surface area values were not changed statistically dependent on phenological stages. Nearly, arithmetic and values geometric mean diameters were founded the same. But, it was observed negative relationship between physical properties and phenological stages.

In order to determine relationships between the berries axial dimensional and the other physical

properties, namely, arithmetic mean diameter, geometric mean diameter, surface area, sphericity and roundness, multiple regression equations were derived from the values of three axial dimensions at different phenological stages. Their relationships are given in Table 2. According to the regression equations, A significant and high correlation were found between investigated axial dimensions and the other physical properties values (Table 2). As can be seen from the Table 1 and Table 2, especially, average sphericity and roundness and values for R2 were found very high for three phenological stages. It means that the three axial dimensions are more related to the other physical properties. Because, these parameters were directly derived from the axial dimensions. Due to higher correlation coefficients, this equations can be used for predict the arithmetic mean diameter, geometric mean diameter, surface area, sphericity and roundness of Boğazkere grape variety as a function of axial dimensions and maturity time. These dimensions values and equations can be considered in design of sorting and separating machine and food industry for grape (Sessiz et al., 2015). Similar results were found by Khodaei ve Akhijahani (2012) for Rasa grape variety. Nowakowski (2016) for cutting giant miscanthus stalks depending on grinding process parameters.

Table 1. Axial dimensions and physical properties of Boğazkere grape berries at different phenological stages.

| Properties* | Phenological Stages | | | | |
|--------------------------------|---------------------|------------------------|---------|--------|-------|
| | Veraison | 15 days after Veraison | Harvest | Mean | LSD |
| Length(mm) | 16.97a** | 16.63ab | 16.30b | 16.64 | 0.506 |
| Width(mm) | 15.63 | 15.37 | 15.48 | 15.49 | ns |
| Thickness(mm) | 15.47 | 15.39 | 15.38 | 15.42 | ns |
| Volume (cm ³) | 2.41b | 2.51b | 2.94a | 3.69 | 0.453 |
| Arithmetic Mean dia (mm) | 16.03 | 15.79 | 15.72 | 15.85 | ns |
| Geometric mean dia(mm) | 16.00 | 15.78 | 15,71 | 15.83 | ns |
| Surface Area(mm ²) | 809.23 | 784.63 | 778.39 | 790.75 | ns |
| Sphericity (%) | 0.943b | 0.949b | 0.965a | 0.952 | 0.015 |
| Roundness (%) | 0.921b | 0.925b | 0.970a | 0.938 | 0.015 |

* All data represent the average of three replications with 15 values.

**means followed by the same letter in each column are not significantly different by Tukey's multiple range test at the 5 % level, ns: not significant

Table 2. Regression equations of cutting properties as a function of three axial dimensions

| Parameters* | Regression equation | R2 |
|---------------------------------|---|-------|
| Arithmetic mean diameter (mm) | $Y= 1.78 \times 10^{-15} + 0.333L + 0.333 W + 0.333T$ | 1.00 |
| Geometric mean diameter (mm) | $Y= -0.00717 + 0.3174L + 0.340W + 0.343T$ | 0.999 |
| Surface area (mm ²) | $Y= -797.86 + 31.46 L + 33.77W + 35.14T$ | 0.999 |
| Sphericity (%) | $Y= 0.9557 - 0.0382L + 0.02057W + 0.0204T$ | 0.994 |
| Roundness (%) | $Y= 0.936 - 0.0562 L + 0.0606W + 0.00054T$ | 0.997 |

*L: Length (mm), W: Width (mm), T: Thickness

Grape Berries Mechanical and Ripening Properties

Some mechanical and ripening properties, namely, berries detachment force (BDF) from grape cluster, fruit weights (W), BDF/W ratio and, berries skin firmness and their relationships are shown in Table 3. Negative relationship was observed between detachment force and berries weight. The maximum berries detachment force from grape cluster decrease, while fruit weights increase with phenological stages, and high correlation was observed between the ratio of FDF/W and phenological stages. The ratio of BDF/W decreased with phenological stages and maturity time. The berries detachment force from the grape cluster stalk was decreased from 2.60 N to 2.13 N, while berries weight increased from 2.48 g to 2.76 g depend on phenological stages. As the water content of grape berries increased with maturity, the weight of grape has increased with phenological stages. These values are valuables data for maturity criteria of Boğazkere grape berries. Because, BDF/W ratio is an important parameter of fruits mechanical harvesting. Similar results were observed between skin firmness and phenological stages. The maximum firmness was observed as 1.6 N when the TSS content was 17.27 %. Then the grape skin firmness decreased from 1.60 N to 0.93 N with phenological stages. The situation can be explain that the water content of fruit increased with maturity (Jha et al., 2006). According to these results we can express that there is a high correlation between BDF/W ratio and fruit skin firmness. There were found closely

relationships between ripening and mechanical properties depend on phenological stages for grape berries of Boğazkere variety. Total soluble solids content (17.27-21.93 %) and pH (3.45-3.70) values increased with phenological stages, whereas the total acids were slight changed and reduced from 0.413 to 0.323 % with phenological stages. While the lowest values of TSSC and pH were observed at veraison stage as 17.27 % and 3.45, respectively, the maximum detachment force and grape shell firmness were observed at veraison stage as 2.60 N and 1.60 N, respectively (Table 3 and Table 4). Also, while berries weight increased, TSSC and pH increased, acidity decreased with phenological stages. Similar results were reported by Morris (2007), he found that the mean pH was in range 3.35 to 3.77 and titratable acidity was in the range of 6.44 to 7.31 g·L⁻¹ for veraison stage.

Cutting Properties

The mean tests results of the grape cane cutting properties at different phenological stages and their relationships are given in Table 5. As shown in the Table 5 the phenological stages has not significant effect on the cutting properties of grape canes ($P > 0.05$). However, cutting force and energy slightly increased with phenological stages. The average mean cutting force, cutting strength and cutting energy values were obtained at veraison stage as 419.16 N, 7.40 MPa, 369.89 N and 2.89 J, respectively. The main maximum force was obtained at 15 days after veraison, maximum cutting strength and cutting energy were obtained at harvest season.

Table 3. Main some mechanic properties of Boğazkere berries at different phenological stages

| Phenological Stages | Properties | | | |
|------------------------|----------------------------|--------------|-------------|--------------------|
| | Force detachment (FDF) (N) | Weight (W) g | (FDF/W) N/g | Shell firmness (N) |
| Veraison | 2.60a | 2.48b | 1.048a | 1.60a |
| 15 days after Veraison | 2.44ab | 2.71ab | 0.900a | 1.16b |
| Harvest | 2.13b | 2.76a | 0.771b | 0.93b |
| Mean | 2.39 | 2.65 | 0.906 | 1.23 |
| LSD | 0.362 | 0.230 | 0.138 | 0.21 |

Table 4. Some ripening properties of Boğazkere grape berries (average value) at three phenological stages

| Phenological Stages | Properties | | |
|------------------------|------------|------|------------|
| | TSSC, % | pH | Acidity, % |
| Veraison | 17.27 | 3.45 | 0.413 |
| 15 days after veraison | 19.23 | 3.54 | 0.368 |
| Harvest | 21.93 | 3.70 | 0.323 |

Table 5. The mean cutting properties at three phenological stages

| Phenological Stages | Cutting Force (N) | Cutting strength (Nmm ⁻²) | Cutting energy (Joule) |
|------------------------|-------------------|---------------------------------------|------------------------|
| Veraison | 419.16 | 7.40 | 2.89 |
| 15 days after Veraison | 441.92 | 8.17 | 3.05 |
| Harvest | 428.69 | 7.42 | 3.20 |
| Mean | 429.63 | 7.66 | 3.05 |
| LSD | ns | ns | ns |

*means followed by the same letter in each column are not significantly different by Tukey's multiple range test at the 5 % level.

Table 6. The relationship between average cutting properties and internode diameter

| Internode and diameter | Cutting force (N) | Cutting strength (Nmm ⁻²) | Energy (Joule) |
|------------------------|-------------------|---------------------------------------|----------------|
| IN1 (6,5)** | 289.29c | 8.72a | 1.52a |
| IN2 (7,5) | 398.29b | 8.86a | 2.43b |
| IN3 (8,5) | 423.81b | 7.47ab | 3.10b |
| IN4 (9,5) | 447.43b | 6.31b | 3.27c |
| IN5 (10,5) | 600.92a | 6.94b | 5.05d |
| Mean | 429.63 | 7.66 | 3.05 |
| LSD | 74.97 | 1.34 | 0.67 |

*means followed by the same letter in each column are not significantly different by Tukey's multiple range test at the 5 % level.

The mean cutting properties dependent on diameter of internodes of grape cane are shown in Table 6. The results shown in Table 6 indicate that the cutting force, cutting strength, upper yield and cutting energy increased with increase internode diameter of Boğazkere grape canes. The significant differences were found between all of internodes' diameter of canes at a 5 % probability level. Especially, the canes diameter has a significant influence on cutting force and energy (Ghahraei et al 2011). The shearing energy was obtained closely related to cane diameter. As the diameter increased, energy linearly increased. While the maximum cutting force and energy were obtained at IN5 diameter as 600.92 N and 5.05 J, respectively.

Maximum cutting strength was obtained at IN2 diameter as 8.86 MPa. The minimum cutting force, upper bio-yield and cutting energy were obtained at IN1 diameter as 289 N, 271 N and 1.52 J, respectively. Energy values has varied from 1.52 J to 5.05 J depend on cane diameter. Energy was found higher in the higher internode (IN5). Also, cutting force was found highly correlated with the cane diameter, cutting force linearly increased with increased diameter of cane. The effect of stem diameter on the maximum cutting force and cutting energy is consistent with Chen et al. (2004), who reported that both the cutting energy and maximum

cutting force are directly proportional to the cross-sectional area of hemp stalk. Similar results were found by Sessiz at al., (2013) for the olive sucker and Sessiz et al,(2015) for grape sucker. Esgici et al. (2017) for Şire grape cane. According to Ghahraei et al(2011) cutting energy increase with cross-sectional area of kenaf stems. Heidari and Chegini (2011) studied on shear strength and energy for rose flower.

CONCLUSION

Some physical, mechanical and ripening properties of Boğazkere grape variety and their relationship were determined in order to design of pruning, harvesting, transporting and processing machines. The tests results indicated that the data obtained from the measured values gave the significant correlations between axial dimensions and other physical properties include arithmetic mean diameter, geometric mean diameter, surface area, sphericity and roundness. The mean length, width and thickness values were found as 16.64 mm, 15.49 mm, and 15.42 mm, respectively. Also, the arithmetic mean diameter, geometric mean diameter, surface area values were not changed statistically dependent on phenological stages. Nearly, arithmetic and values geometric mean diameters were founded the same. But, it was observed negative relationship between physical properties and phenological stages.

Negative relationship was observed between the ratio of BDF/W and phenological stages. While berries weights increase with phenological stages, the ratio of BDF/W decreased depending on phenological stages and maturity time. The berries detachment force from the grape cluster was decreased from 2.60 N to 2.13 N, while berries weight increased from 2.48 g to 2.76 depend on phenological stages. The grape berry skin firmness decreased from 1.60 N to 0.93 N with phenological stages. However, there were found closely relationships between ripening and mechanical properties depend on phenological stages for grape berries of Boğazkere variety. Total soluble solids content and pH values increased with phenological

stages, whereas the total acids were slight changed and reduced from 0.413 to 0.323 % with phenological stages.

The phenological stages has not significant effect on the cutting properties end energy of grape canes ($P > 0.05$). However, cutting force and energy were found highly correlated with the diameter. While the maximum cutting force and energy were obtained at IN5 diameter as 600.92 N and 5.05 J, respectively, maximum cutting strength was obtained at IN2 diameter as 8.86 MPa. The minimum cutting force and energy were obtained at IN1 diameter as 289 N and 1.52 J, respectively.

REFERENCES

- Anonymous, 2016. Turkish Statistical Institute Agriculture Databases. <http://www.turkstat.gov.tr/PreTabloArama.do?metod=search&araType=vt>
- ASABE Standards, 2006. S358.2: 1:1 Measurement – Forages. 52nd ed. American Society of Agricultural Engineers, St Joseph MI.
- Alizadeh, M.R., F.R.Ajdadi, A. Dabbaghi, 2011. Cutting energy of rice stem as influenced by internode position and dimensional characteristics of different varieties. *AJCS* 5(6):681-687, ISSN:1835-2707.
- Beyhan, M.A., 1996. Determination of shear strength of hazelnut sucker. *J.Agric.Fac.OMU* 11(3): 167-181.
- Chen Y., Gratton J.L., Liu J. 2004. Power requirements of hemp cutting and conditioning. *Biosystems Engineering*, 87(4), 417–424.
- Georget,D.MR, Smith, A.C, Waldron, K.W. (2001). Effect of ripening on the mechanical properties of Portuguese and Spanish varieties of olive (*Olea europaea* L) *Journal of the Science of Food and Agriculture J Sci Food Agric* 81:448-454.
- Ekinci, K. – Yilmazand, D. – Ertekin, C. 2010. Effects of moisture content and compression positions on mechanical properties of ca–rob pod (*Ceratonia siliqua* L.). In *African Journal of Agricultural Re–search*, vol. 5, 2010, no. 10, pp. 1015–1021.
- Emadi B., Kosse V., Yarlagadda P. 2004. Relationship between mechanical properties of pumpkin and skin thickness. *International Journal of Food Properties*, 8(2), 277-287.
- Esgici, R., Özdemir, G., Pekitkan, F.G., Elicin, A.K., Öztürk, F. and Sessiz, A. 2017. Some engineering properties of the Şire grape (*Vitis Vinifera* L.). *Scientific Papers. Series B, Horticulture. Vol. LXI, Online ISSN 2286-1580, ISSN-L 2285-5653. June 8-10, Bucharest, Romania.*
- Ghahraei O., Ahmad D., Khalina A., Suryanto H.,Othman J. 2011. Cutting tests of kenaf stems. *Transactions of the ASABE*, 54(1), 51-56.
- Heidari A., Chegini G.R. 2011 Determining the shear strength and picking force of rose flower. *Agricultural Engineering. Ejpau* 14(2),13. Available Online: <http://www.ejpau.media.pl/volume14/issue2/art-13.html>
- Hoseinzadeh B., Shirneshan A. 2012. Bending and shearing characteristics of canola stem. *American-Eurasian J. Agric. & Environ.Sci.*, 12 (3), 275-281.
- İnce A., Ugurluay S., Guzel E., Ozcan M.T. 2005. Bending and shearing characteristics of sunflower stalk residue. *Biosystem Engineering*, 92 (2), 175-181.
- Jha, S.N. , Kingsly.,A.R.P. Sangeeta, C. (2006). Physical and mechanical properties of mango during growth and storage for determination of maturity. *Journal of Food Engineering* 72 (2006) 73–76
- Kabas, o., A. Ozmerzi., I. Akinci. Physical properties of cactus pear (*Opuntia ficus india* L.) grown wild in Turkey. *Journal of Food Engineering. Volume 73, Issue 2, March 2006, Pages 198–202*
- Khodaei, J., H.S. Akhijahani.(2012) Some Physical Properties of Rasa Grape (*Vitis vinifera* L.).*World Applied Sciences Journal* 18 (6): 818-825
- Lu, R., Siebenmorgen T. J. (1995). Correlation of head rice yield to selected physical and mechanical properties of rice kernels. *Transactions of the ASAE .VOL. 38(3):889-894*
- Mohsenin, N.N. 1986. *Physical properties of plant and animals materials. 2 nd edition.* New York, NY: Gordon and Breach Science Publishers.
- Morris J.R. 2000. Past, Present, and future of vineyard mechanization. *Proceeding ASEV 50 th Anniv. Ann. Mtg. Seattle, WA, Vol.51, 155-164.*
- Morris, J.R.2007. Development and Commercialization of a Complete Vineyard Mechanization system. *Hort Technology. vol:17(4),411-420*
- Nesvadba N, M.Houska, W.Wolf, V.Gekas, D.Jarvis, P.A.Sadd, A.I. Johns. 2004. Database of physical properties of agro-food materials. *Journal of Food Engineering* 61, 497-503
- Nowakowski, T. (2016). Empirical model of unit energy requirements for cutting giant miscanthus stalks depending on grinding process parameters. *Annals of Warsaw University of Life Sciences – SGGW, Agriculture No 67 (Agricultural and Forest Engineering) 2016: 63–70*
- Özdemir G., Sogut A.B., Pirinccioglu M., Kizil G., Kizil M.,2016. Changes in the phytochemical components in wine grape varieties during the ripening period. *Scientific Papers B, Horticulture Vol. LX, 85-93.*
- Özdemir, G., Sessiz, A., Esgici, R., Elicin, A. K., 2015. Cutting properties of wine grape cultivars. *Scientific Papers. Series B, Horticulture. Vol. LIX, 2015. Print ISSN 2285-5653, CD-ROM ISSN 2285-5661, Online ISSN 2286-1580, ISSN-L 2285-5653*

- Persson, S. 1987. Mechanics of cutting plant material. ASAE Publications, St Joseph, MI, USA
- Romano E., Bonsignore R., Camillieri D., Caruso L., Conti A., Schillaci G. 2010. Evaluation of hand forces during manual vine branches cutting. International Conference Ragusa SHWA, September 16-18, 2010 Ragusa Ibla Campus- Italy. Work Safety and Risk Prevention in Agro-food and Forest Systems.
- Putri, R.E., Yahya, A., Adam, N.M., Aziz, Samsuzana, A.A. (2015). Correlation of Moisture Content to Selected Mechanical Properties of Rice Grain samples. (2015). International Journal on Advanced Science Engineering Information Technology. Vol.5, ISSN:2088-5334
- Renny E.P., Yahya A., Adam N.M., Aziz, Samsuzana, A.A.,2015. Correlation of moisture content to selected mechanical properties of rice grain samples. (2015). International Journal on Advanced Science Engineering Information Technology. Vol.5, ISSN:2088-5334
- Sessiz, A., M.T. Özcan .2006. Olive removal with Pneumatic branch shaker and abscission chemical .Journal of Food Engineering, Volume: 76 Issue: 2 Pages: 148-153. Elsevier, London.
- Sessiz. A. , R. Esgici and S. Kızıl. 2007. Moisture-dependent physical Pproperties of caper (Capparis Ssp) Fruit. Journal Of Food Engineering”, 79,1426-1431. Elsevier, London.
- Sessiz, A., A.K. Elicin, R. Esgici,G. Ozdemir,L. Nozdrovický. 2013. Cutting Properties of Olive Sucker. Acta Technologica Agriculturae. The Scientific Journal for Agricultural Engineering, The Journal of Slovak University of Agriculture in Nitra. Vol: 16(3), 80–84.
- Sessiz, A. R. Esgici, G. Özdemir, A.K. Eliçin, F.G.Pekitkan. 2015. Cutting properties of different grape varieties, Agriculture & Forestry, Vol. 61. Issue 1: 211-216, 2015, DOI: 10.17707 /AgricuiltForest. 61.1.27 Podgorica
- Taghijarah, T., H. Ahmadi., M. Ghahderijani., M.Tavakoli 2011. Shearing characteristics of sugar cane (Saccharum officinarum L.) stalks as a function of the rate of the applied force. AJCS 5(6), 630-634.
- Yore,M.W, Jenkins, B.M, Summers, M.D.(2002) Cutting Properties of Rice Straw Paper Number: 026154.ASAE Annual International Meeting / CIGR XVth World Congress
- Zare, D., Salmanizade, F., H. Safiyari (2012). Some Physical and mechanical properties of Russian olive fruit. World Academi of Science, Engineering and Technology. International Journal and biological, Biomolecular, Agricultural, Food and Biotechnologicval Enginerring. Vol:6(9), 668-671.
- Zareiforush H., Mohtasebi S.S., Tavakoli H., Alizadeh M.R. 2010. Effect of loading rate on mechanical properties of rice (Oryza sativa L.) straw. Australian Journal of Crop Science, 4(3), 190–195.

Türkiye Tarımında Traktör Kullanımı (2010)

Hakkı Ünal EVCİM¹, Gülden ÖZGÜNALTAY ERTUĞRUL²

¹Ege Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarım Makinaları ve Teknolojileri Mühendisliği Bölümü, İzmir

²Ahi Evran Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Biyosistem Mühendisliği Bölümü, Kırşehir

Sorumlu yazar: unalevcim@turktraktor.com.tr

Received (Geliş Tarihi): 13.02.2017

Accepted (Kabul Tarihi): 11.04.2017

Özet: Traktörler tarımsal üretim işlemlerinde temel güç kaynağı olarak kullanılan, fonksiyonel araçlardır. Bitkisel ve hayvansal üretim faaliyetlerinin büyük çoğunluğu traktörlere bağlanarak çekilen ve/veya çalıştırılan alet ve makinalar (ekipman) ile gerçekleştirilmektedir. Tarım traktörlerinin kullanımına ilişkin sahadan derlenen veriler, mevcut traktör tasarımlarının geliştirilmesinin ötesinde, işletme, havza, bölge ve ülke düzeylerindeki mekanizasyon planlaması çalışmalarının temelini oluşturur. "Yıllık Kullanım Süresi" bu anlamda en önemli, temel veri niteliğindedir. Bu araştırmada, Türkiye tarımında kullanılmakta olan traktörlerin yıllık kullanım sürelerinin ülke geneli, iller, tarım havzaları ve ayrıca traktör güç grupları itibarıyla belirlenmesi amaçlanmıştır. Bunun için 2010 yılında, iki yıllık garanti süresi sonunda, yani satın alındıktan 23 ila 26 ay sonra, "Büyük Bakım" amacıyla, yurt geneline yayılı New Holland Yetkili Servislerine getirilmiş olan 19 bin 396 adet traktöre (Örnek Popülasyon) ait "Odometre" değerlerini içeren bir veri tabanı oluşturulmuş ve IBM SPSS yazılımıyla analizler gerçekleştirilmiştir. Örnek popülasyondaki traktörlerin yıllık kullanım süresi ortalaması 443 saat'tir. Küçük istisnalar dışında, traktörlerin motor güçleri arttıkça kullanım süreleri de artmaktadır. 50, 55 ve 65 HP traktörler yılda yaklaşık 400 saat süreyle kullanılırken, bu değer 65 HP traktörler için 464 saat'e, 75 HP ve üstü traktörler için ise 500 saat'in üstüne çıkmaktadır. 85 HP modeller 548 saat ortalama ile en uzun süre kullanılan traktörler olarak ortaya çıkmakta, bunları küçük bir farkla 95 HP traktörler izlemektedir. Yıllık kullanım süreleri toplam 71 il'in 29'unda ülke ortalamasına yakın seviyelerde (400-499 saat), 19 il'de ülke ortalamasının üstünde (500< saat), 23 il'de de ülke ortalamasının altındadır (<400 saat). Yıllık kullanım sürelerinin Tarım Havzaları itibarıyla dağılımı, iller bazında dağılıma göre çok daha tek düzedir. Toplam 17 havzada kullanım sürelerinin ülke ortalaması (443 saat/yıl) dolayında olması, bu havzaların çoğunda tarımsal üretim faaliyetleri ve işletme yapılarının benzer özellikler taşıdığını göstermektedir.

Anahtar kelimeler: Tarım, traktör, yıllık kullanım süresi

Tractor Usage in Turkish Agriculture (2010)

Abstract: Tractors are primary source of energy in agricultural production due to their multifunctional abilities. The vast majority of plant and animal production activities are carried out with tools and machines (equipment) drawn and/or operated by tractors. More than the development of existing tractor designs, the data gathered from the field on the use of agricultural tractors is the base of the mechanization planning on businesses, basins, regions and countries. "Annual Use Time" is the most important, basic data quality in this sense. In this study, it was aimed to determine the averages of the Annual Use Times (AUT) of tractors in countrywide, cities and agricultural basins by considering power groups. As of 2010, the odometer values of the tractors that guarantee periods were over and brought to authorized services of New Holland for maintenance-repair in the period of 23-26 months after the purchase sample population consisting of 19 396 tractors (sample population) are gathered to create a data base and evaluated in IBM SPSS. Average AUT of the sample is 443 hours. Except for small exceptions, as the tractor's engine power increases, the AUT also increases. While 50, 55 and 65 HP tractors are used for about 400 hours per year, this value goes up to 464 hours for 65 HP tractors and over 500 hours for 75 HP. 85 HP models are the longest used tractors with an average of 548 hours, followed by 95 HP tractors with a small difference. The AUT are above the national average in 19 provinces (500<h) and below in 23 provinces (<400 h) in 29 of the 71 provinces near the country average (400-499 hours). The distribution of AUT by basins is much more uniform than distribution by cities. The fact that the average AUT of 17 of the 30 basins are around 443 hours indicates that in most of these basins agricultural companies and their operations have similar characteristics.

Key words: Agriculture, tractor, annual use time

GİRİŞ

Tarımda sürdürülebilirliğin sağlanması, önemli ölçüde geliştirilen ve uygulanan tarımsal politikalara bağlıdır. Bu politikaların Ülke tarımına uygulanabilmesi için devletin ilgili birimlerinin seçtiği hedefler ve bu hedeflere ulaşmada ki kararlılığı önemli rol oynamaktadır (Rijk, A. G., 2012). Bu bağlamda, Ülkemizde tarım alanlarının havzalar halinde düzenlenerek, tarımsal üretimin uygun ekolojilerde gerçekleştirilmesi için belirlenen tarım havzalarında tarımsal faaliyetlerin bütünleşmiş bir şekilde yürütülmesi, desteklenmesi, örgütlenmesi, ihtisaslaşması ve tarım envanterinin hazırlanması ile ilgili usul ve esaslar 7 Eylül 2010 tarihinde Resmi Gazetede yayınlanmıştır (T.C. Gıda, Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı, 2010). Tarımsal mekanizasyonda karlılık büyük oranda traktör, makine ve ekipmanların yıllık kullanım sürelerine bağlıdır (Lönnemark, 1967). Türkiye gibi küçük tarımsal işletmelerin yaygın olduğu ülkelerde doğru güçte traktör seçimi ve seçilen traktörün kapasitesine uygun kullanımı sağlanmadığı takdirde istenen ekonomik etkiden uzaklaşmaktadır (Paman et. al., 2010, Özgüven ve ark. 2010). Uluslararası standartlarda ortalama traktör ömrü 2000 yılı sonrası için 12 bin saat olarak belirlenmiş olup, Türkiye’de ortalama yıllık kullanım süresine bağlı olarak maksimum traktör ömrününün 24-25 yıl olduğunu tahmin edilebilmektedir (ASAE,2000, Evcim ve ark., 2010, Zorn, 2015). Türkiye’de 1 300 000’in üzerinde traktöre sahip olan traktör parkının yarısından fazlası ekonomik ömrünü doldurmuş yaşlı traktörlerdir (Evcim, 2008a, Evcim, 2008b). Ekonomik ömrünü doldurmuş traktörle çalışmak, yakıt ve yaş maliyetinin yanı sıra bakım-onarım masraflarında da büyük artışlara yol açmakta, ayrıca tarımsal faaliyetlerde ürün verimi ve kalitesi için

büyük önem taşıyan iş ve zaman kayıplarına neden olmakta, aynı zamanda kaza riskini de artırmaktadır (TARMAKBİR, 2017, Özgünaltay Ertuğrul, 2016). Bu bağlamda tarım traktörlerinin kullanımına ilişkin sahadan derlenmiş bilgiler **“Yıllık Kullanım Süreleri”** mevcut tasarımların geliştirilmesi, ayrıca işletme, havza, bölge ve ülke düzeyindeki traktör ihtiyacının belirlenmesi ve mekanizasyon planlaması faaliyetlerinin temelini oluşturmaktadır. Bu çalışmada ülkemiz tarımında traktörlerin **“Yıllık Kullanım Süreleri”** nin motor güçleri itibariyle, ülke geneli, iller ve tarım havzaları ortalamaları itibariyle belirlenmesi amaçlanmaktadır.

MATERYAL ve YÖNTEM

Çalışma için ihtiyaç duyulan veriler bakım-onarım amacıyla New-Holland Yetkili Servislerine getirilen traktörlere ilişkin kayıtlardan derlenmiş ve bu kayıtlardaki **“Zaman Sayacı-Odometre”** değerleri traktörlerin satın alındıkları tarihle servise getirildikleri tarih arasında geçen zamana oranlanmak suretiyle **“Yıllık Kullanım Süreleri”** hesaplanmıştır. Araştırmanın ilk aşaması için, 2010 yılı itibariyle, satın alındıktan 23 ila 26 ay sonra servise getirilen traktörler esas alınmış ve bunlara ilişkin kayıtlardan IBM SPSS yazılımıyla yapılacak analizlere uygun veri tabanı oluşturulmuştur. Bu bağlamda, olası sayısal kayıt hatalarına karşı 10 000 saat ve fazlası odometre değerlerine sahip olan kayıtlar elendikten sonra, ülke genelinde **toplam 19 396 Adet traktörden oluşan bir örnek popülasyon** elde edilmiştir. Öngörülen analizler motor güçleri, iller ve tarım havzaları itibariyle dağılımları aşağıdaki Çizelge 1, 2 ve 3’te verilen bu örnek traktör popülasyonu üzerinde gerçekleştirilmiştir.

Çizelge 1. Örnek Traktör Popülasyonunun Motor Güçleri İtibariyle Dağılımı

Table 1. Distribution of Sample Tractor Population by Engine Power

| Motor Gücü (HP) | Traktör Sayısı (Adet) | Traktör Sayısı (%) | Geçerli Örnek (%) | Birikimli Örnek (%) |
|-----------------|-----------------------|--------------------|-------------------|---------------------|
| 50 | 4082 | 21,0 | 21,0 | 21,0 |
| 55 | 6336 | 32,7 | 32,7 | 53,7 |
| 60 | 385 | 2,0 | 2,0 | 55,7 |
| 65 | 5236 | 27,0 | 27,0 | 82,7 |
| 75 | 1428 | 7,4 | 7,4 | 90,1 |
| 85 | 1454 | 7,5 | 7,5 | 97,6 |
| 95 | 475 | 2,4 | 2,4 | 100,0 |
| Toplam | 19396 | 100,0 | 100,0 | |

Çizelge 2. Örnek Traktör Popülasyonunun İller İtibariyle Dağılımı

Table 2. Distribution of Sample Tractor Population by Provinces

| İller | Traktör Sayısı Adet | Traktör Sayısı % | Geçerli Örnek % | Birikimli Örnek % |
|------------|---------------------|------------------|-----------------|-------------------|
| ADANA | 397 | 2,0 | 2,0 | 2,0 |
| ADİYAMAN | 318 | 1,6 | 1,6 | 3,7 |
| AFYON | 583 | 3,0 | 3,0 | 6,7 |
| AĞRI | 216 | 1,1 | 1,1 | 7,8 |
| AKSARAY | 115 | 0,6 | 0,6 | 8,4 |
| AMASYA | 116 | 0,6 | 0,6 | 9,0 |
| ANKARA | 948 | 4,9 | 4,9 | 13,9 |
| ANTALYA | 391 | 2,0 | 2,0 | 15,9 |
| ARDAHAN | 136 | 0,7 | 0,7 | 16,6 |
| AYDIN | 307 | 1,6 | 1,6 | 18,2 |
| BALIKESİR | 752 | 3,9 | 3,9 | 22,1 |
| BARTIN | 28 | 0,1 | 0,1 | 22,2 |
| BATMAN | 349 | 1,8 | 1,8 | 24,0 |
| BİLECİK | 74 | 0,4 | 0,4 | 24,4 |
| BİTLİS | 28 | 0,1 | 0,1 | 24,5 |
| BOLU | 322 | 1,7 | 1,7 | 26,2 |
| BURDUR | 249 | 1,3 | 1,3 | 27,5 |
| BURSA | 1040 | 5,4 | 5,4 | 32,8 |
| ÇANAKKALE | 353 | 1,8 | 1,8 | 34,7 |
| ÇANKIRI | 321 | 1,7 | 1,7 | 36,3 |
| ÇORUM | 336 | 1,7 | 1,7 | 38,0 |
| DENİZLİ | 192 | 1,0 | 1,0 | 39,0 |
| DİYARBAKIR | 227 | 1,2 | 1,2 | 40,2 |
| EDİRNE | 107 | 0,6 | 0,6 | 40,8 |
| ELAZIĞ | 44 | 0,2 | 0,2 | 41,0 |
| ERZİNCAN | 16 | 0,1 | 0,1 | 41,1 |
| ERZURUM | 64 | 0,3 | 0,3 | 41,4 |
| ESKİŞEHİR | 169 | 0,9 | 0,9 | 42,3 |
| G.ANTEP | 932 | 4,8 | 4,8 | 47,1 |
| GİRESUN | 53 | 0,3 | 0,3 | 47,3 |
| GÜMÜŞHANE | 15 | 0,1 | 0,1 | 47,4 |

Çizelge 2. Örnek Traktör Popülasyonunun İller İtibariyle Dağılımı (devamı)

Table 2. Distribution of Sample Tractor Population by Provinces (continued)

| İller | Traktör Sayısı Adet | Traktör Sayısı % | Geçerli Örnek % | Birikimli Örnek % |
|------------|---------------------|------------------|-----------------|-------------------|
| HATAY | 200 | 1,0 | 1,0 | 48,5 |
| İĞDIR | 70 | 0,4 | 0,4 | 48,8 |
| ISPARTA | 100 | 0,5 | 0,5 | 49,3 |
| İSTANBUL | 9 | 0,0 | ,0 | 49,4 |
| İZMİR | 1053 | 5,4 | 5,4 | 54,8 |
| K.MARAŞ | 137 | 0,7 | 0,7 | 55,5 |
| KARABÜK | 16 | 0,1 | 0,1 | 55,6 |
| KARAMAN | 66 | 0,3 | 0,3 | 55,9 |
| KARS | 287 | 1,5 | 1,5 | 57,4 |
| KASTAMONU | 290 | 1,5 | 1,5 | 58,9 |
| KAYSERİ | 218 | 1,1 | 1,1 | 60,0 |
| KİLİS | 14 | 0,1 | 0,1 | 60,1 |
| KIRIKKALE | 70 | 0,4 | 0,4 | 60,5 |
| KIRKLARELİ | 18 | 0,1 | 0,1 | 60,6 |
| KIRŞEHİR | 22 | 0,1 | 0,1 | 60,7 |
| KOCAELİ | 184 | 0,9 | 0,9 | 61,6 |
| KONYA | 365 | 1,9 | 1,9 | 63,5 |
| KÜTAHYA | 200 | 1,0 | 1,0 | 64,5 |
| MALATYA | 174 | 0,9 | 0,9 | 65,4 |
| MANİSA | 1603 | 8,3 | 8,3 | 73,7 |
| MARDİN | 190 | 1,0 | 1,0 | 74,7 |
| MERSİN | 100 | 0,5 | 0,5 | 75,2 |
| MUĞLA | 88 | 0,5 | 0,5 | 75,6 |
| MUŞ | 51 | 0,3 | 0,3 | 75,9 |
| NEVŞEHİR | 9 | 0,0 | 0,0 | 76,0 |
| ORDU | 16 | 0,1 | 0,1 | 76,0 |
| OSMANİYE | 264 | 1,4 | 1,4 | 77,4 |
| SAKARYA | 656 | 3,4 | 3,4 | 80,8 |
| SAMSUN | 141 | 0,7 | 0,7 | 81,5 |
| SİİRT | 200 | 1,0 | 1,0 | 82,5 |

Çizelge 2. Örnek Traktör Popülasyonunun İller İtibariyle Dağılımı (devamı)

Table 2. Distribution of Sample Tractor Population by Provinces (continued)

| İller | Traktör Sayısı Adet | Traktör Sayısı % | Geçerli Örnek % | Birikimli Örnek % |
|---------------|---------------------|------------------|-----------------|-------------------|
| SİNOP | 336 | 1,7 | 1,7 | 84,3 |
| SİVAS | 286 | 1,5 | 1,5 | 85,7 |
| Ş.URFA | 858 | 4,4 | 4,4 | 90,2 |
| ŞIRNAK | 249 | 1,3 | 1,3 | 91,5 |
| TEKİRDAĞ | 41 | 0,2 | 0,2 | 91,7 |
| TOKAT | 558 | 2,9 | 2,9 | 94,5 |
| UŞAK | 288 | 1,5 | 1,5 | 96,0 |
| VAN | 12 | 0,1 | 0,1 | 96,1 |
| YALOVA | 662 | 3,4 | 3,4 | 99,5 |
| YOZGAT | 97 | 0,5 | 0,5 | 100,0 |
| Toplam | 19396 | 100,0 | 100,0 | |

Çizelge 3. Örnek Traktör Popülasyonunun Tarım Havzaları İtibariyle Dağılımı

Table 3. Distribution of Sample Tractor Population by Agriculture Basin

| Tarım Havzası No | Traktör Sayısı Adet | Traktör Sayısı % | Geçerli Örnek % | Birikimli Örnek % |
|------------------|---------------------|------------------|-----------------|-------------------|
| 1 | 2047 | 10,6 | 10,6 | 10,6 |
| 2 | 430 | 2,2 | 2,2 | 12,8 |
| 3 | 716 | 3,7 | 3,7 | 16,5 |
| 5 | 518 | 2,7 | 2,7 | 19,1 |
| 6 | 114 | 0,6 | 0,6 | 19,7 |
| 7 | 147 | 0,8 | 0,8 | 20,5 |
| 8 | 351 | 1,8 | 1,8 | 22,3 |
| 9 | 13 | 0,1 | 0,1 | 22,4 |
| 10 | 121 | 0,6 | 0,6 | 23,0 |
| 11 | 1380 | 7,1 | 7,1 | 30,1 |
| 12 | 174 | 0,9 | 0,9 | 31,0 |
| 13 | 194 | 1,0 | 1,0 | 32,0 |
| 14 | 964 | 5,0 | 5,0 | 37,0 |
| 15 | 1458 | 7,5 | 7,5 | 44,5 |
| 16 | 1506 | 7,8 | 7,8 | 52,2 |
| 17 | 86 | 0,4 | 0,4 | 52,7 |

Çizelge 3. Örnek Traktör Popülasyonunun Tarım Havzaları İtibariyle Dağılımı (devamı)

Table 3. Distribution of Sample Tractor Population by Agriculture Basin (continued)

| Tarım Havzası No | Traktör Sayısı Adet | Traktör Sayısı % | Geçerli Örnek % | Birikimli Örnek % |
|------------------|---------------------|------------------|-----------------|-------------------|
| 18 | 1515 | 7,8 | 7,8 | 60,5 |
| 19 | 48 | 0,2 | 0,2 | 60,7 |
| 20 | 1039 | 5,4 | 5,4 | 66,1 |
| 21 | 12 | 0,1 | 0,1 | 66,2 |
| 22 | 1197 | 6,2 | 6,2 | 72,3 |
| 23 | 803 | 4,1 | 4,1 | 76,5 |
| 24 | 515 | 2,7 | 2,7 | 79,1 |
| 25 | 1081 | 5,6 | 5,6 | 84,7 |
| 26 | 207 | 1,1 | 1,1 | 85,8 |
| 27 | 735 | 3,8 | 3,8 | 89,6 |
| 28 | 1288 | 6,6 | 6,6 | 96,2 |
| 29 | 358 | 1,8 | 1,8 | 98,0 |
| 30 | 379 | 2,0 | 2,0 | 100,0 |
| Toplam | 19396 | 100,0 | 100,0 | |

SONUÇ

Örnek popülasyondaki traktörlerin yıllık kullanım süreleri ortalaması **443 saat**'tir. Küçük istisnalar dışında, genel olarak traktörlerin motor gücü arttıkça yıllık kullanım sürelerinin de arttığı görülmektedir (Çizelge 4). 50, 55 ve 60 HP modeller yılda yaklaşık 400 saat süreyle kullanılırken, bu değer 65 HP modeller için 464 saat'e, 75 ve üstü modeller için ise 500 saat'in üstüne çıkmaktadır. 85 HP modeller 548 saat ortalama ile en uzun süre kullanılan traktörler olarak öne çıkmakta, bunları küçük bir farkla 95 HP traktörler izlemektedir.

İllerdeki örnek traktör popülasyonuna dahil traktörlerin Yıllık Kullanım Süreleri ortalamaları Çizelge 5'te görüldüğü gibidir. İller itibariyle Yıllık Kullanım Süreleri toplam 71 ilin 29'unda ülke ortalamasına yakın seviyelerde (400-499 Saat), 19 il'de ülke ortalamasının üstünde (500< Saat), 23 il'de de ülke ortalamasının altındadır (<400 Saat).

Çizelge 4. Motor Güçleri İtibariyle Yıllık Kullanım Süreleri

Table 4. Annual Use Times According to Engine Power

| Güç HP | Ortalama Saat | Minimum Saat | Maksimum Saat | Örn. Say. Adet | Örn.Payı % |
|--------------|---------------|--------------|---------------|----------------|------------|
| 50 | 407,36 | 19,34 | 5871,51 | 4082 | 19,33 |
| 55 | 403,40 | 25,60 | 7724,18 | 6336 | 29,72 |
| 60 | 387,54 | 53,08 | 1499,43 | 385 | 1,73 |
| 65 | 463,77 | 25,49 | 4043,20 | 5236 | 28,24 |
| 75 | 526,09 | 44,82 | 4565,80 | 1428 | 8,74 |
| 85 | 548,03 | 47,48 | 6501,00 | 1454 | 9,27 |
| 95 | 538,57 | 151,00 | 1441,80 | 475 | 2,97 |
| Genel | 443,40 | 19,34 | 7724,18 | 19396 | 100 |

Çizelge 5. İller İtibariyle Yıllık Kullanım Süreleri

Table 5. Annual Use Times for Provinces

| İLLER | Ortalama Saat | Minimum Saat | Maksimum Saat | Örnek Say. Adet | Örnek Payı % |
|-----------|---------------|--------------|---------------|-----------------|--------------|
| ADANA | 636,59 | 53,08 | 4043,20 | 397 | 2,94 |
| ADYAMAN | 537,44 | 173,81 | 1260,16 | 318 | 1,99 |
| AFYON | 425,53 | 87,68 | 2567,57 | 583 | 2,88 |
| AĞRI | 453,06 | 133,21 | 913,50 | 216 | 1,14 |
| AKSARAY | 469,83 | 134,11 | 1069,65 | 115 | 0,63 |
| AMASYA | 350,32 | 129,84 | 972,65 | 116 | 0,47 |
| ANKARA | 475,37 | 25,60 | 2544,65 | 948 | 5,24 |
| ANTALYA | 468,25 | 33,33 | 1438,38 | 391 | 2,13 |
| ARDAHAN | 377,82 | 104,89 | 2527,12 | 136 | 0,60 |
| AYDIN | 472,57 | 104,14 | 1114,85 | 307 | 1,69 |
| BALIKESİR | 415,31 | 111,85 | 2901,41 | 752 | 3,63 |
| BARTIN | 403,61 | 134,31 | 749,00 | 28 | 0,13 |
| BATMAN | 574,67 | 256,93 | 4565,80 | 349 | 2,33 |
| BİLECİK | 356,88 | 80,33 | 627,72 | 74 | 0,31 |
| BİTLİS | 530,97 | 129,00 | 1064,83 | 28 | 0,17 |

| Sınıflar: | 100-199 Saat | 200-299 Saat | 300-399 Saat | 400-499 Saat | 500-599 Saat | 600-699 Saat | 700-... Saat |
|-----------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
|-----------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|

*Yıllık Kullanım Sürelerine göre hazırlanmış renk göstergesidir.

Çizelge 5. İller İtibariyle Yıllık Kullanım Süreleri (devamı)
Table 5. Annual Use Times for Provinces (continued)

| İLLER | Ortalama Saat | Minimum Saat | Maksimum Saat | Örnek Say. Adet | Örnek Payı % |
|------------|---------------|--------------|---------------|-----------------|--------------|
| BOLU | 391,38 | 39,55 | 1261,15 | 322 | 1,47 |
| BURDUR | 339,33 | 49,91 | 1067,93 | 249 | 0,98 |
| BURSA | 360,49 | 26,68 | 1831,49 | 1040 | 4,36 |
| ÇANAĞKALE | 409,40 | 100,14 | 856,17 | 353 | 1,68 |
| ÇANKIRI | 366,22 | 52,72 | 900,00 | 321 | 1,37 |
| ÇORUM | 342,51 | 37,76 | 1081,98 | 336 | 1,34 |
| DENİZLİ | 416,16 | 79,22 | 1380,58 | 192 | 0,93 |
| DİYARBAKIR | 520,45 | 176,12 | 1236,29 | 227 | 1,37 |
| EDİRNE | 492,85 | 117,71 | 1105,23 | 107 | 0,61 |
| ELAZIĞ | 493,00 | 224,65 | 814,88 | 44 | 0,25 |
| ERZİNCAN | 538,16 | 316,60 | 906,00 | 16 | 0,10 |
| ERZURUM | 392,15 | 112,11 | 761,79 | 64 | 0,29 |
| ESKİŞEHİR | 404,09 | 26,30 | 1051,52 | 169 | 0,79 |
| G.ANTEP | 427,86 | 108,34 | 5871,51 | 932 | 4,64 |
| GİRESUN | 357,18 | 170,00 | 768,10 | 53 | 0,22 |
| GÜMÜŞHANE | 372,93 | 140,00 | 1016,14 | 15 | 0,07 |
| HATAY | 555,79 | 102,53 | 1441,80 | 200 | 1,29 |
| IĞDIR | 504,13 | 304,17 | 906,66 | 70 | 0,41 |
| ISPARTA | 424,12 | 19,34 | 1191,21 | 100 | 0,49 |
| İSTANBUL | 598,90 | 25,49 | 3316,00 | 9 | 0,06 |
| İZMİR | 474,41 | 26,18 | 4976,13 | 1053 | 5,81 |
| K.MARAŞ | 587,36 | 67,59 | 1201,65 | 137 | 0,94 |
| KARABÜK | 293,13 | 126,85 | 604,08 | 16 | 0,05 |

| Sınıflar: | 100-199 Saat | 200-299 Saat | 300-399 Saat | 400-499 Saat | 500-599 Saat | 600-699 Saat | 700-... Saat |
|-----------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
|-----------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|

*Yıllık Kullanım Sürelerine göre hazırlanmış renk göstergesidir.

Çizelge 5. İller İtibariyle Yıllık Kullanım Süreleri (devamı)
 Table 5. Annual Use Times for Provinces (continued)

| İLLER | Ortalama Saat | Minimum Saat | Maksimum Saat | Örnek Say. Adet | Örnek Payı % |
|------------|---------------|--------------|---------------|-----------------|--------------|
| KARAMAN | 540,16 | 306,72 | 1081,96 | 66 | 0,41 |
| KARS | 431,87 | 127,70 | 904,96 | 287 | 1,44 |
| KASTAMONU | 297,46 | 50,40 | 1257,74 | 290 | 1,00 |
| KAYSERİ | 395,66 | 80,00 | 1317,79 | 218 | 1,00 |
| KİLİS | 375,28 | 285,96 | 556,94 | 14 | 0,06 |
| KIRIKKALE | 403,81 | 195,71 | 990,50 | 70 | 0,33 |
| KIRKLARELİ | 468,76 | 176,45 | 1093,50 | 18 | 0,10 |
| KIRŞEHİR | 493,81 | 204,21 | 715,34 | 22 | 0,13 |
| KOCAELİ | 375,33 | 26,15 | 740,49 | 184 | 0,80 |
| KONYA | 492,24 | 47,48 | 1751,26 | 365 | 2,09 |
| KÜTAHYA | 368,24 | 75,21 | 1001,37 | 200 | 0,86 |
| MALATYA | 428,93 | 139,15 | 953,69 | 174 | 0,87 |
| MANİSA | 449,93 | 29,22 | 1312,34 | 1603 | 8,39 |
| MARDİN | 675,77 | 205,34 | 4655,05 | 190 | 1,49 |
| MERSİN | 446,30 | 106,73 | 1350,00 | 100 | 0,52 |
| MUĞLA | 388,07 | 54,50 | 1499,43 | 88 | 0,40 |
| MUŞ | 490,68 | 271,08 | 776,06 | 51 | 0,29 |
| NEVŞEHİR | 486,15 | 357,01 | 626,23 | 9 | 0,05 |
| ORDU | 571,05 | 145,70 | 1086,37 | 16 | 0,11 |
| OSMANİYE | 519,80 | 134,73 | 1499,36 | 264 | 1,60 |
| SAKARYA | 362,33 | 26,96 | 1189,60 | 656 | 2,76 |
| SAMSUN | 337,41 | 132,54 | 872,94 | 141 | 0,55 |
| SİİRT | 523,22 | 212,42 | 1100,00 | 200 | 1,22 |

| Sınıflar: | 100-199 Saat | 200-299 Saat | 300-399 Saat | 400-499 Saat | 500-599 Saat | 600-699 Saat | 700-... Saat |
|-----------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
|-----------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|

*Yıllık Kullanım Sürelerine göre hazırlanmış renk göstergesidir.

Çizelge 5. İller İtibariyle Yıllık Kullanım Süreleri (devamı)

Table 5. Annual Use Times for Provinces (continued)

| İLLER | Ortalama Saat | Minimum Saat | Maksimum Saat | Örnek Say. Adet | Örnek Payı % |
|----------|---------------|--------------|---------------|-----------------|--------------|
| SİNOP | 725,31 | 208,36 | 1716,06 | 336 | 2,83 |
| SİVAS | 444,59 | 90,37 | 900,00 | 286 | 1,48 |
| Ş.URFA | 427,44 | 32,86 | 1977,50 | 858 | 4,26 |
| ŞIRNAK | 729,17 | 242,46 | 7724,18 | 249 | 2,11 |
| TEKİRDAĞ | 529,32 | 205,85 | 1082,63 | 41 | 0,25 |
| TOKAT | 373,70 | 97,77 | 3012,00 | 558 | 2,42 |
| UŞAK | 392,38 | 21,26 | 1075,00 | 288 | 1,31 |
| VAN | 430,42 | 245,38 | 785,00 | 12 | 0,06 |
| YALOVA | 315,13 | 31,24 | 947,09 | 662 | 2,43 |
| YOZGAT | 502,81 | 51,34 | 1491,69 | 97 | 0,57 |
| Total | 443,40 | 19,34 | 7724,18 | 19396 | 100,00 |

| Sınıflar: | 100-199 Saat | 200-299 Saat | 300-399 Saat | 400-499 Saat | 500-599 Saat | 600-699 Saat | 700-... Saat |
|-----------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
|-----------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|

* Yıllık Kullanım Sürelerine göre hazırlanmış renk göstergesidir.

Ülke ortalamasının üstünde kullanıma sahip 19 il içinde beklendiği üzere yoğun tarımın egemen olduğu Adana, Hatay, Tekirdağ gibi iller ile büyük ölçekli işletmelerin bulunduğu Batman, Diyarbakır, Mardin gibi iller yer almaktadır. Bunların yanı sıra yüksek kullanım sürelerinin tarımsal üretim yoğunluğu ve/veya büyük işletme ölçeği ile açıklanması zor olan Şırnak ve Sinop gibi, beklenmedik iller de bulunmaktadır.

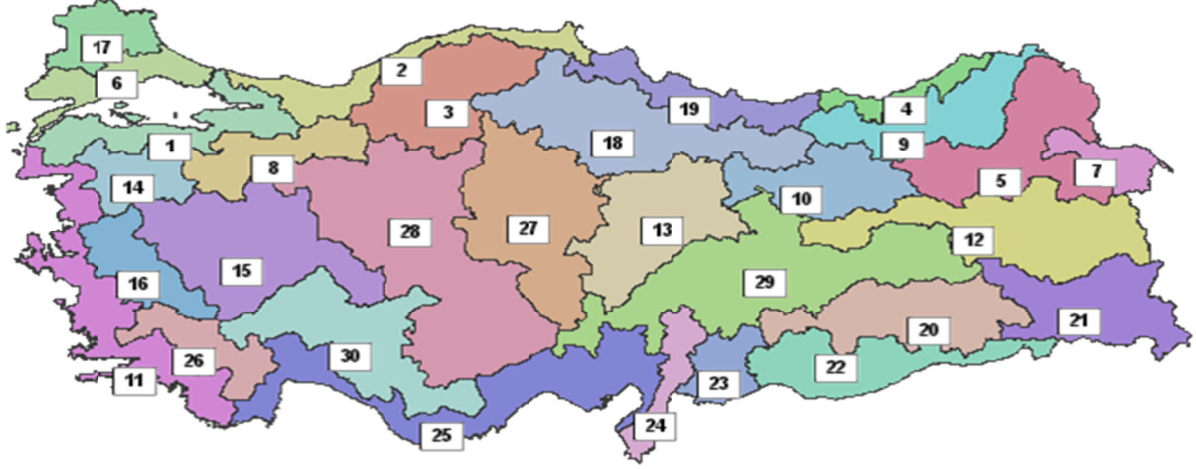
Ülke ortalamasının altında kullanım süresine sahip 23 il'den Karabük ve Kastamonu'da bu süre 300 Saat'in altındadır; bu sonucun bu iki ildeki tarımsal faaliyetlerin azlığından kaynaklanmış olduğu düşünülebilir. Geri kalan, yıllık kullanım süreleri 300-399 Saat arasında değişen 21 il içinde Bilecik, Bursa, Muğla, Sakarya, Tokat, Uşak ve Yalova gibi, tarımsal faaliyetlerin yoğun olduğu illerin de yer alması, ancak bu illerde küçük işletmelerin ve traktör varlığının çokluğu ile açıklanabilir. (Söz konusu araştırmanın devamında, iller itibariyle ortaya çıkan kullanım

süreleri illerin ürün desenleri ve üretim teknikleri ile karşılaştırılmak suretiyle daha sağlıklı yorumlanabilecektir.)

Bilindiği üzere Tarım Köyişleri Bakanlığı "Türkiye Tarım Havzaları Üretim ve Destekleme Modeli"nde ülkemiz tarım alanlarını 30 havzaya ayırarak üretim planlaması ve destekleme çalışmalarının bu havzalar bazında yürütülmesine karar vermiştir (Şekil 1). Bu nedenle, bulguların illerin yanı sıra "Tarım Havzaları" itibariyle de düzenlenip değerlendirilmesi, ileriye dönük bir hazırlık olarak çalışma kapsamına alınmıştır.

Tarım Havzalarındaki örnek traktör popülasyonuna dahil traktörlerin Yıllık Kullanım Süreleri ortalamaları Çizelge 6'da görüldüğü gibidir. Tarım Havzaları itibariyle Yıllık Kullanım Süreleri, değerlendirmeye dahil olan toplam 29 havzanın

17'sinde ülke ortalamasına yakın seviyelerde (400-499 Saat), 4 havzada ülke ortalamasının üstünde (500< Saat) ve 8 havzada ise ülke ortalamasının altındadır (<400 Saat).



Şekil 1. Tarım Havzaları
Figure 1. Agricultural Basins

Çizelge 6. Tarım Havzaları İtibariyle Yıllık Kullanım Süreleri
Table 6. Annual Use Times by Agriculture Basin

| HAVZA | Ortalama Saat | Minimum Saat | Maksimum Saat | Örn. Sayısı Adet | Örn. Payı % |
|-------|---------------|--------------|---------------|------------------|-------------|
| 1 | 354,94 | 26,15 | 1831,49 | 2047 | 8,45 |
| 2 | 345,20 | 77,78 | 1189,60 | 430 | 1,73 |
| 3 | 351,30 | 39,55 | 1261,15 | 716 | 2,92 |
| 5 | 419,09 | 104,89 | 2527,12 | 518 | 2,52 |
| 6 | 512,49 | 25,49 | 3316,00 | 114 | 0,68 |
| 7 | 465,35 | 207,98 | 906,66 | 147 | 0,80 |
| 8 | 366,21 | 61,89 | 965,37 | 351 | 1,49 |
| 9 | 353,60 | 252,07 | 555,26 | 13 | 0,05 |
| 10 | 407,57 | 90,37 | 1016,14 | 121 | 0,57 |
| 11 | 455,22 | 26,18 | 4976,13 | 1380 | 7,30 |
| 12 | 479,19 | 129,00 | 1064,83 | 174 | 0,97 |
| 13 | 472,40 | 122,51 | 1317,79 | 194 | 1,07 |

| Sınıflar: | 100-199 Saat | 200-299 Saat | 300-399 Saat | 400-499 Saat | 500-599 Saat | 600-699 Saat | 700-... Saat |
|-----------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
|-----------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|

* Yıllık Kullanım Sürelerine göre hazırlanmış renk göstergesidir.

Çizelge 6. Tarım Havzaları İtibariyle Yıllık Kullanım Süreleri (devamı)
Table 6. Annual Use Times by Agriculture Basin (continued)

| HAVZA | Ortalama Saat | Minimum Saat | Maksimum Saat | Örn. Sayısı Adet | Örn. Payı % |
|--------------|---------------|--------------|----------------|------------------|---------------|
| 14 | 402,44 | 114,56 | 2901,41 | 964 | 4,51 |
| 15 | 411,25 | 21,26 | 2567,57 | 1458 | 6,97 |
| 16 | 473,49 | 29,22 | 1312,34 | 1506 | 8,29 |
| 17 | 478,64 | 176,45 | 1093,50 | 86 | 0,48 |
| 18 | 444,07 | 37,76 | 3012,00 | 1515 | 7,82 |
| 19 | 453,17 | 145,70 | 1086,37 | 48 | 0,25 |
| 20 | 571,28 | 173,81 | 4565,80 | 1039 | 6,90 |
| 21 | 430,42 | 245,38 | 785,00 | 12 | 0,06 |
| 22 | 499,29 | 32,86 | 7724,18 | 1197 | 6,95 |
| 23 | 394,69 | 108,34 | 1260,16 | 803 | 3,69 |
| 24 | 583,33 | 102,53 | 5871,51 | 515 | 3,49 |
| 25 | 550,22 | 33,33 | 4043,20 | 1081 | 6,92 |
| 26 | 382,60 | 79,22 | 985,95 | 207 | 0,92 |
| 27 | 389,83 | 51,34 | 1491,69 | 735 | 3,33 |
| 28 | 481,10 | 25,60 | 2544,65 | 1288 | 7,21 |
| 29 | 439,47 | 67,59 | 988,65 | 358 | 1,83 |
| 30 | 413,00 | 19,34 | 1421,69 | 379 | 1,82 |
| Total | 443,40 | 19,34 | 7724,18 | 19396 | 100,00 |

| Sınıflar: | 100-199 Saat | 200-299 Saat | 300-399 Saat | 400-499 Saat | 500-599 Saat | 600-699 Saat | 700-... Saat |
|-----------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
|-----------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|

* Yıllık Kullanım Sürelerine göre hazırlanmış renk göstergesidir.

Yıllık kullanım sürelerinin havzalar itibariyle dağılımı, iller itibariyle dağılıma göre, beklendiği gibi çok daha tek düze (mütecane) dir. (Bu sonuç aynı zamanda havzaların başarılı şekilde oluşturulduğunun bir göstergesidir.) Toplam 17 havzada kullanım sürelerinin ülke ortalaması dolayında olması, bu havzaların çoğunda tarımsal üretim faaliyetleri ile işletme yapılarının benzer özellikler taşıdığını göstermektedir. Kuzey Marmara, Karacadağ

(Diyarbakır-Mardin), Doğu Akdeniz ve Kıyı Akdeniz havzaları, gerek tarımsal faaliyet yoğunluğu gerekse işletme ölçeği faktörlerine bağlı olarak, ülke ortalamasının üstünde, (500-599 Saat) arasında yıllık kullanım sürelerine sahip havzalar olarak öne çıkmaktadır. Ülke ortalamasının altında, (300-399 Saat) yıllık kullanım sürelerine sahip 8 havza içinde yer alan Güney Marmara, Söğüt ve Ege Yayla havzalarında yoğun tarımsal faaliyete karşın düşük

kullanım süreleri işletme ölçeklerinin küçüklüğü ve traktör sayılarının çokluğu ile açıklanabilir. Diğer 5 havzadaki kullanım azlığının ise yoğun olmayan tarımsal üretimden kaynaklandığı düşünülmelidir.

Yukarıdaki, sadece Türk Traktör üretimi, New Holland marka traktörlere ait kayıtlardan yararlanılarak ortaya çıkarılan sonuçların Türkiye geneli için geçerliliği kuşkusuz, söz konusu örnek traktör popülasyonunun ülkemiz traktör parkını ne ölçüde temsil ettiğine bağlıdır. Örnek traktör popülasyonunun motor güçleri itibariyle dağılımında 55 HP traktörler %32,7'lik pay ile ilk sırada yer almakta, bunları %27 ve %21'lik paylarla 65 ve 50 HP traktörler ve tek haneli % paylarla da diğerleri izlemektedir. Bu dağılım mevcut traktör parkının güç grupları itibariyle dağılımına çok benzerdir. Bu

nedenle, yukarıda Çizelge 4'te verilen, örnek traktör popülasyonuna ilişkin yıllık kullanım süreleri (genel ortalama ve motor güçleri itibariyle dağılım değerleri) ülke geneli traktör parkı için de oldukça yüksek bir güvenle kullanılabilir niteliktedir. Buna karşılık aynı savın, yani yukarıda Çizelge 5 ve 6 da verilen, il ve havzalar itibariyle yıllık kullanım değerlerinin toplam traktör parkımız için de geçerli olduğunun ileri sürülebilmesi için, örnek popülasyon (Çizelge 2 ve 3) ile toplam traktör parkının il ve havzalar itibariyle dağılımlarının uyumlu olup olmadığının belirlenmesine ihtiyaç vardır. Ancak bu karşılaştırma yapıldıktan sonra ki bunun olumlu sonuçlanması kuvvetle muhtemeldir, Çizelge 5 ve 6'daki kullanım süreleri ülkemiz traktör parkı için de geçerli olacaktır.

LİTERATÜR LİSTESİ

- ASAE, 2000. Machinery Management Data, ASAE-Data-D.230-4. ASAE Standards 2000.
- Evcim, H.Ü., 2008 (a) . Türkiye Traktör Parkı (2007), Türk Traktör ve Zir.Mak.A.Ş. Ankara, (Yayımlanmamış Araştırma Raporu; 185 s.)
- Evcim, H.Ü., 2008 (b). Türkiye Yaşlı Traktör Parkı Yenilenme İhtiyacı ve Çözüm Önerisi. Türk Traktör ve Zir.Mak.A.Ş., Ankara, 5 s. (Yayımlanmamış Proje Önerisi; 4 s.)
- Evcim, H.Ü., Ulusoy, E., Gülsoylu, E., Tekin, B. 2010. Tarımsal Mekanizasyon Durumu, Sorunları ve Çözüm Önerileri. Ziraat Mühendisliği VII. Teknik Kongresi", 11-15 Ocak, Ankara.
- <http://www.resmigazete.gov.tr/main.aspx?home=http://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2010/09/20100907>
- <http://www.tarmakbir.org/haberler/tyrapor2.pdf>
- Lips, M. and Zorn, A. 2015. The Impact of The Operational Life on Life Cycle Costs of A Tractor. 20th International Farm Management Congress, Laval University, Québec City, Québec, Canada. Congress Proceedings Vol.1 - ISBN 978-92-990062-3-8
- Lönnemark, H. 1967. Multifarm Use of Agricultural Machinery. Food and Agriculture Organization of United Nations. Italy. ISBN 92-5-100457-9. p.66,67,88.
- Özgünlaltay Ertuğrul, G., Öz, E., Ertuğrul, Ö. 2016. Türkiye'de Tarım Traktörleri Kazalarının Tarımsal Mekanizasyon Düzeyi ile İlişkisinin Belirlenmesi. 8. Uluslararası İş Sağlığı ve Güvenliği Konferansı. 8-11 Mayıs. İstanbul.
- Özguven, M. M., Türker, U., Beyaz, A. 2010. Türkiye'nin Tarımsal Yapısı ve Mekanizasyon Durumu. GÖÜ, Ziraat Fakültesi Dergisi, 27(2), 89-100. Tokat.
- Paman, U., Uchida, S. and Inaba, S. 2010. The Economic Potential of Tractor Hire Business in Riau Province, Indonesia; A Case of Small Tractor Use for Small Rice Farms" Agricultural Engineering International: the CIGR Ejournal. Manuscript MES 1591. Vol XII.
- Rijk, A.G. 2012. Agricultural Mechanization Strategy. http://www.unapcaem.org/publication/cigr_apcaem_website.pdf
- T.C. Gıda, Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı, 2010. "Tarım Havzaları Yönetmeliği"
- Tarmakbir (Türk Tarım Alet ve Makineleri İmalatçıları Birliği). 2017. Traktör Yenileme Programı.

Effects of Different Tillage Methods on the Nutrient Contents of Organically Grown Sultani Çekirdeksiz Grape

Fadime ATEŞ¹, Bülent YAĞMUR², Engin ÇAKIR³, Harun YALÇIN³

¹ Viticulture Research Institute, Manisa, Turkey

² Ege University, Faculty of Agriculture, Department of Soil Science and Plant Nutrition, İzmir, Turkey

³ Ege University, Faculty of Agriculture, Department of Agricultural Engineering & Technology, İzmir, Turkey
Corresponding author: fadimeates2@yahoo.com

Received (Geliş Tarihi): 16.02.2017

Accepted (Kabul Tarihi): 18.04.2017

Abstract: This study was carried out in Alaşehir-Yeşilyurt Enterprise of Manisa Viticulture Research Institute in the western part of Turkey from 2006 to 2007. In this study, effects of the three different tillage methods: conventional tillage and two conservation tillage methods; Mulch tillage and reduced tillage on nutrient contents of organically grown Sultani Çekirdeksiz grape variety were investigated. Experiments were undertaken using randomized block design with three replicates consisting of 12 vines per parcel.

According to the results, it was found that there was highest average nitrogen(N), phosphorus (P) potassium (K), calcium (Ca), magnesium (Mg) and iron (Fe) and copper (Cu) contents of the leaf blade and petiole in mulch tillage; highest average magnesium contents of the leaf blade and petiole in mulch tillage; highest average Cu and manganese (Mn) contents of the leaf blade and petiole in conventional tillage; highest average manganese zinc (Zn) contents of the leaf blade and petiole in reduced tillage at 5 % significant level.

Key words: Sultani Çekirdeksiz, organic grape, tillage methods, leaf blade and petiole, nutrient content

INTRODUCTION

Turkey is a major producer of grapes in the world and viticulture is one of the major branches of agriculture with respect to production area and it has one of largest share of income in the Turkish national economy. Grapevine is grown in almost all parts of Turkey and has been produced commercially in many regions of the country for many years. Turkey is among the largest grapevine growing countries of the world with approximately 468,792 hectares of vineyard area and 4.01 million tons of grape production (5th in area; 6th in production). Grape production mainly consists of 52.8% table grapes, 36.4% raisins and 10.8% must-wine varieties (Anonymous, 2015).

In the world, organic grapes are grown in 311595 hectares and this constitutes 4.6 %of the world's grape growing area. Turkey is a major grape producer in the world. Since 1985, Turkey producing and exporting organic raisins is a world leader in the production of raisins. In Turkey, 8418 hectares grape are grown organically which constitutes 1.8 % of the total grape production area (Anonymous, 2016).

Organic agriculture is a system for crops, livestock and fish farming that emphasizes environmental

protection and the use of natural farming techniques. It is concerned not only with the end-product, but with the entire system used to produce and deliver the agricultural product. To this end, the entire farm cycle, from production and processing, to handling and delivery, excludes the use of artificial products such as genetically modified organisms (GMOs) and certain external agricultural inputs such as pesticides, veterinary drugs, additives and fertilizers. Organic farmers rely instead on natural farming methods and modern scientific ecological knowledge in order to maximize the long-term health and productivity of the ecosystem, enhance the quality of the products and protect the environment. Proponents of organic methods believe that it is a more sustainable and less damaging approach to agriculture (Morgera et al., 2012).

Plant analysis is often the most reliable method of assessing crop nutritional status, currently being the basis of the fertilizer recommendation programs for tree crops and vines. Several studies have been done in order to establish the most appropriate tissue for analysis. Leaf blade and petiole have been the major competing ones (Brunetto et al., 2007; Assimakopoulou and Tsougrianis, 2012; Benito et al., 2013).

The results of plant analysis are usually interpreted by comparing actual data with previous established critical values or sufficiency ranges (Mills and Jones, 1996). In order to improve the accuracy of the diagnosis of the nutritional status of crops, other forms of interpretation have been developed. DRIS (Diagnosis and Recommendation Integrated System) has probably been the most popular. DRIS uses ratios of nutrients, which reduces the sensitivity of tissue analysis to plant age (Römheld, 2012).

Deep tillage method used before vine plantation to remove old vine roots and loosen subsoil may induce physical soil degradation that could affect soil structure and vine water supply. The deep tillage study results showed that (i) a significant soil compaction was observed after wet conditions only, (ii) deep ploughing produced more soil compaction than ripper because of a greater volume of soil affected by wheeling in the former operation and (iii) a specific response of soils is significantly observed in the case of deep ploughing only with an increase of compacted zones fragmentation in relation to a decrease of clay content (Coulouma, et. al., 2006).

Göblyös and Ulcz (2008) studied the effect of several cultivation methods on the yield and the quality of grape. They found that different cultivation methods have higher effect on the yield than on the grape quality. Especially in the dry season they observed that straw mulch proved to be the best solution regarding the yield and the grape quality. Although they found no significant differences in the sugar and titratable acidity content of the must, the ratio of noble rotted berries was higher on the straw mulched plots. Straw mulch could conserve the moisture content of the soil.

The effect of conventional and no tillage and 3 leaf removal treatments on leaf water potential (Ψ_{leaf}), yield, cluster and berry characteristics of cv. Syrah were investigated by Korkutal and Bahar (2013). Different soil tillage applications affected cluster length and berry fresh and dry mass. The leaf removal treatments affected only total leaf area per vine ($m^2.vine^{-1}$). They concluded that under these soil and climatic conditions, it could be advised conservative soil tillage alternatively to conventional soil tillage as to be more economical.

The present study was conducted on Sultani Çekirdeksiz grape variety, which has an important place in our national economy. The objective of this

study was to determine the effect of different tillage methods: conventional tillage, mulch tillage and reduced tillage on the nutrient contents of the leaf blade and petiole from Sultani Çekirdeksiz grape variety in organic grape parcels during organic production year of 2006 and 2007.

MATERIALS and METHODS

Experimental site

Field experiments were conducted from 2006 to 2007 in Alaşehir-Yeşilyurt Enterprise of Manisa Viticulture Research Institute in the western part of Turkey (38°20'N, 28°38'W). The area has a transition towards a continental climate from a Mediterranean climate. The annual average temperature of 16.7 °C and a mean annual rainfall of 598 mm, The summer months, including the harvest period, are quite hot with mean temperatures of 30 °C.

Experiments were planned as randomized block design with three replicates which were established in 15 years old Sultani Çekirdeksiz vineyard under irrigable soil conditions and trained to "T" wire grape trellis training system and can-pruned to 60 buds per vine. The vines had between-row and within-row spacing of 3.3 and 2.4 m, respectively in organic parcel.

Sultani Çekirdeksiz is such a variety that it ripens in midseason. It grows strong with conical clusters, wings, normal density, small oval shaped berries and average berry skin thickness. Although it is a variety for drying, Sultani Çekirdeksiz is also consumed as table grapes through a series of culture practice.

Soil Composition of the Trial Vineyard

There are no salinity problems whatsoever in soil samples demonstrating slight alkaline reaction. Soils with low lime level show a sandy loam texture. Available phosphorus in soils with low humus level and with medium total nitrogen level was found to be medium (0-30 cm) and low (30-60 cm), whereas available potassium was insufficient. In soils with sufficient (high) levels of available calcium and available magnesium, there are no problems with respect to available sodium. Available micronutrient elements in the soil samples including iron, copper and manganese were sufficient, whereas zinc was insufficient (Table 1).

Table 1. Physical analysis and macronutrient and micronutrient contents of the soil sample on the Trial Vineyard

| Soil properties | Soil Depth (cm) | |
|----------------------------|-----------------|------------|
| | 0-30 | 30-60 |
| Ph | 7,60 | 7,65 |
| Soil salinity (%) | 0,025 | 0,025 |
| Lime (%) | 3,44 | 3,92 |
| Sandy (%) | 68,40 | 66,40 |
| Silt (%) | 24,00 | 25,00 |
| Clay (%) | 7,60 | 8,60 |
| Texture | Sandy-loam | Sandy-loam |
| Organic Matter (%) | 1,52 | 0,95 |
| Total Nitrogen (%) | 0,060 | 0,038 |
| Available Phosphorus (ppm) | 3,32 | 1,29 |
| Available Potassium (ppm) | 175 | 155 |
| Available Calcium (ppm) | 2160 | 2400 |
| Available Magnesium (ppm) | 934 | 938 |
| Available Sodium (ppm) | 20,8 | 19,0 |
| Available Iron (ppm) | 8,51 | 6,79 |
| Available Copper (ppm) | 6,13 | 3,48 |
| Available Zinc (ppm) | 0,67 | 0,52 |
| Available Manganese (ppm) | 7,20 | 4,09 |

Table 2. Applied tillage methods

| Method | Application |
|----------------------------|---|
| Conventional Method | Plough + Disk Harrow (two passes) |
| Mulch Tillage | Plough + Disk Harrow (two passes) (No tillage in Spring) |
| Reduced Tillage | Disk Harrow (one pass) + Reduced tillage combination (two passes) |

The effect of different tillage methods on organic grape production was examined. In this research, conventional tillage, mulch tillage and reduced tillage were used (Table 2).

For conventional tillage method, rows were initially ploughed and then harrowed by disc harrow. In mulch tillage, conventional tillage was applied but spring tillage was not performed instead, planted mulch material was chopped and laid in the row. Cultivator with rotary harrow was used as a reduced tillage.

Common vetch (*Vicia sativa* L.), Rye (*Hordeum vulgare* L.), and broad beans (fava beans) were used as mulch plants. In November, the soil was tilled using conventional method before planting mulch plants. The mix was planted by using fertilizer spreader. After planting, the soil was disked to incorporate the seeds into the soil. The soil was tilled in spring and autumn in both conventional and cultivator plots, whereas, tillage was applied only in

spring for mulch tillage system. In the experiment Massey 240 S (Engine Power 50 hp) tractor was used.

Fresh grape yield (kg/vine) was calculated by weighing the vines obtained from the parcels and dividing it with the number of vines.

Leaves were sampled opposite to first cluster during fruit setting period and brought to the laboratory, and after initial cleaning, the leaves were separated as blade and petiole (Mills and Jone, 1996). The cleaning procedure was conducted by washing the leaves with pure water. Then, the plant samples were later dried at 65 to 70°C and grinded. Total amount of nitrogen in the leaf sample was measured using modified Kjeldahl method (Kacar, 1972). Then, plant extracts were prepared by applying the wet burning method and in these plant extracts, P was determined on the colorimeter (Lott *et. all.*1956), K and Ca on flame photometer and Mg, Fe, Zn, Mn and Cu on atomic absorption spectrophotometer (AAS) (Slavin, 1968; Kacar, 1972).

The research was carried out as randomized block design trials with three replicates consisting of 12 vines per parcel. Statistical analysis was made with the statistical software package "SPSS 20.0 for Windows". Variance analysis was performed using the data and the Duncan's Multiple Range Test ($p < 0.05$) was performed for comparison of average values.

RESULTS and DISCUSSION

Result and discussion on fresh grape yield (kg/vine):

Fresh grape yield obtained from each parcel under different tillage methods are given in Table 4. According to the results of the statistical analysis, it was determined that tillage methods over the years had different important effects on fresh grape yield at 5 % significant level (Table 3).

As can be seen from Table 3, mulch tillage method as compared to other tillage methods had the highest fresh grape yield.

Table 3. The effects of different tillage methods on fresh grape yield (kg/vine) (average of from 2006 to 2007)

| Tillage methods | Fresh grape yield (kg/vine) |
|----------------------|-----------------------------|
| Conventional tillage | 14,74 b* |
| Reduced tillage | 13,78 b |
| Mulch tillage | 16,58 a |

*Means within columns followed by the same letter are not significantly different at $p < 0.05$ according to Duncan's Multiple Range Test

Results and Discussion on the Petiole and Leaf Blade

Macro mineral contents as obtained from each parcel under different tillage methods are tabulated in Table 4. According to the results of the statistical analysis, it was determined that tillage methods over the years had different important effects on available nitrogen (N), phosphorus (P) potassium (K), calcium (Ca) and magnesium (Mg) contents of the leaf blade and petiole at 5 % significant level (Table 4).

As can be seen from Table 4, mulch tillage method as compared to other tillage methods, had the highest amount of average nitrogen on the leaf blade and petiole (%2,72 and % 0,92), phosphorus (% 0,39 and %0,32) potassium (%1,05 and %2,71), calcium (% 1,99 and %1,34), and magnesium (%0,51 and %0,89). The N, P, and Ca contents of the leaf blade were found to be more than the petiole.

On the other hand, nitrogen content of the leaf blade in all tillage methods were adequate at the fruit setting period according to the 2% total nitrogen limit value as suggested for the leaf blade by Fregoni (1984) and proposed to 2.0-2.3 % total nitrogen limit value was recommended by Mills and Jones (1996). P content of the leaf blade in all tillage methods were found to be adequate at the fruit setting period according to 0.15% the critical P value was suggested by Fregoni (1984). At the fruit setting period, all tillage methods was found to be adequate in terms of K content on the leaf blade according to classification by Fregoni (1984), Levy (1970) and Bergmann (1988) (%1.20-1.40; %1.40; %1.20-1.60) whereas it was not sufficient on petiole. Ca content of

Table 4. The effects of different tillage methods on macronutrient contents of the petiole and leaf blade of organically grown Sultani Çekirdeksiz grape variety (average from 2006 to 2007)

| Tillage methods | N(%) | | P(%) | | K(%) | | Ca(%) | | Mg(%) | |
|----------------------|------------|---------|------------|---------|------------|---------|------------|---------|------------|---------|
| | Leaf Blade | Petiole | Leaf Blade | Petiole | Leaf Blade | Petiole | Leaf Blade | Petiole | Leaf Blade | Petiole |
| Conventional tillage | 2,57 c* | 0,58 c | 0,28 b | 0,27 b | 0,97 c | 2,28 c | 1,70 c | 1,19 c | 0,45 b | 0,77 b |
| Reduced tillage | 2,67 b | 0,71 b | 0,24 c | 0,23 c | 1,03 b | 2,67 b | 1,77 b | 1,29 b | 0,35 c | 0,69 c |
| Mulch tillage | 2,72 a | 0,92 a | 0,39 a | 0,32 a | 1,05 a | 2,71 a | 1,99 a | 1,34 a | 0,51 a | 0,89 a |

*Means within columns followed by the same letter are not significantly different at $p < 0.05$ according to Duncan's Multiple Range Test

Table 5. The effects of different tillage methods on micronutrient contents of on the petiole and leaf blade of organically grown Sultani Çekirdeksiz grape variety (average from 2006 to 2007)

| Tillage methods | Fe (ppm) | | Cu (ppm) | | Zn (ppm) | | Mn (ppm) | |
|-----------------------------|------------|---------|------------|---------|------------|---------|------------|---------|
| | Leaf Blade | Petiole | Leaf Blade | Petiole | Leaf Blade | Petiole | Leaf Blade | Petiole |
| Conventional tillage | 142,85 b* | 80,20 b | 32,8 a | 49,91 a | 48,83 a | 32,83 a | 48,43 a | 33,11 a |
| Reduced tillage | 154,12 a | 77,33 c | 19,05 b | 28,95 b | 49,49 a | 33,02 a | 46,24 a | 32,75 a |
| Mulch tillage | 154,43 a | 97,43 a | 19,34 c | 26,52 c | 35,12 b | 26,64 b | 34,97 b | 19,11 b |

*Means within columns followed by the same letter are not significantly different at $p < 0.05$ according to Duncan's Multiple Range Test

the leaf blade of all tillage methods were not found to be adequate level according to 2.5-3.5% Ca limit value, which was suggested by Fregona (1984) whereas they were adequate level as classification according to Ca limit value 1.27-3.19% which was suggested by Chapmann (1965) at the fruit setting period. Mg content of Both the blades and petioles in all tillage methods were found to be in the high level, according to the limited value of %0.20; %0.23-0.29; %0.25-0.50 as suggested by Levy (1970), Chapmann (1965); Mills and Jones (1996) respectively (Table 4).

Micro mineral contents of each parcel under different tillage methods are given in Table 5.

According to the results of the statistical analysis, it was determined that tillage methods over the years had different important effects on the contents of iron (Fe), copper zinc (Zn), manganese (Mn) copper (Cu) contents of the leaf blade and petiole at 5 % significant level (Table 5).

Micronutrient contents on the petiole and leaf blade under different tillage methods are given in Table 5. Mulch tillage method as compared to conventional tillage methods, had the highest level of total Fe content of the leaf blade and petiole at the fruit setting period (154,43 ppm and 142,85 ppm). However, conventional tillage method had the highest level of Cu, Zn and Mg on the leaf blade and petiole at the fruit setting period comparing other tillage methods. And also Fe, Zn and Mn contents of the leaf blade were found to be more than the petiole. Total Fe content of the leaf blade at the fruit setting period, comparing limit value, which was suggested by Anonymous (1967); Fregoni (1984); Mills and Jones (1996) as critical value (60-150 ppm; 50-300 ppm; 60-175 ppm, respectively, were generally among limits value in all tillage methods. Total Fe content of

the leaf petiole in all tillage methods shows that there were no nutritional problems at the fruit setting period according to 35 ppm critical Fe value suggested by Bergmann (1988). Cu content of the leaf blade and petiole at the fruit setting period, comparing limit value, which was stated by Chapmann (1966) and Bergman (1988) as critical value (5-20 ppm and 6-12 ppm respectively, shows that they are in generally among limits value in all tillage methods. Zn content of the leaf blade in all tillage methods were found to be adequate at the fruit setting period according to 35 ppm as the critical Zn value suggested by Alexander and Woodham (1964) and Fregoni (1984). For the leaf petiole samples at the fruit setting period, it was determined that all tillage methods were above the critical value of 26 ppm suggested by Christensen et al., (1984).

At the fruit setting period, all tillage methods were determinate to adequate according to 20-400 ppm as the critical Mn value was suggested by Fregoni (1984) and also on the leaf blade and leaf petiole and also stated by Christensen et al. (1984) as 25 ppm the critical Mn value (Table 5).

CONCLUSIONS

According to the overall results of this research; mulch tillage method as compared to other tillage methods was determined to make a positive impact on not only yield but also macro and micronutrient contents (N, P, K, Ca, Mg and Fe) of the petiole and leaf blade. Mulch tillage method had the highest level of yield as compared to other tillage methods. And mulch tillage had the highest amount of average nitrogen on the leaf blade and petiole (%2,72 and % 0,92), phosphorus (% 0,39 and %0,32) potassium (%1,05 and %2,71), calcium (% 1,99 and %1,34), and magnesium (%0,51 and %0,89). The N, P, and

Ca contents of the leaf blade were found to be more than the petiole.

Generally, nitrogen content of the leaf blade in all tillage methods were adequate at the fruit setting period according to the 2% total nitrogen limit value as suggested for the leaf blade by Fregoni (1984) and by Mills and Jones (1996).

On the other hand, conventional tillage method had the highest level of Cu, Zn and Mg on the leaf blade and petiole at the fruit setting period comparing other tillage methods.

Generally, it can be concluded that mulch tillage not only gives higher yield but also provides for an adequate level of macro and micro elements for organically grown Sultani Çekirdeksiz grape.

REFERENCES

- Alexander, D. Mc. E. and Woodham, R.C., 1964. Yield responses by sultanas to application Zn and super phosphate, A. J. of Expt. Agric. and Animal Husbandry 4, 169-172.
- Anonymous, 1967. Soil testing and plant analysis, I and II. S.S.S.A, Inc. Mad. Wisconsin.
- Anonymous, 2015. FAO Statistical Yearbook 2013 World Food and Agriculture. <http://www.fao.org/docrep/018/i3107e/i3107e.PDF>. (Available from: 25.06.2016)
- Anonymous, 2016. FIBL and IFOAM Organic International The World of Agriculture. Statistics and Emerging Terns. <https://shop.fibl.org/fileadmin/documents/shop/1698-organic-world-2016.pdf> (Available from: 25.06.2016)
- Assimakopoulou, A., Tsougrianis, C., 2012. Correlation between yields, must attributes and nutritional status of the Greek red wine grape variety Agiorgitiko. J. Plant Nutr. 35, 1022–1036.
- Bergmann, W., 1988. Ernährungsstörungen bei Kulturpflanzen. VEB Gustav Eisher Verlag, Jena 373-382.
- Benito, A., Romero, I., Domínguez, N., García-Escudero, E., Martín, I., 2013. Leaf blade and petiole analysis for nutrient diagnosis in *Vitis vinifera* L. cv. Garnacha tinta. Aust. J. Grape Wine Res. 19, 285–298.
- Brunetto, G., Ceretta, C.A., Kaminski, J., Melo, G.W.B., Lourenzi, C.R., Furlanetto, V., Moraes, A., 2007. Application of nitrogen in grapevines in the campaign of the Rio Grande do Sul: productivity and chemical characteristics of the grape must. Cienc. Rural 37 (2), 389–393.
- Cahoon, G. A. 1970. Survey of foliar content of American and French hybrid grapes in fourteen research demonstration vineyards in Southern Ohio. Ohio Agric. Res. Dev. Cent. 44: 24-27.
- Chapman, H. D., 1965. Diagnostic criteria for plant and soils. Department of soils and plant nutrition, University of California citrus research center and agricultural experiment station, Riverside, USA.
- Christensen, L. P., Kasimatis, A.N. and Jensen. F.L., 1984. Grapevine nutrition and fertilization San jonquion Valley Arg. Sci. Pub. Univ. Of Calif. Div. of Arg. Sci. Berkley, 33-37.
- Coulouma, G., Boizard, H., G. Trotoux, Lagacherie P. and Richard, G., 2006. Effect of deep tillage for vineyard establishment on soil structure. Soil and Tillage Research, doi:10.1016/j.still.2005.05.002
- Fregoni, M., 1984. Nutrient needs in vine production, pages 319-332, 18th coll. Ins. Bern, 319-332.
- Göblyös, J. & Ulcz, A. 2008. Comparison of several soil cultivation methods in the Tokaj-wine region. International Journal of Horticultural Science 2008, 14 (3): 35–37, Agroinform Publishing House, Budapest, Printed in Hungary, ISSN 1585-0404
- Kacar, B., 1972. Bitki ve toprağın kimyasal analizleri II. Bitki analizleri, A. Ü. Ziraat Fak. Yayınları 453-Uygulama klavuzu 155.
- Korkutal, I. and E. Bahar, 2013. Influence of different soil tillage and leaf removal treatments on yield, cluster and berry characteristics in cv. Syrah (*Vitis vinifera* L.). Bulg. J. Agric. Sci., 19: 647-658
- Levy, J. F., 1970. Vingt années d' application du diagnostic foliaire ala vigne. Atti dell acc. It. Della vite edel vino. t. Xx 11,1-21.
- Lott, W. L., Nery, J. P., Medcaff. J.C., 1956. Leaf Analysis Technique in Coffe Research. EC., Res. Inst., Bulletin, No:9.
- Mills, A. H., and Jones. J. B., 1996. Plant analysis handbook 11, a practical sampling, preparation, analysis and interpretation guide, Micro Macro Publishing, Athens, U.S.A. 422.
- Morgera, E., Caro E.C. and Durán, G.M., 2012. Organic agriculture and the law. FAO LEGISLATIVE STUDY 107. <http://www.fao.org/docrep/016/i2718e/i2718e.pdf>
- Römheld, V., 2012. Diagnosis of deficiency and toxicity of nutrients. In: Marschner, P. (Ed.), Marschner's
- Slavin, W., 1968. Atomic absorption spectroscopy: New York, Intersci. Pubs., 307 p.

Optimization of the Distribution Uniformity of a Single-Disc Granular Broadcast Spreader

İsmail Serkan KOLCU¹, Adnan DEĞİRMENCİOĞLU²

¹ Agricultural Engineer, Ministry of Food, Agriculture and Animal Husbandry,
03370 İhsaniye, Afyon-Turkey

² Ege University, Faculty of Agriculture, Department of Agricultural Machinery and Technologies of Engineering,
35100 Izmir-Turkey

Corresponding author: adnan.degirmencioglu@ege.edu.tr

Received (Geliş Tarihi): 20.02.2017

Accepted (Kabul Tarihi): 17.04.2017

Abstract: The objective of this study was to optimize the distribution uniformity performance of a single-disc granular broadcast spreader. The performance indicators were considered to be the coefficient of variation (CV, %) and skewing ratio (left to right or right to left ratio of the granular material applied). Central Composite Design (CCD) which is rotatable and one of the designs in Response Surface Methodology (RSM) was used in order to optimize the distribution uniformity. Two different fertilizers (urea and triple super phosphate) were used and a total of 20 experiments for each fertilizer were conducted. Each experiment was triplicated. The independent variables considered in this study were the peripheral speed of the disc (corresponding to power take-off linearly), the fertilizer flow rate and the impeller angle. The dependent variables were the coefficient of variation (CV, %) and skewing ratio (either right to left or left to right distribution). Mathematical functions in polynomial form were developed based on the principles of RSM that allowed conducting reduced number of experiments as compared to full factorial design. The optimum levels of the variables were obtained and verification tests were also achieved. It was concluded that the three variables considered in this study affect the distribution uniformity performance of the broadcast spreader.

Key words: Mathematical modeling, response surface methodology, skewing, fertilizer, granular material

INTRODUCTION

Rotary spreaders are very simple in terms of construction but their performance is such a phenomena that numerous studies have been conducted in the past to find out the best spreading pattern since many operational, constructional and material related variables affect the performance. The performance of a broadcast spreader in order to provide even fertilizer distribution is characterized by the coefficient of variation (CV, %, standard deviation divided by average). The lower the CV (%) the more uniform the distribution is and this is why a minimum CV (%) is desired. The issue behind even fertilizer distribution is the net profit that can be obtained by a farmer at a maximized level. The CV (%) related to the systematical transverse spreading distribution is typically from 5 to 10% for the best spreaders and the CV below 15%, which is presumably is a realistic level for a good fertilizer spreaders, the relative loss of net

profit, typically being close to 1%, is very moderate (Søgaard and Kierkegaard, 1994). The physical and chemical properties of the fertilizer being used, constructional variables such as the shape, height and the position of the impellers (Yıldırım and Kara, 2003; Güler, 1995), drop point of the fertilizer onto disc, etc.; Mennel ve Reece, 1963;) and operational related variables such as disc speed and the flow rate (Parish, 2002 and Yıldırım, 2006) affect the distribution pattern (skewing) and distribution uniformity as it was the case in many studies available in the literature. In general, the dimensions of the disc and the size, shape and the number of impellers, the drop point of fertilizer vary from one company to another and each construction becomes a case study to find out the best performance. Hence, the objective of this study was to optimize the distribution uniformity performance of a single-disc broadcast spreader manufactured by a local company.

* This is a part of the MSc thesis prepared by İsmail Serkan KOLCU (2012)

MATERIALS and METHODS

The broadcast spreader used for this study consists of a hopper, single-disc in the diameter of 480 mm, six [type impellers, gearbox and a simple frame and is driven by the power take-off. Spread pattern tests were carried out in outdoor areas on smooth, level pavement under conditions of no wind. Prior to the tests, the flow rate of the fertilizer was adjusted by changing the area of the two orifices located on the bottom of the hopper at corresponding peripheral speed of the disc (as linearly related to power take-off of the tractor). The collection trays were 472 mm long, 312 mm wide, and 110 mm high and the trays were subdivided to reduce granule bounce. Fertilizer particles collected in each tray was weighed using a precision balance with an accuracy of ± 0.01 g.

Each test consisted of three replications and in order to do this, three sets of collection trays were placed in a line perpendicular to the direction of travel of the spreader while enough space was left for the tractor tire pass. The distance between each set was 1.5 m. The tests were conducted at a constant forward speed of 8 km h⁻¹. Two granular fertilizers (urea and triple superphosphate) were applied during the tests. The bulk densities of these materials were 785 and 1025 kg m⁻³, respectively. The pattern analysis in order to determine the overlapped patterns to find out CV (%) and skewing ratio was achieved in Excel and the coefficient of variation (CV, as defined by ASAE S341.3, 2004) along with skewing ratio was found. The Skewing ratio in this study was calculated either the ratio of right to left or the left to right in, whichever is lower than the unity since in ideal case the amount or the percentage of fertilizers distributed to the right or the left side of the spreader must be equal and in this case, the ratio of them will be unity. This type of calculation for the skewing ratio was also necessary in order to develop mathematical functions so that the upper limit of such a function can only be equal to unity.

As a statistical and mathematical technique, RSM was employed in order to optimize the operating

(peripheral speed of the disc and flow rate) and constructional related variables (impeller angle). RSM designs are not primarily used for understanding the mechanism of the underlying system and assessing response treatment main effects and interactions, but to determine, within some limits, the optimum operating conditions of a system (Myers, 1971). It is less laborious and time-consuming than other approaches and effective technique for optimizing complex processes since it reduces the number of experimental trials to evaluate multiple parameters and their interactions. The response surface problem usually centers on an interest in some response Y, which is a function of k independent variables $\xi_{i1}, \xi_{i2}, \dots, \xi_{ik}$, that is,

$$Y = f(\xi_{i1}, \xi_{i2}, \dots, \xi_{ik}) \tag{1}$$

and response surface can take the different forms according to the function types of response and usually response function is defined in the quadratic polynomial form as follows.

$$Y = \beta_0 + \sum_{i=1}^k \beta_i X_i + \sum_{i=1}^k \beta_{ii} X_i^2 + \sum_{i=1}^k \sum_{j=1}^k \beta_{ij} X_i X_j + \varepsilon, i \leq j \tag{2}$$

where;

- Y : Response (Dependent variable)
- β_0 : Intercept
- $\beta_i, \beta_{ii}, \beta_{ij}$: Regression coefficients
- $X_i X_j$: Coded independent variables
- E : Error

The coding of independent variables into X_i is expressed as in the following equation;

$$X_i = \frac{\xi_i - \xi^*}{d_s} \tag{3}$$

where ξ_i ; actual value in original units; ξ^* ; mean value (center point) and d_s ; step value.

For a better understanding and detailed theoretical knowledge on RSM, the reader is referred to read the textbook written by Box and Draper (1987). The design used in this study is a rotatable CCD and it requires five levels for each independent variable. These levels are coded as -1.682, -1, 0, +1 and +1.682. The coded and uncoded levels of the independent variables are given in Table 1.

Table 1. Coded and uncoded values of the independent variables used in CCD

| Independent variable | Step value | Coded level | | | | |
|---|------------|-------------|-------|--------------------|-------|--------|
| | | -1.682 | -1 | 0 | +1 | +1.682 |
| Disc peripheral speed (ω ; ms^{-1}) | 3.2 | 11.82 | 14.01 | 17.21 ^w | 20.41 | 22.59 |
| Flow rate (Q; kg min^{-1}) | 15 | 17 | 28 | 43 | 58 | 68 |
| Impeller angle ^s (α ; degrees) | 12 | -20 | -12 | 0 | +12 | +20 |

^sMinus and plus signs in angles indicate rearward and forward pitched impellers, respectively, ^wperipheral speed at 540 min^{-1} power take-off

Based on the above written theoretical approach in RSM, the variables were transformed to uncoded form (dimensionless) using the following equations.

$$X_1 = \frac{\omega - 17.21}{3.2} \quad (4)$$

$$X_2 = \frac{Q - 43}{15} \quad (5)$$

$$X_3 = \frac{\alpha - 0^\circ}{12^\circ} \quad (6)$$

Peripheral disc speed (ω in equation 4) is a function of pto linearly and disc speed of 17.21 ms^{-1} corresponds to pto of the tractor at 540 rpm. This speed was selected to be the center in order to achieve experiments based on CCD.

Flow rates considering the granular fertilizer application rates at 8 km h^{-1} forward speed of the tractor were selected within a range of 16 and 69 kg min^{-1} while the center was selected to be 43 kg min^{-1} . The center of the impeller was set to radial position (0°) and rear and backward positions was set to -12, -20, +12 and +20 $^\circ$ with a step value of 12 $^\circ$.

RESULTS and DISCUSSION

The results from the experiments are tabulated in Table 2. The data from 20 experiments with three replications, totally 60 data points were used to develop functions for CV (Y_{cv} , %) and skewing ratio (Y_r) in polynomial form for both, urea and triple superphosphate (TSP). Arcsin $\sqrt{Y_r}$ transformation was applied to skewing ratio values and this transformation prevented the predicted skewing ratio values from being greater than unity. A general

theoretical cubic function for four variables in full was defined and submitted to a statistical package program and stepwise regression procedure was applied in order to select the variables at a probability level of 95 %. The functions developed are given below for each fertilizer and variables, X_1 , X_2 and X_3 , are the disc peripheral speed, flow rate and impeller angle, respectively in coded form.

Urea functions

$$Y_{CV} = 11.23 + 9.63X_3^2 - 4.68X_1X_2X_3 + 4.07X_1^2X_3 + 4.27X_2X_3 + 2.54X_1^2 + 2.26X_2^2 - 2X_1X_2 + 0.59X_3^3 + 2.19X_1X_2^2 - 0.8X_1^3 \quad R^2 = 94.4 (\%) \quad (7)$$

$$\text{Arcsin}\sqrt{Y_r} = 1.28 - 0.193X_3^2 + 0.129X_1X_2X_3 - 0.137X_3 - 0.046X_2^2 - 0.059X_2X_3 - 0.042X_2 - 0.041X_1X_3 + 0.031X_3^3 - 0.036X_1X_2^2 \quad R^2 = 88.9 (\%) \quad (8)$$

TSP functions

$$Y_{CV} = 20.94 + 8.62X_1^2X_3 + 5.37X_3^2 + 3.91X_1^2 - 3.91X_1 + 2.46X_1X_2 - 2.25X_1X_3 + 2.25X_2X_3 - 0.66X_2^3 \quad R^2 = 93.9 (\%) \quad (9)$$

$$\text{Arcsin}\sqrt{Y_r} = 1.0722 - 0.1227X_1^2X_3 - 0.0787X_3^2 + 0.0498X_1 + 0.0553X_1X_3 - 0.0303X_1^2 - 0.0213X_2^2 \quad R^2 = 88.6 (\%) \quad (10)$$

The models given above are written in the order that the variables entered into the model so that the significance of each term to the model could be identified from this order and they are valid under the following conditions (in uncoded levels);

$$11.82 \geq \omega \geq 22.59$$

$$17 \geq Q \geq 69$$

$$-20 \geq \alpha \geq +20$$

where; ω = disc peripheral speed in ms^{-1} , Q; flow rate in kg min^{-1} and α ; impeller angle in degrees.

Table 2. Performance values as obtained from the tests conducted based on CCD

| Run number | Independent variables | | | Dependent (Performance) variables | | | | | |
|------------|---|-------------------------------------|----------------------------------|-----------------------------------|-----------------|--------------------------|-----------------|---|-----------------|
| | Disc peripheral speed (X ₁) | Flow rate (X ₂) | Impeller angle (X ₃) | Non-overlapped CV (%) | | Lowest overlapped CV (%) | | Skewing ratio (either left to right or right to left ratio) | |
| | | | | Urea | TSP | Urea | TSP | Urea | TSP |
| 1 | -1 [14.01 ms ⁻¹] | -1 [28 kgmin ⁻¹] | -1 [-12 ⁰] | 46.11 (4.52) | 29.66 (1.78) | 25.72 (1.89) | 24.12 (2.92) | 0,67 (0.02) | 0,76 (0.04) |
| 2 | 1 [20.41 ms ⁻¹] | -1 [28 kgmin ⁻¹] | -1 [-12 ⁰] | 43.86 (3.47) | 32.12 (2.78) | 12.63 (0.59) | 18.50 (2.35) | 0,93 (0.05) | 0,78 (0.04) |
| 3 | -1 [14.01 ms ⁻¹] | 1 [58 kgmin ⁻¹] | -1 [-12 ⁰] | 52.03 (0.56) | 26.12 (3.39) | 21.18 (3.05) | 24.06 (3.70) | 0,91 (0.05) | 0,73 (0.57) |
| 4 | 1 [20.41 ms ⁻¹] | 1 [58 kgmin ⁻¹] | -1 [-12 ⁰] | 41.21 (2.87) | 22.63 (2.84) | 19.49 (2.66) | 21.80 (2.73) | 0,70 (0.03) | 0,75 (0.03) |
| 5 | -1 [14.01 ms ⁻¹] | -1 [28 kgmin ⁻¹] | 1 [+12 ⁰] | 38.08 (6.01) | 54.65 (2.95) | 15.04 (2.11) | 46.65 (3.15) | 0,87 (0.06) | 0,42 (0.02) |
| 6 | 1 [20.41 ms ⁻¹] | -1 [28 kgmin ⁻¹] | 1 [+12 ⁰] | 48.89 (5.18) | 53.30 (1.67) | 40.11 (3.91) | 39.86 (3.96) | 0,47 (0.03) | 0,457 (0.02) |
| 7 | -1 [14.01 ms ⁻¹] | 1 [58 kgmin ⁻¹] | 1 [+12 ⁰] | 38.65 (1.62) | 58.61 (7.61) | 36.16 (4.90) | 31.44 (3.06) | 0,50 (0.04) | 0,63 (0.03) |
| 8 | 1 [20.41 ms ⁻¹] | 1 [58 kgmin ⁻¹] | 1 [+12 ⁰] | 39.85 (2.68) | 68.32 (5.09) | 31.50 (3.64) | 36.85 (1.23) | 0,53 (0.42) | 0,634 (0.03) |
| 9 | -1.682 [11.82 ms ⁻¹] | 0 [43 kgmin ⁻¹] | 0 [0 ⁰] | 35.25 (3.89) | 46.56 (2.67) | 23.05 (1.42) | 38.21 (0.95) | 0,91 (0.04) | 0,61 (0.01) |
| 10 | 1.682 [22.59 ms ⁻¹] | 0 [43 kgmin ⁻¹] | 0 [0 ⁰] | 48.05 (6.86) | 43.35 (5.65) | 15.87 (1.67) | 24.43 (2.42) | 0,982 (0.55) | 0,78 (0.04) |
| 11 | 0 [17.21 ms ⁻¹] | -1.682 [17 kgmin ⁻¹] | 0 [0 ⁰] | 33.34 (5.92) | 36.33 (2.81) | 18.90 (1.57) | 25.84 (3.03) | 0,86 (0.06) | 0,69 (0.01) |
| 12 | 0 [17.21 ms ⁻¹] | 1.682 [68 kgmin ⁻¹] | 0 [0 ⁰] | 33.45 (3.29) | 36.42 (1.75) | 20.02 (1.12) | 18.80 (1.05) | 0,80 (0.05) | 0,75 (0.02) |
| 13 | 0 [17.21 ms ⁻¹] | 0 [43 kgmin ⁻¹] | -1.682 [-20 ⁰] | 65.37 (3.20) | 62.02 (1.75) | 36.29 (1.76) | 35.47 (2.50) | 0,59 (0.04) | 0,58 (0.04) |
| 14 | 0 [17.21 ms ⁻¹] | 0 [43 kgmin ⁻¹] | 1.682 [+20 ⁰] | 52.29 (3.13) | 36.12 (1.23) | 44.35 (3.07) | 33.07 (1.30) | 0,38 (0.03) | 0,57 (0.02) |
| 15 | 0 [17.21 ms ⁻¹] | 0 [43 kgmin ⁻¹] | 0 [0 ⁰] | 34.62 (3.40) | 29.35 (4.40) | 8.61 (0.47) | 19.25 (1.01) | 0,95 (0.02) | 0,76 (0.31) |
| 16 | 0 [17.21 ms ⁻¹] | 0 [43 kgmin ⁻¹] | 0 [0 ⁰] | 32.55 (1.08) | 31.41 (1.64) | 9.80 (0.21) | 21.50 (1.44) | 0,90 (0.01) | 0,74 (0.007) |
| 17 | 0 [17.21 ms ⁻¹] | 0 [43 kgmin ⁻¹] | 0 [0 ⁰] | 30.02 (1.08) | 27.21 (3.03) | 10.65 (0.04) | 19.43 (3.20) | 0,91 (0.02) | 0,78 (0.38) |
| 18 | 0 [17.21 ms ⁻¹] | 0 [43 kgmin ⁻¹] | 0 [0 ⁰] | 28.63 (1.54) | 31.90 (3.18) | 11.65 (0.63) | 20.25 (1.96) | 0,91 (0.04) | 0,77 (0.07) |
| 19 | 0 [17.21 ms ⁻¹] | 0 [43 kgmin ⁻¹] | 0 [0 ⁰] | 31.45 (2.13) | 27.04 (2.78) | 12.73 (0.07) | 18.19 (2.26) | 0,87 (0.02) | 0,81 (0.04) |
| 20 | 0 [17.21 ms ⁻¹] | 0 [43 kgmin ⁻¹] | 0 [0 ⁰] | 27.62 (0.38) | 29.90 (2.20) | 13.29 (0.35) | 20.68 (2.25) | 0,91 (0.46) | 0,77 (0.03) |

The numbers in brackets are the original level of the variables; the ones in parenthesis in the above table indicate the standard errors resulted from three replications. Non-overlapped CV (%) values are the ones the corresponds to the lowest overlapped CV values at the same swath width.

It is interesting that the first two terms entered into the model for each fertilizer are the same as seen above. For urea, the first two terms that entered into the model during stepwise regression analysis are X_3^2 (impeller angle) and $X_1X_2X_3$ (interaction of disc peripheral speed, flow rate and impeller angle). These terms make the highest contribution to explain the variation in CV (%) and skewing ratio. Just like urea, the TSP functions have the same structures since the first two terms, $X_1^2X_3$ (interaction of disc peripheral speed and impeller angle) and X_3^2 (impeller angle) are the same and they are the first two terms that entered into the models. It seems that the most

significant variable seems to be the impeller angle as also found by Parish (2003); Yıldırım (2006). The other two variables also play a significant role in both, CV (%) and skewing ratio since they were included in the models either as a main variable or in an interaction form with other two variables. The effects of variables on CV (%) and skewing ratio are depicted in Figure 1 thru 12 for fertilizers used in this study. As seen from the surface graphs, there are certain levels of the variables that make the CV (%) values lowest while the skewing ratio reaches the highest level.

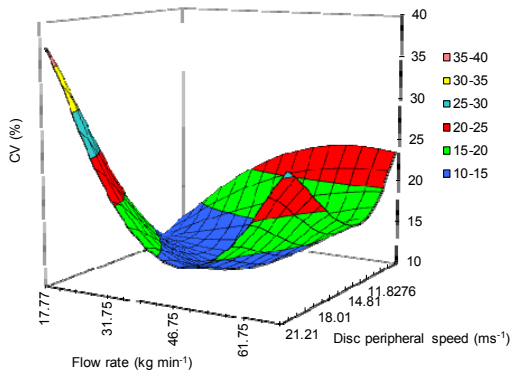


Figure 1. Variations in CV (%) as a function of flow rate and disc peripheral speed for urea (Impeller angle assumed at the center of CCD design, 0°)

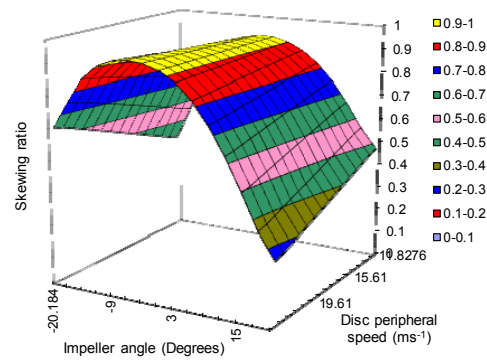


Figure 4. Variations in skewing ratio as a function impeller angle and disc peripheral speed for urea (flow rate assumed to be at the center, 43 kg min⁻¹)

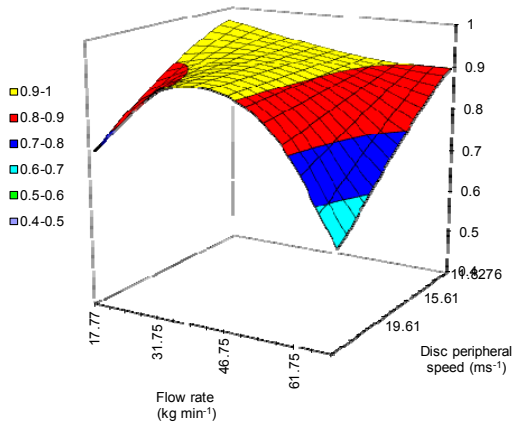


Figure 2. Variations in skewing ratio as a function of flow rate and disc peripheral speed for urea (Impeller angle assumed at the center of CCD design, 0°)

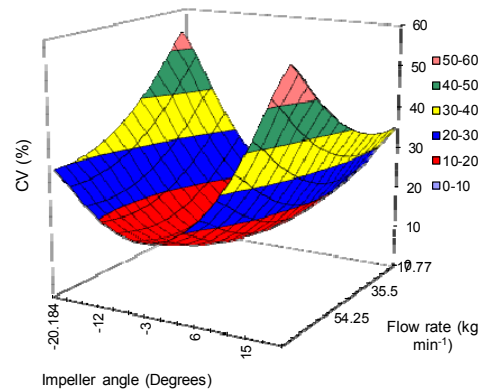


Figure 5. Variations in CV (%) as a function impeller angle and flow rate for urea (disc peripheral speed assumed to be at the center of CCD design, 17 ms⁻¹)

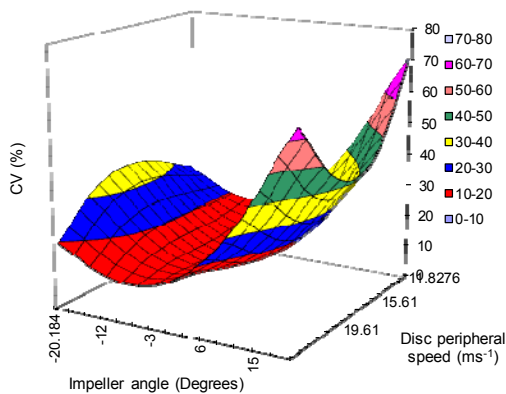


Figure 3. Variations in CV (%) as a function impeller angle and disc peripheral speed for urea (flow rate assumed to be at the center, 43 kg min⁻¹)

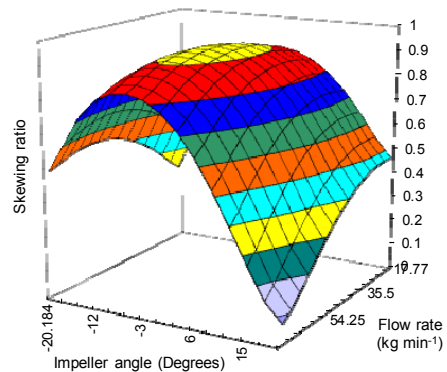


Figure 6. Variations in skewing ratio as a function impeller angle and flow rate for urea (disc peripheral speed assumed to be at the center of CCD design, 17 ms⁻¹)

Optimization of the Distribution Uniformity of a Single-Disc Granular Broadcast Spreader

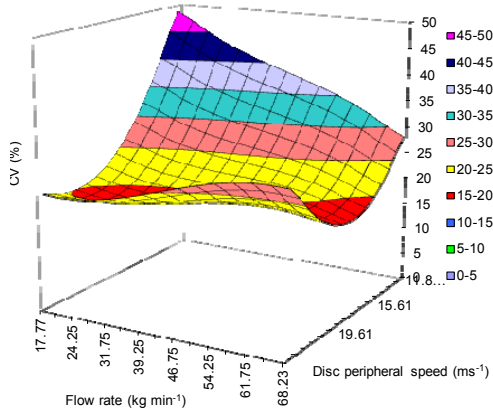


Figure 7. Variations in CV (%) as a function of flow rate and disc peripheral speed for TSP (Impeller angle assumed at the center of CCD design, 0°)

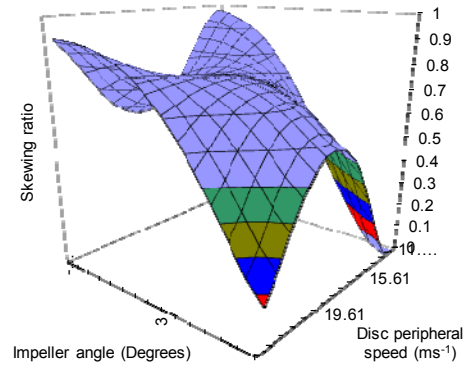


Figure 10. Variations in skewing ratio as a function impeller angle and disc peripheral speed for TSP (flow rate assumed to be at the center, 43 kg min⁻¹)

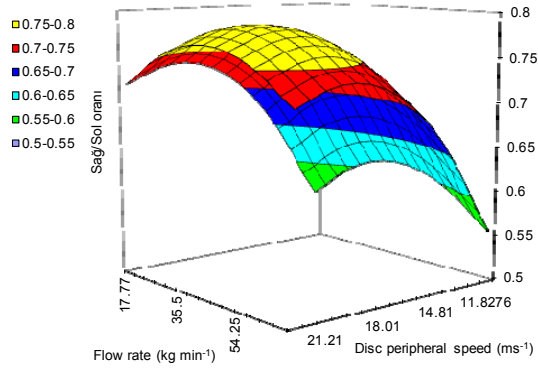


Figure 8. Variations in skewing ratio as a function of flow rate and disc peripheral speed for TSP (Impeller angle assumed at the center of CCD design, 0°)

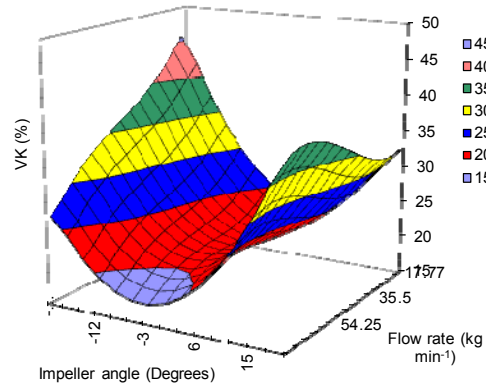


Figure 11. Variations in CV (%) as a function impeller angle and flow rate for TSP (disc peripheral speed assumed to be at the center of CCD design, 17 ms⁻¹)

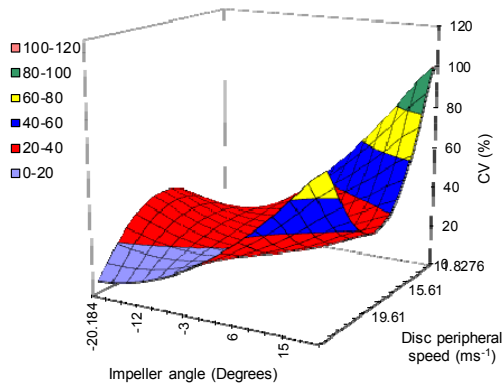


Figure 9. Variations in CV (%) as a function impeller angle and disc peripheral speed for TSP (flow rate assumed to be at the center, 43 kg min⁻¹)

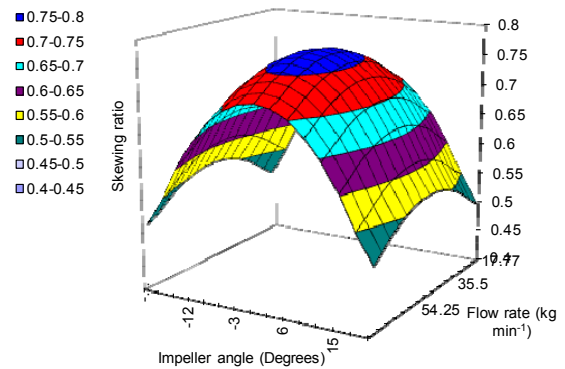


Figure 12. Variations in skewing ratio as a function impeller angle and flow rate for TSP (disc peripheral speed assumed to be at the center of CCD design, 17 ms⁻¹)

From the polynomial functions given above, the optimum level of the variables was found using mathematical software called Maple and a special code was written in the program in order to make the necessary calculations. The results for each fertilizer are tabulated in Table 3 and 4. As seen from the tables, there are three sets of optimum values of the variables that make the CV (%) minimum while two sets of variables that make the skewing ratios maximum for urea as shown in Table 3. The CV values as calculated are within a narrow range between 11.23 and 12.44 %. The skewing ratio values calculated at the optimum level of the variables are 0.99. The CV polynomial functions for TSP resulted in two sets of optimum level of the variables that make the CV around 20%. The skewing ratio model for TSP provided only one set of optimum level of the variables and the skewing ratio at these optimum points are around 0.9.

One of the steps in this type of RSM based optimization problems is to verify the optimum level of the variables and for this purpose some verification tests were achieved after calculating the optimum level of the variables and the findings from these tests are given in table 5 and 6 for urea and TSP, respectively. As seen from the tables, the optimum levels of the variables found from the CV (%) models are in good agreement as they were justified by the verification tests. It can be stated that disc peripheral

speed ranging between 15 and 17 ms^{-1} (corresponds to 470 and 540 rpm of PTO) and the flow rate between 32 and 55 kg min^{-1} and the impeller angle of -4 and 0° will provide the lowest CV (%) and maximized skewing ratio for urea. The values that make the CV values lowest but maximized for skewing ratio for TSP are ranging between 15 and 19 ms^{-1} (corresponds to (470 and 596 rpm of PTO) for the disc peripheral speed, 43 and 52 kg min^{-1} for the flow rate and -5 and -2° for the impeller angle.

In practice, different fertilizer rates (kg ha^{-1}) can be required and this can be achieved by changing the forward speed of the tractor rather than 8 km h^{-1} if the optimum flow rates found in this study are used.

The CV (%) values obtained in this optimization based study can be considered to be the lowest CV values that can be obtained for this type of a spreader. But, it should be kept in mind that any changes in construction such as using different impellers in shape, height or length, changes in drop point of the fertilizer etc. may help reducing these CV values and this will require expanding the study in terms of independent variables to be considered and conducting a response surface based study such as this one.

Table 3. Optimum values of the variables obtained from the prediction functions for urea

| Model | Variables (coded and uncoded values) | | | Predicted distribution uniformity values |
|-------------------------------------|--------------------------------------|-------------------------------------|--------------------------|--|
| | X_1 | X_2 | X_3 | |
| CV % Model (Equation 4) | 0.0223 [17.28 ms^{-1}] | 0.803 [55 kg min^{-1}] | -0.0997 [-1.1°] | 12.44* |
| | 0 [17.21 ms^{-1}] | 0 [43 kg min^{-1}] | 0 [0°] | 11.23* |
| | -0.396 [15.94 ms^{-1}] | -0.684 [32.7 kg min^{-1}] | 0.181 [2.1 $^\circ$] | 11.46* |
| Skewing ratio model (Equation 5) | -0.7053 [14.95 ms^{-1}] | 0.263 [46.9 kg min^{-1}] | -0.352 [-4.2°] | 0.994** |
| | -0.5663 [15.39 ms^{-1}] | -0.561 [34.5 kg min^{-1}] | -0.1 [-1.2°] | 0.993** |

*Calculated CV (%) from the model at optimum levels; **Calculated skewing ratio from the model at optimum levels

Table 4. Optimum values of the variables obtained from the prediction functions for TSP

| Model | Variables (coded and uncoded values) | | | Predicted distribution uniformity values |
|-------------------------------------|--------------------------------------|------------------------------------|-------------------------|--|
| | X_1 | X_2 | X_3 | |
| CV % Model (Equation 6) | 0.581 [19.06 ms^{-1}] | 0.633 [52.5 kg min^{-1}] | -0.282 [-3.3°] | 20.298* |
| | 0.451 [18.65 ms^{-1}] | 0.585 [51.7 kg min^{-1}] | -0.191 [-2.2°] | 20.292* |
| Skewing ratio model (Equation 7) | -0.555 [15.43 ms^{-1}] | 0 [43 kg min^{-1}] | -0.435 [-5.2°] | 0.892** |

*Calculated CV (%) from the model at optimum levels; **Calculated skewing ratio from the model at optimum levels

Table 5. Verification test* results for urea

| Model | Variables | Calculated performance values from the equations | CV values obtained from the verification tests (three replications) | Skewing ratio values obtained from the verification tests (three replications) |
|----------------------------------|--|--|---|--|
| CV % Model (Equation 4) | $X_1=0.0223$ [17.28 ms ⁻¹] $X_2=0.803$ [55 kg min ⁻¹] $X_3=-0.0997$ [-1.1°] | CV=12.44 % | 13.84 14.29 14.57 | 0.94 0.96 0.99 |
| CV % Model (Equation 4) | $X_1=0$ [17.21 ms ⁻¹] $X_2=0$ [43 kg min ⁻¹] $X_3=0$ [0°] | CV=11.23 % | 12.73 13.25 13.54 | 0.9 0.91 0.99 |
| CV % Model (Equation 4) | $X_1=-0.396$ [15.94 ms ⁻¹] $X_2=-0.684$ [32.7 kg min ⁻¹] $X_3=0.181$ [2.1°] | CV=11.463 % | 14.81 13.30 11.68 | 0.92 0.93 0.96 |
| Skewing ratio model (Equation 5) | $X_1=-0.705$ [14.95 ms ⁻¹] $X_2=0.263$ [46.9 kg min ⁻¹] $X_3=-0.352$ [-4.2°] | Skewing ratio: 0.994 | 13.88 13.10 13.65 | 0.90 0.98 0.96 |
| Skewing ratio model (Equation 5) | $X_1=-0.5663$ [15.39 ms ⁻¹] $X_2=-0.561$ [34.5 kg min ⁻¹] $X_3=-0.1$ [-1.2°] | Skewing ratio: 0.993 | 16.37 14.15 15.57 | 0.91 0.90 0.99 |

*Swath width in all verification tests was found to be 10.16 m

Table 6. Verification test* results for TSP

| Model | Variables | Calculated performance values from the equations | CV values obtained from the verification tests** (three replications) | Skewing ratio values obtained from the verification tests (three replications) |
|----------------------------------|---|--|---|--|
| CV % Model (Equation 6) | $X_1=0.581$ [19.06 ms ⁻¹] $X_2=0.633$ [52.5 kg min ⁻¹] $X_3=-0.282$ [-3.3°] | CV=20.29 % | 19.63 20.05 17.46 | 0.81 0.75 0.85 |
| Skewing ratio model (Equation 7) | $X_1=-0.555$ [15.43 ms ⁻¹] $X_2=0$ [43 kg min ⁻¹] $X_3=-0.435$ [-5.2°] | Skewing ratio: 0.892 | 18.20 18.00 15.90 | 0.77 0.77 0.81 |

*Swath width in all verification tests was found to be 10.16 m, **One set of optimum level of the variables was tested since optimum level of the variables given in Table 6 are similar.

CONCLUSIONS

This study demonstrated that the impeller angle is a significant constructional variable while the two operational related variables (disc peripheral speed and flow rate) affect the distribution uniformity. The CV (%) and skewing ratio as the indicators of the distribution uniformity are very sensitive and vary within a wide range once a small change is made in impeller angle.

REFERENCES

- ASABE Standards, S341.3, 2004. Procedure for Measuring Distribution Uniformity and Calibrating Broadcasts spreaders. St. Joseph, Mich.:ASAE.
- Box, G. E.P., N. Draper. 1987. Empirical Model-Building and Response Surfaces. John Wiley & Sons. New York. 669 p.
- Kolcu, İ. S. 2012. Tek Diskli Gübre Dağıtma Makinası Örneğinde Gübre Dağılım Düzgünlüğünün Tepki Yüzeyleri Metodolojisi Kullanılarak Optimizasyonu. E. Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Tarım Makinaları Anabilim Dalı, Bornova-İzmir

The performance tests for any manufactured fertilizer distributor can be tested by conducting an RSM based study since standard test procedures may not help finding the optimum level of the variables that result in finding the acceptable levels of CV (%) and skewing ratio.

- Søgaard, H.T., P. Kierkegaard. 1994. Yield reduction resulting from uneven fertilizer distribution. Transactions of the ASAE, 37(6): 1749-1752.
- Myers, R. H. 1971. Response Surface Methodology. Allyn & Bacon Inc., Boston, MA., USA, pp 246.
- Mennel, R. M., and A. R. Reece. 1963. The theory of the centrifugal distributor, III: particle trajectories. *J. Agric. Engng Res.* 8(1): 78–84.
- Güler, H. 1995. Ege Bölgesinde Yaygın Olarak İmal Edilen Tipte Örnek Bir Tek Diskli Mineral Gübre Dağıtma Makinasında Değişik Kanat Profillerinin Gübre Dağılımına Etkileri. E.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans tezi, 85 s, Bornova-İzmir.
- Yıldırım Y., M. Kara. 2003. Effect of Impeller Height on Distribution Uniformity in Rotary Fertilizer Spreaders With Different Flow Rates. *Applied Engineering in Agriculture.* 19 (1): 19-23.
- Yıldırım Y. 2006. Effect of Cone Angle and Revolution Speed of Disc on Fertilizer Distribution Uniformity in Single-Disc Rotary Fertilizer Spreaders. *Journal of Applied Sciences* 6 (14): 2875 - 2881.
- Parish R.L. 2003. Effect of Impeller Angle on Pattern Uniformity. *Applied Engineering in Agriculture.* 19(5): 531-533.
- Parish R.L. 2002. Rate Setting Effects on Fertilizer Spreader Distribution Patterns. *Applied Engineering in Agriculture.* 18(3): 301–304.

Çukurova Koşullarında İkinci Ürün Ekimi Öncesi Uygulanan Toprak İşleme Yöntemlerinin Yakıt ve Zaman Tüketimleri

M. Emin BİLGİLİ¹, Yasemin VURARAK¹, Uğur SEVİLMİŞ¹, Ali AYBEK²

¹Doğu Akdeniz Tarımsal Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü, Adana

²Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Biyosistem Mühendisliği Bölümü, Kahramanmaraş
Sorumlu yazar: eminbilgili@gmail.com

Received (Geliş Tarihi): 21.02.2017 Accepted (Kabul Tarihi): 20.04.2017

Özet: Bu çalışmada, Çukurova yöresinde buğday üretiminden sonra yaygın olarak uygulanan ikinci ürün yetiştiriciliği tarımındaki farklı toprak işleme yöntemlerinin yakıt ve zaman tüketimlerinin belirlenmesi amaçlanmıştır. Çalışmada, ekim öncesi geleneksel toprak işleme ve koruyucu toprak işleme yöntemlerinden biri olan anıza direkt ekim yöntemleri ele alınmıştır.

Araştırma, iki yıl süresince sululu koşullarda ve ikinci ürün mısır üretiminde yürütülmüştür. Tarla denemeleri ve çeşitli ölçümlerde elde edilen bulgular ve bu bulgulara ilişkin analiz sonucunda geleneksel II. ürün yetiştirmede gereksinim duyulan zaman 44.79 dak da⁻¹ ve tüketilen yakıt 5.5 L da⁻¹ iken koruyucu toprak işlemede ise bu değerler 26.08 dak da⁻¹ ve 3.56 L da⁻¹ olarak bulunmuştur. Ayrıca geleneksel toprak işlemede bir hektarda 53 km traktör izi oluşurken, minimum toprak işlemede bu değer %71.7 oranında azalarak 15.1 km'ye düştüğü belirlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Çukurova, koruyucu toprak işleme, ikinci ürün, zaman ve yakıt tüketimi

Fuel and Time Consumptions of Different Tillage Methods Applied Before Second Crop Planting in Cukurova Conditions

Abstarct: In this study, it was aimed to determine fuel and time consumption of different tillage methods under second crop conditions after wheat production in Cukurova region of Turkey. In this study conventional tillage method was compared with one of the conservation tillage method, direct seeding.

The research was carried out under irrigated second crop maize production conditions during two years. Traditional production required 44.79 min per ha time and 5.5 litre per ha fuel consumption while these values were 26.08 min per ha and 3.56 litre per ha with conservation tillage. In addition, while 53 km of tractor trail was observed in one hectare of traditional soil treatment, this value decreased by 71.7% to 15.1 km in minimum soil tillage.

Key words: Cukurova region, conservation soil tillage, second crop, time requirement, fuel consumption

GİRİŞ

Toprak işleme, tarımsal üretimde iş süreci zincirlerinden ilk ve en fazla zaman, enerji ve güç gereksinimi olan aşamadır. Günümüzde enerji darboğazı, birçok sektörde olduğu gibi tarımda da enerji korunmasını sağlayacak yolların aranmasını zorunlu duruma getirmiştir. Bu sebeple, Türkiye'de işlenen toprak büyüklüğü, uygulanan toprak işleme yöntemlerinin enerji korunumu açısından uygun yöntemlerin tercih edilmesi, ekonomi açısından önemlidir. Bunun gerçekleşmesi ise toprak işleme ve ekim işleri için en ekonomik ve etkili yöntemleri seçmekle olur. Bu bağlamda, koruyucu toprak işleme yöntemleri bu konuda başarılı sonuçlar verecek şekilde uygulamada yer almaktadır.

Çukurova yöresi topraklarının genel olarak; ağır bünyeli oluşu nedeniyle; toprak işleme çoğunlukla uygun koşullarda yapılamamaktadır. Ekim zamanında uygun toprak neminin yakalanabilmesi bazen çok zor olabilmekte veya uygulanan toprak işleme yönteminin uygun olmaması nedeniyle nemin korunması zorlaşmaktadır. Dolayısıyla ikinci ürün ekiminde anız ve anız yakılmasının yanısıra toprak tavi ve zaman kısıtı önemli problemlerdir. Hasat sonrasında anız yakmadan ekim ve dikim için uygun tohum yatağının hazırlanabilmesi amacıyla, uygun makine kombinasyonlarının belirlenmesi kaçınılmazdır.

Yörede yapılan bir çalışmada, ikinci ürün ekimi için yöre çiftçileri; çizel+goble disk+ I. diskaro+2. diskaro+yaylı kültivatör gibi makine kombinasyonun

oran olarak kullanımları düşükte olsa (%5) yinede çok büyük bir girdi gerektirir ayrıca tarla trafiğini artırmaktadır. Bunun dışında %63 oranında I.diskaro+2. diskaro kullanımı yüksek oranda kullanımı dikkat çeken bir başka olumsuz girdi olarak görülmektedir (Bilgili 2007).

Çukurova yöresinde yapılan bir araştırmada, biçerdöver ile buğday hasadı sonrasında anızlı tarlaya uygulanacak toprak işleme yöntemlerinin belirlenmesi ve sorunun sadece araştırmacılar tarafından tanımlanması değil, bunun yanısıra bu işlemi doğrudan gerçekleştirenlerin düşüncelerinin tanımlanması amaçlanmıştır. Sorunun sadece araştırmacılar tarafından tanımlanarak ona uygun çözümlerin üretilmesi, araştırmacı dışında kalan ortakların olaya nasıl baktıklarını bir anlamda göz ardı etmek olacaktır. Bu nedenle bu tip çalışmalarda işletmelerin sorunu nasıl tanımladığını bilmek açısından anket çalışmalarının önemi küçümsenemez. Genel olarak yörede, II. ürün ekim öncesi toprak işleme ve ekim döneminin son anına kadar girdi açısından yapılan tarımsal faaliyetler kısaca aşağıdaki gibi sıralanabilir: (Bilgili 2007).

I. SEÇENEK

- ✓ Sap - saman toplama ve/veya anız yakma
- ✓ Çizel
- ✓ Goble diskli tırmık
- ✓ Diskli tırmık (Diskaro)
- ✓ Tava yapma (toprak tavi yetersizse sulama için yapılan işlem),
- ✓ Alt gübre (diskli gübre dağıtma ya da ekim makinası ile)
- ✓ II. Diskaro
- ✓ Tapan (en az 2 kez uygulanır. Ancak 4-5 kez uygulayan çiftçilerde var),
- ✓ Low- tap makinesi (toprak tavının korunması ve tohum yatağının sıkıştırılması için),
- ✓ Ekim (mısır ekiminde yaygın olarak tek dane ekim uygulanmaktadır).

II. SEÇENEK

- Sulama (anızlı - anızı yakılmış tarlaya uygulanır),
- Goble diskli tırmık
- Diskli tırmık (Diskaro)
- Yaylı kültivatör
- Alt gübre (diskli gübre dağıtma yada ekim makinesi ile)

- Tapan (en az 2 kez uygulanır. Ancak 4-5 kez uygulayan çiftçilerde var),
- Low- tap makinesi (toprak tavının korunması ve tohum yatağının sıkıştırılması için),
- Ekim (mısır ekiminde yaygın olarak tek dane ekim uygulanmaktadır).

Anızın yakımı, doğal, fitolojik ve zoolojik unsurların tehlike ile karşı karşıya kalmasına neden olmaktadır. Bu çevre olayı kanunen yasaklanmasına karşın yeterince önemsenmemekte ve meydana gelen maddi kayıplar dikkate alınmamaktadır. Anız yakmanın nedenleri ve boyutu, maddi olarak ölçülemeyecek derecede büyüktür ve çeşitli sorunları da beraberinde getirmektedir. Tahıl, anız ve sapları, saman, ot alanlarının yakılması sonucunda kağıt hammaddesinin ve biyokütleden enerji elde eden sanayinin ham maddesinin yakıldığı söylenebilir.

Genelde polikültür tarımının yapıldığı bölge işletmelerinde, üreticiler yeniliklere açık olup ekonomik olanakları ölçüsünde modern tarım tekniklerini uygulamaya çalışmaktadırlar. Bitkisel üretimde, toprak işlemeden hasada ve hasat sonrası işlemlere kadar makinalaşma yaygındır. İşletmelerde bulunan başlıca alet ve makinalar; traktör, römork, pulluk, çizel, goble disk tırmık, diskli tırmık, kültivatör, tapan, diskli gübre dağıtma makinası ekim makinası, pülverizatör ve çapa makinalarıdır. Bölge için ekonomik önem taşıyan pamuk büyük oranda birinci ürün, çok az oranda ikinci ürün olarak yetiştirilmekte, mısır, soya, ayçiçeği gibi ürünler ise birinci ürün olabildiği gibi buğdaydan sonra ikinci ürün olarak da yetiştirilmektedir.

Bölgede yazlık birinci ürün ekim zamanı Nisan, hasat zamanı Eylül-Ekim'dir. İkinci ürünün ekim zamanı Mayıs'ın son haftası- Haziran (Haziranın son haftasına kadardır), hasat zamanı Ekim-Kasım'dır. Kışlık buğday ekim zamanı Kasım-Aralık ayının ikinci haftası, hasat zamanı ise Mayıs- Haziran'dır. Verilen bu ekim ve hasat tarihleri iklim koşullarına bağlı olarak 2 veya 3 haftalık kaymalar gösterebilmektedir (Anonim, 2017).

Bu çalışmada, fazla ayrıntı ve alet ekipman detaylarına girmeden koruyucu toprak işleme ve II. ürün yetiştirmesinde yakıt ve zaman tüketimleri hakkında genel bir perspektif sunulmaya çalışılmıştır.

MATERYAL ve YÖNTEM

Bu araştırma; Adana ili, Yüreğir Ovasında kurulan, Doğu Akdeniz Tarımsal Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü (DATAEM) deneme arazilerinde, "36° 51' 18" N ve 35° 20' 51" E" koordinatlarında yürütülmüştür.

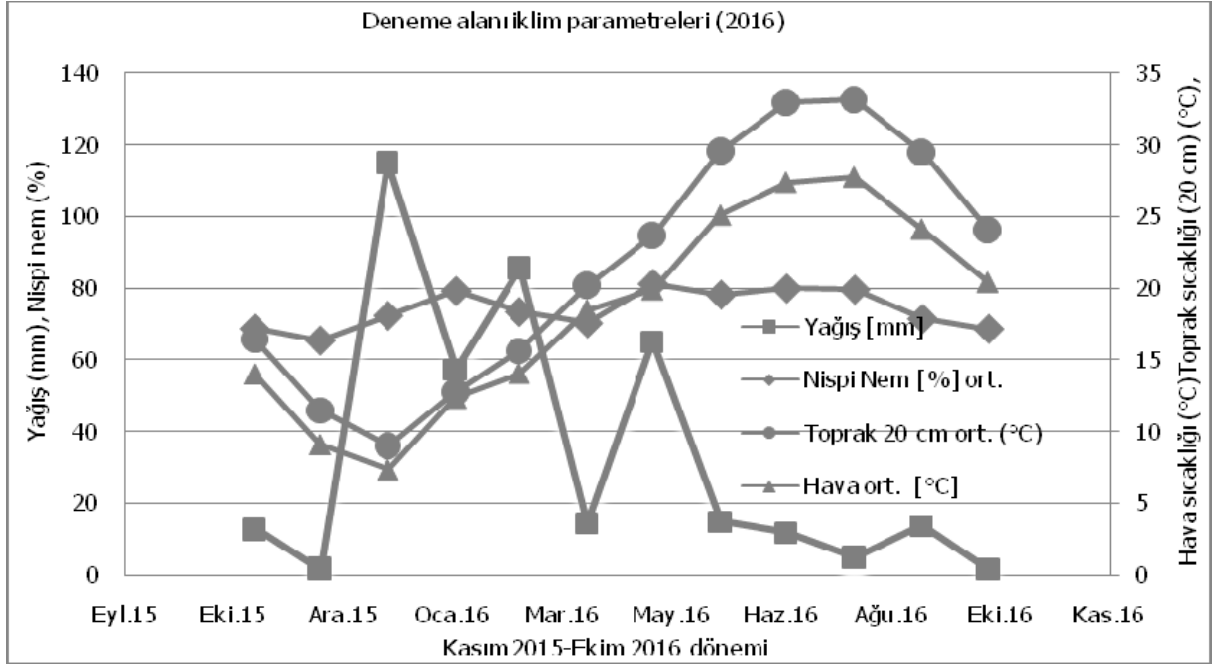
Araştırma yerinin iklim ve toprak özellikleri

Bölgede tipik Akdeniz iklimi görülür. Çukurova ve Toros'ların yakın eteklerinden oluşan kıyı kesiminde yazlar sıcak ve kurak, kışlar ılık ve yağışlıdır.

Deneme alanında 2015-2016 yılı üretim sezonunda gözlemlenen iklim parametreleri Şekil 1'de verilmiştir (Anonim 2016).

Deneme alanı topraklarının kimyasal ve fiziksel özellikleri Çizelge 1 ve 2'de verilmiştir (Tüzüner 1990).

İkinci ürün mısır üretiminde kullanılan ekipmanlar ve bazı karakteristik veriler Çizelge 3'te verilmiştir.



Şekil 1. 2015-2016 üretim sezonuna ait gerçekleşen iklim verileri

Figure 1. Climate data for 2015-2016 production season

Çizelge 1. Deneme alanı topraklarının kimyasal özellikleri (0-30 cm) (Mart 2016)

Table 1. Chemical properties of the experimental area (0-30 cm) (March 2016)

| Derinlik (cm) | Saturasyon (%) | Toplam Tuz (%) E.C. (dSm ⁻¹) | pH | Kireç (%) | Organik Madde (%) | Bitkiye Yararışlı | |
|---------------|----------------|--|------|-----------|-------------------|--|---|
| | | | | | | P ₂ O ₅ (kg da ⁻¹) | K ₂ O (kg da ⁻¹) |
| 0 - 30 | 55,50 | 1,05 | 7,60 | 13,43 | 1,28 | 5,60 | 90,15 |

Çizelge 2. Deneme alanı toprağı bünye analizi (fiziksel özellikleri) (0-30 cm) (Mart 2016)

Table 2. Soil structure analysis (physical properties) of experimental area (0-30 cm) (March 2016)

| Fiziksel Özellikleri | | Toprak Derinliği (0 - 30 cm) |
|----------------------|--------|------------------------------|
| Bünye analizi | % Kum | 32,4 |
| | % Silt | 35,5 |
| | % Kil | 31,5 |
| Bünye sınıfı | | Killi tın (CL) |

Çizelge 3. İkinci ürün mısır üretiminde kullanılan ekipmanlar

Table 3. Equipment used in the second crop maize production

| Parametreler | | Alet makina özellikleri | | |
|--------------|---------------------------|-------------------------|-------------------|--------------|
| | | İş gen. (cm) | Ünite sayı (adet) | İş der. (cm) |
| EKİPMANLAR | Çizel | 195 | 9 | 25 |
| | Goble diskli tırmık | 280 | 18 | 13 |
| | Diskli tırmık (Diskaro) | 220 | 22 | 15 |
| | Sırt listeri | 280 | 5 | 25 |
| | Sırt tapanı | 280 | 4 | 25 |
| | Sırt düzeltme | 280 | 4 | 5 |
| | Ekim makinası | 280 | 8 | 5 |
| | Çapa makinası | 255 | 3 | 10 |
| | Üst gübreleme | 280 | 1 | - |
| | Border sedde yapımı | 60 | 2 | |
| | Karık /kanal açma pulluğu | 70 | 1 | |
| | İlaçlama makinası | 1200 | 1 | |
| | Kanal kapatma | 70 | 1 | |
| | Hasat (Biçerdöver) | 420 | 1 | - |

Araştırmanın Yürütülmesinde Uygulanan Yöntem, Gözlem ve İşlemler

Çalışma ile ilgili bütün işlemler 862 no.lu TOPRAKSU Ana Projesi (1982) uyarınca Enstitü arazisi içinde bulunan 50 x 2,80 m ölçülerinde deneme parseli üzerinde ve buğday ikinci ürün mısır yetiştirme periyodu boyunca gerçek çalışma koşullarında yapılmıştır. En az üç ölçüm değerinin aritmetik ortalaması alınarak elde edilen ortalama yakıt tüketimi değerleri L da⁻¹ ve sarf edilen zaman dak da⁻¹ olarak belirlenmiştir (Anonim 1982).

Gerçek çalışma koşullarında buğday ikinci ürün mısır üretimindeki uygulamalar göz önüne alınarak; geleneksel ve alternatif yöntemler için aşağıdaki sistemler seçilmiştir.

Buğday üretiminde: Ana ürün mısır saplarının parçalanması + goble diskle sürüm + diskli tırmıkla ikileme + sırt listeri + sırt tapanı+ hububat ekim makinasıyla sırta ekim + tarımsal mücadele +hasat + balyalama,

Geleneksel, II. ürün mısır üretiminde: Buğday hasadından sonra; çizel + goble disk + diskli tırmık + sırt listeri + sırt tapanı + ekim + çapa +gübreli çapa makinası+ ilaçlama + sedde yapımı +ark açma ve kapama+ hasat+sap parçalama,

Alternatif, II. ürün mısır üretiminde: Buğday hasadından sonra; sırt düzeltme + ekim + çapa +gübreli çapa makinası+ ilaçlama + sedde yapımı +ark açma ve kapama+ hasat+sap parçalama şeklindedir.

Çalışma öncesi ve çalışmanın devamlılığı içerisinde bazı ölçümler de yapılmıştır. Çalışılan alana ilişkin fenolojik gözlemler alınmıştır. Toprak örnekleri çalışma öncesi alınmıştır. Kullanılan alet ve makinaların ayar durumları, teknik özellikleri ve çalışma şekli belirlenmiştir. İş derinliği ve iş genişlik ölçümleri, çalışma hızları dört tekrarlamalı olarak yapılmıştır.

ARAŞTIRMA BULGULARI

İkinci ürün mısır üretiminde kullanılan ekipmanlar ve deneme alanında ölçülen bazı karakteristik veriler Çizelge 4'te verilmiştir

Yapılan çalışma neticesinde, geleneksel yöntemde işlem sayısı 14 iken, alternatif yöntemde 9'a inmiştir. Yani iki yöntem arasında işlem sayısı bakımından %64'lük bir fark oluşmaktadır. İşlem sayısının azalmasıyla birlikte iş gücü gereksiniminin de azalmış olacağı söylenebilir. Geleneksel yöntemde toplam yakıt miktarı 5.50 L da⁻¹ iken, alternatif yöntemde bu değer 3.56 L da⁻¹'a inmiştir. Ayrıca tarla iş başarıları toplamları bakımından incelendiğinde geleneksel yöntemde 44.79 dak da⁻¹ iken, alternatif yöntemde bu değer 26.08 dak da⁻¹ olduğu görülmektedir.

Delibacak ve ark. (2003), Ege bölgesinde yürütülen çalışmada pulluk, kùltivatör, rotovatör, toprak işleme kombinasyonu, doğrudan ekim makinesi, rototiller ve bant işleme ile kışlık buğday ve II. ürün mısır rotasyonu yapmışlardır. 6 yıl süren çalışmada, ekim makinası ile doğrudan ekimin kontrol olarak alındığı parsellerde toprakların porozite ve hacim ağırlık değerleri rotovatör uygulanması ile olumlu yönde değiştiği belirlenmiştir. Bayhan ve ark (2001),

Tekirdağ ilinde II. ürün silajlık mısır tarımında uygulanan geleneksel yöntemlerin yerini alabilecek azaltılmış toprak işleme ve doğrudan ekim yöntemlerini karşılaştırmıştır. İki yıl tekrarlanan araştırmada, düşük yakıt tüketimi ve güç gereksinimi olan doğrudan ekim yönteminin veriminin diğer bazı yöntemlerden düşük olmasına rağmen en düşük ürün maliyetine sahip olması nedeniyle tercih edilebileceği ortaya çıkmıştır.

Çukurova yöresinde yapılan benzer bir araştırmada, 1990-1992 yıllarında Çukurova'da yaygın olarak ana ürün ve II. ürün mısır tarımında kullanılan tarım alet ve makinalarının zaman ve yakıt tüketim değerleri

belirlenmiştir. Standart parsellerden elde edilen sonuçlar çözümlenerek iş başarıları hesaplanmıştır. Ana ürün ve II. ürün mısır yetiştirilmede toprak işleme, tohum yatağı hazırlama, ekim ve benzeri işlemlerde kullanılan ekipmanların iş kapasiteleri sırasıyla pullukta 2.3 makina h ha⁻¹, goble diskli tırmıkta 0.77-0.90 makina h ha⁻¹, diskli tırmıkta 0.55-0.56 makina h ha⁻¹, pnömatik ekim makinasında 1.12-1.15 makina h ha⁻¹, gübre serpmek makinasında 0.94-0.90 makina h ha⁻¹, dolaplı sedde makinasında 0.35-0.29 makina h ha⁻¹, pülverizatörde 0.20-0.22 makina h ha⁻¹, biçerdöverde 1.09-1.17 makina h ha⁻¹ bulunmuştur (Toros 1993).

Çizelge 4. Kullanılan ekipmanlar ve deneme alanında belirlenen bazı karakteristik veriler

Table 4. The equipment used and some characteristics specified in the experimental field

| Parametreler | Alet makine özellikleri | | | Toprak | | KONULAR | | | | | | | | | | | | | |
|---------------|-------------------------|-------------------|------------|--------|------------|----------------|----------------|--|--------------------------|--|--|----------------|---------------|---|---|--|--|------|--|
| | İş geni.(cm) | Ünite sayı (adet) | İş der(cm) | Durumu | Geleneksel | | | | | Alternatif | | | | | | | | | |
| Bünye | | | | | Nem | İşlem sayısı | Yapılan İşlem. | Efektif iş verimi (da ha ⁻¹) | Sarf edilen yakıt (lt/h) | Tarla iş başansı (dak da ⁻¹) | Sarf edilen yakıt (lt da ⁻¹) | İşlem sayısı | Yapılan İşlem | Efektif iş verimi (da h ⁻¹) | Sarf edilen yakıt (lt h ⁻¹) | Tarla iş başansı (dak da ⁻¹) | Sarf edilen yakıt (lt da ⁻¹) | | |
| EKİPMANLAR | Çizel | 195 | 9 | 25 | CL | 20,2 | 1 | Toprak işleme | 9,3 | 5,9 | 6,45 | 0,66 | | | | | | | |
| | Goble diskli tırmık | 280 | 18 | 13 | | 18,1 | 1 | Toprak işleme | 9,62 | 5,8 | 6,24 | 0,60 | | | | | | | |
| | Diskli tırmık (Diskaro) | 220 | 22 | 15 | | 18,1 | 1 | Toprak işleme | 16,5 | 7,6 | 3,62 | 0,45 | | | | | | | |
| | Sırt listeri | 280 | 5 | 25 | | 13,3 | 1 | Sırt yapma | 22,5 | 14,2 | 2,70 | 0,63 | | | | | | | |
| | Sırt tapanı | 280 | 4 | 25 | | 13,2 | 1 | Tapan yapma | 24,8 | 8,68 | 2,40 | 0,35 | | | | | | | |
| | Sırt düzeltme | 280 | 4 | 5 | | 12,5 | | - | ... | ... | .. | ... | 1 | Sırt düzeltme | 22,50 | 14,2 | 2,70 | 0,63 | |
| | Ekim makinası | 280 | 8 | 5 | | 10,1 | 1 | Pnömatik mibz | 13,7 | 4,2 | 4,37 | 0,30 | 1 | Pnömatik mibz | 13,70 | 4,2 | 4,37 | 0,30 | |
| | Çapa makinası | 255 | 3 | 10 | | 13,1 | 1 | Çapalama | 14,83 | 4 | 4,03 | 0,24 | 1 | Çapalama | 14,83 | 4,0 | 4,03 | 0,24 | |
| | Üst gübreleme | 280 | 1 | - | | ... | 1 | G.çapa.makinası | 10,35 | 4,8 | 5,79 | 0,43 | 1 | Güb.çapa mak | 10,35 | 4,8 | 5,79 | 0,47 | |
| | Border/ sedde yap | 60 | 2 | | | 16,1 | 1 | Sedde makinası | 3100m | 6,2 | | 0,10 | 1 | Sedde makinası | 3100m | 6,2 | .. | 0,10 | |
| | Karık/ kanal açma | 70 | 1 | | | 19,3 | 1 | Karık/ kanal pull | 2300m | 6,8 | | 0,13 | 1 | Karık /kanal pull | 2300m | 6,8 | .. | 0,13 | |
| | İlaçlama makinası | 1200 | 1 | - | | | 1 | İlaç makinası | 25,6 | 4,2 | 2,30 | 0,15 | 1 | İlaç makinası | 25,60 | 4,2 | 2,30 | 0,23 | |
| Kanal kapatma | 70 | 1 | | 17,3 | 1 | Tesviye küreği | 2300m | 6,8 | | 0,13 | 1 | Tesviye küreği | 2300m | 6,8 | .. | 0,13 | | | |
| Hasat | 420 | 1 | - | | 1 | Biçerdöver | 8,7 | 11,5 | 6,89 | 1,33 | 1 | Biçerdöver | 8,70 | 11,5 | 6,89 | 1,33 | | | |
| TOPLAM | | | | | | | | | 90,7 | 44,79 | 5,50 | | | | 62,7 | 26,08 | 3,56 | | |

TARTIŞMA ve SONUÇ

Yoğun tarımsal üretimde, girdi kullanımı ve mekanizasyon gereksinimi artmaktadır. Kullanılan tüm girdiler prodüktivite artışına neden olmakla birlikte, aynı zamanda çevresel bozulmanın bir nedeni de olmaktadır. Yoğun tarımın bu olumsuz etkileri tarımsal üretimin sürdürülebilirliğini tehdit etmektedir. Sürdürülebilirlik, üretim sistemi ve çevrenin kalitesini bozmaksızın bugün olduğu gibi ve gelecekte de insanların gıda ihtiyacını karşılamaktır. Bu nedenle, çevre kalitesini bozmayan veya koruyan bir amenajman sistemi geliştirilmelidir (Gajri ve ark., 2002).

Mısır bitkisinin anıza ekimi Çukurova'da, kısıtlı zaman, yabancı ot ve zararlılar, toprak nemi ve aşırı sıcakların etkisi gibi sıkıntılı durumlarla beraber, iri tohumlu olması ve tohum yatağının durumundan aşırı oranda etkilenmesi gibi durumlar da vardır. Tohum yatağından kaynaklı veya toprak üstü sorunlardan dolayı mısır bitkisi çıkışı, soya, pamuk gibi ürünlere göre zorlanmaz. Ancak anız yakılmasının önüne geçilebilmesi için pratik ekim yöntemlerinin üreticilere sunulması gerekmektedir.

Literatüre ve yapılan hesaplara göre, geleneksel toprak işlemede bir hektar alanda 53 km traktör izi oluşurken, minimum toprak işlemede bu durum 15,1 km ye düşmektedir (Gökçebay, 1983). Yani bu oran %71,7 kadar azalmaktadır. Dolayısıyla enerji korunması ve diğer giderlerin de bu oranda azalış göstereceği söylenebilir. Traktör izinin toprakta yarattığı olumsuz etkiyi azaltmak için iki yöntem önerilebilir:

LİTERATÜR LİSTESİ

- Anonim, 2016. Doğu Akdeniz Tarımsal Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü. Meteoroloji istasyonu verileri. Adana
- Anonim, 2017. <http://ziraat.euc.edu.tr/~istrot/> Erişim; Mart 2017
- Anonim, 1982. TOPRAKSU Ana Projesi, Proje no: 862. Tarım Alet ve Makinalarının İşletme Değerleri, Uygunluk Derecelerinin Saptanması ve Geliştirilmesi Rehberi. Eskişehir.
- Bayhan, Y., Gönülol, E., Yalçın, H., Kayışoğlu, B., 2001. İkinci Ürün Silajlık Mısır Tarımında Azaltılmış Toprak İşleme ve Doğrudan Ekim Uygulamaları, Tarımsal Mekanizasyon 20. Ulusal Kongresi, 13-15 Eylül, Şanlıurfa.
- Bilgili. M.E, 2007. Çukurova Yöresinde İkinci Ürün Ekimi Öncesi Uygulanan Toprak İşleme Yöntemlerinin Araştırılması (Tarsus Yöresi Örneği).2. Koruyucu Toprak İşleme Ve Doğrudan Ekim Çalıştayı. Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarım Makinaları Bölümü. Bomova-İzmir

1. Tarlada traktör iz sayısını azaltmak,
2. Traktör lastiklerini büyüterek ve lastik basıncını düşürerek birim alana düşen basıncı düşürmek.

Tarla bitkileri üretiminde, tarımsal mekanizasyon yatırımlarından kaynaklanan giderler, toplam üretim giderleri içerisindeki en yüksek paya sahiptir. Bu nedenle, traktör ve tarım makinaları kullanımından kaynaklanan bu giderlerin mümkün olduğunca azaltılabilmesi işletmenin kârlılığı açısından oldukça önemlidir. Özellikle toprak işleme makinaları kullanımından kaynaklanan üretim giderlerinin azaltılması ve birim alandan elde edilecek kazancın artırılmasını sağlayacak yeni yöntemlerin araştırılarak uygulamaya sokulması gerekmektedir.

Sorunun temelinde, iklim faktörünün olumlu olmasına rağmen; ikinci ürün ekiminde -bitkinin gelişim döneminde- zamanın kısıtlı olması ayrıca toprak tavinin çok önemli olması nedeniyle çiftçi bir an önce ekim yapmak istemektedir. Hasat makinesinin biçme sistemindeki olumsuz etkisi neticesinde; arta kalan anızın, ikinci üründe büyük olumsuzluklar oluşturduğu bilinmektedir. Bu tür olumsuzluklara karşın;

- Anıza doğrudan ekim makinasının yörede yaygın olmayışı,
- Çiftçinin eğitim-bilinç düzeyinin düşük olması,
- Üretim girdi maliyetleri açısından ve çevreye zarar verebilecek düzeyde olması sayılabilir.

Sonuç olarak, sürdürülebilir tarım için ve özellikle II. ürün ekimi için bir an önce anıza ekim makinalarının geliştirilmesi kaçınılmaz olmuştur.

- Delibacak, S., Okur, B., Yalçın, H., 2003. Toprak İşleme Teknikleri ile Toprağın Fiziksel Özellikleri Arasındaki İlişkiler, Koruyucu Toprak İşleme ve Doğrudan Ekim Çalıştayı, 23-24 Ekim, İzmir.
- Gajri, P.R., Arora, V.K., Prihar, S.S, 2002. Tillage for Sustainable Cropping. Food Products Press, Binghamton, NY 13904-1580, 195 p.
- Gökçebay, B, 1983. Minimum Toprak İşleme Tekniği. Türkiye Ziraat Donatım Kurumu Mesleki Yayınları. Ankara
- Toros, H, 1993. Tarsus Yöresinde Ana Ürün ve 2. Ürün Mısır Tarımında Kullanılan Alet Ve Makinaların Yakıt, Zaman Tüketimleri ve İş Başarıları. Genel yayın no:187 seri no.:121 Tarsus.
- Tüzüner. A, 1990. Toprak ve su analiz laboratuvarları el kitabı. KHGM yayınları, Ankara.

Damla Sulama Sistemlerinde Kullanılan Hidrosiklon Filtrelerde Basınç Kaybı ve Ayırma Etkinliğinin Hesaplamalı Akışkanlar Dinamiği (HAD) Yöntemi ile Belirlenmesi

Vedat DEMİR, Hüseyin YÜRDEM, Tuncay GÜNHAN, Arzu YAZGI
Ege Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarım Makinaları ve Teknolojileri Mühendisliği Bölümü
Bornova/İzmir
Sorumlu yazar: vedat.demir@ege.edu.tr

Geliş Tarihi (Received): 24.02.2017

Kabul Tarihi (Accepted): 21.04.2017

Özet: Bu çalışmada, damla sulama sistemlerinde kullanılan hidrosiklon filtre içindeki toplam basınç kaybı ve partikül hareketine bağlı ayırma etkinliği değerlerinin, Hesaplamalı Akışkanlar Dinamiği (HAD) yöntemiyle ortaya konulması amaçlanmıştır. Bu amaçla, E.Ü. Ziraat Fakültesi Tarım Makinaları ve Teknolojileri Mühendisliği Bölümü'ndeki Pompa Deneme ve Araştırma Laboratuvarında basınç (yük) kayıp denemeleri temiz su kullanılarak gerçekleştirilmiş olan 2", 2½", 3" ve 4" giriş ve çıkış çapına sahip toplam 8 adet hidrosiklon filtre kullanılmıştır.

Laboratuvar denemelerinde kullanılan her bir filtrenin tüm boyutları dikkate alınarak katı modelleri oluşturulmuş ve farklı sınır koşulları için RNG k-ε Model, Realizable k-ε Model ve Reynolds Gerilme Modeli (RSM) türbülans modelleri dikkate alınarak akış analizleri Hesaplamalı Akışkanlar Dinamiği (HAD) yazılımı ANSYS Fluent 16.2 yardımıyla gerçekleştirilmiştir. Analizler sonunda, farklı değerlerde ölçülen basınç kayıp değerlerini genel olarak en iyi tahminleyen model, Reynolds Gerilme Modeli (RSM) olmuştur. Bu model ile ayırma etkinliği değerlerine ilişkin simülasyon çalışmaları gerçekleştirilmiş ve yeni dizayn edilen bir hidrosiklon filtrede simülasyon çalışmaları ile partikül ayırma etkinliğinin belirli bir doğrulukla ortaya konulabileceği sonucuna ulaşılmıştır.

Anahtar kelimeler: Filtrasyon, basınç kaybı, hidrosiklon, ayırma etkinliği, türbülans modelleri

Determination of Pressure Loss and Separation Efficiency of Hydrocyclone Filters used in Drip Irrigation Systems by Using Computational Fluid Dynamics (CFD) Method

Abstract: The objective of this study was to determine the total pressure loss and the separation efficiency due to particle movement in hydrocyclone filters used in drip irrigation systems by employing Computational Fluid Dynamics (CFD) method. For this purpose, eight hydrocyclone filters which are commonly used in drip irrigation systems with 2", 2½", 3" and 4" inlet and outlet diameters were considered. Pressure loss tests of these filters were carried out with clean water in the Pump Experiment and Research Laboratory of the Department of Agricultural Engineering & Technology in the Agricultural Faculty of Ege University. Solid models were drawn by considering all dimensions of each filter used in laboratory experiments. In the models, flow analyzes were carried out considering different boundary conditions and RNG k-ε Model, Realizable k-ε Model and Reynolds Stress Model (RSM) turbulence models by using Computational Fluid Dynamics (CFD) software ANSYS Fluent 16.2. Based on the analyzes, generally the Reynolds Stress Model (RSM) was found to be the closest prediction model for the pressure loss values measured at different flow rates. Simulation studies were carried out with this model for separation efficiency, and it was concluded that the particle separation efficiency for a new designed hydrocyclone filter can be approached with certain accuracy by simulation studies.

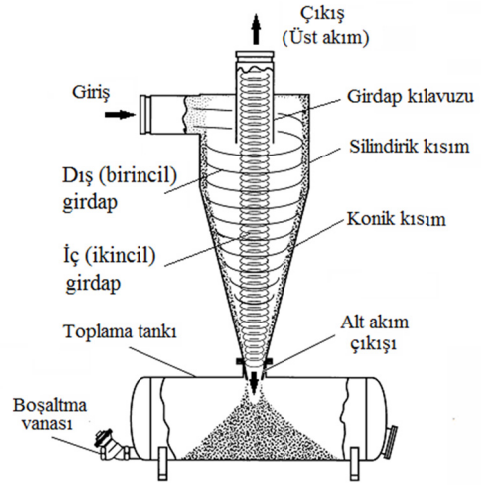
Key words: Filtration, pressure loss, hydrocyclone, separation efficiency, turbulence models

GİRİŞ

Damla sulama sisteminin en önemli elemanı olarak kabul edilen damlatıcılar, su geçiş bölgelerinin küçük olması nedeniyle; fiziksel (su ile taşınan partiküller-kum, silt, organik maddeler, çer-çöp), kimyasal (çökeltme) ve biyolojik (bakteri ve alg) faktörler nedeniyle tıkanmaya elverişlidir (Bucks et al., 1979). Damlatıcıların tıkanması, arazideki su dağılımını bozmakta, bozulan su dağılımı ise ürün kalitesinde ve miktarında kayıplara yol açmaktadır. Bunun yanında, enerji kullanımında ve sistemin bakım maliyetlerinde artışlar da sözkonusudur. Etkili bir filtrasyon işlemi, sistemin başarısı için oldukça önemlidir. Bu nedenle, damla sulama sistemlerinde son derece önemli olan tıkanmanın, özellikle de kısa sürede ortaya çıkabilecek fiziksel tıkanmanın mutlak surette önlenmesi amacıyla filtre kullanılması gerekmektedir.

"Filtrasyon", su içinde bulunan askıdaki katı maddelerin fiziksel özelliklerinden yararlanılarak ayrılması olarak tanımlanır. Ancak, askıdaki katı maddelerin damla sulama sistemlerinde kullanılan sulama suyundan tamamen ayrılması, çok yüksek maliyetlere neden olduğundan pratik değildir (English, 1985; Gilbert and Ford, 1986). Bu nedenle sulama sisteminde, en azından kabul edilebilir partikül çaplarına kadar olan katı maddelerin ayrılmasını sağlayacak filtrasyon sisteminin yer alması gerekmektedir. Sistemin kontrol ünitesinde yer alan birincil (granül filtreler ve santrifüj kum ayırıcılar-hidrosiklon) ve ikincil (elek ve disk) filtreler, damlatıcıların kısa sürede fiziksel olarak tıkanmasını engellemekte ve korunmasını sağlamaktadır.

Hidrosiklon; silindirik ve konik kısım, girdap kılavuzu, akışkan girişi, yukarı akım çıkışı ve aşağı akım çıkışı ile toplama tankı kısımlarından oluşur. Hidrosiklon filtrelerde ayırma işlemi, santrifüj ve yerçekimi kuvvetlerinin etkisi ile gerçekleşmektedir. İçinde kum tanecikleri ve/veya katı partiküller bulunan süspansiyon, hidrosiklon filtrenin silindirik kısımda bulunan giriş borusundan teğetsel olarak belirli bir basınç ve hız altında girer. Süspansiyon, filtrenin yapısal özelliği nedeniyle dönme hareketi kazanır ve hidrosiklonun iç yüzeyi boyunca bir girdap oluşturarak aşağıya doğru iner. Dönme hareketi, hidrosiklon içinde önce dış (birincil) girdabı, sonra da iç (ikincil) girdabı oluşturur (Şekil 1).



Şekil 1. Hidrosiklonun başlıca parçaları, akış ve ayırma yöntemi (NetafimUSA, 2016)

Figure 1. The components of a hydrocyclone filter, flow and separation method (NetafimUSA, 2016)

Birincil girdapta akış ve akış içindeki büyük partiküller, santrifüj ve yerçekimi kuvvetleri ile oluşan hızlara bağlı olarak değişen bir yörünge izleyerek aşağı doğru yönlendirilir. Hidrosiklonun konik kısmının alt bölümünde sıkışan akış, orta bölümden iç (ikincil) girdabı oluşturarak ortadan yukarıya doğru yükselmeye zorlanmaktadır. Akışın yükselmesi sırasında genel olarak akışkan içindeki belirli çaptan büyük partiküller konik kısmın alt ucundan çıkış yaparlar. Aşağı akım olarak bu kısımdan çıkan partiküller, iri ve/veya ağır olduklarından tabanda kalmakta ve tabana yerleştirilen bir toplama tankına dolmaktadır. Genel olarak akışkan içindeki belirli çaptan büyük partiküllerden arındırılmış akışkan, hidrosiklonun orta bölümündeki iç girdabı takip ederek girdap kılavuzu içinden yukarı akım ile hidrosiklon üzerinden sisteme iletilir (Rietema, 1962; Bradley, 1965; Svarovsky and Thew, 1992; Demir ve Uz, 1994; Napier-Munn et al., 1996; Rushton et al., 2000; Svarovsky, 2000; Chu et al., 2002; Holdich, 2002; Concha, 2007)

Bir hidrosiklon filtrenin tasarımı, minimum basınç kaybı ve maksimum partikül ayırma etkinliğini doğrudan etkilemektedir. Bu nedenle hidrosiklon filtrenin tasarımı üzerinde farklı matematiksel teorik modeller, deneysel ve benzeşim yöntemleri kullanılarak yoğun çalışmalar yapılmıştır.

Matematiksel modeller, tasarım parametrelerinin değişimine bağlı olarak sistem değişkenlerinin etkisini önceden tahminlemek üzere geliştirilmiş matematiksel eşitlikler olarak tanımlanabilir. Hidrosiklon çok basit bir tasarıma sahip olmasına ve işletme kolaylığına rağmen, çok sayıda tasarım ve işletme değişkenine sahip olduğundan, performansının belirlenmesi oldukça karmaşıktır. Hidrosiklonlarda/siklonlarda akış mekanizmasının karmaşıklığı nedeniyle, akış ve ayırma süreçlerini matematiksel olarak ifade edebilmek için araştırmacılar, hem teorik hem de ampirik birçok modelleme çalışması ortaya koymuştur (Plitt, 1976; Svarovsky and Thew, 1992; Asomah and Napier-Munn, 1997; Nageswararao et al., 2004; Wang, 2004; Kraipech et al., 2006; Narasimha et al., 2007; Martinez et al., 2008). Bu modellerin geliştirilmesi, denemelerden elde edilen sonuçlarla ilişkilendirildiğinden, model çalışma aralığı deneme limitleriyle sınırlı kalmaktadır. Bu nedenle, çoğu durumda ampirik modeller, tek bir hidrosiklon veya kullanıcı gereksinimlerini karşılamak üzere bütün bir tesisin dizaynında güvenilir şekilde tahminleme amacıyla kullanılamamaktadır (Kraipech et al., 2006). Bu kapsamda daha genel kullanılabilecek modeller üzerinde çeşitli çalışmalar yürütülmüştür.

Yurdem et al. (2010), Türkiye'de imal edilen damla sulama sistemlerinde kullanılan metal gövdeli bazı hidrosiklon filtrelerin farklı debilerdeki yük kayıplarının tahmininde kullanılabilecek bir matematiksel modeli, Buckingham pi-teoremini kullanarak, boyutsal analiz yöntemiyle ortaya koymuşlardır. Giriş ve çıkış çapları 2", 2½", 3" ve 4" olan farklı teknik özelliklere sahip 21 adet hidrosiklon filtre için ölçüm sonuçlarından elde edilen yük kayıp verileri ile tahminleme katsayısı %98.1 olan bir model elde etmişlerdir. Ayrıca geliştirilen matematiksel model, literatürdeki diğer modeller ile karşılaştırılarak, modelin uygunluğunu göstermişlerdir.

Şahin Kılavuz (2007), atmosfere açık çalışan 25 ve 50 mm çaplı hidrosiklonlarda işletim değişkenlerinin (siklon çapı, girdap kılavuzu çapı, aşağı akım çıkış çapı, besleme katı konsantrasyonu, basınç) ayırma etkinliğine etkisini incelediği çalışmada, geliştirilmiş ampirik modellerin küçük çaplı hidrosiklonlarda kullanılabilirliğini test etmiştir. Bu modellerin küçük çaplı siklonlarda ayırma etkinliği eğrisini düzeltmede başarılı olmadığını belirlemiş ve bulduğu sonuçların

literatürde verilen sonuçlar ile aynı doğrultuda olmakla birlikte, model parametrelerinin niceliksel olarak farklı olduğunu belirtmiştir.

Hidrosiklonlarda tasarım amacıyla ampirik modellerin yanı sıra, teoriye dayalı veya ampirik ve teorik yaklaşımların birleşiminden oluşan modeller kullanılabilmektedir (Şafak, 2005). Ancak, teorilere dayalı ve ampirik modellerin çoğu basınç kaybını ve ayırma etkinliğini farklı çalışma şartlarında yüksek doğrulukla tahminleyememektedir (Chen et al., 2000). Bu olumsuz durumu ortadan kaldırabilmek adına hidrosiklonlarda tasarım amacıyla ampirik veya teoriye dayalı modellerin yanı sıra, özellikle bilgisayar destekli mühendislik yöntemi olan Hesaplamalı Akışkanlar Dinamiği (HAD) yöntemiyle de farklı akış modelleri kullanarak iki veya üç boyutlu çeşitli çözüm çalışmaları üzerinde durulmaktadır. Son yıllarda yapılan bu çalışmalarda, simülasyon sonuçlarının deneysel sonuçlara önemli düzeyde yakınlık göstermesi bu tekniğe olan ilginin artmasına neden olmaktadır. Ancak bu konuda yapılan çalışmaların çoğu sıvı sistemlerden ziyade hava içerisindeki partiküllerin siklonlar ile ayrılmasına yönelik olmuştur (Gimbun et al., 2005; Kaya ve Karagöz, 2007; Elsayed and Lacor, 2009). Sıvı sistemlerle ilgili çalışmalar ise, daha çok küçük gövde çapına sahip hidrosiklonlarda, kimya, petrokimya ve madencilik alanında yoğunlaşmıştır.

He et al. (1999), hidrosiklonlarda akışın ve ayırma etkinliğinin üç boyutlu sayısal analizini gerçekleştirmiş ve analiz sonuçlarını, Dabir (1983) tarafından gerçekleştirilen 76 mm gövde çapına sahip olan ve katı partikül içermeyen suyla çalıştırılan hidrosiklon deneme sonuçlarıyla ve Hsieh (1988) tarafından gerçekleştirilen 75 mm gövde çapına sahip olup üç farklı sıvıyla çalıştırılan hidrosiklon deneme sonuçlarıyla karşılaştırmıştır. Analizlerde türbülans, basınç kaybı eşitliğinde deneysel bir katsayıyla eğri düzeltme teriminin eklendiği bir Realizable k-ε modeliyle açıklanmıştır. Standart k-ε modelinin akış koşulları için yanlış tahminlemeler verdiği görülmüştür. Realizable k-ε modelini kullanarak yapılan üç boyutlu hesaplamalar deneysel verilerle iyi bir uyum göstermiştir. Wang et al. (2009), 150 mm gövde, 30 mm ayırma bölümü taban ve 50 mm çıkış borusu çapına sahip olan ve suyağ süspansiyonundan katı partiküllerin ayrılmasında kullanılan bir hidrosiklondaki sıvı-katı akış alanını HAD tekniğiyle simüle etmek amacıyla, Euler-Euler yaklaşımı

ve Reynolds Gerilme Modeli (RSM)'ni kullanmışlardır. Çalışmada deneysel veriler ile simülasyon sonuçları arasında iyi bir uyum olduğu ve çalışma aralığı içinde katı-sıvı ayrımının esas itibarıyla hidrosiklonun konik kısmında gerçekleştiği ifade edilmiştir.

Bhaskar et al. (2007), çamur sıvısından katı partiküllerin ayrılmasında kullanılan, 76 mm gövde çapında dört farklı hidrosiklon örneğinde, HAD simülasyonunun kullanılabilirliğini ortaya koymuştur. Çalışılan standart k- ϵ , RNG k- ϵ ve RSM türbülans modelleri arasında, RSM modelinin deneysel sonuçlara en yakın tahminlemeleri verdiği görülmüştür. Sonuçlar, giriş besleme basıncının siklon içerisindeki kütle akışı üzerinde ve konik kısmın taban çapının ise kütle çıkış oranı üzerinde etkiye sahip olduğunu göstermiştir.

Delgadillo and Rajamani (2005), kireçtaşı ihtiva eden çamur sıvısından katı partiküllerin ayrılmasında kullanılan ve 75 mm gövde çapı ile 12.5 mm ayırma bölümü taban çapına sahip hidrosiklon örneğinde, alt ve yukarı akım kütle ayrılma oranı, eksenel ve teğetsel hızların tahmini için RNG k- ϵ modeli, RSM ve LES modellerini karşılaştırmışlardır. Çalışmada, LES modelinin türbülansın bazı ayrıntılı özelliklerini üretebildiğini, diğer iki modele göre deneysel verileri daha iyi tahminleyebildiğini ve partikül boyut dağılım eğrisini de doğru şekilde ortaya koyabildiğini belirtmişlerdir.

HAD tekniğiyle, hidrosiklonlarda zamana bağlı, dinamik analiz gerçekleştiren Neesse and Dueck (2007), 40 mm gövde çapına sahip, suyun bulunduğu hidrosiklona ayrı ayrı farklı büyüklükte partiküller içeren süspansiyonlar ilave ederek üç boyutlu ve giriş kısmını basitleştirerek iki boyutlu analiz yapmışlardır. Büyük partiküllerin siklonunda kalma süresinin daha uzun olduğunu ve Realizable k- ϵ modelinin ayırma etkinliğine uygun bir model olduğunu belirtmişlerdir.

Shojaeefard et al. (2006), giriş çapı 30 mm, çıkış çapı 36 mm olan atmosfere açık çalışan hidrosiklonun HAD tekniğiyle üç boyutlu modelini oluşturmuş ve ayrık faz modeli (Discrete Phase Model, DPM) kullanarak suyun içine kum partiküllerini ilave etmişlerdir. RNG k- ϵ modeli kullanılarak yapılan analiz sonucunda elde edilen giren ve çıkan suyun ve kumun kütleli debi değerlerinin denemeyle elde edilen değerlere yakın olduğu görülmüştür. Çalışma sonucunda, partikül boyutu arttıkça ayırma etkinliğinin de arttığı belirlenmiştir.

Kaya ve Karagöz (2007) çalışmalarında aynı giriş hızında ve hücre sayısındaki siklon için türbülans modelleri ve duvar fonksiyonlarını karşılaştırmıştır. Elde edilen sonuçlar literatürdeki mevcut deneysel ve nümerik sonuçlar ile karşılaştırılarak literatürde girdaplı akışlar için gerçek sonuçlardan belirli sapmalar altında doğru sonuçlar verdiği kabul edilen Standart k- ϵ ve RNG k- ϵ türbülans modelleri ile RSM standart duvar fonksiyonu ve Non-equilibrium duvar fonksiyonları yaklaşımları ile çözülmüş ve karşılaştırılmıştır. Yapılan nümerik analizler sonucunda, türbülans modelleri ve kullanılan duvar fonksiyonlarına bağlı olarak eksenel ve teğetsel hız değişimleri, oluşan basınç düşümü ve türbülans büyüklükleri incelenmiştir. Duvar fonksiyonlarında belirgin bir fark olmasa bile, özellikle eksenel hızın hesabında RSM türbülans modelinin oldukça başarılı olduğu ifade edilmiştir.

Davailles et al. (2012), katı-sıvı ayrımında kullanılan, gövde çapları 75 ve 100 mm, giriş-çıkış çapları 25 ve 33 mm olan atmosfere açık çalışan iki farklı hidrosiklonun, yarı ticari bir HAD yazılımıyla üç boyutlu analizini yapmışlardır. k- ϵ ve RSM türbülans modelleriyle yapılan analiz sonuçlarını, gerçekleştirilen deney sonuçlarıyla ve literatür verileriyle karşılaştırmışlardır. RSM modeliyle elde edilen sonuçların deneysel sonuçlara yakın olduğu ve hız profiline, hidrosiklon içindeki girdaplı akışı açıklayan en iyi kriter olduğu sonucuna ulaşmışlardır.

Siklon ve küçük boyutlu, alttan atmosfere açık hidrosiklonlar konusunda, teorik ve deneysel çalışmaların yanı sıra simülasyona dayalı olarak kullanılan akış analiz yöntemlerinden HAD yönteminin kullanıldığı çeşitli çözüm çalışmalarında; genel olarak iki veya üç boyutlu farklı akış modelleri oluşturularak, bu tür siklon ve hidrosiklonlarda akış alanı içerisindeki hız dağılımının, yük kayıplarının ve ayırma etkinliğinin tahminlemesi üzerinde yoğunlaşmıştır. Ancak, damla sulama sistemlerinde kullanılan büyük giriş-çıkış ve gövde çapına sahip, tamamen kapalı sistemde çalışan hidrosiklon filtrelerle ilgili bilgisayar destekli simülasyona dayalı bir çalışmaya rastlanmamıştır. Bu tip hidrosiklonlarda, yüksek debiler, çok geniş partikül sınırları ve ayırma etkinliği çalışmalarının yoğun ve zaman alıcı olması nedeniyle deneysel çalışmalar da çok sınırlıdır. Bu çalışmada, damla sulama sistemlerinde kullanılan hidrosiklon filtre içindeki partikül hareketine bağlı ayırma etkinliği ve toplam basınç kaybı

değerlerinin, Hesaplamalı Akışkanlar Dinamiği (HAD) yöntemiyle ortaya konulması amaçlanmıştır.

HESAPLAMALI AKIŞKANLAR DİNAMİĞİNDE (HAD) AKIŞ DENKLEMLERİ

Bir akış alanında hız ve basınç dağılımlarının incelenebilmesi için akışkanın özkütlesi ve sıcaklığındaki değişimlerin önemsiz olarak kabul edilmesi durumunda, kütle korunumu ve Newton'un ikinci yasası olan momentumun korunumu denklemlerinin mevcut sınır şartlarında çözülmesi gerekir. Bir kontrol hacmi için belirli bir zaman aralığında kontrol hacmine giren veya çıkan net kütle geçişi, bu süre içinde kontrol hacmindeki net kütle değişimine eşittir. Akış problemlerinde, diferansiyel bir kontrol hacmi için yazılan kütle korunumu denklemi, genellikle süreklilik denklemi olarak adlandırılmaktadır. Kontrol hacmi içerisindeki kütle zamanla değişim hızı, sıkıştırılmaz akışkanlar için akışkanın özkütlesi, akış alanı boyunca sabit olduğundan süreklilik denklemi aşağıdaki şekilde yazılabilir (White, 2001; Çengel ve Cimbala, 2008; Munson et al., 2006; Young et al., 2013).

$$\vec{\nabla} \cdot \vec{V} = 0$$

Bir akışkan elemanının üzerine etkiyen yüzey kuvvetleri, elemanın çevresi ile etkileşiminin bir sonucu olarak ortaya çıkmaktadır. Euler hareket denklemi sıkıştırılmaz Newton tipi akışkanlar için düzenlenerek sadeleştirildiğinde, sıkıştırılmaz Navier-Stokes denklemi aşağıdaki şekilde yazılabilir.

$$\rho \frac{D\vec{V}}{Dt} = -\vec{\nabla}P + \rho\vec{g} + \mu\nabla^2\vec{V}$$

Eşitliklerde; ρ , özkütle; P , basınç; V , hız; g , yerçekimi ivmesi; μ , mutlak viskozite ve t , zamandır.

Türbülanslı akışta girdap hareketi, hız, basınç, sıcaklık değerlerinde önemli değişimlere neden olur. Bu nedenle ilk yaklaşım olarak Navier-Stokes denklemlerini, denklemlerdeki hız ve basınç terimlerinin zaman ortalaması alınmış değerler ile ifade edilerek sayısal çözümü olacak hale getirilmesidir. Bu yaklaşıma "Reynolds Ortalama Alınmış Navier-Stokes" (Reynolds Averaged Navier Stokes-RANS) denklemleri denilmektedir. RANS yaklaşımında türbülans (Reynolds) gerilmeleri ($-\rho\overline{u_i' u_j'}$) terimini uygun şekilde açıklayan bir modele ihtiyaç bulunmaktadır. Çok sayıda araştırmacı tarafından çalışma konusunu içeren

hidrosiklon/siklonlarda oluşan girdaplı akışları içeren akışkanlar mekaniği uygulamalarında yaygın olarak kullanılan türbülans modellerinin; RNG k- ϵ , Realizable k- ϵ ve Reynolds Gerilme Modeli (Reynolds Stress Model-RSM) olduğu ifade edilmektedir (He et al., 1999; Delgadillo and Rajamani, 2005; Shojaeefard et al., 2006; Wang and Yu, 2006; Bhaskar et al., 2007; Delgadillo and Rajamani, 2007; Kaya ve Karagöz, 2007; Neesse and Dueck, 2007; Wang et al., 2009; Hsu et al., 2011; Davailles et al., 2012).

MATERYAL ve YÖNTEM

Materyal

Çalışmada, damla sulama sistemlerinde yaygın olarak kullanılan dört farklı anma giriş ve çıkış çapına (2", 2½", 3" ve 4") sahip iki farklı firma tarafından imal edilen ("S" ve "P" olarak tanımlı) toplam 8 adet yerli yapım hidrosiklon filtre kullanılmıştır. Çalışmada ele alınan hidrosiklon filtrelerin teknik görünüşü Şekil 2'de, teknik ölçüleri Çizelge 1'de verilmiştir.

Yöntem

Hidrosiklon Filtrelerde Basınç (Yük) Kayıplarının Deneysel Olarak Belirlenmesi

Hidrosiklon filtrelerde basınç (yük) kayıplarının belirlenmesi amacıyla, E.Ü.Z.F. Tarım Makinaları ve Teknolojileri Mühendisliği Bölümü'nde bulunan 5 m derinliğinde 72 m³ depo kapasitesine sahip olan Pompa ve Sulama Ekipmanları Deneme ve Araştırma Laboratuvarında bir deneme düzeni oluşturulmuştur. Deneme düzenine temiz su, dalgiç pompa yardımıyla sağlanmış olup, filtrelerden geçen debi değerleri vanalar yardımıyla ayarlanmış ve manyetik debimetre yardımıyla ölçülmüştür. Filtreden geçen her debiye karşılık gelen yük kaybı değerleri, filtrenin su giriş ve çıkışına yerleştirilen basınç sensörleri yardımıyla ölçülmüştür. Yapılan ölçümler GeniDAQ 4.25 yazılımı ve Adam 4017+ ve Adam 4520 veri toplama kartlarıyla toplanarak bilgisayara kaydedilmiştir. Denemeler esnasında su sıcaklıkları da ölçülerek kaydedilmiştir. Her bir ölçümde elde edilen çok sayıda verinin ortalaması alınarak debi-basınç kaybı ilişkisi ortaya konulmuştur.

Hesaplamalı Akışkanlar Dinamiği (HAD)

Yöntemiyle Simülasyon Çalışmaları

Çalışmada, denemesi yapılan hidrosiklon filtrelerin farklı su geçiş hızlarında oluşturdukları yük kayıp değerleri ve ayırma etkinlikleri, Hesaplamalı Akışkanlar

Dinamiği (HAD)'nin Sonlu Hacimler Yöntemi esas alınarak ANSYS Fluent 16.2 (ANSYS, Inc. Products USA Release 16.2) yazılımı yardımı ile hesaplanmıştır.

İlk aşamada denemesi yapılan filtrelerin simülasyon çalışması için gerekli olan katı modelleri çizilmiş ve sayısal ağ (mesh) yapıları oluşturulmuştur. Ön çalışmalar sonucunda en iyi yakınsama (kalıntı) değerleri, ANSYS Fluent programının otomatik ağ yapısında varsayılan bölüm seçenekleri dışında; Advanced Size Function: On: Proximity and Curvature, Relevance Center: Fine, Smoothing: High, Span Angle Center: Fine seçenekleri kullanılarak gerçekleştirilmiştir.

Hidrosiklon tipine ve gövde çapına bağlı olarak ağ yapısına ilişkin veriler ise düğüm noktası sayısı: 230000-36000, eleman sayısı: 1230000-1925000 ve ağ yapısı kalitesini içeren Maksimum Skewness: 0.7639-0.7998, Minimum Orthogonal Quality: 0.2001-0.2655 ve Maksimum Aspect Ratio: 9.0906-17.801 aralıklarında oluşmuştur.

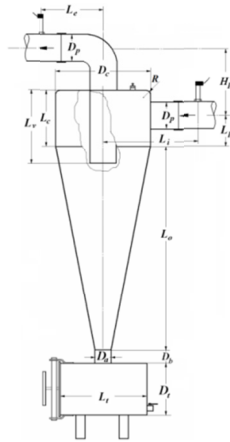
Hidrosiklon filtre simülasyonunda kullanılan türbülans modellerine ilişkin parametreler

Yazılım içerisinde Sonlu Hacimler Yöntemi kullanılarak sayısal çözümleme için RNG k-ε, Realizable k-ε ve RSM türbülans modelleri kullanılmıştır. Her seçilen modele ilişkin kabul edilen genel ve model parametreleri, duvar seçimleri ve çözüm parametreleri aşağıda verilmiştir.

RNG k-ε türbülans modeli

Girdaplı akışlar için geliştirilmiş iki denklemlilik türbülans modelidir. Navier-Stokes denklemlerinden yeniden normalleştirme teorisi (renormalization group theory-RNG) olarak adlandırılan istatistik teknik kullanılarak elde edilmiş yarı ampirik bir modeldir. RNG k-ε türbülans modelinde türbülans viskozitesi (μ_t) aşağıdaki şekilde ifade edilmektedir.

$$\mu_t = \rho C_\mu \frac{k^2}{\varepsilon}$$



| Simgeler | Açıklama |
|----------|---|
| D_p | Su giriş-çıkış borusu çapı (mm) |
| D_c | Gövde çapı (mm) |
| D_b | Konik kısmın taban çapı (mm) |
| D_p | Konik kısmın tabanı ile toplama tankı arası (mm) |
| R | Silindirik kısım eğrilik yarıçapı (mm) |
| L_o | Konik kısmın yüksekliği (mm) |
| L_c | Silindirik kısmın yüksekliği (mm) |
| L_v | Çıkış borusu gövde içi uzunluğu (mm) |
| L_i | Hidrosiklon simetri eksenine ile giriş basıncı ölçüm noktası arası (mm) |
| L_e | Hidrosiklon simetri eksenine ile çıkış basıncı ölçüm noktası arası (mm) |
| L_p | Su giriş borusu eksenine ile konik kısım arası uzaklık (mm) |
| H_p | Su giriş-çıkış noktaları arası dikey uzaklık (mm) |
| L_t | Hidrosiklon toplama tankı uzunluğu (mm) |
| D_t | Hidrosiklon toplama tankı yüksekliği (mm) |

Şekil 2. Çalışmada ele alınan hidrosiklon filtrelerin teknik görünüşü

Figure 2. Technical view of the hydrocyclone filters used in the study

Çizelge 1. Çalışmada ele alınan hidrosiklon filtrelerin teknik ölçüleri

Table 1. Technical properties of the hydrocyclone filters used in the study

| Hidrosiklon Tipi | D_p (inch) | D_p (mm) | D_c (mm) | D_b (mm) | L_o (mm) | L_c (mm) | L_v (mm) | L_i (mm) | L_e (mm) | L_p (mm) | H_p (mm) | L_t (mm) | D_t (mm) | D_b (mm) |
|------------------|--------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|
| S20 | 2" | 53 | 223 | 52 | 430 | 195 | 190 | 210 | 160 | 120 | 180 | 250 | 165 | 50 |
| S25 | 2.5" | 68 | 251 | 52 | 480 | 205 | 195 | 250 | 195 | 132 | 195 | 260 | 220 | 50 |
| S30 | 3" | 81 | 281 | 52 | 640 | 225 | 230 | 290 | 230 | 140 | 235 | 350 | 220 | 50 |
| S40 | 4" | 105 | 328 | 52 | 565 | 255 | 290 | 365 | 300 | 175 | 255 | 350 | 220 | 50 |
| P20 | 2" | 53 | 195 | 52 | 415 | 160 | 160 | 200 | 160 | 110 | 175 | 325 | 170 | 0 |
| P25 | 2.5" | 69 | 251 | 52 | 560 | 220 | 205 | 250 | 195 | 165 | 185 | 325 | 170 | 0 |
| P30 | 3" | 81 | 251 | 52 | 560 | 220 | 200 | 275 | 230 | 165 | 210 | 325 | 170 | 0 |
| P40 | 4" | 106 | 307 | 52 | 660 | 260 | 250 | 355 | 300 | 180 | 255 | 335 | 220 | 0 |

Eşitlikte; k , türbülans kinetik enerjisi ve ε , türbülans yayılım oranı olup, $C_\mu=0.0845$ yeniden normalleştirme (RNG) teorisi kullanılarak türetilen katsayıdır. Çalışma kapsamında açıklamalar ışığında kabul edilen RNG k- ε türbülans modelinin yeniden düzenlenmesi ile türbülans kinetik enerjisi (k) için taşınım denklemi ve türbülans yayılım oranı (ε) için taşınım denklemi, akışkanın sıkıştırılmaz olduğu ve kaldırma kuvveti ihmal edilerek düzenlenmiş olup eşitlikteki katsayılar; $\eta=S_{ij}\varepsilon$, $\eta_0=4.38$, $\beta=0.012$, $C_{1\varepsilon}=1.42$ ve $C_{2\varepsilon}=1.68$ alınmıştır (ANSYS Fluent Theory Guide, 2016). Ayrıca değişken parametreleri aşağıdaki şekilde seçilmiştir.

Models

- RNG options: Swirl Dominated Flow
- Near Wall Treatment: Non-Equilibrium Wall Functions
- Options: Curvature Corrections

Boundary Conditions

Turbulence Specification Methods:

Intensity and Hydraulic Diameter

Backflow Turbulent Intensity: %5

Backflow Hydraulic Diameter: Her bir hidrosiklonun giriş-çıkış çapına göre hesaplanan değerler girilmiştir

Wall Roughness: hidrosiklon filtrelerin sac levhadan kıvrılarak üretilmesi nedeniyle tüm duvarlar için pürüzlülük değeri 0.05 mm olarak alınmıştır (White, 2001).

Solution Methods

Pressure-Velocity Coupling Algorithm: Scheme: SIMPLEC, Skewness Correction: 5

Spatial Discretization

Pressure: PRESTO!

Momentum: Second Order Upwind

Turbulent Kinetic Energy: Second Order Upwind

Turbulent Dissipation Rate: Second Order Upwind

Realizable k- ε türbülans modeli

Realizable k- ε türbülans modeli, akım alanındaki yüksek şekil değiştirme hızlarının ve sınır tabakası ayrılmasının mevcut olduğu karmaşık akım durumlarında daha doğru sonuçlar elde edilebilmesi amacıyla geliştirilmiştir. Türbülans viskozitesi (μ_t) eşitliği RNG k- ε türbülans modeli ile aynı olup, eşitlikteki C_μ katsayısı sabit olmayıp bir eşitlik yardımıyla hesaplanmaktadır. Çalışma kapsamında açıklamalar ışığında kabul edilen RNG k- ε türbülans modelinin yeniden düzenlenmesi ile türbülans kinetik enerjisi (k) için taşınım denklemi ve türbülans yayılım oranı (ε) için taşınım denklemi, akışkanın sıkıştırılmaz olduğu ve kaldırma kuvveti ihmal edilerek düzenlenmiş olup eşitlikteki katsayılar; $\sigma_k=1.0$ ve $\sigma_\varepsilon=1.2$ ile $C_{1\varepsilon}=1.44$ ve $C_{2\varepsilon}=1.9$ 'dir (ANSYS Fluent Theory Guide,

2016). Realizable k- ε türbülans modeline ilişkin kabul edilen genel ve model parametreleri, duvar seçimleri ve çözüm parametreleri RNG k- ε türbülans modeli ile aynıdır.

Reynolds Gerilme Modeli (RSM)

Reynolds gerilme modeli (RSM), Reynolds Ortalama Alınmış Navier-Stokes (RANS) denklemlerini kullanmaktadır. Reynolds Gerilme Modeli (RSM); eğrisel ve yüksek dönüşlü akımların, siklon/hidrosiklon akışı, girdaplı akımların, döngülü akım geçişleri, ikincil akışların, ayrılma olan akışların doğru bir şekilde çözülmesi için iyi bir model olarak tanımlanmaktadır.

Değişken parametreleri aşağıdaki şekilde seçilmiştir.

Models

• Reynolds-Stress Model: Stress-Omega

• K-omega Options: Shear Flow Corrections

duvar seçimleri ve çözüm parametreleri RNG k- ε türbülans modeli ile aynıdır.

Omega Gerilme Modeli (Stress-Omega Model) dikkate alınarak akışkanın sıkıştırılmaz olduğu ve kaldırma kuvveti ihmal edilerek düzenlenmiş eşitlikteki katsayılar; $C_1=3.4$, $C_1^*=1.8$, $C_2=4.2$, $C_3=0.8$, $C_3^*=1.3$, $C_4=1.25$, $C_5=0.4$ 'dir (ANSYS Fluent Theory Guide, 2016).

Çalışma kapsamında çözümün kararlılığı için 2500 iterasyon sayısı ve çözümün yakınsama (kalıntı) değerleri tüm değişkenler için 1×10^{-5} sınır değer kabul edilerek, her bir türbülans modeli için simülasyon çözümlenmeleri gerçekleştirilmiş ve çalışma sonuçları elde edilmiştir.

Hidrosiklon Filtrelerde Ayırma Etkinliğinin Hesaplamalı Akışkanlar Dinamiği (HAD) Yöntemiyle Belirlenmesi

Çalışma kapsamında materyal, kum seçilmiş ve kumun özkütlesi 2770 kgm^{-3} olarak alınmıştır. Kum tanesinin özelliklerine göre hidrosiklonlarda ayırmanın öngörüldüğü yani elek/disk filtrelerin etkin ayırma çapı olan 120-150 mikrondan büyük taneleri ayırdığı öngörüsüyle, 150 mikrondan büyük ve 1 mm'den küçük çaplı taneler dikkate alınmıştır. Ayrıca ayırmada partikül debisi olarak Gediz Nehri'nin yaz aylarında taşıdığı ortalama askıdaki katı madde miktarı olan 0.2 kgs^{-1} değeri materyal debisi olarak kabul edilmiştir (Bulancak, 2000).

Hesaplamalı Akışkanlar Dinamiği simülasyonlarında, "Ayrık Faz Modeli (Discrete Phase

Model-DPM) kullanılmıştır. Kum tanelerinin hidrosiklona giriş yüzeyinden, tane çaplarının "rosinramlar" dağılımı (Mular, 2003) ile su hızı ile eşit hızda girdiği, çaplarının sayısı 20, fiziksel olarak tanelerin küresel olduğu ve ayırma esnasında ayrılan kum tanelerinin hidrosiklonun tank kısmında toplandığı kabulü yapılmıştır. HAD analizinde hidrosiklona giren partiküllerin kütesel değerlerinin yerine benzer yaklaşımla giren tanelerin, çıkıştan kaçan ve tankta toplanan sayıları oranına göre etkinlik değerleri belirlenmiştir (Salopek et al., 1995; Faulkner et al., 2007).

$$E_T = \left(\frac{n_u}{n_u + n_o} \right) \times 100$$

Eşitlikte; E_T , hidrosiklonun genel toplama etkinliği (%); n_u , hidrosiklonun toplama tankında toplanan partikül maddenin sayısı (adet); n_o , hidrosiklondan çıkıp sulama sistemine geçen partikül sayısı (adet) dir.

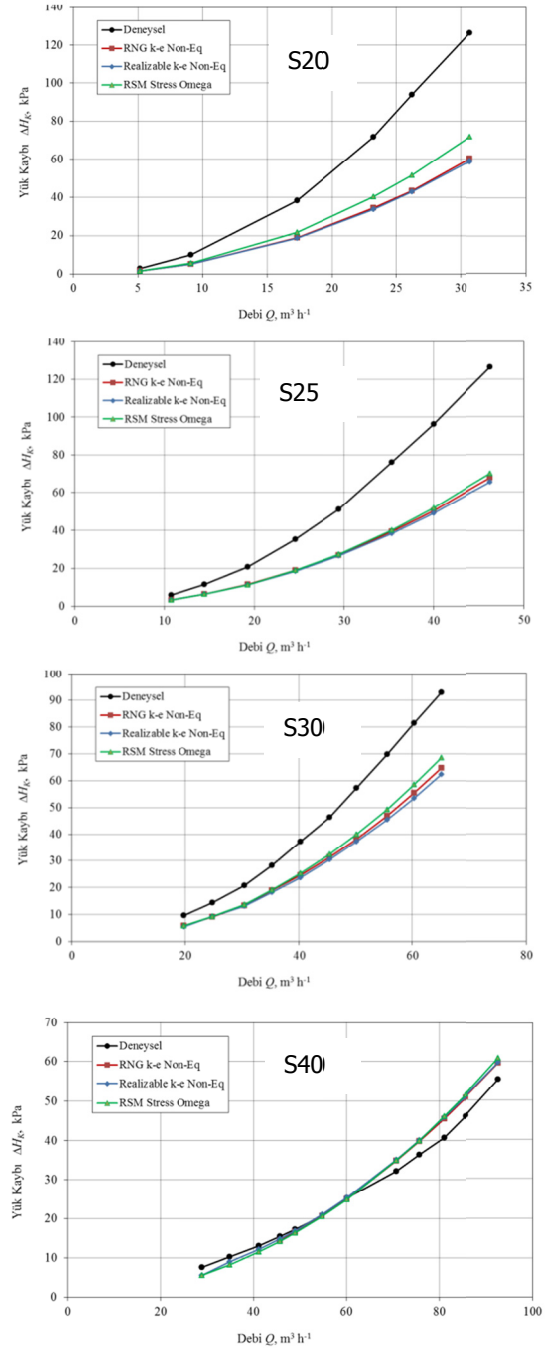
BULGULAR ve TARTIŞMA

"S" Olarak Tanımlı Hidrosiklon Filtrelerde Basınç (Yük) Kayıplarına İlişkin Bulgular

"S" olarak tanımlı hidrosiklon filtreler için RNG k- ϵ , Realizable k- ϵ ve RSM türbülans modelleri ile gerçekleştirilen akış analizlerinden elde edilen yük kayıplarına ilişkin sonuçlar S20, S25, S30 ve S40 tipi hidrosiklon filtreler için sırasıyla Şekil 3'de verilmiştir. S20 hidrosiklon filtre için değişik debi değerlerinde RNG k- ϵ , Realizable k- ϵ ve RSM türbülans modelleriyle yapılan akış analizleri sonucunda elde edilen yük kayıp değerleri ile deneysel veriler arasında, debi değerlerindeki artışa bağlı olarak farklılık olduğu görülmektedir. RNG k- ϵ ve Realizable k- ϵ modelleri arasında önemli oranda fark gözlemlenmemiş olup, RSM türbülans modelinin deneysel verilere en yakın model olduğu gözlenmiştir. Bu fark özellikle sulama sistemlerinde kullanılan borular için optimum su hızı aralığı olan 1.5–2.5 ms⁻¹ için (filtre giriş çapında 10–20 m³h⁻¹ debi değerleri) daha da azalmakta olup üst debi sınırında (20 m³h⁻¹) ortalama 17–20 kPa civarında bir farka çıkmaktadır. Bu fark, 250–300 kPa çalışma basınç aralığı düşünüldüğünde % 6–8 gibi bir sapma değeri olarak ortaya çıkmaktadır.

S25 tipi hidrosiklon filtre için deneysel verilere en yakın model çok küçük bir farkla RSM türbülans modelinde olmuştur. Bu hidrosiklon için yaygın olarak kullanılan çalışma debi aralığı 20–35 m³h⁻¹ (1.5–2.5 ms⁻¹) değerlerinde bulunan simülasyon sonuçları ile

deneysel veriler arasında en yüksek debide 35–40 kPa civarında bir fark olduğu belirlenmiş olup bu fark, 250–300 kPa çalışma basınç aralığı düşünüldüğünde %12–16 gibi bir sapma değeri olarak ortaya çıkmaktadır.



Şekil 3. "S" olarak tanımlı hidrosiklon filtrelerde deneysel yük kayıpları ile farklı türbülans modellerine göre HAD çözümlenmesi ile yük kayıp sonuçlarının karşılaştırılması

Figure 3. Comparison results of experimental and CFD analysis head losses based on different turbulence models for S type hydrocyclone filters

S30 tipi hidrosiklon filtre için modeller arasında önemli oranda fark gözlemlenmemiş olup, deneysel verilere en yakın model, en yüksek debide 24 kPa farkla RSM türbülans modelinde olmuştur. Bu hidrosiklon için yaygın olarak kullanılan çalışma debi aralığı olan $30\text{--}45\text{ m}^3\text{h}^{-1}$ ($1.5\text{--}2.5\text{ ms}^{-1}$) değerlerinde bulunan simülasyon sonuçları ile deneysel veriler arasında 15 kPa civarında bir fark olduğu belirlenmiş olup bu fark, 250–300 kPa çalışma basınç aralığı düşünüldüğünde %5-6 gibi küçük bir sapma değeri olarak ortaya çıkmaktadır.

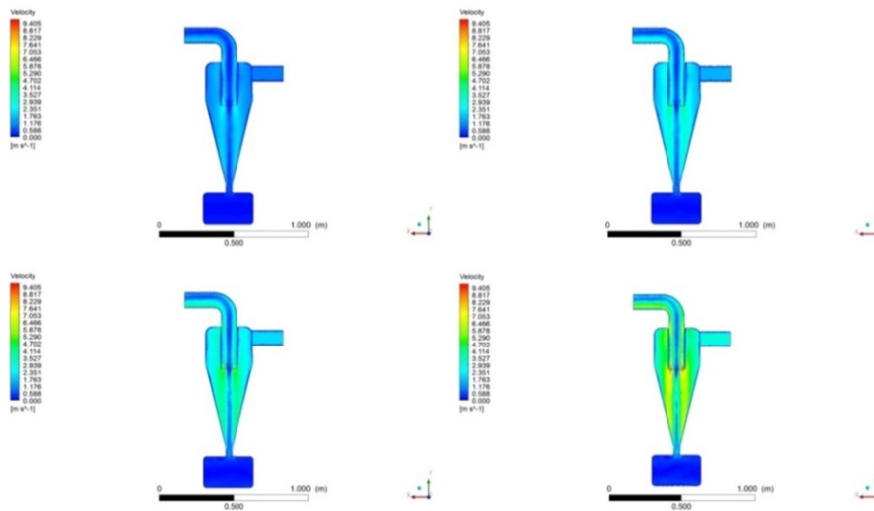
S40 tipi hidrosiklon filtre için değişik debi değerlerinde RNG $k\text{--}\epsilon$, Realizable $k\text{--}\epsilon$ ve RSM türbülans modelleriyle akış analizleri sonucunda elde edilen yük kayıp değerlerinin deneysel verilere çok yakın olduğu ve büyük benzerlik içerdiği açıklıkla görülmektedir. Deneysel yük kaybı ve HAD ile hesaplanan yük kaybı değerleri arasında en yüksek fark 5-6 kPa düzeyinde olmuştur. Söz konusu değer bu sistemlerin çalışma basıncı olan 250-300 kPa basınç aralığı düşünüldüğünde %2 gibi oldukça küçük bir değer olarak ortaya çıkmaktadır. Bu fark özellikle sulama sistemlerinde kullanılan borular için optimum su hızı aralığı olan $1.5\text{--}2.5\text{ ms}^{-1}$ için (S40 tipi filtrenin çalışma debisi olan $45\text{--}70\text{ m}^3\text{h}^{-1}$ debi değerleri aralığında) daha da azalmakta ve deneysel ölçüm ile hesaplama sonuçları arasındaki fark 3 kPa düzeyinde olup çalışma basınç değerine göre %1 lik bir sapma ortaya çıkmaktadır. Özellikle bu hidrosiklon için yaygın olarak kullanılan çalışma debi aralığı olan $45\text{--}60\text{ m}^3\text{h}^{-1}$

için bulunan simülasyon sonuçları ile deneysel verilerin tam uyumlu olduğu söylenebilir.

Çalışma kapsamında gerçekleştirilen analiz sonuçlarından filtre içindeki hız dağılımları da incelenmiştir. Bu amaçla S40 tipi hidrosiklon filtrede 4 farklı su giriş hızında ($0.93, 1.46, 1.93, 2.97\text{ ms}^{-1}$) ve yaklaşık $30, 45, 60$ ve $90\text{ m}^3\text{h}^{-1}$ debi değerlerinde, hidrosiklon içinde meydana gelen hız değişimlerinin RSM türbülans modeli ile belirlenen sonuçlarına ilişkin bulgular Şekil 4'de verilmiştir.

S40 tipi hidrosiklon filtre için alt değer olarak kabul edilen 0.93 ms^{-1} hızda ($30\text{ m}^3\text{h}^{-1}$ debi değerindeki) girdap kılavuzu bölgesinde ve hidrosiklon konik kısmındaki hızların birbirlerine oldukça yakın olduğu ve ayırım için gerekli olan kritik hızların oluştuğu görülmektedir.

İkinci ve üçüncü şekiller incelendiğinde girdap kılavuzu uzantısının ve hidrosiklonun iç ve dış girdap sınırındaki arayüz çapının belirgin bir şekilde oluştuğu görülmektedir. Hızın yükselmesine bağlı olarak bu arayüzün kaybolmaya başladığı dördüncü şekilden açıklıkla görülmektedir. Hidrosiklon filtreler için giriş çapına bağlı olarak optimal çevre hızlarında çalışması iyi bir ayırım için önemli olan kritik arayüz çapının oluşmasında etkili olduğu söylenebilir. Yüksek hız (2.97 ms^{-1}) değerinde ise bu sınır arayüz çapının yavaş yavaş birbirine karıştığı, girdap kılavuzu girişinde oldukça yüksek hızların oluştuğu açıklıkla görülmektedir.

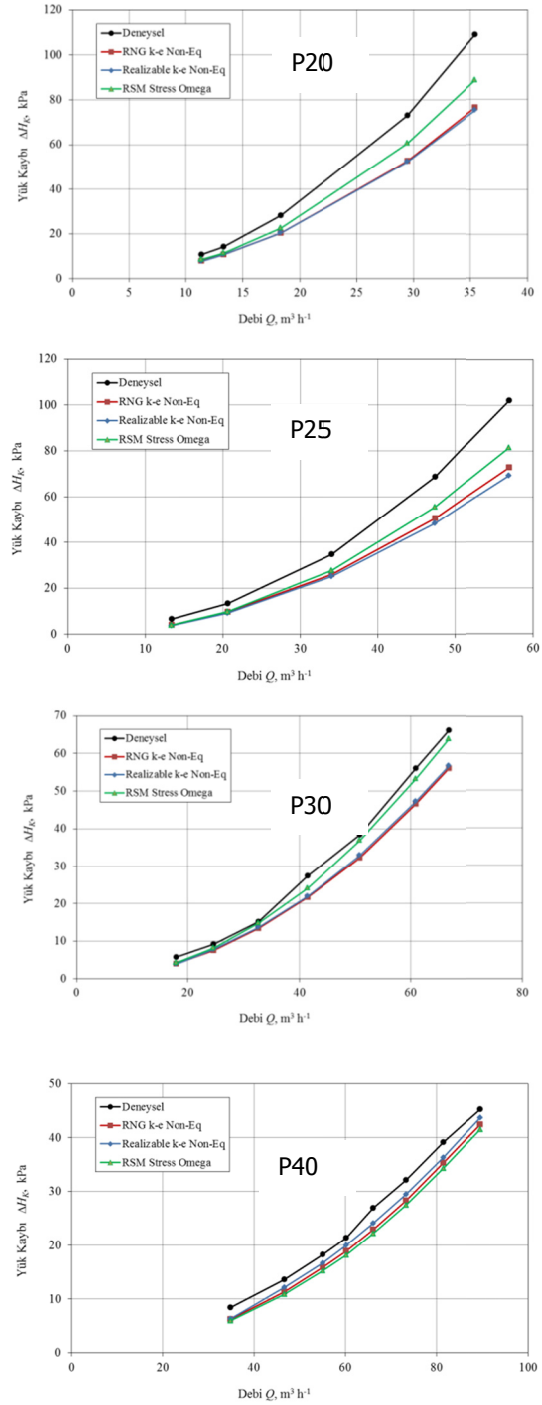


Şekil 4. S40 tipi hidrosiklon filtre için 4 farklı su giriş hızında ($0.93, 1.46, 1.93, 2.97\text{ ms}^{-1}$) meydana gelen hız değişimlerinin RSM türbülans modeli ile çözümlemesine ilişkin sonuçlar

Figure 4. The analysis results of velocity variation at 4 different water inlet velocities ($0.93, 1.46, 1.93, 2.97\text{ ms}^{-1}$) for S40 type hydrocyclone filter using RSM turbulence model

"P" Olarak Tanımlı Hidrosiklon Filtrelerde Basınç (Yük) Kayıplarına İlişkin Bulgular

"P" olarak tanımlı hidrosiklon filtreler için RNG k- ϵ , Realizable k- ϵ ve RSM türbülans modelleri ile gerçekleştirilen akış analizlerinden elde edilen yük kayıplarına ilişkin sonuçlar S20, S25, S30 ve S40 tipi hidrosiklon filtreler için sırasıyla Şekil 5'de verilmiştir. Genel olarak büyük giriş çıkış çaplı hidrosiklon filtreler için değişik debi değerlerinde laboratuvarında bulunan sonuçlar ile çalışmada ele alınan RNG k- ϵ , Realizable k- ϵ ve RSM türbülans modelleriyle yapılan akış analizleri sonucunda elde edilen modeller uyumlu bir tahminleme gerçekleştirmiştir. Özellikle RSM türbülans modelinin çok yakın bir tahminlemeyi gerçekleştirdiği görülmektedir. Küçük giriş çıkış çaplı hidrosiklon filtreler için modeller ile tahminlerin tam uyumlu olmaması, simülasyon için hazırlanan katı modellerin hatasız olmalarından kaynaklanmaktadır. Özellikle küçük boyutlu hidrosiklon filtrelerde silindirik ve konik kısımlarda sacların birleştiği kenarlarda, silindirik kısma giriş borusunun teğet olarak bağlantı yaptığı bölümde parçaların kesimi sırasında ve kaynaklı birleştirme aşamasında bazı hatalı bölümler oluşabilmektedir. Ancak katı model çizimlerinde yekpare kusursuz birleşimlerin oluşturulması ve yukarıda ifade edilen birleşme hatalarının tam olarak çizilen parça üzerine aktarılamaması nedeniyle gerçek ölçümler ile similasyondan elde edilen sonuçlar arasında farklılıklar oluşmaktadır. Bu nedenle deneysel olarak elde edilen sonuçların hemen hemen hepsi HAD çözümüyle elde edilen yük kayıp sonuçlarına göre daha yüksek olmaktadır. Bu durum deneysel yük kayıpları değerlerinin HAD çözümüyle elde edilen yük kayıp sonuçları ile karşılaştırıldığı tüm şekillerde de görülmektedir. Bununla birlikte model verilerinin eğrilerinin uyumlu olduğu, ancak yüksek debilerde (hidrosiklon filtrelerin gerçek çalışma sınırının üstüne çıktığında) sapmanın arttığı, ancak bunun en büyük sapmada bile %12–16 aralığında kaldığı açıklıkla görülmektedir.



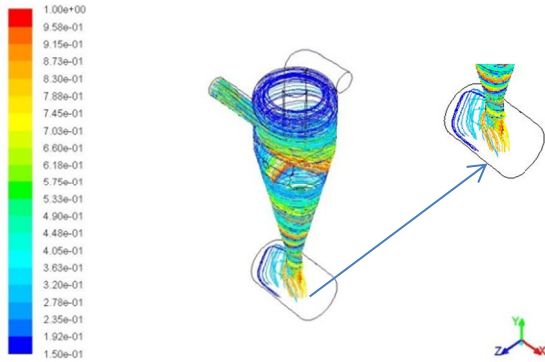
Şekil 5. "P" olarak tanımlı hidrosiklon filtrelerde deneysel yük kayıpları ile farklı türbülans modellerine göre HAD çözümüyle elde edilen yük kayıp sonuçlarının karşılaştırılması

Figure 5. Comparison results of experimental and CFD analysis head losses based on different turbulence models for P type hydrocyclone filters

Hidrosiklon Filtrelerde Ayırma Etkinliğine İlişkin Bulgular

Çalışma kapsamında ele alınan "S" ve "P" tanımlı hidrosiklon filtrelerde ayırma etkinliği HAD "Ayrık Faz Modeli (DPM)" yöntemiyle ortaya konmuş, örnek olarak S20 tip hidrosiklon filtresinin iki farklı çalışma su hızına (debi değerine) ilişkin sonuçlar verilmiştir. Birinci hız olan filtre girişinde 0.65 ms^{-1} hız ve yaklaşık $5 \text{ m}^3\text{h}^{-1}$ debi değeri için ayırma etkinliğine ilişkin olarak, analiz başlangıcında 120 adet partikül yörüngede yer almış, bunun 119 adedi toplama tankında toplanmış (n_u), filtre çıkışından geçen partikül olmamış ancak 1 adet partikül ise oluşan girdap nedeniyle hareketine devam ettiğinden işlem tamamlanmamıştır. Bu durumda hidrosiklonun genel toplama etkinliği %100 olarak hesaplanmış ve hidrosiklon içinde değişik çaplardaki partiküllerin meydana getirdiği yörüngelerin durumu ve ayırma durumu Şekil 6'da verilmiştir. Partiküllerin tamamının ayrıldığı şekilden de açıklıkla görülmektedir.

S20 tipi hidrosiklon filtresinin girişinde daha yüksek giriş hız ve debi (2.93 ms^{-1} hız ve yaklaşık $23 \text{ m}^3\text{h}^{-1}$ debi) değerleri için ayırma etkinliğine ilişkin gerçekleştirilen analiz başlangıcında 120 adet partikül yörüngede yer almış olup, bunun 88 adedi toplama tankında toplanmış (n_u), 15 adedi filtre çıkışından geçmiş (n_o) ve 17 adet partikül ise oluşan girdap nedeniyle hareketine devam ettiğinden işlem tamamlanmamıştır. Bu durumda hidrosiklonun genel toplama etkinliği, %85.44 olarak hesaplanmış ve hidrosiklon içinde değişik çaplardaki partiküllerin meydana getirdiği yörüngelerin durumu ve ayırma durumu Şekil 7'de verilmiştir.



Şekil 6. RSM türbülans modeli için 2" (S20) hidrosiklon filtrede 0.65 ms^{-1} hız değerinde ayırık faz modeli için değişik çaplardaki partiküllerin meydana getirdiği yörüngeler ve ayırma durumu

Figure 6. The trajectory and separation of particles at different diameters, and a velocity of 0.65 ms^{-1} for the discrete phase model for RSM turbulence model for 2" (S20) hydrocyclone filter



Şekil 7. RSM türbülans modeli için 2" (S20) hidrosiklon filtrede 2.93 ms^{-1} hız değerinde ayırık faz modeli için değişik çaplardaki partiküllerin meydana getirdiği yörüngeler ve ayırma durumu

Figure 7. The trajectory and separation of particles at different diameters, and a velocity of 2.93 ms^{-1} for the discrete phase model for RSM turbulence model for 2" (S20) hydrocyclone filter

SONUÇ ve ÖNERİLER

Bu çalışmada, damla sulama sistemlerinde yaygın olarak kullanılan 2", 2½", 3" ve 4" anma giriş ve çıkış çapına sahip hidrosiklon filtrelerin yük kaybı ve ayırma etkinliği değerlerinin HAD yöntemiyle ortaya konması amaçlanmıştır.

Tarımsal sulamada kullanılan hidrosiklon filtrelerde suyun giriş ve çıkış noktaları arasında meydana gelen yük kayıplarını tahminlemeye yönelik olarak yapılan HAD simülasyonunda RSM türbülans modeli, RNG k-ε ve Realizable k-ε modelleri kullanılmıştır. Yapılan analizlerde literatürde de türbülanslı akış için doğruya en yakın sonuçları verdiği belirtilen RSM türbülans modeli diğer modellere göre daha yüksek doğrulukta deneysel verileri tahminleyebilmektedir. RSM türbülans modeli ile birlikte kullanılan ve standart duvar fonksiyonunda ihmal edilen yüksek basınç ve hız değişimlerini göz önüne alarak hesaplama yapan non-equilibrium duvar fonksiyonu, model doğruluk derecesini yükseltmiştir. Deneysel sonuçlarla uyumluluk gösteren simülasyon sonuçları, literatürde incelenen model çalışmalarında olduğu gibi uygulamada kullanılan gerçek boyutlu hidrosiklonlarda da HAD simülasyonunun yük kayıplarının tahminlenmesinde etkin şekilde kullanılabileceğini göstermektedir. Bununla birlikte hidrosiklonların gerçek çalışma sınırının üstündeki debilere çıktığında sapma artmış ancak bu durumda bile en büyük sapma %12-16 aralığında kalmıştır.

Hidrosiklon filtrelerde ayırma etkinliğinin belirlenmesinde ise "Ayrık Faz Modeli (Discrete Phase Model - DPM)" yöntemiyle analizler gerçekleştirilmiş ve ayırma etkinliğine ilişkin sonuçlar elde edilmiştir. Genel olarak yük kayıplarının tahminlemede denemelerde elde edilen yük kayıp değerlerine daha yakın hesaplama sonuçları veren RSM türbülans modeli ile ayırma etkinliği irdelenmiştir. Deneysel sonuçlarla uyumluluk gösteren simülasyon sonuçları, gerçek boyutlu hidrosiklonlarda HAD simülasyonunun ayırma etkinliğinin tahminlenmesinde etkin şekilde kullanılabileceğini göstermektedir.

Çalışma sonucunda elde edilen verilerin, hidrosiklon imalatı yapan sektör temsilcilerine aktararak, etkinliği

daha yüksek filtrelerin imal edilmesi ve kullanılmasını sağlayabilecektir. Bu durum, damla sulama sistemlerinde daha verimli çalışmayı ve enerji maliyetinde azalmayı sağlayacaktır.

TEŞEKKÜR

Bu çalışma, Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Bilimsel Araştırma Projeleri Komisyonu tarafından desteklenen 2014-ZRF-024 nolu proje kapsamında hazırlanmış olup, projeyi destekleyen Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Bilimsel Araştırma Projeleri Komisyonu'na teşekkür ederiz.

LİTERATÜR LİSTESİ

- ANSYS Fluent Theory Guide, 2016. Release 17.2 August 2016 ANSYS, Inc. Southpointe 2600 ANSYS Drive Canonsburg, PA 15317 A
- Asomah, I.K. and Napier-Munn, T.J. , 1997, An empirical model of hydrocyclones, incorporating angle of cyclone inclination, *Minerals Engineering*, 10(3):339-347.
- Bhaskar, K.U., Murthy, Y.R., Raju, M.R., Tiwari, S., Srivastava, J.K. and Ramakrishnan, N., 2007, CFD simulation and experimental validation studies on hydrocyclone, *Minerals Engineering*, 20:60-71.
- Bradley, 1965 *The Hydrocyclone*. Pergamon Press Ltd. London
- Bucks, D.A., Nakayama, F.S. and Gilbert, R.G., 1979, Trickle irrigation water quality and preventive maintenance. *Agricultural Water Management*, 2:149-162.
- Bulancak, S., 2000. Ege Bölgesi Pamuk Tarımında Damla Sulama Sistemlerinin Uygulanabilirliğinde Filtre Seçimi ve Performansı Üzerinde Bir Araştırma, E.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü (Yüksek Lisans Tezi), İZMİR.
- Chen, W., Zydek, N. and Parma, F., 2000, Evaluation of hydrocyclone models for practical applications, *Chemical Engineering Journal*, 80(1-3):295-303.
- Chu, L.Y., Chen, W.M. and Lee, X.Z., 2002, Effects of geometric and operating parameters and feed characters on the motion of solid particles in hydrocyclones, *Separation and Purification Technology*, 26, 237-246.
- Concha, F., 2007. Flow pattern in hydrocyclones, *KONA Powder and Particle Journal*, 25, 97-132.
- Çengel, Y.A. ve Cimbala, J.M., (2008, *Akışkanlar Mekaniği Temelleri ve Uygulamaları*, (Editör: T. Engin, Editör Yardımcıları: H. R. Öz, H. Küçük, Ş. Çeşmeci), Güven Bilimsel, İzmir Güven Kitabevi, İzmir
- Dabir, B., 1983, Mean Velocity Measurements in a 3"-Hydrocyclone using Laser Doppler Anemometry, Ph.D Thesis, Michigan State University, Dept. of Chemical Engineering
- Davailles, A., Climent, E. and Bourgeois, F., 2012, Fundamental understanding of swirling flow pattern in hydrocyclones, *Separation and Purification Technology*, 92:152-160.
- Delgadillo, J.A. and Rajamani, R.K., 2005, A comparative study of three turbulence-closure models for the hydrocyclone problem, *International Journal of Mineral Processing*, 77 (01), 217-230.
- Delgadillo, J.A. and Rajamani, R.K., 2007, Large-Eddy Simulation (LES) of large hydrocyclones, *Particulate Science and Technology*, 25: 227-245.
- Demir, V. ve Uz, E., 1994, Damla sulama sistemlerinde kullanılan filtreler, *Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, Cilt:31, Sayı:2-3, 177-184.
- Elsayed, K. and Lacor, C., 2009, Investigation of the geometrical parameters effects on the performance and the flow-field of cyclone separators using mathematical models and Large Eddy Simulation, 13th International Conference on Aerospace Sciences & Aviation Technology, May 26-28, 2009, Military Technical College, Kobry Elkobbah, Cairo, Egypt.
- English, S.D., 1985, Filtration and water treatment for micro irrigation, In *drip/trickle irrigation in action: Proc.Third Inter'l Drip/Trickle Irrigation Congress*, California, USA, 50-57.
- Faulkner, W. B., Buser, M. D., Whitelock, D. P. and Shaw B. W., 2007. Effects of cyclone diameter on performance of 1d3d cyclones: cutpoint and slope. *Structures & Environment Division of ASABE* in November 2007.
- Gilbert, R.G., Ford, H.W., 1986, Operational principles/emitter clogging, 142-187, *Trickle Irrigation for Crop Production*, Nakayama, F.S. and Bucks, D.A. (Eds.), Elsevier Science Publishers B.V., Amsterdam, 383.
- Gimbun, J., Chuah, T.G., Choong, T.S.Y. and Fakhru'l-Razi, A., 2005, A CFD study on the prediction of cyclone collection efficiency, *International Journal for Computational Methods in Engineering Science and Mechanics*, 6:161-168.
- He, P., Salcudean, M. and Gartshore, I.S., 1999, A numerical simulation of hydrocyclones, *Trans. Inst. Chem. Eng.*, 77 (A):429-441.
- Holdich, R.G., 2002, *Fundamentals of Particle Technology*, Midland Information Technology & Publishing, Shepshed, Leicestershire, 182.
- Hsieh, K.T, 1988, Phenomenological Model of the Hydrocyclone, Ph.D Thesis, University of Utah, Dept. of Metallurgy and Metallurgical Engineering.
- Hsu, C.Y., Wu, S.J. and Wu, R.M., 2011. Particles separation and tracks in a hydrocyclone. *Tamkang Journal of Science and Engineering*, 14 (1), 65-70.
- Kaya, F. ve Karagöz, İ. 2007, Girdaplı akışlarda türbülans modellerinin uygunluğunun incelenmesi. *Uludağ Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 12 (1), 85-96.
- Kraipech, W., Chen, W., Dyakowski, T. and Nowakowski, A., 2006, The performance of the empirical models on industrial hydrocyclone design, *International Journal of Mineral Processing*, 80(2-4):100-115.

- Martinez, L.F., Lavin, A.G., Mahamud, M.M., Bueno J.L., 2008. Vortex finder optimum length in hydrocyclone separation, *Chemical Engineering and Processing* 47 (2) 192–199.
- Mular A.L. 2003. Size Separation. Chapter 4 in *Principles of Mineral Processing*. (Ed. Maurice C. F., and Kenneth N. H., 2003)., Society for Mining, Metallurgy, and Exploration Inc. (SME) 8307 Shaffer Parkway Littleton, Colorado, USA 80127
- Munson, B.R. Young D.F. and Okiishi, T. H., 2006. *Fundamentals of Fluid Mechanics*, 6. Basım, J. Wiley and Sons
- Nageswararao, K., Wiseman, D. M. and Napier-Munn, T. J., 2004, Two empirical hydrocyclone models revisited, *Minerals Engineering*, 17(5):671-687.
- Napier-Munn, T.J., Morrell, S., Morrison, R.D. and Kojovic, T., 1996, *Mineral comminution circuits-their operation and optimisation*, JKMRM Monograph Series, Julius Kruttschnitt Mineral Research Centre, University of Queensland, Brisbane, 413.
- Narasimha, M., Brennan M., and Holtham P.N., 2007. A Review of CFD Modelling for Performance Predictions of Hydrocyclone. *Engineering Applications of Computational Fluid Mechanics*, 1:2, 109-125, DOI: 10.1080/19942060.2007.11015186
- Neesse T. and Dueck, J., 2007, Dynamic modelling of the hydrocyclone, *Minerals Engineering*, 20:380-386.
- Plitt, L. R., 1976. A mathematical model of the hydrocyclone classifier. *CIM Bulletin*, pp. 114-123
- Rietema, K., 1962. *Cyclones in Industry*. Elsevier
- Rushton, A., Ward, A.S. and Holdich, R.G., 2000, *Solid-Liquid Filtration and Separation Technology*, WILEY-VCH Verlag GmbH, Weinheim, 542.
- Salopek, B., Filipovic S., and Dragan K., 1995. Possibilities of the efficient solid-liquid separation, in the hydrocyclone of 25 mm diameter. *Rudarsko-geoldko-naftni zbornik* (7) 71-75.
- Shojaeefard, M.H., Noorpoor, A., Yarjiabadi, H. and Habibian, M., 2006, Particle size effects on hydro-cyclone performance, *IUST International Journal of Engineering Science*, 17 (3-4), 9-19.
- Svarovsky, L. and Thew, M.T., 1992, *Hydrocyclones: Analysis and Applications*, Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, 413.
- Svarovsky, L. 2000, *Solid-Liquid Separation*. 4th Edition, Butterworths-Heinemann. London.
- Şafak, Z., 2005, *Filtreler ve Ayırıcılar*, Yüksek Lisans Tezi, Osmangazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Eskişehir.
- Şahin Kılavuz F., 2007, *Küçük Çaplı Hidrosiklonlarda İşlem Değişkenlerinin Ayırım Etkinliği Üzerine Etkilerinin Araştırılması*, Doktora Tezi, Hacettepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Wang, B. and Yu, A.B., 2006, Numerical study of particle-fluid flow in hydrocyclones with different body dimensions, *Minerals Engineering*, 19:1022-1033.
- Wang, L., 2004. *Theoretical Study of Cyclone Design*. PhD. Thesis, Texas A&M University
- Wang, L., Zheng, Z., Wu, Y., Guo, J., Zhang, J. and Tang, C., 2009, Numerical and experimental study on liquid-solid flow in a hydrocyclone, *Journal of Hydrodynamics*, 21(3): 408-414.
- White, F. M., 2001. *Fluid Mechanics*, 4th Edition, McGraw Hill
- Young, D.F., Munson, B.R. Okiishi, T.H., and Huebsch, W.W. 2013. *A Brief Introduction to Fluid Mechanics*, 5th Edition, Wiley and Sons, ve Türkçe Çevirisi (Nuri Yücel, Nureddin Dinler, Haşmet Türkoğlu, Zekeriya Altaç, Nobel Yayınevi.
- Yurdem, H., Demir, V. and Degirmencioglu, A., 2010, Development of a mathematical model to predict clean water head losses in hydrocyclone filters in drip irrigation systems using dimensional analysis, *Biosystems Engineering*, 105 (4):495-506 pp, doi:10.1016/j.biosystemseng.2010.02.001.
- NetafimUSA, 2016. <http://www.netafimusa.com/agriculture/products/sand-separators-op>

TARIM MAKİNALARI BİLİMİ DERGİSİ YAYIN İLKELERİ

1. Dergide aşağıdaki konularda hazırlanan ve daha önce yayınlanmamış araştırma ve makaleler yayınlanır,
 - Tarımda Yenilenebilir ve Yeni Enerji Kaynakları
 - Tarımda Enerji Kaynaklarının Etkin Kullanımı
 - Tarım Makinalarındaki Son Gelişmeler
 - Traktör ve Sistem Araçlarında Gelişme Eğilimleri
 - Algılama ve Kontrol Sistemlerindeki Yenilikler
 - Hasat Sonrası İşlemler
 - Biyosistem Mühendisliğinde Optimizasyon Teknikleri ve Uygulamaları
 - Tarımsal Mekanizasyon Planlama ve Yönetiminde Son Gelişmeler
2. Makale Microsoft Word yazılımla, bir adet yazar isimli, iki adet isimsiz makale çıktısı olarak 3 nüsha, disket/cd ile birlikte yayın komisyonuna gönderilir.
3. Makaleyle birlikte "**Makale hiçbir yerde yayınlanmamıştır**" beyanının bulunduğu tüm makale yazarlarının imzası olan dilekçe gönderilir.
4. Makaleler, yayın komisyonunca uygun görülmesi ve hakemler tarafından kabul edilmesi halinde yayımlanır. Yayınlanmayan makaleler geri verilmez.
5. Bir yazarın aynı sayıda ilk isim olarak en fazla iki makalesine yer verilir.
6. Makalelerin bilimsel sorumlulukları yazarlarına aittir.

TARIM MAKİNALARI BİLİMİ DERGİSİ YAZIM KURALLARI

1. Makale genel olarak; **Başlık, Türkçe ve İngilizce özet, Giriş, Materyal ve Yöntem, Araştırma Bulguları, Tartışma ve Sonuç, Literatür Listesi**, ana başlıkları altında hazırlanmalıdır. Eğer isteniyorsa teşekkür bölümü literatür listesinden hemen önce yer almalıdır.
2. Makalenin tamamı metin, çizelge ve şekiller dahil olmak üzere 8 sayfayı geçmeyecek şekilde A4 kağıdına çift sütun olacak şekilde yazılmalıdır (sütun genişliği 7.62, sütunlar arası 0.75).
3. Makale metni, üstten 4.0 cm, alttan 3.0 cm, sağ ve sol yandan 2.5 cm boşluk bırakılarak yazılmalıdır.
4. Makale metni, 1.25 satır aralıklı ve "**Tahoma**" yazı karakteri ile yazılmalıdır.
5. Hakem düzeltmelerindeki iletişimi kolaylaştırmak amacıyla satırlar her sayfada yeniden başlayacak şekilde numaralandırılmalıdır.
6. Makale başlığında sözcüklerin sadece baş harfleri büyük, 13 yazı karakteri büyüklüğü ile koyu ve ortalanmış olarak yazılmalıdır.
7. Yazar adları, başlıktan sonra 2 satır boşluk bırakılmalı, yazarların adları küçük, soyadları büyük kısaltılmaksızın, 10 yazı karakteri büyüklüğü ile koyu yazılmalıdır. Birden fazla yazar adı virgülle ayrılarak yan yana sıralanmalıdır.
8. Yazar adlarından sonra boşluk bırakılmadan yazarların çalıştıkları kurum adları, adresleri ve sorumlu yazarın e-posta adresi yer almalıdır.
9. Adreslerin ardından 2 satır boşluk bırakılarak "Özet" bölümüne başlanmalıdır. Özet metni 9 yazı karakteri büyüklüğü ile 1 satır aralıklı yazılmalı ve altında "Anahtar kelimeler:" yer almalıdır.
10. Özet bölümünün ardından 1 satır boşluk bırakılarak İngilizce başlık 10 yazı karakteri büyüklüğü ile yazılmalıdır. İngilizce başlıktan sonra 1 satır boşluk bırakılarak "Abstract" bölümüne başlanmalıdır. Abstract metni yazım alanı 14 cm genişliğinde tek sütun olacak şekilde 9 yazı karakteri büyüklüğü ile 1 satır aralıklı yazılmalı ve altında "Key words:" yer almalıdır.
11. Bölüm başlıkları ve metin, "**Tahoma**" yazı karakteri ile 9 büyüklüğünde yazılmalıdır.
12. Bölüm başlıkları, koyu, büyük harfle ve soldan hizalı olarak, bölümler içindeki alt başlıklar ise ilk harfleri büyük olacak şekilde koyu yazılmalı, başlıkların hepsi numarasız olmalıdır.
13. Makale metni, sağdan ve soldan hizalı olarak yazılmalı paragrafların ilk satırında 0.5 cm girinti yapılmalıdır. Paragraf aralarında boşluk bırakılmamalıdır.
14. Metin içinde literatür açıklamaları soyadı ve tarih verilmek suretiyle (Witney, 1998; Howell and Hiller, 1974; Pitts *et al.*, 1986) düzenlenmelidir. Birden fazla kaynak belirtilmek istendiğinde bunlar noktalı virgül ile ayrılmalıdır. İki den fazla yazar olması durumunda birinci yazardan sonra "*ark.*" veya "*et al.*" kısaltılması yapılmalıdır.

15. Eşitlikler MSWord "Equation Editor" kullanılarak, ayrı bir satır/lar halinde yazılmalıdır. Eşitlikler numaralandırılmalıdır. Eşitlikler satır ortasına, eşitlik numaraları ise bu kolonun sağına dayalı olarak parantez içinde yer almalıdır. Eşitliklerdeki matematik simgeler açıklanmalıdır.
16. Çizelge ve şekiller, büyüklüğüne göre metin içerisinde konu akışına uygun olarak yerleştirilmelidir. Tek sütun içerisine sığmayan Çizelge veya şekiller sayfa başına veya sonuna yerleştirilmelidir.
17. Çizelge başlıkları çizelgelerin üzerine, şekil başlıkları ise şeklin altına, koyu ve ilk harfleri küçük olarak yazılmalıdır. Çizelge ve şekillerin içerikleri, "**Tahoma**" yazı karakteri ile 8 büyüklüğünde olmalıdır.
18. Çizelge ve şekiller bilgisayar ortamında siyah-beyaz olarak hazırlanmalıdır.
19. Metrik birim sistemleri (SI) kullanılmalıdır.
20. Metin içinde anılan bütün literatürler, "**Literatür Listesi**"nde yer almalıdır. Literatür listesi alfabetik sırada 8 yazı karakteri büyüklüğünde aşağıdaki gibi düzenlenmelidir.

Kitaplar için:

Birinci yazarın soyadı, adının baş harfi, diğer yazarların adının baş harfi, soyadı, yayın yılı, (kitapta bölüm yazarları iseler, bölüm adı ve kitabın yazarı), kitabın adı (*italik*), yayınevi.

Merriam, J. L., M. N. Shearer, C. M. Burt, 1983. Evaluating Irrigation Systems and Practices. Chap.17, pp.721-760. In: *Design and Operation of Farm Irrigation Systems*. M.E.Jensen (ed.), ASAE , 2950 Niles Road, St.Joseph, Michigan, 49085.

Dergiler için:

Makalede birinci yazarın soyadı, adının baş harfi, diğer yazarların adının baş harfi, soyadı, yayın yılı, makalenin adı, derginin adı, cilt no, sayı no, sayfa no.

Kang, Y., S. Nishiyama, 1996. Analysis of Microirrigation Systems Using a Lateral Discharge Equation. Transactions of the ASAE 39 (3): 921-929.

URL için:

Schaeffer, L. R. 1997. Subject: Random Regressions.

<http://chuckagsci.colostate.edu/wais/logs/agdq869258263.html> , Erişim: Kasım 1997.

Dpt, 2002. Sekizinci Beş Yıllık Kalkınma Planı. Gıda Sanayii Özel İhtisas Komisyon Raporu.

<http://ekutup.dpt.gov.tr/gida/oik646.pdf> , Erişim: Kasım 2002.

JOURNAL OF AGRICULTURAL MACHINERY SCIENCE

INSTRUCTIONS FOR AUTHORS

General Principles

1. The Journal accepts original and unpublished research articles and review articles in the following fields;
 - Renewable and New Energy Resources in Agriculture
 - Efficient Use of Energy Resources in Agriculture
 - Recent Developments in Agriculture
 - Development Trends in Tractors and System Devices
 - Recent Developments in Sensors and Control Systems
 - Postharvest Operations
 - Optimization Techniques and Applications in Biosystems Engineering
 - Recent Developments in Machinery Planning and Management
2. The manuscript written in Microsoft Word format should be submitted via electronic media, as either floppy disk or CD or email, to the Editorial Board in three copies, only one with the names of the authors.
3. The manuscript must be accompanied by a "Form of Declaration that the Manuscript has not been published elsewhere". The form which can be found at <http://www.tarmakder.org.tr/basvuru.doc> must be filled in completely and signed by all the authors.
4. Manuscripts are published if the Editorial Board confirms and the referees accept. Those unpublished manuscripts are not given back.
5. An author can have maximum two papers as the first author to be printed at the same issue.
6. Authors are responsible for the scientific content of their manuscripts.

Writing Rules

1. Manuscripts, in general, should follow this order: Title, Abstract both in English and Turkish, Introduction, Materials and Methods, Research Results, Discussion and Conclusions, Acknowledgements (if necessary) and References. Contributors who are not native Turkish speakers may submit their manuscripts with an abstract written in English only.
2. The total number of A4 pages of the whole manuscript including text, tables and figures must not exceed 10 and the text should be written in two-column format with a column width of 7.62 cm and spacing of 0.75 cm.
3. The page margins of the manuscript must be as follows; top: 4.0 cm, bottom: 3.0 cm, left and right: 2.5 cm.
4. The manuscript must be typed in Tahoma font type with 1.25 cm of line spacing.
5. In order to ease the description of evaluation notes of the referee, lines should be numbered starting with 1 at each page.
6. The title should be written in 13 points of font size, bold and center aligned. First letter of each word of the title should be capital.
7. Author names should be listed after 2 blank lines below the title and typed in bold with 10 points font size. Authors' first names should be in small letters, e.g. James, and surnames all in capital letters, e.g. BROWN. For more than one author, names should be separated by a comma on the same line.
8. Next line after the authors' names, without giving any blank line, names and addresses of the authors' and the email address of the corresponding author should be provided.
9. Abstract should follow the addresses after 2 blank lines. Abstract text body should be typed in as 1 column of 14 cm width, 9 points font size with a line spacing of 1. Keywords should follow the abstract as a separate line.
10. Section headings and the text should be in "Tahoma" font type with 9 points of font size.
11. Section headings should be bold capital letters and left aligned. Sub-headings of the sections should also be bold but small letters starting with a capital letter. No numbering will be given to any of the headings.
12. Alignment of the text body of the manuscript should be justified with 0.5 cm of first line indentation. No spacing will be given between the paragraphs.
13. References should be cited in the text by the last name(s) of the author(s) and year of publication, for example, (*Brown, 1984*) or (*Ulusoy and Evcim, 1984*). If the citation is the subject of the sentence, then only the date should be given in parentheses, for example, *According to Hatipoglu (1984)* or *as suggested by*

Ulusoy and Evcim (1984). For citation of references with three or more authors, only the first author's name followed by "et al." should be used, for example, (*Ucucu et al., 1988*) or *as shown by Ucucu et al. (1988)*. If there is more than one reference in the same year for the same author(s), then please add the letters "a", "b", etc. to the year, for example, (*Berkel, 1970a, 1970b*). If there are more than one reference cited following each other, semicolon (;) should be used to separate.

14. Equations should be typed by using the MSWord "Equation Editor" as a separate line between the text. Equations must be center aligned and numbered. Numbering should be placed in parentheses as right aligned of the equation line. Definitions for symbols used within the equations must be provided following the equation.
15. Tables and figures should be placed within the text close to their citation. Those tables or figures which do not fit to their column should be placed either top or bottom of the page in one column format.
16. A brief but complete and self-explanatory caption should be given to tables and figures. Captions must be above the tables as left aligned and below the figures as center aligned. Caption text should be in Tahoma font type, 8 points font size, bold and in sentence format (only the first letter is capital).
17. Tables and figures must be prepared in black and white or grayscale. Figures as photos or drawings must have a good contrast of dark and light.
18. Metric SI (Système International d' Unités) units must be used in manuscripts.
19. References should be in 8 points font size and listed alphabetically at the end of the text without numbering. References to books, journal articles and URL web sites, etc. should be listed as given below:

For Books;

Last name of the first author, initial(s) of first name(s), initial(s) of the co-author first name(s), full last name of the co-author, publication year, (if they are the authors of a section of a book then the section heading and the author(s) of the book), title of the book (in italics), publishing company. **e.g.;**

Merriam, J. L., M. N. Shearer, C. M. Burt, 1983. Evaluating Irrigation Systems and Practices. Chap.17, pp.721-760. In: *Design and Operation of Farm Irrigation Systems*. M.E.Jensen (ed.), ASAE , 2950 Niles Road, St.Joseph, Michigan, 49085.

For Journal articles;

Last name of the first author, initial(s) of first name(s), initial(s) of the co-author first name(s), full last name of the co-author, publication year, title of the manuscript, title of the journal, volume number, issue number and page number. **e.g.;**

Kang, Y., S. Nishiyama, 1996. Analysis of Microirrigation Systems Using a Lateral Discharge Equation. Transactions of the ASAE 39 (3): 921-929.

For URLs;

e.g.;

Schaeffer, L. R. 1997. Subject: Random Regressions.
<http://chuckagsci.colostate.edu/wais/logs/agdg869258263.html> , Erişim: Kasım 1997.

Dpt, 2002. Sekizinci Beş Yıllık Kalkınma Planı. Gıda Sanayii Özel İhtisas Komisyon Raporu.
<http://ekutup.dpt.gov.tr/gida/oik646.pdf> , Erişim: Kasım 2002.