

TARIM MAKİNALARI BİLİMİ DERGİSİ

(Journal of Agricultural Machinery Science)

2013 CİLT (VOLUME) 9 SAYI (NUMBER) 4

Sahibi (President)

Tarım Makinaları Derneği Adına

(On Behalf of Agricultural Machinery Association)

Prof. Dr. Harun YALÇIN

Sorumlu Müdür (Editor - in - Chief)

Prof. Dr. Harun YALÇIN

Yayın Kurulu (Editorial Board)

Prof. Dr. Hamdi BİLGİN
Prof. Dr. Harun YALÇIN
Doç. Dr. Hüseyin GÜLER

Prof. Dr. Vedat DEMİR
Yrd. Doç. Dr. Hüseyin YÜRDEM
Dr. Tuncay GÜNHAN

Bilimsel Danışma Kurulu
(Scientific Advisory Board)

Prof. Dr. Ali İhsan ACAR, <i>Ankara Üniversitesi</i>	Prof. Dr. Kamil ALİBAŞ, <i>Uludağ Üniversitesi</i>
Doç. Dr. Selçuk ASLAN, <i>Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniv.</i>	Prof. Dr. Cevat AYDIN, <i>Selçuk Üniversitesi</i>
Prof. Dr. Erdem AYKAS, <i>Ege Üniversitesi</i>	Prof. Dr. Ali BAYAT, <i>Çukurova Üniversitesi</i>
Prof. Dr. M. Arif BEYHAN, <i>Ondokuz Mayıs 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. İbrahim Ethem GÜLER, <i>Iğdır Üniversitesi</i>	Prof. Dr. Ali KASAP, <i>Gazi Osmanpaşa 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. Yurtsever SOYSAL, <i>Mustafa Kemal Üniv.</i>
Prof. Dr. Poyraz ÜLGER, <i>Namık Kemal Üniversitesi</i>	Prof. Dr. İbrahim YALÇIN, <i>Adnan Menderes Üniversitesi</i>
Prof. Dr. Hasan YUMAK, <i>Bozok Üniversitesi</i>	

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

(Journal of Agricultural Machinery Science is published four 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
tarmakder@tarmakder.org.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 Basımevi, Bornova – İzmir

Baskı Adedi : 250 Adet

Basım Tarihi : 31 Aralık 2013

2013 CİLT 9, SAYI 4 Bilimsel Hakemleri
(2013 VOLUME 9, NUMBER 4 Scientific Referees)

Prof. Dr. Bahattin AKDEMİR	Namık Kemal Üniversitesi
Prof. Dr. Fazilet N. ALAYUNT	Ege Üniversitesi
Doç. Dr. Selçuk ASLAN	Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi
Prof. Dr. Cevat AYDIN	Selçuk Üniversitesi
Prof. Dr. Engin ÇAKIR	Ege Üniversitesi
Doç. Dr. Bülent ÇAKMAK	Ege Üniversitesi
Doç. Dr. Murat ÇANAĞCI	Akdeniz Üniversitesi
Prof. Dr. Adnan DEĞİRMENCİOĞLU	Ege Üniversitesi
Doç. Dr. Hüseyin GÜLER	Ege Üniversitesi
Doç. Dr. Davut KARAYEL	Akdeniz Üniversitesi
Doç. Dr. Muharrem KESKİN	Mustafa Kemal Üniversitesi
Yrd. Doç. Dr. Erdal ÖZ	Ege Üniversitesi
Prof. Dr. Cengiz ÖZARSLAN	Adnan Menderes Üniversitesi
Doç. Dr. Behiç TEKİN	Ege Üniversitesi
Doç. Dr. Mehmet TOPAKÇI	Akdeniz Üniversitesi
Prof. Dr. Müjdat TOZAN	Ege Üniversitesi
Doç. Dr. Ufuk TÜRKER	Ankara Üniversitesi
Yrd. Doç. Dr. İlker ÜNAL	Akdeniz Üniversitesi
Yrd. Doç. Dr. Hüseyin YÜRDEM	Ege Üniversitesi

İçindekiler (Contents)

Türkiye’de Yapılan Hassas Tarım Çalışmalarından Bir Örnek Uygulama Ufuk TÜRKER, İbrahim GÜÇDEMİR	257-262
Hassas Tarım Teknolojilerinin Adaptasyonunu Etkileyen Faktörler ve Bu Teknolojilerin Dünyadaki Kullanım Durumu Muharrem KESKİN	263-272
Tarım Robotları Arif Behiç TEKİN	273-278
Akdeniz Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarım Makinaları Bölümü Hassas Tarım Çalışmaları Mehmet TOPAKCI, İlker ÜNAL, Murad ÇANAKCI, Davut KARAYEL	279-286
Selçuk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarım Makinaları Bölümünde Hassas Tarımın Bugünü ve Geleceği Cevat AYDIN, Nurettin KAYAHAN	287-289
Namık Kemal Üniversitesi Biyosistem Mühendisliği Bölümünde Yürütülen Hassas Tarım Teknolojileri Araştırmaları Bahattin AKDEMİR	291-296
Motorlu Çapa Makinasının Titreşim Karakteristiklerinin Belirlenmesi Ercan GÜLSOYLU, Bülent ÇAKMAK, Fazilet N. ALAYUNT	297-306
Tahılların Pnömatik Serpme Ekimi için Deflektör Tasarımı ve Geliştirilmesi Zeynep DUMANOĞLU, Bülent ÇAKMAK	307-312
Biyokütleden Sürdürülebilir Biyoyakıt Üretimi: Biyorafineri Yaklaşımı Mehmet Ali DAYIOĞLU	313-320

Türkiye’de Yapılan Hassas Tarım Çalışmalarından Bir Örnek Uygulama

Ufuk TÜRKER, İbrahim GÜÇDEMİR

Ankara University, Faculty of Agriculture, Department of Farm Machinery, 06110 Dışkapı/Ankara-TURKEY
uturker@agri.ankara.edu.tr

Received (Geliş Tarihi): 04.06.2013 Accepted (Kabul Tarihi): 07.10.2013

Özet: Teknolojik ve bilimsel yeniliklerin ve değişimlerin tarımın hizmetine sunulması gerçeği ve gereği ile tarım her zaman en önemli uğraşlardan biri olmuştur. Üretimi daha rasyonel kılacak olan bu kültürel tedbirlerin dışında, yoğun teknoloji isteyen bazı çalışmalar vardır ki tarımsal üretimi arttırmak, kendi kendine yeten bir ülke olma özelliğimizi devam ettirebilmek ve çevre duyarlı tarımsal üretim için yeni teknik ve teknolojilerin kullanılması gerekmektedir. Bu teknolojilerin başında gelen Hassas tarımın ekonomik olarak pratikte uygulanabilmesi, arazideki değişkenliğin farklı girdi kullanımını mümkün kılacak yeterli büyüklükte olması şartına bağlıdır. Özellikle kârlılık ve çevresel etkiler tarımla uğraşanları yeni teknolojileri adapte etmeye yönlendirmektedir. Bunun içinde üretim sırasında ortaya çıkan değişken maliyetlerde bir azaltmaya gitme yolunda hassas tarım uygulamaları çıkış yolu sunmaktadır. Bu çalışmada, değişken oranlı gübre uygulamasının çiftçi şartlarında elde edilen tasarrufların ve yatırım maliyetinin karşılanması noktasında ekonomik olup olmayacağını belirlemek amaçlanmıştır. Çalışmada mısır üretimi için 160 ha’lık bir alanda yapılacak hassas tarım yatırımlarının ilk yılında karşılanabileceği ortaya konmuştur. Yapılan arazi uygulamalarında değişken oranlı fosfor ve azot gübrelemelerinden önemli tasarruflar elde edilmiştir. Bu makalede hassas tarım uygulamalarının Türkiye’den bir örneği olan Adana bölgesinden elde edilen sonuçlar paylaşılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Hassas tarım uygulamaları, hassas tarım uygulamalarının ekonomisi

An Application Example of Precision Farming Practices in Turkey

Abstract: Technological and scientific innovations and changes, and due to the fact that agriculture and agricultural availing always been one of the major challenges. Outside of this cultural measures which would make a more rational production, there are some studies that want intensive technology to increase agricultural production, maintain our position as the country self-sufficient and environmentally sensitive new techniques and technologies to be used for agricultural production. Precision farming practice from the beginning of the implementation of these technologies economically, the variability of land which is conditional on the use of different inputs should be large enough. Profitability and environmental impacts, especially those engaged in agriculture are directed to adapt to the new technologies. A reduction of variable costs incurred during the production of this increasingly precise farming practices, offers a way out. In this study, it was aimed to determine whether variable rate fertilizer application in terms of economics and investment to cover the cost is possible or not. In the study, 160 ha field size was proved to be sufficient to cover the investment cost of precision farming. Variable rate fertilizer applications to the field shown that important savings are possible. In this paper, precision farming applications that was carried out in Adana region of Turkey and its results are shared.

Key words: Precision farming practices, economics of precision farming applications

GİRİŞ

Hassas tarım çalışmaları dünyada 1990’lı yıllarda yoğunluk kazanmış araştırma programlarının ivme kazanması ise Körfez savaşı sonrası uzaktan algılama ve coğrafi bilgi sistemleri ile çalışmalarda var olan kısıtların ortadan kaldırılması veya gevşetilmesi ile olmuştur. Yapılan çeşitli araştırma sonuçlarının uygulamaya aktarılmasına imkân verecek alet ve ekipman-

ların geliştirilmesi yeni alet ve donanım dizaynları hep bu yıllarda olmuştur. 2000’li yıllara gelindiğinde çalışmalar artarak, başlangıçta düşünülmeyen birçok alanda hassas tarım uygulamaları planlanıp bu konularla ilgili araştırma çalışmaları hazırlanmış ve uygulanmıştır. Günümüze gelindiğinde devam eden çalışmalar incelendiğinde; toprak işlemeden, sulamaya, ekim

normlarının ayarlarından, değişik oranlı gübre uygulamalarına, değişik oranlı ilaçlama uygulamalarından değişik özelliklere sahip farklı yabancı otlar için kullanılan ilaçların aynı anda uygulanması, sensörler yardımıyla bitki özelliklerinden hareketle gerçek zamanlı uygulamalar gibi bir çok uygulama üzerinde hem uygulama programları hemde araştırma programlarının yapıldığı görülür.

Türkiye’de ise hassas tarım çalışmaları 90’ların sonunda başlamıştır (Türker, 2001). Son 10 yılda yapılan araştırma çalışmaları sonucu elde edilen sonuçlar hassas tarım teknolojisinin Türkiye şartlarında da uygulanabileceğini ortaya koymuştur (Güçdemir ve ark., 2004). Başlangıçta konuya ilgi duyan kuruluş sayısı bir iki araştırma enstitüsü ve üniversite ile sınırlı iken son yıllarda bu alanda çalışan kuruluş sayısı artmıştır. Hassas tarım ile ilgili ilk çalışmalar daha çok topraklardaki değişkenliğin ortaya konması ve çalışılacak en küçük parsel büyüklüğünün ortaya konması şeklinde olmuştur. Bu çalışmalar küçük bütçeli sadece durum tespiti için çalışmalar şeklinde olmuştur. Türkiye’de ilk olarak Ankara Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarım makineleri Bölümünün ve Tarım ve Köy İşleri Bakanlığı, Tarımsal Araştırmalar Genel Müdürlüğü Araştırma Enstitülerinin işbirliği ile "*Hassas Tarım Teknikleri Kullanılarak Hububat Ekim Alanlarında Verime Etki Eden Değişkenliklerin Belirlenmesi*" isimli araştırma projesi TÜBİTAK desteği ile 1999 – 2002 yıllarında yürütülerek sonuçlandırılmıştır. Çalışma Ankara’da Atatürk Orman Çiftliğinin (AOÇ) ile Enstitü Araştırma İstasyonu (Ankara-Sarayköy) arazilerinde yürütülmüştür. Her iki çalışmada da çalışılan alan büyüklükleri 6.4 ve 7 hektarlık alanlarda küçük tutulmuş, böylece bu teknikler kullanılarak çalışılacak en küçük arazi büyüklüğü ortaya konmaya çalışılmıştır (Güçdemir vd., 2004). Türkiye’deki arazi parçalılığı ve parsel büyüklükleri de dikkate alınacak olursa bu küçük alanlar da bile değişkenliklerin tespitinin mümkün olduğu görülmüştür. Toprakların fosfor, çinko kapsamaları ile yabancı ot varlığının tarlada homojen olmadığı metre metre farklılık gösterdiği tespit edilmiştir (Türker, 2005). Bu değişkenliklerin idare edilmesi durumunda sağlanacak girdi tasarrufunun tespiti için oluşturulan uygulama senaryolarından yapılan hesaplarda değişken oranlı uygulama yapılması durumunda AOÇ’deki çalışma alanı için kullanılan gübreden % 25, Enstitü Araştırma İstasyonu - Sarayköy’deki çalışma alanı için kullanılan gübreden % 33 oranında bir gübre tasarrufu sağlanabileceği hesaplanmıştır (Türker ve ark., 2004).

Tarım alanlarının rasyonel ve verimli işletilmesi ve bunun için gerekli uygulamalar, hassas tarım teknik-

lerini test ederek ve hayata geçirerek bir dönüşüm gerçekleştirmeyi gerektirmektedir. Bu amaçla ilk proje aşamasında değişkenlikler ve aralarındaki ilişkilerin ortaya konduğu çalışmanın ikinci aşamasında bu değişkenliklerin idaresi ile ilgili esasların Türkiye ölçeğinde ve çiftçi şartlarında ortaya konması planlanmıştır. İlk projede ortaya konulan değişkenliklerden fosfordaki değişkenliğin işletilmesi, Elektriksel İletkenlik (tuz) – EC, yaprak azotu ile gübre uygulamaları ve aralarındaki ilişkiler ile ilgili parametrelerin ikinci proje çalışmasında 2006-2010 yılları arasında ele alınmıştır. Bu projede ikinci TÜBİTAK projesi olarak Adana-Çukurova’da çiftçi tarlasında çiftçi M. Durdu Danişoğlu işbirliği ile uygulamaya konulmuştur (Güçdemir ve ark., 2008).

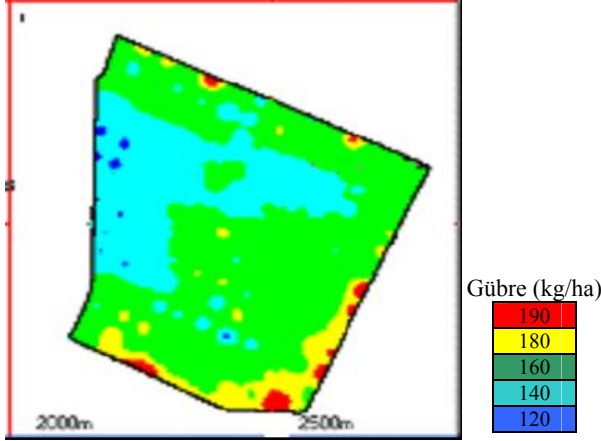
ÇALIŞMANIN AMACI

Çalışmada çiftçi şartlarında, geleneksel çiftçi gübre uygulamaları ile değişken oranlı gübre uygulamalarının karşılaştırılması ve bu alanda yapılacak yatırımların arazi büyüklüğünde dikkate alınarak ekonomik olup olmayacağını saptanması amaçlanmıştır. Çalışma amaçlanan hususlar şunlardır;

- Değişken oranlı uygulama sistemlerinin çiftçi şartlarına adaptasyonu ve kullanım olanaklarının araştırılması,
- Çiftçi şartlarında toprak, bitki ve gübre değişkenliklerinin saptanması,
- Değişken oranlı gübre uygulamaları ile geleneksel çiftçi uygulamalarının karşılaştırılması,
- Sensör tabanlı gübre uygulamalarının uzaktan algılama uygulamalarının alternatifi ve ekonomik olup, olmayacağı,
- Farklı azot gübre stratejilerinin karşılaştırılması (25 % fazla ve az)
- Yeni teknolojik ve inovatif sistemin çevreye etkilerinin değerlendirilmesi

MATERYAL ve YÖNTEM

Adana’da 38 (380 da) hektarlık bir alanda yürütülen çalışma ile değişken oranlı fosforlu ve azotlu gübre uygulamaları yapılmıştır. Bu çalışmalar yapılırken bu alan içerisinde alan tanımlayıcı çalışmalardan sonra eş zamanlı çiftçi uygulamaları için 10 hektarlık bir alan ayrıldıktan sonra uygulamalar başlatılmıştır. Grid örnekleme tekniği ile yapılan toprak örneklerinden elde edilen analiz sonuçları esas alınarak hazırlanan fosfor uygulama haritaları çalışma alanına uygulanmıştır (Şekil 1).



Şekil 1. Değişken Oranlı Fosfor Gübresi Uygulama haritası ve miktarları (Adana, 2007).

Çalışma alanında 5 farklı uygulama dozu ortaya çıkmıştır (koyu mavi ihmal edilir düzeyde). Çalışmada oluşturulan deneme bloklarının içerisinde elektrik kolları ile modifiye edilmiş, gübre depolu ekim makinesi kontrol sistemleri ile beraber kullanılmıştır (Şekil 2). Ekim anında ekim makinesi hangi renk bölgesinde ise o renk bölgesi ile ilgili gübre dozu bırakılmıştır. Çalışmada başlıca iki değişken uygulama dozu ağırlık kazanmıştır (Şekil 1). Çiftçiye ayrılan alanlarda çiftçi serbestçe kendi uygulamasını yapmıştır. Bu alanlara herhangi bir müdahalede bulunulmamıştır. Gübrelemede fosforlu gübre kaynağı olarak triple süper fosfat gübresi kullanılmıştır. Değişken oranlı fosfor uygulamaları sonucu uygulama alanına atılan fosforlu gübre miktarı çiftçi uygulamalarına nazaran yaklaşık % 50 (3 yıl ortalaması) civarında daha az gübre ile gerçekleşmiştir.



Şekil 2. Harita tabanlı uygulama ile kullanılan ve adapte edilmiş gübre depolu makina (Adana, 2007)

Değişken oranlı azot gübresi uygulaması Azot-sensör tarafından bitkinin azot ve biokütlesinin algılanması ile gerçekleştirilmiştir (Şekil 3).



Şekil 3. Çiftçi Arazisinde Sensör Tabanlı Azot Gübresi Uygulanması (Adana, 2007)

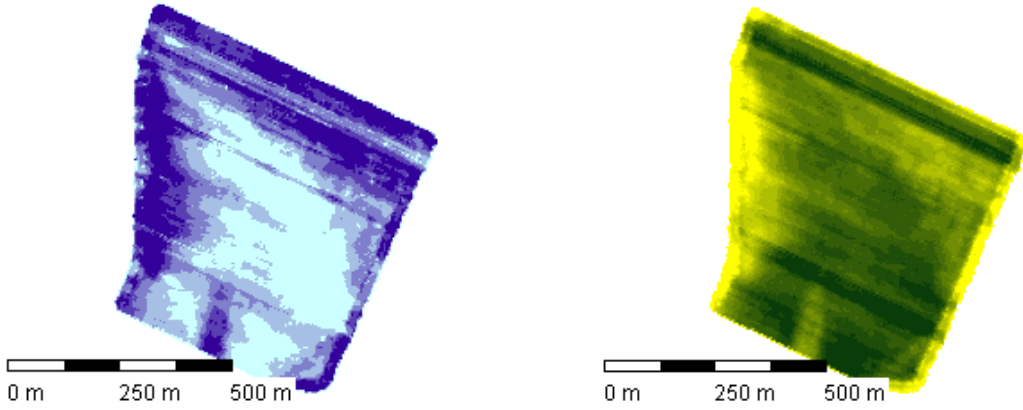
SONUÇLAR VE TARTIŞMA

Sensör tabanlı azot gübre uygulamasında sensör okumaları sonucu elde edilen ürün vejetasyon indeksi (NDVI) dağılımı haritası ve bu haritaya karşılık gelen değişken oranlı azot gübre uygulama haritası aşağıda verilmiştir.

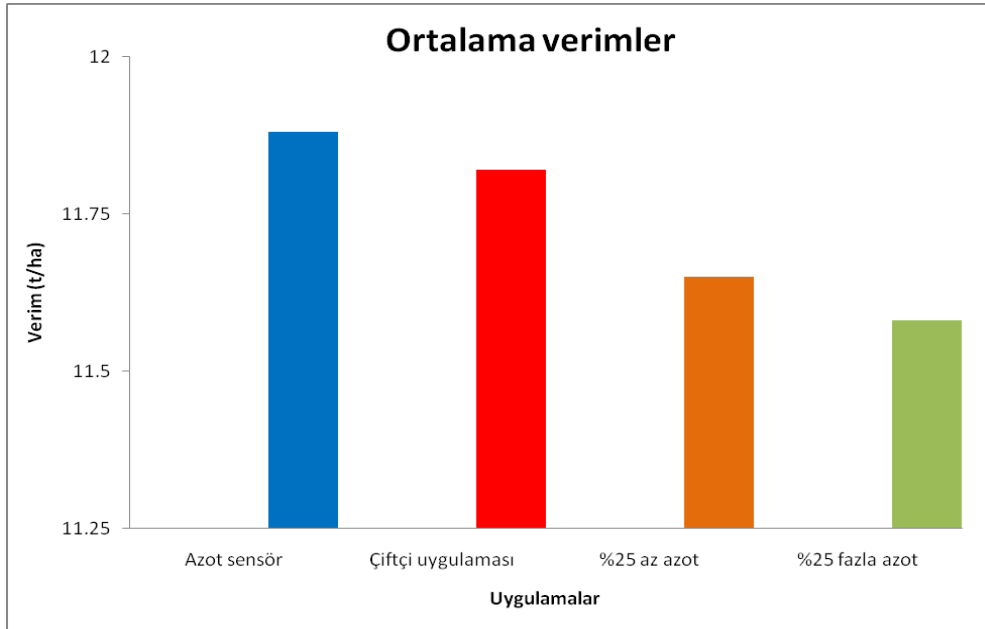
Buna göre değişken oranlı gübre uygulaması ile ortalama 187,9 kg N/ha azot gübresi uygulanmıştır. Çiftçi için ayrılan hatlarda geleneksel çiftçi uygulaması ortalama 230 kg N/ha olmuştur (Şekil 4). Sensör yardımıyla yapılan uygulamalar ile çiftçi uygulamalarına göre azotlu gübre uygulamalarında sağlanan tasarruf yaklaşık % 20 (3 yıl ortalaması) civarında olmuştur (Şekil 3).

Çiftçi uygulamaları ile değişken oranlı uygulamalar verim yönündende karşılaştırılmıştır. Buna göre, azot sensör ile yapılan gerçek zamanlı uygulamalar ile verimde artışlar sağlanmıştır. Çiftçi uygulamaları ve diğer konvansiyonel uygulamalar değişken oranlı uygulamaların gerisinde kalmıştır (Şekil 5).

Bu sonuçlar 3 yıl üst üste elde edilmiş ve gerek gübrelerden (azot, fosfor ve potasyum) ve gerekse verim artışlarından pozitif sonuçlar elde edilmiştir.



Şekil 4. Azot-Sensör Sistemi ve Biomas İndeksi Haritası (altta) ile Buna Karşılık Gelen Değişken Azot Uygulama Haritası (üstte)

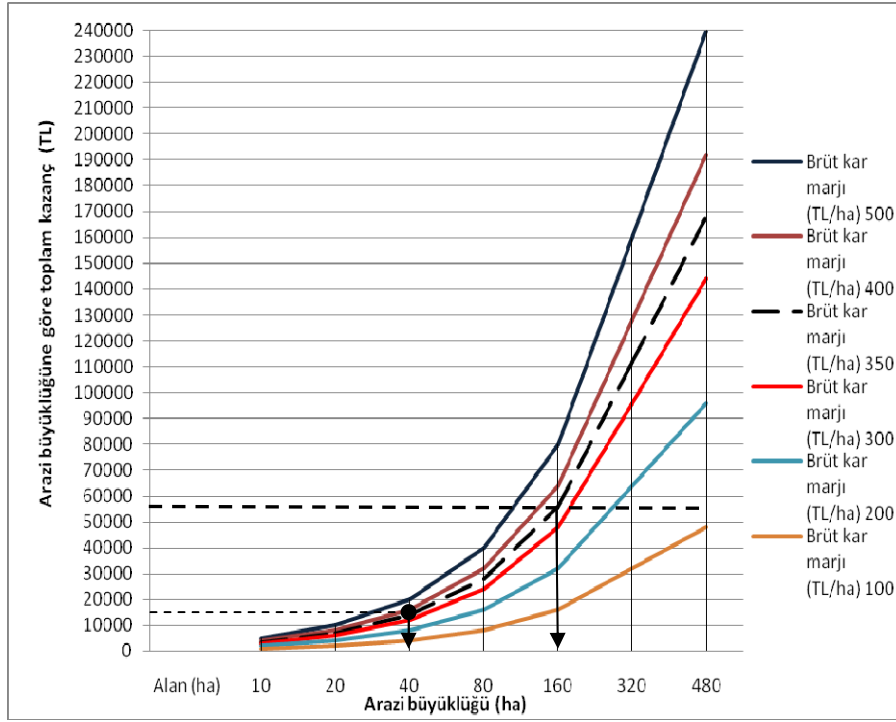


Şekil 5. Değişken ve geleneksel gübre uygulamaları sonucu elde edilen verim ortalamaları (2007).

Değişken oranlı uygulamalar için yapılan yatırımın maliyetinin karşılanması için uygulamadan yapılan tasarruf ve verimin bu yatırımı ne ölçüde karşıladığının belirlenmesi gerekir (Özgüven ve Türker, 2010). Bunun yanında bu yatırım sonucu ortaya çıkan faydanın değeri yapılan yatırımı karşılayan alan büyüklüğünün ne kadar olduğunun belirlenmesi gerekir. Yapılan bu çalışma sonucu yapılan ortalama tasarruf miktarı 343 TL ha⁻¹ olmuştur.

Yapılan yatırımın maliyeti, çalışma alanı dikkate aldığımızda, yaklaşık 1400 TL ha⁻¹ olmuştur. Bu yatırı-

mın 1 yıl içinde karşılanması için gereken başa-baş noktasını gösteren grafik şekil 6’da verilmiştir. Grafik incelendiğinde, bu çalışma sonucu elde edilen tasarruf ve fayda ile değişken oranlı yatırımın ilk yılsonunda karşılanabilmesi için 160 ha’lık bir arazi büyüklüğüne gereksinim olduğunu göstermiştir (Şekil 5). Çalışılan arazinin büyüklüğünün yaklaşık 40 ha olduğu göz önüne alındığında, bu yatırımın karşılanabilmesi için 4 yıldan daha fazla bir süreye ihtiyaç vardır.



Şekil 6. Değişken Oranlı Gübreleme Sisteminin Yatırım Maliyetini Karşılama Noktası (Adana örneği 3 yıl sonucu, 2010)

Planlanan çalışmayla ülkemizde henüz başlangıç safhasında olan hassas tarım teknolojilerinin hayata geçirileceği, yukarıdaki sorulara cevap olacak sonuçlar elde edileceği gibi, çiftçi ile beraber proje yürütülerek çağdaş teknolojilerin Türk Tarımında gerektiği yeri alması için imkân yaratılacağı düşünülmüş ve Adana'da Mehmet Durdu Danişoğlu'na ait tarlada proje uygulaması yapılmıştır. Hassas tarım teknolojilerinin kullanımı ile sadece tarlasında çalışma yapılan çiftçinin değil o civardaki çiftçilerin etkin bir şekilde sistemle tanışmaları sağlanmıştır. Bu çalışma sonucu çevreye olan etkilerde ele alınmış ve değişken oranlı uygulamaların drenaj sularından atılan nitrik asit ve vb atılan zararlı maddelerin de azaldığı tespit edilmiştir.

SONUÇ

Tarımda uygulanan teknolojiler, biri emek verimliliğini ikame edebilen mekanik teknolojiler, diğeri ise hem emek hem de toprağın verimliliğini arttıran biyolojik teknolojiler olmak üzere iki kısma ayrılmaktadır. Arazide hangi teknolojinin kullanılacağı veya faktör bileşiminin ne şekilde oluşacağını ise, sahip olunan kaynaklar belirlemektedir. Yeni teknolojilerin benimsenmesinde en önemli unsur ise üreticilerin gelir düzeyidir. Tarım sektöründe gelir düzeyi, özellikle geliş-

mekte olan ülkelerde dengesiz ve genellikle düşüktür. Bu bakımdan, teknolojilerin benimsenip benimsenmemesini bir anlamda üreticilerin sahip oldukları işletme büyüklükleri ve üretim kapasiteleri ile yakından ilgilidir. Geçimlilik üretim yapan üreticiler, adı üstünde, kendi ihtiyaçları kadar ürün yetiştirebildiklerinden, teknoloji kullanımından önce geçimlerinin teminini sağlamak noktasına yönelmektedirler. Ancak, bildiği gibi hemen hemen her ülkede devlet değişik araç ve metotlarla tarım sektörüne destek vermektedir. Destekleme mahiyetindeki devlet müdahaleleri, özellikle küçük üreticilerin teknolojik imkânlardan istifade edebilmesini mümkün hale getirebilir.

Tarım üreticilerinin yeni teknolojileri kabul edip uygulamasındaki engeller arasında, yeni bir sistemin geleneksel uygulamalar karşısında başlangıçta kuşkuyla karşılanması, kullanılan alet ve ekipmanların uygulanacak olan yeni sistemlere adaptasyonu, yeni teknolojilerin kullanımında en önemli unsur olan insan faktörünün değişikliklere adaptasyon kabiliyeti ve kabulünü sayabiliriz.

Bu sayılan hususlar üreticilerin yeni teknolojiler konusundaki gelişmelere ilgi göstermemelerinin nedeni veya nedenleri olabilir. Ancak hassas tarım uygulama sonuçları, bu sistemin özellikle orta büyüklüklerdeki

işletmelerde rahatlıkla kullanılabilceğini ortaya koymuştur. Bir diğer önemli nokta traktör ve hassas tarım uygulamalarına imkân veren sensörlerle takviye edilmiş özel ekipmanlar traktör kullanmasını bilen ve tarımsal işlemlerden anlayan herkes tarafından gerekli eğitimler verilerek yaygınlaştırılabilir. Teknoloji kullanımını geleneksel uygulamalara alışkın olan herkesi başlangıçta korkutur, cesaretini kırar. Bunun korkulacak bir şey olmadığı, üniversite, kamu ve önder çiftçiler ile birlikte yürütülecek bilgilendirme çalışmaları ile ortaya konması faydalı olacaktır.

Şu anda Türkiye’de belirli büyüklükteki işletmeler arasına bu teknolojiler kullanmak isteyen önemli miktarda çiftçi bulunmaktadır. Yukarıdaki sayılan hususlar daha geniş kitlelere hassas tarım uygulamalarının yaygınlaştırılmasının yollarını açacaktır. Araştırma çalışmalarına paralel olarak yapılacak eğitim çalışmalarına ilaveten yeni teknoloji kullanılmamasının nedenlerinin de iyi irdelenip cevaplarının verilmesi varsa sorun oluşturacak hususların ortadan kaldırılmasını sağlayacak tedbirlerin alınması gerekir. Bunlar tarımda teknoloji kullanımını özendirerek tarımsal teşvik uygulamaları şeklinde olabilir.

Hassas tarım teknolojilerinin çok pahalı teknikler olduğu düşünülür ama bu kısmen doğru olsa da küçük ölçekli işletmelerde bunun kullanımını sağlayacak olu-

şumlar planlanabilir. Çünkü hassas tarım tarla sınırlarını ortadan kaldıran tarımsal uygulamalara imkân veren bir tarımsal teknolojidir. Çiftçiler hassas tarım teknolojilerini kullanmaya karar verdiklerinde mevcut tarım alet ve makine parklarını da aynen kullanabileceklerdir. Mevcut alet ve ekipmanlarında bazı modifikasyonlar yapılarak hassas tarımda kullanılan sensörlerin ve bazı yardımcı ekipmanların sisteme adaptasyonu sağlanabilir. İşletme büyüklüklerinin belirli bir miktar üzerinde olmasını sağlayacak düzenlemeler beraberinde tarımda teknoloji kullanımını da karlı hale getirebilir. Sadece ekonomik şartların ve parsel büyüklüklerinin düzenlenmesi beklenen faydayı sağlamayabilir.

Üretici birlikleri ve ihracatçılar değişik destek mekanizmaları (hassas tarım kullanılarak üretilen ürünlerin alımında öncelik sağlamak gibi) çalıştırarak çiftçilerin teknoloji kullanmalarını teşvik edebilirler. Hassas tarım teknolojilerinin kullanımı ile tarlanın değişik verimlilik kabiliyetine sahip bölgelerine değişik oranlarda tohum uygulamaları yapılabilir.

LİTERATÜR LİSTESİ

- Güçdemir, İ. H., Türker, U., Karabulut, A., Arcak, Ç. 2004. Gübreleme teknolojilerindeki yenilikler (Hassas tarım uygulamaları) ve bunun tarımsal üretime etkileri üzerine bir çalışma. 3. Ulusal Gübre Kongresi "Tarım Sanayi Çevre" ,Editörler M.R. Karaman, A.R. Brohi, Bildiri Kitabı Cilt 1. Sayfa 1005-1014, 11-13 Ekim 2004 Tokat.
- Güçdemir, İ. H., Türker, U., Karabulut, A., Usul, M., Bozkurt, M., Arcak, Ç., 2008. Çukurova mısır tarımında hassas tarım teknikleri kullanarak değişken oranlı gübre uygulamaları. 4. Ulusal Bitki Besleme ve Gübre Kongresi., Editör Prof. Dr. Sait Gezgin, Bildiriler Kitabı sayfa 116-125., 8 – 10 Ekim 2008, Konya.
- Özgüven, M. M, Türker, U. 2010. Application of Precision Farming in Turkey, Comparative Analysis of Wheat, Cotton and Corn production. *Tarım Makinaları Bilimi Dergisi (Journal of Agricultural Machinery Science)*. ISSN:1306-0007, Vol.6 (2):127-135.
- Türker, U. 2001. Hassas Tarım Tekniği. *Türk-Koop Ekin*, 16:100-106.
- Türker, U. ve Güçdemir, İ., 2004. Atatürk Orman Çiftliğinde Nadas-Tahıl Sisteminde Küçük Ölçekli Alansal Değişkenliğin Hassas Tarım Teknolojilerinden Yararlanarak Belirlenmesi Üzerine Bir Araştırma. *Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarım Bilimleri Dergisi*, 10(3): 305–312.
- Türker, U. 2005. Determination of Spatial Weed Variability for Precision Spraying. *Journal of Agricultural Sciences (Tarım Bilimleri Dergisi) (JST)*. Vol:11, No:4, Sayfa:442-447. ISSN:1300-7580.

Hassas Tarım Teknolojilerinin Adaptasyonunu Etkileyen Faktörler ve Bu Teknolojilerin Dünyadaki Kullanım Durumu

Muharrem KESKİN

Mustafa Kemal Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Biyosistem Mühendisliği Bölümü, 31040 Antakya, Hatay
keskin@mku.edu.tr

Received (Geliş Tarihi): 04.06.2013 Accepted (Kabul Tarihi): 07.10.2013

Özet: Hassas Tarım Teknolojileri (HTT); uydu teknolojileri, elektronik ölçüm ve kontrol sistemleri ve bilgisayar yazılımları gibi yüksek teknolojileri kullanarak tarımsal üretimde kârlılık ve etkinliğin artırılmasını ve doğal kaynakların korunmasını amaçlar. HTT ile ilgili ilk çalışmalar 1980'li yıllarda ABD, Kanada, Avustralya ve Batı Avrupa'da başlamış olmasına ve bu alanda önemli düzeyde araştırma yapılmasına rağmen geçen süre içinde bu teknolojilerin kullanımı beklenenden düşük seviyededir. Bu bildirinin amacı, HTT'nin adaptasyonunu etkileyen faktörler, bu teknolojilerin ekonomikliği ve dünyadaki kullanım durumu hakkında bilgi vermektir. Yapılan çalışmalar, çiftçilerin kişisel özellikleri (yaş, eğitim, cinsiyet, kişilik, aile yapısı, sosyal ilişkiler), çiftliğin fiziksel ve ekonomik özelliği, yasal düzenlemeler, teknoloji ile ilgili destek verebilecek kuruluşların sayısı ve niteliği, kârlılık, teknolojilerin özelliği (maliyet, erişim, kullanım zorluğu, teknik destek) gibi faktörlerin adaptasyonu etkileyen en önemli faktörler olduğunu ortaya koymaktadır.

Anahtar kelimeler: Hassas Tarım Teknolojileri, Adaptasyon, Kullanım durumu, Kârlılık.

Factors Affecting the Adoption of the Precision Agriculture Technologies and the Adoption Rate of These Technologies in the World

Abstract: Precision Agriculture Technologies aim to increase the profitability and efficiency in the agricultural production while preserving the natural resources by employing satellite technologies, electronic measurement and control systems, and computer software. The usage rate of these technologies is less than expected although first studies were started in the beginning of 1980ies in the USA, Canada, Australia, and Western Europe. The aim of this article is to give information about the factors affecting the adoption, profitability, and usage rate of the technologies in the world. The most important factors such as personalities of the farmer, family structure of the farmers, characteristics of the farms, legal affairs, the number and properties of the institutions offering support on these technologies, and the characteristics of the technologies affect the adoption and usage rate of the technologies.

Key words: Precision agriculture technologies, Adoption, Usage rate, Profitability.

GİRİŞ

Elektronik ve bilgisayar teknolojilerindeki gelişmelerin çok hızlı bir şekilde yaşandığı günümüzde, tarım da bu teknolojik gelişmelerden pay almaktadır. Son yıllarda, artan çevre bilinci, birim alandan daha yüksek verim, üretim masraflarının azaltılması ve başta su ve toprak olmak üzere doğal kaynakların sınırlı olması nedeniyle yeni tarımsal üretim sistemlerinin arayışı içerisine girilmiştir. Hassas Tarım Teknolojileri (HTT); tarıma bilgi ve teknolojiyi birlikte getirerek tarımsal işletmeciliği değiştirebilecek özelliğe sahip, gelişme aşamasında olan bir teknolojidir. 1990'lı yılların başında adından sıkça bahsedilmeye başlanan HTT,

tarımsal değişimin temelini oluşturmaktadır. HTT, uydu teknolojileri, elektronik ölçüm ve kontrol sistemleri ve bilgisayar yazılımları gibi yüksek teknolojileri kullanarak çok küçük alanlarda tarımsal girdi uygulama miktarını değiştirerek, kârlılık ve tarımsal etkinliğin artırılmasını ve çevreyi korumayı amaçlamaktadır (Keskin ve Görücü Keskin, 2012).

Özellikle ABD yönetimi tarafından 2000 yılında Küresel Konum Belirleme Sistemi (GPS)'ne eklenen kasıtlı hatanın (Selective Availability) kaldırılması bu sistemin doğruluğunu olumlu yönde etkilemiş, hata miktarı, düzeltme sinyali olmadan yüz metreler

seviyesinden birkaç metre seviyesine inmiştir. Bu gelişme, özellikle toprak ve verim haritalama gibi bazı teknolojilerin maliyetini azaltmıştır. Ayrıca uydu esaslı konum belirleme sistemlerindeki gelişmeler ile traktör ve biçerdöver gibi kendi yürür tarım makinelerinin otomatik dümenlenmesi konusunda önemli gelişmeler kaydedilmiştir. Bunun yanında, HTT alanında faaliyet gösteren firma sayısının artması rekabeti artırmış, bu sayede kullanılan teknolojilerin maliyeti azalmıştır (Keskin ve Görücü Keskin, 2012).

Adaptasyon, yeni bir tarım teknolojisinin çiftçiler tarafından temin edilip kullanılması olarak tanımlanabilir. Yeni teknolojilerin yaygın ve yüksek oranda kullanımı, tarımda gelişimin ve sürdürülebilirliğin en önemli kaynaklarından biridir. Yeni teknolojilerin kullanımı ile tarımsal uygulamalar bu teknolojilerin oluşturduğu yararlarından nasibini almakla birlikte, bu teknolojileri üreten sanayi de gelişerek işgücü istihdamı ve ekonomiye olumlu katkıda bulunmaktadır.

Bu bildirinin amacı, Hassas Tarım Teknolojileri (HTT)'nin adaptasyonunu etkileyen faktörler, bu teknolojilerin ekonomikliği ve dünyadaki kullanım durumu hakkında bilgi vermektir.

Hassas Tarım Teknolojileri

Hassas Tarım Teknolojileri üç grupta toplanabilir (Şekil 1) (Keskin ve Görücü Keskin, 2012):

- 1) Veri toplama,
- 2) Veri işleme ve karar verme ve
- 3) Uygulama.

Bu teknolojilerin yanı sıra HTT'nin agronomik, ekonomik ve çevresel etkilerinin ele alındığı değerlendirme aşaması bulunmaktadır. Bu aşamada; yapılan uygulamaların başarısı incelenmekte ve daha sonra

yapılacak uygulamaların planlanması gerçekleştirilmektedir.

Birinci grupta yer alan Veri toplama teknolojilerinin kullanımıyla, toprak ve ürüne ait gerekli yersel (spatial) ve zamansal (temporal) temel veriler elde edilir. İkinci gruptaki Veri işleme ve karar verme teknolojileri, ham verilerin amaca uygun hale getirilmesini ve yorumlanmasını sağlayan teknolojileri kapsar. Üçüncü grupta bulunan Uygulama teknolojileri ise, bir önceki grupta oluşturulan haritalar ve yorumlardan yararlanarak üretim alanında yürütülecek işlemlerin kontrolünü sağlar.

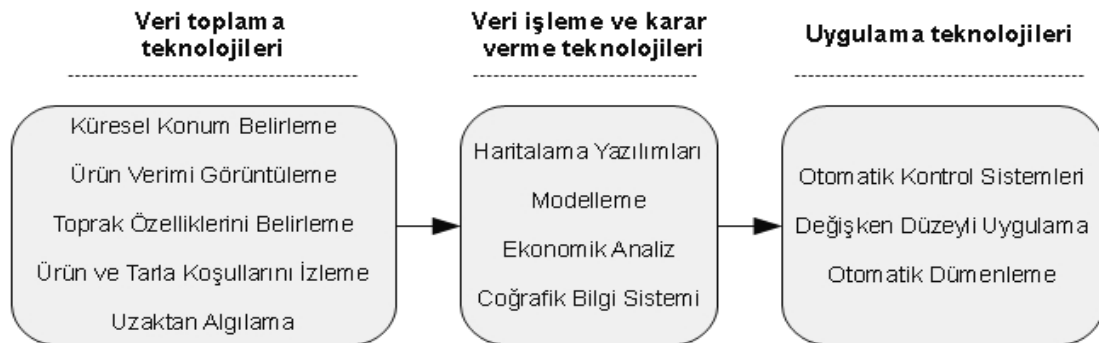
MATERYAL ve YÖNTEM

Çalışmada, dünyada farklı ülkelerde ve Türkiye'de Hassas Tarım Teknolojileri (HTT)'nin adaptasyonu ve mevcut kullanım durumu üzerine yapılan çalışmalar incelenmiştir. Bu teknolojilerin adaptasyonunu etkileyen faktörler belirlenmiş ve bu teknolojilerin mevcut kullanım durumu tespit edilmiştir.

ARAŞTIRMA BULGULARI

Adaptasyonu Etkileyen Faktörler

Hassas Tarım teknolojilerinin adaptasyonunu etkileyen faktörler üzerinde çok sayıda araştırma yapılmıştır. Bu çalışmaların büyük çoğunluğu, teknolojileri kullananlar ile teknolojiyi satan, kiralayan ve hizmet sağlayan firmalarla yapılan anketleri kapsamaktadır. Elde edilen sonuçlara göre bu teknolojilerinin adaptasyonunu etkileyen faktörler Çizelge 1'de özetlenmiştir.



Şekil 1. Hassas Tarım Teknolojileri (Keskin ve Görücü Keskin, 2012).

Çizelge 1. Hassas Tarım Teknolojilerinin adaptasyonunu etkileyen faktörler

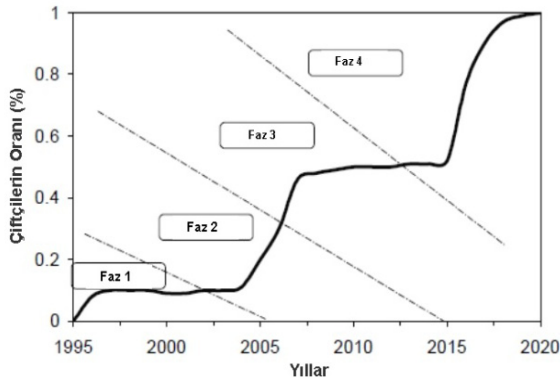
Faktör	Açıklama	Kaynak
Çiftçinin kişisel özellikleri	Yaş, eğitim, cinsiyet, kişilik, risk alma isteği, bilgisayar kullanımı seviyesi	Daberkow ve McBride (2003) Edwards-Jones (2006) Lowenberg-DeBoer ve Griffin (2006)
Çiftçinin aile yapısı	Çiftçinin hayatının hangi döneminde olduğu (gençlik, orta yaş, yaşlılık, emeklilik), başka bir iş yapıp yapmadığı, eşin iş durumu	Edwards-Jones (2006)
Çiftliğin yapısı ve durumu	Çiftlik tipi, arazi büyüklüğü, ekonomik alım gücü, borçluluk durumu, arazinin değişkenlik durumu, toprak yapısı	Sevier ve Lee (2004) Isgin ve ark. (2008) Paudel ve ark. (2011), Ehsani (2011)
Sosyal ilişkiler	Yerel kültürel özellikler, sosyal altyapı, güven duyulan arkadaşların varlığı, bilgi edinme durumu, başkasını örnek alma	Lowenberg-DeBoer (1998) Edwards-Jones (2006) Kutter ve ark. (2011)
Mevcut yöntemlerin yeterliliği	Mevcut uygulanan yöntemlerin yeterli görülmesi	Paudel ve ark. (2011)
Destek kuruluşları ve firmalar	Yeni teknoloji ile ilgili destek verebilecek kurumların (Bayiler ve Danışmanlık firmaları) sayısı ve yapısı	Fountas ve ark. (2005a) Edwards-Jones (2006)
Yasal kurallar	Teknolojilerin kullanımını teşvik eden kurallar, Kimyasal girdi kullanımının azaltılması, Sürdürülebilirlik, Çevre koruma	Edwards-Jones (2006)
İlk yatırım ve diğer masraflar, Kârlılık	Fiyat, kâra geçme süresi, Teknolojinin kârlı olup olmaması, Kiralama olanakları, Yüksek maliyet, Elde edilen gelir artışının maliyeti karşılamaması	Gandonou ve ark. (2001) Whipker ve Akridge (2009) Paudel ve ark. (2011)
Teknolojinin özelliği	Teknoloji hakkındaki belirsizlikler, öğrenme süresi, erişim, yazılım ve donanımın kullanım zorluğu, teknik destek durumu, mevcut koşullarda uygulanma zorluğu, veri toplama, işleme ve karar vermede geçen süre, sistemlerin karmaşıklığı sebebiyle öğreniminin zor ve masraflı olması	Fountas ve ark. (2005a, 2005b) Edwards-Jones (2006) Özgüven ve Türker (2010a, 2010b) Paudel ve ark. (2011) Kutter ve ark. (2011)
Tanıtım ve yayım	Ürün tanıtımına yönelik yayınlar, Sergi ve fuarlar, Bilimsel toplantılar ve konferanslar, Arazi tanıtımları	Kutter ve ark. (2011)
Teknik personel	Çiftçilere hizmet veren personelin niteliği, Uzman personel bulmada sıkıntı yaşanması, Yüksek personel ücretleri	Whipker ve Akridge (2009) Kutter ve ark. (2011)
Multidisipliner işbirliği	Mühendis, ekonomist, agronomist, vb. uzmanların birlikte çalışması	Ess (2002)
Karar verme destek sistemleri	Toplanan verileri kolay ve hızlı bir şekilde işleyip karar verme işlemi doğru bir şekilde yapabilecek sistemler	Fountas ve ark. (2005a)

Yeni teknolojilerinin kullanım düzeyinin (adaptasyon) değişiminin yani kullanan kişi sayısının artışının genellikle S eğrisi (S curve) şeklinde olduğu bildirilmektedir (Yule, 1999). Hassas Tarım Teknolojilerinin adaptasyonunun 1995-2020 yılları arasında 4 fazlı (dönem) bir şekilde değişeceği ileri sürülmüştür (Şekil 2) (Yule, 1999):

1. Faz: Amaçları karşılayacak teknolojinin üretimi,
2. Faz: Agronomik ve ekonomik yönden doğru karar verme işlemi kolaylaştıracak karar verme destek sistemlerinin (Decision Support System, DSS) geliştirilmesi,

3. Faz: Kimyasal girdi miktarının en az düzeye indirilmesi ve bunun izlenebilirliği (traceability) için uygun bir teknolojilerin geliştirilmesi,

4. Faz: Tarımsal ürünlerin üretim süreci ve yönteminin izlenebilirliğinin zorunlu hale getirilmesi ve bu sayede kullanılan kimyasal girdi miktarının en az düzeye indirilmesi ile Hassas Tarım teknolojilerinin kullanım oranının artması.



Şekil 2. Hassas Tarım Teknolojilerinin adaptasyon eğrisi (Yule, 1999).

Hassas Tarım Teknolojilerine Geçiş

Bazı teknolojiler çok kısa sürede ve kolay bir şekilde yaygınlaşırken bazılarında geçiş için belli bir süre ve deneyim gerekir. Hassas Tarım Teknolojileri (HTT) de böyle bir özelliğe sahiptir. Bunun en önemli nedeni ise yapılacak yatırımın oldukça yüksek miktarda olmasından kaynaklanan risk faktörüdür. Böyle bir durumda kullanıcılar hemen adaptasyon yerine "bekle ve gör" politikası ile bir süre beklemek, teknoloji hakkında bilgi toplamak ve daha sonra karar vermeyi tercih etmektedir.

HTT, veri toplama aşamasından uygulama aşamasına kadar çok sayıda değişik teknolojiyi gerektiren bir tarım tekniğidir. Veri toplama ve işleme aşaması, uygulama aşamasına göre daha az maliyete sahiptir. Değişken düzeyli uygulama teknolojisi oldukça pahalıdır fakat bu dezavantaj makine kiralama yolu ile giderilebilir. Çiftçiler, belli bir süre bekleyip genellikle belli bir düzeyde bilgiye sahip olduktan sonra ve diğer insanların bu konudaki tecrübelerini gördükten sonra uygulamaya karar vermektedir.

HTT'nde çiftçilerin en önemli beklentisi tarımsal girdilerde mümkün olduğunca azalma sağlayarak ve verimi yükseltmeyi hedefleyerek optimum kâr elde etmek iken, ülke yönetimlerinin en önemli beklentisi ise çevre ve doğal kaynakların korunması amacıyla kimyasal girdi kullanımını mümkün olan en aza indirmektir.

HTT'ne geçişin ilk esası teknolojiler hakkında bilgi sahibi olmaktır. Teknolojilerden yararlanma düzeyinin işletmenin finans gücüne bağlı olarak belirlenmesi aşamasında, bu teknolojilerin üstünlükleri ve eksiklikleri incelenmelidir (Çizelge 2). Yeterince bilgi toplandıktan sonra teknolojinin uygulanması için karar verilirse yapılacak işlem gerekli ürünlerin satın alınması veya kiralama yolu ile bu işlemlerle ilgilenen firmalara yaptırılmasıdır.

Hassas Tarım Teknolojilerinin Ekonomikliği

Hassas Tarım Teknolojileri (HTT)'nin ekonomikliği konusunda çok sayıda araştırma yapılmıştır (Çizelge 3). Çalışmaların önemli bir kısmı Değişken Düzeyli (DD) kimyasal girdi uygulamasına yönelik olan çalışmalar olup, çalışmaların büyük çoğunluğunda değişken düzeyli kimyasal uygulama teknolojilerinin kârlılık sağladığı belirtilmiştir. Az da olsa kârlılık elde edilemeyen çalışmalar da mevcuttur. HTT'nin pahalı olması bir olumsuzluk olarak görülebilir fakat yapılan hesaplamalar, uygulanan pestisit düzeyindeki azalma ve elle kontrol yapılması durumunda kaybedilecek zamanın kazanılması nedeniyle sistemin birkaç yılda kendini amorte edebileceğini göstermiştir (Balsari ve Tamagnone, 1997). Ayrıca azaltılan kimyasal girdi kullanımı ile canlıların sağlığının ve çevrenin korunması da büyük önem taşımaktadır.

Çizelge 2. Hassas Tarım Teknolojilerinin üstünlük ve eksiklikleri (Fountas, 1999)

Teknoloji	Üstünlük	Eksiklik
Verim görüntüleme ve haritalama	Sayısal açıdan arazideki değişkenlik hakkında bilgi verir.	Yorumlama yapmak zordur. Birden fazla yıla ait verilerin incelenmesi gerekir.
Toprak örnekleme ve haritalama	Kimyasal girdi kullanımını azaltarak üretim maliyetini düşürür.	Fazla sayıda örnek gereklidir. Pahalı bir teknolojidir.
Uydu görüntüleri	İlk yatırım gerektirmez.	Son yıllarda fiyatı ucuzlamakta ve yaygınlaşmaktadır ancak yorumlanması uzmanlık gerektirir.
Değişken düzeyli girdi uygulama	Girdi kullanımında azalma ile çevrenin korunması sağlanır.	Uygulama araçlarının satın alma bedeli yüksektir.

Çizelge 3. Bazı Hassas Tarım Teknolojilerinin kârlılık durumu

Teknoloji	Ekonomiklik	Kaynak
Algılayıcı esaslı selektif herbisit uygulaması	İlaçlanan alanda %90 oranında azalma, otların %95'inin etkisiz hale getirilmesi	Felton ve ark. (1991)
DD amonyak uygulaması	3 USD/ha - 9 USD/ha tasarruf	Robert ve ark. (1991)
DD herbisit uygulaması	%70-86 herbisit tasarrufu	Green ve ark. (1997)
Algılayıcı esaslı DD pestisit uygulaması	%10-35 pestisit tasarrufu	Balsari ve Tamagnone (1997)
DD kireç uygulaması	7.2 - 19.5 USD/ha arasında gelir artışı	Bongiovanni ve Lowenberg-DeBoer (2000)
DD azotlu gübre uygulaması	%6-46 gübre tasarrufu, 18.2-29.6 USD/ha kâr	Koch ve ark. (2004)
DD herbisit uygulaması	%13 herbisit tasarrufu	Mohammadzamani ve ark. (2009)
DD insektisit uygulaması	%40-50 insektisit tasarrufu	Karimzadeh ve ark. (2011)

Teknolojilerin Dünyada Kullanım Durumu

Hassas Tarım Teknolojileri ile ilgili çalışmalar 1980'li yıllarda ilk olarak ABD, Kanada, Avustralya ve Batı Avrupa'da başlamıştır, ancak önemli düzeyde araştırma yapılmasına rağmen geçen süre içinde teknolojilerin kullanımı beklenenden düşük seviyede gerçekleşmektedir (Zhang ve ark., 2002).

Çizelge 4'de ülkelere göre 2000-2002 yıllarında 1 000 000 acre (405 000 ha) tahıl ve yağ bitkisi alanına düşen verim görüntüleme sistemi sayısı verilmiştir. ABD, Avustralya, ve Arjantin verim görüntüleme sistemlerinin en fazla kullanıldığı ülkelerdendir (Lowenberg-DeBoer, 2003).

Çizelge 4. 2000-2002 yıllarında 1 000 000 acre (405 000 ha)'lık tahıl ve yağ bitkileri alanına düşen Verim görüntüleme sistemi sayısı (Lowenberg-DeBoer, 2003)

Ülke	Sayı
Amerika Birleşik Devletleri	30000
Avustralya	800
Arjantin	560
Birleşik Krallık	400
Danimarka	400
Almanya	150
İsveç	150
Brezilya	100
Fransa	50

Hassas Tarım Teknolojileri konusunda araştırma ve eğitim hizmeti veren merkezlerin sayısı da o ülkede bu konuya verilen önemin bir göstergesi olarak değer-

lendirilebilir. Çizelge 5'de farklı ülkelerde bulunan Hassas Tarım Teknolojileri konusunda araştırma ve eğitim hizmeti veren bazı merkezlerin listesi verilmiştir.

Çizelge 5. Farklı ülkelerde Hassas Tarım Teknolojileri merkezleri

Merkez adı	Yer, Ülke
Minesota Üniversitesi	Minesota, ABD
Missouri	Missouri, ABD
Washington Üniversitesi	Washington, ABD
Purdue Üniversitesi	Indiana, ABD
Nebraska Üniversitesi	Nebraska, ABD
Cranfield	Cranfield, Birleşik Krallık
Kopenhag Üniversitesi	Kopenhag, Danimarka
Avustralya	Sydney, Avustralya
Yeni Zelanda	Yeni Zelanda
Lucknow	Lucknow, Hindistan

Teknolojilerin Farklı Bölgelerdeki Kullanım Durumu

Kuzey Amerika

Işgin ve ark. (2008), ABD'nin Ohio eyaletinde rastgele seçilen 491 çiftçiden 177'sinin (%36) bir veya daha fazla HTT'ni kullandığını bildirmiştir. Çiftçilerin en fazla kullandığı üç teknolojinin; %17.31 ile toprak örnekleme, %15.48 ile değişken düzeyli kireç uygulaması ve aynı oranla (%15.48) değişken düzeyli fosfor uygulaması olduğu bildirilmiştir.

Paudel ve ark. (2011) ABD'de 12 eyalette pamuk tarımında HTT'nin adaptasyonunu kısıtlayan faktörleri belirlemek üzere 1692 pamuk çiftçisi ile posta yoluyla

anket yapmıştır. Çalışmada çiftçilerin yaklaşık üçte biri (%34) teknolojileri adapte ettiğini bildirmiştir. Ancak bu oranın beklentilerden daha düşük olduğu bildirilmiştir. Çiftçilerin %77'si teknolojilerin gelecekte kârlı bir yatırım olacağına inandıklarını belirtmiştir. Çiftçilerin önemli bir kısmı masrafların fazla olması (%46) ve mevcut uygulanan yöntemin yeterli bulunmasının (%41) adaptasyonu etkileyen en önemli faktör olduğunu bildirmiştir.

Erickson ve ark. (2013) ABD'de tarımsal ürün bayilerinin en çok kullandığı Hassas Tarım (HT) teknolojisinin otomatik dümenleme olduğunu, anket çalışmasına katılan çiftçilerin %66'sının yarı otomatik (ışıklı göstergeli), %62'sinin tam otomatik dümenleme kullandığını belirtmiştir. Katılımcıların yaklaşık %15'i HT teknolojisi kullanmadığını belirtmiştir. Bayilerin %71'inin çiftçilere tek çeşit değişken düzeyli gübre uygulama hizmeti verdiğini, GPS ile toprak örnekleme hizmeti veren bayilerin oranının %71 olduğu bildirilmiştir. Bayilerin en kârlı olduğunu belirttiği HT teknolojileri tekli ve çoklu değişken düzeyli gübre uygulaması olup, bayilerin yaklaşık %85'i bu teknolojiye kâr ettiğini belirtmiş, üçüncü sırada %77 oranla GPS alıcısı ile toprak örnekleme hizmeti yer almıştır. Teknoloji ürünlerinin çok kısa sürede değişim göstermesi (%51), teknolojiler konusunda uzman personel bulmada yaşanan sıkıntılar (%50) ve alınan ücretten elde edilen kârın düşük olması (%49) en önemli sorunlar olarak belirtilmiştir.

Lowenberg-DeBoer (2011) ABD'de HTT'nin ekonomisi ve kullanım düzeyi konusunda şu bilgileri vermektedir:

- ABD'deki tarımsal hizmet sektöründeki firmaların 2004 yılında yaklaşık %60'ı Uydu Esaslı Küresel Konum Belirleme sistemi (GNSS) ile çalışan yarı otomatik (ışık çubuklu) dümenleme sistemi ve %5'i tam otomatik dümenleme sistemi konusunda hizmet sunarken, bu rakam 2009 yılında, yarı otomatik dümenleme için %78'e, tam otomatik dümenleme için %55'e yükselmiştir.

- ABD'deki tarımsal hizmet sektörü firmalarının 2009 yılında yaklaşık %60'ı Değişken Düzeyli Uygulama hizmeti vermektedir.

- Değişken Düzeyli Gübre Uygulama sistemleri; 1998-2002 yılları arasında mısır için ekilen alanların %20'sinden, soya için %10'undan, buğday ve pamuk için %5'inden daha azında kullanılmıştır.

- Verim monitörü kullanımı, soya alanlarının yaklaşık %20'sini (2002 yılı), mısır alanlarının yaklaşık %30'unu (2005 yılı), buğday alanlarının yaklaşık %10'unu (2004 yılı) ve pamuk alanlarının yaklaşık %15'ini (2008 yılı) oluşturmaktadır.

Norwood ve Fulton (2009), HTT'nin ABD'de kullanım durumu üzerine bazı istatistiki değerler vermiştir (Çizelge 6). 2007 yılında en fazla kullanılan ilk üç teknoloji %31.7 ile verim görüntüleme, %31.6 ile otomatik dümenleme ve %26.5 ile toprak örnekleme olmuştur.

Çizelge 6. ABD'de HT Teknolojilerinin adaptasyonu (Norwood ve Fulton, 2009)

Teknoloji	1999	2003	2007
Verim görüntüleme	%6.0	%11.6	%31.7
Otomatik dümenleme	-	%5.2	%31.6
Toprak örnekleme	%8.1	%15.2	%26.5
GNSS Alıcısı	%2.2	%7.6	%26.1
Arazi sınırı haritalama	%4.3	%9.8	%23.6
DDU (kireç)	%6.7	%14.0	%22.2
DDU (fosfor)	%7.3	%14.1	%19.6
DDU (potasyum)	%7.3	%13.4	%19.5
Havadan fotoğraflama	%2.7	%5.2	%17.3
DDU (azot)	%6.3	%7.7	%10.7
DDU (ekim)	%3.4	%4.2	%8.1
DDU (herbisit)	%5.7	%5.3	%7.1

Sevier ve Lee (2004) Florida'da turuncgil üreticilerinin en çok kullandığı teknolojilerin; algılayıcı esaslı değişken düzeyli uygulama (%17.5) ve toprak haritalama (%16.1) olduğunu, en az kullanılan teknolojilerin ise %4.7 ile uzaktan algılama ve %3.3 ile harita esaslı değişken düzeyli uygulama olduğunu bildirmiştir.

Whipker ve Akridge (2009), ABD genelinde tarımsal girdi bayilerinin %85'i çalışmalarında HT teknolojisi kullandığını bildirmiştir. En çok kullanılan teknolojiler arasında birinci sırayı GNSS esaslı yarı otomatik (ışık çubuklu) dümenleme (%78.6) almış, bazı HTT'nin bayiler tarafından kullanım oranının yıllara göre düzenli olarak arttığı tespit edilmiştir (Çizelge 7).

Çizelge 7. ABD’de tarımsal girdi satan bayilerin en çok kullandığı teknolojiler (Whipker ve Akridge, 2009)*

Teknoloji	2005	2007	2009
Yarı otomatik dümenleme	%64	%68	%78
Hassas Tarım servisi	%64	%58	%65
Tam otomatik dümenleme	%6	%27	%53
CBS ile arazi haritalama	%20	%19	%35
Uzaktan algılama görüntüsü	%18	%20	%30
Toprak Eİ haritalama	%8	%5	%13

* Ankete katılanlar içindeki kullanım oranı.

Bayilerin en fazla hizmet verdiği teknolojiler içinde GNSS ile toprak örnekleme birinci, CBS ile arazi haritalama ikinci sırayı almaktadır. Verilen hizmetlerde yıllara göre düzenli bir artış gözlenmektedir (Çizelge 8) (Whipker ve Akridge, 2009).

Çizelge 8. ABD’de tarımsal girdi satan bayilerin sattığı teknoloji hizmetinin yaklaşık kullanım oranı (Whipker ve Akridge, 2009)

Hassas Tarım Teknolojisi	2001	2005	2009
GPS ile toprak örnekleme	%36	%45	%51
CBS ile arazi haritalama	%34	%33	%44
Verim verisi analizi	%18	%29	%39
Verim göstergesi satışı /desteği	%12	%23	%28
Uzaktan algılama görüntüsü	%10	%15	%24

Bayilere hizmet verdikleri teknolojilerden kâr edip etmediği de sorulmuş, 2009 yılında bayilerin yaklaşık yarısı, tekli ve çoklu Değişken Düzeyli gübre uygulama teknolojilerinden kâr ettiklerini bildirmiştir (Whipker ve Akridge, 2009) (Çizelge 9).

Çizelge 9. ABD’de tarımsal girdi bayilerinin kâr durumu (Whipker ve Akridge, 2009)

Hassas Tarım Teknolojisi	2003	2006	2009
DD çoklu gübre uygulama	%41	%44	%51
DD tek çeşit gübre uygulama	%34	%42	%50
GPS ile toprak örnekleme	%33	%40	%44
Uzaktan algılama görüntüsü	%31	%30	%22
Verim verisi analizi	%18	%21	%19

Güney Amerika

Arjantin’de, 2007 yılı verilerine göre; Uydu Esaslı Küresel Konum Belirleme Sistemi (GNSS) ile çalışan yarı otomatik (ışık çubuklu) dümenleme sistemi sayısı 7500, GNSS esaslı tam otomatik dümenleme sistemi sayısı 100, verim görüntüleme sistemi sayısı 3600,

Azot sensörü sayısı ise 15 olarak bildirilmiştir (Lowenberg-DeBoer, 2011).

Silva ve ark. (2011) Brezilya’nın Sao Paulo eyaletinde şeker ve etanol üreten firmaların %56’sının HT teknolojileri kullandığını bildirmiş, en çok kullanılan ilk üç teknolojinin uydu görüntüleri (%76), otomatik dümenleme (%39) ve hava fotoğrafları (%33) olduğunu bildirmiş, katılımcı firmaların teknolojilerden elde ettiği en önemli üç kazanımın, işletmeciliğin iyileştirilmesi (%94), şeker kamışı kalitesinin artırılması (%67) ve yüksek verim (%78) olduğu, teknolojiyi kullanan firmalar için en önemli üç sorunun ise masrafların yüksek olması (%96), kalifiye uzman personel bulunamaması (%94) ve hizmet ücretlerinin yüksek olması (%88) olduğu belirtilmiştir.

Brezilya’da 2008 yılında; GPS ile çalışan yarı otomatik (ışık çubuklu) dümenleme sistemi sayısının 18 000, GPS esaslı tam otomatik dümenleme sistemi sayısının 1 200 olduğu, kullanım sayısının yüksek vergiden dolayı artan fiyat sebebiyle azaldığı ve şeker üretimi yapan çiftliklerin %30’unun hücre esaslı toprak örnekleme yöntemi kullandığı bildirilmiştir (Lowenberg-DeBoer ve Griffin, 2006; Lowenberg-DeBoer, 2011).

Avrupa

Hassas Tarım teknolojileri Avrupa’da beklenenden daha az uygulanma durumunda olup bunun başlıca sebebi olarak teknolojilerin yüksek maliyeti ve sistemlerin karmaşıklığı sebebiyle konunun öğreniminin ve kavranmasının zor ve masraflı olması gösterilmektedir (Kutter ve ark., 2011).

Almanya’da Reichardt ve ark. (2009) tarafından yapılan bir çalışmada; 2001-2007 yılları arasında, ankete katılan çiftçilerin %6.6 ile %11.0’inin HT teknolojisi kullandıkları belirlenmiştir. Teknoloji kullanan çiftçilerin büyük çoğunluğu, GNSS esaslı alan ölçümü, toprak örnekleme ve verim haritalama gibi veri toplama teknolojilerini kullanmakta iken, değişken düzeyli uygulama teknolojilerinin kullanımı yeterli düzeyde değildir. Ankete katılan çiftçilerin yaklaşık yarısı, HTT konusunda bilgi sahibi olduğunu, yaklaşık %7-10’u ise gelecekte HTT’ni kullanmayı planladığını bildirmiştir. HTT eğitiminin teknik okullarda yetersiz, yükseköğretim kurumlarında daha iyi durumda olduğu belirlenmiştir.

Almanya’da, daha çok sensör esaslı gübreleme uygulaması yaygın olup, örneğin buğdayda bu tek-

nolojinin kullanım düzeyi %10 civarındadır. 2006 yılı verilerine göre; Almanya'da GNSS esaslı otomatik dümenleme kullanım oranı %9 civarındadır (Lowenberg-DeBoer, 2011).

Pedersen ve ark. (2004) Danimarka'da HTT kullanan 400 çiftçi ile bir anket çalışması yapmıştır. Teknolojileri kullanan çiftçilerin, ekonomik ve çevresel avantajları çok görünür olmasa da teknolojilerin geleceği konusunda iyimser oldukları bildirilmiştir. En çok kullanılan teknolojilerin; verim görüntüleme, toprak örnekleme ve değişken düzeyli gübre ve kireç uygulaması olduğu tespit edilmiştir. Katılımcılardan sadece 10 tanesinin (%2.5) değişken düzeyli uygulamayı tam olarak kullandığı belirlenmiştir. 2007 verilerine göre; Danimarka'da GNSS esaslı otomatik dümenleme kullanım oranı %6 civarındadır (Lowenberg-DeBoer, 2011).

Bligaard (2013) internet üzerinden Almanya, Finlandiya ve Danimarka'da bir yıl boyunca katılımcılarının çoğunluğunu çiftçiler (%73) ve araştırmacıların (%10) oluşturduğu anket çalışmasında; katılımcıların %36'sının Hassas Tarım (HT) teknolojileri konusunda deneyimi olduğunu bildirmiştir. Katılımcıların %4'ü daima, %23'ü sıklıkla ve %42'si bazen yazılım ve donanım ile ilgili sorun yaşadığını bildirmiştir. Katılımcıların %27'si gelecek birkaç yıl içinde HT teknolojilerine yatırım yapacağını belirtmiştir. Katılımcıların %20'si otomatik dümenlemenin gerekli olduğunu, %33'ü ise çok önemli olduğunu belirtmiştir. Makine ayarları için geçen sürenin uzun olması HT teknolojilerinin uygulanmasında önemli bir sorun olarak görülmekte olup katılımcıların sadece %18'i makine yazılım ayarları için 3 dakikadan fazla bir süre ayırabileceğini belirtmiştir.

Söderström ve Rydberg (2013), İsveç'te en çok kullanılan HT teknolojisinin hücre esaslı toprak haritalama olduğunu, buğday ekilen alanların yaklaşık %20'sinde azot algılayıcılarının kullanıldığını, her yıl düzenlenen tarım fuarlarında teknolojilerin tanıtımının yapıldığını belirtmiştir.

Avustralya

2007 yılı verilerine göre; Avustralya'da çiftçilerin %30'u uydu esaslı konum belirleme sistemi, %12'si GNSS esaslı otomatik dümenleme ve yaklaşık %1'i Değişken Düzeyli Uygulama sistemi kullanmaktadır (Lowenberg-DeBoer, 2011).

Asya ve Afrika

Asya ve Afrika ülkelerinde Hassas Tarım teknolojilerinin mevcut kullanım durumuna ilişkin istatistiksel veri ve anket çalışmasına rastlanmamıştır.

Türkiye

Ülkemizdeki tarımsal işletmelerin çoğunluğunun oldukça küçük ölçekli olması, bu işletmelerin gelişmiş ancak pahalı olan yeni teknolojileri adapte edebilmelerini önemli derecede kısıtlamaktadır. Bu durum, Türkiye tarımının en önemli sorunlarından biri olup, arazi toplulaştırması için çalışmalar devam etmektedir. HTT gibi pahalı olan yeni ve gelişmiş teknolojilerin adaptasyonu, büyük ölçekli işletmeler için daha kolay ve uygundur.

Ülkemizde bu konuda yapılan araştırmalar oldukça sınırlıdır. Gelişmiş ülkelerde tarımın geleceğinin bu yöne doğru kaydığı dikkate alındığında, ülkemizde de gereken çalışmaların yapılma zorunluluğu açıkça görülmektedir.

HTT'nin tarımda girdi kullanımını azaltma ve bu yolla çevre ve doğal kaynakların korunması ve sürdürülebilir bir tarım uygulamasına olanak sağlaması gibi bir yararı olduğu da dikkate alındığında bu teknolojilerin önemi daha da artmaktadır.

Ülkemizde ticari anlamda HTT'nin adaptasyonu ve kullanım düzeyi konusunda herhangi bir sayısal veriye veya çalışmaya rastlanmamıştır. Bunun yanında, bazı devlet kuruluşlarına bağlı araştırma merkezleri ile üniversitelerde bulunan araştırmacılar bu konuda araştırma ve tanıtım toplantıları ve tarla sunumları yapmaktadır (TAGEM, 2011).

Ülkemizde ilk kez 2013 yılında HTT konusunda Ulusal Çalıştay düzenlenmiştir. 2012 yılı itibari ile, Avustralya'da 15., Uluslararası düzeyde 11., 2013 yılı itibari ile Avrupa'da 9. ve Asya'da 5. HTT konferansı yapıldığı göz önüne alındığında ülkemizin bu alanda oldukça geri kaldığı daha rahat görülebilir.

TARTIŞMA ve SONUÇ

Hassas Tarım Teknolojileri (HTT)'nin adaptasyonu ile ilgili yapılan çalışmaların incelenmesi neticesinde aşağıdaki genel sonuçlara ulaşılmıştır:

- Dünyada HTT ile ilgili yeterli istatistiksel veri bulunmamakta olup yapılan çalışmalar anket çalışması niteliğindedir.

- HTT en fazla ABD'de kullanılmakta olup, diğer önemli ülkeler arasında Arjantin, Brezilya, Avustralya, Almanya ve Danimarka yer almaktadır.

- HTT'nin kullanım oranı yıllara göre artış göstermektedir. En yaygın kullanılan teknolojiler arasında; Verim görüntüleme, Otomatik dümenleme, Uydu esaslı konum belirleme sistemleri (GNSS), Toprak haritalama ve Değişken düzeyli gübre uygulama teknolojileri yer almaktadır.

- HTT'nin adaptasyonunu çok sayıda faktör etkilemekte olup bunlardan en önemlileri çiftçilerin kişisel özellikleri, çiftliğin fiziksel ve ekonomik özelliği, yasal düzenlemeler, teknoloji ile ilgili destek verebilecek kuruluşların sayısı ve niteliği, teknolojilerin özelliğidir.

- HTT konusunda uzman teknik personel gereksinimi bulunmaktadır. Uzman teknik personelin ücretlerinin yüksek olması önemli bir sorun olarak bildirilmektedir.

- Gelecekte ülke yönetimlerinin kimyasal girdi uygulamalarına kısıtlama ve izlenebilirlik (traceability) getirmesi beklendiğinden HTT'nin özellikle de Değişken Düzeyli kimyasal girdi uygulama teknolojilerinin önemi ve kullanımının daha da artacağı beklenmektedir.

Hassas Tarım Teknolojileri (HTT) ile ilgili olarak Türkiye açısından aşağıdaki sonuçlar çıkarılmıştır:

- Ülkemizde HTT'nin mevcut kullanım durumuna ilişkin istatistik veri ve anket çalışmasına rastlanmıştır.

- HTT konusunda araştırma merkezi bulunmamaktadır.

- Konu ile ilgili olan resmi kurumlarda HTT konusunda yapılan çalışmalar yeterli değildir. Üniversitelerde yapılan araştırma miktarı son yıllarda artmış olsa da yeterli değildir. Yapılan çalışmalar genellikle hazır sistemlerin denenmesi şeklindedir. Yerli imkânlarla benzer sistemlerin üretilmesi konusuna ağırlık verilmelidir.

- Türkiye koşullarına uygun modelleme ve karar verme destek sistemleri (DSS) konusunda çalışmalar yapılması gerekmektedir.

- Özel firmalar konuya yeterince ilgi göstermemektedir. HTT, Tarım fuarlarında yeterince tanıtılmamaktadır.

- Büyük arazi sahipleri ve devlet kurumlarına ait işletmelerde HTT'nin kullanımı için çalışma yapılmalıdır. İlk aşamada özellikle tahıl üretiminde kimyasal girdi uygulamada otomatik dümenleme sistemlerinin kullanımı özendirilmelidir.

- HTT içinde yer alan verim görüntüleme, otomatik dümenleme ve algılayıcı esaslı Değişken Düzeyli kimyasal girdi uygulama gibi teknolojilerin devlet tarafından desteklenerek kullanımı özendirilmelidir.

- Piyasanın ihtiyacını karşılayabilecek HTT konusunda uzman personel yetiştirilmelidir.

LİTERATÜR LİSTESİ

Balsari, P., M.Tamagnone, 1997. An Automatic Spray Control for Airblast Sprayers: First Results. Precision Agriculture'97 Proceedings. Vol.II, SCI, Bios Scientific Publishers, pp.619-626.

Bligaard, J., 2013. Identified user requirements for precision farming in Germany, Finland and Denmark. www.landbrugsinfo.dk, Erişim: Temmuz 2013.

Bongiovanni, R., J.Lowenberg-DeBoer, 2000. Economics of Variable Rate Lime in Indiana. Precision Ag 2: 55-70.

Daberkow, S., W.McBride, 2003. Farm and operator characteristics affecting the awareness and adoption of precision agriculture technologies in the US. Precision Agriculture 4(2): 163-177.

Edwards-Jones, G., 2006. Modelling Farmer Decision-Making: Concepts, Progress and Challenges. Animal Science 82: 783-790.

Ehsani, R., 2011. Precision Agriculture for Small Growers. Resource 18(1): 11.

Erickson, B., D. Widmar, J. Holland, 2013. Survey: An inside look at precision agriculture in 2013. www.croplife.com, Erişim: Temmuz 2013.

Ess, D.R., 2002. Precision and Profits. Resource 9(2): 11-12.

Felton, W.L., A.F.Doss, P.G.Nash, K.R.McCloy, 1991. A Microprocessor Based Controlled Technology to Selectively Spot Spray Weeds. pp. 427-432. In: *Automated Agr for the 21st Century Proc, ASAE*.

Fountas, S., 1999. Market Research on the Views and Perceptions about the Role of Crop Management within Precision Farming. MSc Thesis, Cranfield Univ., UK.

Fountas, S., S.Blackmore, D.Ess, S.Hawkins, G.Blumhoff, J.Lowenberg-DeBoer, C.G.Sorensen, 2005b. Farmer Experience with Precision Agriculture in Denmark and the US Eastern Corn Belt. Precision Ag 6:121-141.

Fountas, S., S.M.Pedersen, S.Blackmore, 2005a. ICT in Precision Agriculture - Diffusion of Technology. ICT in Agriculture: Perspectives of Tech Innovation. EFITA.

Gandonou, J.M., T.S.Stombaugh, C.R.Dillon, S.A.Shearer, 2001. Precision Agriculture: A Break-Even Acreage Analysis. 2001 ASAE Annual International Meeting, Sacramento, California. Paper Number: 01-1029.

Green, H.M., W.K.Vencill, C.K.Kvien, B.C.Boydell, S.Pocknee, 1997. Precision Management of Spatially Variable Weeds. Precision Agriculture'97, pp.983-989, Vol.II: SCI, Bios Scientific Publishers.

- Isgin, T., A.Bilgic, L.Forster, M.T.Batte, 2008. Using Count Data Models to Determine the Factors Affecting Farmers' Quantity Decisions of Precision Farming Technology Adoption. *Comp and Electr in Ag* 6(2): 231–242.
- Karimzadeh, R., M.J.Hejazi, H.Helali, S.Iranipour, S.A.Mohammadi, 2011. Assessing the Impact of Site-Specific Spraying on Control of *Eurygaster Integriceps* (Hemiptera: Scutelleridae) Damage and Natural Enemies. *Precision Ag* 12: 576–593.
- Keskin, M., S.Görücü Keskin, 2012. Hassas Tarım Teknolojileri. Mustafa Kemal Üniversitesi Yayınları No:35, Antakya, Hatay.
- Koch, B., R.Khosla, W.M.Frasier, D.G.Westfall, D.Inman, 2004. Economic Feasibility of Variable-Rate Nitrogen Application Utilizing Site-Specific Management Zones. *Agronomy Journal* 96: 1572–1580.
- Kutter, T., S.Tiemann, R.Siebert, S.Fountas, 2011. The Role of Communication and Co-operation in the Adoption of Precision Farming. *Precision Agriculture* 12: 2–17.
- Lowenberg-DeBoer, J., 1998. Adoption Patterns for Precision Agriculture. *International Off-Highway and Powerplant Congress and Exposition*, 14-16 September 1998, Milwaukee, Wisconsin.
- Lowenberg-DeBoer, J., 2003. Is the US Falling Behind in Yield Monitor Adoption? *Site Specific Management Center Newsletter*, Purdue University, August 2003.
- Lowenberg-DeBoer, J., 2011. Economics of Remote and Direct Sensing in Agriculture. *Int Symposium on Sensing in Agr*, 21-24 February 2011, Haifa, Israel.
- Lowenberg-DeBoer, J., T.W.Griffin, 2006. Potential for Precision Agriculture Adoption in Brazil. *Site Specific Management Center Newsletter*, June 2006, Purdue University.
- Mohammadzamani, D., S.Minaei, R.Alimardani, M.Almassi, M.Rashidi, H.Norouzpour, 2009. Variable Rate Herbicide Application Using the Global Positioning System for Generating a Digital Management Map. *Int J Agric Biol* 11: 178–182.
- Norwood, S., J.Fulton, 2009. GPS/GIS Applications for Farming Systems. *Alabama Farmers Federation Commodity Organizational Meeting*, 5 February 2009.
- Özgüven, M.M., U.Türker, 2010a. Hassas Uygulamalı Tarım Teknolojilerinin Üretim Ekonomisi ve Ülkemizde Pamuk Üretiminde Kullanılabilme Olanakları. *ADÜ Ziraat Fakültesi Dergisi* 7(1): 23-33.
- Özgüven, M.M., U.Türker, 2010b. Hassas Tarım Teknolojilerinin Üretim Ekonomisi ve Ülkemizde Mısır Üretiminde Kullanılabilme Olanakları. *Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi* 7(1): 55-70.
- Paudel, K., M.Pandit, A.Mishra, E.Segarra, 2011. Why Don't Farmers Adopt Precision Farming Technologies in Cotton Production? 2011 AAEE & NAREA Joint Annual Meeting, 24-26 July 2011, Pittsburgh.
- Pedersen, S.M., S.Fountas, B.S.Blackmore, M.Gylling, J.L.Pedersen, 2004. Adoption and Perspectives of Precision Farming in Denmark. *Acta Agriculturae Scandinavica Section B - Soil & Plant Science* 54(1): 2-8.
- Reichardt, M., C.Jürgens, U.Klößle, J.Hüter, K.Moser, 2009. Dissemination of Precision Farming in Germany: Acceptance, Adoption, Obstacles, Knowledge Transfer and Training Activities. *Precision Ag* (10): 525–545.
- Robert, P.C., W.H.Thompson, D.Fairchild, 1991. Soil Specific Anhydrous Ammonia Management System. *Automated Agr for the 21st Century Proceedings*. pp.419-426, 16-17 December 1991, ASAE, Chicago.
- Sevier, B.J., W.S.Lee, 2004. Precision Farming Adoption by Florida Citrus Producers: Probit Model Analysis. *University of Florida Cooperative Extension Service*. Publication CIR 1461, Florida.
- Silva, C.B., M.A.F.D. Moraes, J.P.Molin, 2011. Adoption and Use of Precision Agriculture Technologies in the Sugarcane Industry of Sao Paulo State, Brazil. *Precision Agric* 12: 67–81.
- Söderström, M., A.Rydberg, 2013. The ISPA Report, May 2013, Country Report - Sweden. www.ispag.org, Erişim: Temmuz 2013.
- TAGEM, 2011. Hassas Tarım Teknolojileri Uygulama Tanıtımı. *Tarımsal Araştırmalar Genel Müdürlüğü*. www.tagem.gov.tr/haberler/htarimtek/htarimtek.htm, Erişim: Ağustos 2011.
- Whipker, L.D., J.T.Akridge, 2009. Precision Agriculture Services Dealership Survey Results - Year 2009. <http://purl.umn.edu/56111>, Erişim: Mayıs 2013.
- Yule, I., 1999. Precision Farming. *Proceedings of the New Zealand Grassland Association* 61: 209-214.
- Zhang, N., M.Wang, N.Wang. 2002. Precision Agriculture - Worldwide Overview. *Computers and Electronics in Agriculture* 36: 113-132.

Tarım Robotları

Arif Behiç TEKİN

Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarım Makinaları Bölümü, İzmir
behic.tekin@ege.edu.tr

Received (Geliş Tarihi): 04.06.2013 Accepted (Kabul Tarihi): 07.10.2013

Özet: Bilgi teknolojileri, yaşanan hızlı gelişmeler ile, güncel yaşamın her alanında insan yaşamını kolaylaştırıcı, insan işinin bir bölümünü ya da tamamını yüklenici, konforunu artırıcı yönde yer almaktadır. Bu makalede; bilgi ve bilişim teknolojilerinin tarımda kullanım alanları arasında yer alan Tarım robotları ile ilgili gelişme süreci kısaca derlenmekte ve Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarım Makinaları Bölümünün deneyimleri sunulmaktadır.

Anahtar kelimeler: Tarım, sensör, robot, GPS

Agricultural Robots

Abstract: Information and communication technology with a rapid development takes place by easing his/her life, carrying their whole or partial works, increasing their comfort through whole part of the daily life of human. In this paper; the development of agricultural robots which is a part of information and communication technology in agriculture is briefly reviewed and experiences of Ege University, Faculty of Agriculture, Dept. of Agricultural Machinery is presented.

Key words: Agriculture, sensor, robot, GPS

GİRİŞ

Bilgi teknolojileri, yaşanan hızlı gelişmeler ile güncel yaşamın her alanında insan yaşamını kolaylaştırıcı, insan işinin bir bölümünü ya da tamamını yüklenici, konforunu artırıcı yönde yer almaktadır.

İnsan gereksinimlerini karşılama amacıyla yürütülen çalışmaların başında gelen tarımsal üretim; gerek insanlara besin ve giyim hammaddeyi gerekse diğer sektörlerde hammadde sağlayıcısı olması nedeniyle, stratejik önemi hızla artan önemli bir üretim sektörüdür.

Son yıllarda bilişim teknolojileri yaşamın diğer alanlarında olduğu gibi tarımda da uygulama bulmaya başlamıştır. Başlangıçta bilimsel araştırma bazında geliştirilen/kullanılan ürünler ve uygulamalar günümüzde ticari ürün ve hizmet olarak kendilerini göstermektedir.

Tarım, ülkemizde uzun yıllardır bilişim sektörünün ilgi alanı dışında kalmış olmasına karşın, gelişmiş ülkelerde özellikle bilişim teknolojilerinin gelişimiyle insana, bitkiye, hayvana, çevreye duyarlı, üretimde kalite ve verimlilik artışına olanak sağlayan ciddi bir evrim geçirmektedir.

Tarımsal üretimde insan gücünden hayvan gücüne ve daha sonra da traktör gücüne geçiş sürecinin devamı olarak değerlendirilen "Hassas Tarım" (Precision

Agriculture) bilişim çağının gelişen teknolojilerinin ekonomik ve çevre ile bütünleşik üretim faaliyetlerinde kullanımını ifade etmektedir (i-net,2006).

Üreticiler her ne kadar tarlalarının değişik bölümlerinden farklı miktarlarda ürün aldıklarını veya tarlalarında farklı toprak bünyesine sahip olduklarını bilseler de bu bilgiye göre davranmalarının gerek ekonomik gerekse pratik açıdan pek mümkün olmayacağını da oldukça iyi bilmektedirler. Bu nedenle geleneksel olarak, büyüklüğü ne olursa olsun bir bütün olarak ele alınan tarlada yetiştirilen bitkinin ihtiyaç duyduğu gübre ve ilaç gibi girdilerin de tüm tarlaya homojen (tekdüze) bir şekilde dağıtılması amaçlanmaktadır. Ancak, son 15-20 yıldır çevrenin ve doğal kaynakların korunumuna yönelik olarak ortaya atılan "sürdürülebilir tarımsal üretim" kavramı, bu girdilerin mümkün olduğunca az ve çok daha dikkatli bir şekilde kullanılması gereği üzerinde durmaktadır. Hassas tarım'ın bu gereklere cevap verebilecek bir yöntem olarak tarımsal üretimde yerini almakta olduğu söylenebilir.

Zekâ, beynin öğrenme, anlama, soyut düşünme, sebeplendirme, planlama, problem çözme gibi zihinsel

işlevlerine verilen isimdir. Kelime olarak çok geniş anlamda kullanılsa da psikologlar tarafından yaratıcılık, kişilik, karakter, bilgi ve akıl gibi değişik kategorilere ayrılmıştır.

Zekâ; kavramlar ve algılar yardımıyla soyut ya da somut nesnelere arasındaki ilişkiyi kavrayabilme, soyut düşünme, muhakeme etme ve bu zihinsel işlevleri uyumlu şekilde bir amaca yönelik olarak kullanabilme yetenekleri zekâ olarak adlandırılmaktadır.

İdealize edilmiş bir yaklaşıma göre yapay zekâ, insan zekâsına özgü olan, algılama, öğrenme, çoğul kavramları bağlama, düşünme, fikir yürütme, sorun çözme, iletişim kurma, çıkarımsıma yapma ve karar verme gibi yüksek bilişsel fonksiyonları veya otonom davranışları sergilemesi beklenen yapay bir işletim sistemidir. Bu sistem aynı zamanda düşüncelerinden tepkiler üretebilmeli (eyleyici Yapay Zekâ) ve bu tepkileri fiziksel olarak dışa vurabilmelidir (Çamoğlu, 2006).

Yapay zekânın kullanıldığı alanların başında robotlar gelmektedir. Robot, mekanik sistemleri ve bunlarla ilişkili kontrol ve algılama sistemleri ile kontrol algoritmalarına bağlı olarak akıllı davranan makinelerdir.

Endüstri de kullanımının yaygınlaşmasının yanı sıra, günlük hayatta insanlara destek olması amacıyla insansı robotlar üzerine çalışmalar giderek artmaktadır. Benzer çabalar tarımsal üretim alanı için de görülmektedir.

Bu makalede, genel bir yaklaşımla küresel boyuttaki deneyimlerin içinden önemli olduğu düşünülen örnekler derlenmekte ve sonrasında Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarım Makinaları Bölümü'nde sürdürülen çalışmalar özetlenmektedir.

Tarımda Teknolojik Evrimler

Tarihsel süreçte, bireysel gereksinimlerin karşılanması için başlatılan tarımsal üretim sonraları artan nüfus nedeniyle toplumsal gereksinimlerin karşılanmasına doğru gelişim göstermiştir. Bu gelişim tarımsal üretimde kullanılan alet ve makinalarda da gelişmelerin yaşanmasına yol açmıştır. Voss (1975) tarımdaki teknolojik evrimi aşağıdaki şekilde dört sınıfa ayırmıştır;

- Çok küçük bir sermaye ile edinilebilen el aletleri kullanımı
- İnsan gücünün, özellikle birincil ve ikincil toprak işleme ile su pompalanmasında hayvan gücü ile desteklendiği süreç

- Mekanik gücün tarımsal işlemlerin tümünde değil fakat büyük oranda kullanılmaya başlandığı süreç
- Üretimdeki tüm işlemlerin mekanik güç kaynakları ile tahrik edilen mekanik aletler tarafından yapıldığı süreç

Geçen yüzyılın sonlarında başlayan ve insan hayatının her aşamasında derin etkileri görülmekte olan bilişim çağı, kavramların yeniden tanımlanmasını gerektirmiştir. Sındır ve Tekin (2002) bu çerçevede tarımda yaşanan teknolojik evrime 2 sınıf daha ekleyerek katkıda bulunmuşlardır;

- Tarımsal üretimde başlangıç düzeyinde bilgi sistem ve teknolojileri
 - İşletmelerde kişisel bilgisayar ve yazılımlar (envanter kontrolü, stok takibi, tarihsel kayıtlar, üretim planlama ve neden-sonuç ilişkisi analizi)
 - Traktörlerde elektronik donanımlar (ilerleme hızı, kuyruk mili hızı, alınan yol, yakıt tüketimi, iş başarısını izleme)
 - İlaçlama makinelerinde kontrol ve kayıt tutma olanakları
- İleri seviyede ICT uygulamaları
 - Hassas Tarım
 - Bir önceki seviyedeki tüm unsurları içermektedir. Bunun yanı sıra
 - Toprak haritalama
 - Verim haritalama
 - Iso-bus sistemlerle donatılmış traktörler
 - GPS esaslı ölçüm sistemleri
 - Değişken düzeyli uygulama teknolojisi

Yukarıdaki sınıflar günümüzde bölgeler arası farklılıklardan dolayı geçerliliğini sürdürmekte, aynı ülkenin farklı coğrafyalarında bu seviyelerle karşılaşabilmektedir.

Hassas Tarımın felsefesi; değişkenliğin yönetimidir. Bu nedenle de değişkenliğin tanımlanması için geleneksel yöntemlerin aksine olanaklı en küçük alan da örnekleme yaparak değişkenliğin tanımlanması ve yönetimi için ilgili işlemlerin gerçekleştirilmesi hedeflenmektedir. Hedef her bir bireyin (bitki, fidan, hayvan) gözlenmesi ve gereksinimine göre girdi kullanılmasıdır. Bu hedefe tekrarlı, çok zaman alan ve yorucu tarımsal işlemlerin insanlar tarafından yüklenilerek

yapılması yerine akıllı tarım makinelerinin kullanılması ile ulaşılabilir. Bu düşünceler ışığında geçtiğimiz yüzyılda ilk örnekleri görülen ve son yıllarda da artan oranda araştırmaların yapıldığı robotik uygulamaları önem kazanmaktadır. Bu nedenle teknolojik evrelere 7. Seviye olarak "Tarım Robotları" eklenmiştir;

- Tarım robotları
 - Açık alan robotları
 - Kapalı alan robotları

Tarımda Navigasyon

Dümenleme, tarım aracını kullanan sürücü için performansının belirlenmesindeki birincil faktörlerin arasında mental (akıl) yorgunluğa neden olan görev olarak yer almaktadır (Van Zuydam, 1999). Sıraya ekilmiş/dikilmiş ürünlerde izlenen yoldaki düzgünlük sürücü üzerine yüklenen extra istemler ile oldukça düşmektedir (Kaminaka et al., 1981).

Dümenleme (navigasyon) ile ilgili yapılan çalışmalar tarımsal robotik uygulamaların ilk örnekleri arasında yer almaktadır. Bu konudaki ilk çalışmalar 1924 lü yıllara gitmektedir (Şekil 1).

Mekanik esasa dayalı bu robotik deneyimlerin yerini bilişim teknolojilerindeki gelişmelere bağlı olarak son yıllarda elektro-mekanik sistemler almıştır. Benson ve ark. (2003) nın görüntü işleme teknolojisi kullanarak biçerdöveri hasat esnasında otomatik olarak dümenlemeye çalışmaları bu konudaki ilk örnekler arasında yer almaktadır.



Şekil 1. Willrodt dümenleme sistemi (1924)

Son on yıldır küresel konum belirleme (GPS) teknolojisine bağlı dümenleme sistemleri birçok ticari firma tarafından çiftçilerin hizmetine sunulmaktadır. Bir dizi LED den oluşan elektronik markör, bu teknolojinin en

sade aracıdır. Sürücü bu cihazı kabin içerisinde rahatça görebileceği bir konuma yerleştirerek sanal olarak oluşturulmuş güzergah (gidiş-geliş) yolları üzerinde tarım aracını tutmaya çalışmaktadır. Araç olması gereken çizgi üzerindeyse elektronik markörün merkezindeki 3 LED yeşil renkte ışımaktadır. Çizgiden kaydığında ise 3 lü ışık seti sağ ya da sol tarafa kayarak kırmızı renkli LED ler ışımakta ve sürücüyü uyarmaktadır (Şekil 2).



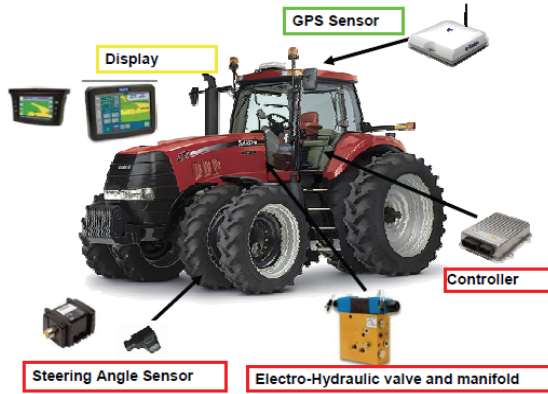
Şekil 2. Elektronik markör (Trimble, 2001)

Diğer bir teknolojik ürün ise elektrik aktuatörlerin kullanıldığı dümenleme sistemidir ki burada sıra başları haricinde dümenlemenin tamamı sistem tarafından kontrol edilmektedir (Şekil 3). Bu sayede sürücü traktör ve ekipmanla ilgili değişikliklere (derinlik, ilerleme hızı vb.) daha fazla konsantre olmakta ve iş kalitesi ile iş başarısı artmaktadır.



Şekil 3. Aktüatörlü EZ dümenleme (Trimble, 2005)

Son teknoloji ise, sıra başlarındaki dönüşlerde de sürücü desteğini ortadan kaldırmaktadır (Şekil 4). Elektronik dümenleme sistemleri ile ilgili daha detaylı bilgi Tekin ve ark. (2011) tarafından verilmiştir.



Şekil 4. Oto pilot dümenleme (Trimble, 2008)

Son yıllara geliştirilen ve kullanıma sunulan diğer bir ürün ise GPS ve radyo sinyali yardımıyla iki traktörün birbirine bağlanmasını sağlamaktadır. Dolayısıyla tek bir sürücü ile iki traktör kontrol edilebilmektedir. Asıl traktörde gerçekleşen her eylem ikinci traktörde de otomatik olarak yerine getirilmektedir.



Şekil 4. Fendt GuideConnect (Fendt, 2010)

Tarım Robotları

Günümüzde tarım ekipmanlarındaki eğilim iş genişliği daha büyük olanları edinme yönündedir. Hâlbuki büyük iş genişliğine sahip makineler bazı avantajları yanı sıra bazı olumsuzlukları da beraberinde getirmektedir. Şu anki sistemlerin birim alana işgücü maliyeti düşük, etkinliği ve saatlik iş başarıları yüksektir. Ayrıca daha çok ürünün talebi maliyetleri düşürmektedir. Olumsuzluklar ise; sürücü maliyetinin yüksekliği, yüksek edinim maliyeti, büyük çiftlikler ve araziler için uygunluk, düşük kullanım esnekliği, toprak sıkışması ve güvenilirlik ile ilgili çekinceler.

Tarımsal üretimde ürün izleme ve girdi kullanımında hedef yönetim ölçeğini bitki düzeyine çekmektir (Şekil 5). Bu düşünce, tarihte ilk tarımın yapıldığı zamanlarda gerçekleştirilen eylemlerden farklı değildir. İnsanoğlu tarımsal üretime başladığında yönetim ölçeği tek bir bitki düzeyindeydi.



Şekil 5. Ürün izlemede ölçek değişimi (Blackmore, 2010)

Tarım robotları hedefe ulaşma da yardımcı olabilecek yegâne araçlardır. Dolayısıyla, yakın gelecekte, tarımsal üretimin bazı önemli alanlarında, küçük akıllı tarım araçları (robotlar) büyük traktörlerin yerini alacaktır. Robotlar ise bir arada çalışarak iş başarısını artırmanın yanı sıra uzun süreler kesintisiz çalışacaktır. Kaza ve kullanım riskleri açısından daha güvenli ve güvenilir, yönetimleri kolaydır. Robotlardan oluşan sürüler çoban robotlar tarafından kontrol edilecektir. Yatırım maliyetinin kademeli artışı bir avantaj olmasına rağmen, her bir bitkiyi izleyebilen bu akıllı makineler için mekanizasyona yeniden yatırım yapılması gerekmektedir.

Özetlenen nedenlerle küresel düzeyde farklı kurumların araştırma ve geliştirme çalışmaları artarak devam etmektedir.

Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarım Makinaları Bölümü Robotik Deneyimleri

Hassas Tarım konusunda Türkiye de ki ilk doktora tezinin yapıldığı kurumda, 2000 yılından günümüze kadar tarımda bilişim teknolojileri çerçevesinde birçok araştırma yürütülmüş ve yürütülmeye devam edilmektedir. Tarım robotları da kurumun öncelikli alanları arasında yer almakta olup bu konuda ICT-AGRI ERANET projesi kapsamında çıkılan 2010 ve

2012 çağrılarında uluslararası konsorsiyumlarda ortak olarak yer almış ve her bir çağrıya ikişer proje önerisi ile katılmıştır. Bu proje önerilerinden "Robofarm" projesi 2010 çağrısında desteklenmeye uygun görülmüştür ve 2013 yılı Eylül ayında tamamlanacaktır. 2012 çağrısına sunulan MONITHROB ve I-LEED projelerinin her ikisi ön elemeleri geçmiş son aşamada robot araştırmalarının yapıldığı alanlar içinde boşluk olduğu düşünülen alanlara öncelik verilmesi düşüncesiyle I-LEED desteklenmeye uygun görülmüştür. MONITHROB sera robotları üzerinde sunulmuş bir öneridir. Konsorsiyum bu proje önerisi için uygun çağrı aramakta/beklemektedir.

➤ **Robofarm (Integrated robotic and software platform as a support system for farm level business decisions)**

Proje ortakları;

- ❖ Alma Mater Studiorum University of Bologna, Italy
- ❖ Ege University, Faculty of Agriculture, Dept. of Agricultural Machinery, Turkey
- ❖ Harper Adams University College, UK
- ❖ Centre for Research and Technology "Centech", Thessaly, Greece

Bu projede robotik bir çiftlik prototipinin üretilmesi amaçlanmaktadır. Bu hedefe ulaşmak için var olan donanım ve yazılım teknolojilerini birbirlerine uyumlu olarak birleştirerek bir sistem tasarımı yapılmaktadır. Proje kapsamında geliştirilen ROBOTÜRK, sensör ve görüntü işleme teknolojileri ile donatılarak araziden otomatik olarak veri toplama ve sonrasında verilerin Çiftlik Yönetim Bilgi Sistemine iletilmesi planlanmıştır.

➤ **I-LEED (Advanced cattle feeding on pasture through innovative pasture management)**

Proje ortakları;

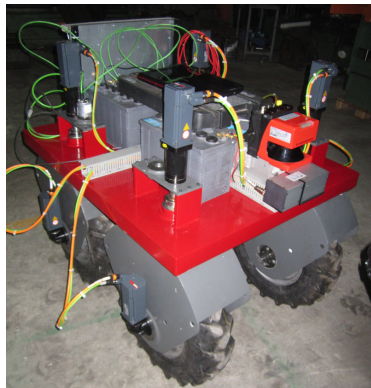
- ❖ Bavarian State Research Center for Agriculture, Germany
- ❖ Ege University, Faculty of Agriculture, Dept. of Agricultural Machinery, Turkey
- ❖ Effidence, CEO and CTO, France
- ❖ IRSTEA, TSCF Research Unit, France
- ❖ Data Service Paretz GmbH, dsp-Agrosoft GmbH, Germany

Bu projenin amacı mera üzerinde büyüyen sığırların beslenme ve hareket optimizasyonunu ve mera alanını yenilikçi araçların günümüze kadar gelen bilgi birikimleri ile birleştirerek kullanımları ile yönetilmesini içermektedir. Bir sürü yönetimi yazılımı yardımı ile bir mera robotunu ve otomatik otlatma sistemini birbirlerine entegre ederek sığır için optimal besleme stratejisini ve mera bakımını sağlayacaktır. Sisteme süt sağım robotlarının entegre edilmesi planları arasında yer almaktadır.

Sonuç

Bilişim teknolojilerinin tarımda kullanımı artarak sektörümüze hizmet etmektedir. Kurum önemli gördüğü konular arasında yer alan Tarım Robotları konusundaki araştırmalarını sürdürerek ülkemiz adına bilgi ve deneyim birikimini sağlamayı bir görev olarak görmektedir.

Bu anlamda gerek ulusal gerekse uluslararası düzeyde yeni ortaklıkların oluşturulmasını önemsemektedir.



Şekil 5. ROBOTÜRK (2013)

LİTERATÜR LİSTESİ

- Anonim, 2001. Lightbar tanıtım broşürü. www.trimble.com
- Anonim, 2013. EZ Steering tanıtım broşürü. www.trimble.com
- Anonim, 2013. Auto Steering tanıtım broşürü. www.trimble.com
- Anonim, 2011. Fendt GuideConnect. <http://www.agcocorp.com/GuideConnect.aspx>.
- Benson, E. R., Reid, J. F., Zhang, Q. 2003. Machine Vision-based Guidance System for Agricultural Grain Harvesters Using Cut-edge Detection. *Biosystems Engineering* (2003) 86 (4), 389–398.
- Çamoğlu, D. 2006. Yapay Zeka Nedir? <http://yapay-zeka-ve-robotik.blogspot.com/2006/03/yapay-zeka-nedir.html>.
- Kaminaka, M. S., Rehkugler, G. E., Gunkel, W. W. 1981. Visual monitoring in a simulated agricultural machinery operation. *Human Factors*, 23(2), 165–173
- Tekin, A. B., Sındır, K. O., 2002. Prospects and Challenges for Precision Farming in Turkey. *Proceeding of The Union of Scientist Rouse. Energy Efficiency and Agricultural Engineering (EE&AE'2002)* April 4-6, 2002. Rouse, Bulgaria.
- Tekin, A.B., Sındır, O. K. 2006. Tarımsal Üretimde Hassas Tarım (Precision Agriculture) Uygulamaları. XI. "Türkiye'de İnternet"Konferansı. TOBB Ekonomi ve Teknoloji Üniversitesi. Ankara
- Van Zuydam, R. P. 1999. A Driver's Steering Aid for an Agricultural Implement Based on an Electronic Map and Realtime Kinematic DGPS. *Computers and Electronics in Agriculture*, 24(3), 153–156
- Tekin, A. B., Demirel, Ç., Özgünaltay, G., 2011. Tarımda Elektronik Klavuz Sistemleri. Akademik Bilişim Konferansları (e-bildiriler kitabı): <http://ab.org.tr/ab11/liste.html>. İnönü Üniversitesi. Malatya
- Voss, C., 1975. "Different Forms and Levels of Farm Mechanization and their Effect on Production and Employment". Meeting of the FAO/OECD Expert Panel on the Effects of Farm Mechanization on Production and Employment, 4-7 Feb 1975, FAO, Rome, Italy.
- Willrodt, F.L., 1924. Steering attachment for tractors. US.

Akdeniz Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarım Makinaları Bölümü Hassas Tarım Çalışmaları

Mehmet TOPAKCI¹, İlker ÜNAL², Murad ÇANAKCI¹, Davut KARAYEL¹

¹Akdeniz Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarım Makinaları Bölümü, Antalya

²Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi Bucak Hikmet Tolunay Meslek Yüksekokulu, Bucak/Burdur
mtopakci@akdeniz.edu.tr

Received (Geliş Tarihi): 04.06.2013 Accepted (Kabul Tarihi): 07.10.2013

Özet: Tarım sektörü, gelişmekte olan ülkelerin ekonomilerini doğrudan ya da dolaylı olarak iyileştirmede önemli bir rol oynamaktadır. Sürdürülebilir ve rekabetçi tarımsal üretimin yapılabilmesi, bilişim teknolojilerinin kullanımını gerektirmektedir. Sürdürülebilir tarımın pratikte uygulama alanı ise hassas tarım teknolojisidir. Hassas tarımın hedefi, çevreye verilen olumsuz etkileri ortadan kaldırarak girdilerin azaltılmasıyla yüksek ekonomik kazançlı tarımsal faaliyetlerin sürdürülmesini sağlamaktır. Bu hedeflere ulaşmak için ise bilgi, teknoloji ve yönetim unsurlarından yararlanılmaktadır. Tarımsal üretim işlemlerinin bilgi esaslı olarak yapılabilmesi için, verilerin ve bilgilerin toplanması, analiz edilmesi, uygulanması ve kullanıcılara dağıtılması farklı teknolojik araçların kullanımını gerektirmektedir. Son yıllarda yapılan çalışmalar, ürün verimini arttırmak amacı ile toprak ve bitki özelliklerindeki yersel değişkenliklerin saptanması üzerinde yoğunlaşmıştır. Bu kapsamda, Akdeniz Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarım Makinaları Bölümü'nde yapılan hassas tarım çalışmaları derlenmiştir.

Anahtar kelimeler: Akdeniz Üniversitesi, hassas tarım, araştırma çalışmaları

Studies on the Precision Farming Technologies at the Department of Agricultural Machinery of Akdeniz University, Turkey

Abstract: The agricultural sector plays a major role directly or indirectly in improving economy of developing countries. Sustainable and competitive agricultural production can be made by using information technologies. In practice, the application field of the sustainable agriculture is the precision farming technology. The aim of the precision farming is to minimize agricultural inputs and reduce negative effects of agricultural practices whereby sustain agricultural production at high economical income. To reach these targets, information, technology and management aspects are used. To make the agricultural production process to be based on information, the use of different technological tools is required for the determination, analysis, implementation, and distribution of the data and information to the users. Recently, most of the studies have been concentrated on the detection of spatial variability of soil and plant properties aiming to increase crop yields on the fields. For this purpose, in this article, the research studies conducted in the Department of Agricultural Machinery of the Akdeniz University, Turkey on the precision farming technologies were summarized.

Key words: Akdeniz University, precision agriculture, research studies

GİRİŞ

Tarım sektörü, üretim kalitesini doğrudan etkileyen, mekansal ve zamansal değişkenlikler gibi birçok faktörün etkisi altında olan dinamik ve karmaşık bir yapıya sahiptir. Büyük tarım arazilerinin heterojen olan yapısındaki değişkenlikleri anlamak, algılamak,

değerlendirmek ve uygulamaya dökmek üreticiler için çok zor ve olanaksız gibi görünmektedir. Fakat teknoloji alanındaki gelişmeler bu farklılıkların belirlenmesi noktasında çözümler sunmaktadır. Bu bağlamda hassas tarım teknolojisi, geleneksel tarımsal üretim

sistemini tekdüzelikten kurtararak, tarlaları küçük parçalar halinde değerlendirme imkânı sağlamaktadır (Topakçı ve Ünal, 2010).

Hassas tarım teknolojisinin bileşenleri olan GPS (Global Positioning System), GIS (Geographical Information System), uzaktan algılama ve verim görüntüleme sistemleri tarla üzerindeki farklılıkların tespit edilmesi için kullanılmaktadır. Tespit edilen veriler değerlendirilmekte ve hassas tarımın en son ve en hayati halkasını oluşturan değişken düzeyli uygulama sistemi yardımı ile sonuçlandırılmaktadır. Bugün güçlü bilgisayarlar, gerçek zamanlı kontrolcüler, değişken düzeyli uygulama donanımları, küresel konum belirleme sistemleri ve sensör teknolojisindeki gelişmeler her türlü verinin çok hassas ölçülerde elde edilmesi, değerlendirilmesi ve uygulanmasını çok kolaylaştırmaktadır (Sudduth, 1999).

Hassas uygulamalı tarım teknolojisi, tarımsal üretimde kullanılan girdilerin çevreye duyarlı bir şekilde düzenlenmesine olanak sağlayan bir yaklaşımdır. Hassas tarım, ekonomi ve çevre koruma ilkelerini göz önünde tutarak; bilişim çağının gelişen teknolojilerinin tarımsal üretimle bütünleştirilerek kullanılmasını ifade etmektedir (Vatandaş ve ark., 2005). Özellikle küresel konum belirleme sisteminin gelişmesine paralel olarak çiftçiler, tarımsal üretimde konumsal farklılıkları dikkate alarak uygulama yapmanın avantajlarını fark etmeye başlamışlardır. Yerel bilgilerin kullanılması ile üretime etki eden faktörlerin mevcut durumuna bağlı olarak değişken düzeylerde gübreleme, ilaçlama, sulama, ekim normu vb. uygulama olanağı ortaya çıkmaktadır. Hassas Tarım Teknolojileri yaklaşımının uygulanması ile tarımsal faaliyetler, dijital ve bilgi çağına uygun hale gelmektedir (Güler ve Kara, 2005). Tarımsal işletme ve uygulamalar, hassas tarım tekniklerinin

kullanılması ve yerinde test edilmesi ile bir teknolojik dönüşüme ve yenilenmeye ihtiyaç duymaktadır (Türker ve Güçdemir, 2004).

Hassas tarımın gelecekteki uygulamaları arasında;

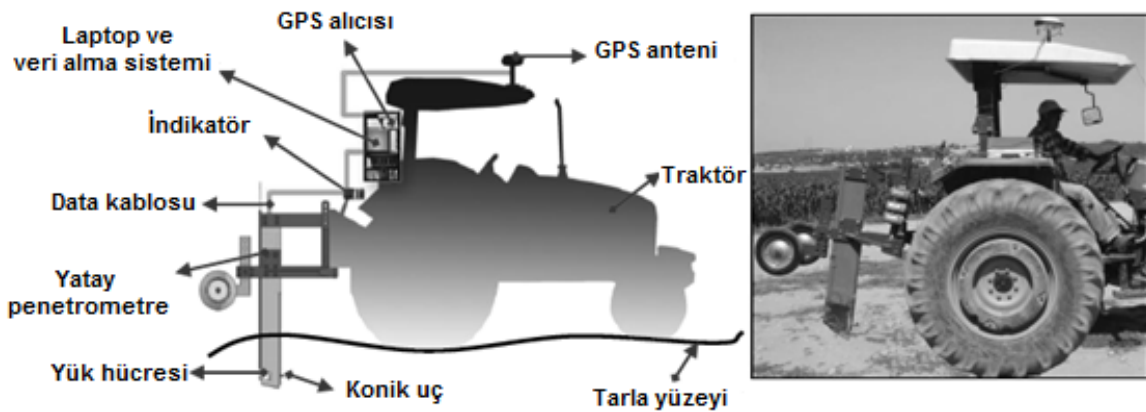
- Teknolojik gelişmelerin kullanım kolaylığını sağlayacak olan kullanıcı ara yüzlerinin iyileştirilmesi
- Kritik çalışma koşullarının, makinelerin ve toprağın durumu hakkında elde edilen verilerin uzak noktalara iletilmesini sağlayacak telemetri sistemlerinin tasarlanması,
- Uzaktan kontrol edilebilen ve konum kontrollü otonom araçların geliştirilmesi

olarak gösterilmektedir (Blackmore ve Griepentrog 2002; Zhalka 2010). Bu bağlamda, konu ile ilgili araştırma yapan kurum ve kuruluşların yukarıda belirtilen konuları dikkate alarak çalışmalarına yön vermeleri gerekmektedir. Bu çalışmada, Akdeniz Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarım Makinaları bölümü tarafından yapılan hassas tarım çalışmaları hakkında bilgiler derlenmiştir. Ayrıca bölüm olarak ilerleyen zamanlarda üzerinde çalışma yapılacak olan konular hakkında bilgiler verilmiştir.

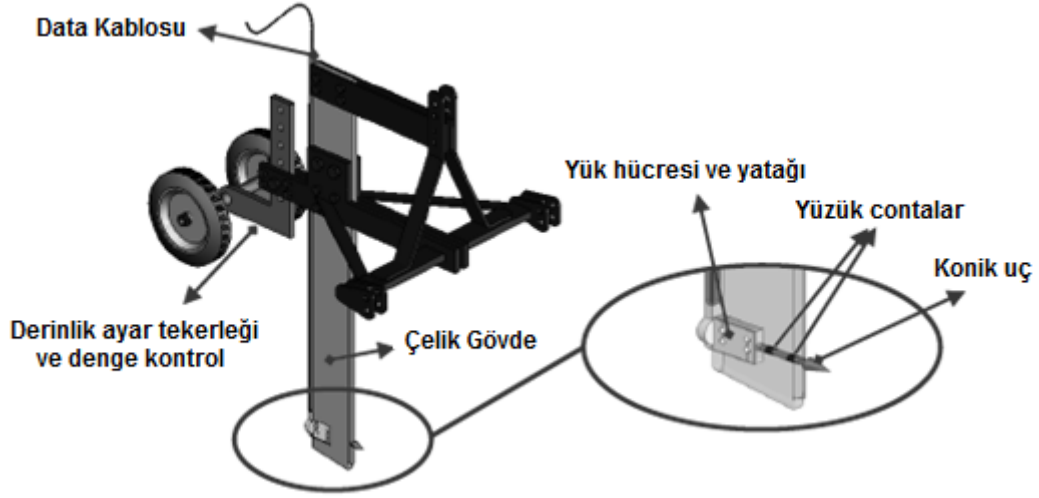
BÖLÜMDE YAPILAN ÇALIŞMALAR

Akdeniz Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarım Makinaları bölümü tarafından hassas tarım teknolojileri konusunda yapılan çalışmaların temelini veri toplama, analiz ve haritalama uygulamaları oluşturmaktadır.

Topakçı ve ark. (2010a) yaptıkları bir çalışmada, traktör üç nokta askı düzeneğine takılabilen yatay penetrometre sistemi tasarlamıştır (Şekil1). Şekil 2' de yatay penetrometrenin içyapısı gösterilmiştir.



Şekil 1. Geliştirilen yatay penetrometre yapısı



Şekil 2. Yatay penetrometrenin iç yapısı

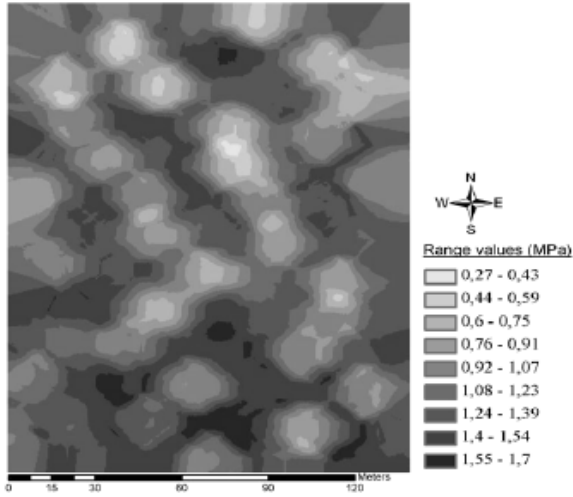
Geliştirilen sistem, 40 cm çalışma derinliğinde yatay doğrultudaki toprak penetrasyon direncini anlık olarak ölçmek ve haritalamak amacıyla geliştirilmiştir. Sistem için 3 temel platform tasarlanmıştır. Birinci platform, traktör üç nokta askı düzenine takılabilen ve uç noktasında konik uç ve yük hücresi düzeneği bulunan mekanik donanımdır. İkinci platform ise, yük

hücresi ve GPS alıcılarından elde edilen verileri anlık olarak toplayan veri alma sistemidir. Son platform ise elde edilen verileri analiz eden ve CBS (Coğrafi Bilgi Sistemleri) yazılımlarına uygun dosya formatını üreten yazılım bölümüdür. Şekil 3'de yatay penetrometre sistemi için geliştirilen yazılım gösterilmiştir.

Penetration Measurement		40 cm Penetration		
UTM X	UTM Y	UTMX	UTMY	Speed
311493	4086692	311493	4086692	2.0372
311493	4086692	311493	4086692	2.4076
311492	4086692	311492	4086692	2.4076
311492	4086692	311492	4086692	2.0372
311492	4086692	311492	4086692	2.2224
311492	4086692	311492	4086692	1.052
311491	4086692	311491	4086692	2.4076
311491	4086692	311491	4086692	2.5928
311491	4086692	311491	4086692	2.4076
311490	4086692	311490	4086692	2.2224
311490	4086692	311490	4086692	2.2224
311489	4086692	311489	4086692	2.5928
311489	4086692	311489	4086692	2.4076
311489	4086692	311489	4086692	2.4076
311489	4086692	311489	4086692	2.0372
311488	4086692	311488	4086692	2.2224
311488	4086692	311488	4086692	2.778
311488	4086692	311488	4086692	2.4076
311487	4086692	311487	4086692	2.5928
311487	4086692	311487	4086692	2.5928
311487	4086692	311487	4086692	2.9632
311486	4086692	311486	4086692	2.5928
311486	4086692	311486	4086692	2.5928
311486	4086692	311486	4086692	2.4076
311485	4086692	311485	4086692	2.5928
311485	4086692	311485	4086692	2.5928
311484	4086692	311484	4086692	2.5928
311484	4086692	311484	4086692	2.0372
311484	4086692	311484	4086692	2.2224
311484	4086693	311484	4086693	2.9632
311483	4086693	311483	4086693	2.9632
311483	4086693	311483	4086693	2.9632
311482	4086693	311482	4086693	2.778
311482	4086693	311482	4086693	2.5928
311482	4086693	311482	4086693	2.5928
311481	4086693	311481	4086693	2.778
311481	4086693	311481	4086693	2.5928
311481	4086693	311481	4086693	2.4076
311480	4086693	311480	4086693	2.2224

Şekil 3. Yatay penetrometre için geliştirilen veri görüntüleme ve depolama yazılımı

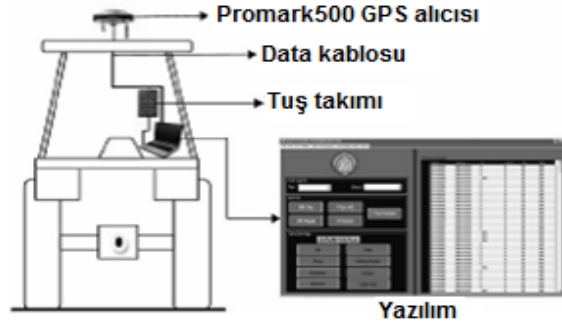
Geliştirilen sistemin denemeleri Akdeniz Üniversitesi deneme çiftliğinde bulunan 20 ha büyüklüğünde bir alanda (30.84 E, 36.94 N) gerçekleştirilmiştir. Çalışma, 40 cm derinlikte ve 15 m paralel çiziler oluşturacak şekilde gerçekleştirilmiştir. Çalışma hızı 1.80 kmh^{-1} ile 2.96 kmh^{-1} arasında gerçekleştirilmiş olup alandan toplam 5025 nokta ve Penetrasyon verisi toplanmıştır. Çalışma sonucunda 40 cm derinlikte minimum 0.2 MPa, maksimum 3 MPa toprak penetrasyon direnci değerleri ölçülmüştür. Şekil 4' de çalışma sonucu elde edilen toprak Penetrasyon direnci haritası gösterilmiştir.



Şekil 4. 40 cm derinlik için penetrasyon direnci haritası

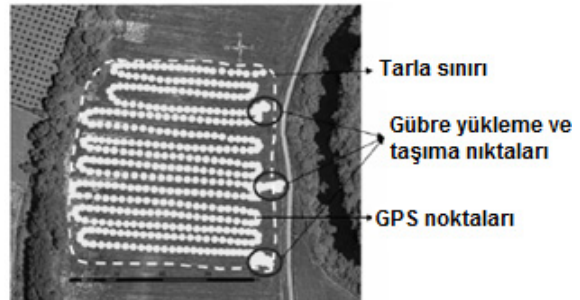
Topakçı ve ark. (2010b) yaptıkları bir çalışmada, hassas tarım uygulamaları için kullanılabilecek GPS tabanlı tarla etkinliği ölçüm sistemi geliştirmişlerdir (Şekil 5). Sistem için geliştirilen yazılım ile farklı tarım makinalarının farklı işlemleri için tarla alanı, tarla kapasitesi, tarla etkinliği ve diğer verileri tespit edilebilmektedir. Sistem, traktör üzerine yerleştirilen bir GPS alıcısı, verileri toplamak için bir bilgisayar ve sayısal bir tuş takımından oluşmaktadır. GPS alıcısı çalışma yapılan noktaların koordinatlarını belirlemek ve tarlanın alanını belirlemek için kullanılmıştır. Sayısal tuş takımı ile çalışma esnasında gerçekleştirilen faaliyetin türü (materyal yükleme, diğer makinayı bekleme, dönüşler ve boşta geçen süreler gibi) geliştirilen yazılıma aktarılmaktadır. Bu sayede yazılım içerisinde bulunan zamanlayıcılar gerçekleşen faaliyetin süresini

belirlemektedirler. Sistemin tamamı için kullanılan yazılım Visual Basic.NET ortamında geliştirilmiştir. Elde edilen verilerin depolanması için SQL Server 2005 veri tabanı kullanılmıştır. Yazılım içerisinde verilerin analiz ve raporlanması için Crystal Report eklentisi kullanılmıştır.



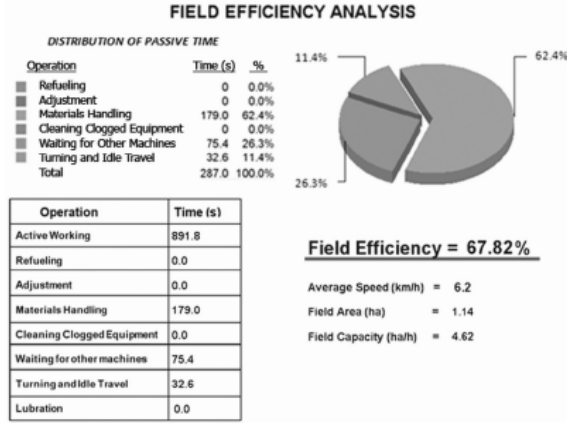
Şekil 5. Geliştirilen etkinlik ölçüm sistemi

Geliştirilen sistemin denemeleri Akdeniz Üniversitesi Ziraat Fakültesi deneme çiftliğinde, santrifüjlü gübre dağıtma makinası kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Deneme işlemi çalışma alanının üç eşit parçeye ayrılmasıyla gerçekleştirilmiştir. Gübreleme işlemine başlamadan önce çalışma alanının etrafından traktör ile geçilerek tarlanın alanı geliştirilen yazılım ile hesaplanmıştır. Gübreleme işlemi süresince aktif ve pasif zamanlar belirlenmiştir. Çalışmaya ait koordinat deseni Şekil 6'da gösterilmiştir.



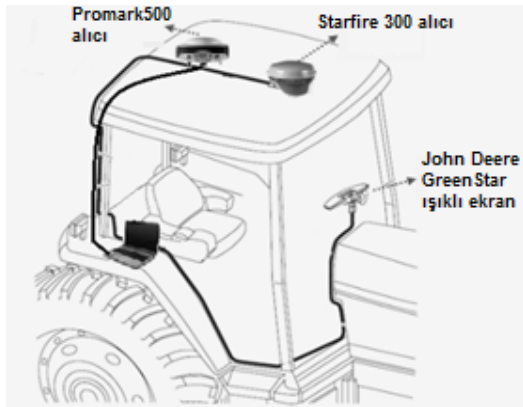
Şekil 6. Gübreleme işleminin gerçekleştirildiği koordinat deseni

Geliştirilen yazılım tarafından, çalışma esnasında elde edilen tüm veriler değerlendirilerek tarla etkinlik raporu oluşturulmuştur. Sonuç raporu, Şekil 7' de gösterilmiştir.



Şekil 7. Tarla etkinlik analizi

Topakçı ve ark. (2011) çalışmalarında, ışıklı dümenleme sisteminin (John Deere GreenStar Lightbar) operatörler üzerindeki etkinliğini belirlemeye çalışmışlardır. Çalışmada, santrifüjlü gübre dağıtma makinesi kullanılarak yapılan granül gübreleme süresince coğrafi koordinatlar toplanmış ve analiz edilmiştir. Ortalama tecrübe süreleri 25 yıl olan üç farklı operatör, hem ışıklı dümenleme sistemini kullanarak hem de kullanmadan traktörü yönlendirmişlerdir. Her durum için toplanan veriler ArcGIS 9.3 yazılımı kullanılarak haritalandırılmıştır. Daha sonra, çizi genişlikleri arasındaki standart sapma ve standart hata değerleri istatistiksel olarak hesaplanmıştır. Son olarak, ışıklı kılavuz sisteminin santrifüjlü gübre dağıtma makinesi kullanımındaki etkinliği belirlenmiştir. Traktör üzerine yerleştirilen sistem Şekil 8’ de gösterilmiştir.



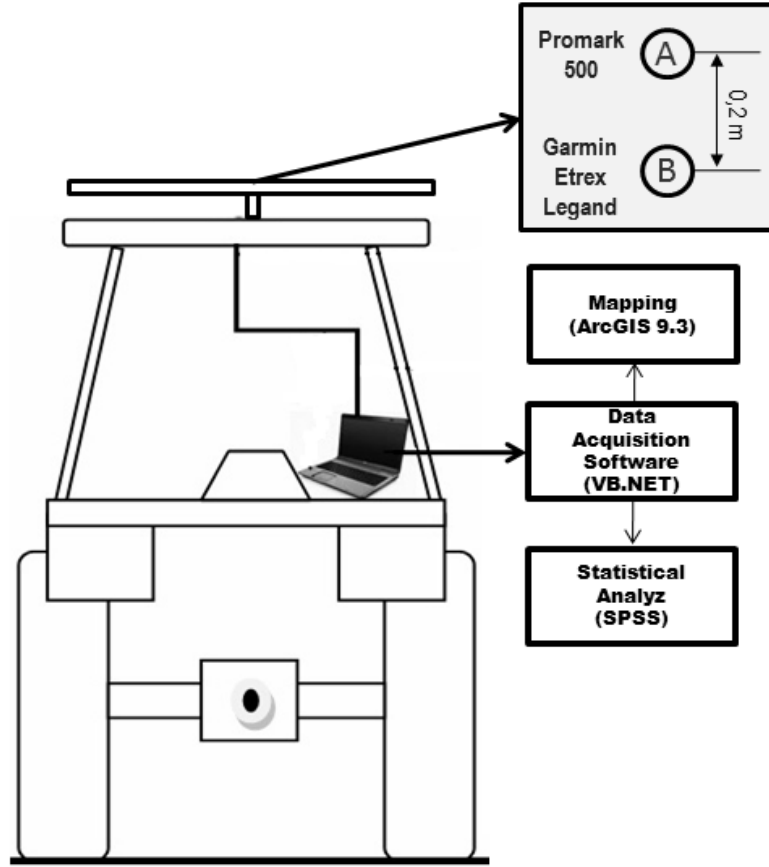
Şekil 8. Işıklı Dümenleme sistemin traktör üzerindeki yerleşimi

Çalışma sonrası elde edilen koordinat haritası Şekil 9’ da gösterilmiştir. Elde edilen haritada, ışıklı dümenleme sistemi ile çalışmanın paralel hatların oluşturulmasında etkili olduğu görülmektedir. Ne kadar deneyimli olurlarsa olsunlar operatörlerin geleneksel çalışma yöntemleriyle hata yaptıkları ve düzgün olmayan iş genişliklerinde çalıştıkları, üst üste bindirme veya boş geçme hataları yaptıkları görülmektedir.



Şekil 9. Deneme alanında yapılan çalışmaya ait noktalar

Ünal ve ark. (2012) dinamik şartlar altında çalışan tek frekanslı (Garmin Etrex Legand) ve çift frekanslı (Magellan ProMark 500) GPS alıcılarının hassasiyet ve doğrusalık karşılaştırmasını yapmışlardır. İki alıcı 20 cm aralıklara aynı hizada traktörün üzerine yerleştirilmiştir (Şekil 10). Koordinat verilerinin toplanması için traktör, farklı hızlarda, doğrusal hatlar oluşturulacak şekilde ilerletilmiştir. Karşılaştırma işleminin yapılabilmesi için her bir alıcıya ait GPS verileri ArcGIS 9.3 yazılımı kullanılarak haritalandırılmıştır. Doğrusal hatlar üzerindeki doğrultudan sapma hatalarının (XTE) standart sapma ve standart hata değerleri ile yatay hassasiyet (DRMS) değerleri analiz edilmiştir. Ayrıca, farklı ilerleme hızlarının yatay hassasiyet üzerindeki etkileri araştırılmıştır. Sonuç olarak, Magellan Promark 500 alıcısının Garmin Etrex Legand alıcısından daha hassas olduğu belirlenmiştir. Ayrıca, farklı ilerleme hızlarının yatay hassasiyet üzerinde önemli bir etkisinin olmadığı saptanmıştır. Tablo 1’ de her iki GPS alıcısına ait test sonuçları gösterilmiştir.



Şekil 10. İki adet GPS alıcısının traktör üzerindeki yerleşimi

Tablo1. İki adet GPS alıcısı karşılaştırmalı tarla deneme sonuçları

Receivers	Test No	Speed (km/h)	Standard deviation of the easting XTE values (m)	Standard error of the easting XTE values (m)	Standard deviation of the northing XTE values (m)	Standard error of the northing XTE values (m)	Horizontal Accuracy (m)	R Square (R ²)
Garmin Etrex Legend	1	2	0.159	0.159	2.081	2.097	2.075	0.9912
	2	4	0.316	0.317	4.327	4.369	4.315	0.9842
	3	6	0.456	0.455	6.397	6.490	6.380	0.9672
	4	8	0.116	0.118	1.493	1.526	1.489	0.9979
	5	10	0.401	0.406	5.901	6.040	5.888	0.9764
	6	12	0.205	0.211	2.685	2.768	2.677	0.9942
Magellan Promark 500	1	2	0.055	0.055	0.730	0.732	0.728	0.9988
	2	4	0.206	0.206	2.933	2.940	2.926	0.9925
	3	6	0.344	0.343	4.128	4.141	4.113	0.9878
	4	8	0.084	0.085	1.165	1.173	1.162	0.998
	5	10	0.242	0.243	3.115	3.132	3.105	0.9928
	6	12	0.090	0.090	1.187	1.191	1.184	0.9985

Ünal (2012), tarafından hassas tarım teknolojisine uygun bir doktora tez çalışması tamamlanmıştır. Bu çalışmada, tarla ortamında hareket edebilen, diferansiyel sürüş sistemine sahip bir mobil robot tasarlanmıştır (Şekil 11). Mobil robot, hareketini iki adet DC motordan alan lastik tekerlekli bir araçtır. Tasarlanan mobil robotun otonom olarak ilerletilmesi ve yönlendirilmesi için GPS sistemi kullanılmıştır. GPS sisteminden gelen verilerin değerlendirilebilmesi için navigasyon yazılımı geliştirilmiştir. Mobil robotun ilerleme ve dönüşleri, motorların ileri veya geri aynı ya da farklı hızlarda çalıştırılması ile sağlanmıştır. Kontrol sinyalleri robot üzerine yerleştirilen panel bilgisayardan gönderilmiştir. Robotun istenilen noktaya yönlendirilmesi için azimuth (kertziz) ve heading (istikamet) açıları kullanılmıştır. Robotun istenilen noktaya ilerletilmesi için, bulunulan nokta ile hedef nokta arasındaki mesafe hesaplanmıştır. Geliştirilen navigasyon yazılımı ile anlık olarak heading açısı, azimuth açısı ve iki nokta arasındaki mesafe hesaplanmıştır. Heading ve azimuth açısı arasındaki fark ve mesafe 0'a yaklaştığında mobil robot hedef noktaya ulaşmaktadır.



Şekil 11. Geliştirilen robot

Çalışmada, mobil robota işlevsellik kazandırmak amacıyla anız yoğunluğu tespiti için görüntü işleme yazılımı geliştirilmiştir. Mobil robotun üzerine yerleştirilen bir dijital fotoğraf makinası kullanılarak tarla üzerindeki anız görüntüleri elde edilmiştir. Elde edilen görüntüler grayscale formata çevrilmiştir. Bu sayede, anızı tanımlayan renk değeri belirlenmiştir. Anıza ait renk değerinin toplam görüntü içerisindeki yoğunluğu

belirlenerek o görüntüye ait anız yoğunluğu değeri hesaplanmıştır.

Tarla denemeleri, 2012 yılı Temmuz ve Ağustos aylarında iki farklı tarlada yürütülmüştür. Her bir deneme için 30 farklı GPS noktası kullanılmıştır. Her bir deneme, 10 nokta için 3 tekerrürlü şekilde gerçekleştirilmiştir. Denemelerde, mobil robotun durduğu nokta ile hedef nokta arasındaki mesafe ölçülmüştür. Böylece, mobil robotun hedef nokta hassasiyeti belirlenmiştir. Ayrıca her bir nokta için görüntü işleme yöntemi ile anız yoğunluğu oranları belirlenmiştir. Belirlenen anız yoğunluğu oranları, kesişen hat yöntemi ile karşılaştırılmıştır. Elde edilen sonuçlar, istatistiksel olarak aritmetik ortalama ve bağımsız örnek t testine tabi tutulmuştur.

Yapılan denemeler sonucunda, geliştirilen mobil robotun, doğrusal hedef nokta hassasiyeti ortalama 10-12 cm, dağınık hedef nokta hassasiyeti ise ortalama 15-17 cm olarak ölçülmüştür. Anız yoğunluğu belirleme işleminde, birinci deneme ($P=0.193$) ve ikinci deneme ($P=0.578$) için, her iki yöntem için sonuçların istatistiksel olarak birbirinden farklılık göstermediği görülmüştür ($P>0.05$).

TARTIŞMA ve SONUÇ

Hassas tarımın gelecekteki uygulamaları arasında; teknolojik gelişmelerin kullanım kolaylığını sağlayacak olan, kullanıcı ara yüzlerinin iyileştirilmesi, kritik çalışma koşullarının, makinaların ve toprağın durumu hakkında elde edilen verilerin uzak noktalara iletilmesini sağlayacak telemetri sistemlerinin tasarlanması, uzaktan kontrol edilebilen ve konum kontrollü otonom araçların geliştirilmesi gösterilmektedir. Bununla beraber, son zamanlarda operatörlerin hatalarını ortadan kaldırmak için sürücüsüz traktör konusunda çalışmalar da yapılmaktadır. Ayrıca, mekânsal ve zaman-sal değişkenlikler gibi birçok faktörün etkisi altında olan dinamik ve karmaşık bir yapıya sahip tarım sektörü için hassas tarım çalışmaları disiplinler arası çalışmaların yoğun bir şekilde yapılmasıyla mümkün olacaktır.

LİTERATÜR LİSTESİ

- Blackmore, B.S., Griepentrog, H.W. 2002. A future view of precision farming. In: Proceedings Precision Agriculture Tage. Germany, KTBL, Darmstadt. 38: 131-145.
- Güler, M., Kara, T. 2005. Hassas Uygulamalı Tarım Teknolojisine Genel Bir Bakış. OMÜ Zir. Fak. Derg., 20 (3): 110-117.
- Sudduth, K.A. 1999. Engineering Technologies for Precision Farming, The International Seminar on Agricultural Mechanization Technology for Precision Farming, Suwon, Korea.
- Topakcı, M., Ünal, İ. 2010. Hassas Tarımda Değişken Oranlı Uygulamalar, Tarımsal Mekanizasyon 26. Ulusal Kongresi, 22-23 Eylül, Hatay, Türkiye.
- Topakcı M, Unal I, Canakcı M, Celik HK, Karayel D. 2010a. Design of a Horizontal Penetrometer for Measuring On-the-Go Soil Resistance. *Sensors*,10(10):9337-9348.
- Topakcı, M., Has, M., Unal, I., Karayel, D., Canakcı, M., 2011. Determination of Efficiency of Lightened Guidance System on Agricultural Machinery: A Case Study on Fertilizer Broadcaster. 11th International Congress on Mechanization and Energy in Agriculture, 21-23 September, İstanbul, TURKEY.
- Topakcı, M., Unal, I., Canakcı, M., Yigit, M., Karayel, D. 2010b. Improvement of field efficiency measurement system based on GPS for precision agriculture applications, *Journal of Food, Agriculture & Environment*, 8(3-4):288-292.
- Türker, U., Güçdemir, İ. 2004. Atatürk Orman Çiftliğinde Nadas-Tahıl Sisteminde Küçük Ölçekli Alansal Değişkenliğin Hassas Tarım Teknolojilerinden Yararlanarak Belirlenmesi Üzerine Bir Araştırma. *Tarım Bilimleri Dergisi*, 10(3): 305-312.
- Ünal, İ. 2012. GPS Yönlendirmeli Tarımsal Bir Robotun Geliştirilmesi ve Anız Yoğunluğunun Belirlenmesi Örneğinde Kullanımı Üzerine Bir Araştırma. Doktora Tezi, Akdeniz Üniversitesi, Antalya.
- Ünal, İ., Topakcı, M., Çanakcı, M., Karayel, D., Yigit, M. 2012. Linearity comparison of single and dual frequency GPS receivers under dynamic conditions, *Akdeniz University Journal of the Faculty of Agriculture*, 25(2):85-92.
- Vatandaş, M., GÜNER, M., Türker, U. 2005. Hassas Tarım Teknolojileri. Ziraat Mühendisliği VI. Teknik Kongresi, 3-7 Ocak, Ankara 347-365 ss.
- Zhalka, A. 2010. Precision Agriculture - The future is here (and the journey is just beginning), *Topcon Precision Agriculture*. <http://www.topconpositioning.com/news-events/single/item/precision-agriculture-the-future-is-here-and-the-journey-is-just-beginning/>, Erişim: Mayıs 2013.

Selçuk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarım Makinaları Bölümünde Hassas Tarımın Bugünü ve Geleceği

Cevat AYDIN, Nurettin KAYAHAN

SÜ Ziraat Fakültesi, Tarım Makinaları Bölümü
caydin@selcuk.edu.tr

Received (Geliş Tarihi): 04.06.2013 Accepted (Kabul Tarihi): 07.10.2013

Özet: Bu çalışmada hassas tarım uygulamaları önemi literatür bilgileriyle ortaya konarak, Selçuk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarım Makinaları Bölümünde 2003 tarihinde başlayıp günümüze kadar yapılan ve devam edilen çalışmalar kısaca anlatılmıştır. Bölümümüzde şu ana kadar hassas tarıma dönük iki adet doktora çalışması tamamlanmış olup, bir adet doktora çalışması ve yüksek lisans çalışması devam etmektedir.

Anahtar kelimeler: Hassas Tarım, CBS, GPS.

Present and Future of Precision Farming at Selcuk University, Faculty Of Agriculture, Department of Agricultural Machinery

Abstract: In this study, precision agriculture studies which made by explaining the importance of the knowledge of literature of precision agriculture from 2003 to the present day and continued are briefly explained. Under precision agriculture, two doctoral studies have been completed and one doctoral and one master's studies continue at our department.

Key words: Precision Farming, GIS, GPS.

GİRİŞ

Hassas Tarımın önemi

Artan dünya nüfusuna karşın arazi ve diğer üretim faktörlerinin aynı oranda artırılamaması, toplumların gıda maddeleri ihtiyacını karşılamak amacıyla tarımda yoğun olarak gübre, ilaç, sertifikalı tohum ve suni tohumlama uygulamalarını beraberinde getirmiştir. Bilim adamlarını nüfusun hızlı artışı, artacak nüfusun beslenmesi ve açlıkla mücadele etmek amacıyla tarımda yeni arayışlara yönelmiştir (Emekli ve Topakçı, 2009).

Bu doğrultuda tarımda uygulanan yeni teknolojilerden biri "Information Management-Site Specific Management- Precision Farming (PF)" gibi deyimlerle literatürde ifade edilen "Hassas Uygulamalı Tarım" olmaktadır (Peker ve ark., 2005).

Hassas Tarım, üreticinin bilgi teknolojilerini kullanarak arazisindeki değişkenliği doğru bir şekilde tespit etmesi, anlaması ve arazisini işletirken bu değişkenliği göz önünde bulundurarak işletmesidir (Vatandaş ve ark., 2005).

Hassas tarım başlıca, küresel konum belirleme sistemleri (Global Positioning Systems, GPS), coğrafi bilgi sistemleri (Geographical Information Systems, GIS), değişken oranlı girdi uygulama (Variable Rate Application, VRA) ve uzaktan algılama (Remote Sensing) sistemlerinden oluşmaktadır (Vatandaş ve ark., 2005).

SELÇUK ÜNİVERSİTESİ ZİRAAT FAKÜLTESİ TARIM MAKİNALARI BÖLÜMÜNÜN HASSAS TARIM KAPSAMDAKİ ÇALIŞMALARI

Bölümümüzde 2003 yılından itibaren yapılan hassas tarım çalışmaları aşağıdaki gibi gerçekleştirilmiştir.

- Konya Bölgesinde Kullanılan Biçerdöverlerde Hassas Tarım Teknolojileri Yardımıyla Dane Kayıplarının Denetlenmesi İmkanlarının Araştırılması (Doktora, 2003-2010).
- Şeker Pancarında Ekim Kalitesinin Robotik Uygulamalarla Arttırılma İmkanlarının Araştırılması (Doktora, 2011-Devam ediyor).

- Uzaktan Algılama İle Mısır Veriminin Tahminlenmesi (Yüksek lisans, 2011-Devam ediyor).
- Yabancı Ot Kontrolü İçin Gerçek Zamanlı Hassas İlaçlama Robotu (Doktora, 2007-2013).

Bu çalışmaları aşağıdaki gibi irdeleyebiliriz.

Konya Bölgesinde Kullanılan Biçerdöverlerde Hassas Tarım Teknolojileri Yardımıyla Dane Kayıplarının Denetlenmesi İmkânlarının Araştırılması

Bu çalışmada, 1.1 milyon hektar hububat ekiminin yapıldığı Konya'da biçerdöverlerle buğday hasadında dane kaybı, belirlenen üç ilerleme hızında ve üç batör çevre hızında hassas tarım teknolojisi (dane kayıp sensörü ve monitörü, GPS, CBS) ve geleneksel ölçüm metotlarından üç çeyrek metre kare metodu kullanılarak koordinatları belirlenen noktalarda georeferanslı olarak saptanmış, her iki şekilde bulunan bu dane kayıp değerleri karşılaştırılmış ve bu teknolojinin kullanımı ile kullanım imkanları ortaya konmuştur.

Biçerdöverlerde dane kaybının belirlenmesinde bu teknolojinin kullanımı ve geliştirilmesi ile devletçe yürütülmekte olan biçerdöver denetim hizmetlerinin daha kolay ve düşük maliyetle yapılabilmesi mümkün olabilecektir.

Şeker Pancarında Ekim Kalitesinin Robotik Uygulamalarla Arttırılma İmkânlarının Araştırılması

Tarımsal üretimde kaliteli ve yüksek verim alabilmek için; uygun tarım arazisi, tarla hazırlığının doğru ve zamanında yapılması kaliteli tohum kullanılması, zamanında ve bitki isteklerine uygun ekim yapılması, çapalama ve teklemenin zamanında yapılması, şeker pancarının yabancı ot rekabetinden kurtarılması, hastalık ve zararlılara karşı mücadele ve bitkinin ihtiyacı kadar sulamanın zamanında ve hasadın uygun makinelerle zayıtsız olarak yapılması gereklidir.

Alışlagelmiş tarımsal uygulamalarla belirtilen bu hususlar tam olarak sağlanamamaktadır. Düşük maliyetle kaliteli şekerpancarı üretebilmek amacı ile modern tarım usullerine ve çok daha hassas ekim tekniğine ihtiyaç duyulmaktadır. Ekim robotları bu konuda önemli bir seçenektir.

Robot uygulamalı tarım ile yüksek maliyet grubu oluşturan mükerrer ekim, tekleme/seyrletme uygula-

malarını önemli ölçüde azaltacak, etkin girdi kullanımı ve yüksek ürün verimi ile ülke ekonomisine katkı sağlayacak, aynı zamanda da robotun teknik özellikleri neticesinde çevrenin korunması hedeflenecektir. Bu çalışmada bu hedefler doğrultusunda şeker pancarı bitkisinde robotik ekim uygulamalarının ekim kalitesine etkilerinin araştırılması amaçlanmaktadır.

Uzaktan Algılama İle Mısır Veriminin Tahminlenmesi

Tarımsal üretimde, üretimi yapılan bitkinin hasat öncesi verim miktarlarının tahmin edilebilmesi, özellikle iç ve dış pazar koşullarının yönlendirilmesinde son derece önemlidir. Klasik yersel ölçümleme teknikleri ile yürütülen alan ve rekolte belirleme çalışmaları çoğu kez güvenilir sonuçlar vermediği gibi son derece yüksek bir maliyet ve oldukça da uzun bir zaman harcanmasını gerektirmektedir. Buna karşılık son yıllarda geliştirilen yeni teknik ve teknolojiler, bu işlemlerin daha ucuz, daha hızlı ve daha güvenilir bir şekilde yapılmasına olanak sağlamaya başlamıştır. Bu yeni teknolojiler arasında uzaktan algılama ilk sırayı almaktadır (Sönmez ve Sarı, 2005).

Verim tahmini için uzaktan algılama yönteminde kırmızı ve yakın kızılötesi spektral yansımadan hesaplanan Normalize Edilmiş Fark Bitki İndisi (NDVI) değerleri kullanılmaktadır (Patil ve ark., 2010). Bu amaçla kullanılan görüntüler uydulardan ve çok bantlı görüntü sensörlerine sahip özel kameralardan elde edilebilir.

Mısır bitkisinde verim tahmini amacı ile TM2, TM3 ve TM4 bantlarına eşdeğer görüntü alabilen özel sensörlü kamera ve uçurtma sistemi kullanılmıştır. Uçurtma sistemi olarak Şekil 1' de görülen uçurtma sistemi kullanılmıştır. Kullanılan uçurtma 2.25m boyunda, 4 m² alana sahip dört hücreli bir uçurtmadır.



Şekil 1. Uçurtma Sistemi

Çalışmada farklı verim değerlerine sahip mısır parsellerinden görüntüler alınmış ve bu görüntüler üzerinden NDVI değerleri hesaplanmıştır. Mısır parsellerinde hasat zamanı yersel verim ölçümleri yapılmıştır.

Çalışma sonucunda elde edilen verilere göre verim değerleri ile hesaplanan NDVI değerleri arasındaki ilişki yüksek bulunmuştur.

Bu çalışmada NDVI hesaplanması amacı ile kullanılan uçurtma sistemi, yukarıdan resim çekme sistemleri arasında en ucuz olan sistemdir. Çünkü sistem uçurtma, ip ve resim çekme sisteminden oluşmakta ve başka bir masraf yapmadan tekrar tekrar kullanılabilir.

Bu sistem kullanılarak yapılacak çekimlerde açık alan gerekmektedir. Sistem tarlada kullanılabilir ancak şehirlerde kullanılamaz. Resim çekimleri hava şartlarına bağlı olarak rüzgar hızının 10-15 km/saat olduğu zamanlarda yapılabilmektedir.

Sonuç olarak bu sistemin uygun koşullar sağlandığında verim ile NDVI arasındaki ilişkiyi belirlemede kullanılabilir olduğu görülmüştür.

Yabancı Ot Kontrolü İçin Gerçek Zamanlı Hassas İlaçlama Robotu

Yabancı otlar, su, besin ve ışık rekabeti ile ekimi yapılan bitkilerin kalite, miktar ve gelişiminde azalmaya sebep olur. Tarımda yabancı ot kontrolünde en yaygın kullanılan metot kimyasal metot dur. Ancak, kimyasal mücadelede kullanılan tarım ilaçları dikkatle kullanılmalıdır ve insan ile doğa üzerindeki olumsuz etkisinden dolayı en az kayıp sağlanmalıdır.

LİTERATÜR LİSTESİ

- Peker, K., Y. Çelik, C.Oğuz, M. Direk, 2005. Hassas Uygulamalı Tarım Teknolojilerinin Üretim Ekonomisi ve Şanlıurfa İlinde Pamuk Üretimi Yapılan İşletmelerde Kullanılabilir Olanakları. GAP IV. Tarım Kongresi, 21-23 Eylül 2005, Şanlıurfa, Cilt 1: 389-394.
- Emekli, Y., M. Topakçı, 2009. Uygulamalı Tarım Teknolojilerinin Sulama Alanında Kullanımı. GOÜ Ziraat Fakültesi Dergisi, 2009, 26(2), 9-17
- Vatandaş, M., M. Güner, U. Türker, 2005. Hassas Tarım Teknolojileri. TMMOB Ziraat Mühendisleri Odası 6. Teknik Kongresi, 3-7 Ocak 2005, Ankara: 347-365.

Bu çalışmada şeker pancarı tarlasında sıra aralarında bulunan yabancı otları tespit etmek ve ilaçlamak amacıyla, ilaçlama ünitesi, kontrol ünitesi bilgisayar ünitesi ve kameradan oluşan bir hassas ilaçlama robotu tasarlanmış ve üretilmiştir (Şekil 2).



Şekil 2. Hassas İlaçlama Robotu

Bu çalışmada, robot sistemi kullanılarak yapılan uygulama ile, geleneksel ilaçlama yöntemi karşılaştırıldığında kullanılan ilaç miktarında % 56 azalma olduğu görülmüştür. Sistemin bu başarısı sayesinde insan, hayvan ve çevre sağlığı korunabilir ve ilaçlama maliyetleri azaltılabilir.

SONUÇ

SÜ Ziraat Fakültesi Tarım Makineleri Bölümü'nde yukarıda belirtilen çalışmalar yapılmış olup hassas tarım konusunda uzaktan algılama, hassas ilaçlama, verim monitörleme ve robot sistemleri gibi hassas tarım uygulama alanlarında çalışmalar devam etmekte ve bu konuda maksimum gelişimin sağlanması amaçlanmaktadır.

- Patil, S.S., V.C. Patil, A. Al - Gaadi Khalid, 2010. Wheat Acreage, Productivity and Production Estimation through Remote Sensing and GIS Techniques. Australian Journal of Basic and Applied Sciences, 4(8): 3132-3138, 2010 ISSN 1991-8178
- Sönmez, N.K., M. Sarı, "Verim Tahmini Çalışmalarında Yeni Yaklaşımlar, Uzaktan Algılama ve Agrometeorolojik Yöntemler", Derim, 21(2), 5-18 (2005).

Namık Kemal Üniversitesi Biyosistem Mühendisliği Bölümünde Yürütülen Hassas Tarım Teknolojileri Araştırmaları

Bahattin AKDEMİR

Namık Kemal Üniversitesi Ziraat Fakültesi Biyosistem Mühendisliği Anabilim Dalı 59030 Tekirdağ,
e-mail: bakdemir@nku.edu.tr

Received (Geliş Tarihi): 04.06.2013 Accepted (Kabul Tarihi): 07.10.2013

ÖZET: Bu çalışmada; Namık Kemal Üniversitesi Biyosistem Mühendisliği Bölümünde hassas tarım teknolojileri konusunda yürütülen araştırmalar özetlenmiştir. Bu çalışmalar; tarım ürünleri için verim haritası hazırlama teknikleri, Türkiye’de Kuru Soğan Üretiminde Hassas Tarım Olanakları, Kuru Soğan Üretiminde Yersel Değişkenlik, Santrifüjlü Gübre Dağıtma Makinaları için Değişken Düzeyli Kontrol Sistemi Geliştirilmesi, Gelişmekte Olan Bir Ülke Olarak Türkiye’de Hassas Tarım Araştırmaları ve Projeler, Zeytin üretiminde yersel değişkenliğin saptanması-Bölüm-I-Topraktaki değişkenlik, Zeytin Üretiminde Yersel Değişkenliğin Saptanması-Bölüm-II-Bitkideki değişkenlik, Karadeniz Bölgesinde Değişken Düzeyli Sulamanın Üzerinde Fizibilete Çalışması-Su ve Enerji Tasarrufu Uygulaması), Türkiye’de Hassas Tarım Araştırmaları ve Eğitimi, Hassas Tarımda Koordinat Belirleme Sistemleri ve CORS-TR, Hububat Ekim Makinalarında Değişken Düzeyli Kontrol Sisteminin Geliştirilmesi, Hububat Ekim Makinalarında Değişken Düzeyli Kontrol Sisteminin Geliştirilmesi, Değişken Miktarlı Uygulama için Haritalama Programı Geliştirilmesi, Otomatik Dümenleme Sistemi Geliştirilmesi Üzerine Bir Proje (Sistem Mimarisi ve Laboratuvar Testleri), ve Türkiye için Hassas Tarıma Uyum Stratejileri isimli çalışmalardır.

Anahtar kelimeler: Hassas tarım teknolojileri, Namık Kemal Üniversitesi, Biyosistem Mühendisliği Bölümü

Research Projects on Precision Farming Technologies in Namık Kemal University Department of Biosystems Engineering

Abstract: Research Projects carried out in Namık Kemal University, Department of Biosystem Engineering Department were summarized in this article. These research projects were yield mapping creating techniques for agricultural products, Precision Farming Possibilities in Dry Onion Production in Turkey, Determination Of Spatial Variability In Olive Production Part I-Soil, Determination Of Spatial Variability In Olive Production Part II – Leaf, A Feasibility Study of Variable Rate Irrigation in Black Sea Area: Water and Energy Saving from the Application, Precision farming researches and education in Turkey, Development of a variable rate controller cereal sowing machines, Development of an application map software, A Project On Development Of Agricultural Tractor Automatic Steering System (System Architecture And Laboratory Tests), and Precision Farming Adoption Strategies For Turkey.

Key words: Precision Farming technologies, Namık Kemal University, Biosystem Engineering Department

GİRİŞ

Hassas tarım; tarımsal üretimde gereksiz girdi kullanımını önleyerek çevreyi korumak ve kullanılan girdilerden maksimum faydayı elde etmek amacıyla konuma ve zaman bağlı değişkenliğin yönetimidir. Hassas tarım bu amaçlara ulaşmak için tarımsal üretimde değişkenliğin saptanması, üretim girdilerinin kullanımının kontrolü ve çıktıların değerlendirilmesi amacıyla çeşitli yöntemler kullanır. Bunlardan bazıları konuma göre toprak örnekleme, değişken düzeyli girdi kullanımı, verim haritalama, coğrafi bilgi sistemleri, ve uzaktan algılama teknolojileridir.

Bu çalışmada; Namık Kemal Üniversitesi Biyosistem Mühendisliği Bölümü’nde yürütülen araştırmalar özetlenmiştir. Bu araştırmalar: tarım ürünleri için verim haritası hazırlama teknikleri, Türkiye’de kuru soğan üretiminde hassas tarım olanakları, Kuru soğan üretiminde yersel değişkenlik, santrifüjlü gübre dağıtma Makinaları için değişken düzeyli kontrol sistemi geliştirilmesi, gelişmekte olan bir ülke olarak Türkiye’de hassas tarım araştırmaları ve projeler, Zeytin üretiminde yersel değişkenliğin saptanması-Bölüm-I-

Topraktaki değişkenlik, Zeytin Üretiminde Yersel Değişkenliğin Saptanması-Bölüm-II-Bitkideki değişkenlik, Karadeniz Bölgesinde değişken düzeyli sulamanın üzerinde fizibilete çalışması-su ve enerji tasarrufu uygulaması), Türkiye’de Hassas Tarım Araştırmaları ve Eğitimi, Hassas Tarımda Koordinat Belirleme Sistemleri ve CORS-TR, Hububat ekim makinalarında değişken düzeyli kontrol sisteminin geliştirilmesi, Değişken miktarlı uygulama için haritalama programı geliştirilmesi, Otomatik dümenleme sistemi geliştirilmesi üzerine bir proje (Sistem Mimarisi ve Laboratuvar Testleri), Türkiye için hassas tarıma uyum stratejileri isimli çalışmalardır.

Tarım Ürünleri İçin Verim Haritası Hazırlama Teknikleri

Bu çalışmada; bir tarım işletmesinde biçerdöver ile hasat edilen ürünler için verilerin elde edilmesi, bu veriler ile ilgili değerlendirmelerin nasıl yapılacağı ve verim haritalarının nasıl elde edildiği ve nasıl değerlendirildiği açıklanmaya çalışılmıştır. Araştırma 2001 yılında Danimarka’da Royal Veterinary and Agricultural University’de yürütülmüştür. Bu üniversiteye ait olan 4 çiftlikte ki 40 tarlanın 1998, 1999 ve 2000 yılı verileri incelenerek verim haritaları oluşturulmuştur. Verim haritaları oluşturulurken; öncelikle biçerdöver üzerinde bulunan konum belirleme ve verim ölçme sistemleri aracılığı ile elde edilen veriler bilgisayara aktarılmıştır. Bu dosyalar içindeki konum verileri(enlem ve boylam dereceleri) ve verim değerleri (kg/ha) ile ilgili veriler alınmıştır. Enlem ve boylam değerleri derece cinsinden Universal Transverse Mercator (UTM) olarak tanımlanan koordinat sistemine göre metre olarak çevrilmiştir. Yeni koordinat verileri ile verim değerleri birleştirilmiştir. Bu verilerden yararlanılarak haritalama programı ile tarla sınırları dijital olarak tanımlanmış, sayısal olarak kaydedilmiş ve verim haritaları elde edilmiştir (Akdemir ve Blackmore, 2001, Akdemir ve Blackmore, 2004) .

Türkiye’de Kuru Soğan Üretiminde Hassas Tarım Olanakları

Bu çalışmanın amacı, Türkiye’de kuru soğan üretiminde verimi artırmak için verim ve ilgili bileşenleri için mekansal değişkenliğe dayalı yeni bir yönetim stratejisi geliştirmektir. Kuru soğan üretiminde toprak

işleme, gübreleme ve tarımsal ilaç uygulaması dışındaki işlemlerden arpacık soğanın dikimi, yabancı otların çapalanması, kuru soğanın hasadı, kuru soğanın toplanması ve çuvalara yerleştirilmesi gibi pek çok tarımsal faaliyet insan işgücü ile yapılmaktadır. Bu araştırma Tekirdağ’da bir soğan tarlasında gerçekleştirilmiştir. Bu tarlanın konum verileri GPS (Global Positioning System) ile ölçülmüştür. Buna ek olarak, 1/5000 ölçekli yerel bir haritada alanının konumunu belirlemek için kullanılmıştır (Akdemir ve ark., 2003).

Kuru Soğan Üretiminde Yersel Değişkenlik

Bu makalede; kuru soğan üretiminde yersel değişkenliğin saptanması ve verimin artırılması için üretim stratejilerinin saptanması amaçlanmıştır. Soğan tarlasının konum, eğim vb. özellikleri saptanmış ve haritalarda verilmiştir. Kuru soğan çeşidi Yarım İmralı çeşididir. Alınan toprak örneklerinden pH, nem, tuzluluk, CaCO₃, organik madde, toplam N, Zn, Fe, P₂O₅, Ca+Mg, K, tekstür saptanmıştır. Ayrıca tarlanın eğimi de saptanmıştır. Elde edilen veriler yersel değişkenlik haritaları oluşturularak değerlendirilmiştir. Tarlanın büyük bir bölümü killi-tınlı olarak ve küçük bir kısmı ise tınlı olarak saptanmıştır. Tarlada pH ile verim arasında negative ilişki olduğu saptanmıştır. Organik maddenin, toplam N, Fe ve Zn artışıyla verim artmıştır. Ayrıca verimin P, CaCO₃, Ca+Mg ve tuz miktarındaki artışla doğru orantılı olarak arttığı saptanmıştır (Akdemir ve ark., 2005-a, Akdemir ve ark., 2005-b).

Santrifüj Gübre Dağıtma Makinaları İçin Değişken Düzeyli Kontrol Sistemi Geliştirilmesi

Bu çalışmada santrifüj gübre dağıtma makinaları için değişken düzeyli gübre kontrol sistemi geliştirilmiştir. Sistem; tek veya iki diskli santrifüj gübre dağıtma makinası, DGPS, bilgisayar, PIC, ve programdan oluşmaktadır (Akdemir *et al.*, 2007). Geliştirilen uygulama haritası programı aracılığı ile konuma bağlı olarak istenilen miktarda mineral gübreyi tarlaya dağıtabilmektedir. Sistem bunu step motorun aracılığı ile gübre akış ağız açıklığına yerleştirilen kapakçığın konumunu değiştirerek yapmaktadır.

Gelişmekte Olan Bir Ülke Olarak Türkiye’de Hassas Tarım Araştırmaları Ve Projeler

Hassas tarım çiftçiler için yeni bir konudur. Gelişmiş ülkeler ve gelişmekte olan ülkelerin çiftçilerinin koşullarının aynı olmadığı iyi bilinmektedir. Bu durum,

her yerde hassas tarım uygulamak için farklı stratejiler geliştirmek gerektirir. Bu çalışmada; Türkiye'de hassas tarım araştırmaları özetlenmiş ve bazı hazırlanan projeler ile ilgili bilgiler verilmiştir. Hassas tarım araştırmacıları için iki yol vardır; Birinci yol veri toplamak için gerekli tüm sistemleri satın almak ve ikincisi ise ölçüm veya kontrol sistemleri geliştirmektir. Türkiye'de hassas tarım araştırmaları 2000 yılından sonra başlanmıştır. Türkiye'de ilk hassas tarım çalışmaları; hassas tarımı açıklamaya yönelik makalelerdir. Daha sonra, bazı araştırmacılar verim haritalama, gübre serpmeye ve tarımsal ilaç uygulaması için değişken düzeyli sistemler, verim izleme sistemleri geliştirmek için çalışmışlardır. Hazırlanan bir Namık Kemal Üniversitesinin koordinatörlüğünde hazırlanan bir Pilot Projede proje de ise; hassas tarım ve geleneksel tarımın buğday, ayçiçeği ve mısır üretimi için karşılaştırılması ve Türk çiftçisi için hassas tarım sistemleri geliştirilmesi amaçlanmıştır. Bu projede depreme yönelik olarak kurulan CORS-TR (Continuously Operating Reference Stations-Türkiye) sisteminin kullanılması da amaçlanmıştır (Akdemir, 2009). Maalesef proje TÜBİTAK tarafından kabul edilmemiştir.

Zeytin üretiminde yersel değişkenliğin saptanması-Bölüm-I-Topraktaki değişkenlik

Bu araştırmanın amacı, zeytin üretiminde topraktaki mekansal değişkenlik ve gübreleme stratejilerini belirlemektir. Araştırma, Türkiye'de; 84 ağaçlı bir zeytin bahçesinde yürütülmüştür. Toprak analizlerinde bahçede toprak tekstürü dikkate alınarak elde edilen örnekler kullanılmıştır. Zeytin bahçesinin toprağı fiziksel ve kimyasal analizlere göre zeytin yetiştirmek için uygun olarak değerlendirilmiştir. Ancak organik madde ve kısmen de P, Mn ve Zn düşük çıkmıştır. Analiz sonuçlarına göre; bir sonraki yıl zeytin üretimi için N, P, Mn ve Zn gerekli olacaktır. Gübreleme programına bu uygulamalar dahil edilmesi önerilmiştir (Bellitürk ve ark., 2010-a).

Zeytin Üretiminde Yersel Değişkenliğin Saptanması-Bölüm-II-Bitkideki değişkenlik

Bu araştırma; yapraklarda bitki besleme açısından mekansal değişkenliği belirlemek için yürütülmüştür. Yaprak örnekleri belirlenen hücrelerden alınarak analizleri yapılmıştır. Zeytin bahçesi Yaprak analizleri sonucunda K, Ca, Mg, ve P seviyelerinin yeterli olduğu

saptanmıştır. Bu sonuçlar, topraktan elde edilen sonuçlar ile paralellik göstermektedir. Mikro element düzeyleri incelendiğinde, Fe ve Mn düzeyleri yeterli, ve Cu düzeyinin ise fazla olduğu saptanmıştır (Bellitürk ve *et al.*, 2010-a).

Karadeniz Bölgesinde Değişken Düzeyli Sulama Üzerinde Fizibilete Çalışması

Sulanan ürünlerde sulama maliyetleri üretim maliyetlerinin ve enerji tüketiminin büyük bir kısmını oluşturmaktadır. Değişken miktarlı tarımsal girdi uygulama teknolojisi (VR) tarımda tasarruf sağlayabilir. Bir çok tarlada toprak özelliklerinde ve topografisinde değişkenlikler vardır. Geleneksel tarımda tarladaki değişkenliği dikkate almadan homojen girdi kullanımı aşırı ya da gereğinden az girdi uygulanmasına neden olur. Girdilerin aşırı yada eksik kullanımı çevre ile ilgili sorunlara neden olmaktadır. Verim ve toprak tekstürü gibi özelliklerde yüksek yersel ve zamansal değişkenlik bulunmaktadır. Farklı toprak tipleri üretimden önce farklı miktarlarda su depolarlar ve farklı miktarda sulama gereksinimi vardır. Bu çalışmada FAO su uygulama modeli, farklı toprak tekstür zonları için, Tekirdağ-Türkiye, ve Karditsa-Yunanistan bölgeleri için uygulanmıştır. Hesaplamalar bu alanlarda % 2.56-7.50 arasında su tasarrufu potansiyel olduğunu göstermiştir. Karditsa ve Tekirdağ için yapılan yıllık toplam su ve enerji tasarrufu ile ilgili tahmin tahmin umut vericidir. Araştırma sonucunda; değişken düzeyli sulama uygulaması teknolojisini kullanılması enerji tasarrufu ve çevre ile ilgili ilave yararlar sağlayacağı kanıtlanmıştır. Karditsa'da (Yunanistan) değişken düzeyli sulama uygulaması ile 3000 17000 TEP (ton eşdeğer petrol) enerji tasarrufu elde edilebilir. Tekirdağ'da sulanan alan az olduğu için enerji tasarrufu da daha az olmaktadır. Bu çalışmada, değişken düzeyli sulamanın teknik tanımı ve özellikleri doğrusal hareketli yağmurlama sistemi için değerlendirilmiş ve sistemin maliyet-fayda değerlendirilmesi de verilmiştir (Türker *et al.*, 2010, Türker ve ark., 2011).

Türkiye'de Hassas Tarım Araştırmaları ve Eğitimi

Bu çalışmada hassas tarım tanımlanarak Türkiye için hassas tarımın önemi açıklanmıştır. Ülkemizde bu konuda yapılan araştırmalar özetlenmiştir. Ayrıca hassas tarım konusunda Ülkemizde değişik üniversitelerde

sürdürülen eğitimle ilgili bilgiler verilmiştir (Akdemir, 2010).

Hassas Tarımda Koordinat Belirleme Sistemleri ve CORS-TR

Hassas tarım toprak, bitki ve ürünlerdeki değişkenliklerin saptanması, bu değişkenlikleri dikkate alarak üretim planlamasının yapılması, ve değişken düzeyli girdi uygulaması olarak bilinmektedir. Hassas tarımdaki çeşitli değişkenlik tanımlamaları arasında en önemlisi konuma bağlı olarak saptanan yersel değişkenliktir. Toprak, bitki ve ürünlerdeki değişkenlikler saptanırken en önemli araçlardan birisi de GPS ve konum belirlemedir. Gerek topraktaki tekstür veya bitki besin elementlerindeki değişkenlik ve gerekse verim haritalamada yada gübre yada ilaç uygulama haritalarının hazırlanmasında ve sonrasında tarlada uygulama sırasında konum belirleme hayatidir. Konum belirlemedeki doğruluk ve hassasiyet hassas tarımda yapılacak uygulamaları doğrudan etkilemektedir. Bu çalışmada hassas tarımda kullanılan el tipi GPS, DGPS, RTKGPS ve ülkemizde yürütülen bir proje sonucu geliştirilen CORS-TR sistemi ile ilgili bilgiler verilmiştir (Eren *et al.*, 2010).

Hububat Ekim Makinalarında Değişken Düzeyli Kontrol Sisteminin Geliştirilmesi

Bu çalışmada, kullanılmakta olan üniversal ekim makinalarına mekanik sisteme bağlı olarak çalışan modüler bir sistem kurularak üniversal ekim makinalarının değişken düzeyli uygulama makinası haline getirilmesi amaçlanmıştır. Sistem dişli ya da makaralı tahıl ekim makinalarında kullanılabilir (Özyürüyen ve Akdemir, 2010).

Değişken Düzeyli Uygulama için Haritalama Programı Geliştirilmesi

Kimyasal gübrelerin ve ilaçların çevre ve insan sağlığına olumsuz etkileri bilinmektedir. Bu çalışmada; tarımda optimum gübre kullanımı ile maksimum verim elde etmek ve gereksiz gübre kullanımını önlemek amacıyla değişken düzeyli uygulama yapabilen elektronik bir sistemi kontrol eden bir bilgisayar programı geliştirilmiştir. Çalışmada konum belirleme sistemi (Trimble AgGPS 132), çift diskli santrifüj gübre dağıtma makinesi ve değişken düzeyli kontrol

sistemi kullanılmıştır. Değişken düzeyli kontrol sistemi 2 adet step motor, bu motorları kontrol eden bir adet PIC kartı ve mekanik kısımdan oluşmaktadır.

Programın görevlerinin neler olacağı saptandıktan sonra iş akış şeması oluşturulmuştur. İş akış şeması üzerinden hareketle Microsoft Visual Basic programlama dili olarak ve Microsoft Access veritabanı olarak çalışmada kullanılmıştır. Geliştirilen programın laboratuvar denemeleri yapılmıştır. Yapılan çalışmalar sonucunda geliştirilen program Değişken Miktarlı Gübre Uygulama Programı (DEMİGUY PRO V 1.0) olarak adlandırılmıştır. Uygulama haritasının oluşturulması ve gerçek zamanlı koordinatları kullanarak gübre normunun ayarlanması program tarafından başarıyla gerçekleştirilmiştir (Üngör ve Akdemir, 2010). Program sadece gübre dağıtma makinaları için değil bitkisel üretimde kullanılan tüm girdilerin uygulama haritalarının hazırlanmasında ve bu haritaların kontrol sistemleri aracılığı ile gerçekleştirmesinde kullanılabilir.

Otomatik Dümenleme Sistemi Geliştirilmesi Üzerine Bir Proje (Sistem Mimarisi ve Laboratuvar Testleri)

Bu çalışmada; geliştirilen otomatik yönlendirme sisteminin mimarisi, laboratuvar ve bazı saha testleri açıklanmıştır. Otomatik yönlendirme sistemi Türkiye'de üretilen tarım traktörleri için geliştirilmiştir. Otomatik yönlendirme sistemi traktör tarlada çalıştığı zaman açık olacak ve gerektiğinde traktör sürücüsü tarafından kapatılabilecek özelliindedir. Otomatik yönlendirme sistemi ile ilgili herhangi bir sorun uyarı ile sürücü rapor edilecektir. Traktör sürücüsü traktörün konumunu, rotayı, traktörün tarlada çalıştığı izleri ve çalışılan alanı dokunmatik ekranda görebilecektir. Traktörün çalışması ile ilgili kayıtlar dokunmatik ekran üzerinden takip edilebilecek ve farklı ayarlardan sonra elde edilen veriler yine bu ekran aracılığı ile yüklenebilecektir. Sistem, merkezi kontrol ünitesi, dokunmatik kullanıcı ara yüzü, konumlandırma sistemi ve elektrohidrolik kontrol ünitesinden oluşmaktadır. Bu alt sistemler geliştirilen yazılımla aynı anda birbiri ile uyumlu çalışmaktadır. Yönlendirme kontrol ünitesi bir elektrohidrolik valf ve elektrohidrolik valfi kontrol eden bir elektronik kontrol devresi içerir. Yönlendirme kontrol sistemi, merkezi kontrol ünitesinden gelen komuta göre gerekli miktarda dümenleme tekerlerinin

dönmesini sağlar. İzlenecek rotalar ve haritaları Dokunmatik Kullanıcı Arayüzü aracılığı ile sisteme yüklenebilir, ve program bu rotaları gerçekleştirmek için komutlar üretmektedir. Dokunmatik Kullanıcı Arayüzü sistemi çalışması hakkında bilgi vermektedir. Konumlandırma sistemi 147 istasyondan düzeltme sinyali alan CORS-TR sistemini kullanan RTK-GPS sistemi aracılığı ile 3-4 cm hata ile konumu belirleyebilmektedir. Belirlenen konum verisi sisteme iletilmektedir. Yazılım; direksiyon kontrol yazılımı, grafik arayüz yazılımı, konumlandırma ve hareketin belirlenmesi için yazılım ve sistem iletişim ve entegrasyon yazılımlarından oluşmaktadır. Direksiyon kontrol yazılımı Software Development Kit (C++ programming language in Visual Studio 2005 for Windows CE 6.0), Lab View, ve Matlab kullanılarak geliştirilmiştir. Geliştirilen yazılım konum verilerini kullanarak traktör tarafından takip edilecek olan rota için komutlar üretmektedir. Bu komutlar dümenleme kontrol birimi tarafından uygulamaya geçirecektir (Altınkaraadağ *et al.*, 2011, Akdemir *et al.*, 2012).

Türkiye için Hassas Tarıma Uyum Stratejileri

Hassas tarım Dünya'da tarımsal üretim için öncelikli olarak yeni bir yaklaşımdır. Hassas tarım sadece elektronik olarak makinaları kontrol etmek değildir aynı zamanda gereksiz tarımsal girdi kullanımı ile çevreyi koruyan işletmecilik stratejilerinin de geliştirilmesidir. Tarımsal ürünlerin üretim süreçleri ülkeden ülkeye farklılık gösterebilir. Buna ek olarak, sosyoekonomik yapıdaki mekansal değişkenlik de tarımsal üretim süreci etkiler. Eğer bir bölge için hassas tarım stratejileri belirleneceği zaman çiftçilerdeki mekansal değişkenlik de dikkate alınmalıdır. Bu

LİTERATÜR LİSTESİ

Akdemir, B., S., Blackmore, 2001. Verim haritası Hazırlama Teknikleri, Tarım Makinaları Simpozyumu, Makine Mühendisleri Odası, 23-24 Kasım 2001, Mersin Üniversitesi, Mersin. Bildiri Kitabı MMO Yayın No: E/2001/290, s:46-57.

Akdemir, B., B. S., Blackmore, C. B., Şişman, K. Bellitürk, (2003). Precision Farming Possibilities In Onion Production In Turkey (Abstract),. 4. European Conference on Precision Agriculture, in Berlin/Germany June 15 to19,2003. http://www.wageningenacademic.com/boks/ECPA_ECPLF_Contents.PDF(P:612).

özellikler çiftçilerin eğitim düzeyi ve yaşı, kuru veya sulu tarım olup olmadığı, parsel sayıları ve boyutları, çiftliğin toplam alanı ve parsel sayısı, mekanizasyon düzeyi, yetiştirilen ürünün çeşidi, hastalık ve zararlılar vb. Türkiye'de bu özellikleri açısından çiftçiler ve çiftlikler arasında büyük farklılıklar vardır. Küçük ölçekli tarım da Türkiye için büyük bir sorundur. Tüm bu faktörler, Türkiye'de hassas tarım uygulamak için engel oluşturmaktadır. Çözüm bölge, çiftçi, çiftlik ve ürün özelliklerine göre farklılık gösteren seçici hassas tarım stratejileri geliştirmektir. Bu stratejiler üretimde kullanılan mekanizasyon seviyesi ve önerilen hassas tarım uygulama yönteminin çiftçi tarafından uygulanabilirliği dikkate alınarak geliştirilmelidir. Örneğin pamuk üretiminde verim haritalama için hasat yöntemine göre verim ölçme sisteminin belirlenmesi buna örnek gösterilebilir. Eğer çiftçi kendi yürür hasat makinası yerine elle hasat yapıyorsa, otomatik verim ölçme sistemleri yerine, bir kantarla verimin ölçümü ve el GPS ile de konumun belirlenmesi buna örnek gösterilebilir. (Akdemir, 2013).

TARTIÇMA VE SONUÇ

Namık Kemal Üniversitesi Biyosistem Mühendisliği Bölümü olarak tarımsal girdilerin gereksiz kullanımını önleyen, çevreyi koruyan bir tarımsal üretim stratejisi olan hassas tarımın Türkiye'de çiftçilerden tarafından uygulanabilmesi için çiftçilerimizin ellerinde buldukları makinaları değiştirmeden kontrol sistemleri ve programlar geliştirilmesi planlanmaktadır. Bundan sonraki çalışmalarımızda ise Ülkemizde üretilen biçerdöverler için verim ölçme sistemi ve pülverizatörler için değişken düzeyli kontrol sistemleri geliştirmeyi amaçlıyoruz.

Akdemir, B., S., Blackmore. Verim haritası hazırlama üzerine bir araştırma, Tarım Bilimleri Dergisi, Cilt 10, sayı: 1, s:38-44 (2004).

Akdemir, B., K. Bellitürk, C.B. Şişman, S. Blackmore. 2005-a, Spatial distribution of soil characteristics for dry onions in Turkey, 5th European Conferences on Precision Agriculture (SECPA), Proceedings, p:25, Uppsala, Sweden.

Akdemir, B., K., Bellitürk, C. B., Şişman, S., Blackmore, 2005-b. Spatial Distribution in A Dry Onion Field (A Precision Farming Application in Turkey) Journal Of Central European Agriculture, Volume 6 Number 3, Pp211-222 (2005)

- Akdemir, B., N., Sağlam, K., Bellitürk, B., Aydoğdu, 2007. Development a variable rate controller for centrifugal fertiliser (Design the system), 4th International Symposium on Intelligent information technology in Agriculture, 26-29 October 2007, Beijing, China.
- Akdemir, B. 2009. Precision farming research and future projects in Turkey as a development country, The Joint International Agricultural Conference (JIAC2009•Beijing), Proceedings Book
- Akdemir, B., 2010. Türkiye'de hassas tarım araştırmaları ve eğitimi, 26. Tarımsal mekanizasyon Ulusal Kongresi, 22-23 Eylül 2010, Mustafa Kemal Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarım makinaları Bölümü, Bildiri Kitabı, 99-105
- Akdemir, B., A., Urusan, E., Kesici, A., Karadağ, A project on development of agricultural tractor automatic steering (system architecture and laboratory tests), CIGR AGENG 2012 Conference, Proceedings of the 10-11 July 2012 Conference Automation technologies for off road equipment pp:21-26
- Akdemir, 2013., Precision farming adoption strategies for Turkey, V International Conference on Energy and Agricultural Engineering, May 17-18 2013, Ruse, Bulgaria, 40-46
- Altınkardağ, A., B., Akdemir, E., Kesici, A., Ürüsan. 2011. Tarımda kullanılan otomatik dümenleme sistemlerinin gözden geçirilmesi, TMMOB Endüstriyel Otomasyon Sempozyumu ve Sergisi, 21-22 Ekim 2011, İstanbul Bildiri Kitabı:p:3-12
- Bellitürk, K., C. Sağlam, B. Akdemir, C.B. Sisman, 2010-a. Determination of Spatial Variability in Olive Production Part I-Soil. Bulgarian Journal of Agricultural Sciences, Bulgaria, 16 (4)
- Bellitürk, K., C. Sağlam, B. Akdemir, C.B. Sisman, B. Sozubelek, 2010-b. Determination of Spatial Variability in Olive Production Part II-Leaf. Bulgarian Journal of Agricultural Sciences, Bulgaria, 16 (6)
- Eren, K., T., Uzel, B., Akdemir, E., Güllal, 2010. Positioning systems in precision farming and CORS-TR, Tarım Makinaları Bilimi Derneği Dergisi,, Vol 6(2), 137-144
- Özyürüyen, L. C., B., Akdemir, Hububat ekim makinalarında değişken düzeyli kontrol sisteminin geliştirilmesi, 26. Tarımsal Mekanizasyon Ulusal Kongresi, 22-23 Eylül 2010, Mustafa Kemal Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarım Makinaları Bölümü, Bildiri kitabı, 114-117
- Turker, U., T. Erdem, A. Tagarakis, S. Fountas, G. Mitev, B.Akdemir, T. Gemtos. 2010. A Feasibility study of variable rate irrigation in Black Sea Area: Design characteristics of a boom type traveller irrigator, Proceedings of 3rd International congress on Information and Communication Technologies in Agriculture, Food, Forestry and Environment (ITAFE'10), Ondokuz Mayıs University, Turkey. Pp:178-185
- Turker, U., T. Erdem, A. Tagarakis, G. Mitev, B. Akdemir, T. A. Gemtos, 2011. A Feasibility Study of Variable Rate Irrigation in Black Sea Area: Water and Energy Saving from the Application, Journal of Information Technology in Agriculture, Vol: 4(1), page: 1-8
- Üngör, M. G., B., Akdemir, 2010. Development of a mapping programme for variable rate application, Tarım Makinaları Bilimi Derneği Dergisi,, Vol 6(2), 121-126

Motorlu Çapa Makinasının Titreşim Karakteristiklerinin Belirlenmesi*

Ercan GÜLSOYLU, Bülent ÇAKMAK, Fazilet N. ALAYUNT

Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarım Makinaları Bölümü, Bornova, İzmir
ercan.gulsoylu@ege.edu.tr

Received (Geliş Tarihi): 04.06.2013 Accepted (Kabul Tarihi): 07.10.2013

Özet: Ülkemizde tarımsal işletmelerin üçte biri 2 hektardan küçüktür. Bu nedenle tek akslı traktörler ve motorlu çapa makinaları bu alanlarda ekonomik olarak çalıştırılabilme potansiyeline sahiptir. Bu tür makinaları kullanan kişiler, titreşime ve güç kaynağının oluşturduğu gürültüye maruz kalmakta ve bazı kalıcı hasarlar ortaya çıkmaktadır. Bu tip hasarlar arasında en önemlisi HAVS olarak bilinen el-kol titreşim sendromudur. Kumanda edilen makinanın titreşimi operatörün elinden vücuduna geçmekte ve beyaz parmak sendromu (WFS) olarak adlandırılan rahatsızlığa neden olmaktadır. WFS'nin görüleceği %10'luk popülasyona girme süresi, gerçek zamanlı olarak ölçülen titreşim değerleri ve ilgili standartlarda belirtilen eşitliklerle hesaplanabilmektedir. Yapılan araştırmada, farklı motor gücüne sahip (4,1 kW otto ve 5,5 kW dizel) iki adet motorlu çapa makinasının tutamaklarında oluşan titreşimler ile kulak seviyesindeki dB(A) ağırlıklı ses basınç değerleri, durağan konumda ve çapa ile toprak işlemede, 3 farklı ilerleme hızı, 3 farklı iş genişliğinde, TS EN ISO 5349-1 ve TS EN ISO 5349-2 standartlarına göre ölçülmüş ve değerlendirilmiştir. Motorlu çapanın farklı motor devirleri ve iş genişlikleri için ortalama titreşim değerleri sırasıyla 6 - 10 ms⁻² arasında belirlenmiş ve ortalama ses basınç değerleri ise motorlu çapanın farklı ilerleme hızları ve iş genişlikleri için 79,87 - 87,91 dB(A) arasında saptanmıştır.

Anahtar kelimeler: Titreşim, motorlu çapa, tarım makinaları, ergonomi

Determination of Vibrations Characteristics of Motorhoe

Abstract: In Turkey, one third of Agricultural Enterprises is smaller than 2 ha. That is why it is possible to use economically single axes tractors and motorhoes in the small farms. Operators of these types of machines are exposed to high levels of vibration and noise and may cause permanent damage to hands and arms known as Hand Arm Vibration Syndrome (HAVS). Vibration of hand-held power tools/machines is transmitted from hands to the body and may cause a significant health problems which is known as White Finger Syndrome (WFS). Daily exposure time required to produce WFS in 10% of population can be calculated by using vibration values measured in the real time and the equations given in related standards.

In this research, sound pressure (dBA) at the ear level and vibration values on the handles of two different type of motor hoes (4.1 kW Otto, 5.5 kW Diesel) were measured under the stationary condition and soil tilling operation. Measurements were carried out at three different forward speeds and three different working widths. These values were evaluated according to TS EN ISO 5349-1 and TS EN ISO 5349-2 standards. The average vibration values and sound pressure levels of motorhoes for the different speeds and different working widths were determined as 6 - 10 ms⁻² and 79.87 – 87.9 dB (A) respectively.

Key words: Vibration, motorhoe, agricultural machines, ergonomics

GİRİŞ

Toprak işleme, tarımsal üretimin en önemli ve temel faaliyetlerinden birisidir. Toprak işlemede, toprak granül iriliğini küçültmek ve toprağı havalandırmak amacıyla çapalama işlemi yapılmaktadır. Bu amaca yönelik olarak sadece çapalama işlemlerinde kullanılmak üzere motorlu çapa makinaları oluşturulmuştur. Özellikle son yıllarda küçük alanların işlenmesinde ve

tarımsal üretimle amatör olarak ilgilenen üreticilerin tercih ettiği motorlu çapanın kullanımında ülkemizde de önemli bir artışın olduğu görülmektedir (Çakmak ve ark., 2008).

Bu makinalar freze bıçakları bağlanmış bir çapalama ünitesi ve bıçakların bağlı olduğu rotoru çalıştıran bir içten yanmalı motor ve operatörün maki-

nayı sevk ve idare etmesini sağlayan tutamaklardan oluşmaktadır.

Operatör, motorlu çapa makinasını tutamaklar yardımıyla idare ederken, makinanın çalışması sırasında oluşan tüm titreşimler ellerine, kollarına ve vücuduna iletilmektedir. Titreşen el aletlerini kullanan kişilerde çeşitli rahatsızlıkların oluştuğu bilinmektedir.

Konuya ilişkin yapılan araştırmalar; çalışma süresinin, titreşim ve ses basınç seviyesinin kullanıcıda el-kol titreşim sendromu ve işitme ile ilgili sorun oluşturmayacak düzeyde tutulmasını ve koruyucu önlemlerin alınması gerektiğini vurgulamaktadır (Çakmak ve ark., 2008).

İnsanı etkileyen titreşimler iki grup altında incelenmektedir. Titreşim; insan vücuduna iletimi olduğu yer temasıyla etkili oluyorsa "*vücut titreşimi*", eğer eller vasıtasıyla iletiliyorsa "*el iletimli titreşim*" adını almaktadır (Civelek ve Gülsoylu, 2008).

Motorlu çapanın kullanımı sırasında yapılan gözlemler, bu makinaların sadece iş başarıları yönü ile değil, aynı zamanda ergonomik özelliklerinin de incelenerek değerlendirilmesinin gerekliliğini ortaya çıkarmıştır. Bu tür makinaları kullanan kişiler, titreşime ve güç kaynağının oluşturduğu gürültüye maruz kalmaktadır. Motorlu çapa makinalarında el iletimli titreşim etkili olmakta, çalışanların ellerinde kan dolaşımı hastalıkları, nörolojik hastalıklar, kas ve iskelet sistemi hastalıkları ortaya çıkabilmektedir (TS EN ISO 5349-1). Raynaud hastalığı beyaz parmak hastalığı gibi rahatsızlıkların kaynağındaki nedenlerden birisi de titreşim olup, bu tip hastalıklar mesleki hastalıklar içerisinde anılmaktadır.

Konuya ilişkin yapılan araştırmalar; çalışma süresinin, titreşim ve ses basınç seviyesinin kullanıcıda el-kol titreşim sendromu ve işitme ile ilgili sorun oluşturmayacak düzeyde tutulmasını ve koruyucu önlemlerin alınması gerektiğini vurgulamaktadır.

Ying ve arkadaşları (1998), tek akslı bir traktörün tutamaklarındaki titreşimleri belirlemişler ve titreşim engelleyici bir cihazla donatılmış yeni bir titreşim sönümleyici tutamak tasarlamışlardır. Yaptıkları ölçümlerde, x doğrultusunda ortaya çıkan titreşimlerin diğer iki (y ve z) doğrultuda oluşan titreşimlere oranla operatörü daha çok etkilediğini bildirmişlerdir.

Ragni ve ark., (1999), yaptıkları çalışmada güçleri 2,6 ile 3,7 kW arasında değişen 3 adet benzinli motorlu çapa ile gücü 2,6 kW olan tek akslı bir traktörün tutamaklarında yarattığı titreşimi ve gürültü

seviyesini ölçmüşlerdir. Standarda göre test edilen bu 4 makinanın el-kol titreşimi bakımından yüksek risk sınıfında olduğunu belirlemişlerdir. Ayrıca bu makinalar eğer günde 4 saat kullanılırsa operatörlerin %10'unun ellerinde vasküler bozuklukların oluşma riskinin 3 yıl gibi kısa bir sürede ortaya çıkabileceğini bildirmişlerdir.

Goglia ve ark., (2003), 4 tekerlekten tahrikli, 22 kW'lık motor gücüne sahip iki akslı bahçe tipi bir traktörün tutamaklarından ellere iletilen titreşimin sürücüyeye olan etkilerini incelemişler ve frekans ağırlıklı toplam ivmenin durağan konumda $4,26 \text{ ms}^{-2}$ ve tam yükte çalışmada $14,91 \text{ ms}^{-2}$ olarak bulmuşlardır.

Tewari ve ark., (2004), oturularak kullanılacak şekilde düzenlenen bir tek akslı traktör ile arkasında yürünerek kontrol edilen tipteki standart tasarıma sahip tek akslı bir traktörün operatör üzerindeki fizyolojik etkilerini araştırmışlar ve titreşimin en fazla düşey eksen de olduğunu söylemişlerdir.

Goglia ve ark., (2006), 9,4 kW gücünde 4 zamanlı motora sahip tek akslı bir traktörün tutamaklarından operatörün ellerine iletilen titreşimleri belirlemek üzere bir araştırma gerçekleştirmişlerdir. Frekans ağırlıklı toplam titreşim seviyelerinin durağan halde $3,37 \text{ ms}^{-2}$ ve tek akslı bir römork ile taşıma işleminde $8,37 \text{ ms}^{-2}$ olarak belirlemişlerdir.

Sam ve Kathirvel (2006), iki farklı tek akslı traktörün çalışma sırasında yarattığı vücuda ve ele gelen titreşimleri incelemişlerdir. İşlenmemiş toprakta frezelemenin, işlenmiş topraktakine göre %20 daha fazla el titreşimi yarattığını ayrıca boş bir treylerle tarla yolunda taşımada asfalt yola göre %32 daha fazla el titreşiminin olduğunu belirlemişlerdir.

Dewangan ve Tewari (2008), tek akslı bir traktörün taşıma sırasında, kuru arazide frezelemede ve ıslak arazide pullukla işlemede tutamaklarda oluşan titreşimlerin operatörlerin el tarak kemiğine, bilek, dirsek ve omuzlarına iletimlerini belirlemişlerdir. İvme değerinin ve vücudun duruşunun titreşimin vücuda geçme oranını etkilediğini ve en yüksek titreşim iletiminin frezelemede ortaya çıktığını belirlemişlerdir.

Civelek ve Gülsoylu (2008), biri otto diğeri dizel motora sahip iki adet tek akslı traktörde, durağan konumda ve freze ile toprak işlemede tutamaklara gelen titreşimleri ve kulak hizasındaki gürültü seviyesini TS EN ISO 5349-1 ve TS EN ISO 5349-2 standartlarına göre belirlemişlerdir. Üç ekseninde ölçülen titreşimlerin en yüksek değerleri düşey ekseninde elde edilmiştir.

Bu çalışmada; 2 farklı motorlu çapanın motoru çalışırken “durağan halde” ve “toprak işleme sırasında” olmak üzere iki farklı çalışma koşulunda tutamaklara gelen titreşim değerleri ve gürültü düzeyleri ölçülerek kullanıcıya yapacağı etki TS EN ISO 5349-1 ve 2 standartlarına göre belirlenmeye çalışılmıştır.

MATERYAL ve YÖNTEM

Materyal

Bu çalışmada biri otto motorlu (4,1 kW) ve diğeri de dizel motorlu (5,5 kW) olmak üzere iki motorlu çapa kullanılmıştır (Şekil 1). Motorlu çapalar, güçlerine uygun iş genişliğine sahip freze (çapa) üniteleriyle birlikte toprak işlemleri sırasında ve boşta (hareketsiz sadece motoru çalışıyor) olacak şekilde iki konumda çalıştırılmışlardır. Bu konumlarda makinaların tutamaklarına gelen titreşimler belirlenmiştir (Gülsoylu ve ark., 2011).



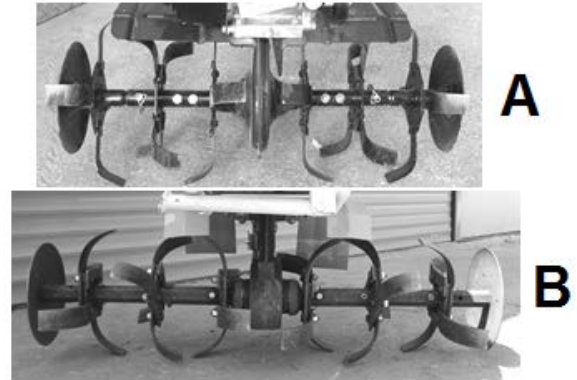
Şekil 1. Denemelerde kullanılan motorlu çapalar (A- Otto motorlu, B- Dizel motorlu)

Denemelerde kullanılan motorlu çapa makinalarına ait bazı teknik özellikler Çizelge 1’de verilmiştir.

Çizelge 1. Denemelerde kullanılan motorlu çapaların genel özellikleri

Özellikler	Motorlu Çapa Tipi	
	A	B
Güç (kW/HP)	4,1 / 5,5	5,5 / 7
Motor Tipi	Otto, 4 zamanlı	Dizel, 4 Zamanlı
Silindir Adedi	1	1
Silindir Hacmi (cm ³)	163	349
Vites Sayısı (ileri+geri)	1 + 1	3 + 1
Maksimum Motor Devri (min ⁻¹)	3600	3600
Maksimum Tork (Nm)	10,3 (2500 min ⁻¹ ’de)	16,6 (2400 min ⁻¹ ’de)
Kütle (kg)	53	128
Uzunluk (mm)	1170 - 1440	1430 - 1620
Genişlik (mm)	715	1045
Yükseklik (mm)	915 - 190	880 - 1285

Denemelerde kullanılan motorlu çapaların freze üniteleri Şekil 2’de ve bu ünitelerde bulunan bıçaklara ait bazı özellikler Çizelge 2’de verilmiştir.



Şekil 2. Motorlu çapaların freze üniteleri

Çizelge 2. Freze ünitelerine ait bazı özellikler

Özellikler	Motorlu Çapa Tipi	
	A	B
Frezedeki Bıçak Sayısı	24	24
Freze Bıçağının Konstrüktif İş Genişliği (mm)	52	80
Bıçağın Çizdiği Dairenin Çapı (mm)	300	320

Motorlu çapa makinalarının tutamaklarındaki titreşimleri belirlemek amacı ile Bruel & Kjaer marka 4520-002 model 3 eksenli piezoelektrik bir ivmeölçer, Bruel & Kjaer marka 3560-C model bir analizör ve Bruel & Kjaer 7533 model kontrol modülünden oluşan bir sis-

tem kullanılmıştır. Ayrıca denemeler sırasında motorlu çapaların oluşturduğu gürültüyü ölçmek amacıyla Bruel & Kjaer marka 2669 model mikrofön ön yükselticisi ve 4189 model mikrofön kullanılmıştır. Analizörün aldığı verileri işlemek ve kaydetmek üzere kullanılan bilgisayarda PULSE 5.0 yazılımı yüküdür.

Denemeler, Ege Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bahçe Bitkileri Bölümüne ait, %36 kum, %30 mil ve %34 kil içeren, killi-tın bünyeli toprağa sahip bir bahçede gerçekleştirilmiştir. Deneme alanına ait toprağın nem içeriği 0-10 cm arasında %12,3 ve 10-20 cm arasında %20,9'dur.

Denemelerin yapıldığı arazide toprak penetrasyon direnci ölçümleri de 5 tekerrürlü olarak gerçekleştirilmiştir. Penetrasyon direnci ölçümleri gerçekleştirmek üzere, Field Scout marka, SC 900 model, dijital bir penetrometre kullanılmıştır. Toprak derinliği 7,5 cm'de 750 kPa ve 10 cm toprak derinliğindeki ortalama toprak penetrasyon direnci değeri 1980 kPa olarak ölçülmüştür.

Yöntem

Araştırmada biri 4,1 kW gücünde otto (benzinci) motor, diğeri 5,5 kW gücünde dizel motoru olan iki farklı tip motorlu çapa makinası kullanılmıştır. Bu makinalarla yapılan çalışmalarda bağımlı değişkenler;

- 3 ilerleme hızı (otto motorlu çapada 2,3, 3,2 ve 3,4 kmh^{-1} – dizel motorlu çapada; 2, 2,4 ve 2,6 kmh^{-1})
- Farklı iş genişliği (otto motorlu çapada 50, 74 ve 98 cm, dizel motorlu çapa 64 cm, 95 cm),
- 2 çalışma koşulu (boşta "sadece motor çalışıyor" ve çapalama sırasında)

olarak ele alınmıştır. Her kombinasyon için tekrar sayısı 5, ölçüm süresi ise 60 saniye olarak belirlenmiştir (Gülsoylu ve ark., 2011).

Tutamak üzerine yerleştirilen üç eksenli ivme ölçerden gelen sinyaller taşınabilir 6 kanallı titreşim analizörüne aktarılmış ve ham titreşim değerleri (ms^{-2}) belirlenmiştir. Motorlu çapaların tutamaklarına gelen titreşimin ölçme ve değerlendirilmesinde TS EN ISO 5349 standardı dikkate alınmış ve sonuçlar bu standardın direktiflerine göre değerlendirilmiştir.

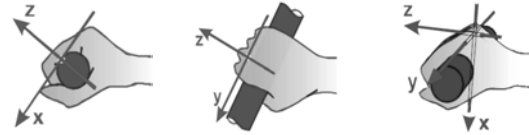
Tarlada yapılan çalışmalar sırasında toprağın fiziksel özelliklerini belirlemek amacıyla; toprak bünye analizi, toprak nemi, toprak hacim ağırlığı, toprak penetrometre direnci ölçümleri yapılmıştır.

Denemelerde motorlu çapalara takılı frezeler daha önceden belirlenen iş genişliklerinde ve ilerleme hızlarında çalıştırılmıştır. Otto motorlu çapa (A) ile

çalışmada 3 iş genişliği, dizel motorlu çapa (B) ile olanaklı ayarlanabilen 2 iş genişliğinde çalışılmıştır.

Seçilen ilerleme hızlarında ve iş genişliklerinde çalıştırılan motorlu çapaların tutamaklardaki ivme değerleri, durağan konumda (sadece motor çalışırken) ve ayrıca freze bıçaklarından oluşturulmuş çapa üniteleri ile toprak işleme işlemini gerçekleştirirken kaydedilmiştir. Bilgisayara kaydedilen veriler, her tekerrür ve her eksen için ayrı ayrı değerlendirilmiş ve tekerrürler arası istatistiksel analizi yapılarak standart sapma sonuçları belirlenmiştir. Daha sonraki aşamalarda ise elde edilen veriler TS EN ISO 5349-1 ve TS EN ISO 5349-2 numaralı Türk Standartları temel alınarak değerlendirilmiştir.

Tutamaklardaki ivme değerlerini ölçmek için kullanılan ivmeölçer, TS EN ISO 5349-1 ve TS EN ISO 5349-2 Türk Standardında belirttiği şekilde motorlu çapaların tutamaklarına ayrı ayrı yerleştirilmiştir (Şekil 3).



Şekil 3. Tutamağın "elle tutma" konumu ve koordinat sisteminde ölçüm yapılan yönler

Şekil 3'de görüldüğü gibi el üzerinde 3 yönlü bir koordinat sistemi belirtilmiştir. Bu koordinat sistemi biyodinamik koordinat sistemi olarak adlandırılmaktadır. Biyodinamik koordinat sisteminin orijini, elin üçüncü parmağının bağlandığı tarak kemiğinin üst kısmıdır. z eksenine (el eksenine) elin üçüncü parmağının bağlandığı tarak kemiğinin uzunlamasına olan eksenine olarak tanımlanmıştır ve pozitif olarak parmağın ucuna yönlendirilmiştir. x eksenine orijinden geçmektedir ve z eksenine diktir. x eksenine el normal anatomik konumunda iken ileriye doğru olan yönde pozitifdir. y eksenine ise diğer iki eksene diktir ve başparmağa olan yönde pozitifdir. Standartta belirtildiği gibi ivmeölçer biyodinamik koordinat sisteminin orijinine en yakın olacak şekilde motorlu çapaların tutamaklarına bağlanmıştır.

Denemeler sırasında kaydedilen veriler değerlendirilirken, ivme değerlerinin belirlenmesinde standarda göre ana büyüklük olarak frekans ağırlıklı ivmenin karelerinin ortalamasının karekökü (k.o.k) (root mean square, RMS) değeri ele alınmış ve frekans ağırlıklı ivmenin ölçülmesi için frekans ağırlıklandırmaya esas bant filtreleri kullanılmıştır.

Standartta 6,3 Hz'den 1250 Hz'e kadar olan 1/3 oktav bant frekanslarının ele etki eden titreşimlerin esas frekans aralığını oluşturduğu ve bunun dışındaki ele etki etmediği belirtildiğinden, denemeler bu frekans aralığı içerisinde yürütülmüştür.

1/3 oktav bant frekanslarında ölçülen her titreşim değerinin frekans ağırlıklandırmasının yapılması için, o frekansa ait ivme değerinin aşağıdaki eşitliğe yerleştirilmesi ile herhangi bir eksenindeki frekans ağırlıklı ivmenin (a_{hw}) karesinin ortalamasının karekökü (k.o.k.) değeri 1 numaralı eşitlik kullanılarak hesaplanabilmektedir.

$$a_{hw} = \sqrt{\sum_i (W_{hi} a_{hi})^2} \quad [1]$$

a_{hw} : Frekans ağırlıklı ivmenin karelerinin ortalamasının karekökü değeri (ms^{-2})
 W_{hi} : i'inci 1/3 oktav bandı için ağırlıklandırma faktörü
 a_{hi} : i'inci 1/3 oktav bandı içinde ölçülen k.o.k değeri (ms^{-2})

Denemeler 5 tekerrürlü olarak gerçekleştirilmiş ve TS EN ISO 5349-2 standardında belirtilen eşitlik kullanılarak her eksen için frekans ağırlıklı ivmelerin ortalaması belirlenmiştir (Eşitlik 2).

$$a_{hw} = \sqrt{\frac{1}{T} \sum_{j=1}^N a_{hwj}^2 t_j} \quad [2]$$

a_{hwj} : j numunesi için ölçülen titreşim büyüklüğü
 t_j : j numunesi için ölçülen süre
 T : Toplam ölçüm süresi

a_{hw} değerinin her üç eksen için belirlenmiş olan frekans ağırlıklı ortalamaları kullanılarak (a_{hw_x} , a_{hw_y} , a_{hw_z}), toplam titreşim değeri standartta verilen Eşitlik 3 ile elde edilmiştir.

$$a_{hv} = \sqrt{a_{hw_x}^2 + a_{hw_y}^2 + a_{hw_z}^2} \quad [3]$$

a_{hv} : Toplam titreşim değeri (ms^{-2})
 a_{hw_x} : x eksenindeki frekans ağırlıklı ivmenin k.o.k değeri
 a_{hw_y} : y eksenindeki frekans ağırlıklı ivmenin k.o.k değeri
 a_{hw_z} : z eksenindeki frekans ağırlıklı ivmenin k.o.k değeri

Toplam titreşim değerinin belirlenmesinden sonra günlük titreşime maruz kalmanın $[A(8)]$ belirlenmesi gerekmektedir. Bu amaçla, içerisinde toplam titreşim değeri (a_{hv}) ve günlük titreşime maruz kalma süresini (T) içeren bir eşitlik kullanılmaktadır (Eşitlik 4).

$$A(8) = a_{hv} \sqrt{\frac{T}{T_0}} \quad [4]$$

$A(8)$: Günlük maruz kalınan titreşim (ms^{-2})

a_{hv} : Toplam titreşim değeri (ms^{-2})

T : Günlük titreşime (a_{hv}) maruz kalma süresi (saniye veya saat)

T_0 : 8 saatlik (28800 saniyelik) referans süre

Günlük titreşime maruz kalma süresi, değerlendirmeye alınan motorlu çapa makinası operatörünün günde ne kadar süre ile titreşime maruz kaldığını belirten bir değerdir. Operatörler tarafından günde ne kadar süre kullanıldığına dair istatistiksel değerler Türkiye'de mevcut değildir.

Titreşime maruz kalan çalışanların %10'unda parmaklarda kan çekilmesi durumunun oluşması için gereken sürenin belirlenmesi için kullanılan eşitlik (Eşitlik 5) aşağıda verilmiştir. Bununla birlikte, TS EN ISO 5349-1 standardında verilen eşitlik kullanılarak da bu değer tam olarak hesaplanabilmektedir.

$$D_y = 31,8[A(8)]^{-1,06} \quad [5]$$

D_y : Toplam maruz kalma süresinin grup ortalaması (yıl)

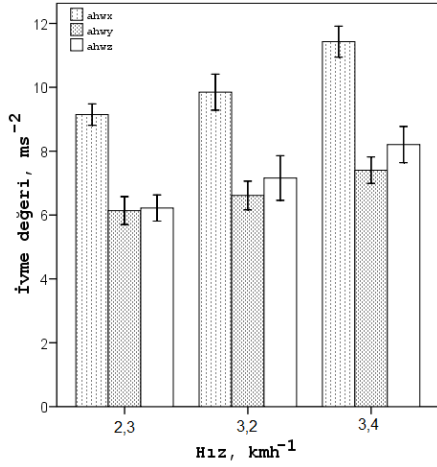
$A(8)$: Günlük titreşime maruz kalma (el ile temas halinde olan bir yüzeyde, 8 saatlik enerjiye eş değer olan toplam titreşim değeri) (ms^{-2})

Operatörün şapkasına yerleştirilen bir mikrofon yardımıyla operatörün kulak hizasında ses düzeyi ölçümleri 5 tekerrürlü olarak gerçekleştirilmiştir.

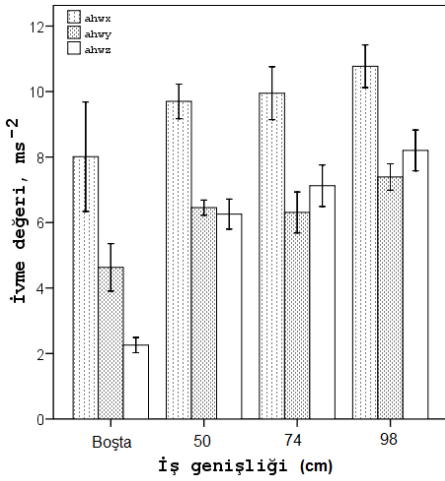
BULGULAR ve TARTIŞMA

Motorlu Çapa Makinalarına Ait Titreşim Değerleri

Her eksen için belirlenen ağırlıklandırılmış ivme değerlerinin otto motorlu çapanın (A) hızına bağlı olarak değişimi Şekil 4'te, yine aynı motorlu çapanın teorik iş genişliğine bağlı olarak değişimi de Şekil 5'de verilmiştir. Her iki değişken için de x ekseninde görülen ağırlıklı ivme değeri en yüksek düzeyde bulunmuştur. Diğer eksenlerdeki ivme değerleri ise birbirine çok yakın saptanmıştır. Hıza bağlı olarak titreşim değerinin arttığı Şekil 4'te görülmektedir.



Şekil 4. A makinasında üç eksenle saptanan hızla bağlı ortalama titreşim değerleri ve standart sapma değerleri



Şekil 5. A makinasında üç eksenle saptanan iş genişliğine bağlı ortalama titreşim değerleri ve standart sapma değerleri

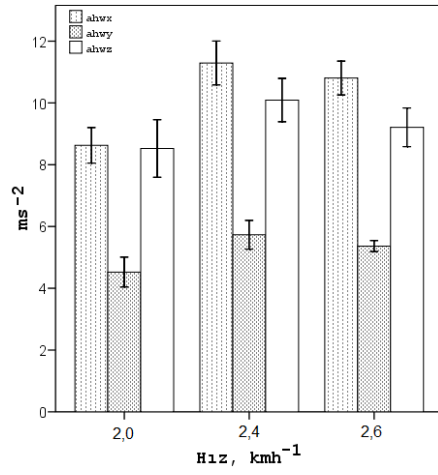
Şekil 5, ivme değerlerinin çalışılan teorik iş genişliğine göre değişimini göstermektedir. Şekilde görülen ilk sütunlar motorlu çapanın boşta çalışması sırasındaki verileri göstermektedir. Elde edilen tüm ivme değerleri, çapanın aktif çalışması ve iş genişliğinin artmasıyla beraber artış göstermiştir. Özellikle "z" ekseninde değişim çok açık olarak görülmektedir.

Otto motorlu çapa için yapılan değerlendirmeler dizel motorlu çapa için aynı şekilde yapılmış ve sonuçlar Şekil 6 ve Şekil 7'de verilmiştir.

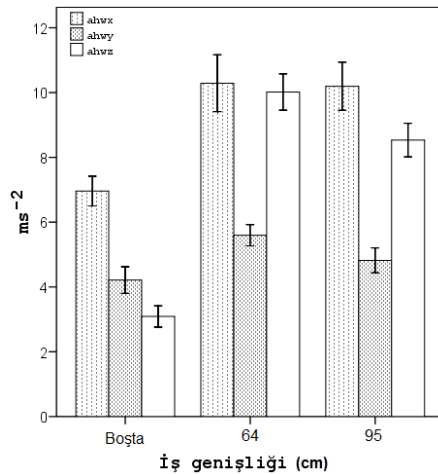
Dizel motorlu çapa (B) ile çalışmada hızlara bağlı ivme değişimi, otto motorlu çapada saptanan değerlere oranla daha düzensiz görünmektedir. Ancak A makinasında en yüksek ivmede hakim eksen "x"

ekseni iken, B makinasında "x" ve "z" eksenleri olarak ortaya çıkmıştır. Çalışma hızındaki artışla beraber ivme değerlerinde de bir artış görülmektedir (Şekil 6).

Dizel motorlu çapa ile çalışma, makine üzerindeki teknik olanaklar nedeniyle iki iş genişliğinde gerçekleştirilebilmiştir. Teorik iş genişliğinin artmasıyla beraber titreşim değerlerinde bir artış görülmemekte hatta "y" ve "z" eksenlerinde göreceli bir azalma meydana gelmektedir (Şekil 7).



Şekil 6. B makinasında üç eksenle saptanan hızla bağlı ortalama titreşim değerleri ve standart sapma değerleri



Şekil 7. B makinasında üç eksenle saptanan iş genişliğine bağlı ortalama titreşim değerleri ve standart sapma değerleri

Otto ve dizel motora sahip motorlu çapalara takılı frezeler ile çalışırken saptanan ağırlıklandırılmış ivme değerleri özellikle "x" eksenini doğrultusunda ortalama 10 ms⁻² olarak saptanmıştır. İvme değerleri ise hem

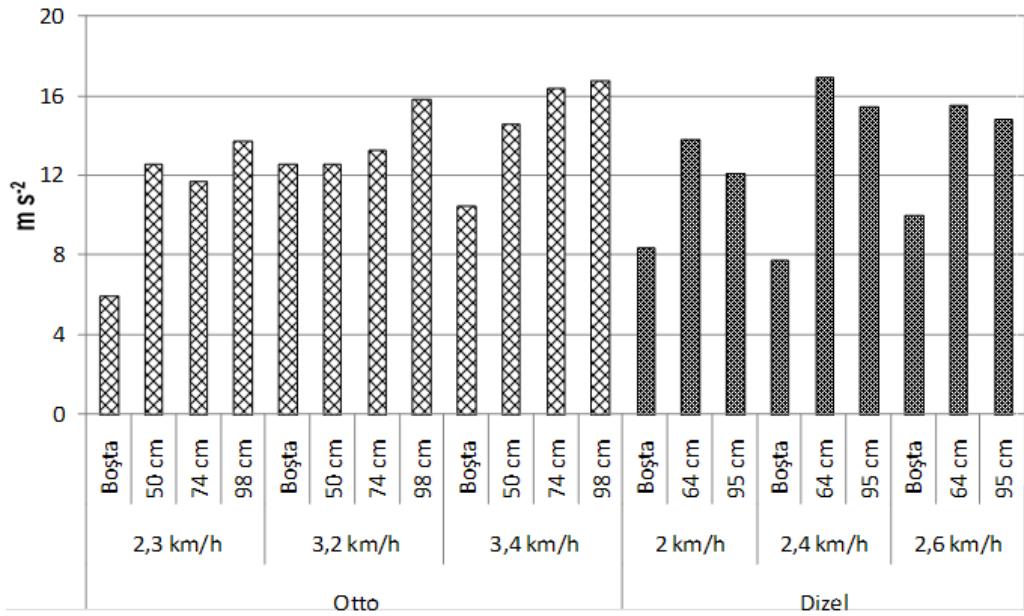
ilerleme hızı hem de iş genişliği değişiminde her iki motorlu çapada birbirine çok yakın bulunmuştur. En düşük ivme değeri her iki tip için "y" ekseninde ve ortalama 6 ms^{-2} olarak saptanmıştır

Otto ve Dizel Motorlu Çapalara ait Toplam Titreşim Değerleri

Motorlu çapalarla çalışırken tutamaktan operatörün eline gelen toplam titreşim değerlerini (a_{hw}) belirlemek için, üç eksen için frekans ağırlıklı ortalama

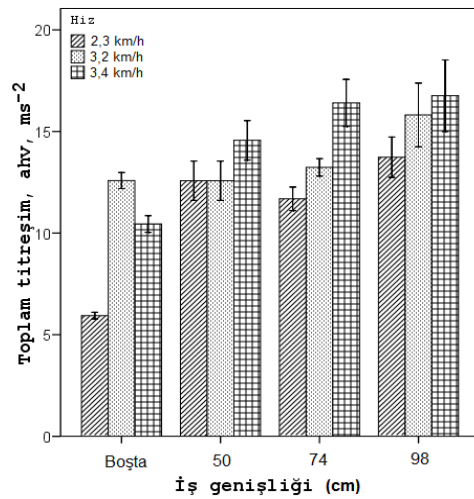
malar (a_{hwx} , a_{hwy} , a_{hwz}) hesaplanmıştır. Şekil 8, her iki motorlu çapa için ilerleme ve teorik iş genişliğine bağlı toplam titreşim değerinin değişimini göstermektedir.

Toplam titreşim değeri otto motorlu çapa ile çalışırken ilerleme hızının artışıyla beraber artış göstermiş ve en yüksek değerine en yüksek ilerleme hızında ve iş genişliğinde ulaşmıştır. Dizel motorlu tipte ise ilerleme hızının bir etkisi görülmemekle birlikte iş genişliğinin artması operatör eline gelen toplam titreşim değerini azaltmıştır.

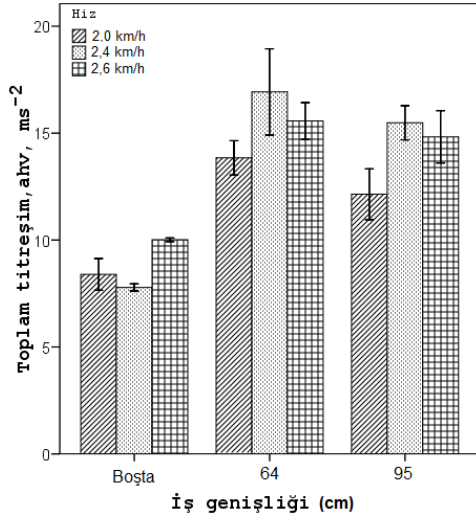


Şekil 8. Operatörün eline gelen toplam titreşim değerinin motorlu çapalarda motor tipine ilerleme hızına ve iş genişliğine bağlı olarak değişimi

Şekil 9, otto motorlu tipte ilerleme hızı ve iş genişliğinin toplam titreşim değerine etkisini göstermektedir. İş genişliği arttıkça hızlar arasındaki toplam titreşim değeri farkının da arttığı şekilden açıkça görülmektedir. Dizel motorlu tipte ise iş genişliğinin artmasıyla beraber değerlerde bir azalma görülmektedir (Şekil 10). Bu azalmanın nedeni, iş genişliğinin artmasıyla birlikte topraktaki temas alanının büyümesi ve bıçak sayısının artışıyla beraber dizel motorda oluşan içsel kuvvetlerin dengelenmesi olarak gösterilebilir (Gülsoylu ve ark., 2011).



Şekil 9. Operatörün eline gelen toplam titreşim değerinin otto motorlu çapada (A) ilerleme hızına ve iş genişliğine bağlı olarak değişimi ve standart sapma değerleri



Şekil 10. Operatörün eline gelen toplam titreşim değerinin dizel motorlu çapada (B) ilerleme hızına ve iş genişliğine bağlı olarak değişimi ve standart sapma değerleri

Otto ve Dizel Motorlu Çapalara ait Günlük Maruz Kalınan Titreşim [A(8)] ve Beyaz Parmak Rahatsızlığının Ortaya Çıkma Olasılığı İçin Yaklaşık Süre (Dy)

Otto motorlu çapa ile çalışırken ölçülüp daha sonra hesaplanarak bulunan A(8) (ms⁻²) ve Dy (yıl) değerlerinin iş genişliği ve ilerleme hızına bağlı değişimi incelendiğinde otto motorlu çapada çalışırken günlük maruz kalınan titreşim değerinin iş genişliği ve ilerleme hızının artmasıyla birlikte arttığı görülmüştür. Bu durum operatörün beyaz parmak sendromuna yakalanma olasılığı için süreyi kısaltmakta ve otto motorlu çapa ile en büyük iş genişliğinde ve en yüksek ilerleme hızında bu süre 2 yıldan az olmaktadır. En küçük iş genişliğinde en düşük ilerleme hızında bu süre ortalama 2,5 yıl olmaktadır.

Dizel motorlu çapa ile çalışırken ölçülüp daha sonra hesaplanarak bulunan A(8) (ms⁻²) ve Dy (yıl) değerlerinin iş genişliği ve ilerleme hızına bağlı değişimi, dizel motorlu çapada çalışırken günlük maruz kalınan titreşim değerinin iş genişliği ve ilerleme

hızının artmasıyla birlikte orantılı bir artış olmadığını göstermektedir. Dizel motorlu çapada çalışırken operatörün beyaz parmak sendromuna yakalanma olasılığı için süreyi kısaltmakta ve dizel motorlu çapa hızında bu süre 2 yıldan az olmaktadır. Ancak en büyük iş genişliği en düşük ilerleme hızında bu süre ortalama 2,5 yıl bir süreye uzamaktadır.

Otto ve dizel motorlu çapalar ile çalışmada operatörün beyaz parmak sendromuna yakalanacak %10'luk popülasyon içine dahil olması için geçen ortalama süre ve bunların ortalama standart hata (SEM) değerleri, Ortalama Dy (yıl); A makinasında 2,074 (standart hata 0,041) B makinasında 1,971 (standart hata 0,051) olarak bulunmuştur.

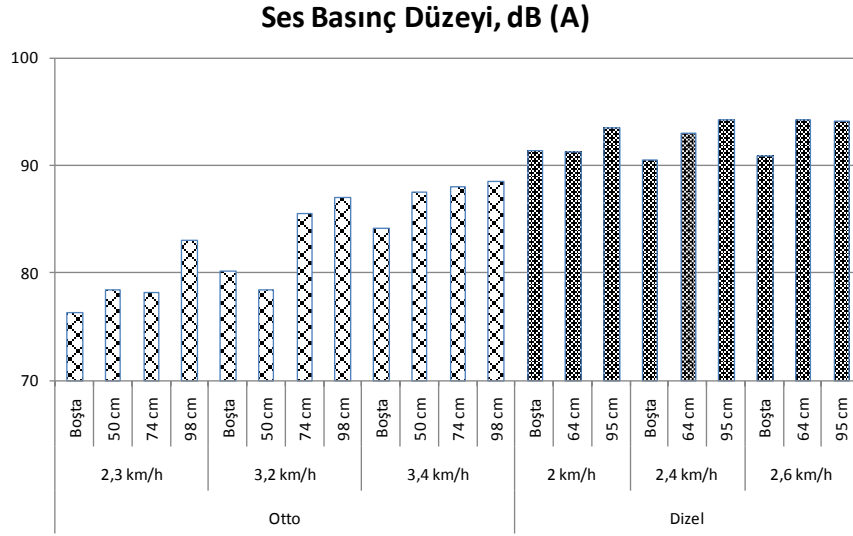
Tüm iş genişliği ve ilerleme hızlarında yapılan çalışmalarda motorlu çapalar arasında P:0,95 önem seviyesinde istatistiki olarak bir fark olmadığı belirlenmiştir.

Elde edilen sonuçlar tüm yıl boyunca her gün 8 saat bu tip makinalarla çalışma yapan kişilere göre hesaplanmıştır.

Motorlu Çapalara Ait Ses Basınç Değerleri

Motorlu çapalarla yapılan çalışmalarda, motor tipi, ilerleme hızı ve iş genişliğine bağlı olarak ses basınç seviyelerindeki değişim operatör kulak seviyesinde (A filtrelili) ölçülmüştür. Belirlenen değerler Şekil 11'de toplu olarak görülmektedir. Özellikle otto motorlu çapa makinasında hem ilerleme hızı hem de iş genişliğindeki değişime bağlı olarak değerlerde artış görülmektedir. Bu anlamlı artış Varyans Analizi sonuçlarıncada desteklenmektedir. Hızın, iş genişliğinin ve bunların ikili interaksyonunun ses basınç seviyesi üzerinde etkisi anlamlı bulunmuştur ($\alpha=0,05$).

Özellikle en büyük iş genişliğinde en yüksek hızla yapılan toprak işleme sırasında saptanan Ses Basınç seviyeleri, ILO (Dünya çalışma örgütü)'nun belirttiği 85 dB(A) seviyesini aşmaktadır. Bu durumda otto motorlu çapa ile bu değerlerle çalışmada mutlaka koruyucu tedbirler alınması gerekmektedir.



Şekil 11. Motorlu çapa makinalarına ait farklı hız ve iş genişliklerinde ölçülen A ağırlıklı olarak filtrelenmiş ses basınç düzeyleri.

SONUÇ

Elde edilen sonuçlara göre motorlu çapaların her ikisinde de toprak işleme sırasında (yükte) çalışmak daha yüksek titreşim ve ivme değerlerine neden olmuştur. Ayrıca üç eksenle ölçülen ivme değerleri incelendiğinde her iki motorlu çapada da "x" ekseninde elde edilen titreşim ve ivme değerlerinin "y" ve "z" eksenlerindeki değerlerden daha büyük olduğu belirlenmiştir.

Dizel motorlu çapa (B) ile çalışmada hızlara bağlı ivme değişimi, otto motorlu çapada (A) saptanan değerlere oranla daha düzensiz görünmektedir. Ancak otto motorda en yüksek titreşim ve ivme değeri "x" ekseninde iken, dizel motorlu çapada "x" ve "z" eksenleri olarak ortaya çıkmıştır. Çalışma hızındaki artışla beraber ivme değerlerinde de bir artış görülmektedir.

Dizel motorlu çapa ile toprak işlerken teorik iş genişliğinin artmasıyla beraber titreşim değerlerinde bir artış görülmemekte hatta "y" ve "z" eksenlerinde göreceli bir azalma meydana gelmektedir.

Otto ve dizel motora sahip motorlu çapalarla çalışırken saptanan ağırlıklandırılmış ivme değerleri özellikle "x" eksenine doğrultusunda ortalama 10 ms^{-2} olarak hesaplanmıştır. İvme değerleri, hem ilerleme hızı hem de iş genişliği değişiminde her iki motorlu çapada birbirine çok yakın bulunmuştur. En düşük ivme değeri her iki motorlu çapa için "y" ekseninde ve ortalama 6 ms^{-2} olarak saptanmıştır.

Toplam titreşim değeri otto motorlu çapa ile çalışırken ilerleme hızının artışıyla beraber artış göstermiş ve en yüksek değerine en yüksek ilerleme hızında ve iş genişliğinde ulaşmıştır. Dizel motorlu çapada ise ilerleme hızının bir etkisi görülmemekle birlikte iş genişliğinin artması operatörüne gelen toplam titreşim değerini azaltmıştır. Bu azalmanın nedeni, iş genişliğinin artmasıyla birlikte topraktaki temas alanının büyümesi ve bıçak sayısının artışıyla beraber dizel motorda oluşan içsel kuvvetlerin dengelenmesi olarak açıklanabilir.

Otto motorlu çapada (A) çalışırken günlük maruz kalınan titreşim değerinin iş genişliği ve ilerleme hızının artmasıyla birlikte arttığını göstermektedir. Bu durum operatörün beyaz parmak sendromuna yakalanma olasılığı için süreyi kısaltmakta ve otto motorlu çapa ile en büyük iş genişliğinde ve en yüksek ilerleme hızında bu süre 2 yılın altına inmektedir. En küçük iş genişliği en düşük ilerleme hızında bu süre ortalama 2,5 yıl olmaktadır.

Otto ve dizel motorlu çapalar ile çalışmada operatörün beyaz parmak sendromuna yakalanacak %10 'luk popülasyon içine dahil olması için geçen ortalama sürenin, iş genişliği ve ilerleme hızına bağlı ilişkisi $P:0,05$ önem düzeyinde önemli bulunmamıştır.

Elde edilen sonuçlar tüm yıl boyunca her gün 8 saat bu makinalarla çalışan operatörler için hesaplanmıştır. Tarım işleri mevsime bağlıdır. Tarımsal faaliyet-

lerin yoğun olarak yapıldığı dönemlerde çok az dinlenerek aşırı yüklenme ile yapılan bu tip çalışmalar, sağlık sorunlarının ortaya çıkmasını hızlandırmakla birlikte, operatör ve iş dönüşümlü olarak yapılan faaliyetler el-kol sendromunun ortaya çıkma süresini uzatabilmektedir.

Motorlu çapalarla yapılan çalışmalarda, motor tipi, ilerleme hızı ve iş genişliğine bağlı olarak ses basınç seviyelerindeki değişim operatör kulak seviyesinde dB(A) olarak ölçülmüştür. Her iki motorlu çapada özellikle en büyük iş genişliğinde ve en yüksek hızla yapılan toprak işleme sırasında saptanan ses basınç

seviyeleri, ILO (Dünya çalışma örgütü)'nun belirttiği 85 dB(A) seviyesini aşmaktadır. Bu durumda motorlu çapa ile bu değerlerle çalışmada mutlaka koruyucu tedbirler alınması (örneğin kulaklık takılması) gerekmektedir.

İşletmelerde operatörlerin bu tip makinalarla çalışması izlenerek titreşime maruz kalma süresini azaltan iş programları yapılmalıdır. Bu makinalarda titreşimin en büyük nedenlerinden biri olan motorun, çatıya bağlanmasında titreşim sönmüleyici düzenler kullanılmalı ve makina üreticisi firmaların bu konuda çalışmalar yapması özendirilmelidir (Gülsoylu ve ark., 2011).

LİTERATÜR LİSTESİ

- Civelek, Ç., E. Gülsoylu, 2008. Bazı Tek Akslı Traktörlerle Çalışmada Tutamlara Gelen Titreşimlerin Belirlenmesi. E.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi, 108 sayfa, Bornova, İZMİR.
- Çakmak, B., E. Gülsoylu, F.N. Alayunt, 2008. Toprak İşlemede Kullanılan Motorlu Çapanın Titreşim ve Gürültü Değerlerinin Belirlenmesi. 14. Ulusal Ergonomi Kongresi Bildiriler Kitabı, sayfa 491-498, TRABZON.
- Dewangan, K. N., Tewari, V. K., 2008. Characteristics of Hand-Transmitted Vibration of a Hand Tractor Used in Three Operational Modes. International Journal of Industrial Ergonomics, doi:10.1016/j.ergon. 2008.08.007
- Goglia, V., Gospodaric, Z., Kosutic, S., Filipovic, D., 2003. Hand-Transmitted Vibration From The Steering Wheel to Drivers of a Small Four-Wheel Drive Tractor. Elsevier Science Ltd., Applied Ergonomics 34, 45-49
- Goglia, V., Gospodaric, Z., Filipovic, D., Djukic, F., 2006. Influence on Operator's Health of Hand-Transmitted Vibrations from Handles of a Single-Axle Tractor. Ann Agric Environ Med 2006, 13, 33-38
- Gülsoylu, E., B. Çakmak, F.N. Alayunt, 2011. Motorlu Çapa Makinasının Titreşim Karakteristiklerinin Belirlenmesi. Ege Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projesi Kesin Sonuç Raporu, Proje No: 2007-ZRF-037, Bornova-İZMİR.
- Ragni, L., Vassalini, G., Xu, F., Zhang, L. B., 1999. Vibration and Noise of Small Implements for Soil Tillage. J. Agricul. Engineering Research (1999) 74, 403-409
- Sam, B., Kathirvel, K., 2006. Vibration Characteristics of Walking and Riding Type Power Tillers. Biosystems Engineering (2006) 95(4), 517-528
- Tewari, V. K., Dewangan, K. N., Karmakar, S., 2004. Operator's Fatigue in Field Operation of Hand Tractors. Biosystems Engineering (2004) 89(1), 1-11
- TS EN ISO 5349-2, 2004. Mekanik Titreşim-Kişilerin Maruz Kaldığı, Elden Vücuda İletilen Titreşimin Ölçülmesi ve Değerlendirilmesi-Bölüm 2: İş Yerlerinde Ölçme Yapmak İçin Pratik Kılavuz. Türk Standartları Enstitüsü.
- TS EN ISO 5349-1, 2005. Mekanik Titreşim-Kişilerin Maruz Kaldığı, Elle İletilen Titreşimin Ölçülmesi ve Değerlendirilmesi-Bölüm 1: Genel Kurallar. Türk Standartları Enstitüsü.
- Ying, Y., Zhang, L., Xu, F., Dong, M., 1998. Vibratory Characteristics and Hand-Transmitted Vibration Reduction of Walking Tractor. American Society of Agricultural Engineers, 0001-2351/98/4104-917.

Tahılların Pnömatik Serpme Ekimi için Deflektör Tasarımı ve Geliştirilmesi

Zeynep DUMANOĞLU, Bülent ÇAKMAK

Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarım Makinaları Bölümü, İzmir
zeyno0191@gmail.com bulent.cakmak@ege.edu.tr

Received (Geliş Tarihi): 04.06.2013 Accepted (Kabul Tarihi): 07.10.2013

Özet: Tarımsal üretimin en önemli aşaması olan ekim işlemi, farklı şekillerde uygulanabilmektedir. Bunlardan birisi olan serpme ekim yaygın olarak tercih edilmektedir. Serpme ekimde, homojen olmayan tohum dağılım düzgünlüğü istenmeyen bir durumdur. Bu çalışmanın konusu, serpme ekimde ortaya çıkan bu durum üzerinde çalışarak dağılım düzgünlüğünün iyileştirilmesi için uygun deflektörler tasarlanması ve geliştirilmesidir. Bunun için balık kuyruğu şeklinde üç farklı deflektör (düz-kanallı-çarpırtmalı balık kuyruğu deflektör) geliştirilmiştir. Bu deflektörlerin performansları laboratuvar ortamında üç ayrı eğimde (%0-5-10) ve üç ayrı ilerleme hızında (1-1,5-2 ms⁻¹) incelenmiştir. Çalışmada, Ege bölgesinde en çok tercih edilen buğday tohumu olan Basri Bey 95 çeşidi kullanılmış ve alınan veriler istatistiksel olarak değerlendirilmiştir. Elde edilen sonuçlara göre; tasarlanan üç deflektörle yapılan serpme ekimde tüm meyillerde ve ilerleme hızlarında tohum dağılım düzgünlüğü homojen bir şekilde gerçekleştirilmiştir. Bu çalışma sonunda tasarlanan ve geliştirilen deflektörler kullanılarak yapılan serpme ekimde homojen olmayan dağılım düzgünlüğü önemli oranda çözülmüş ve ekim makinesini oluşturan bileşenlerin sayısı azaltılmıştır.

Anahtar kelimeler: Serpme ekim, Buğday, Deflektör, Dağılım Düzgünlüğü

Design and Development of Deflectors for Pneumatic Broadcast Seeding of Grains

Abstract: Planting as one of the most important operations in plant production can be achieved in different ways. One of these is broadcast seeding and it is the most preferred method. The disadvantage of this method is inhomogeneous seed distribution. Considering and focusing on this disadvantage, a study was conducted and the objective of this study was to design and develop deflectors to improve seed distribution in broadcast seeding. For this purpose, three different deflectors (flat, channeled and impact fish tail type) were designed and developed. The performance of these deflectors was tested under the laboratory conditions. The seed distributions from the deflectors at three different slopes (0, 5 and 10%) and forward speeds (1, 1.5 and 2 ms⁻¹) were obtained. Basri bey 95 variety, the most preferred one by the farmers in the Aegean region was during the experiments. The data obtained in the lab were evaluated statistically. The results found from the analysis indicated that all three deflectors were appropriate for broadcast seeding and met the necessary requirements. It is believed that the deflectors developed in this study will help solving inhomogeneous seed distribution and simplify the construction of the seeder by reducing the number of components in broadcast seeding.

Key words: Broadcast seeding, Wheat, Deflector, Seeding Distribution

GİRİŞ

Tarımsal üretimin temel amacı; insanlığın besin ihtiyacını karşılamak olmasına karşın ne yazık ki üretim alanları giderek azalmaktadır. Bu nedenle; tarımda az alandan, en fazla verimin sağlanması yeni teknolojiler ve sürdürülebilir tarım teknikleri ön plana çıkmakta; üreticilerin tercih ettikleri üretim yöntemleri de değişiklik göstermektedir.

Ekim yöntemlerinden biri olan serpme ekim yöntemi, diğer yöntemlerle (sıra, banda..) karşılaştırıl-

duğunda tohum yaşam alanına oranı müdahale şansının olması ve sıra arası mesafelerin (<10 cm) (Önal, 2005) daraltılabilmesi nedeniyle öne çıkmaktadır. Ayrıca; serpme ekim makineleri çok sayıda gömücü ayağa sahiptir. Ayak sayısının makine performansı düşürülmeden azaltılması için geliştirilen uygun tasarımlar büyük önem arz etmektedir.

Deflektör (dağıtıcı), bu tasarımlar içerisinde önemli bir çözüm olarak görülmektedir. Deflektörlerin ekim

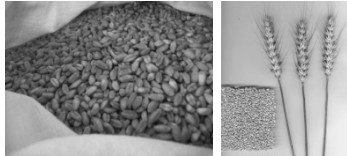
makinesi üzerinde kullanımıyla çok daha az gömücü ayak ve eleman ile makine üretiminde daha az işçilik, çalışma zamanı ve maliyet, hedeflenen temel amaçtır. Bunu yaparken dikkat edilecek en önemli kısıt ise; klasik ekim makinası ile aynı performansı göstermesidir.

MATERYAL ve YÖNTEM

Materyal

Buğday

Gramineae (Buğdaygiller) familyasında olan ve kuru tanesi için yetiştirilen bitkilere tahıllar denilmektedir (Sepetoğlu, 2006). Bu familyaya ait olan ve serin iklim tahılları içerisinde yer alan Triticum cinsi buğday, tek yıllık yetiştirilmekle birlikte makarnalık ve ekmeçlik olmak üzere iki cinsi tüm dünyada yaygın olarak üretilmekte ve tüketilmektedir (Akin, 2007). Buğday, sadece insanların beslenmesinde değil (un, bulgur, makarna, ekmeç, nişasta vb.) (DPT, 2001) aynı zamanda hayvanların beslenmesi ve barınmasında, üretimden arta kalan atıkların tekrar toprağa döndürülmesiyle endüstride kullanımı açısından (Güler, 1991; Küçükakça, 2008) oldukça geniş bir alanda kullanılmaktadır.



Şekil 1. Basri Bey 95 (Dumanoğlu, 2009)

Deflektörler

Makineli serpme ekim yönteminde tohumların, tohum borusuna pnömatik yolla iletilmesinin ardından ekimin doğrudan yapılması nedeniyle ekim hızı ayrıca önem taşımaktadır. Ekimdeki başarı, yatay (alanda) ve dikey (derinlik) düzlemde düzgün bir tohum dağılımı ile mümkün olmaktadır.

İdeal bir dağılımın gerçekleştirilebilmesi için pnömatik serpme ekimde kullanılan tohum boruları ve bu boruların çıkış ağızlarının tohumu toprağa ulaştırması açısından büyük önem taşımaktadır. Özellikle, tohum borularının çıkış ağızında yer alan deflektörün şekli ve boyutsal özellikleri dağılımı doğrudan etkilemektedir.

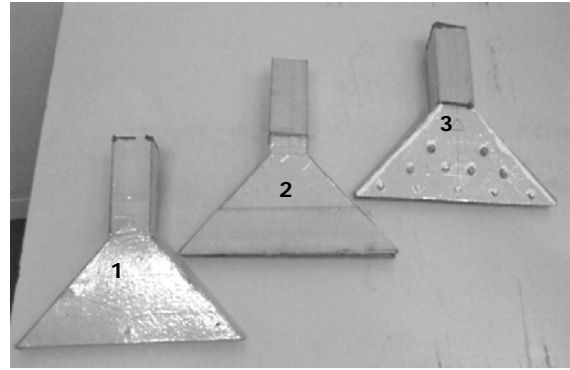
Bu çalışma içerisinde materyal olarak, Basri Bey 95 buğday çeşidi kullanılmıştır. Bu buğday türü özellikle Ege bölgesinde üreticiler tarafından çoğunlukla tercih

edilen bir buğday çeşididir (Şekil 1). Basri Bey 95 buğday çeşidi bin dane ağırlığı 38 g, laboratuvar koşullarında çimlenme oranı %98 dir.

Çalışma kapsamında buğday ekiminde kullanılan ekim makinaları için aşağıda belirtilen balık kuyruğu şeklindeki deflektörler tasarlanmış ve E.Ü. Ziraat Fakültesi Tarım Makineleri atölyesinde üç farklı tipte imal edilmiştir (Şekil 2).

Bunlar;

- Düz deflektör
- Kanallı deflektör
- Çarpırmalı deflektör dür.

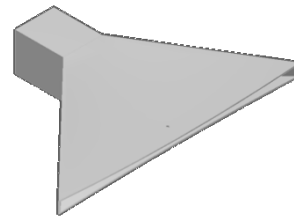


Şekil 2. Tasarlanan Balık Kuyruğu Deflektörler

1-Düz, 2-Kanallı, 3-Çarpırmalı

Düz Balık Kuyruğu Deflektör

Bu deflektör, hava akımı yardımı ile gelen tohumları doğrudan toprağa bırakma esasına göre çalışmaktadır (Şekil 3).



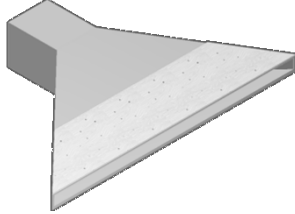
Şekil 3. Düz Balık Kuyruğu Deflektör

Bu deflektörün ağız kısmının ortasında belirli basınç ve hızda gelen hava akımından dolayı, çıkış ağzının kapanmasını önlemek amacıyla bir civata yerleştirilmiştir. Böylelikle, deflektörün hava akımından olumsuz yönde etkilenmesi önlenmiş ve tohumların deflektörden çıkışı kolaylaştırılmıştır.

Kanallı Balık Kuyruğu Deflektör

Bu deflektörün içten, uç kısımlara doğru daralan bir kesitte kanallar yer almaktadır (Şekil 4). Bu kanallar

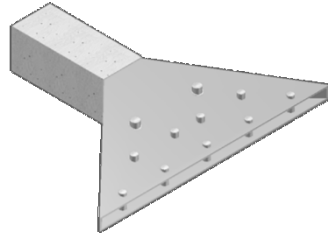
yardımla, hava ile taşınan tohumlar yönlendirilerek toprak yüzeyinde hedeflenen alana bırakılmaktadır. Böylelikle ekim alanında oluşabilecek yığılma veya boşlukların önüne geçilmekte ve dağılım homojen bir şekilde gerçekleştirilmektedir.



Şekil 4. Kanallı Balık Kuyruğu Deflektör

Çarpırtmalı Balık Kuyruğu Deflektör

Çarpırtmalı balık kuyruğu deflektörde, diğer deflektörlerden farklı olarak kanalların yerine, tohum akış yolu üzerinde daire kesitli çarpıtma bariyerleri bulunmaktadır (Şekil 5). Hava ile taşınarak gelen tohumlar bu bariyerlere çarparak, karmaşık yörüngeler oluşturmakta ve yığılmalar oluşturmadan homojen bir şekilde toprak yüzeyine bırakılması sağlanmaktadır.



Şekil 5. Çarpırtmalı Balık Kuyruğu Deflektör

Bu deflektör tipinde, özellikle tohum zedelenmesinin en az düzeyde olması için daire kesitli bariyerlerin açık olan yüzeyleri yumuşak malzemeyle kaplanmıştır.

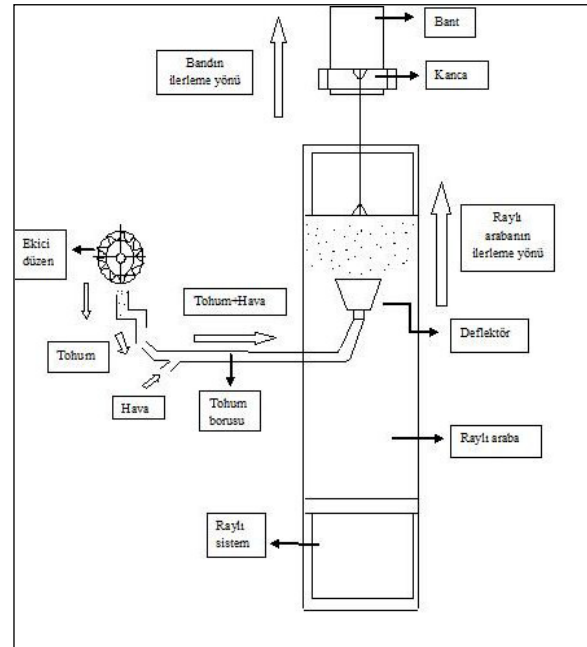
Yöntem

Deflektörlerin performanslarını kontrol etmek için aşağıda belirtilen sistemler bir arada kullanılmıştır. Bu sistemler;

1. Orijinal tasarım balık kuyruğu deflektörler (Düz-Kanallı-Çarpırtmalı)
2. Basıncılı hava kaynağı ve hava iletim hattı
3. Hareket sistemleri (Orijinal tasarım hidrolik hareket sistemi, Ray sistemi, Elektronik hız kontrol sistemi),
4. Orijinal tasarım hava ve tohum karışım adaptörü
5. Kontrol ve ölçüm cihazları (Hassas terazi, Anemometre, Kronometre)

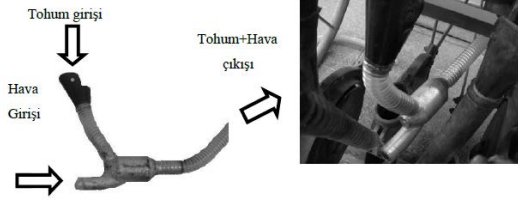
6. Yardımcı elemanlar (Ekim alanı için ölçekli plastik örtüler, yapışkan jel ve yalıtım malzemesi, orijinal tasarlanan eğim sağlayıcı takozlar)

Normal sınav ekim makinesine monte edilen deflektörlerin alt kısmına ekim yapılacak alan olarak raylı arabalı bir düzen kurulmuştur (Şekil 6). Raylı araba; bağlantı parçası ve kanca yardımıyla hareketli bir banda ve dolayısıyla elektronik sistemle hareketlendirilen bir motora bağlanmıştır. Raylı arabanın ölçülerine uygun olarak hazırlanan polietilen örtüler, her iki yandan, civata-somun yardımıyla arabaya sabitlenmiştir. Bu örtüler ekim yapılan örnek alanı temsil etmektedir.



Şekil 6. Deflektörlerin denemesinde kullanılan deneme düzeninin şematik görünüşü

Ekim için gerekli olan hava, yüksek kapasiteli kompresörden bir hava hortumuyla alınarak çift girişli adaptöre bağlanmıştır (Şekil 7). Çalışmada kullanılacak oluklu makara devri (hidrolik motor ile tahrik edilen) ve hava hızı, Basri Bey 95 için belirlenen norm değeri dikkate alınarak ayarlanmıştır. Buğday danelerinin, iletim borusunda taşınması sırasında kullanılan havanın hızı ön denemeler sonunda; hava-tohum karışım adaptöründe $19 \pm 1 \text{ ms}^{-1}$, deflektör çıkış ağzında ise; $4 \pm 1 \text{ ms}^{-1}$ olarak ölçülmüş ve denemeler bu hava hızlarında gerçekleştirilmiştir. Hava hızı her deneme öncesinde kontrol edilmiştir.



Şekil 7. Hava ve tohum karışım adaptörü

Normal sınavari ekim makinesine monte edilen deflektörlerin her biri için; 1-1,5-2 ms⁻¹ ilerleme hızlarında ve %0-5-10 çalışma eğimlerinde üçer tekrarlı deneme düzeni uygulanmıştır.

Ekim Kalitesini Değerlendirme Yöntemleri

Denemeler için kullanılacak olan polietilen örtülerin uygun ekim alanını temsil edebilmesi için üzerinde çizilen karelerin boyutları aşağıda yer alan formülden (Önal, 2005) faydalanılarak hesaplanmıştır.

Karelerin boyutu :

$$\alpha = \sqrt{\frac{10 \cdot \mu \cdot \sigma}{N}}$$

- μ : Karelerdeki ortalama tohum sayısı ($\mu=2$)
- σ : Tohumun bin dane ağırlığı (g/bin dane)
- N: Serpme ekimde ekim normu (kg/da)

Uygun yaşam alanı sağlamak amacıyla ideal ekim için; $\mu=2$ kabul edilmiş ve materyal olarak seçilen Basri Bey 95 in bin dane ağırlığı 38 g, normu ise; 18 kgda⁻¹ olarak belirlenmiş ve yapılan hesaplama sonucunda α değeri 6,5 cm bulunmuştur.

Çizelge 1. Sayılan tohumların sayı ve konumlarının kaydedildiği çizelge

	1	2	3	4	5	6	7	8
1								
2								
.								
.								
.								
36								

Bulunan α değerine bağlı olarak, raylı arabanın ölçülerindeki örtüye 6,5 x 6,5 cm boyutlarında, hareket yönünde göre 36 sıra ile 8 sütundan oluşan toplam 288 adet kare çizilmiştir. Her bir serpme ekim uygulamasının ardından karelerde yer alan tohum miktarlarının sağlıklı bir biçimde kayda alınabilmesi için polietilen örtülerin ölçülerine uygun kayıt tablosu hazırlanmıştır (Çizelge 1).

Serpme ekim uygulanan polietilen örtülerdeki karelerin her birinde bulunan tohum miktarları belirlenmiş ve bu veriler Basri Bey 95'in önceden belirlenen norm değeri ile karşılaştırılarak hedeflenen miktarlarda ekimin gerçekleşip gerçekleşmediği kontrol edilmiştir. Daha sonra, elde edilen verilerden kullanılarak ortalama, standart sapma ve varyans faktörleri saptanmıştır.

Serpme ekim uygulamalarında tohumların tarlaya mümkün olduğunca eşit miktarda ve yaşam alan düzgünlüğü sağlanacak şekilde ekilmesi hedeflenmektedir (Mahisted, 1972; Önal, 1995). Bu nedenle, ekim yapılan tarlanın eşit karelerden oluştuğu düşünüldüğünde, bu karelerde yer alan tohumların dağılımının poisson dağılım karakterinde olması; makinenin ve buna bağlı olarak deflektörlerin de istenilen şekilde çalıştığının bir göstergesi olarak kabul edilmektedir.

Poisson dağılımı:

$$f(x) = e^{-\mu} \cdot \frac{\mu^x}{x!}$$

- X: Karelerdeki tohum sayısını
- μ : Poisson popülasyonu ortalaması (toplam tohum sayısı/toplam şerit sayısı)
- e: Doğal logaritmanın tabanı (2,718)
- f(x) : Her birinde x (x=1,2,3,..) adet tohum bulunan şeritlerin ondalık olarak nispi miktarı

Gerçekleştirilen denemeler sonucunda elde edilen verilerin, poisson dağılımına uygunluğu aşağıdaki yöntemlerden faydalanılarak saptanmıştır (Mahlsted, 1972; Önal,1995);

- χ^2 testi
- Varyasyon faktörü (vf)

Varyasyon faktörü (vf), ekim kalitesi ve dağılım düzgünlüğünün belirlenmesinde son yıllarda yaygın olarak tercih edilen bir ölçüttür. Serpme ekim gerçekleştirilen alanda yer alan karelerdeki tohumların poisson dağılım düzgünlüğüne olan uygunluğu varyasyon faktöründen faydalanılarak saptanabilmektedir (Griepentrog, 1991).

Varyasyon faktörü :

$$v_f = \frac{S^2}{\mu}$$

- S^2 : Örneğin varyansı
- μ : Teorik poisson ortalaması değeri

Varyans (S^2) :

$$S^2 = \frac{\sum X_i^2 \cdot f_i - (\sum X_i \cdot f_i)^2 / n}{n - 1}$$

X_i : Beklenen değerler

f_i : Nispi değerler

n: Toplam örnek ölçü sayısıdır.

Bu eşitliklerden elde edilen varyans değerleri varyans faktörünün dağılım düzgünlüğü gösteren çizelge kullanılarak (Çizelge 2), $\mu=2$ koşuluyla karelerde yer alan tohumların yüzdesinin hangi aralıklar arasında yer aldığı saptanmış ve deflektörlerin poisson dağılım düzgünlüğüne uygunluğu belirlenmiştir.

Çizelge 2. Varyasyon faktörünün dağılım karakterine göre sınırları (Önal, 2005)

$vf > 1,1$	Negatif Binomiyal Dağılım: Karelerdeki tohum dağılımında sık rastlanan bir durum, boşluk ve kümelenmeler mevcut, düzgünlük bozuk
$0,9 < vf < 1,1$	Poisson Dağılım: Tohumların sıra üzerindeki boşluk ve kümelenme miktarları normal düzeyde
$vf < 0,9$	Binomiyal Dağılım: Karelerdeki boşluk ve kümelenmelerin azlığı sonucunda, tek daneli ekim karakteri göstermekte

Üç ayrı deflektör (düz-kanallı-çarpırtmalı balık kuyruğu deflektör) ile üç farklı hızda ($1-1,5-2 \text{ ms}^{-1}$), üç farklı eğimde (% 0-5-10) ve üçer tekrardan oluşan bir deneme deseni gerçekleştirilmiştir. Denemelerden elde edilen veriler MS Office Excel 2007 programı kullanılarak işlenmiştir. Elde edilen sonuçlar ise; SPSS 15 paket program kullanılarak istatistiksel analizle değerlendirilmiştir.

ARAŞTIRMA SONUÇLARI ve TARTIŞMA

Deflektörlerin laboratuvar koşullarında yapılan performans denemelerine ait elde edilen bulgular aşağıda verildiği gibidir;

Düz Balık Kuyruğu Deflektör

Düz balık kuyruğu deflektör deneme planına uygun olarak denenmiş ve elde edilen verilere matematiksel ve istatistiksel analizler uygulanmıştır.

Çizelge 3. Düz balık kuyruğu deflektörün hız ve eğime bağlı olarak belirlenen dağılım değerleri

Deflektör No	Hız (m/s)	Eğim %	vf	μ
1	1	0	0,38	1,96
		5	0,35	1,99
		10	0,34	1,99
	1,5	0	0,33	1,95
		5	0,35	2,00
		10	0,35	2,04
	2	0	0,36	1,99
		5	0,35	2,00
		10	0,37	2,00

Çizelge 3'de görüldüğü gibi; vf değerlerinin daha önceden belirlenen sınırlara göre; $vf < 0,9$ 'un oldukça altında değerler belirlenmiş ve binomiyal düzeyde dağılım gösterdiği saptanmıştır.

Kanallı Balık Kuyruğu Deflektör

Kanallı balık kuyruğu deflektörün denemelerinden elde edilen sonuçlarda hız ve eğime bağlı olarak vf değerleri belirlenmiş ve belirlenen ölçütlere göre $vf < 0,9$ 'dan çok daha düşük değerler elde edilmiştir (Çizelge 4).

Bu deflektörün, binomiyal düzeyde; boşluk ve kümelenmelerinin az, tek dane ekim karakterine uygun bir ekim karakteri gösterdiği belirlenmiştir.

Çizelge 4. Kanallı balık kuyruğu deflektörün hız ve eğime bağlı olarak belirlenen dağılım değerleri

Deflektör No	Hız (m/s)	Eğim %	vf	μ
2	1	0	0,33	1,97
		5	0,37	1,96
		10	0,35	2,03
	1,5	0	0,35	1,96
		5	0,34	1,95
		10	0,32	1,97
	2	0	0,39	2,03
		5	0,35	1,98
		10	0,35	2,01

Çarpırtmalı Balık Kuyruğu Deflektör

Çarpırtmalı balık kuyruğu deflektörün denemelerinden elde edilen sonuçlarda, diğer deflektörlerde olduğu gibi varyasyon faktörünün "vf" almış olduğu değerler $vf < 0,9$ koşulunu sağlamakta ve tek dane ekim kalitesinde ekim yapabildiğini ortaya koymaktadır (Çizelge 5).

Çizelge 5. Çarpırtımalı balık kuyruğu deflektörün hız ve eğime bağlı olarak belirlenen dağılım değerleri

Deflektör No	Hız (m/s)	Eğim %	vf	μ
3	1	0	0,36	2,09
		5	0,32	1,98
		10	0,32	1,94
	1,5	0	0,32	1,95
		5	0,37	2,06
		10	0,34	2,01
	2	0	0,32	2,01
		5	0,32	2,03
		10	0,34	1,98

Prototip deflektörlerin (Düz-Kanallı-Çarpırtımalı Balık Kuyruğu Deflektörler) kendi aralarında hız ve eğime bağlı olarak vf değerleri için Duncan gruplandırılması ($\alpha=0,05$ düzeyinde) uygulanmıştır.

Çizelge 6. Deflektörlerin hızlara göre varyasyon faktörü (vf) değerlerinin Duncan gruplandırılması ($\alpha = 0,05$)

Balık Kuyruğu Deflektörler*	Hızlar (m/s)		
	1	1,5	2
	vf	vf	vf
1	0,36 ^b	0,34 ^a	0,36 ^b
2	0,35 ^{ab}	0,34 ^a	0,36 ^b
3	0,33 ^a	0,34 ^a	0,33 ^a

*1-Düz; 2-Kanallı 3- Çarpırtımalı deflektör

Duncan gruplandırmasında ($\alpha=0,05$ düzeyinde); farklı hız kademelerinde (1-1,5-2 ms^{-1}) deflektörlerin almış olduğu değerler incelediğinde; deflektörlerin varyasyon faktörü (vf) üzerine herhangi bir etkisi olmadığı belirlendi (Çizelge 6).

LİTERATÜR LİSTESİ

Akın, B., 2007. Bazı Ekmeklik Buğday (*Triticum aestivum ssp. Aestivum L*) Çeşit ve Islah Hatlarının Kahverengi Pasa (*puccinia recondita f. Sp.tritici*) Dayanıklılık Genleri Üzerine Bir Araştırma, Ege Üniversitesi Tarla Bitkileri Ana bilim Dalı Doçentlik Tezi, İzmir

DPT, 2001. Ulusal Gıda ve Beslenme Stratejisi Çalışma Grubu Raporu, Ankara

Dumanoğlu, Z., 2009. Buğdayın Pnömatik Serpme Ekiminde Tohum Borusuna Takılan Deflektör Tasarımı, Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Ziraat Fakültesi Tarım Makinaları Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, İzmir

Griepentrog, H. W., 1991. Zur Bewertung von Laengsverteilungen bei Drillmaschinen. Landtechnik 11, s. 550-551

Güler, M., 1991. Kışık Makarnalık Buğday (*Triticum durum desf.*) Anaç ve Melezlerinden Bazı Morfolojik ve Agronomik Karakterler Arası İlişkiler, Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enst. Tarla Bitkileri Ana Bilim Dalı, Ankara

Çizelge 7. Deflektörlerin eğimlere göre varyasyon faktörü (vf) değerlerinin Duncan gruplandırılması ($\alpha = 0,05$)

Balık Kuyruğu Deflektörler*	Eğimler (%)		
	0	5	10
	vf	vf	vf
1	0,36 ^a	0,35 ^{ab}	0,35 ^b
2	0,36 ^a	0,35 ^b	0,34 ^a
3	0,33 ^a	0,34 ^a	0,33 ^a

Farklı eğimlerde (%0-5-10) elde edilen değerlerin Duncan gruplandırması ($\alpha=0,05$ düzeyinde) incelendiğinde ise; deflektörlerin varyasyon faktörü (vf) açısından herhangi bir farklılığının bulunmadığı görüldü (Çizelge 7).

Sonuç olarak; serpme ekim yönteminin diğer ekim yöntemlerine göre bitkinin yaşam alanını istenilen ölçülerde sağladığı önemle vurgulanmaktadır. Bu vurguyla yapılan değerlendirmeler ışığında; tasarlanan üç deflektörle (düz-kanallı-çarpırtımalı balık kuyruğu deflektörler) yapılan serpme ekiminde, iletim borularında $19\pm 1 ms^{-1}$, deflektör çıkışlarında ise; $4\pm 1 ms^{-1}$ hava hızların da dağılım düzgünlüğünün homojen bir şekilde gerçekleştiği saptanmıştır.

Elde edilen sonuçlara göre, tasarlanan üç deflektör içerisinde "Çarpırtımalı balık kuyruğu tipi" deflektörün diğerlerine göre daha optimum düzeyde bir ekim gerçekleştirdiği belirlenmiştir.

Üreticilerin bu deflektörler yardımı ile yapacakları ekim sonucunda hedefledikleri ekim kalitesine, makine üzerinde daha az bileşen kullanarak ulaşabilecekleri ve üretim maliyetlerini düşürebilecekleri öngörülmektedir.

Küçükakça, M., 2008. Buğdayda Küllenmeye (*Erysiphe graminis Dc f. Sp. Tritici marchall*) Dayanıklı Genlerin ve Bazı Tarımsal Özelliklerin Kalıtımın Belirlenmesi Üzerine Araştırmalar, Ege Üniversitesi Ziraat Fak. Tarla Bitkileri Ana bilim Dalı, Doçentlik Tezi, İzmir

Mahlstedt, J., 1972. Pneumatische Saatgutzuteilung bei Saemaschinen für die Getreidebreitsaat. KTBL-Berichte über Landtechnik 145. KTBL. Schriften-Vertrieb im Landwirtschaftsverlag GmbH, Hiltrup(Westf.)

Önal, İ., 1995. Ekim, Bakım, Gübreleme Makineleri, Ege Üniversitesi Ziraat Fak. Yayınları No: 490, İzmir

Önal, İ., 2005. Serpme Ekimin Matematik-İstatistik Esasları ve Ekim Makinelerinde Kullanılması, Tarım Makineleri Bilim Dergisi, 1(2), 93-100, İzmir

Sepetoğlu, H., 2006. Tarla Bitkileri 1 (Tarla Tarımı, Tahıllar, Yemelik Tane Baklagiller), Ege Üniversitesi Yayınları Ziraat Fak. Yayın No:569, Ege Üniversitesi Basımevi, Bornova, İzmir

Biyokütleden Sürdürülebilir Biyoyakıt Üretimi: Biyorafineri Yaklaşımı

Mehmet Ali DAYIOĞLU

Ankara Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarım Makinaları Bölümü, 06130-Aydınlıkevler-Ankara
dayioglu@agri.ankara.edu.tr

Received (Geliş Tarihi): 04.06.2013

Accepted (Kabul Tarihi): 07.10.2013

Özet: Bu makalede, biyokütleden biyoyakıt, elektrik, ısı enerjisi ve yan ürünlerin elde edilmesi için biyorafineri kavramı irdelenmiştir. Biyorafinerileri sınıflandırma biyokütle ve platformlara dayalı olarak yapılmış; farklı biyorafineri modelleri tanımlanmıştır. Biyokütlenin işlenmesinde kullanılan farklı dönüşüm prosesleri açıklanmıştır. Biyokütleden sürdürülebilir biyoenerji üretilmesini etkileyen ekonomik, sosyal ve çevresel faktörler ele alınmıştır. Örnek olarak, yerel ölçekte tarım işletmelerine lojistik ağlarla bağlantılı biyorafineri modeli oluşturulmuştur.

Anahtar Kelimeler: Biyorafineri, biyoenerji, sürdürülebilir biyoyakıt üretimi, biyoetanol, biyodizel.

Sustainable Biofuel Production from Biomass: Biorefinery Approach

Abstract: In this paper, the biorefinery concept was analyzed to produce biofuel, electric-heat energy and biomaterials from biomass. The classification of biorefineries based on biomass and platforms was organized; the different biorefinery models were defined. The different conversion processes used in processing of biomass were explained. The economic, environmental and social factors affecting sustainable biofuel production from biomass were handled. As an illustration, a linked biorefinery model with logistic networks to the agricultural enterprises at local scale was generated.

Key Words: Biorefinery, bioenergy, sustainable biofuel production, bioethanol, biodiesel.

GİRİŞ

Son yıllarda küresel ölçekte sanayileşme ve motorlu taşıt sayısının artması, özellikle Çin ve Hindistan'ın fosil kökenli enerji talebi, petrol fiyatlarını tırmandırmakla birlikte küresel ısınmayı da körüklemektedir.

Bugün dünyada tüketilen birincil enerjinin %80'ini fosil yakıtlardan oluşmakta, bunun sadece %58'i ulaşım sektöründe tüketilmektedir. Fosil enerji kaynakları hızla tükenmekte ve kullanımı sonucunda da sera gazı salınımı artmaktadır (Nigam ve Singh 2011).

Son yıllarda, biyokütle enerjisi iklim değişikliğinin önlenmesi, petrol fiyatlarının dengelenmesi ve kırsal kalkınma politikalarının oluşturulmasında etkili bir araç olarak kullanılmaktadır. Küresel ölçekte biyokütle enerjisine yöneliş, ABD ve AB tarafından teşvik ve destek politikalarının açıklanmasıyla 2004-2005 yıllarında başladı (USAID 2009). Burada, özellikle ulaşım sektöründe biyoyakıtların kullanımı sağlanarak, enerji güvenliği, CO₂ gazı salınımindaki artışın önlenmesi ve tarım sektörünü destekleyen yeni piyasaların oluşması amaçlanmıştır.

Modern biyoenerji sektörü tarımsal ve kırsal kalkınma ile birlikte, yeni iş kolları ve istihdam yaratma açısından büyük bir potansiyele sahiptir. Ancak, biyoenerji sektörünün gelişmesi bölgesel ve ulusal ölçekte etkin bir şekilde yönetilmezse, birçok olumsuz çevresel ve sosyo-ekonomik sorunları tetikleyebilir. Çünkü planlı olmayan biyokütle üretimi gıda güvenliğinin yanı sıra, arazi ve su kaynakları üzerinde baskı yaratmaktadır (Beall ve ark. 2012).

Biyokütleden enerji, biyoyakıt ve biyokimyasal maddelerin üretilmesi konusunda çok sayıda araştırma ve makale mevcuttur (Zinoviev ve ark. 2007; Matsumoto ve ark. 2009; Schnepf, 2010; Demirbaş, 2011).

Hamelinck ve Faaij (2006) gelişmiş biyoyakıtların geleceğine bakış adlı çalışmalarında, ümit vadeden metanol, etanol, hidrojen ve dizel gibi biyoyakıtların kısa ve uzun dönem performanslarının iyileştirilmesini değerlendirmek için sistematik bir araştırma yapmışlardır.

Demirbaş (2008) Türkiye için biyokütle enerji kaynaklarının önemi adlı makalesinde, Türkiye'nin uygun arazi, iklim ve organik kaynakları sayesinde toplam 117 milyon ton biyokütle karşılığı olarak 32 Mtoe biyoenerjiye sahip olduğunu bildirmiştir.

Taylor (2008) biyoyakıtlar ve biyorafineri kavramı adlı çalışmasında, yağ ve şeker bakımından zengin olan biyokütlerden elde edilen biyoyakıt (biyoetanol, biyodizel), enerji (kojenasyon: elektrik+ısı) ve kimyasalların (hidrojen, polimerler) biyorafinerilerde üretilebileceğini tanımlamıştır.

Markevicius ve ark. (2010) sıvı biyoyakıtların üretimi ve kullanımına ilişkin eğilimler ve sürdürülebilirlik ölçütü adlı çalışmalarında, çevresel, sosyal ve ekonomi konularında 35 ölçütü değerlendirmişlerdir.

Demirbaş (2011), biyokütleden rekabetçi sıvı biyoyakıtlar adlı makalesinde, biyoetanol ve biyodizelin üretimine ilişkin teknolojileri, bunların birim maliyetini etkileyen faktörleri ayrıntılı olarak ele almıştır.

Nigam ve Singh (2011) yenilenebilir kaynaklardan sıvı biyoyakıtların üretimi adlı çalışmalarında küresel ölçekte yenilenebilir biyokaynaklar içerisinde tarımsal artık ve atıkların sıvı biyoyakıtlara dönüştürülebilmesi konusunu teknoloji, ekonomik ve çevresel boyutlarıyla irdelemişlerdir.

Liu ve ark. (2012) makalesinde, biyorafineri kavramını esas alarak, ham biyokütleden biyodizel, biyoetanol, biyobütanol, laktik asit ve yan ürünün elde edilmesi konusunu işlemiştir.

Bu makalede, biyokütleden biyoyakıt, elektrik, ısı enerjisi ve yan ürünlerin elde edilmesi için biyorafineri kavramı irdelenmiştir. Biyorafinerileri sınıflandırma biyokütle ve platformlara dayalı olarak yapılmış ve farklı biyorafineri modelleri tanımlanmıştır. Biyokütlenin işlenmesinde kullanılan dönüşüm prosesleri açıklanmıştır. Biyokütleden sürdürülebilir biyoenerji üretilmesini etkileyen ekonomik, sosyal ve çevresel faktörler ele alınmıştır. Örnek olarak, yerel ölçekte tarım işletmelerine lojistik ağlarla bağlantılı biyorafineri modeli oluşturulmuştur.

Biyorafineri Kavramı

Uluslararası Enerji Ajansının tanıma göre (IEA Task 42), biyorafineri çok sayıda ticari madde ve enerji üretilmesi için biyokütlenin sürdürülebilir bir şekilde işlenmesidir (Cherubini ve ark., 2009).

Biyolojik kaynağa ve uygulanan teknolojiye göre, farklı tür yakıtları, elektrik ve kimyasal maddeleri

üretmek için gerekli donanım ve biyokütle dönüşüm proseslerini bulunduran tesislere biyorafineri adı verilir. Biyorafineriler petrol kaynaklı yakıtların ve yan ürünlerin elde edildiği petrol rafinerilerine benzeyen tesislerdir. Ulaşım sektörüne uygun biyoyakıtların biyorafinerilerde üretilmesi kullanılacak teknolojiye bağlıdır.

Biyoyakıtlara geçiş sürecinde, sera gazı salınımı ve enerji güvenliği açısından en sürdürülebilir çözüm, fosil yakıtlara biyoyakıtların karıştırılmasıdır. Belirli oranlarda harmanlanmış yakıt karışımı motorlarda herhangi bir düzenleme yapmadan doğrudan kullanılabilen ve sera gazı dengesi açısından nötr CO₂ çevrimi sağlanabilmektedir.

Ulaşım sektörü büyüdükçe; biyokütleden elde edilen yenilenebilir biyoyakıtlara olan talep de sürekli artmaktadır. Biyorafinerilerin gelişmesindeki temel zorluklar biyoyakıtların üretim etkinliğini arttırmak ve maliyetleri düşürmektir.

Küresel ölçekte biyoyakıt kullanımı

Dünya'da 2010 yılındaki biyoyakıt üretimi önceki yıla oranla %14 artışla 59 Mtoe (milyon ton petrol eşdeğeri) olarak gerçekleşmiştir. Bunun 43.5 Mtoe biyoetanol, 15.8 Mtoe biyodizel üretimidir. ABD ve Brezilya sırasıyla %56 ve %32 payla küresel etanol üretimine yön vermeye devam etmektedir (BP, 2011). Biyoyakıt üretiminin artışıyla birçok ülkede yürürlükte olan karıştırma uygulaması, muafiyet ve teşvik politikaları etkili olmuştur. Bazı ülkeler için benzin ve motorin için zorunlu harmanlama oranları çizelge 1'de örnek olarak verilmiştir (Timilsina, G.R. ve A. Shrestha, 2010; OECD/IEA, 2011).

EPDK'nın 27.09.2011 tarihli ve 28067 sayılı Resmi Gazete'de yayımlanan iki tebliği ile 2013'den itibaren çizelge 1'de verilen oranlarda benzin ve motorine zorunlu biyoyakıt harmanlama uygulaması başlatılmıştır.

Türkiye'de 2010 ve 2011 yıllarında benzin tüketimi sırasıyla 2.08 ve 1.97 milyon ton; motorin tüketimi ise 13.95 ve 14.74 milyon ton olarak gerçekleşmiştir (EPDK 2011). Buna göre, 2013-2014 yılları için harmanlanacak (E2, E3) biyoetanol yaklaşık 40,000-60,000 ton arasındadır. 2014-2015 döneminde harmanlanacak biyodizel (B1, B2) yaklaşık 160,000-360,000 ton arasında olacağı hesaplanmıştır.

Çizelge 1. Bazı ülkelerin biyodizel ve biyoetanol yüzde karışım oranları

Ülke	Biyoyakıt hedefleri
ABD	E10(Iowa, Hawaii, Missouri ve Montana) E20 (Minnesota) B5 (New Mexico) E2 ve B2 (Louisiana ve Washington)
AB	E5.75 ve B5.75 (2010) E10 ve B10 (2020)
Brezilya	E20 - E25 B3 (2008) B5 (2012)
İngiltere	E2.5, B2.5 (2008) E5, B5 (2010)
Kanada	E5 (2010) ve B2 (2012) E7.5 (Saskatchewan ve Manitoba) E5 (2007 Ontario)
Türkiye	E2 (2013), E3(2014) B1(2014), B2(2015), B3(2016)

Sürdürülebilir ölçekte enerji tarımından elde edilen biyokütlenin, tarım ve orman artıkları ile organik sanayi atıklarının biyorafineri hammaddesi olarak kullanılması daha rasyoneldir. Bu nedenle, kaynak kullanımına ve son ürüne göre biyorafinerilerin sınıflandırılması yüksek kalitede düşük maliyetli biyoyakıt üretimi için gereklidir.

Biyorafinerilerde Sınıflandırma

Biyorafineri sisteminin sınıflandırılmasında aşağıdaki dört özellik kullanılır:

1. Biyokütle,
2. Proses,
3. Platform,
4. Son ürün.

Biyorafineri esas olarak, platformları ve prosesleri kullanarak biyokütleden son ürünün elde edilmesine kadar olan tüm süreci kapsayan bir dönüşüm sistemidir.

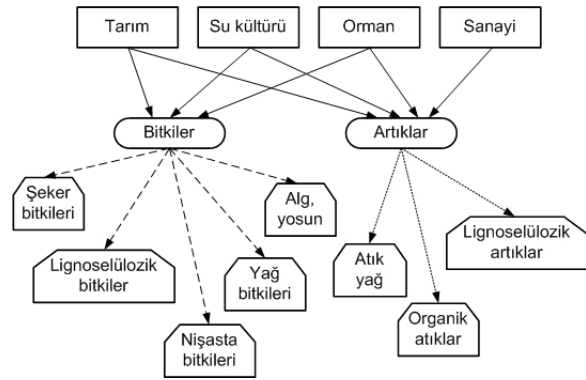
Biyorafineriler için biyokütle kaynakları

Biyokütle, yeşil bitkilerin güneş enerjisini fotosentez yolu ile kimyasal enerjiye dönüştürerek depolaması sonucu meydana gelen organik madde kaynakları olarak tanımlanmaktadır.

Biyorafineri sistemindeki en önemli aşama sürdürülebilir şekilde ve düşük maliyetle biyokütlenin elde edilmesidir. Biyokütlenin üretimden hasada, hasattan rafineriye kadar olan nakliye, işleme ve depolama maliyetlerinin azaltılması gerekir (Cherubini ve ark., 2010).

Biyokütle biyorafineride ticari olarak satılabilir ürünlere dönüştürülen yenilenebilir organik materyallerdir. Yenilenebilir karbon kaynakları dört farklı sektörden temin edilir (şekil 1):

1. Tarım (Özel üretim bitkileri ve artıkları)
2. Orman (Odun, ağaçlar, tomruk işleme artıkları)
3. Sanayi (Proses sonu artık ve atıkları)
4. Su kültürü (Alg, deniz yosunu)

**Şekil 1. Biyokütle kaynakları**

Biyokütle ham maddesi çizelge 2'de gösterildiği gibi tüm organik materyalleri kapsayan dört ana gruba ayrılır: 1) Nişasta, 2) Şeker, 3) Yağ ve 4) Lignoselüloz.

Ayrıca, kullanılan biyokütleye göre biyoyakıtlar da birinci, ikinci ve üçüncü kuşak biyoyakıtlar olarak sınıflandırılır. Birinci kuşak biyoyakıtlar gıda ve yem sanayinde kullanılan hammaddelerden üretilir.

İkinci kuşak biyoyakıtlar, gıda güvenliği riskinin ortadan kaldırılmasında gıda dışı lignoselülozik enerji tarımından elde edilen materyaller ile tarımsal artık ve atık hammaddelerden üretilmektedir.

Çizelge 2. Biyokütlenin ana kaynakları

1. Kuşak biyokütle			2. Kuşak biyokütle	
Nişasta	Şeker	Yağ	Lignoselüloz	
Mısır	Pancar	Ayçiçeği	Dalı darı	Saman
Buğday	Şeker	Kolza	Keten	Sap
Arpa	kamışı	Soya	Kenevir	Koçan
Çavdar	Tatlı	Aspir	Sorgum	Tabla
Yulaf	sorgum	Pamuk	Kavak	Kabuk
Patates	Manyok	Palmiye	Söğüt	Kavuz
	Kökü	Yerfıstığı	Okalıptus	Çekirdek
		Jojoba	Miscanthus	Dal
		Mısır	Odunsu bitkiler	Küspe
				Odun talaşı
Karbonhidrat		Trigliserid	Selüloz	Artık
			Hemiselüloz	Atık
			Lignin	
Enerji Bitkileri				

Üçüncü kuşak biyoyakıtlar tarımsal üretimde kullanılmayan verimsiz arazilere kurulan havuzlarda gıdayla rekabeti olmayan alglerden elde edilmektedir.

Yukarıda ifade edildiği gibi, farklı kaynaklardan gelen biyokütleyi biyorafineri yaklaşımı içinde ticari olarak satılabilir ürünlere dönüştürmek için bazı teknolojik işlemlerin uygulanması gerekir.

Biyorafineride dönüşüm prosesleri

Kuru biyokütle (15-19 GJ/t) diğer fosil yakıtlarla (örneğin: kömür: 20-30 GJ/t) karşılaştırıldığında daha düşük ısı değerine sahiptir. Buna karşın, biyokütlenin uçucu madde içeriği (%80) fosil yakıtlardan (%20) daha yüksektir (Zhang ve ark. 2010).

Biyorafinerilerde farklı dönüşüm prosesleri kullanılarak, amaca göre biyoyakıt, biyokimyasal, biyomateriyal, gıda, yem gibi son ürünler elde edilir. Biyoyakıt üretim proseslerinin amacı biyokütle bileşenlerinin kimyasal/biyokimyasal parçalanması ve oksijensiz ortamda işlenmesidir. Özellikle motorlu taşıt biyoyakıtlarında, biyokütlenin oksijensiz ortamda işlenmesi yakıtın ısı içeriği, yakıtın polaritesi ve fosil yakıtlarla karıştırılması açısından önemlidir.

Biyokütlenin ısı verimliliğini arttırmak için genellikle dört dönüşüm prosesi uygulanır (Şekil 2):

1. Termokimyasal,
2. Biyokimyasal,
3. Mekanik,
4. Kimyasal.

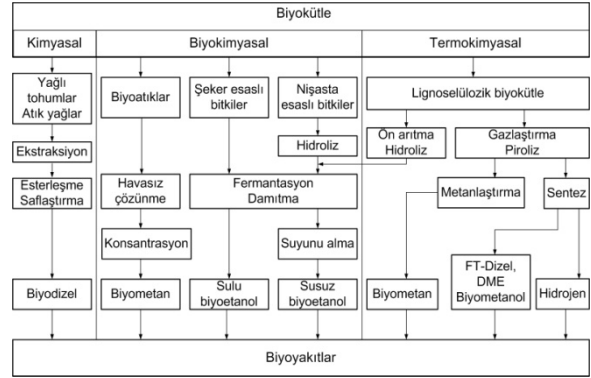
Termokimyasal prosesler

Biyokütleyi enerji ve kimyasal ürüne dönüştürmek için iki temel termokimyasal yöntem kullanılır:

1. Gazlaştırma, 2. Piroliz.

Gazlaştırma yönteminde biyokütle az oksijenli ortamda yüksek sıcaklık seviyesinde (>700°C) tutularak H₂, CO, CO₂ ve CH₄ karışımından oluşan sentez gazı (syngas) üretilir. Sentez gazı ya doğrudan biyoyakıt olarak kullanılabilir ya da farklı yakıtların (Fischer-Tropsch-FT- sentezi ile etanol, metanol, dimetil eter, izobütan) ve kimyasalların (alkol, organik asit, amonyak, metanol) üretilmesinde platform olarak kullanılabilir (Zinoviev ve ark., 2007).

Piroliz yönteminde ise biyokütle daha düşük sıcaklıklarda (300-600°C) ve oksijensiz ortamda tutularak enerji değeri artırılır. Piroliz işlemi sonucunda sıvı yakıt (biyoyağ), katı yakıt (odun kömürü) ve gaz yakıt (sentez gazı) elde edilir.



Şekil 2. Biyokütleye uygulanan dönüşüm prosesleri

Biyokimyasal prosesler

Termokimyasal işlemlerin aksine, biyokimyasal işlemler daha az miktarlarda ve düşük sıcaklıklarda uygulanır. Biyokimyasal işlemleri için fermentasyon ve havasız ortamda çözünme yöntemleri kullanılır.

Fermentasyonda mayalanabilir maddelerin ve ürünlerin elde edilmesinde mikroorganizmalar ve/veya enzimler kullanılır. Şeker, nişasta ve selüloz esaslı biyokütlenin mikroorganizmalarla fermentasyonu sonucunda etanol üretilir.

Havasız ortamda çözünme (anaerobic digestion) 30-65°C sıcaklık aralığında oksijensiz ortamda farklı organik maddelerin bakteriyel bozunmasıyla sağlanır. Bu işlem sonucunda en az %97 metan ve CO₂ gazından oluşan biyogaz üretilir (Rosillo-Calle ve ark., 2007).

Mekanik prosesler

Biyokütlenin içeriğini değiştirmeden, sadece boyutunu, hacmini azaltmak ve parçalara ayırmak için yapılan mekanik işlemleri kapsar. Biyokütlenin kolay taşınması, işlenmesi ve depolanması için gereklidir. Biyokütlenin partikül boyutu, şekli ve hacimsel yoğunluğu azaltılır. Ayrıca, biyokütle kurutma, öğütme ve sıkıştırma işlemlerinden sonra, enerji yoğun pelet ve briket haline getirilir.

Kimyasal prosesler

Biyokütleye en yaygın uygulanan kimyasal işlemler hidroliz ve transesterifikasyondur. Hidrolizde biyokütledeki polisakaritleri ve proteinleri, selülozdaki glikozu parçalamak, yeni kimyasal maddeler üretmek için asit, baz yada enzimler kullanılır.

Transesterifikasyon işlemi günümüzde biyodizel yakıt üretiminde kullanılan en yaygın yöntemdir. Yağ bitkilerine uygulanan ekstraksiyon işleminden sonra,

yağın bazik bir katalizörle birlikte genellikle metanol ile esterleşme kimyasal tepkimesi (transesterifikasyon) vermesi sonucunda biyodizel (yağ asidi metil esteri-FAME-) ve gliserin elde edilir (Zinoviev ve ark., 2007).

Biyorafineri Platformları

Platformlar sonlu ürünlerin türetildiği ortamlar olup; biyorafinerinin tanımlanmasında kullanılır.

Biyorafinerilerde hem enerjistik hem de enerjistik olmayan ürünler elde edilir. Bu nedenle iki önemli ürün sınıfı ortaya çıkmıştır (Cherubini ve ark., 2009):

1. Enerji güdümlü biyorafineri sistemleri: Motorlu taşıt yakıtları, ısı ve/veya elektrik enerjisi üretilir.
2. Materyal güdümlü biyorafineri sistemleri: Biyolojik kökenli (biyomateryal, yağlayıcılar, kimyasallar, gıda ve yem vb) maddeler üretilir.

Enerji güdümlü biyorafineriler genellikle aşağıda sıralanan platformları kullanır:

- Biyogaz
- Sentez gazı (gazlaştırma)
- Hidrojen
- C6 şekerleri
- C5 şekerleri
- Lignin
- Piroliz sıvısı
- Yağ (yağlı tohum bitkileri, alg, atık yağ)
- Elektrik ve ısı (iç kullanım)

Biyorafineri Ürünleri

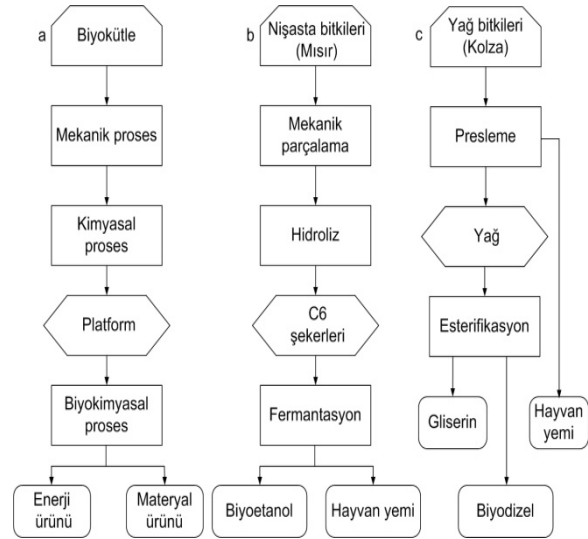
Biyorafinerilerde üretilen en önemli enerji ürünleri aşağıda sıralanmıştır:

- Motorlu taşıtlar için sıvı biyoyakıtlar: Biyoetanol, biyodizel, FT-yakıtları, biyoyağ.
- Katı biyoyakıtlar: Peletler, lignin, odun kömürü
- Gaz biyoyakıtlar: Biyogaz, sentez gazı, hidrojen, biyometan.

Biyorafinerilerde üretilen en önemli kimyasal ürünler ve materyaller aşağıda sıralanmıştır:

- Kimyasal maddeler,
- Organik asitler,
- Polimerler, reçineler,
- Kâğıt, selüloz, tahta panel,
- Gıda ve hayvan yemi,
- Gübreler.

Şekil 3(a)'da biyokütle – proses – platform – son üründen oluşan biyorafineri modeli jenerik olarak gösterilmiştir (Cherubini ve ark. 2009). Bu modele göre, biyokütleden enerji ve/veya materyal ürününe dönüşüm tasarlanabilir. Şekil 3(b)'de mısırdan C6 şeker platformunu kullanarak biyoetanol ve hayvan yemi üreten örnek biyorafineri modeli gösterilmiştir. Benzer yöntemle, şekil 3(c)'deki tek platformlu (yağ) biyorafineri modelinde kolzadan gliserin, biyodizel ve hayvan yemi üretilir. Biyorafineri üretim zincirinde amaca uygun 2-6 ve çoklu platformlu çözümler tasarlanabilir. Şekil 4'de lignoselülozik bitkiler ile beş platformlu (C5, C6, Lignin, Sentez gazı, Elektrik-Isı) biyorafineri modeli verilmiş olup, burada hayvan yemi, biyoetanol, FT biyoyakıtları ve elektrik-ısı üretilir. Şekil 4'deki modelde dallı darı yerine, nişasta bitkileri ve saman ikili biyokütle girişi olarak kullanılabilir.

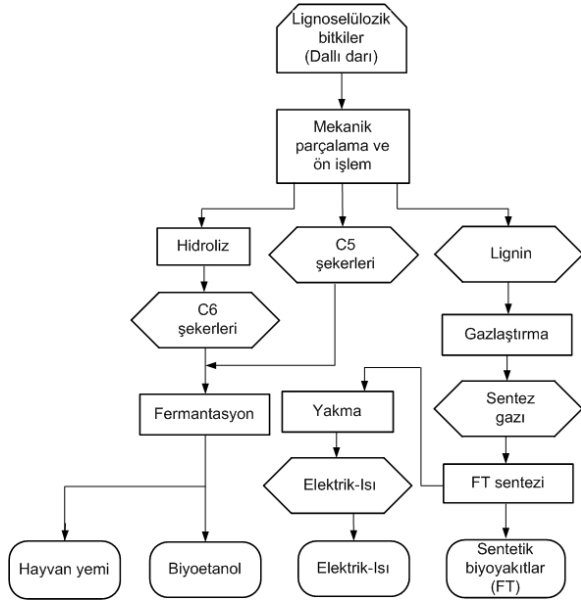


Şekil 3. a) Tek platformlu jenerik biyorafineri modeli, b) C6 şeker platformu, c) Yağ platformu

Sürdürülebilir Biyoenerji üretimi

Biyoyakıtların enerji güvenliği, ekonomi ve çevre konularına katkı sağlama potansiyeli yüksektir. Aynı zamanda, bu katkıları gerçekleştirebilmek için bazı zorlukların da aşılması gerekmektedir. Biyoyakıtların üretimi ve tüketimi ile sağlanan faydalar ve karşılaşılan zorluklar çizelgede 3'de vurgulanmıştır.

Yakıt amaçlı biyokütle üretimine ayrılan alan ve kaynak kullanımı sınırlıdır. Biyoyakıt üretiminin artması gıda ve yem üretiminde rekabet yaratmaktadır. Ayrıca, yağmur ormanlarının ve kalıcı meraların yok edilmesi geri dönülmez sonuçlara neden olabilir.



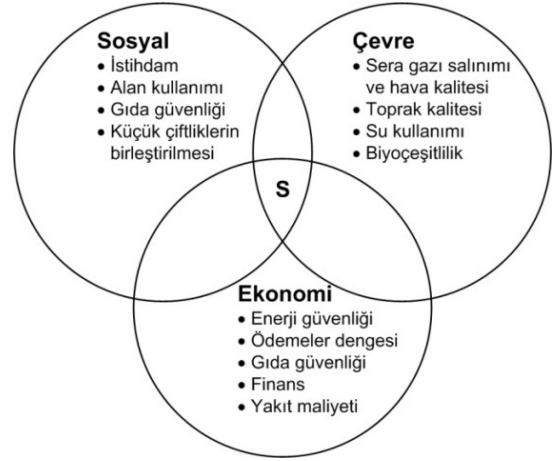
Şekil 4. Beş platformlu biyorafineri modeli

Çizelge 3. Biyoyakıtın potansiyel faydaları ve zorlukları (Nigam ve Sing 2011)

Faydalar	Zorluklar
<p><i>Enerji Güvenliği</i></p> <ul style="list-style-type: none"> Evsel enerji kaynağı Lokal dağıtımına uygun Arz-talep zinciri Daha güvenli kaynak 	<p><i>Hammadde</i></p> <ul style="list-style-type: none"> Toplama ağı Depolama tesisleri Gıda-yakıt rekabeti
<p><i>Ekonomik stabilite</i></p> <ul style="list-style-type: none"> Fiyat karallığı İstihdam yaratma Kırsal gelişme İç yakıt tüketimini azaltma Arz talep boşluğunu azaltma Yeni sanayi kolları Fosil tekelini kontrol etme 	<p><i>Teknoloji</i></p> <ul style="list-style-type: none"> Ön işlemden geçirme Enzim üretimi Etkinliğin iyileştirilmesi Teknoloji maliyeti Katma değerli ürün eldesi
<p><i>Çevresel kazanımlar</i></p> <ul style="list-style-type: none"> Daha iyi atık kullanımı Düşük yerel kirlenme Sera gazı salınımı azaltma Çöp alanlarının azalması 	<p><i>Politika</i></p> <ul style="list-style-type: none"> Alan kullanımı ARGE fonu Pilot ölçek uyg. Ticari ölçeğe geçiş Devlet desteği Vergi muafiyeti

Biyoyakıt üretiminin sürdürülebilir olması sosyal, çevre ve ekonomi ayaklarının sağlam kurgulanmasına bağlıdır (şekil 5). Çünkü biyokütle tarım ve orman alanlarını kapsayan geniş kırsal alana yayılmıştır. Kırsal alanda atıl alanların değerlendirilmesi, istihdam, yeni sanayi alanlarının kurulum potansiyeli vardır.

Biyoyakıtlar, hem üretilirken hem de tüketilirken, sera gazı salınımı, su kullanımı, arazi kullanımı, biyoçeşitlilik, biyogüvenlik, ekonomik ve sosyal etkileri olan olumlu/olumsuz birçok konuları kapsar (OECD/IEA, 2011).



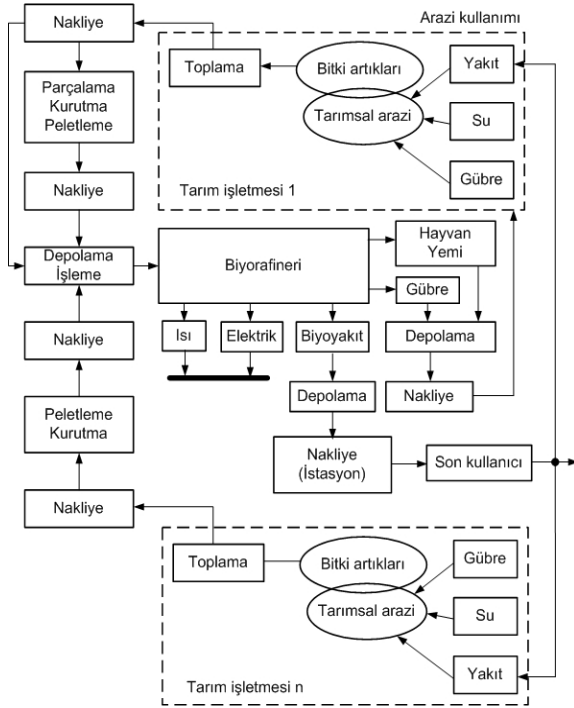
Şekil 5. Sürdürülebilir (S) biyoyakıt üretiminde sosyal, çevresel ve ekonomik faktörler

Entegre Biyorafineri Modeli

Biyokütle üretim zinciri esas olarak tarımsal üretimle başlar; biyorafineriden elde edilen ürünlerin son kullanıcıya ulaşmasıyla son bulur. Biyorafineri sisteminin yapısı baştan sona aşağıda sıralanmıştır:

- Tarımsal üretim
- Lojistik
 - Hasat
 - Bitki artıklarını toplama
 - Hacim küçültme, yoğunlaştırma
 - Nakliye
 - Ayıklama+Parçalama+Kurutma +Peletleme
 - Depolama
 - Nakliye
- Biyorafineride işleme
- Biyorafineride enerji/yakıt/materyal üretimi
- Biyoyakıt depolama + dağıtım
- Hayvan yemi/gübre depolama + dağıtım

Yerel ölçekte tarım işletmelerine lojistik ağlarla bağlantılı şekilde gösterilen örnek biyorafineri modeli oluşturulmuştur. Modelde ekonomik olarak uygulanabilir farklı hasat ve taşıma senaryolarının oluşturulması gereklidir. Biyokütleden düşük maliyetle enerji elde etmek için optimum lojistik (hasat, toplama, depolama ve taşıma) ağının oluşturulması gerekir.



Şekil 6. Tarım işletmeleriyle entegre biyorafineri modeli

Enerji tarımına uygun ekim, bakım ve hasat, toplama, iletim, yükleme, depolama makine alt yapısının zamana duyarlı lojistik ağı içerisinde değerlendirilmesi önemli olmaktadır. Kısaca, enerji tarımına uygun mekanizasyon alt yapısı oluşturulmalıdır.

Örnek bir biyoetanol üretim tesisinde biyorafineriye kadar olan üretim ve lojistiğin payı toplam biyoetanol üretim maliyetinin %35-50'ni oluşturmaktadır. Burada maliyetlere biyokütle tipi, ürün miktarı, lokasyon, iklim, yerel ekonomi gibi jeoğrafik faktörler ve agro-teknolojik alt yapı etkili olmaktadır (Hess ve ark. 2007).

Değerlendirme

Türkiye 2009 yılında, 97.66 Mtoe toplam birincil enerji arzı sağlamış ve bunun %72'sini ithalatla karşılamıştır. Birincil enerji tüketimi içinde ithal edilen petrol, doğalgaz ve taşkömürü ithalatı için fiyatlardaki dalgalanmalara göre 2012 yılında 45 ile 50 milyar dolar ödenmesi beklenmektedir. Bugünkü ekonomik büyümeye göre, gelecek 10 yılda Türkiye'nin enerji gereksiniminin yaklaşık iki katına çıkacağı tahmin edilmektedir (OECD-IEA 2011). Bu kadar yüksek enerji ithalatının ülkemiz ekonomisi ve enerji arz güvenliği açısından riskli olduğu enerji uzmanları tarafından ifade edilmektedir.

İlk aşamada, modern biyokütle kullanımına geçilmesi ülke ekonomisi ve çevre kirliliği açısından önem taşımaktadır.

Enerji tarımında biyokütle kaynaklarının geniş alanlara dağılmış olması, kullanılan arazi ve su kaynaklarının sınırlı olması biyoyakıt maliyetlerini yükseltmektedir.

Tarladaki biyokütlenin üretiminden lojistiğine kadar tüm üretim zinciri boyunca düşük maliyetle üretilmesi için tarımsal üretimle entegre biyorafineri tesisleri önem kazanmaktadır.

TARTIŞMA ve SONUÇ

Enerjide dışa bağımlı olan Türkiye, biyokütle enerjisini fosil yakıtların alternatifi olarak kullanabilecek arazi, iklim ve organik kaynaklara sahiptir. Ancak, biyoyakıt üretimi çevre, tarım ve kırsal kalkınma politikalarını da içerdiği için bu alanda yapılacak detaylı çalışmalara ihtiyaç vardır.

Kapsamlı biyokütle haritaları hem ürün bazında hem de uydu ve coğrafi bilgi teknolojileri esas alınarak oluşturulmalıdır. Yerel, bölgesel ve ulusal ölçeklerde biyokütle yoğunluğuna göre kurulacak biyorafineri tesisleri için optimum lojistik ağı modeli geliştirilmelidir.

Yerel, bölgesel, ulusal organizasyon şemalarının hazırlanması, destek ve teşvik programlarının oluşturulması gerekmektedir.

Biyokütle kaynaklarının bölgesel ve ulusal ölçekte geniş alanlara dağılmış olması, ham madde maliyetlerinin artmasına ve geri kazanım işlemlerinin karmaşık hale gelmesine neden olmaktadır. Bu nedenle, biyokütlenin üretiminden hasadına, lojistik ve teknolojik tüm alt yapının entegre olması gereklidir.

Son yıllarda gelişmiş ülkelerde, biyoenerji üretiminde maliyetlerin düşürülmesi için tarım işletmeleriyle entegre biyorafineriler kurulmuştur.

Yerel, bölgesel ve ulusal ölçeklerde çevresel ve sosyo-ekonomik alt yapılarıyla iyi kurgulanmış entegre biyorafineri teknolojisi aşağıda sıralanan katkıları sağlayabilir:

- Küresel ölçekte birincil enerji arzını destekler.
- Sera gazı salınımlarında önemli azalma ve çevresel faydalar sağlar.
- Yurtiçi biyokütle ithal edilen fosil yakıtların yerine geçerek enerji güvenliği ve ekonomik dengelerde iyileşme sağlar.

- Kırsal kesimin ekonomik ve sosyal olarak gelişmesinde katkıda bulunur.
- Tarım ve orman üretim artıkları ile tarım ve gıda sanayi üretim atıklarının değerlendirilmesini sağlar.

Enerji tarımında kullanılan arazi, toprak ve su kaynaklarının gıda amaçlı tarımsal üretimle rekabet yaratmayacak şekilde planlanması, programlanması gereklidir.

Lignoselülozik kaynaklardan etkin biyoenerji ve biyomateriyal üretimi için agro-teknoloji ve biyorafineri dönüşüm teknolojisi konularında ARGE çalışmaları yapılmalıdır.

Biyokütlenin düşük yoğunlukta olması nedeniyle hasattan biyorafineriye kadar tüm lojistik ağını optimize edilmesi gereklidir. Hasat öncesi ve hasat sonrası tüm lojistik (toplama, yoğunlaştırma, kurutma, depolama, nakliye) işlemlerin iyileştirilmesi maliyetlerin azalmasına katkı sağlar.

LİTERATÜR LİSTESİ

- Beall, E., P. Cadoni, A. Rossi, 2012. *A Compilation of Tools and Methodologies to Assess the Sustainability of Modern Bioenergy*, FAO, Environment and Natural Resources Management, Working Paper 51, Rome.
- BP 2011. BP Statistical Review of World Energy, BP's printed publications, p:46, London.
- Cherubini F, G. Jungmeier, M. Wellisch, T. I. Skiadas Willke, R. Van Ree, E. de Jong, 2009. Toward a common classification approach for biorefinery systems, *Biofuels Bioprod. Bioref.* 5:534–546. John Wiley & Sons.
- Demirbaş, A., 2008. Importance of biomass energy sources for Turkey, *Energy Policy*, 36 (2):834-842.
- Demirbaş, A., 2011. Competitive liquid biofuels from biomass, *Applied Energy* 88(1):17-28.
- EPDK 2011. EPDK Petrol piyasası sektör raporları [http://www.epdk.org.tr/documents\(2011\)](http://www.epdk.org.tr/documents(2011)), Erişim Mart 2012
- Hamelinck, C. N. ve A.P.C.Faaij, 2006. Outlook for advanced biofuels, *Energy Policy*, 34: 3268-3283.
- Hess J. R., T. C. Wright and K. L. Kenney, 2007. Cellulosic biomass feedstocks and logistics for ethanol production, *Biofuels, Bioprod. Bioref.* 1:181–190.
- Liu, S., L. Abrahamson, G. M. Scott, 2012. Biorefinery: Ensuring biomass as a sustainable renewable source of chemicals, materials, and energy *Biomass and Bioenergy*, 39: 1-4.
- Markevicius, A., V. Katinas, E. Perednis, M. Tamasauskienė, 2010. Trends and sustainability criteria of the production and use of liquid biofuels, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 14, (9): 3226–3231.

Biyorafineri aşamasında son ürün kalitesini artırmak için gelişmiş termokimyasal, biyokimyasal, kimyasal ve mekanik proseslerin uygulanması yakıt harmanlamasında avantaj sağlamaktadır.

Orta ve uzun vadede yerel, bölgesel, ulusal ölçeklerde sürdürülebilir çözüm sağlayan tesislerin kurulması, akılcı programlar ve politikalar geliştirilmesine bağlıdır.

Enerji tarımına uygun az su kullanan, hastalığa dayanıklı yüksek verimli biyokütle profili ve gen kaynakları tespit edilmelidir.

Enerji tarımına uygun üretim ve lojistik maliyetlerinin düşürülmesi için yeterli sayıda ve uygun alet-makine (mekanizasyon) alt-yapısı hazırlanmalıdır.

Biyorafineri içinde gelişmiş entegre dönüşüm ve geri kazanım teknolojileri uygulanmalıdır. Bu teknolojiler için ARGE projelerine, pilot tesislerin kurulmasına destek verilmelidir. Aşamalı olarak küçük, orta ve büyük ölçekli ticari biyorafineri tesislerinin kurulması konusunda hedef politikalar, stratejiler saptanmalıdır.

- Matsumoto, N, D. Sano, M. Elder, 2009. Biofuel initiatives in Japan: strategies, policies, and future potential. *Applied Energy*, 86(1):69-76.
- Nigam, P. S. ve A. Singh, 2011. Production of liquid biofuels from renewable resources *Progress in Energy and Combustion Science*, 37(1):52-68.
- OECD/IEA, 2011. *Roadmap Biofuels for Transport*, International Energy Agency, Paris.
- Rosillo-Calle, F., P. de Groot, S. L. Hemstock, J. Woods.2007, *The Biomass Assessment Handbook Earthscan*, s: 267, London.
- Schnepf, R., 2010. Cellulosic Ethanol: Feedstocks, Conversion Technologies, Economics, and Policy Options, Congressional Research Service s:73.
- Taylor, G., 2008. Biofuels and the biorefinery concept, *Energy Policy*, 36: 4406-4409.
- Timilsina, G. R. ve A. Shrestha, 2010. Biofuels: markets, targets and impacts, *Policy Research Working Paper Series 5364*, The World Bank.
- USAID, 2009. *Biofuels in Asia: An Analysis of Sustainability Options* - United States Agency of International Development, Bangkok.
- Zhang, L., C. Xu, P. Champagne. 2010. Overview of recent advances in thermo-chemical conversion of biomass, *Energy Conversion and Management*, 51: 969–982.
- Zinoviev, S., S. Arumugam, S. Miertus, 2007. Biofuel Production Technologies, Working document. S:106.

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 yazılımıyla, 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.