

## HASSAS UYGULAMALI TARIM TEKNOLOJİSİNE GENEL BİR BAKIŞ

Mustafa GÜLER

Karadeniz Tarımsal Araştırma Enstitüsü, SAMSUN

Tekin KARA

Ondokuz Mayıs Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarımsal Yapılar ve Sulama Bölümü, SAMSUN

Geliş Tarihi: 26.01.2005

**ÖZET:** Hassas uygulamalı tarım teknolojisi (Precision Agriculture, PA) tarımsal üretimde kullanılan girdilerin çevreye duyarlı bir şekilde düzenlenmesine olanak tanıyan bir yaklaşımdır. Özellikle küresel konum belirleme sisteminin (GPS) gelişmesine paralel olarak çiftçiler, tarımsal üretimde konumsal farklılıkları göz önüne alarak uygulama yapmanın avantajlarını fark etmeye başlamışlardır. Lokal bazdaki bilgilerin kullanılması ile üretime etki eden faktörlerin mevcut durumuna bağlı olarak değişken düzeylerde gübreleme, ilaçlama, sulama, ekim normu vb. uygulama olanağı ortaya çıkmaktadır. PA yaklaşımının uygulanması ile tarımsal faaliyetler dijital ve bilgi çağına uygun hale gelmektedir. Bu çalışmada özellikle son yıllarda yapılan çalışmalar göz önünde bulundurularak, PA'nın dünyadaki mevcut durumu ve gelişme sürecine genel bir bakış getirilmeye çalışılmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** PA, GPS, CBS, Sensör, değişken düzeyli uygulama

### A GENERAL GLANCE PRECISION FARMING

**ABSTRACT:** Precision Agriculture (PA) is used for Agricultural production which sensitive of environmental. After using global position systems (GPS), farmers founded that the advantages of system. By using local data able to apply variable rate application levels of manure, spraying, irrigation, planting, sowing etc. agricultural activities. Main purpose of the PA is to apply digital knowledge to agricultural activities. The main purpose of this paper is to introduce meaning of the Precision Agriculture (PA) and to glance at recent application on literatures.

**Keywords:** PA, GIS, Sensor, variable rate application

### 1. GİRİŞ

Günümüzde dünya nüfusu 6 milyarı aşmış durumdadır. Gelecek 50 yıllık bir süre içerisinde yaklaşık olarak üç milyarlık bir artış daha beklenmektedir. Bu durumla birlikte dünyadaki gıda senaryoları hızla değişmektedir. İşlenebilir tarım arazileri azalmakta ve halen tarımsal üretimde kullanılan verimli araziler üzerindeki baskılar giderek artış göstermektedir (Daily ve ark., 1998). Özellikle dünya nüfusunun gıda ihtiyacını karşılayabilmek için daha geniş anlamada uluslararası işbirliği, sürdürülebilir tarımsal kalkınma, çevreci yaklaşımlar, tarımsal üretimde ileri teknoloji kullanımı gibi konular üzerinde yoğun bir şekilde durulması gerekmektedir (Cox, 2002). Mevcut suyun yetersizliği, toprak verimliliğini koruma zorunluluğu, hayvanları ve bitkileri etkileyen hastalık ve zararlılar, gıda güvenliği ve kalitesi açısından sürekli artış gösteren standartlarla birlikte değerlendirerek çözümler üretmek, insanoğlunun becerisine ve hayal gücüne bağlıdır (Tickell, 1999; Bouwer, 2000).

Optimum kazanç, sürdürülebilirlik ve çevre koruma açısından, arazide zamansal ve konumsal olarak değişkenlik gösteren faktörlerin belirlenmesi, analiz edilmesi ve yönetilmesi amacıyla yürütülen bilgi ve teknolojiye dayalı tarımsal üretim sistemi olan hassas uygulamalı tarım teknolojisi (Precision

Agriculture, PA) özellikle son 10 yılda tarım sektöründe uygulama alanı bulan bir konudur (Robert et al., 1995). PA, bütün tarım sistemini düşük girdi, yüksek etkinlik, sürdürülebilir tarım açısından tekrar organize eden bir sistem yaklaşımı olarak nitelendirilebilir (Shibusawa, 1998). Bu yeni yöntem asıl olarak; küresel konum belirleme sistemi (Global Positioning System, GPS), coğrafi bilgi sistemi (CBS), daha küçük bilgisayar bileşenleri, uzaktan algılama (UA), otomatik kontrol, ileri düzeydeki veri işleme yöntemleri, telekomünikasyon gibi birçok teknolojinin ortaya çıkması ve birbirlerine yaklaşmasından fayda sağlamıştır (Gibbons, 2000). Günümüzde tarım sektörü, üretim değişkenlikleri üzerine etkili olan hem zamansal hem de konumsal özellikteki verileri çok daha geniş bir şekilde ele alıp yorumlama yeteneğine sahiptir. Bu tarz değişkenliklere uygun ölçekte cevap verme isteği, PA'nın asıl amacını oluşturmaktadır (Whelan et al., 1997).

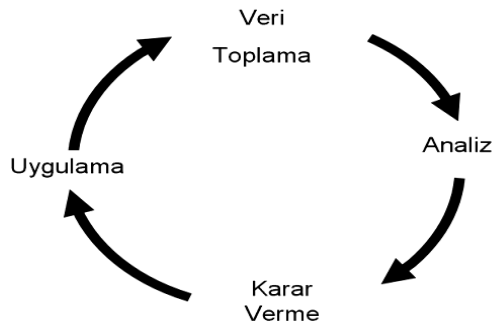
PA uygulamalarının temelini arazide mevcut durumun doğru bir şekilde belirlenip ihtiyaçlar doğrultusunda uygulamaların yapılması oluşturmaktadır. Bunu PA'nın sloganı haline gelen bir ifadeyle açıklayacak olursak; doğru uygulamaların doğru zamanda doğru yere yapılması gerekmektedir.

Bu çalışmada, özellikle son yıllarda yapılan çalışmalar ışığında PA teknolojisinin mevcut durum ve gelişim sürecine genel bir bakış sağlamak amaçlanmıştır. Çalışmada öncelikle PA döngüsü

kısaca açıklanmış ve sonrasında veri toplama ve uygulama aşamaları ile ilgili bilgiler verilmiştir.

## 2. PA (HASSAS UYGULAMALI TARIM) DÖNGÜSÜ

Genel olarak PA döngüsü Şekil 1 de verilmiştir (Dan and Margon, 2003). Şekil 1’de görüldüğü gibi PA uygulamaları, arazide toprak ve bitki ile ilgili verilerin toplanması ile başlar. Elde edilen verilerin büroda uygun donanım ve yazılımlar kullanılarak analiz edilmesi ve yapılacak olan uygulamalara karar verilmesi ile devam eder. Karar verilen uygulama şekline göre arazide değişken düzeyli uygulamaların yapılması ile sonlanır.



Şekil 1. PA (Hassas Uygulamalı Tarım) Döngüsü

## 3. VERİ TOPLAMA

### 3.1. Konum Belirleme Sistemleri

İlk PA uygulamalarında arazide hareket halindeyken konum belirleme amacıyla GPS kullanımı uygun değildi. Tipik bir GPS alıcısıyla elde edilen konumsal bilgilerin doğruluk düzeyleri oldukça düşüktü. Uyduların tam olarak yerleştirilmemiş olması nedeniyle sinyal alımında ağaçlar ve binalardan kaynaklan sıkıntılar ve çok değişik yansımalar nedeniyle konum belirleme sisteminde yüksek düzeyde hatalar söz konusu olmaktadır (Stafford and Ambler, 1994). Bunların yanı sıra GPS alıcıları oldukça büyük ve pahalıydı. Günümüzde özellikle 2000 li yıllarda, GPS in kullanım olanakları ve öneminin anlaşılması sonucunda ticari kuruluşların devreye girmesi sağlanmış ve bu olay fiyatların önemli düzeyde düşmesine yol açmıştır (el tipi GPS alıcıları 250 \$ dan daha az bir fiyatla piyasada mevcuttur). Konum belirleme sisteminde kullanılacak uyduların yerleştirilmesi tamamlanmıştır. GPS alıcıları 8-12 uydudan sinyal alarak ölçüm yapabilmektedir (Stafford, 2000). WAAS (Wide Area Augmentation System), EGNOS (European Geo-stationary Navigation Overlay Service) gibi hata düzeltme sinyalleri yollayan sistemlerin (Differential Global Positioning

System, DGPS) oluşturulması sonucunda GPS ile elde edilen konum bilgilerinde hassasiyet 3 m nin altına düşmüştür. Bölgesel bazda kurulan hata düzeltme istasyonları ve gelişmiş hata düzeltmeli küresel konum belirleme sistemi alıcılarının kullanılması ile bu rakam cm düzeylerine indirilebilmektedir (Dan and Margon, 2003). GPS sisteminin benzeri konum belirleme sistemleri mevcuttur. Bunlar Rusya küresel konum belirleme sistemi (GLONASS) ile 2008 yılında faaliyete geçecek olan Avrupa küresel konum belirleme sistemi (GALILEO) dir. Dux ve ark. (1999) nın yapmış olduğu çalışma PA uygulamalarında konum belirleme sisteminin kullanılmasına yönelik bir örnek olarak verilebilir. Arazi çalışmaları esnasında bitki büyüme durumu, yabancı ot populasyonu, hastalık ve diğer durumlarla ilgili yapılan gözlemlerin hareket halindeyken kaydedilmesine olanak tanıyan GPS entegreli ses kayıt cihazı geliştirmişlerdir.

Özellikle yeni yüzyılda PA açısından konum belirleme sistemlerinde önemli gelişmeler beklenmektedir. Arazide yapılacak değişik uygulamalarda yeterli hassasiyetin sağlanması ve tekrür uygulamalarının önlenmesi için ihtiyaç duyulan yüksek hassasiyetteki konumsal bilgilerin sağlanabilmesi ile daha küçük ölçekte uygulamalar yapılabilecektir. Yüksek doğrulukta konumsal bilgiye ihtiyaç duyulan hareket halindeyken bitki bazında ve hatta yaprak bazındaki uygulamalar yakın gelecekte gerçekleştirilebilecektir (Stafford, 2000).

### 3.2. Sensör Sistemleri

#### 3.2.1. Verim Sensörleri

Ürün verimi asıl olarak; çarpma kuvveti esaslı, ağırlık esaslı, optik esaslı ve  $\gamma$ -ışını esaslı olmak üzere 4 farklı yöntemle ölçülmektedir. Tarımsal ekipman üreten birçok firma ürettiği hasat makinelerinde verim görüntüleme ve haritalama sistemlerini seçmeli olarak sunmayı tercih etmektedir. Birçok bitki için verim görüntüleme teknikleri geliştirilmiş durumdadır (Zhang et al., 2002). Elle hasat edilen ürünlerin verim haritalarını oluşturmak amacıyla basit, düşük maliyetli ve otomatik verim görüntüleme/haritalama sistemi geliştirilmiştir (Schueller et al., 1999). Domateste konumsal olarak meydana gelen verim değişikliklerini belirlemek için yük hücreleri, titreşimleri önleyici düzen ve DGPS ekipmanları ile donatılmış gerçek zamanlı çalışan verim görüntüleme sistemi geliştirilmiştir (Pelletier and Upadhyaya, 1999). Wallace (1999), elektro-optiksel özellikte birkaç sensör, kontrol ünitesi, veri giriş düzeneği, GPS ve DGPS alıcısı ile donatılmış bir hasat makinesini kullanarak pamukta verim görüntüleme/haritala sisteminin uygulanmasına yönelik bir araştırma yapmıştır.

Sonuç olarak parsel verimlerinden yola çıkarak görüntülenen ve elde edilen verim değerleri arasında önemli düzeyde lineer bir ilişki ( $r^2=0.99$ ) bulunmuş ve bu yöntemin rahatlıkla pamuk hasadında kullanılabileceğini belirtmişlerdir. Walter ve Backer (2003), şeker pancarında verim görüntüleme için iki farklı yöntem geliştirmişlerdir. Çalışmada verimin belirlenmesinde şekerpancarı akışı, hasat makinesinin hızı, iş genişliği ve DGPS ünitelerinden elde edilen bilgiler kullanılmıştır. Sonuç olarak ortalama % 2.3 düzeyinde hata ile verim görüntüleme işlemini gerçekleştirmişlerdir.

### 3.2.2. Toprak Sensörleri

Arazide toprak karakteristiklerinin hızlı, güvenilir ve ucuz bir şekilde belirlenmesi noktasındaki yetersizlikler PA'nın yaygın olarak karşımıza çıkmaktadır. Toprağın mekanik, fiziksel ve kimyasal özelliklerini hareket halindeyken belirlemeye yönelik birçok çalışma yapılmıştır. Bunlardan bazıları PA uygulamalarında yaygın olarak kullanılmakta olup bir kısmı henüz geliştirilme aşamasındadır. Hummel ve ark. (2001) toprak yüzeyi ve yüzey altındaki organik madde miktarını belirlemek için 1600-2600 nm dalga boyunda ölçüm yapan toprak spektral reflektansı kullanmışlardır. Bir başka çalışmada geliştirilen toprak spektrometresi ile görünür ve yakın kızılötesi dalga boyundaki toprak spektral yansımaları gerçek zamanlı olarak belirlenebilmiştir. Arazi çalışmaları sonunda organik madde, nem içeriği gibi değişik toprak özellikleri ile yansıma değerleri arasında lineer bir ilişkinin olduğu belirlenmiştir (Shibusawa ve ark., 2000). Shibusawa ve ark. (2003) de yaptıkları diğer bir çalışmada toprak organik madde ve azot içeriğinin değişimini zamansal ve konumsal olarak belirlemek amacıyla dijital video kamera, EC elektrotlar ve 78 mekaniksel yük sensörü entegreli bir sistem geliştirmişlerdir. Yine bir başka çalışmada toprak pH sını hareket halindeyken başarılı bir şekilde ölçen otomatik sensör sistemi geliştirilmiştir (Adamchuk ve ark. 1999). Collins ve ark. (2003) bu sistemi modifiye ederek daha yüksek düzeyde doğruluk elde etmişlerdir. Dabas ve ark. (2000) üç farklı toprak derinliğinde elektriksel iletkenlik (EC) değerini ölçmeye yarayan sensör geliştirmiştir. Uzaktan algılama verileri ve teknikleri kullanılarak toprak yüzeyindeki kil konsantrasyonu belirlenebilmektedir (Chen ve ark., 2000). Christy ve ark. (2003) NIR spektrometre ile donatılmış toprak yansıma değerlerini haritalandıran sistem geliştirmiştir. Ön çalışmalar sonucunda lokal olarak

ağırlıklandırılmış Principle Component regresyon analizinin toprak nemi, toplam karbon, toplam azot ve pH'nın tahmin edilmesinde kullanılabileceğini ortaya koymuştur (sırasıyla  $r^2= 0.82, 0.87, 0.86$  ve  $0.72$  bulunmuştur). Yakın kızılötesi (NIR) sensörü ile donatılmış bir penetrometre kullanılarak toprak penetrasyon direnci, nem içeriği ve organik madde içeriği ölçülebilmektedir (Newman ve Hummel, 1999). Khalilian ve ark. (2002); Adamchuk ve ark. (2003) toprak işleme ünitesine toprağın mekaniksel özelliklerini gerçek zamanlı olarak belirleyen bir ölçüm sistemi entegre etmişlerdir. Böylelikle mevcut duruma göre toprak işleme derinliğini otomatik olarak ayarlayabilmişlerdir.

### 3.2.3. Bitki Sensörleri

Sudduth ve ark. (2000) mısır bitkisini saymak amacıyla elektromekanik bir sensör geliştirmiştir. Mekaniksel parmaklar ve infrared ışık kullanılarak pamukta bitki yüksekliği ölçülebilmektedir (Searcy ve Beck, 2000). Traktör üzerine yerleştirilmiş yakın yüzey tarama radyometresi ile vejetasyon indeksi haritalandırılabilmiştir (Stafford ve Bolam, 1998). Bitki sıcaklığını ölçerek sulama uygulamalarını kontrol etmek amacıyla infrared termometreler kullanılmaktadır (Evans ve ark., 2000). Anom ve ark. (2000) tarafından geliştirilen on-line, gerçek zamanlı spektrometre bitkideki su, besin, hastalık ve tuzluluk streslerini haritalamada kullanılmaktadır. Michels ve ark. (2000) bitkilerde su stresinden kaynaklanan sıcaklık değişimlerini belirleyebilmek için bir infrared bitki-sıcaklık iletim sistemi tasarlamıştır. Ahmad ve ark. (1999) mısırdaki azot stresini haritalayabilmek için DGPS ile birleştirilmiş bir klorofil metre kullanmıştır. Uzaktan algılama teknikleri kullanılarak mısırın azot ihtiyacını belirlemek, pamuk verimini yapmak, buğdayın gelişim periyodunu izlemek gibi değişik uygulamalarda yapılmaktadır (Scharf ve Lory, 2000; Hendrickson ve Han, 2000; Seelan ve ark., 2003). Wood ve ark. (2003) buğday ve arpanın arazideki değişkenliklerini belirlemek için kalibrasyon yöntemi geliştirmişlerdir. Çalışmada uydu fotoğrafları ile fark-bölüm vejetasyon indeksini (NDVI) kullanarak %80-90 doğrulukta sonuçlar elde etmişlerdir.

### 3.2.4. Yabancı Ot Sensörleri

Günümüzde birçok yabancı ot sensörleri ticari olarak kullanılmaktadır. Tian ve ark. (1999) yabancı ota bulaşık olan alanları yüksek doğrulukta tespit eden akıllı sensör ve ilaçlama sistemi geliştirmiştir. Purdue Üniversitesi tarafından geliştirilen çok amaçlı görüntüleme sistemi (PUMIS) kullanılarak mısır bitkisi ile yabancı otların ayrımı gerçek zamanlı olarak yapılabilmüş ve yüksek doğrulukla ilaçlama yapılabilmüşdür (Medlin ve ark., 2003).

Feyaerts ve Gool, (2001) çok bantlı görüntüleme sistemi ile arazi şartlarında yabancı otların belirlenmesi için bir çalışma yapmıştır. Kullanılan donanımlar ve geliştirilen algoritmalar sayesinde bitki ve yabancı ot tanımlamalarında ortalama %86 oranında ve herbisit uygulamalarında %90 oranında azalma sağlamışlardır. LaMastus ve ark. (2000) homojen bir şekilde büyüyen bitkilerde yabancı otların belirlenmesi amacıyla çok bantlı (4 bant) kamera sistemi kullanmıştır. Sonuçta yetiştirilen bitki türüne ve yabancı ot çeşitlerine bağlı olarak %69-88 oranında doğruluk elde edilmiştir. Varner ve ark. (2000) soya sıraları arasında kazık otu yetiştirmiş ve uzaktan algılama yöntemleri ile bunları belirlemeye çalışmışlardır. Uzaktan algılama görüntülerinde kontrollü sınıflandırma yapmak suretiyle %78-86 doğruluk düzeyinde yabancı otları belirlemişlerdir. Bu sonuçlarla birlikte uzaktan algılama yöntemlerinin PA uygulamalarında daha etkin olarak kullanılabilmesinin, yersel ve spektral çözünürlüğü artırılmış uydu verilerinin kullanılmasına bağlı olduğu belirtilmiştir (Bechdol et al., 2000). Hemming ve Rath, (2001) lahanaya ve havuç yetiştirilen alanlardaki yabancı ot popülasyonunu belirlemek için kontrollü ışıklandırma sağlayabilen makinelerden elde edilen görüntüleri kullanmışlardır. Dijital resim analiz metodlarını kullanarak yabancı otlarla yetiştirilen ürünü ayırt edecek sınıflandırma algoritmaları geliştirmişlerdir. Bitki büyüme dönemlerine bağlı olarak %51-95 düzeyinde doğrulukta sonuçlar elde etmişler ve karşılaşılan en büyük problemin özellikle bitkilerle birlikte yalnız olarak büyüyen yabancı otların belirlenmesinde olduğunu bildirmişlerdir. Feyaerts ve ark., (1998) renk ayırımı cihazı kullanarak bir yabancı ot sensörü tasarlamıştır. Wang ve ark. (2001) toprak, bitki ve yabancı otların spektral karakteristiklerine dayanan bir çalışma ile optik yabancı ot sensörü geliştirmişlerdir. Lee ve ark. (1999) domates yetiştiriciliğinde gerçek zamanlı olarak yabancı ot mücadelesi yapabilecek robotik yabancı ot kontrol sistemi geliştirmişlerdir. Sistemin temelini kısa sürede görüntü elde edip işleyebilen bir düzenekle buradan aldığı konutlarla ilaçlama yapan ilaçlama ünitesi oluşturmuştur. Sonuçta bazı ilave çalışmalarla sistemin kullanışlı hale geleceğini belirtmişlerdir.

#### 4. ANALİZ ve KARAR VERME

PA uygulamalarında araziden toplanan verilerin yorumlanması ve uygulama kararlarının verilmesi işlemlerinin yapıldığı aşama analiz ve karar verme aşamasıdır. Bu

aşamada her yönüyle konumsal analizlere imkan tanıyan ve çok değişik kullanım alanlarında kendine yer edinmiş olan coğrafi bilgi sistemleri (GIS) devreye girmektedir. ArcView, IDRISI, ve Surfer gibi genel amaçlı GIS yazılımları PA uygulamaları için çok kapsamlı olan fonksiyonlar sunmaktadır. Bu yazılımların büyük bir kısmı hem pahalı hem de genelde çiftçiler tarafından sağlanamayan bilgisayar ortamına ihtiyaç duymaktadır. AGRIS, Farm Works, Agri-Logic Inc., John Deere PA Group, Rockwell International, RDI Technologies, Inc. gibi birçok kuruluş arazi şartlarında PA uygulamalarına imkan tanıyan yazılımlar geliştirmişlerdir (Ess ve ark., 1997). Bazı sistemler DGPS ünitesi ile veya verim sensörleri ile direk bağlantılı olup verim ve konum bilgilerini gerçek zamanlı olarak kaydedebilmektedir. Runquist ve ark. (2001) PA araştırmalarında konumsal veri analizlerinin yapılması amacıyla değişik analiz fonksiyonları içeren bir arazi düzeyli GIS geliştirmiştir.

#### 5. UYGULAMA

##### 5.1. Değişken Düzeyli Uygulama Teknolojisi

PA'nın işleyiş aşamalarından sonuncusu olan ve en fazla uygulama alanı bulan konu değişken düzeyli uygulama teknolojisidir (VRAT). Gübreleme, ilaçlama, sulama ve toprak işleme uygulamalarında VRAT yaygın olarak kullanılmaktadır.

Ehlert ve ark. (2004) buğdayda bitki sıklığını belirleyen sensörler kullanarak değişken düzeyli azot uygulaması yapmışlardır. Geliştirilen mekanik sensör sistemleri traktörün ön kısmına yerleştirilmiş ve buradan elde edilen veriler kabinde yer alan bilgisayar yardımıyla yorumlanmıştır. Daha sonra arkada yer alan gübre dağıtıcılarına komutlar yollanmıştır. Sonuçta verimde düşüğe neden olmadan kullanılan gübre miktarında %10-12 düzeyinde azalma sağlanmış ve bunun kalite yönünden herhangi bir etkisinin olmadığını belirtmişlerdir.

Wang ve ark. (2003) mısır bitkisinde değişken düzeyli azot ve kireç uygulaması ile iki farklı dozdaki uniform uygulamaları karşılaştıran bir çalışma yapmışlardır. Çalışma sonunda değişken düzeyli uygulamaların %75 oranında ekonomik olduğunu ve su kalitesi açısından da daha uygun olduğunu belirlemişlerdir. Arazide toprak derinliği ve pH'nın fazla değişken olduğu durumlarda karlılığın arttığını belirtmişlerdir.

Değişken düzeyli azot uygulamalarının (VRT-N) ekonomi ve çevre açısından değerlendirilmesine yönelik yapılan değişik bitkilerdeki birçok çalışmada VRT-N'nin daha yüksek etkinlik ve ekonomikle birlikte çevreye daha az N sızıntısına sebep olduğu belirtilmiştir (Roberts ve

ark., 2001; Whitley ve ark., 2000; Grienpentrog ve Kyhn, 2000).

Leiva ve ark. (1997) buğday, kanola ve soyada değişken düzeyli gübreleme ve ilaçlama ile standart uygulamaları karşılaştırmıştır. Sonuçta değişken düzeyli uygulama ile kullanılan gübre ve ilaç miktarında azalma sağlamış ve böylelikle kirlilik riskinde azalma sağlamışlardır.

Deboer ve Bongiovanni (2000) Hindistan'da mısır ve soyada değişken düzeyli pH yönetim stratejileri üzerine çalışma yapmışlar ve sonuçta değişken düzeyli kireç uygulaması ile yıllık 7-20 \$/ha kar elde edilebileceğini belirlemişlerdir.

Amerika Birleşik Devletlerinin güney kesimlerinde değişken düzeyli kireç uygulamaları başarıyla yapılmaktadır (Heinniger ve Meijer, 2000). Robert ve ark. (1991) gaz halindeki amonyakın değişken düzeyli uygulanabilmesi için bir sistem geliştirmişlerdir. Öncelikle toprak örneklemeleri ile tarlanın Nitrat haritası hazırlanmış ve buna göre uygulama haritası oluşturulmuştur. Örneklemeye yöntemiyle bağlı olarak 3-9 \$/ha arasında tasarruf sağlandığını ve sistemin başarılı olduğunu belirtmişlerdir.

Timmermann ve ark. (2001) buğday, arpa, mısır ve şeker pancarında değişken düzeyli herbisit uygulanma imkanlarını araştırma üzere 4 yıllık bir çalışma yapmıştır. Çalışmada bütün alanın ilaçlanması, bant şeklinde uygulama ve sitespesifik uygulama olmak üzere üç farklı konu denenmiştir. Örneklemeye yöntemleri kullanılarak yabancı ot popülasyonunun dağılım haritaları oluşturulmuş ve uygulama haritalarına göre değişken düzeyli uygulamalar yapılmıştır. Sonuçta herbisit uygulamasındaki azalmanın bitki ve yıla göre değişiklik göstermekle birlikte ortalama % 54 (33 Euro/ha) oranında gerçekleştiğini belirtmişlerdir. Bunun yanı sıra yüzey ve çevredeki su kaynaklarına olan herbisit temasının azalması nedeniyle çevre açısından da olumlu sonuçlar elde edildiği belirtilmiştir. Sitespesifik yabancı ot kontrolü ile herbisit uygulamalarında azalma sağlandığı yönündeki benzer çalışma sonuçları mevcuttur. Nordmeyer ve ark. (1997) tahıllarda yaptıkları çalışma sonucunda %47-80 arasında ve Tian ve ark. (1999) mısır bitkisinde yaptıkları çalışma sonucunda %42 lik azalmanın sağlandığını belirtmişlerdir.

Mortensen ve ark. (2000) mısırdaki yabancı ot kontrolü ile ilgili bir çalışma yapmışlardır. Yabancı ot popülasyonunu belirlemek için yapılan gözlemler sonucunda elde ettikleri verilerle değişken düzeyli ilaçlama yapmışlardır. Sonuçta geleneksel yöntemlere göre uygulanan ilaç miktarında %11.5-9

oranında azalma sağlamışlardır. Bu değerlerin yabancı ot yoğunluğuna göre değişiklik gösterdiğini belirtmişlerdir.

## 6. SONUÇ

Dünyada giderek artan gıda ihtiyacı ve çevresel kaygılar tarımsal uygulamalarda yeni bakış açılarının getirilmesini zorunlu kılmaktadır. Bu kapsamda alternatif bir yaklaşım olarak kabul edilebilecek olan PA uygulamaları özellikle son 10 yılda tarımsal uygulamalarda yer edinmeye başlamıştır. PA diğer birçok teknoloji dalının gelişimine sıkı bir şekilde bağlı olan ve özellikle çevreci yaklaşımlar nedeniyle yönelmesi gereken bir konu olarak karşımıza çıkmaktadır. Dünyada yerel ve ulusal bazda PA ile ilgili birçok çalışma yapılmış ve yapılmaya devam etmektedir. Bu çalışmalar temelde adaptasyon sürecinin hızlandırılması, ekonomikliğin artırılması, daha pratik ve gerçek zamanlı uygulamaların geliştirilmesi noktalarına odaklanmaktadır. Ülkemizde PA ile ilgili çalışmalar çok yenidir. Bazı üniversitelerde özellikle PA uygulamalarında kullanılabilecek donanımların geliştirilmesi yönünde birtakım çalışmalar mevcuttur. Ülkemizde tarım politikalarının geliştirilmesi sürecinde artık bir dünya gerçeği olan çevre duyarlılığı her zaman ön plana alınmalı ve bu bağlamda PA'nın ülke tarımında uygulanabilme yolları en kısa zamanda ortaya koyulmalıdır. Özellikle devlet üretme çiftlikleri ve büyük arazilere sahip önder çiftçilerle yapılacak olan demostrasyon niteliğindeki çalışmalarla ülke çiftçisinin konuya ilgi duyması sağlanmalıdır. Sonrasında çiftçilerin bu süreçte katılmaları ve uygulama alanları genişletilmelidir.

Dünya gerçeklerini göz ardı etmeden sürdürülebilir tarımsal kalkınmanın "DOĞRU UYGULAMALARI, DOĞRU ZAMANDA, DOĞRU YERE YAPMAK" la sağlanabileceği unutulmamalıdır.

## 7. KAYNAKLAR

- Adamchuk, V.I., Skotnikov, A.V., Speichinger, J.D., and Kocher, M.F., 2003. Instrumentation system for variable depth tillage. Paper No. 03-1078, ASAE, St. Joseph, Michigan.
- Ahmad, I.S., Reid, J.F., Noguchi, N., and Hansen, A.C., 1999. Nitrogen sensing for precision agriculture using chlorophyll maps. ASAE paper No. 99-3035, American Society of Agricultural Engineers, St. Joseph, MI, USA.
- Anom, S.W., Shibusawa, S., Sasao, A., Sakai, K., Sato, H., Hirako, S., and Blackmore, S., 2000. Soil parameter maps using the real-time spectrophotometer. Proceedings of Fifth International Conference on Precision Agriculture (CD), July 16-19, 2000. Bloomington, MN, USA.
- Bechdol, M. A., Gualtieri, J. A., Hunt, J. T., Chettri, S. and Garegnani, J. 2000. Hyper spectral imaging: a

- potential tool for improving weed and herbicide management. In: Proceedings of the 5th International Conference on Precision Agriculture (ASA-CSSA-SSSA, Madison, WI, USA).
- Bouwer, H., 2000. Integrated water management: energy issues and challenges. *J. Agr. Water Manag.* 45:217-228.
- Chen, F., Kissel, D.E., West, L.T., and Adkins, W., 2000. Estimation of soil clay concentration with ATLAS sensor data. Proceedings of Fifth International Conference on Precision Agriculture (CD), July 16-19, 2000. Bloomington, MN, USA.
- Christy, C., Drummond, P., Laird, D., 2003. An on-the-go spectral reflectance sensor for soil. Paper No. 03-1044, ASAE, St. Joseph, Michigan.
- Collins, K., Christy, C., Lund, E., Drummond, P., 2003. Developing an automated soil pH mapping system. Paper No. MC03-205, ASAE, St. Joseph, Michigan.
- Cox, S., 2002. Information technology: the global key to precision agriculture and sustainability. *Computers and Electronics in Agriculture*, 36; 93-111.
- Daily, G. C., Dasgupta, P., Bolin, B., Crosson, P., Guerny du, J., Ehrlich, P. R., Folke, C., Jansson, A. M., Jansson, B.-O., Kautsky, N., Kinzig, A., Levin, S., Maller, K.G., Andersen, P., Siniscalco, D., and Walker, B., 1998. Food production, population growth, and the environment. *Science*, 281:1291–1292.
- Dan, E., and Margon, M., 2003. The precision-farming guide for agriculturists. John Deere Publishing, One John Deere Place, Moline. 137 pp.
- Deboer, J.L. and Bangiovanni, R., 2000. Economics of variable rate lime in Indiana. *Precision Agriculture*, 2 (1): 55-70.
- Dux, D.L., Strickland, R.M., and Ess, D.R., 1999. Generating field maps from data collected by speech recognition. ASEA Paper No. 99-1099, American Society of Agricultural Engineers, St. Joseph, MI, USA.
- Ehlert, D., Schmerler, J., and Voelker, U., 2004. Variable rate nitrogen fertilization of winter wheat based on a crop density sensor. *Precision Agriculture*, 5:263–273.
- Ess, D.R., Parsons, S.D., Strickland, R.M., 1997. Evaluation of commercially-available software for grain yield mapping. ASAE Paper No. 97-1033, American Society of Agricultural Engineers, St. Joseph, MI, USA.
- Evans, D.E., Sadler, E.J., Camp, C.R., and Millen, J.A., 2000. Spatial canopy temperature measurements using center pivot mounted IRTs. Proceedings of Fifth International Conference on Precision Agriculture (CD), July 16-19, 2000. Bloomington, MN, USA.
- Feyaerts, F., and Gool, L.V., 2001. Multi-spectral vision system for weed detection. *Pattern Recognition Letters*, 22: 667-674.
- Feyaerts, F., Pollet, P., Gool, L.V., and Wambacq, P., 1998. Sensor for weed detection based on spectral measurements. Proceedings of the Fourth International Conference on Precision Agriculture, 19-22 July, St. Paul, MN, pp. 1537-1548.
- Gibbons, G., 2000. Turning a farm art into science/an overview of precision farming. URL: <http://www.precisionfarming.com>.
- Griepentrog, H.W., and Kyhn, M., 2000. Strategies for site specific fertilization in a highly productive agricultural region. In: Proceedings of the 5th International Conference on Precision Agriculture. Edited by P. C. Robert, R. H. Rust and W. E. Larson. (ASA-CSSA-SSSA. Madison, WI, USA).
- Heiniger, R.W., and Meijer, A.J., 2000. Why variable rate application of lime has increased grower profits and acceptance of precision agriculture in the Southeast. Proceedings of Fifth International Conference on Precision Agriculture (CD), July 16-19, 2000. Bloomington, MN, USA.
- Hemming, J., and Rath, T., 2001. Computer-vision-based weed identification under field conditions using controlled lighting. *J.Agric.Engng. Res.*, 78(3): 233-243.
- Hendrickson, L.L., and Han, S., 2000. A reactive nitrogen management system. Proceedings of Fifth International Conference on Precision Agriculture (CD), July 16-19, 2000. Bloomington, MN, USA.
- Hummel, F.W., Sudduth, K.A., and Hollinger, S.E., 2001. Soil moisture and organic matter prediction of surface and subsurface soil using a NIR sensor. *Computers and Electronics in Agriculture*, 32:149-165.
- Khalilian, A., Han, Y.J., Dodd, R.B., Sullivan, M.J., Gorucu, S., and Keskin, M., 2002. A Control System for Variable Depth Tillage. Paper No. 02-1209, ASAE, St. Joseph, Michigan.
- LaMastus, F. E., Smith, C. M., Shaw, D. R. and King, R. L. 2000. Potential for weed species differentiation using remote sensing. In: Proceedings of the 5th International Conference on Precision Agriculture (ASA-CSSA-SSSA, Madison, WI, USA) (CD-ROM).
- Lee, W.S., Slaughter, D.C., and Giles, D.K., 1999. Robotic weed control system for tomatoes. *Precision Agriculture*, 1:95-113.
- Leiva, F.R., Morris, J., and Blackmore, B.S., 1997. Precision farming techniques for sustainable agriculture. Proceeding of the 1st European Conference on Precision Agriculture. Edited by J. V. Straford (BIOS Scientific Publishers Oxford, UK).
- Medlin, C., Hawkins, S., Morris, K., and Parsons, S. 2003. Variable-rate technologies. <http://www.agriculture.purdue.edu/ssmc>
- Michels, G.J., Piccinni, G., Rush, C.M., and Fritts, D.A., 2000. Using infrared transducers to sense greenbug infestation in winter wheat. Proceedings of Fifth International Conference on Precision Agriculture (CD), July 16-19, 2000. Bloomington, MN, USA.
- Mortensen, D.A., Gerhards, R., and Williams, M.M., 2000. Two-year weed seedling population responses to a post-emergent method of site-specific weed management. *Precision Agriculture*, 2 (3): 247-263.
- Newman, S.C., and Hummel, J.W., 1999. Soil penetration resistance with moisture correction.

- ASEA Paper No.99-3028, American Society of Agricultural Engineers, St. Joseph, MI, USA.
- Nordmeyer, H., Hausler, A. and Niemann, P. 1997. Patchy weed control as an approach in precision farming. In: Precision Agriculture 1997. Proceeding of the 1st European Conference on Precision Agriculture, edited by J. V. Stafford (BIOS Scientific Publishers, Oxford, UK) pp. 307-314.
- Pelletier, G., and Upadhyaya, S.K., 1999. Development of a tomato load/yield monitor. *Computer and Electronics in Agriculture*, 23:103-117.
- Robert, P.C., Rust, R.H., and Larson, W.E., 1995. Preface. In: Proceedings of site-specific management for agricultural systems. Minneapolis, Minnesota, Robert, P.C., Rust, R.H. and Larson, W.E. (Eds.). American Society of Agronomy, Madison, WI.
- Robert, P.C., Thompson, W.H., and Fairchild, D., 1991. Soil specific anhydrous ammonia management system. Automated Agriculture for the 21st century proceedings of the 1991 Symposium, 16-17 December 1991, Chicago, Illinois. St. Joseph Mich.: American Society of Agricultural Engineers, s.419-426.
- Roberts, R., English, B., and Mahajanashetti, S., 2001. Environmental and economic effects of spatial variability and weather. In: Proceedings of the 3rd European Conference on Precision Agriculture. Edited by S. Blackmore and G. Grenier (AGRO, Montpellier, France). pp. 545-550.
- Runquist, S, Zhang, N., Taylor, R., 2001. Development a field-level geographic information system. *Computers and Electronics in Agriculture* 31, 201-209.
- Scharf, P.C., and Lory, J.A., 2000. Calibration of remotely sensed corn color to predict nitrogen need. Proceedings of Fifth International Conference on Precision Agriculture (CD), July 16-19, 2000. Bloomington, MN, USA.
- Schueller, J.K., Whitney, J.D., Wheaton, T.A., Miller, W.M., and Turner, A.E., 1999. Low-cost automatic yield mapping in hand-harvested citrus. *Computer and Electronics in Agriculture*, 23:145-153.
- Searcy, S.W., and Beck, A.D., 2000. Real time assessment of cotton plant height. Proceedings of Fifth International Conference on Precision Agriculture (CD), July 16-19, 2000. Bloomington, MN, USA.
- Seelan, S.K., Laguette, S., Casady, G.M., and Seielstad, G.A., 2003. Remote sensing applications for precision agriculture: A learning community approach. *Remote sensing and Environment*, 88:157-169.
- Shibusawa, S., 1998. Precision farming and terra-mechanics. Fifth ISTVS Asia-Pacific Regional Conference in Korea, October 20-22.
- Shibusawa, S., Anon, W.S., Sato, H., and Sasao, A., 2000. On-line real time soil spectrophotometer. Proceedings of Fifth International Conference on Precision Agriculture (CD), July 16-19, 2000. Bloomington, MN, USA.
- Shibusawa, S., I Made Anom, S.W., Hache, C., Sasao, A., and Hirako, S., 2003. Site-specific crop response to temporal trend of soil variability determined by the real-time soil spectrophotometer. In: Stafford, J., Werner, A. (Eds.), Precision Agriculture. Wageningen Academic Publishers, Wageningen, The Netherlands, pp. 639-643.
- Stafford J V and Ambler B (1994). In-field location using GPS for spatially variable field operations. *Computers and Electronics in Agriculture* 11;23-36.
- Stafford, J.V., and Bolam, H.C., 1998. Near-ground and aerial radiometer imaging for assess spatial variability in crop production. Proceedings of the Fourth International Conference on Precision Agriculture, July 19-22, 1998. St. Paul, MN, USA.
- Stafford, V.J., 2000. Implementing precision agriculture in 21st century. *J.Agric.Engng.Res.*, 76;267-275
- Sudduth, K.A., Birrell, S.J., Krumpelman, and M.J., 2000. Field evaluation of a corn population sensor. Proceedings of Fifth International Conference on Precision Agriculture (CD), July 16 -19, 2000. Bloomington, MN, USA.
- Tian, L., Reid, J., and Hummel, J. 1999. Development of a precision sprayer for site-specific weed management. *Transactions of the ASAE* 42, 893-900.
- Tickell, C., 1999. Water in the 21st century. *Landwards* 54(2), 2-5.
- Timmermann, C., Gerhards, R., Krohmann, P., Sokefeld, M. and Kuhbauch, W. 2001. The economical and ecological impact of the site-specific weed control. In: Proceedings of the 3rd European Conference on Precision Agriculture. Edited by S. Blackmore and G. Grenier (AGRO Montpellier, France), pp. 563-568.
- Varner, B. L., Gress, T. A., Copenhaver, K., Wax, L. M., Sprague, C. L. and Tranel, P. J. 2000. Detection of cocklebur (*Xanthium strumarium* L.) in soybeans using hyper spectral imagery. In: Proceedings of the 5th International Conference on Precision Agriculture (ASA-CSSA-SSSA, Madison, WI, USA).
- Wallace, T.P., 1999. Small plot evaluation of an electro-optical cotton yield monitor. *Computer and Electronics in Agriculture*, 23:1-8.
- Walter, J.D., and Backer, L.F., 2003. Sugarbeet yield monitoring for site-specific farming Part I- Laboratory test and preliminary field tests. *Precision Agriculture*, 4: 421-431.
- Wang, D., Prato, T., Qiu, Z., and Newell, R., 2003. Economic and environmental evaluation of variable rate nitrogen and lime application for claypan soil fields. *Precision Agriculture*, 4:35-52.
- Wang, N., Zhang, N., Dowell, F.E., and Peterson, D.E., 2001. Design of an optical weed sensor using plant spectral characteristics. *Transactions of the ASAE* 44 (2):409-419.
- Whelan, B.M., McBratney, A.B., and Boydell, B.C., 1997. The impact of precision agriculture. Proceedings of the ABARE Outlook Conference. 'The Future of Cropping in NW NSW', Moree, UK, July 1997, p.5.

- Whitley, K.M., Davenport, J.R., and Manley, S.R., 2000. Differences in nitrate leaching under variable and conventional nitrogen fertilizer management in irrigated potato systems. Proceedings of the 5th International Conference on Precision Agriculture, edited by P. C. Robert, R. H. Rust and W. E. Larson. (ASA-CSSA-SSSA. Madison, WI, USA).
- Wood, G.A., Taylor, J.C., and Godwin, R.J., 2003. Calibration methodology for mapping within-field crop variability using remote sensing. *Biosystems Engineering*, 84(4):409-423.
- Zhang, N., Wang, M., and Wang, N., 2002. Precision agriculture-a worldwide overview. *Computers and Electronics in Agriculture*, 36:113-132.