

HASSAS TARIM SİSTEMİNE EKONOMİK YAKLAŞIM

Sait M. SAY¹

Muharrem KESKİN²

Alim IŞIK³

ÖZET

Farklı endüstriyel alanlardaki teknolojik gelişmeler, tarımsal üretim sistemleri üzerinde de olumlu gelişmelere neden olmuştur. Hızlı endüstriyel gelişmelerin yaşandığı “endüstriyel çağ”da tarımsal üretim hızla mekanize olmuş sentetik gübreler kullanılmaya başlamıştır. Teknolojik gelişmelerin söz konusu olduğu “teknolojik çağ”da genetik mühendisliğindeki buluş ve gelişmeler, içerisinde bulunduğumuz “bilgi çağı”nda ise hassas tarım uygulama ve teknolojileri tarımsal üretim sistemlerinde köklü değişikliklere neden olmaktadır.

Hassas tarım sisteminde, sabit düzeyli tarımsal girdi uygulamaları yerine toprak ve ürün durumunu dikkate alan değişken düzeyli uygulamalar söz konusudur. Hassas tarım sistemini uygulayan veya mevcut üretim sistemini bu doğrultuda değiştirmeyi planlayan çiftçiler için işletmede çalışma etkinliğinin dolayısıyla daha fazla ürün elde edilmesiyle kârlılığın artması beklenmektedir. Üretimin ve kârlılığın artması; hassas tarıma geçiş düzeyinin işletme koşullarına göre belirlenmesi, uygun ekipman seçimi ve kullanımı ile bu alandaki yeni gelişmelerin takip edilebilmesiyle yakından ilgilidir ve bütün değerlendirmeler ekonomik analizlere dayalı olarak yapılmak zorundadır.

Bu çalışmada, hassas tarıma ilişkin gider bileşenleri ve olası gelir artışları incelenmiş, hassas tarım uygulamalarına geçmeye karar verildiğinde yapılması gereken ekonomik analizler açıklanmıştır.

The Economical Evaluation of the Precision Agriculture System

ABSTRACT

Through the ages, agricultural production systems have benefited from the incorporation of technological advances primarily developed for other industries. Industrial age brought mechanization and synthesized fertilizers, the technological age offered genetic engineering and now the information age brings the potential for Precision Agriculture.

Precision Agriculture is an emerging technology that prescribes inputs based on site-specific soil and crop characteristics. This technology enables one to spatially measure, monitor, and manage factors that influence crop yield, and to place inputs where they are most needed.

Farmers involved with precision agriculture face increasing input costs and a highly competitive market structure, it is important they maximize efficiency. A site-specific farming system provides the manager with increased information which may improve efficiency. The effects of the precision agriculture applications on any farm's profitability should be analyzed by the economical concepts.

In this paper, possible cost increases and additional revenues were examined and the fundamentals of the economical evaluation for the precision agriculture applications were discussed.

Hassas Tarımın Genel Yapısı

Hassas tarım kısaca toprak özellikleri ve bitki popülasyonunda oluşan farklılıklar gibi etmenleri değerlendirerek ekim, gübreleme ve ilaçlama gibi tarımsal işlemlerin gerçekleştirilmesidir [1,2,3]. Bunun gerçekleştirilebilmesi için toprak kalitesi, su ve gübrenin miktar ve kalite olarak uygunluğu gibi bitki gelişimi ve ürün verimiyle doğrudan ilişkili olan faktörlerdeki mümkün olan en küçük farklılıkların belirlenip kaydedilmesi gerekmektedir. Bu değişkenlerin belirlenip kaydedilmesi ve bu faktörlere ilişkin küçük farklılıklardan yararlanılarak üretim sisteminin yenilenmesi elektronik olarak yönlendirilen makine ve ekipmanların kullanılmasıyla gerçekleştirilmektedir.

¹ Araş. Gör., Ç.Ü., Ziraat Fakültesi Tarım Makinaları Böl., 01330 Balcalı -ADANA; e-mail:saitmsay@mail.cu.edu.tr

² Araş. Gör., Agric. & Biological Eng. Dept., Clemson University, Clemson, SC29634/USA, e-mail: mkeskin@clemson.edu

³ Prof.Dr., Dumlupınar Üniversitesi, Mühendislik Mimarlık Fakültesi Endüstri Mühendisliği Bölümü, KÜTAHYA

Bu makine ve ekipmanlar, hassas bir tarla konum belirlemesi için GPS uydularından gönderilen sinyalleri alabilecek donanıma sahiptirler. Bu sayede, üretim kaynakları çok yüksek etkinlikte kullanılmakta, gereksiz girdi kullanımı azaltılmakta ve “**bivolojik-teknik sistem dengesi**” korunmaktadır.

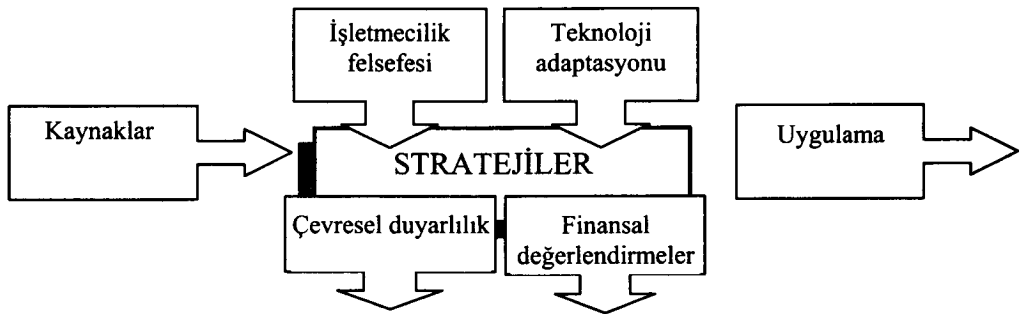
Özetle, Hassas Tarım Teknolojisi;

- bilgi
- teknoloji ve
- işletmecilik,

unsurlarının bir potada eritilmesiyle,

- gübre giderlerinde
- kimyasal uygulamalarında,
- çevresel kirlilikte azalma,
- ürün veriminde artış,
- üretim yapılan herhangi bir işletmenin geleceğe dönük planlarında daha somut beklentilerin oluşmasıyla finansal avantaj sağlayan ve sürdürülebilir tarımın pratiğe aktarılan yanı olarak değerlendirilebilecek “**tarımda yeni çağ teknolojisinin**” adıdır.

Hassas tarım uygulamalarıyla geleneksel işletmecilik yaklaşımı da farklılaşmak zorundadır. Bu farklılaşma sistemin başarısı için teknolojiye yüksek bağımlılık ve adaptasyon noktalarında ortaya çıkmaktadır. Yüksek teknolojik bağımlılık, karar verme aşamasında daha detaylı inceleme ve hesaplamaların yapılma zorunluluğunu ortaya çıkarmaktadır. Şekil 1’den de izlenebileceği gibi, hassas uygulamalı tarımın beraberinde getirdiği işletmecilik felsefesi, teknoloji adaptasyonu ve yeni tip stratejilerin belirlenmesiyle kaynak yönetilmektedir. Bu stratejiler sonucunda ise çevresel duyarlılığın ve işletmelerin finansal durumlarının belirleyici olacağı yeni taktikler geliştirilecek bunun sonucu olarak da yeni işletmecilik kararları alınıp uygulamaya aktarılacaktır. Kârlılık artışı yönündeki finansal değişiklik, ürün artışından ziyade girdi kullanımındaki azalmadan kaynaklanabileceği gibi, ürün artışı desteğiyle de oluşabilir. Hassas tarım uygulamalarıyla ürün artışına katkıda bulunulması küresel anlamda istenen bir gelişmedir.



Şekil 1. İşletmecilik esasları üzerinde etkili genel değişim unsurları

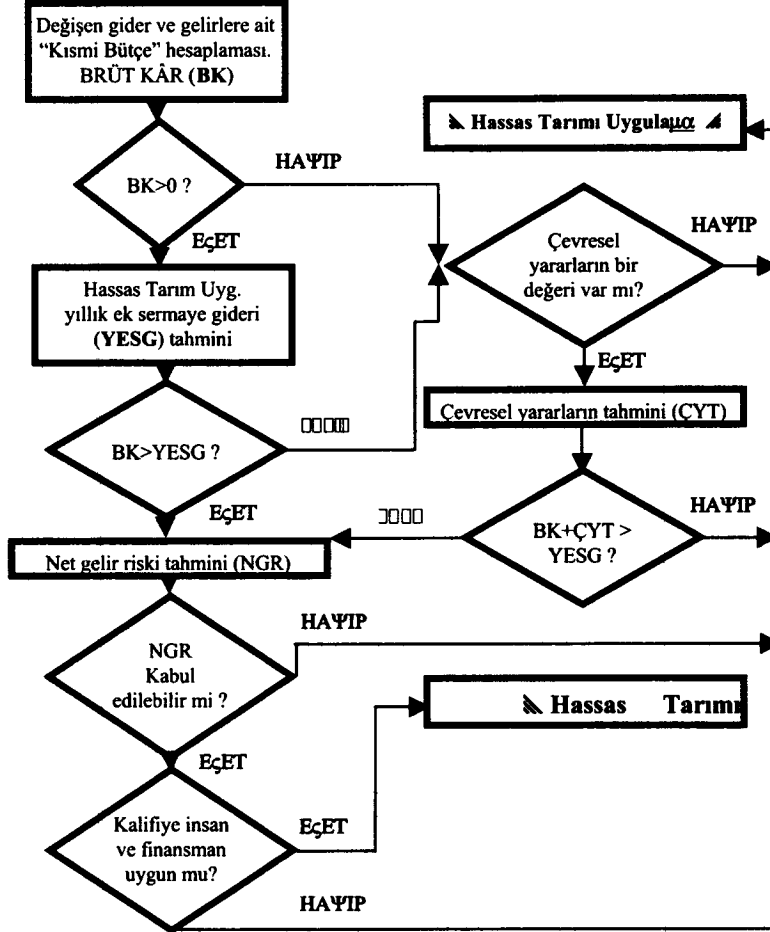
Ekonomik Değerlendirme

Uygulamaların ekonomikliğine etkili faktörler ve ekonomik bir uygulama için değerlendirilmesi gereken kriterlerin belirlenmesinin ardından, hassas uygulamalı tarıma geçiş düzeyiyle ilgili olarak işletme ölçeğinde karar vermek gerekmektedir. Bu konuda 2 alternatif bulunmaktadır [1]. Bunlar;

- Sistemin tüm bileşenlerini aynı anda uygulamaya koymak ve
- Belirli bir süreyi kapsayacak şekilde dereceli olarak hassas uygulamalı tarıma geçmek şeklinde özetlenebilir.

Sistemin tüm bileşenlerinin aynı anda uygulamaya konması;

- Teknoloji ve bilgi yoğun bir tarımsal uygulama olduğundan,
 - bilgisayar destekli karar verme sistemlerinin uygun işletmecilik kararlarıyla birleştirilme zorunluluğu bulunduğundan ve
 - geleneksel yöntemlerden yeni çağ teknolojisine geçişte çiftçi düzeyinde özellikle bilginin edinilmesi ve doğru şekilde kullanılması süreç gerektirdiğinden,
- hemen hiç karşılaşmayan bir durumdur. Aksi durumda, sistemin tüm zincirini tamamlayıp uygulamak büyük olasılıkla yatırım kayıplarına neden olacaktır. Bu nedenle, hassas tarıma geçiş aşamaları ile ekonomikliğin birlikte değerlendirilme zorunluluğu vardır. Ekonomikliğin değerlendirilmesinde Şekil 2'de gösterilen aşamaların dikkate alınması tüm dünyada kabul gören bir yaklaşımdır.



Şekil 2. Hassas tarım teknolojisini uygulamada işletme düzeyli ekonomik analiz aşamaları [4]

Hassas tarım uygulamalarının ekonomikliği konusunda değerlendirme yapılırken kısmi bütçe yöntemiyle brüt kârın hesaplanması başlangıç noktası olarak seçilmelidir. Brüt kâr, elde edilen brüt gelirlerden değişken masrafların çıkartılmasıyla hesaplanmaktadır. Brüt gelirler, azalan giderler ile (değişken düzeyli gübre uygulamasıyla girdi miktarında azalma vb.) genellikle verim artışından kaynaklanan gelir artışının toplamından oluşmaktadır. Kısmi bütçe hesaplamaları birim üretim alanı başına (ha) yapılmaktadır. Hesaplama sonucunda brüt kârın sıfırdan büyük olması durumunda hassas tarım uygulamalarından kaynaklanan yıllık ek sermaye giderlerinin hesaplanması gerekmektedir. Ekipman alımı ve gerekli veri tabanlarının oluşturulması için yapılan harcamalar ek yıllık sermaye gider bileşenlerinden bazılarıdır. Bu noktada sermaye giderlerinin eksiksiz ve detaylı bir şekilde belirlenmesi ile yararlı kullanım sürelerinin doğru bir şekilde tahmin edilmesi çok önemlidir. Daha

sonraki aşamada yıllık ek sermaye giderleri ile önceki aşamada hesaplanan brüt kâr değeri karşılaştırılmaktadır.

Brüt kâr değerinin yıllık ek sermaye giderinden büyük olması durumunda net gelir riski tahmini yapılmalıdır. Risk hesaplanırken değerlendirilen en önemli konular sırasıyla, ürün verimindeki değişim ve yapılan yatırımlara ilişkin eskimelerdir. Ürün verimindeki değişimle ilgili risk yeni uygulamalar sonucu elde edilen ürün verimi ile üretim alanında standart koşullarda elde edilen verimin kıyaslanmasıyla saptanabilir. Hassas tarım uygulamaları sonucunda verim azalması olduğu yönünde herhangi bir bulgu bulunmamaktadır [4]. Tam tersine hassas tarım tekniği, üretim alanlarındaki heterojenliği ortadan kaldırmaya yönelik uygulamalarla bu riski azaltmaktadır. İşletmeye satın alınan ekipmanlar ve yazılımların eskime periyotları ya da faydalı kullanım ömürleri hızlı teknolojik gelişmeler ve bu ekipmanları üreten firmaların destek hizmetlerine bağlı olarak tarımda kullanılan diğer ekipmanlara kıyasla oldukça düşüktür. Bu konuya ilişkin riskin belirli bir ölçütü olmamakla birlikte, işletme sahipleri hassas tarım uygulamalarında kullanacakları ekipman ve yazılımları satın alırken üretici firma seçimini çok dikkatli yaparak riski en aza indirmelidirler. Ürün verimi değişikliklerinin ve eskimenin işletme için kabul edilebilir bir risk düzeyinde olduğu saptandıktan sonra, hassas tarım uygulamalarının gerektirdiği dinamik finansal yatırımların işletme gelirleri ile istenen kârlılık düzeyinde gerçekleştirilebileceği somut veriler veya gerçekçi tahminlerle saptanmalıdır.

Finans problemi olmadığına karar verildikten sonra teknoloji ve bilgi yoğun hassas tarım uygulamalarının başarıyla adaptasyonu için kalifiye işgücü durumu gözden geçirilmeli ve ayrı bir risk faktörü olarak değerlendirilmelidir. Tüm bu değerlendirmeler ışığında hassas tarım uygulamalarının adaptasyonuna karar verilmelidir. ABD ve bazı Kuzey Avrupa Ülkelerinde hassas tarım uygulamalarına geçiş özendirilmekte bununla ilgili kanuni düzenlemeler yapılmaktadır [5]. Parasal karşılığının belirlenmesinde kullanılacak yöntemlerin henüz geliştirilmemiş olmasına rağmen, hassas tarım uygulamalarının çevresel yararı ve sürdürülebilir tarım yaklaşımına katkıları nedeniyle işletme sahiplerine verilecek teşvikler bir gelir kalemi olarak değerlendirilmelidir. Ayrıca, üretim alanlarına ilişkin toprak özellikleri ve verim değerlerinin haritalanması, ülkesel ölçekte tarım politikalarının geliştirilmesi ve düzenli bir kayıt sisteminin oluşturulmasına katkıda bulunmaktadır. Bu konunun da gelecekte tarımda teşvik kapsamında gündeme geleceği vurgulanmaktadır.

Kısmi bütçe yöntemiyle brüt kâr hesaplamasında, brüt kârın sıfırdan küçük ya da sıfıra eşit çıkması durumunda, çevresel yararların ve teşviklerin değerlendirilmesi gerekmektedir. Çevresel yararlar-teşvikler ve brüt kârın toplamı yıllık ek sermaye gideri değerinden küçükse, hassas tarım uygulamalarının adaptasyonu önerilmez. Ters durumda; net gelir riski, finans durumu ve kalifiye işgücü varlığının değerlendirilmesiyle hassas tarım uygulamalarının adaptasyonu konusunda bir karar verilir. Başlangıç hesaplamasında, brüt kârın sıfırdan küçük çıkmasının ardından hassas tarım uygulamalarının adaptasyonu çoğunlukla önerilmemektedir.

Hassas Tarım Uygulamalarında Değişken Giderler

Değişken giderler, üretim alanı miktarı ya da bir ekipmanın yıllık çalışma süresiyle orantılı değişim gösteren giderlerdir. Hassas tarım uygulamalarında bu giderler [6];

- Tohum gideri,
- Gübre gideri,
- Veri toplama gideri (toprak örneği alma, yabancı ot yoğunluğu ölçümü, laboratuvar analizleri, iş gücü vb.). Bu gider bileşeni örnekleme için hangi yoğunlukta yapılacağına göre değişmektedir. Genel uygulama 0.4 ha lık alanda toprak örnekleme şeklindedir.
- Ek bakım-onarım giderleri
- DGPS (diferansiyel düzeltme) gideri. Hata düzeltme sinyalinin nereden alınacağına ve ölçüm hassasiyetine bağlı olarak değişmektedir. İşletmede bu amaçla bir tesis kurulabileceği gibi genellikle devlet kurumlarının sahip oldukları altyapıdan yararlanılmaktadır.
- Toplam Danışmanlık gideri (herhangi bir ekipman veya yazılımın kullanım sorunlarının çözümü ve verim, toprak ve uygulama haritalarının oluşturulması ve yorumlanması vb. için)
- değişken giderlerin faiz gideri olarak sıralanabilir.

Toprak örneği alma, yabancı ot yoğunluğu ölçümü, laboratuvar analizleri ve bunlar için gerekli işgücü giderleri yıllık değişken giderler olarak değerlendirilebileceği gibi, örneğin üç yıllık üretim sezonu için bir kez uygulanıp sonuçlarından yararlanılacaksa değer kaybeden herhangi bir ekipman gibi yararlı kullanım ömrü süresince yıllık sermaye gideri olarak da değerlendirilebilmektedir.

Hassas Tarım Uygulamalarında Sermaye Giderleri

Herhangi bir işletmede hassas tarım uygulamasına geçmeye karar verildiğinde bu işlemin aşamalı olarak yapılması işletmenin ekonomikliği açısından oldukça önemlidir. Başlangıç aşamasında; toprak özelliklerinin belirlenip haritalanması ve ürün verimi görüntülenmesi yoluyla toprak özellikleri ve verim arasındaki ilişki belirlenmeye çalışılır. İkinci aşamada ise; oluşturulan toprak ve verim haritalarına göre değişken düzeyli gübre ve tohum (N,P,K) uygulamasına başlanabilir. Son aşamada ise ilk iki aşamaya ek olarak değişken düzeyli pestisit uygulamasına geçilir. Söz konusu üç aşama aynı üretim sezonu içerisinde veya ardışık üretim sezonlarında kontrollü bir şekilde uygulanabilir. Hassas tarım uygulamaları için gerekli olan sermaye gider bileşenleri aşağıdaki şekilde sıralanabilir.

- Ürün görüntüleme sistemi,
- GPS ünitesi,
- Değişken düzeyli ekim makinası,
- Değişken düzeyli sıvı gübreleme makinası,
- GPS üniteli hareketli toprak analiz ekipmanı, (çoğunlukla satın alınmaz bu amaçla hizmet veren şirketlerden kiralama yapılır)
- Öğrenme giderleri (kısa süreli kurs, demonstrasyon ve tarla günleri gibi uygulamalarda oluşacak giderler), Bu giderler yararlanma süresine bağlı olarak değişken veya sermaye gideri olarak değerlendirilebilir. Bilgisayar donanımı ve gerekli yazılımlar (GIS yazılımı, değişken düzeyli kontrol ünitesi yazılımı vb.)

Sermaye giderleri, kısmi bütçe analizine göre, yararlı kullanım süreleri içerisinde birim üretim alanı için (ha) yıllık giderlere dönüştürülmelidir. Herhangi bir sermaye gider unsurunu yıllık giderlere dönüştürmede, *sermaye geri dönüş faktörü* kullanılmaktadır. Sermaye geri dönüş faktörü, faiz oranı i olduğunda, bir yatırımın, n yıllık bir süre boyunca eşit miktarlardaki yıllık değerinin eşdeğerini verir. Sermaye geri dönüş faktörü aşağıdaki eşitlikle hesaplanabilir (Işık 1999);

$$A = P \left[\frac{i(1+i)^n}{(1+i)^n - 1} \right]$$

Eşitlikte yer alan A değeri, periyodik serilerdeki eşit para miktarları veya n dönem boyunca devam eden dönem sonu düzgün nakit miktarı, yıllık ödeme (TL,\$/yıl), P , şimdiki zaman olarak belirtilen bir zamandaki para toplamı veya paranın şimdiki değeri (TL veya \$), i ; faiz periyodu başına faiz oranı veya yıllık indirgeme oranı, n ise ekipmanın yararlı ömür süresi veya hesaplama yapılacak dönem sayısı (yıl)'dır. Hassas tarım ekipmanlarının yararlı ömür değerleri hızlı teknolojik gelişmelerden dolayı klasik tarım ekipmanlarına kıyasla oldukça düşüktür. Bu konuda araştırma yapanların çoğu hassas tarım ekipmanları için yararlı ömür süresini 3-4 yıl olarak değerlendirmiştir. Veri toplama ve öğrenme giderlerinden çok yıllık yararlanılması düşünüldüğünde bu giderlerin yararlı ömür süreleri de genellikle 4 yıl olarak alınmaktadır [4,5,6].

Değişken ve sermaye giderlerinin birim üretim alanı başına yıllık değerler olarak hesaplanmasından sonra verim artışından kaynaklanan gelir artışı ve girdi kullanımının azalmasından kaynaklanan kazançlar toplanıp birim alan başına net nakit akışı belirlenmelidir. Net nakit akışı değerlendirilerek yapılan ya da yapılması düşünülen yatırımın işletme kârlılığı üzerindeki etkisi belirlenebilmektedir.

Örnek Ekonomiklik Çalışmaları

Hassas Tarımın ekonomikliğini ortaya koymak amacıyla yapılan çalışmalar, uygulanan teknoloji ve yöntemlere karşılık ürün veriminin belirlenmesi açısından ikiye ayrılmaktadır. Bunlar; çakılı denemeler kurarak gözleme dayalı ürün veriminin belirlenmesi ve kabul görmüş çok faktörlü ürün büyüme modelleriyle tahmini ürün verimi yapılmasıdır. Örneğin Lowenberg ve Swinton'un bildirdiğine göre [4]; Lilleboe (1996)'nin şekerpancarı üzerinde 897 adet işletmede (örnekleme büyüklüğü 1.66 ha) farklı ve sabit düzeyde azot gübrelemesinin ekonomikliği üzerinde bir yıllık süreçte yaptığı denemeler sonucunda 630 işletmede hassas tarımın kârlı olduğu saptanmıştır. Yine

gözlem esaslı verim ölçümlerine göre Synder tarafından 1997 yılında yapılan çalışmada iki yıllık süreçte de mısır yetiştiriciliğinde değişken düzeyli azot uygulaması (örnekleme büyüklüğü 0.03 m) yapılmış ve üretim yılına ve işletmenin özelliklerine bağlı olarak hassas tarım uygulamalarının kısmen kârlı olduğu saptanmıştır. Yine 1997 yılında tahıllarda Ostergaad tarafından yapılan çalışmada, azot, fosfor ve potasyum hassas tarım yöntemleriyle uygulanmış ve çok yıllık verim denemeleri sonucunda 40-50 USD/ha kâr elde edilmiştir.

Ürün veriminin belirli büyüme modelleriyle tahmin edildiği çalışmaların bazılarında ise şu sonuçlar elde edilmiştir. Mahaman (1997)'de bir ile dört yıl arasında değişen süreçte mısır üretim alanlarında değişken düzeyli ve geleneksel potasyum ve fosfor uygulamalarını (örnekleme büyüklüğü 0.10 ha) simüle etmiş sonuçta bu koşullar altında bütün yatırımlar için 1 yıllık amortizasyon koşullarında kârlılık olmadığını, 4 yıllık amortizasyon koşullarında ise kârlılık elde edildiğini bildirmiştir. Oriade ve arkadaşlarının (1996) mısır ve soya fasulyesi üretiminde, 10 farklı üretim alanında değişken düzeyli herbisit uygulaması sonucunda yabancı ot yoğunluğuna bağlı olarak kârlılık durumunun değiştiği belirlenmiştir. Verilen bu örneklerin sayısını arttırmak mümkündür. Ekonomikliği araştıran bu tip çalışmalar farklı koşullar, farklı ürünler ve farklı uygulama unsurları için hassas tarımın kârlılığı açık bir şekilde ortaya konamamaktadır.

Sonuç

Birkaç yıl öncesine kadar yeni bir teknoloji ve tarımsal üretim sistemi olarak ortaya çıkan Hassas Tarım (hassas uygulamalı tarım teknolojisi), yapılan yoğun çalışmalar ve yeni teknolojik gelişmeler sayesinde hızla yaygınlaşmaktadır. Yakın gelecekte, özellikle çevresel bilincin sürdürülebilir tarımı katı kurallar ve kanunlar çerçevesinde dayatmasıyla hassas tarımın güncelliğini artarak sürdüreceği açıktır. Ayrıca hassas tarım uygulamalarına ait bilgi birikimi ve ilginin artması, teknolojik altyapının daha ucuza edinilebileceğini sağlayacaktır. Bunun sonucu olarak, sadece birkaç unsur üretim sistemi içerisinde yer aldığı kârlı gibi gözükse de hassas tarım uygulamaları hedeflenen düzeyde uygulamaya aktarılabilecektir. Ülkemizde de benzer uygulamaların altyapısı ve ekonomikliği tartışılmalı, pilot işletmelerde ciddi projeler yürütülmelidir. Farklı işletme büyüklükleri, farklı üretim desenleri ve hassas tarım uygulamalarına geçişte farklı düzeyler değerlendirilmeli, örneğin, hassas tarım uygulamalarına yatırım yapmanın ekonomik olacağı minimum işletme büyüklükleri seçilen ürünlere göre önceki bölümlerde hesaplanan ekonomik analiz esaslarına göre belirlenmelidir.

Kaynaklar

1. Kirişçi, V., Keskin, M., Say, S.M., 1999. Hassas Uygulamalı Tarım Teknolojisi. Nobel Dağıtım Ltd. Şti. yayın No:88, 186 sayfa.
2. Brase, T., 1999. Precision Agriculture Educational Concerns. Addendum to the White Paper on Concerns of the Precision Agriculture Community.
URL: http://www.ag.hawkeye.cc.ia.us/prec_ag_education.html
3. Whelan, B., McBratney A., Boydell, B., 1997. The Impact of Precision Agriculture. Australian Centre for Precision Agriculture.
URL: <http://www.usyd.edu.au/su/agric/acpa/impact.htm>
4. Lowenberg, J., Swinton, S.M., 1997. Economics of Site-Specific Management in Agronomic Crops. The State of Site Specific Management for Agriculture. Published by ASA -CSSA-SSSA, pp:369-396.
5. Swinton, S.M., Ahmad, M., 1996. Returns to Farmer Investments in Precision Agriculture Equipment and Services. The State of Site Specific Management for Agriculture. Published by A SA-CSSA-SSSA, pp:1009-1017.
6. Swinton, S.M., Lowenberg, J., 1998. Profitability of Site Specific Farming. Site Specific Management Guidelines Published by Potash&Phosphate Institute (PPI) Coordinated by South Dakota State University, 4 pp.