

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.

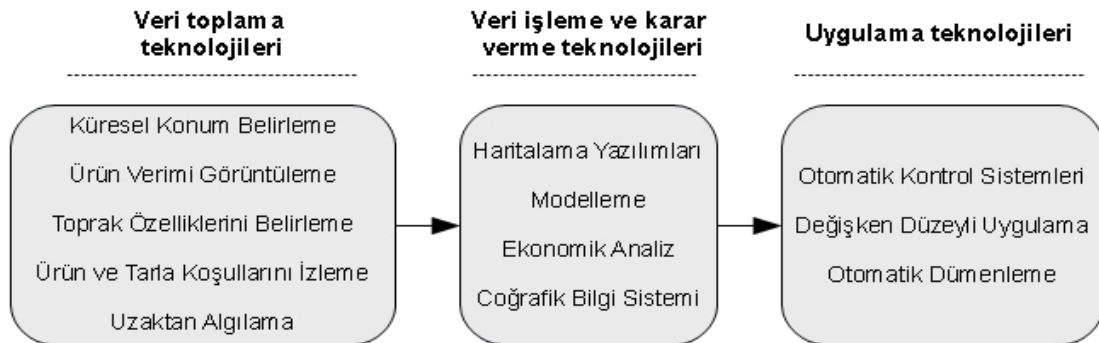
MATERYAL ve YÖNTEM

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

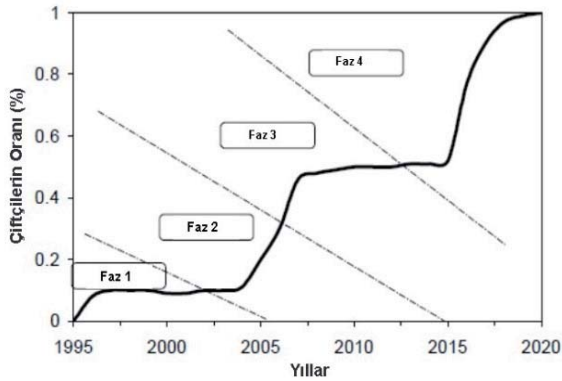
Faktör	Açıklama	Kaynak
Çiftçinin kişisel özellikleri	Yaş, eğitim, cinsiyet, kişilik, risk alma isteği, bilgisayar kullanımı seviyesi	Daberkow ve McBride (2003) Edwards-Jones (2006) Lowenberg-DeBoer ve Griffin (2006)
Çiftçinin aile yapısı	Çiftçinin hayatının hangi döneminde olduğu (gençlik, orta yaş, yaşlılık, emeklilik), başka bir iş 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) Özgülven 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 işlemini 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 işlemini 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 esasları 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 verirse 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 bildirilmiştir.

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 istatistiksel veri ve anket çalışmasına rastlanmamıştır.

- 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.Boydel, 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.