



Tarım Bilimleri Dergisi
Tar. Bil. Der.

Dergi web sayfası:
www.agri.ankara.edu.tr/dergi

Journal of Agricultural Sciences

Journal homepage:
www.agri.ankara.edu.tr/journal

Görüntü İşleme Tabanlı Hassas İlaçlama Robotu

Kadir SABANCI^a, Cevat AYDIN^b

^a Batman Üniversitesi, Mühendislik Mimarlık Fakültesi, Elektrik Elektronik Mühendisliği Bölümü, 72060, Batman, TÜRKİYE

^b Selçuk Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarım Makinaları Bölümü, 42100, Konya, TÜRKİYE

ESER BİLGİSİ

Araştırma Makalesi

Sorumlu Yazar: Kadir SABANCI, E-posta: kadir.sabanci@batman.edu.tr, Tel: +90 (488) 217 36 50

Geliş tarihi: 21 Ocak 2014, Düzeltmelerin Gelişi: 16 Mart 2014, Kabul: 18 Mart 2014

ÖZET

Şeker pancarı tarımında yabancı otlarla mücadelede en etkin yöntem, mekanik olarak çapalama yöntemi ve kimyasal olarak herbisit ilaç kullanımınıdır. Kimyasal mücadelenin aşırı kullanımı dünyada ciddi çevre sorunları oluşturmaktadır. Bunun yanında insan ve hayvan sağlığını olumsuz yönde etkilemektedir. Çalışmada geliştirilen hassas ilaçlama robotu ile şeker pancarı tarımında, sıra arasında bulunan yabancı otlar görüntü işleme teknikleri kullanılarak tespit edilmiş ve yabancı ot üzerine değişken düzeyli herbisit uygulama modeli gerçekleştirilmiştir. Hassas ilaçlama robotunun meme yüksekliği 30 cm ve hızı 8.928 cm s⁻¹ iken 1.6 m² lik bir alanda yapılan ilaçlama uygulamasında, geleneksel ilaçlama uygulamasına göre % 55.22 değerinde bir ilaçlama tasarrufu elde edilmiştir. Hassas ilaçlama robotunun 8 farklı hız değerinde yabancı otlar üzerine uygulanan ilaçlama sıvısı miktarları ölçülmüştür. İlaçlama robotunun hızının artırılması, yabancı otlar üzerine uygulanan ilaçlama sıvısı miktarında bir azalmaya neden olduğu görülmüştür.

Anahtar Kelimeler: Hassas tarım; Görüntü işleme; Şeker pancarı tarımı; Yabancı ot mücadelesi

Image Processing Based Precision Spraying Robot

ARTICLE INFO

Research Article

Corresponding Author: Kadir SABANCI, E-mail: kadir.sabanci@batman.edu.tr, Tel: +90 (488) 217 36 50

Received: 21 January 2014, Received in Revised Form: 16 March 2014, Accepted: 18 March 2014

ABSTRACT

Hoing as mechanically and the use of herbicide as chemically are the most effective methods in controlling weed in sugar beet farming. Excessive use of chemical tussle results in serious environmental problems in the world. In addition, it affects human and animal health adversely. The weeds between rows in sugar beet fields were determined by using image processing techniques and a model of variable level herbicide application was applied on them with precision spraying robot developed during the study. When the nozzle height of precision spraying robot is 30 cm and the speed of it is 8.928 cm s⁻¹, a value of 55.22% saving of drugs was achieved when compared to conventional pesticide applications in a pesticide application on an area of 1.6 m². The amount of spraying liquid applied on weeds by precision spraying robot with 8 different speeds was measured. It was found that increasing the speed of the spraying robot causes a decrease in the amount of spraying liquid applied on weeds.

Keywords: Precision agriculture; Image processing; Sugar beet farming; Weed control

1. Giriş

Kültür bitkileri ile büyüme faktörleri olan su, besin maddesi ve ışık yönünden rekabete giren yabancı otlar, şeker pancarı, kısmen patates, mısır ve birçok sebze başlangıçtaki gelişme hızlarının yavaş ve rekabet kabiliyetlerinin zayıf olması nedeniyle büyük zararlara neden olurlar (Özer et al 2001).

Ülkemizde yabancı ot mücadelesinde farklı yöntemler kullanılmasına rağmen hızlı ve kesin çözüm olarak tarımda kimyasal tarım ilaçları kullanılmaktadır. Tarımda pestisit uygulamaları insan ve çevre sağlığını etkileyen bazı olumsuzluklara neden olmaktadır. Tarımsal pestisitlerin yoğun ve bilinçsiz kullanımı sonucunda gıdalarda, toprak, su ve havada kullanılan pestisitlerin kendisi ya da dönüşüm ürünleri kalabilmektedir. Hedef olmayan diğer organizmalar ve insanlar üzerinde olumsuz etkileri görülmekte ve doğal denge bozulmaktadır. Bundan dolayı tarımsal ilaçların azaltılması ya da hiç kullanılmadan yabancı ot veya zararlılarla mücadele yöntemleri üzerine araştırmalar yapılmaktadır (Malaslı 2010).

Dünyadaki toplam pestisit üretimi yıllık 3 milyon ton civarında olup, pestisitlerin yıllık satış tutarı ise 25-30 milyar \$ arasında değişmektedir (Delen 2008). Herbisitler ve insektisitler, kullanımın % 70'den fazla bir bölümünü kapsamaktadır. Diğer pestisit grupları ise % 5'lik bir paya sahiptir. Parasal olarak değerlendirildiğinde tüketimin % 31'ini insektisitler, % 26'sını herbisitler, % 20'sini de fungusitler oluşturmaktadır (Tiryaki et al 2010; Öztürk 1997).

Dünyada tarımsal mücadele ilacı üretimi hızla artmakta ve gün geçtikçe yeni yeni ilaçlar geliştirilmektedir. Buna bağlı olarak, kullanılan ilaç çeşitleri de artmaktadır. Bu artışta en büyük payı herbisitler almakta ve ileride herbisit kullanımının daha da yaygınlaşacağı tahmin edilmektedir. Ancak kimyasal mücadelede kullanılan ilaçların insan sağlığı, çevre ve doğal dengeyi olumsuz yönde etkilemesi ve artan üretim maliyetleri nedeniyle tarım ilaçları hassas, dikkatli ve en az ilaç kaybı olacak şekilde uygulanmalıdır (Dursun 2000).

Ülkemizde ve dünyada ilaç kullanımını azaltmaya yönelik birçok çalışma yapılmaktadır. Koç & Keskin (2011), çalışmalarında tarla pülverizatörü

bunlarını aktif olarak tarla yüzeyine paralel tutulmalarını sağlayacak elektro-hidrolik kontrollü bir ayar düzeninin geliştirilmesi ve modellenmesine yönelik bir mekatronik sistem geliştirilmiştir. Bunların uç kısımlarına yerleştirilmiş olan ultrasonik mesafe ölçüm sensörlerinden gelen yükseklik verilerine bağlı olarak bunların elektro-hidrolik yükseklik kontrolü gerçekleştirilmiştir. Sistemin mekanik, hidrolik ve elektronik aksamaları, bilgisayar ortamında tasarlanıp simülasyonları gerçekleştirilmiştir. Geliştirilen sistemin denemeleri için tarla pülverizatörü esas alınarak, her birinin uzunluğu 5 m olan mafsallı olarak yataklandırılmış iki kanatlı (sağ ve sol) buma sahip prototip bir dengeleme sistemi tasarlanmıştır ve imal edilmiştir.

Ishak & Rahman (2010), çalışmalarında online otomatik yabancı ot saptayıp pülverizasyon yapan bir sistem geliştirmişlerdir. Bu sistem yabancı otu otomatik ve hassas olarak algılayarak pülverizasyon yapmaktadır. Ayrıca sistem gerçek zamanlı olarak yabancı otların yoğunluğunu ve çıkış noktalarını belirlemektedir. Pülverizasyon uygulamasının başlamasından sonra web kamerası öncelikle yabancı otların görüntülerini çekmektedir. Bilgisayar programı piksel formunda RGB değerlerini saptamaktadır. Bu değerler pülverizasyon süresince gerçek görüntüleri yakalanan yabancı otları RGB değerleri ile referans olarak kullanılan RGB değerlerini karşılaştırılmalarında kullanmışlardır. Yabancı otların yeşil renkli piksel değerinin yoğunluğu veya yüzdesine bağlı olarak püskürtme memeleri açma ya da kapama yapmaktadır. Habib et al (2007), çalışmalarında görüntü işleme yöntemiyle yabancı ot sınıflandırması yapmışlardır. Görüntünün işlenmesi ve herbisit uygulamasını sağlayan mikrokontrolör ünitesinin kontrolü bir PDA ile sağlamışlardır. Bu çalışma laboratuvarında çeşitli yabancı otlarla yapılmıştır. Dar ve geniş yapraklı yabancı otların her birinden 70'er örnek ile 140 yaprak şekli alınarak yapılan çalışmada yabancı otların sınıflandırılmasında % 97 verim almışlardır.

Pérez et al (2000), araştırmalarında tahıl ekili tarlalarda bulunan yabancı otların belirlenmesinde şekil ve renk analizi yapabilen görüntü işleme tekniğinden yararlanma olanakları

üzerinde durduklarını belirtmişlerdir. Herbisit uygulamalarında tarladaki yabancı ot dağılımının bilinmesinin öneminden söz etmişlerdir. Görüntü işleme tekniğiyle yabancı ot ve ana bitkinin renk ve şekil özelliklerinden yararlanarak yabancı otları belirlemeye çalışmışlardır. Bu amaçla değişik yöntemlerden yararlanarak tarla koşullarından elde ettikleri görüntüler üzerinde işlemler yapmışlardır. Jafari et al (2006), tarafından yapılan çalışmada makine görüş konusu şeker pancarındaki yabancı otlar için işlenmiştir. Çalışmada farklı bitkilerin doğru renklerini oluşturan 3 temel bileşenin (mavi, kırmızı, yeşil görüntü) arasındaki bağlantı ayırma analizinde kullanılan görüntü bilgisinden faydalanmışlardır. Şeker pancarı bitkisinin 300 dijital görüntüsünü ve farklı normal ışıklı koşullarda yaygın şeker pancarı bitkisinin 7 tipi ayırıcı analiz prosedürünü görmek ve yeterli bilgi sağlamak için kullanılmışlardır.

Bu çalışmada; geliştirilen hassas ilaçlama robotu ile şeker pancarı tarlasındaki sıra arasında bulunan yabancı otlar görüntü işleme teknikleri kullanılarak tespit edilmesi ve yabancı otlar üzerine değişken düzeyli herbisit uygulama modeli gerçekleştirilmiştir. Bu çalışma hassas tarım uygulamalarına bir örnek teşkil etmektedir.

2. Materyal ve Yöntem

2.1. Materyal

Çalışmada ilaçlama ünitesinin, kontrol ünitesinin, kameralar ve dizüstü bilgisayarın üzerinde bulunduğu profilden yapılmış hassas bir ilaçlama robotu geliştirilmiştir (Şekil 1). İlaçlama robotunun hareketi için 4 adet (6 cm çaplı) tekerlek kullanılmıştır. İlaçlama robotu, 5 m uzunluğundaki bir ray üzerinde 0.4 mm'lik çelik bir halat vasıtasıyla ileri geri hareket ettirilmiştir.

Hassas ilaçlama robotunun ray üzerindeki hareketi, 0.75 kW'lık 3 fazlı bir asenkron motor ile sağlanmıştır. Kullanılan motorun teknik özellikleri Çizelge 1'de verilmiştir. Hassas ilaçlama robotunu istenilen hızda hareket ettirebilmek için motor devrini kontrol eden Delta marka EL serisi

VFD015EL21A model 1.5 kW gücünde bir hız kontrol cihazı (inverter) kullanılmıştır.

İlaçlama ünitesi, basınç pompası, depo, filtre, solenoid valf ve ilaçlama memesinden oluşmaktadır. İlaçlama sıvısı olarak mürekkepli su kullanılmıştır. İlaçlama ünitesinde, yabancı ot üzerine uygulanan ilaçlama sıvısını ilaçlama memesinden püskürtmek için 0.75 kW, 8 bar basınç pompası ve ilaçlama memesi olarak da 80 mikron jet sisleme çekvalfli meme kullanılmıştır (Şekil 2).



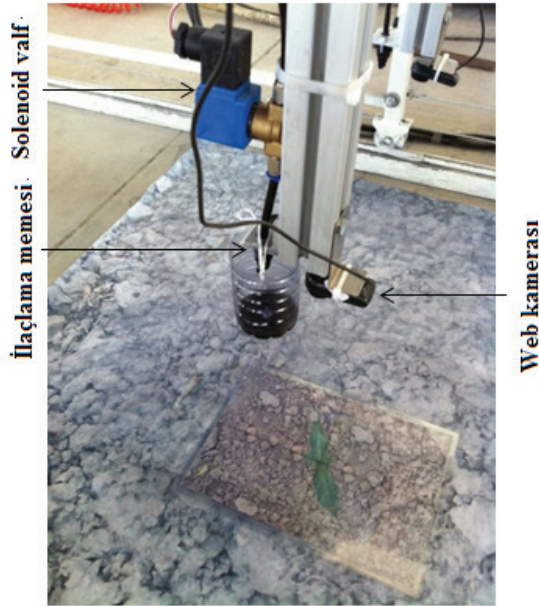
Şekil 1- Hassas ilaçlama robotunun genel görünümü (Sabancı 2013)

Figure 1- General view of the precision spraying robot (Sabancı 2013)

Çizelge 1- Asenkron motora ait teknik özellikler (Sabancı 2013)

Table 1- Technical specifications of asynchronous motors (Sabancı 2013)

Özellik	Değer
Faz	3-faz
Tip	VM 80-4
Gerilim (V)	Δ 220 γ 380
Frekans (Hz)	50 / 60
Akım (A)	3.6
Güç (kW)	0.75
Cos ϕ	0.72
Devir (minute ⁻¹)	1370



Şekil 2- Yabancı otlar üzerine uygulanan ilaçlama sıvısı ölçüm düzeneği (Sabancı 2013)

Figure 2- The measuring apparatus of spraying fluid applied on weeds (Sabancı 2013)

Kontrol ünitesinde dizüstü bilgisayardan gelen sinyallere göre valflerin durumunu değiştiren, ilaçlama robotunun hız kontrolünü sağlayan, limit anahtarlardan gelen bilgileri kontrol eden Delta marka DVP-14SS2 serisi röle çıkışlı bir adet PLC ile kumanda edilmiştir. Şeker pancarı bitkisi ve yabancı ot görüntülerini gerçek zamanlı olarak alan ve Matlab yazılımına aktaran CCD sensörlü Logitech C905 web kamerası kullanılmıştır.

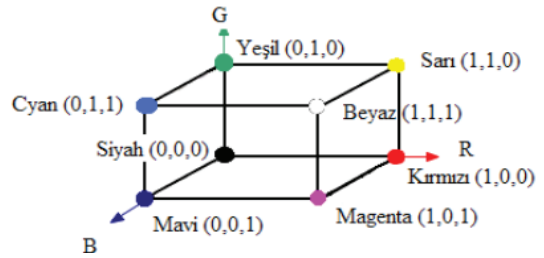
Konya ili Doğanhisar ilçesinde bulunan bir şeker pancarı tarlasındaki (38° 9' 24.78" N 31° 40' 32.74" E) şeker pancarı (*Beta vulgaris L.*) ve yabancı otların fotoğrafı çekilmiştir. Şeker pancarı tarlasında bulunan sirken (*Chenopodium album*), deve dikenini (*Carduus natus*), yabancı marul (*Lactuca scariola*) ve darıcan otu (*Echinochloa crus-galli*) çalışmamızda kullanılacak yabancı otlar olarak seçilmiştir. Araziden fotoğrafları çekilmiş şeker pancarı ve yabancı otlar, 1/1 oranında baskısı yapılarak elde edilen modeller çalışmada kullanılmıştır. Yabancı ot üzerine ilaçlamak için siyah mürekkepli su (ilaçlama sıvısı) kullanılmıştır.

2.1. Yöntem

Görüntü işleme, genel terim olarak resimsel bilgilerin manipülasyonu ve analizi demektir (Castelman 1996). Sanayi, güvenlik, jeoloji, tıp, tarım gibi çeşit alanlarda görüntü işleme tekniğinden yararlanılmaktadır. Tarımda meyvelerde renk analiz sınıflandırma, kök gelişiminin izlenmesi, yaprak alanının ölçümü, yabancı otların belirlenmesi gibi amaçlarla kullanılmaktadır (Keefe 1992; Trooien & Heermann 1992; Pérez et al 2000; Dalen 2004; Jayas & Karunakaran 2005).

Gerçek renk (true color) olarak isimlendirilen görüntülerde her bir piksel üç ayrı bileşenden oluşur. Bu bileşenler, pikselin rengini oluşturan kırmızı, yeşil ve mavi temel renklerin ağırlıklarını gösterir. Resmi oluşturan her bir piksele ait 0-255 arasında kırmızı, yeşil ve mavi değerleri vardır.

RGB renk uzayı toplamalı renk karışımı yöntemiyle bir birim küpün içinde renkleri tanımlayacak şekilde tasarlanmıştır. Herhangi bir rengi bilgisayarda görüntülemek için bu üç renk belirli yoğunluklarda karıştırılır. RGB renk uzayı koordinat eksenleri kırmızı, yeşil ve mavi olan 3D bir uzay olarak düşünülebilir (Şekil 3). Oluşturulmak istenilen renkler bu üç ana rengin koordinatları cinsinden ifade edilebilir (Yılmaz 2002).



Şekil 3- RGB renk uzayı koordinat eksenleri

Figure 3- RGB color space coordinate axes

Geleneksel ilaçlama yöntemlerinde, ilaçlama yapılırken meme sürekli açık kalmaktadır. Böylece yabancı otların olmadığı yerlere de ilaçlama yapılmaktadır. Geliştirilen hassas ilaçlama robotu ile sıra arası ilaçlama yapılırken, web kamerasının

yabancı otu gördüğü anda meme açılarak ilaçlama başlayacak ve yabancı ot kamera açısından çıkıncaya kadar devam edecektir. Böylece ilaç kullanım miktarı azalacağından hem çevre sağlığı korunmuş olacak hem de girdi maliyeti düşecektir.

Hassas ilaçlama robotu üzerinde bulunan web kamerası ile alınan görüntüdeki bitkiyi seçmek için görüntü RGB kanallarına ayrılır. Görüntü işleme algoritmalarında yeşil renkli nesnelere seçimi için kullanılan Eşitlik 1 ile yeşil renk değeri elde edilmiştir (Ramaraju & Kumar 2014).

$$F = G - 0.5R - 0.5B \quad (1)$$

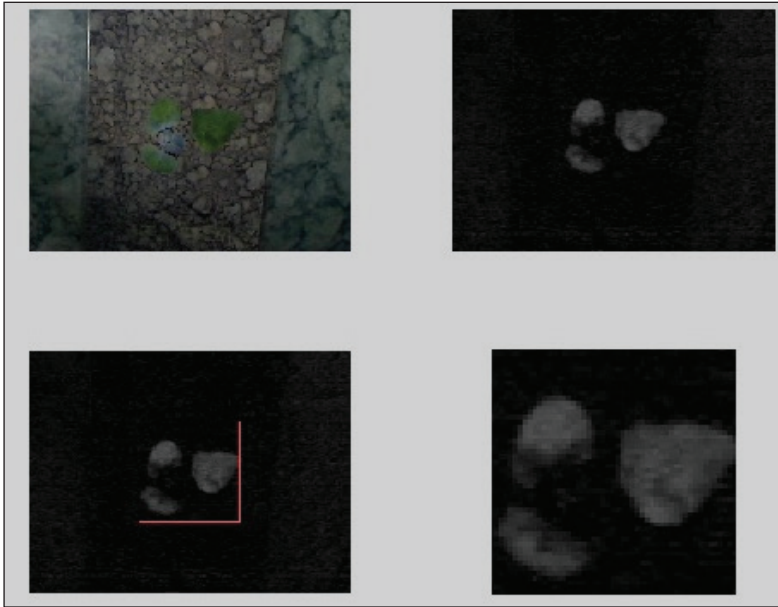
Yeşil renk bilgisinin öne çıkarılması için kırmızı(R) ve mavi(B) renk değerleri 0.5 ile çarpılarak yeşil (G) değerinden çıkarılmıştır. Bu fonksiyonda amaç rengin (F) yeşile yakınlığını tespit etmektir.

Web kamerasından alınan görüntünün tamamı yerine 100x100 piksel değerinde bir alanda bu işlem gerçekleştirilmiştir. İlaç sıvısının hassas bir şekilde uygulanması için bitki tam memenin altındayken ilaçlama gerçekleştirilmiştir. Bu alanda yeşil renk

değeri belirli bir eşik değerinin üzerindeyse yabancı ot üzerine ilaçlama sıvısı uygulanmıştır. Bitkinin büyüklüğüne göre üzerine uygulanan ilaçlama sıvı miktarı artmaktadır. Şekil 4’de sıra arası yabancı ot kontrolü ve ilaçlanmasına ait Matlab ekran görüntüsü görülmektedir. Çalışmada kullanılan 4 farklı yabancı ot türünün değişik hızlarda üzerlerine uygulanan ilaçlama sıvısı miktarlarını ölçmek için testler yapılmıştır. Bunun için hassas ilaçlama robotunun hareket yolu üzerine sırayla sirken, deve diken, yabani marul ve darıcan otu resimleri konularak denemeler yapılmıştır.

3. Bulgular ve Tartışma

Yabancı ot olarak, sirken, deve diken, yabani marul ve darıcan otu resimleri kullanılmıştır. İlaçlama robotu üzerindeki web kamerasının aldığı frame bilgileri Matlab yazılımında görüntü işleme algoritmaları ile işlenmiştir. Alınan resim bilgilerindeki yeşil piksel değerleri belli bir eşik değerinden büyük olduğu için, yeşil var bilgisi RS485 haberleşme protokolü ile PLC’ye aktarılmıştır. PLC sıra arası ilaçlamasına



Şekil 4- Sıra arası ilaçlama Matlab ekran görüntüsü (Sabancı & Aydın 2013)

Figure 4- Matlab screenshot of spraying between rows (Sabancı & Aydın 2013)

ait solenoid valfin rölesini tetiklemiştir. İlaçlama ünitesinde basınçlı bir halde bekleyen ilaçlama sıvısı yabancı ot üzerine ilaçlama memesi aracılığı ile uygulanmıştır. Hassas ilaçlama robotu, 8.928 cm s⁻¹ hızında iken tüm bu işlemleri yaklaşık 200 ms' lik bir sürede tamamlamıştır. Sıra arasındaki yabancı otların tespiti için sadece web kamerasından alınan framerlerdeki yeşil renk değerine göre işlem yapıldığı için geliştirilen sistem çok hızlı ve kararlı çalışmaktadır. Şekil 5'de sıra arası yabancı ot ilaçlamasına ait akış diyagramı görülmektedir.

Hassas ilaçlama robotunun hareket yolu üzerine 10' ar adet yabancı ot resimleri konularak, geliştirilen sistem ile yabancı otlar üzerine uygulanan ilaçlama sıvısı miktarları ölçülmüştür. Geliştirilen sistem ile normal ilaçlamada kullanılan ilaçlama sıvısı miktarları karşılaştırılmıştır. Hassas ilaçlama robotu, meme yüksekliği 30 cm ve hızı 8.928 cm s⁻¹ değerinde iken 400 cm uzunluğundaki ilaçlama hattı boyunca normal ilaçlama yapması durumunda yaklaşık 86 ml ilaçlama sıvısı uygulamıştır. Hassas ilaçlama robotu normal ilaçlama durumunda yaklaşık 45 s ilaçlama yapmıştır. Aynı hat üzerine 10' ar adet yabancı ot resimleri konularak yapılan akıllı ilaçlama durumunda ise sirken için 24 s, deve dikenini için 20 s, yabancı marul için 29 s ve darıcan otu için 14 s ilaçlama sıvısı uygulamıştır. Hassas ilaçlama robotu ile yabancı otlar üzerine uygulanan ilaçlama sıvısı miktarlarının, geleneksel ilaçlamada kullanılan ilaçlama sıvısı miktarlarına göre tasarruf yüzdeleri belirlenmiştir (Çizelge 2).

Çizelge 2' de görüldüğü gibi bitkinin yüzey alanına göre ilaçlama sıvısı miktarı değişmektedir. Web kamerasından online alınan framerlerde yüzey alanı büyük yabancı otlarda yeşil renk değeri daha uzun süre alınacağı için ilaçlama süresi artmaktadır. Bu yüzden uygulanan ilaç miktarı da daha fazla olmuştur.

Mortensen et al (2000), yabancı ot kontrolü için geliştirdikleri sensör yardımıyla yaptıkları değişken düzeyli ilaçlamanın, geleneksel yöntemlere göre uygulanan ilaç miktarına göre % 11.5–98 oranında azaldığını bildirmişlerdir. Feyaerts et al (1998), görüntü işlemeli yabancı ot herbisit uygulamalarında, ilaç miktarında % 90

oranında azalma saptamışlardır. Watchareeruetai et al (2006), görüntü işleme teknikleri kullanarak çim içerisindeki yabancı otları tespit ederek ilaçlama da % 90-94 arasında kimyasal ilaç kullanımında azalma olduğunu bildirmişlerdir.



Şekil 5- Sıra arası yabancı ot ilaçlamasına ait akış diyagramı (Sabancı 2013)

Figure 5- Flow diagram of spraying weeds between rows (Sabancı 2013)

Çizelge 2- Gerçekleştirilen sistem ile yapılan ilaç miktarları ve tasarruf oranları

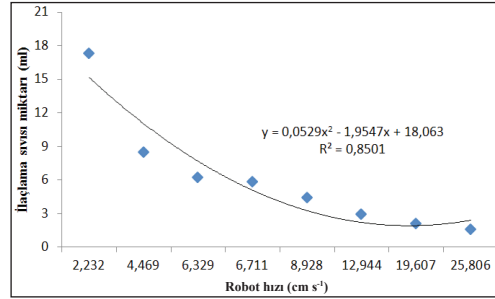
Table 2- Quantity of drugs and savings rates performed with the system

Yabancı ot türü	Uygulanan ilaçlama sıvısı miktarı (ml)	Tasarruf yüzdeleri (%)
Sirken	44	48.83
Deve dikeneni	35	59.30
Yabani marul	52	39.53
Darıcan otu	23	73.25

Hassas ilaçlama robotunun, meme yüksekliği 30 cm iken değişik hız değerleri için yabancı otlar üzerine uygulanan ilaçlama sıvısı miktarları ölçülmüştür.

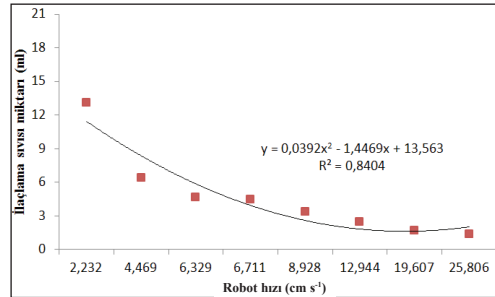
Yabancı otlar üzerine uygulanan ilaçlama sıvısı miktarları ilaçlama robotunun hızıyla ters orantılı olarak değişmektedir. Geliştirilen ilaçlama robotunun hızı arttıkça yabancı ot üzerine uygulanan ilaçlama sıvısı miktarları azalmaktadır. Bunun nedeni hassas ilaçlama robotunun hızı arttıkça web kamerasının aldığı frame sayısı azalır. Bu yüzden solenoid valfi kontrol eden rölenin çekim süresi kısalmaktadır. İlaçlama sıvısının uygulanma süresi kısaldığı için robotun hızı ile uygulanan ilaç miktarı ters orantılı olarak değişmektedir. Hassas ilaçlama robotunun hızı 4.469 cm s⁻¹'den 6.711 cm s⁻¹'ye çıktığında yani hızdaki % 50 değerinde bir artış, sirken üzerine uygulanan ilaçlama sıvısı miktarında % 31.76'lık bir azalmaya neden olmaktadır (Şekil 6).

Hassas ilaçlama robotunun hızı 4.469 cm s⁻¹'den 6.711 cm s⁻¹'ye çıktığında yani hızdaki % 50 değerinde bir artış, deve dikeneni üzerine uygulanan ilaçlama sıvısı miktarında % 29.68'lik bir azalmaya neden olmaktadır (Şekil 7). Hassas ilaçlama robotunun hızı 4.469 cm s⁻¹'den 6.711 cm s⁻¹'ye çıktığında yani hızdaki % 50 değerinde bir artış, yabani marul üzerine uygulanan ilaçlama sıvısı miktarında % 33.12'lik bir azalmaya neden olmaktadır (Şekil 8).



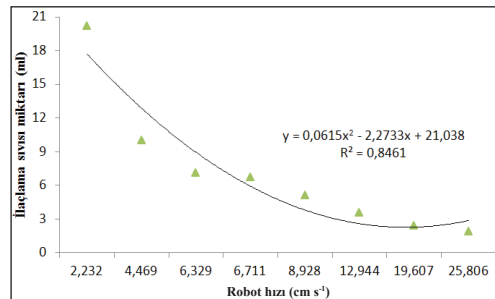
Şekil 6- Değişik hız değerlerindeki sirken üzerine uygulanan ilaçlama sıvısı miktarı değişimi

Figure 6- The change of the amount of spraying liquid applied on lamb's quarters (*Chenopodium album*) in different speed values



Şekil 7- Değişik hız değerlerindeki deve dikeneni üzerine uygulanan ilaçlama sıvısı miktarı değişimi

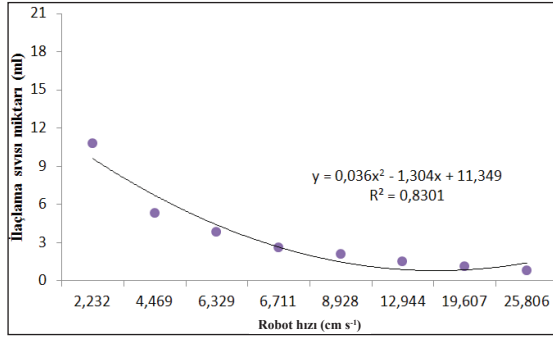
Figure 7- The change of the amount of spraying liquid applied on musk thistle (*Carduus nutans*) in different speed values



Şekil 8- Değişik hız değerlerindeki yabani marul üzerine uygulanan ilaçlama sıvısı miktarı değişimi

Figure 8- The change of the amount of spraying liquid applied on prickly lettuce (*Lactuca serriola*) in different speed values

Hassas ilaçlama robotunun hızı 4.469 cm s⁻¹'den 6.711 cm s⁻¹'ye çıktığında yani hızdaki % 50 değerinde bir artış, darıcan otu üzerine uygulanan ilaçlama sıvısı miktarında % 47.22'lik bir azalmaya neden olmaktadır (Şekil 9).



Şekil 9- Değişik hız değerlerindeki darıcan otu üzerine uygulanan ilaçlama sıvısı miktarı değişimi

Figure 9- The change of the amount of spraying liquid applied on cocksbur grass (echinochloa crus-galli) in different speed values

4. Sonuçlar

Geliştirilen sistem ile yabancı otlar tespit edilerek tarlanın tümü yerine sadece yabancı otlar üzerine ilaçlama sıvısı uygulanacağından, insan, hayvan ve çevre sağlığının korunması sağlanacaktır. Hassas ilaçlama robotunun meme yüksekliği 30 cm ve hızı 8.928 cm s⁻¹ değerinde iken 1.6 m²'lik bir alanın içinde bulunan 10 adet yabancı otlarla yapılan denemelerde geliştirilen hassas ilaçlama sistemi ile ilaçlanması, geleneksel ilaçlamaya göre ortalama % 55.22 değerinde bir ilaç tasarrufu sağlanmıştır.

Yabancı otlar üzerine atılan ilaçlama sıvısı miktarları hassas ilaçlama robotunun hızıyla ters orantılı olarak değişmiştir. Geliştirilen ilaçlama robotunun hızı arttıkça yabancı ot üzerine atılan ilaçlama sıvısı miktarları azalmıştır. Hassas ilaçlama robotunun hızı 4.469 cm s⁻¹'den 8.928 cm s⁻¹'ye çıktığında yani hızdaki % 100 değerinde bir artış, yabancı otlar üzerine uygulanan ilaçlama sıvısı miktarında ortalama yaklaşık % 77 değerinde bir azalmaya neden olmuştur.

Şeker pancarı tarlasındaki yabancı otlar için kullanılan herbisit aynı zamanda kültür bitkisi üzerine de geldiğinden bitki üzerinde kalıntılara neden olmaktadır. Ayrıca kullanılan aşırı herbisit hem toprak, hem de dolaylı olarak su kaynaklarının önemli ölçüde kirlenmelerine neden olmaktadır. Yapılan çalışma geliştirilerek şeker pancarı tarlasında uygulandığında sadece yabancı otlar üzerine herbisit uygulanacağı için kültür bitkisi üzerinde ilaç kalıntısı olmayacaktır. Böyle insan, hayvan sağlığı ve doğal denge korunacaktır. Geliştirilen hassas ilaçlama sistemi modeli geliştirilerek şeker pancarı tarlasında kullanılarak değişken düzeyli herbisit uygulaması yapılabilir. Aynı sistem seralar içerisindeki bitkilerin ilaçlanması ve sıvı gübre uygulamasında kullanılarak girdi maliyetleri düşürülebilir.

Kaynaklar

- Dalen G V (2004). Determination of the size distribution and percentage of broken kernels of rice using flatbed scanning and image analysis. *Food Research International* 37(1): 51-58
- Delen N (2008). Fungisitler. Nobel Yayın Dağıtım. Nobel Yayın No: 1360, Ankara
- Dursun E (2000). Meme aşınmasının pülverizasyon karakteristiklerine etkileri. *Ekin Dergisi* 6(21): 62-66
- Feyaerts F, Pollet P, Wambacq P & Van Gool L (1998). Sensor for weed detection based on spectral measurements. In: *Proceedings of the 4th International Conference on Precision Agriculture*, 19-22 July, Madison, WI, USA, Part B: 1537-1548
- Habib S, Islamb M, Adnan A & Nawaz S (2007). Real time machine vision weeds-classification for selective herbicide application, In: *The 2nd National Intelligent Systems And Information Technology Symposium*, 30-31 October, Malaysia pp. 142-146
- Ihsak W & Rahman K A (2010). Software development for real-time weed colour analysis. *Pertanika Journal of Science & Technology* 18(2): 243-253
- Jafari A, Mohtasebi S S, Eghbali H & Omid M (2006). Weed detection in sugar beet field using machine vision. *International Journal of Agriculture & Biology* 8(5): 602-605
- Jayas D & Karunakaran C (2005). Machine vision system in postharvest technology. *Stewart Postharvest Review* 2(2): 1-9

- Keefe P D (1992). A Dedicated wheat grain image analyzer. *Plant Varieties and Seeds* **5**(2): 27-33
- Koç C & Keskin R (2011). Tarla pülverizatörleri için pic kontrollü aktif bir bum dengeleme sisteminin geliştirilmesi. *Tarım Bilimleri Dergisi* **17**(1): 24-34
- Malaslı Z M (2010). Şekerpancarı üretim alanlarında yabancı otla mücadele yöntemleri ve uygulamanın etkinliklerinin belirlenmesi. Yüksek lisans tezi, Harran Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü (Basılmamış), Şanlıurfa
- Mortensen D A, Gerhards R & 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
- Özer Z, Kadioğlu İ, Önen H & Tursun N (2001). Herboloji (Yabancı Ot Bilimi). GOÜ. Ziraat Fakültesi Yayınları No:20, Kitaplar Serisi No:10, Tokat
- Öztürk S (1997). Tarım ilaçları, Geliştirilmiş 2. baskı. AK Basımevi, s. 551, İstanbul
- Pérez A J, Lopez F, Benlloch J V & Christensen S (2000). Colour and shape analysis techniques for weed detection in cereal fields. *Computers and Electronics in Agriculture* **25**(3): 197-212
- Ramaraju S S V S & Kumar N U (2014). Saliency detection algorithm for locating perceptible objects. *International Journal of Electronics & Communication Technology* **5**(3): 97-100
- Sabancı K (2013). Şeker pancarı tarımında yabancı ot mücadelesi için değişken düzeyli herbisit uygulama parametrelerinin yapay sinir ağlarıyla belirlenmesi. Doktora tezi, Selçuk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü (Basılmamış), Konya
- Sabancı K & Aydın C (2013). Real-Time Precise Spraying Robot For Weed Control. *International Conference of Ecosystems (ICE)*, 1-5 June, Tirana, Albania, pp. 356-359
- Tiryaki O, Canhilal R & Horuz S (2010). Tarım ilaçları kullanımı ve riskleri. *Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi* **26**(2): 154-169
- Trooien T P & Heermann D F (1992). Measurement and simulation of potato leaf area using image processing. *Model development. Transactions of the ASAE* **35**(5): 1709-1712
- Yılmaz G (2002). Renk Sistemleri, Renk Uzayları ve Dönüşümler. *Selçuk Üniversitesi Jeodezi ve Fotogrametri Mühendisliği Öğretiminde 30. Yıl Sempozyumu*, 16-18 Ekim, Konya, s. 340-350
- Watchareeruetai U, Takeuchi Y, Matsumoto T, Kudo H & Ohnishi N (2006). Computer vision based methods for detecting weeds in lawns: Cybernetics and Intelligent Systems, *IEEE Conference*, 7-9 June, Bangkok, pp. 1-6