

Atatürk Orman Çiftliğinde Nadas-Tahıl Sisteminde Küçük Ölçekli Alansal Değişkenliğin Hassas Tarım Teknolojilerinden Yararlanarak Belirlenmesi Üzerine Bir Araştırma*

Ufuk TÜRKER¹

İbrahim GÜÇDEMİR²

Geliş Tarihi: 23.12.2003

Özet: Yıllardır çiftçilerimizin tarımsal ve agronomik uygulamaları değişmeden sürmekte ve artarak toprağın bozulmasına, toprak verimliliğinin ve organik madde içeriğinin azalmasına yol açmaktadır. Toprak verimliliğindeki düşüşün yanı sıra toprak erozyonu, yabancı ot ve hastalıklar, hububat tarımını iç Anadolu'nun kurak şartlarında daha az verimli hale getirmiştir. Tarımsal işletme ve uygulamalar, hassas tarım tekniklerinin kullanılması ve yerinde test edilmesi ile bir teknolojik dönüşüme ve yenilenmeye ihtiyaç duymaktadır. Bu amaçla verime etkili faktörlerin alansal değişkenliğinin hassas tarım tekniklerinin kullanılarak belirlenmesi ve değişken oranlı uygulama haritalarının hazırlanması amaçlanmıştır. Çalışma Ankara ili sınırları içerisinde iki farklı arazide yürütülmüştür. Bu yayında Atatürk Orman Çiftliği (AOÇ) arazisinde 2000-2002 yılları arasında yapılan çalışma sonuçları ve değerlendirmeleri verilmiştir.

Anahtar Kelimeler: hassas tarım, alansal değişkenlik, verim haritalama, alana özgü işletmecilik

A Research on Assessing Small Scale Spatial Variability on Fallow-Wheat System in Atatürk Orman Çiftliği Using Precision Farming Technologies

Abstract : Farmers agricultural and agronomic practices have prolonged with increased soil deterioration causing decreased soil fertility and organic matter content. The adverse affects of soil erosion, weed and disease have made cereal production less profitable in semi-arid region of central Anatolia. The agricultural practice and management of dry land areas of central Anatolia are needed to be improved by implementing and testing precision farming technologies. In this study, It was aimed to assess site specific variability influencing winter wheat yield in a small scale and prepare variable rate application maps based on site specific variability in Ankara region. Results from 2000 and 2002 for Atatürk Orman Çiftliği (AOÇ) were given and discussed in this paper.

Key Words: precision farming, spatial variability, yield mapping, site specific management

Giriş

Tarımda zaman içerisinde insan gücünden, hayvan gücüne, hayvan gücünden de traktör gücüne geçildiği gibi, günümüzde de ekonomik ve teknolojik olarak yeni bir geçiş süreci yaşanmaktadır. Bu geçiş tarımda yetiştiriciliği ve işletmeciliği etkileyerek bir çok değişiklikler meydana getirmektedir. Geleneksel tarımda toprak yönetimi, üretim ortamının üniform bir şekilde ele alınıp işletilmesi ile yapılmaktadır. Bu işletmecilikte, arazideki coğrafi (toprak ve bitki özellikleri, topoğrafya, vb.) değişkenler ihmal edilmektedir. Hassas tarım, yetiştiricinin bilgi teknolojilerini kullanarak arazisinde nasıl bir değişkenlik olduğunu doğru bir şekilde tespit etmesi, anlaması ve arazisini bu değişkenliğe göre işletmesidir. Söz konusu değişkenler alansal (spatial), zamansal (temporal) ve ekonomik olmak üzere üçe ayrılmaktadır. Öncelikle değişkenlik belirlenmelidir ve sonra pratik bir işletmeciliğe dönüştürülmeden önce anlaşılıp doğru yorumlanmalıdır. Bunun desteklenebilmesi için geliştirilmiş yazılımların yanında doğru ve zamanında bilgilere ve bu bilgilerin işlenmesine ihtiyaç vardır (Blackmore 1996).

Hassas tarımın gelişmesi ve uygulanabilir bir duruma gelmesi 1970'lerin sonunda Amerika Birleşik Devletleri tarafından uzayda yörüngeye yerleştirilen uyduların

küresel konumlama sistemi olarak kullanılmaya başlaması ile ortaya çıkmıştır. Bu sistem arazideki makinalara gerekli olan konum bilgilerini günün 24 saatinde ve bir kaç santimetre hassasiyet ile sağlamaktadır. (Stafford 2000) Çok yakın bir gelecekte makinaların iklim, toprak ve ürüne ait verilere dayanarak önceden tarif edilmiş tarımsal işlerin otomatik olarak yapılabileceği araştırmacılar tarafından belirtilmiştir (Johnson ve ark. 1983). Hassas tarım teknolojisinin önemli konuları ve çiftçilerin hassas tarımın adaptasyonundaki yaklaşımları Earl ve ark. (1996) tarafından tanımlanmıştır. Araştırmacılar çiftçilerin arazilerinden kazanımlarını arttırmada aşağıdaki hususların önemli olduğunu belirtmişlerdir.

1. Değişkenliğin ana sebeplerinin belirlenmesi (arazideki potansiyeli sınırlayan faktörler),
2. Bunların hangisinin veya hangilerinin kontrol edilebileceğinin belirlenmesi,
3. Ekonomik avantaj sağlayacak kararların öncelikle uygulamaya aktarılması.

Wilson ve Scott (1982) tarafından yapılan bir çalışmada, araştırma konusu alanda yabancı otların hububat ekim sahasının yaklaşık %40'ına dağılmış bir

* TÜBİTAK tarafından desteklenmiştir.

¹ Ankara Üniv. Ziraat Fak. Tarım Makinaları Bölümü-Ankara

² Toprak ve Gübre Araştırma Enstitüsü-Ankara

halde bulunduğunu belirtmiş ve bunun değişken oranlı ilaçlama ekipmanları ile daha az ilaç kullanarak önlenebileceğini saptamıştır.

Stafford ve Miller (1993), yabancı ot ilaçlamasında, düşük dozu tarlanın her tarafına uygularken, yüksek doz veya farklı karışımlardan oluşan ilaçları koordinatları belli alanlara uygulamışlardır.

Araştırmacılar bu uygulamalardan etkin sonuçlar almışlardır. Bu çalışmada, hassas tarım tekniklerine uygun olarak sadece GPS' lerle ot yoğunluğu belirlenen alanlara daha fazla ilaç uygulanmasının, uygulanan ot ilacı miktarında %35 civarında bir azalma görüldüğünü ve ilacın uygulandığı alanda tam bir etki sağlandığını belirtmişlerdir.

Son yıllarda, ürünü maksimuma çıkarma yollarını ortaya koymaya çalışan araştırma çalışmalarına paralel olarak, Avrupa Birliği ülkelerinde, çevreye zarar vermeyecek, ekonomik sürdürülebilir ürün yetiştirme sisteminin geliştirilmesi fikri ağırlık kazanmıştır. Hassas tarım tekniklerinin uygulanmasında esas fikir, arazinin değişken ürün potansiyelleri ve verim değişmesine sebep olan faktörlerin bir önceki hasat devresinde, veya aynı ekim periyodunda yapılan noktasal çalışmalarla, o alan için tesbit edilerek, gerekli görülen (ilaçlama, farklı gübre uygulaması vb.) uygulamanın bir sonraki veya aynı yetiştirme periyodunda yapılmasıdır (Güçdemir ve ark. 2001). Değişken girdi uygulamasına geçmeden önce;

- Değişkenlik belirlenmeli ve nicelleştirilmeli,
- Değişkenliğe neden olan unsurlar belirlenmeli,
- Üretimi iyileştirmek ve zenginleştirmek için problemlerin düzeltilmesine yönelik yönetim, işletim kararlarını belirlemeli,
- Bu uygulamaların ekonomik getirilerini analiz etmeli,
- Kesin ekonomik fayda ve getiri sağlayacak işletme ve yönetim etkinliğinin seçilmesi ve harekete geçirilmesi, gerekmektedir.

Öncelikle değişkenlik ölçülmeli ve pratik bir işletmeciliğe dönüştürülmeden önce anlaşılıp doğru yorumlanmalıdır. Bunun desteklenebilmesi için geliştirilmiş yazılımların bir araya getirilmesi ve bu bilgilerin işlenmesine ihtiyaç vardır.

Bu çalışmada hassas tarım tekniğini kullanarak ülkemizde hububat ekimi yapılan İç Anadolu bölgesinde;

- Hassas tarım tekniklerinden yararlanarak buğday verimi ve toprak özelliklerindeki değişkenliği belirlemek,
- Bu değişkenlerden verime etkili mevcut toprak özelliklerindeki (yabancı ot, pH, organik madde, azot, toprağın elektriksel kondüktivitesi, iz elementler, vb. gibi) fiziksel ve kimyasal değişkenliklerin hasatta georeferanslı olarak elde edilmiş ürünün verimindeki değişkenliğe olan etkilerini incelemek,
- Elde edilen sonuçların değerlendirilmesi ışığında hangi değişken oranlı girdi uygulamasının yapılabileceğinin belirlenmesi, amaçlanmıştır.

Materyal ve Yöntem

Araştırma Atatürk Orman Çiftliği arazileri içinden seçilen alanda yürütülmüş olup, Atatürk Orman Çiftliğinde 2000 yılında 37 dekar, 2002 yılında ise genişletilerek 64 dekarlık alanlarda gerçekleştirilmiştir.

Çalışma alanının yer aldığı İç Anadolu Bölgesinde tarımı yapılan kültür bitkilerinin başında buğday gelmektedir. Günümüze kadar bu bitki cinsi bölge tarımındaki yerini ve önemini korumuştur. Bölge tarımında yetiştirilecek bitki paternine ve uygulanan ekim sistemine bölge iklimi etkili olmaktadır. İklima bağlı olarak sulanamayan yerlerde hububat- nadas münavebe sistemi uygulanmaktadır.

Atatürk Orman Çiftliği arazilerinde yürütülen deneme alanı, eski göl terasları üzerinde oluşan marn ana materyalli Beytepe serisi topraklarını kapsamaktadır. Deneme alanı, hafif eğimli (%0-2), orta derin (50-90 cm) ve orta eğimli (%2-6), sıg (20-50cm) olmak üzere iki faz üzerinde yer almaktadır. Fazla bir profil gelişmesi göstermeyen AC horizonlu deneme alanı topraklarının yüzey katmanı killi tın tekstürlü olup %1.46 organik madde içermektedir. KDK 40.45-41.56 me/100gr arasında değişmektedir. Çalışmanın yürütüldüğü alana ait toprak özellikleri aşağıda verilmiştir (Çizelge 1).

Çalışmanın yapıldığı bölgenin iklim özellikleri tipik Orta Anadolu iklim karakteristiklerine sahiptir. Buna göre günlük sıcaklık farkları fazla olup, gündüzleri ve yazları sıcak, geceler ve kışlar ise soğuktur. Bölgedeki düşen yağış miktarı az olup yağışların büyük çoğunluğu kış aylarında görüldüğünden, yazlar çoğunlukla kurak ve sıcaktır. Çalışma alanının aldığı yağış miktarı 2000 yılında toplam 381 mm, 2002 yılında 325 mm'dir. Ortalama sıcaklık 2000 yılında 11.1 °C ve 2002 yılında 11.6 °C olmuştur.

Hasatta 1976 model John Deere marka biçerdöver kullanılmıştır. Biçerdöverin tabla biçme genişliği 4.2 metredir. Biçerdöverin dane deposu yaklaşık 1 ton kapasitelidir. Biçerdöverin sürücü kısmının üstü bir çatı ile kapatılarak radyo anteni ve pozisyon belirleme aletinin (GPS) yerleştirilebilmesine olanak sağlanmıştır. Biçerdöver pozisyon belirleme sistemi, ürün verimi ölçme ve haritalama seti monte edilerek donatılmıştır.

Pozisyon belirleme sistemi; uydu bilgisayarı, referans istasyonu ve küresel konumlama aleti, radyo anteni, external disk sürücü ve klavye ile bağlantı kabloları ve yazılımlardan oluşmuştur. Uydu bilgisayarı 486 DX 66 Mhz'dir. Uydu bilgisayarının windows işletim sistemi altında çalışan verim izleme ve kayıt etme) yazılımı

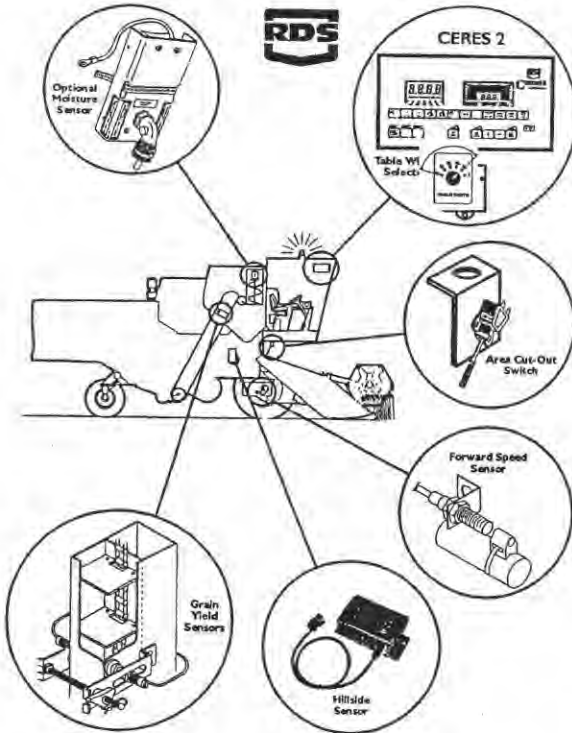
Çizelge 1. Deneme alanı ve taksonomik toprak grubu

Deneme Yeri	Taksonomik toprak grubu	Seri	Ürün paterni
Atatürk Orman Çiftliği	Typic Torriorthent	Beytepe	Nadaslı kuru tarım

mevcuttur. Veri kayıt cihazından RS232 kablo ile verim değerlerini aynı anda pozisyon değerleri ile kayıt ederek verilen dosya ismi altında saklar. Çalışma tamamlandığında uydu bilgisayarına bir dış disket sürücüsü takılarak ilgili dosya diskete kayıt edilir. Referans istasyonu uydu sinyalleri için referans sinyal alıcılığı ve jeoreferanslı konumlandırma aletidir. Yaklaşık 450 Mhz / 0.5 W yayım ve 5 km erişim uzaklığına sahiptir. Sistem ölçüm ve kumanda yazılımı altında çalışmaktadır. Yaklaşık 1 metrenin altında bir hassasiyete sahiptir. Referans istasyonunun kendi standard GPS alıcısı verim haritalamasında biçerdöver çarısına monte edilerek kullanılmıştır.

Gerek toprak gerekse bitki örneklemelerinde örnek alınan noktaların belirlenmesi amacı ile bir el GPS'i olan Macellan pro X modeli konum belirleme cihazı kullanılmıştır.

Araştırmada kullanılan verim haritalama kiti, arazi çalışmalarında hızlı etkili statik ve kinematik olarak verim miktarı bilgilerini online kayıt edebilen bir veri kaydedici (datalogger)'a bağlıdır. Bu veri kaydediciye veri ileten sistemin diğer elemanları; verim almacı, iş genişliği ayar rölesi, tabla kesme anahtarı, eğim almacı, hız almacı ve bağlantılardan oluşmuştur (Şekil 1). Veri kayıt cihazı ayrıca RS232 ara bağlantı kablosuna sahiptir. Bu özelliği ile hem verileri sensörlerden almakta hemde bu verileri eşzamanlı olarak (real-time) uydu bilgisayarına iletebilmektedir.



Şekil 1. Çalışmada kullanılan verim ölçüm ve kayıt sistemi elemanları (1.veri kayıt cihazı ve iş genişliği ayar rölesi, 2. tabla kesme anahtarı, 3. hız sensörü 4. eğim almacı 5. verim sensörü.

Çalışma buğday-nadas münavebe sistemi içerisinde planlanmış ve Atatürk Orman Çiftliği arazisinde bir yıl arayla iki hasat yılı geçirilmiştir. Çalışma alanlarında hasat yıllarında, hasat öncesi devrelerde toprak bitki örneklemeleri ile yabancı ot yoğunluk ve tür belirleme çalışmaları yapılmıştır. Gerek hasat değerleri gerekse toprak ve bitki örneklemelerine noktaları ile yabancı ot tür ve yoğunluk belirleme çalışmaları hassas küresel yer konumlandırma cihazları (GPS) kullanılarak koordinatlı olarak kayıt edilmiştir.

Sensörler arazi şartlarında kalibre edilerek biçerdöver ve sistemler hasat için hazır hale getirilmiştir. Biçerdöverin kesme genişliği 4.2 metredir. Efektif kesme genişliği araştırmacıların ve üretici firmanın tavsiye ettiği 20 cm kadar düşülerek, 4.0 metre alınmıştır. Böylece biçerdöver ilerleme sırasında 4 * 4 (16 m²)'lik gridler oluşturacak şekilde programlanmıştır. Veri kayıt cihazı dane hacmini ölçmekte ve bunu hasat yoğunluğuna bağlı olarak ağırlık değerlerine dönüştürmektedir. Bunun için hasattan önce ve hasat sırasında buğdayın yoğunluğu, dane hacim ağırlık kabına araziden alınmış buğday daneleri tam olarak doldurularak ağırlık okunmuş, karşılığı olan hektolitreye değerleri kap üstündeki skaladan okunmuştur. Bu hektolitreye değeri veri kayıt cihazına ilgili program tuşu ile girilmiştir.

Biçerdöverde dane verimini ölçen sistem, elevatörde harman edilen ürünün debisini (t/h) olarak kayıt etmiştir. Bu değer ayarlanan iş genişliği ve kat edilen yolun yardımıyla şerit alanına düşen verime yani t/ha'ya dönüştürülmüş bir nokta oluşturulmuştur. Böylece bulunan verim noktası geografik pozisyonda küresel konumlandırma aleti yardımı ile DGPS (düzeltilmiş pozisyon modunda) belirlenmiştir. Harmanlanacak ürünün kesme organından elevatöre gelecek iletim zamanı 15 saniye olarak tespit edilmiştir. Bu fark veri kayıt cihazına girilerek giderilmiştir. Aynı şekilde ölçme sisteminin tam doğru ölçmeye geçebilmesi için gereken süre yaklaşık 30 saniye bulunmuştur.

Georeferanslı toprak örnekleri bitki gelişimi dikkate alınarak grid sistemiyle 30 metrelik grid mesafeleriyle rastgele olarak toplandıktan ve analiz edildikten sonra, grid noktası verileri yardımıyla yapılan interpolasyon yöntemiyle istenen değişkenin alansal dağılım haritası elde edilmiştir.

Yabancı ot popülasyon sayımı grid noktaları etrafında 4-5 m yarıçaplı daire içinde yapılarak yabancı otlar tanımlanmış, türlere ve adede göre sınıflandırılmıştır. Oranlama yolu ile adet/m² cinsinden yabancı ot yoğunluğu tespit edilmiştir.

Biçerdöverde monte edilen sensörler, DGPS ve bilgisayar yardımı ile georeferanslı verim değerleri, biçerdöverin sabit bir hızdaki bir tam dönüşüne karşılık gelen 4X4 m piksel aralıklarıyla 16 m²'lik alanlarda belirlenmiş verim değerlerine dönüşürler. Böylece bulunan verim t/ha 'a dönüştürülmüş bir nokta oluşturulmuş ve bu nokta coğrafik pozisyonda Küresel konumlandırma aleti yardımı ile düzeltilmiş pozisyon modunda (DGPS) belirlenmiştir. Gerek ürün verimi gerek toprak ve bitki özellikleri ve uygulama haritalarının oluşturulmasında biçerdöverde kullanılan sistemin yazılımı olan AMCS

yazılımı yanında Arc View ve alansal analiz ve sorgulama işlemlerine olanak sağlayan yazılım modülleri kullanılmıştır. Krigging interpolasyon yöntemiyle verim değerlerinin alansal dağılım haritaları elde edilmiştir.

Bulgular ve Tartışma

Çalışmanın ilk yılında (2000) AOÇ arazileri içerisinde 3.7 ha'lık bir alanda hasat yapılmış ve verim değerleri kayıt edilmiştir. Hasat sırasında tartılan buğdayın toplam ağırlığı 8.5 ton olarak kayıt edilmiş ve verim sistemi tarafından ise toplam buğday miktarı 8.9 ton olarak tespit edilmiştir. Çalışma alanlarında elde edilen her iki yıla ait buğday verimi ölçme sonuçları ve hata oranları Çizelge 2'de verilmiştir.

Kayıt edilen bu verim değerlerinden ayrıntılı verim haritaları oluşturulmuştur (Şekil 3). Buğday veriminin alansal dağılımının istatistiksel analizleri yapılmış ve değerler histogram grafiğinde verilmiştir. Bu çalışmada toplam 2058 verim noktasında kayıt yapılmıştır. Yani hektarda 556 veri kayıt edilmiştir. Buna göre Atatürk Orman Çiftliğine 2000 yılında yapılan çalışmalarda 8 adet verim sınıfı oluşmuş ve verim 0.17 ton ile 7.68 ton/ha arasındaki geniş bir aralıkta değişim göstermiştir. Verim değerlerinin değişkenlik katsayısı (CV) %52.2 olarak

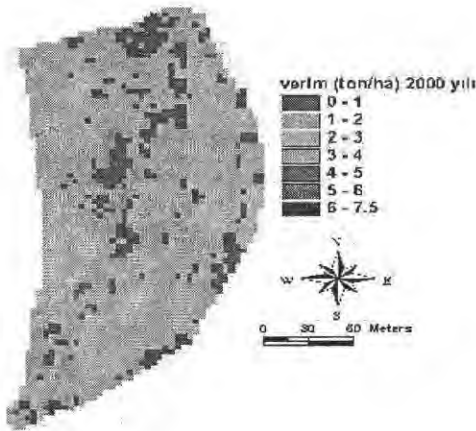
bulunmuştur. Bu değer arazideki verim değişkenliğinin yüksek olduğunu göstermektedir. Değişkenlik verim haritasından da görülebilmektedir. Arazideki verim değişkenliği, verim dağılım histogramı ve dağılım yüzdelelerini gösteren histogram grafiğinde daha iyi görülebilmektedir (Şekil 2).

Aynı arazide 6.4 hektara genişletilerek 2002 yılında yapılan çalışmada 9 adet verim grubu oluşmuş ve verim 0.39 ton ile 9.36 ton/ha arasındaki geniş bir aralıkta değişim göstermiştir. Verim değerlerinin değişkenlik katsayısı (CV) %41.91 olarak bulunmuştur. Bu değer arazideki verim değişkenliğinin, 2000 yılında olduğu gibi yüksek olduğunu göstermektedir. Arazideki verim değişkenliği dağılım yüzdelelerini gösteren verim dağılım histogramından da görülebilmektedir (Şekil 4).

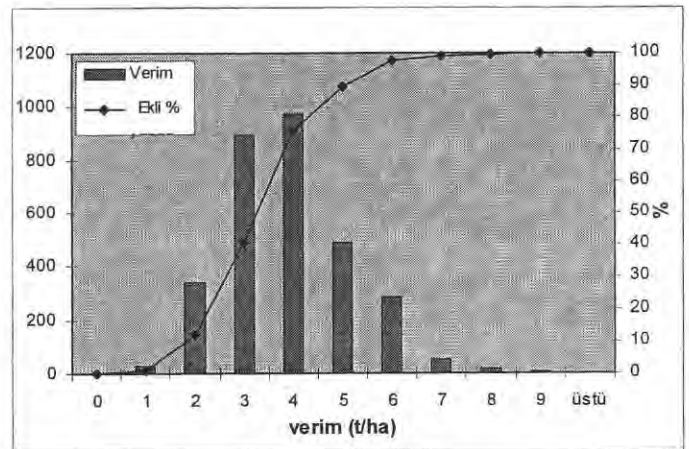
Buğday veriminin alansal dağılımının istatistiksel değerleri Şekil 4'de verilmiştir. Arazideki verim, arazi üzerinde dağılmış ve 9 tona yakın bir verim skalası aralığı oluşmuştur. Aynı arazide 1 yıl ara ile yapılan bu çalışmada ortalama verim artışı %40 olmuştur. Hasatta toplam 3114 veri kayıt edilmiştir (490 veri/ha) ve bu değerler ton/hektar olarak ifade edilmiştir. Verim değerlerinden elde edilen ayrıntılı verim haritası ve toprak örneklerinin analiz sonuçlarından örnek olarak verilen dağılım haritaları Şekil 5'de verilmiştir. Deneme alanında Nisan ayında yapılan

Çizelge 2. Buğday verimi ölçme sonuçları ve hata oranları

Çalışma alanı ve yılı	Verim sisteminin kayıt ettiği buğday miktarı		Tartılan buğday miktarı		Hata oranı %
	Toplam (ton)	Ortalama (t / ha)	Toplam (ton)	Ortalama (t / ha)	
AOÇ-2000	8.9	2.4	8.5	2.3	5
AOÇ-2002	21.6	3.4	19.8	3.1	9

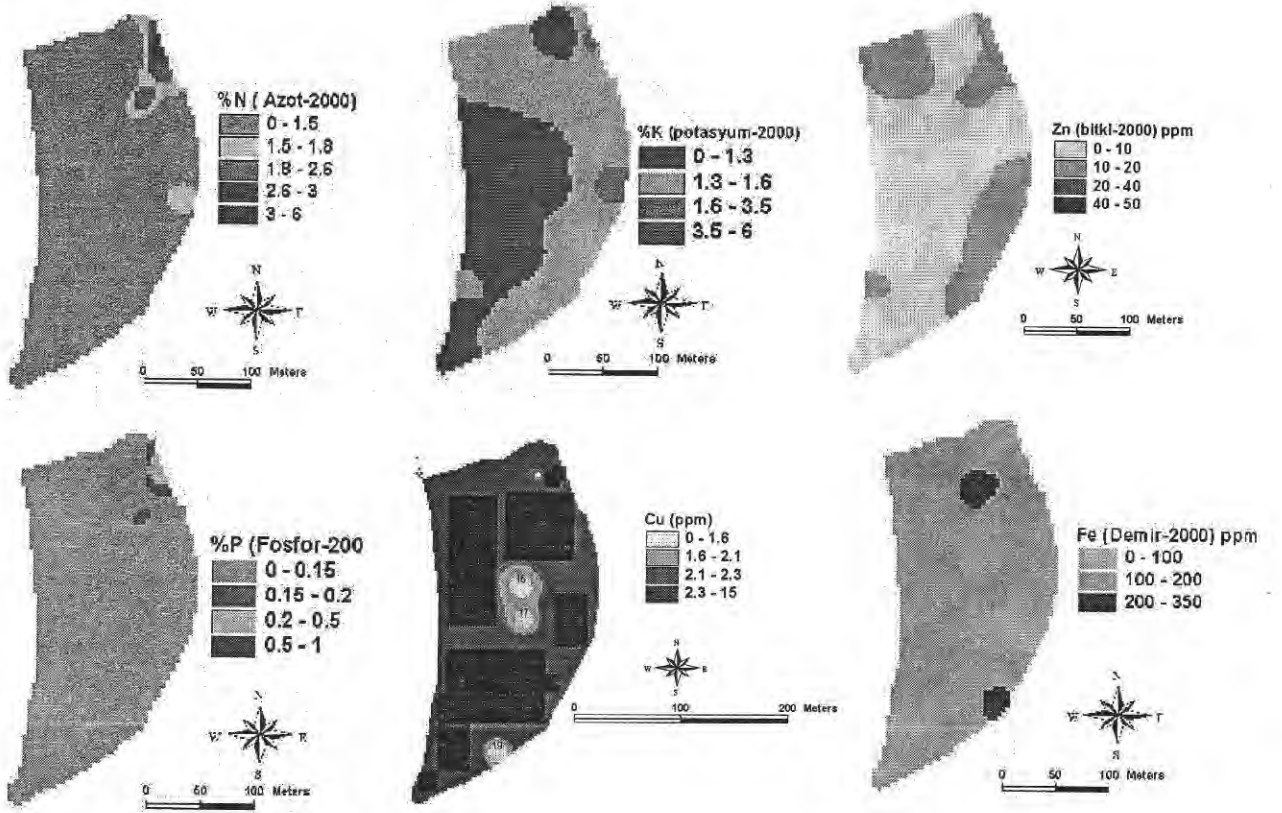


(a)

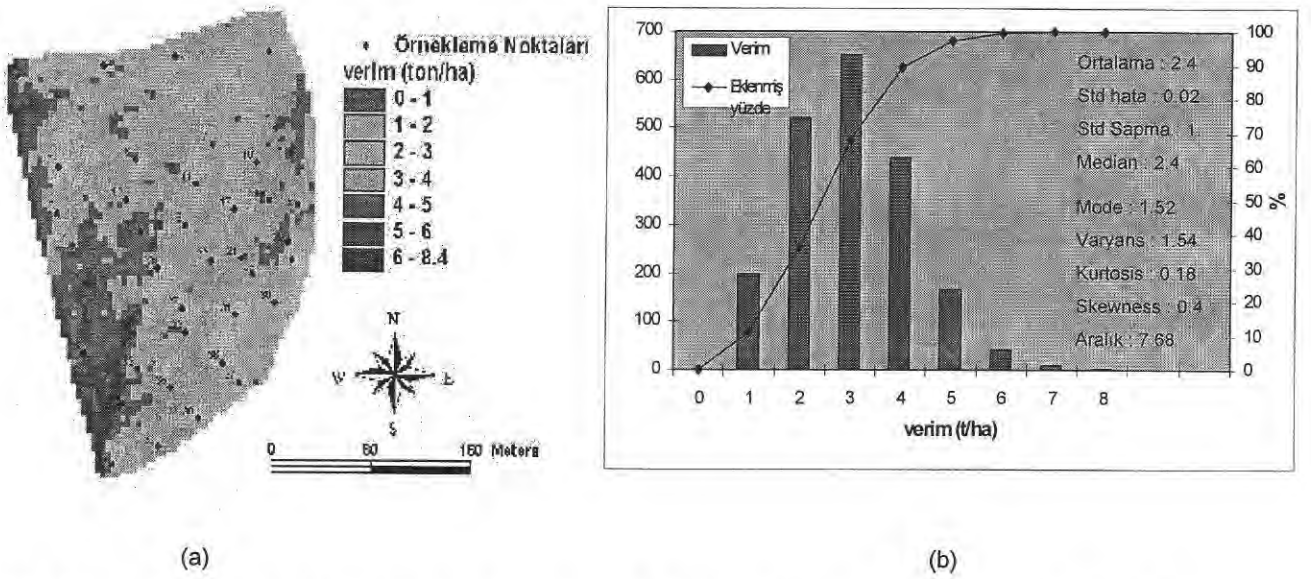


(b)

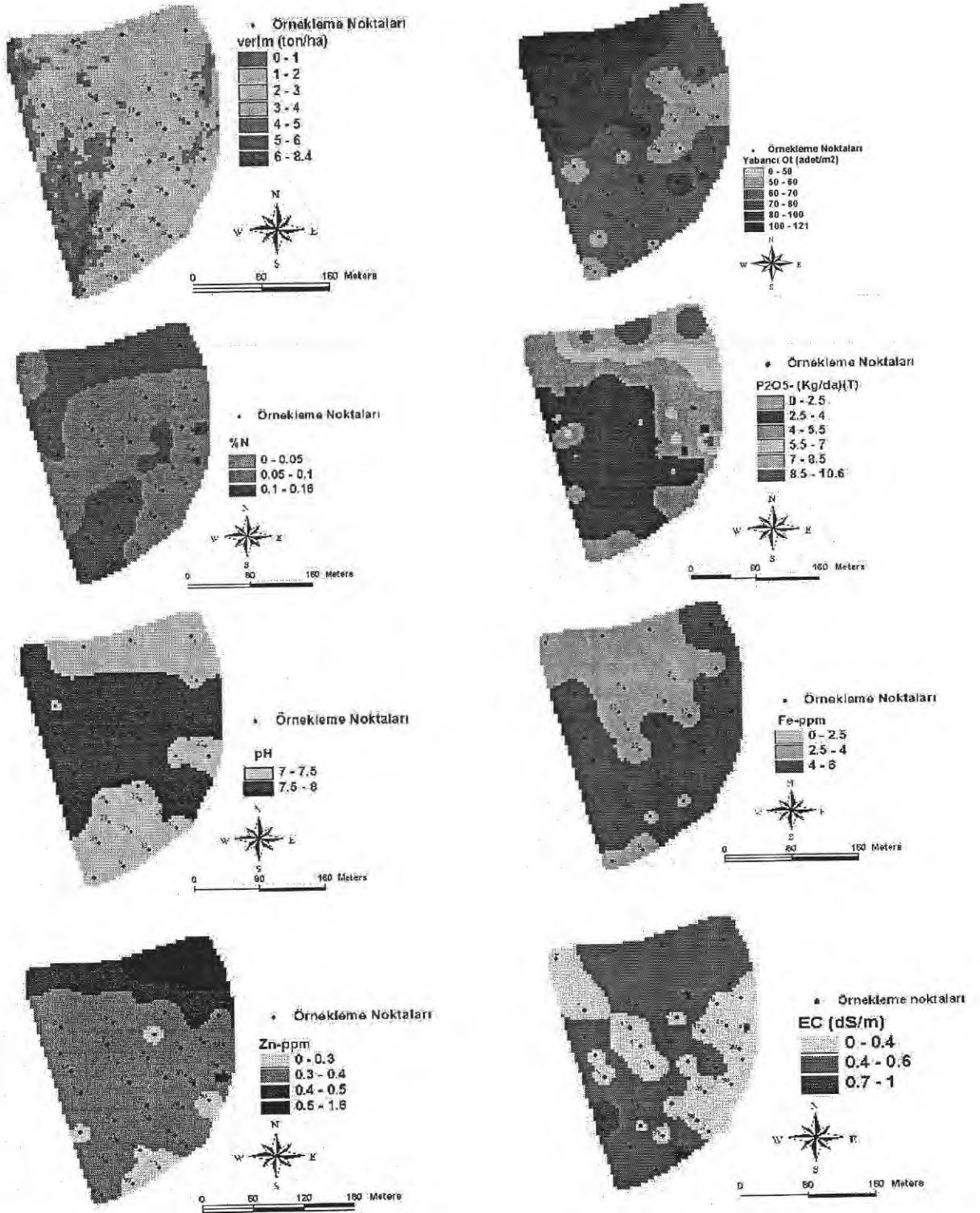
Şekil 2. Çalışma alanının georeferanslı alansal verim dağılım haritası (a) ile, 2000 yılı verim dağılım histogramı ve istatistik değerleri (b)



Şekil.3. Çalışma alanında yapraklardan alınan örneklerin georeferanslı alansal, azot, potasyum, çinko, fosfor, bakır ve demir dağılım haritaları (2000 yılı)



Şekil 4. Çalışma alanının georeferanslı alansal verim dağılım haritası (a) ile verim dağılım histogramı ve istatistik değerleri (b) (2002 yılı)



Şekil.5. Çalışma alanı buğday verimi, yabancı ot dağılımı ve bazı toprak özelliklerinin alansal dağılım haritaları (Sırasıyla toprakta azot, fosfor, pH, demir, çinko ve elektriksel konduktivite (EC) dağılım haritaları-2002 yılı)

çalışmada alanın yabancı ot dağılımı türler bazında tespit edilmiş ve arazideki yabancı ot popülasyonu dağılım haritası oluşturulmuştur.

Örnek popülasyonunda örnek değerlerinin ortalama etrafındaki dağılımı önemli bir değişkenlik ölçümüdür. Ortalama etrafındaki yayılımın diğer ölçümleri ise aralık ve değişkenlik katsayısıdır. Aralık değerinin artmasıyla standart sapma ve değişim katsayısı da o oranda artar. Daha büyük değişim katsayısı (CV) değerleri, daha küçük CV değerlerinden daha fazla değişkenlik gösterir. Mc.Bratney ve Webster (1986) tarafından değişkenlik katsayısı (CV) toprak özellikleri için şu aralıklarda sınıflandırılır:

- 0-15.....küçük
- 15-35.....Orta
- >35Yüksek değişkenliği verir.

Buna göre Atatürk Orman Çiftliği çalışma alanında buğday veriminin değişkenliği yüksek, yabancı ot değişkenlik katsayısı 24.2 ile orta düzeydedir. Arazideki yarayı fosfor ve çinko dağılımı sırasıyla 61.26 ve 59.84 gibi yüksek bir değişkenlik göstermesine karşılık, toplam azot, potasyum, organik madde ve toplam tuz sırasıyla 20.22, 29.11, 21.64 ve 17.03 ile orta değişkenlik göstermişlerdir. Diğer maddelerin değişkenlik katsayıları küçük değerlerdedir.

Bitkilerde mevcut olan besin maddeleri konsantrasyonlarının değerlendirilmesinde Reuter ve Robinson (1986)'nın çizelgesinden yararlanılmıştır. Toprak ve bitki analizlerinin ve yabancı ot popülasyonunun genel istatistiksel değerlendirmeleri SPSS istatistiksel program yardımıyla yapılmıştır. Toprak, bitki analizleri, yabancı ot popülasyonunun genel istatistiksel değerlendirmeleri ve verim ile karşılaştırma sonuçları sırasıyla Çizelge 3 ve Çizelge 4'de verilmiştir.

Atatürk Orman Çiftliği çalışma alanı için toprak, bitki değişkenleri ve verim arasındaki ilişkinin doğrusal model uyumlu olduğu bir istatistik programında test edilmiş ve grafiksel olarak da değerlendirilmiştir. Yapılan grafiksel model seçimi analizleri exponansiyel, logaritmik, ters (inverse), kuadratik modellerle, lineer model arasında kayda değer farklılık olmadığını göstermiştir. Verim ve topraktaki bağımsız değişkenler arasında, yapılmış olan çoklu doğrusal regresyon modeli sonucunda, Sig.F= 0.04'lük önemlilik derecesinde doğrusal bir ilişki belirlenmiştir (Çizelge 5). Aynı şekilde verim ve bitkideki bağımsız değişkenler arasında, yapılmış olan çoklu doğrusal regresyon modeli sonucunda, Sig.F= 0.096'lık önemlilik derecesinde zayıf da olsa doğrusal bir ilişki belirlenmiştir (Çizelge 6). Bir çok değişkenin örnek popülasyon aralığı ekstrem değerlere ulaşmadığından doğrusal modele uyum gösterdiği gözlenmiştir. Bu analiz sonucu toprakta ele alınan tüm değişkenlerin birlikte verime etkisi olduğu sonucuna varılmıştır.

Değişkenliğin yanında ortalama değerlerde direk olarak toprakta bulunan maddelerin olması gereken seviyelerde olup olmadığını da bize vermektedir. Topraklarda çinkonun 0.5 ppm seviyesi kritik değer olarak kabul edilmektedir (Mengel ve Kirkby 1981).

Çizelge 3. Toprak parametreleri istatistiksel değerlendirmeleri

Değişkenler	Ortalama	CV	Std. sapma	Değişkenlik derecesi
Verim (t/ha)	3.38	41.9	1.22	Yüksek
Yabancı ot	69.2250	24.2	16.05	Orta
Ec (dS/m)	.4769	26.3	.1217	Orta
Toplam tuz	5.975E-02	17.0	9.997E-03	Orta
% Nem	47.375	6.49	3.060	küçük
pH	7.5120	1.46	.1053	küçük
Organik mad. (%)	1.5838	21.6	.3270	Orta
% N	.1025	20.2	1.822E-02	Orta
P ₂ O ₅ Kg/Da	5.1475	61.2	2.627	Yüksek
K ₂ O Kg/Da	136.22	29.1	37.01	Orta
Fe-Ppm	4.2102	14.0	.5839	küçük
Cu-Ppm	1.2710	14.4	.1822	küçük
Zn-Ppm	.4530	59.8	.2417	yüksek
Mn-Ppm	8.7690	13.6	1.178	küçük

Std.S: Standart Sapma ve CV (Coeficient Variation): Değişkenlik katsayısı

Örnekleme noktalarındaki verim değerleri dikkate alınarak yapılan CV hesabında sonuç 35.46 gibi bir değer gösterirken tüm verim değerleri hesaba katılarak elde edilen CV değeri %41.91 gibi daha yüksek bir değişkenlik göstermiştir. Bu da popülasyon sayısı ve değerler arasındaki aralıklarla doğru orantılı olarak beklenen bir sonuçtur. Çizelge 4'de verilmiş olan bitki yapraklarındaki besin maddeleri konsantrasyonları dikkate alındığında, potasyum, demir ve bakır değerlerinin yüksek olduğu, buna karşılık yapraklardaki çinko içeriğinin düşük ve azot, fosfor ve mangan değerlerinin orta seviyede değişkenlik gösterdiği tespit edilmiştir (Çizelge 4).

Atatürk Orman Çiftliği çalışma alanı toprak, bitki ve verim verilerinin korelasyon ve regresyon analizleri de yapılmıştır. Sonuçlara göre verim ile yabancı ot popülasyonu arasında negatif yönde doğrusal bir ilişki vardır. Yabancı ot popülasyonunun yüksek yoğunlukta olduğu yerlerde verim düşük gözlenmiştir. Ayrıca demir (Fe), Elektriksel kondüktivite (EC), fosfor, toplam tuz ile de değişen anlamlılık düzeylerinde doğrusal ilişki tespit edilmiştir.

Çizelge 4. Bitki parametreleri istatistiksel değerlendirmeleri

Değişkenler	Ortalama	CV	Std. Sapma	Değişkenlik derecesi
Verim (t/ha)	3.38	41.91	1.22	yüksek
%N	2.22	15.08	.32	Orta
%P	9.008E-02	23.37	2.326E-02	Orta
%K	3.02	37.95	1.04	Yüksek
Fe ppm	294.54	39.07	101.04	yüksek
Cu ppm	8.23	27.58	2.12	yüksek
Zn ppm	17.78	74.95	10.40	Küçük
Mn ppm	66.60	81.88	33.88	Orta

Çizelge 5. Toprak parametreleri çoklu regresyon modeli özeti (AOÇ)

R	R kare Değişim istatistiği	F değişim	Df1	Df2	Sig.F değişimi
.516	.266	.726	13	22	.04

Bağımsız Değişkenler: Mn ppm, Toptuz, %Nem, EC, Fe ppm, K₂O, Zn ppm, Cu ppm, Yabancı ot, N (%), P₂O₅, Organik madde, pH ve Bağımlı değişken: Verim

Çizelge 6. Bitki parametreleri çoklu regresyon modeli özeti (AOÇ)

R	R kare Değişim istatistiği	F değişim	Df1	Df2	Sig.F değişimi
.368	.135	.521	13	26	.096

Bağımsız değişkenler: EC, K₂O, Zn ppm, Yabancı ot, Fe ppm, Cu ppm, Mn ppm, P₂O₅
Bağımlı Değişken: Verim

Sonuç

Bu sonuçlardan ve haritalardan yararlanarak arazi üzerinde önemli değişkenlik gösteren fosfor, çinko gübrelemesi ve ilaçlama arazide değişken oranlı uygulanarak (variable rate application) hem verim artışı, hem de girdilerden önemli ölçüde tasarruf sağlanabilir. Bu amaçla arazide değişken oranlı uygulamaya dönük gübre ve ilaç uygulama haritaları da hazırlanmıştır. Buna göre fosfor uygulanmasına ihtiyaç gösteren alan tüm alanın yaklaşık %30 'una tekabül etmektedir. Geleneksel uygulama ile tüm alana verilen fosforlu gübre miktarı 770 kg DAP olmuştur. Hassas tarım uygulamalarında ise bu miktardan Atatürk Orman Çiftliği çalışma arazisi için yaklaşık dörtte bir oranında gübre tasarrufu sağlanabileceği görülmüştür. Gübre tasarrufu sağlanırken hiçbir şekilde üründen bir kayıp söz konusu olmamaktadır. Burada unutulmaması gereken nokta uygulama alanının en az üç yıl süreyle izlenmesi gereğidir.

Benzer şekilde zirai mücadele uygulamalarının eldeki veriler kullanılarak üç farklı mücadele yöntemi belirlenmiştir. Bu uygulama şekli ile toplam alanın sadece yaklaşık %35 'inin ilaçlanması gerekmektedir. Benzer sonuçlar çalışmanın yürütüldüğü diğer farklı bir tarımsal arazide de elde edilmiştir.

Bu uygulamaların daha fazla kullanılmaları optimum bir gübre kullanımı ve zirai mücadele imkanı sağlayacaktır. Tüm araziye, tamamen aynı oranlı (homojen-dağılım) gübrelemek, arazinin farklı noktalarının isteğini karşılamamakta, bazı noktalar gereğinden fazla, bazı noktalar ise az gübre alabilmektedir. Aynı şey ilaçlama içinde geçerlidir. Bu hem çevreye olumsuz etki etmekte, hem de ekonomik olmamaktadır.

Atatürk Orman Çiftliği arazisinde elde edilen verim sonuçları arazinin % 50'ye yakın kısmının ortalama verimin altında kaldığını göstermiştir. Çalışma alanlarında

verimde büyük değişkenlikler görülmüştür. Çalışma alanının bazı kısımlarında yüksek verime ulaşıırken, bazı kısımlarda ortalamanın altında kalınmıştır. Hassas tarım tekniği kullanılarak yapılan bu çalışma sorulara yanıt aranmasında toprak ve bitki örneklerinin analizleri ile verimde etkili olan bazı parametrelerin hassas bir şekilde belirlenmesine ve buna göre optimum girdi kullanılmasına imkan verecek uygulama haritalarının geliştirilmesine olanak sağlamıştır.

Kaynaklar

- Blackmore, S. 1996. An information system for precision Agriculture. Brighton Conference Pests and Diseases. November 18-21.
- Earl, R., P. N. Wheeler, B. S. Blackmore and R. J. Godwin, 1996. Precision farming- The Management of variability. The Journal of the Institution of Agricultural Engineers. Vol.51 no.4 pp 18-23.
- Johnson, C. E., R. L. Schafer and S. C. Young, 1983. Controlling agricultural machinery intelligently. Proceedings of the National Conference on Agricultural Electronics Applications, pp 114-119. American Society of Agricultural Engineers, St Joseph, MI, USA.
- Güçdemir, İ., U. Türker, İ. Gedikoğlu, Ç. Arcaç ve K. Karuç, 2001. Toprak kaynaklarının geliştirilmesinde hassas tarım teknolojilerinin uygulanması. Trakya Toprak ve Su Kaynakları Sempozyumu. T.C. Başbakanlık Köy Hizmetleri Genel Müd. Sayfa 249-256., Kırklareli.
- Mc. Bratney, A. B. and R. Webster, 1986. Choosing Functions for Semivariograms of Soil Properties and Fitting them to Sampling Estimates. Journal of Soil science, 37, 617-639,1986.
- Mengel, K. and E. A. Kirkby, 1981. Principles of Plant Nutrition. International Potash Institute. P. O. Box, CH- 3048. Worblaufen- Bern/ Switzerland.
- Reuter, D. J. ve J. B. Robinson, 1986. Plant Analysis. An Interpretation Manuel. Inkata Press, Melbourne- Sydney.
- Stafford, J. V. ve P. C. H. Miller, 1993. " Spatially selective Application of Herbicide to Cereal Crops" Computers and Electronics in Agriculture, 9, p 217-229 Elsevier Science Publishers.
- Stafford, J. V. 2000. Implementing Precision Agriculture in the 21st century. J. Agric. Engng. Res. 76, 267-275.
- Wilson, B. J. and J. L. Scott, 1982. Population trends of arena fatua and Alepecuras myosuroides on commercial arable and dairy farms. Proceedings British Crop Protection Conference- weeds, 619-628.

İletişim adresi:

Ufuk TÜRKER

Ankara. Üniv. Ziraat Fak. Tarım Makinaları Bölümü-Ankara

Tel:0 312 317 05 50

Fax:0 312 318 38 88

E-mail: uturker@agri.ankara.edu.tr