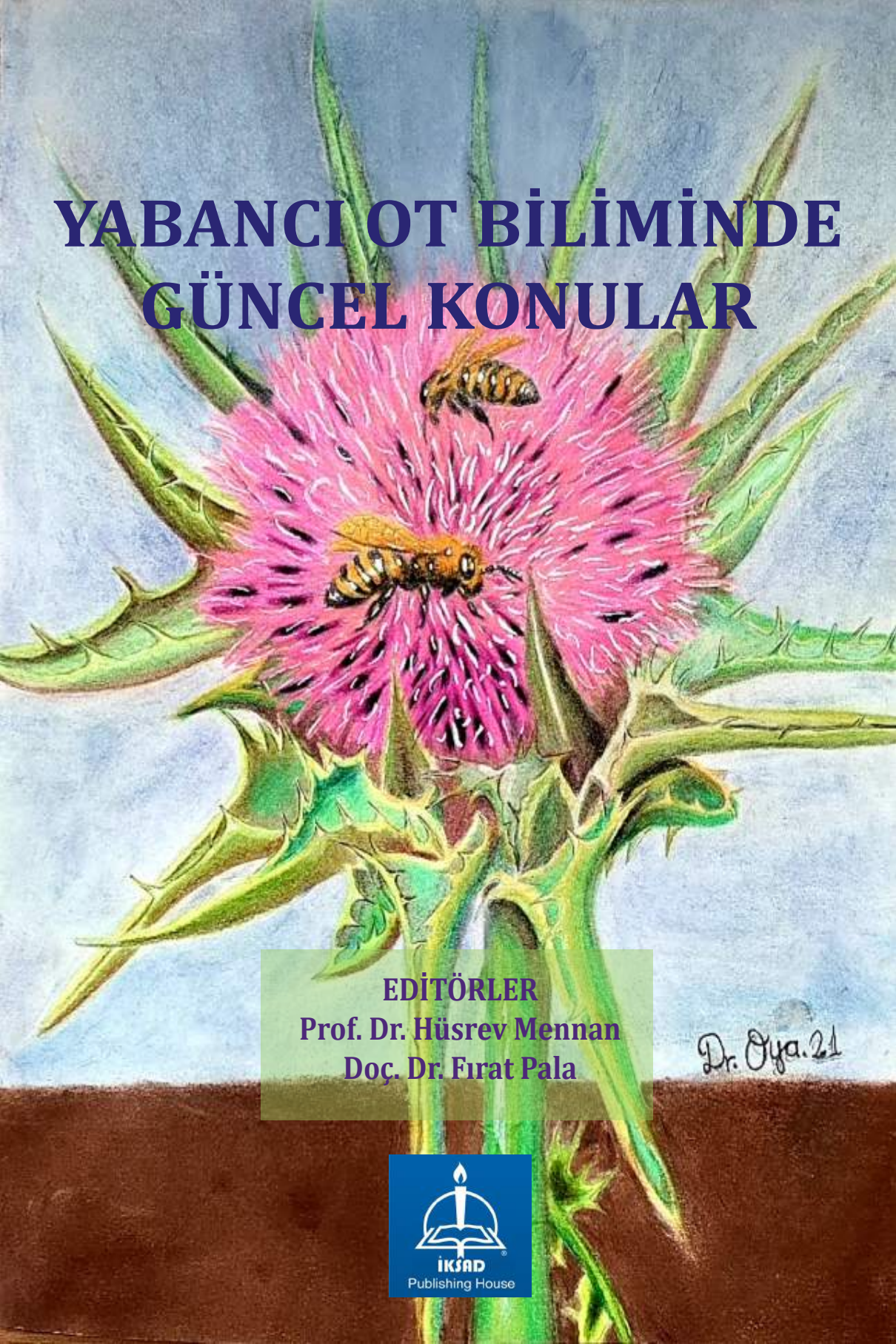
YABANCI OT BİLİMİNDE GÜNCEL KONULAR



EDİTÖRLER
Prof. Dr. Hüsrev Mennan
Doç. Dr. Fırat Pala

İKSAD
Publishing House

YABANCI OT BİLİMİNDE GÜNCEL KONULAR

EDİTÖRLER

Prof. Dr. Hüsrev Mennan
Doç. Dr. Fırat Pala

YAZARLAR

Ahmet Uludağ
Ayşe YAZLIK
Bahadır ŞİN
Büşra KAYA
Doğan IŞIK
Eda Orel AKSOY
Ender Şahin ÇOLAK
Elvan KOÇ
Erdal ATEŞ
Esra ÇİĞNİTAŞ
Hakkı TAŞDELEN
Hanife BULUT
Harun ALPTEKİN
Hasan DEMİRKAN
Hilmi TORUN
İlhan Üremiş
İstem BUDAK
Kadri Necdet ÖNGEN
Mine ÖZKİL
Necmi Aksoy
Nazife TEMEL
Ramazan GÜRBÜZ
Reyyan YERGİN ÖZKAN
Tamer ÜSTÜNER
Yasin Emre KİTİŞ

İKSAD
Publishing House

Copyright © 2021 by iksad publishing house
All rights reserved. No part of this publication may be reproduced, distributed or transmitted in any form or by
any means, including photocopying, recording or other electronic or mechanical methods, without the prior written permission of the publisher, except in the case of
brief quotations embodied in critical reviews and certain other noncommercial uses permitted by copyright law. Institution of Economic Development and Social
Researches Publications®
(The Licence Number of Publicator: 2014/31220)
TURKEY TR: +90 342 606 06 75
USA: +1 631 685 0 853
E mail: iksadyayinevi@gmail.com
www.iksadyayinevi.com

It is responsibility of the author to abide by the publishing ethics rules.
Iksad Publications – 2021©

ISBN: 978-625-8061-67-3
Cove Design: Oya GÖNEN
December / 2021
Ankara / Turkey
Size = 16 x 24 cm

İÇİNDEKİLER

EDİTÖRDEN

ÖNSÖZ…….....1

BÖLÜM 1

YABANCI OT İLE KÜLTÜR BİTKİSİ ETKİLEŞİMİ VE REKABETİ

Kadri Necdet ÖNGEN…….....3

BÖLÜM 2

BİTKİ TOPLAMA VE HERBARYUM TEKNİKLERİ

İlhan Üremiş, Ahmet Uludağ, Necmi Aksoy……..35

BÖLÜM 3

TOPRAK TOHUM BANKASI

Bahadır ŞİN ……....87

BÖLÜM 4

TOHUMLARDA DORMANSİ VE TÜRLERİ

Reyyan YERGİN ÖZKAN ……...……...111

BÖLÜM 5

KONUKÇU YABANCI OTLARIN ÖNEMİ, FARKLI TÜRLERLE OLAN İLİŞKİSİ VE AGROEKOLOJİDEKİ YERİ

Hilmi TORUN, Nazife TEMEL……....133

BÖLÜM 6

PARAZİT YABANCI OTLAR

Tamer ÜSTÜNER, Eda Orel AKSOY…….....179

BÖLÜM 7

İSTİLACI YABANCI BİTKİLER VE ETKİLERİ

Ayşe YAZLIK ……..263

BÖLÜM 8

YABANCI OTLARIN BİYOÇEŞİTLİLİK AÇISINDAN ÖNEMİ

Ramazan GÜRBÜZ……...295

BÖLÜM 9

İKLİM DEĞİŞİKLİĞİNİN YABANCI OTLAR ÜZERİNE ETKİSİ

Ender Şahin ÇOLAK, Doğan IŞIK, Hanife BULUT,
Hakkı TAŞDELEN ……..327

BÖLÜM 10

FİTOREMEDİASYON

Hasan DEMİRKAN, Büşra KAYA……..347

BÖLÜM 11

HERBİSİTLERİN ETKİ MEKANİZMASI

Erdal ATEŞ……...387

BÖLÜM 12
HERBİSİTLERİN RUHSATLANDIRILMASI
İstem BUDAK……...419

BÖLÜM 13
YABANCI OTLARLA MÜCADELEDE DİJİTAL YÖNTEMLERİN KULLANILMASI
Hakkı TAŞDELEN, Doğan IŞIK, Ender Şahin ÇOLAK
Hanife BULUT……..439

BÖLÜM 14
İNSANSIZ HAVA ARAÇLARI (İHA) VE İLE GÖRÜNTÜ İŞLEME YABANCI OT KONTROLÜ
Bahadır ŞİN……...469

BÖLÜM 15
EKİM NÖBETİNİN (ÜRÜN ROTASYONU, MÜNAVEBE) AGROEKOLOJİYE VE YABANCI OTLARA ETKİSİ
Hilmi TORUN, Mine ÖZKİL……...……491

BÖLÜM 16
YABANCI OT YÖNETİMİNDE ALLELOPATİDEN YARARLANMA OLANAKLARI
Esra ÇİĞNİTAŞ, Yasin Emre KİTİŞ……523

BÖLÜM 17
ALLELOKİMYASALLAR

Tamer ÜSTÜNER…….569

BÖLÜM 18

TERMAL YÖNTEMLERLE YABANCI OT KONTROLÜ

Yasin Emre KİTİŞ, Ramazan GÜRBÜZ……..633

BÖLÜM 19

BİYOLOJİK YABANCI OT YÖNETİMİ

Elvan KOÇ, Ramazan GÜRBÜZ, Harun ALPTEKİN…….675

BÖLÜM 20

HERBİSİTLERE DAYANIKLI YABANCI OTLARDA EPİGENETİK MEKANİZMALAR

Harun ALPTEKİN, Ramazan GÜRBÜZ, Elvan KOÇ…….701

BÖLÜM 21

HERBİSİTLERE DAYANIKLI KÜLTÜR BİTKİLERİ

Hanife BULUT, Doğan IŞIK, Hakkı TAŞDELEN,
Ender Şahin ÇOLAK……729

Önsöz

Yabancı Ot Bilimi (Herboloji) ile ilgili bilimsel literatür taraması yapmak için güncel kaynaklara ihtiyaç duyulduğu bilinmektedir. Bu eser "istenmeyen bitkiler" olarak adlandırılan yabancı otlar ile ilgili toplumda ve özellikle akademik alanda lisans ve lisansüstü öğrencilerinin ulaşabilecekleri aktüel bilimsel yazılara gereksinim duyulmasından yola çıkılarak harmanlanmıştır. Yayınlanan bu kitap ile Herboloji'nin temel amaçları nelerdir, yabancı otları nasıl kontrol edebiliriz, yabancı ot yönetimi kültür bitkisinin gelişimine nasıl etki eder, gelecekte yabancı ot direnci ile ilgili hangi yeniliklere ihtiyacımız olacak gibi sorulara cevap aramaya ve yabancı ot dünyasına geniş kapsamlı akademik bir bakış açısı kazandırılmaya çalışılmıştır. Bu kitabın yazılması için zaman harcayan, emek veren ve kitap bölüm yazarlığı yapan sayın hocalarımıza ve değerli arkadaşlarımıza sonsuz teşekkürü bir borç biliriz. Ayrıca bu akademik kitabımızın kapak tasarımı için Dr. Oya Gönen'e teşekkür ederiz. Bu kitabın Herboloji'nin akademik dünyamızda yeni bir Anabilim Dalı olma sürecine katkı sağlaması dileği ile hayırlara vesile olmasını dileriz.

BÖLÜM 13

YABANCI OTLARLA MÜCADELEDE DİJİTAL YÖNTEMLERİN KULLANILMASI

Hakkı TAŞDELEN[1] Doğan IŞIK[2]
Ender Şahin ÇOLAK[3] Hanife BULUT[4]

[1]Erciyes Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bitki Koruma Bölümü, Kayseri, Türkiye. htasdelen@erciyes.edu.tr , **Orcid: 0000-0001-7143-9422**
[2] Erciyes Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bitki Koruma Bölümü, Kayseri, Türkiye. Sorumlu yazar**,** dogani@erciyes.edu.tr. **Orcid:** 0000-0002-0554-2912
[3] Erciyes Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bitki Koruma Bölümü, Kayseri, Türkiye. endersahin@erciyes.edu.tr. **Orcid:** 0000-0002-8083-1175
[4] Erciyes Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bitki Koruma Bölümü, Kayseri, Türkiye hanife_bulut_07@hotmail.com**; Orcid: 0000-0001-8514-0026**

GİRİŞ

Dünya nüfusunun sürekli artmasına karşın tarım alanlarının artmaması, ülkemizde olduğu gibi sanayileşme, gibi nedenler ile ekilebilir tarım alanlarının hızla azalması, ilerleyen zamanlarda gıda temini konusunda sorunlara yol açacaktır. Bu sebeple sürdürülebilir tarımsal uygulamaların gündeme alınması önem taşımaktadır (Mengüç, 2018).

Tarımsal üretimde pek çok kayıp meydana gelmektedir. Bu kayıpların, %32'sine yabancı otların, %18'ine zararlıların ve %15'ine patojenlerin neden olduğu göz önüne alındığında, yabancı ot yönetiminin önemi daha iyi anlaşılmaktadır (F K Van Evert ve ark., 2017).

Tarımın ortaya çıkışından bu yana, yabancı ot mücadelesi, tarımsal üretimin kritik bir bileşeni olmuştur. Bununla birlikte, yabancı ot mücadele stratejileri kültüre özgüdür. Örneğin, Orta Amerika Birleşik Devletleri'nde, Yerli Amerikalılar yabancı otları bastırmak için mısır bitkileri arasına ekilen kabak ve fasulyeyi kullanırken, bazı insanlar toprak işlemeyi kullanmışlardır (Clay ve DeSutter, 2017). Bahçe arazilerinden tarlalara gidildikçe, tek bir kötü yabancı ot yönetim dönemi, nispeten yabancı otlardan arınmış bir tarlayı bir yabancı ot tarlasına dönüştürebilmektedir. Bunun nedeni, toprağın, dekar başına birden fazla türden milyonlarca canlı ot tohumu içermesidir. 1 000 000 tohumun sadece %1'inin ortaya çıkması ve hayatta kalması varsa, sonuç dönüm başına 10.000 bitkidir. Türe, bitki rekabetine ve ortaya

çıkma zamanına bağlı olarak, tek bir yeni bitki, bir büyüme mevsimi boyunca 500 ila 1 000 000'den fazla tohum üretebilmektedir (Stevens, 1932).

Yabancı otlar kültür bitkileri ile besin maddeleri, ışık ve su gibi faktörler nedeniyle rekabete girmekte, salgıladıkları allelopatik maddeler ve gölge tesiri ile bitki gelişmesini etkileyerek verimi düşüklüğüne neden olmakta, kültür bitkilerinde zarar yapan bazı hastalık ve zararlılara konukçuluk etmektedir. Yabancı otların yayılmasının ve tarımsal alanlara yerleşmesinin engellenmesi ile verim ve kalite kaybın en az düzeye indirilmesi için, geleneksel yöntemlerin dışında modern ve teknik mücadele yöntemlerinin uygulanması gereklidir (Anonymous, 2015).

İstenmeyen yabancı ot türleri kısa vadede kontrol altına alınmalı ve uzun vadede mücadele edilmelidir. Ancak hangi mücadele yöntemleri kullanılmalıdır? Seçici herbisitlerin piyasaya sürülmesinden önce (1950'lerde 2,4-D ile başlayarak), üreticiler yabancı otlu alanlara bölgesel mücadele olarak el emeği (çapalama, çekme), yetiştirme veya inorganik kimyasallar (sofra tuzu gibi) kullanmışlardır (Christensen ve ark., 1998). Çiftlikler büyüdükçe mücadele yöntemleri değişiklik göstermeye başlamış, insan gücü çok pahalı hale gelmiştir. Bu değişiklikler, seçici herbisitlerin tek tip uygulamalarına veya ekime kadar mücadele yöntemlerinde değişikliklere yol açmıştır. Son dönemlerde alana özgü mücadele yöntemleri geliştirilmeye başlamıştır. Yabancı ot tür ve yoğunluklarındaki değişkenlik yeterince büyükse, sahaya özel yabancı ot mücadelesinin ekonomisi ve çevresel

kalite üzerinde olumlu etki yapmaktadır (Gehards ve Christensen, 2006).

1980'lerin sonlarından başlayarak, Hassas Tarım veya sahaya özel çiftçilik, ilk olarak "toprak türüne göre çiftçilik" (Robert, ve ark., 1996), olarak başlamış daha sonra araştırmacılar, endüstri ve üreticiler için devam eden bir konu olmuştur. Sahaya özel çiftçilik, belirli problemler için mücadelenin belirli bir sahaya göre uyarlanması anlamına gelmektedir. Sahaya özgü mücadelenin itici gücü ekonomik ve çevresel oluşudur. Sahaya özel mücadele, genellikle gübre yönetimi ve uygulamasına yapılan büyük yatırımlarla birlikte besin yönetimi olarak düşünülmektedir. Dolayısıyla sahaya özgü yabancı otlar için araştırma ve geliştirme ve diğer zararlı mücadelesi stratejileri yaklaşık olarak aynı zamanda başlatılmıştır (Clay S. , 2011; Christensen ve ark., 2014)

Hassas tarım ve sahaya özel mücadele, GPS, uzaktan algılama, traktör yönlendirme sistemleri ve diğer ekipmanlar gibi bilgi teknolojilerini kullanabilmektedir (Gerhards, 2013; Humburg, 1999).

Günümüz iletişim ve teknoloji çağında, alan değişkenliğini bilmek ve en iyi çözümleri sunmak için toplanması gereken bilgilerin rutin olarak neredeyse anlık ve ucuz bir şekilde elde edilmesi beklenmektedir. Bilgiler gerçek zamanlı olarak mevcut olmalıdır ve sonuçta ortaya çıkan eylem planı, tüm alana uyan tek bir yönetim tipi normuna minimum değişiklik veya ek maliyetlerle gerçekleştirilmelidir. Bilgi toplama, ekonomik belirsizlik ve uygulama karmaşıklıkları

ile ilgili zorluklar, sahaya özel mücadelenin benimsenmesini yavaşlattığına işaret edilmiştir (C. Zhang ve Kovacs, 2012)

Teknolojideki gelişmelerle birlikte yabancı ot mücadelesinde de dijital ve akıllı yöntemlerin kullanılması ile ilgili çalışmalar her geçen gün artmaktadır. Yabancı ot kontrolünde kullanılan modern ve dijital yöntemlerden bazıları şunlardır:

- Görüntü işleme teknikleri ile yabancı ot mücadelesinin yapılması
- Ultrasonik dalgalarla yabancı ot tespitinin yapılması
- Lazer kullanılarak yabancı ot tespitinin yapılması

Bu çalışmada yabancı otlarla mücadelede yardımcı unsur olarak kullanımı her geçen gün artan, modern tarım için uygulanabilir bazı dijital ve akıllı yöntemlerin incelemesine çalışılmıştır. Söz konusu çalışma, dijital teknolojilerde yaşanan gelişmelerin, modern tarım uygulamalarında, mevcut kullanımların ötesinde daha verimli, yeni kullanım olanakları sunabileceğini göstermektedir.

1. GÖRÜNTÜ İŞLEME TEKNİKLERİ VE YABANCI OT MÜCADELESİNDE KULLANIMI

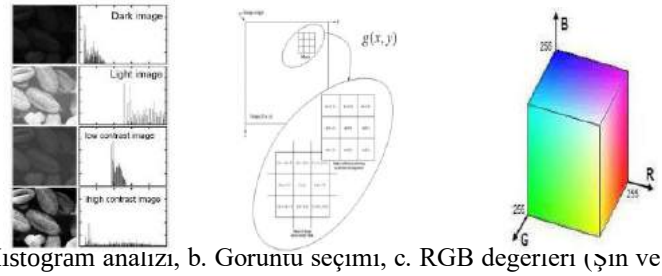
1.1. Görüntü İşleme Tekniği

Görüntü işleme tekniği; çekilmiş olan bir görüntünün sayısal olarak yazılım ve bilgisayar kullanılarak değiştirilmesi işlemi olarak tanımlanmaktadır (Ağın ve Malaslı, 2016). Görüntü işlemenin yapılmasında önemli 3 aşama vardır. Bunlardan birincisi elde edilen görüntünün sayısal formata çevrilmesidir. İkinci aşama elde edilen

görüntünün kullanılacak formata dönüştürülmesi ve düzenlenmesidir. Üçüncü ve son aşama ise analizlerin yapılarak görüntüden sonuç alınmasıdır. Bir görüntünün sayısal olarak işlenmeden önce veri kütüphaneleri hazırlanmalı ve sayısal ortama sorunsuz şekilde transfer edilmelidir. Sonraki aşama, hâlihazırdaki veri kütüphanelerini hazırladıktan sonra seçilmiş olan görüntülerin işlenmesidir (Şin & Kadıoğlu, 2019).

Görüntüleri işlemek için 3 farklı metot kullanılmaktadır. Bu metotlardan birincisi beyaz-gri dengesi olarak adlandırılan histogram metodudur. Bu metotta yapılmak istenen sayısal görüntüdeki beyaz-gri dengesini kullanarak görüntüdeki şeklin tespit edilmesidir (Şekil 1a).

İkinci metot olarak görüntü filtrelemesi kullanılmaktadır. Görüntü filtreleme tekniğinde elde bulunan dijital görüntünün yatay ve dikey olarak sütunlara ayrılmasıyla (grid) kullanılacak kısmın alınıp işlenmesi hedeflenmektedir (Şekil 1b). Üçüncü metotta ise temel renk model esas alınmak yoluyla R-G-B (red-green-blue) değerlerinden faydalanılarak sayısal görüntünün belirlenmesinin yapılmasıdır (Şekil 1c) (Şin ve Kadıoğlu, 2019).



Şekil 1. a. Histogram analizi, b. Goruntu seçımı, c. RGB degerıerı (Şın ve Kadıoğlu, 2019).

1.2. Uzaktan Algılama Teknikleri ve Sensörleri

Bitki örtüsü tespiti için çoğunlukla, güneşten yansıyan ışınları kullanan pasif sensör sistemleri kullanılmaktadır. Hiperspektral ve pasif optik sistemler genel olarak aktif LiDAR veya SAR sensör sistemlerine göre bitki türlerinin sınıflandırılması için daha yüksek etkiye sahiptir (Doğan ve Yıldız, 2019). Yük olarak mevcut olan en önemli sensörler, kaydedebilecekleri spektral uzunluk ve sayıya bağlı olarak üç sınıfa ayrılmıştır. Bunlar RGB (Kırmızı, Yeşil, Mavi) sensörler, multispektral sensörler ve hiperspektral sensörlerdir.

1.2.1. RGB / VIS Sensörleri

Bu sensörler, Yeşil / Kırmızı Bitki İndeksi (GRVI), Yeşillik İndeksi (GI) ve Aşırı Yeşillik (ExG) gibi bitki örtüsü indekslerini kabul edilebilir veya yüksek doğrulukla hesaplamak için kullanılır. Ayrıca, nesne tanıma, fenoloji, patolojiler ve benzer amaçlarla makine öğrenimi teknikleri için RGB sensörleri giderek daha fazla kullanılmaktadır (Şin & Kadıoğlu, 2019).

1.2.2. Multispektral Sensörler

Çok objektifli kameralar: Farklı filtre-film kullanımları ile aynı geometrik noktadan eş zamanda, elektromanyetik spektrumun farklı dalga boylarını kapsayan fotoğrafların elde edildiği kamera sistemleridir. Çoğunlukla 4 objektifi olan bu kameralar, çok bantlı (multispektral) fotoğrafçılık yöntemiyle, aynı yeryüzü şekillerinin farklı dalga boyları için gösterdiği farklı yansıma özelliklerini araştırmada fayda sağlamaktadırlar (Karahalil, 2016). Multispektral

görüntüleme yöntemi kullanılarak görünür bölge ve yakın kızılötesi spektral bölgelerin görüntülemesi yapılmaktadır (Anonymus, 2021).

1.2.3. Hiperspektral Sensörler

Uzaktan algılama (temassız algılama) teknolojisinin içerisinde olan hiper spektral görüntü algılama, nesne (inorganik/organik) alanlarından yansıyan enerjinin bitişik ve dar çok sayıda dalga boyu bandında ölçümü ve elektromanyetik spektrumdan gelen verilerin kaydedilmesive işlenmesidir (Tekin ve Şen, 2017). Yapılan ölçme işlemlerinden, her bir cismin belirli dalga boylarında ışığı farklı şekilde yansıtmasına bağlı olarak, o materyallere ait parmak izleri tespit edilir (Yüksel, ve ark., 2015). Son zamanlarda gelişmekte olan ve kullanım alanları giderek artan bu teknolojiden; askeri, tarım, fizik, astronomi, çevre, madencilik, göz bakımı gibi pek çok alanda faydalanılmaktadır.

İnsan gözünün renk olarak algıladığı aralık 0,4-0,7 µm (400-700 nm) dir. Hiper spektral görüntülemede ise bu aralık çoğunlukla 0,4-2,5 µm (400-2500 nm) olarak ayarlanır. Görünür, orta kızılötesi ve yakın kızılötesi aralığını kapsayan bu geniş bant aralığı nesne tanımlamasında (ayrıştırmada) ciddi öneme sahiptir. Sonuçta hiper spektral görüntüleme, aynı diğer uzaktan algılama tekniklerinde (multi spektral görüntüler, uydu görüntüleri,) olduğu gibi insan gözünün algılayamadığı dalga boylarında ve spektral bantlarda bilgi sağlayarak bitki yetiştiriciliğinin bitki ihtiyaçları, verim tahminleri, farklı aşamaları gibi alanlarda araştırmacılara ve yetiştiricilere önemli bilgiler sağlamaktadır (Tekin ve Şen, 2017).

2. İNSANSIZ HAVA ARACI KULLANILARAK YABANCI OT MÜCADELESİNİN YAPILMASI

Tarımsal üretimde ürünün kalitesini ve miktarını korumak için herbisitlerin temel araçlar olarak kullanılması gereklidir. Herbisitlerin uygunsuz kullanımı verim azalmasına ve çevre kirliliğine neden olabilir. Bu sorunun temel nedeni, herbisitlerin yabancı ot içermeyen alanlara yayılmasıdır. Mevcut yabancı ot kontrol uygulamaları sorunlarını çözmek için yeni stratejiler geliştirmeye ihtiyaç vardır.

Bu amaca ulaşmak için, herbisitin hassas bir şekilde püskürtülmesi amacıyla doğru bir yabancı ot örtüsü haritası oluşturmak gerekir. Sahaya özgü yabancı ot yönetimi uygulamasında, kimyasallara en çok nerede, en az ihtiyaç duyulduğuna veya hiç kullanılmaması gerektiğine karar vermek için bir yabancı ot örtüsü haritası kullanılabilir. Genellikle yabancı ot örtüsü haritası, uzaktan algılama teknolojisi kullanılarak geliştirilebilir (Huang, ve ark., 2018).

İHA (drone); kullanımında insan taşımayan aracın havada kalmasında aerodinamik kuvvetlerden faydalanılan, önceden programlanarak veya harici bir pilot ile yerden komuta ile edilerek uçurulan, uçuş sonrası tahrip olan ya da tekrar kullanılabilen motor gücüne sahip insansız hava aracı olarak tanımlanabilir (Aslan, ve ark., 2019).

Uydulardan ve uçaklardan gelen görüntü kalitesi, atmosferik koşullara ve günün saatine bağlıdır. Bir nesneden gelen parlaklık atmosferdeki gazlar ve aerosoller tarafından dağıldığı için görüntülerin düzeltilmesi gerekebilir ve yüzey parıltısı da tespit edilen parlaklığı

etkileyebilmektedir (Gao ve ark., 2009). En iyi görüntüler, parlak, güneşli, bulutsuz günlerde 10.00 ile 14.00 arasında alınmaktadır. Bir hava platformunun yüksekliği ve sensör tipi görüntünün çözünürlüğünü belirleyecek ve ilgilenilen alan tek bir görüntü veya birden fazla görüntü olarak kaydedilecektir. Alan üzerinde birkaç uçuş yolunun uçulması gerekiyorsa, mozaik kapsama sağlamak için görüntülerin 'birbirine birleştirilmesi' gerekmektedir (Zhang ve Kovacs , 2012)

Saha görüntüleri, döner kanatlı (Şekil 2) veya sabit kanatlı uçaklar (Şekil 3) gibi insansız uçak sistemlerinden veya dronlardan elde edilmektedir. Sensörlerle donatılmış İHA'lar, renkli veya yanlış renkli görüntüler (Şekil 4) veya multispektral görüntüler, gaz algılama veya termal bilgiler gibi diğer ilgi çekici bilgileri sağlamaktadır (Roldan ve ark, 2015). Daha düşük uçuş irtifaları (125 m veya daha az) nedeniyle, atmosferik düzeltmeye gerek yoktur. GPS alıcıları, UAV'de uçuş yolunu programlamak için kullanılan bileşenlerin bir parçasıdır, böylece elde edilen veriler coğrafi olarak referanslandırılabilir. İHA'ları saha keşiflerinde kullanmanın sayısız avantajı vardır. Görüntü elde etme fırsatları, uydu üzerinden uçuş süreleri veya bir uçağa bağımlılık ile sınırlı değildir. Bir İHA satın almanın maliyeti, diğer uzaktan algılama araçlarına kıyasla düşüktür. Uçuş süresi nispeten hızlıdır (bazı modellerde 90 km/saat seyir hızı) ve kalkış ve iniş mesafeleri minimumdur (Watts , ve ark., 2010).

İHA'lar, diğer düşük yükseklikte uzaktan algılama ortamlarına benzer biçimde, bulut örtüsünün altında ve sahaya yakın sürekli alanların

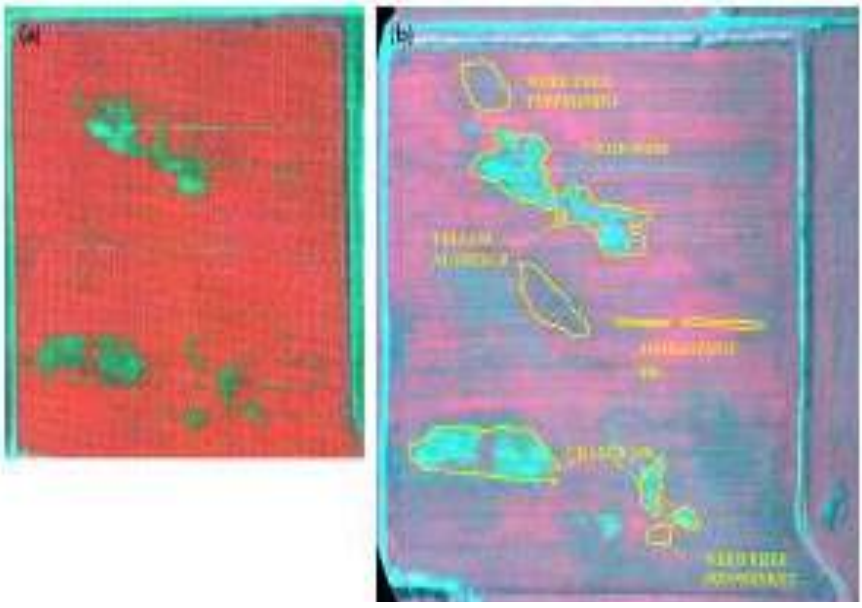
yüksek çözünürlüklü görüntülerini elde etmek için kullanılabilir ve gerektiğinde nispeten düşük maliyet ve hızda veri toplanmasına izin verir (Sánchez-Sastre, ve ark., 2020).



Şekil 2. Yük olarak kameralı döner kanatlı bir drone görüntüsü (Clay & Bruggeman,, Site-specific weed management, 2018)



Şekil 3. Sabit kanatlı insansız hava aracının görüntüsü (Clay & Bruggeman,, Site-specific weed management, 2018)



Şekil 4 (a) ve (b). 1800 m üzerinde uçan uçakla elde edilen 14 ha'lık bir alanın hava sahası görüntüsü hedef ve multispektral bantlı bir kamera kullanma (a) ve alan problemlerinin tanımlanması (b) temel gerçeği kullanarak bilgi (Clay & Bruggeman,, Site-specific weed management, 2018)

3. YABANCI OTLARLA MÜCADELEDE ROBOTİK SİSTEMLERİN KULLANILMASI

Tarımda robotik sistemler, hasattan yabancı ot kontrolüne kadar birçok farklı tarla uygulamasında kullanılabilir. Görünümleri ve kurulumları değişiklik gösterebilir ve modifiye edilmiş bir traktörden, bir ekim işlemini gerçekleştirmek için tarlayı bağımsız olarak dolaşan küçük özel bir platforma kadar değişebilir. Robotik sistemler, uzun yıllardır endüstriyel tarzdaki iş hatlarının önemli bir parçası olmuştur (Machleb, ve ark., 2020).

Yabancı ot tespitinde, temizlemesinde ve herbisit uygulamalarında robotik sistemlerin kullanılması, süreci uzaktan takip ederek otomatikleştirmesine yardımcı olacaktır. Bu nedenle, akıllı otonom robotların kullanılması, herbisit kullanım miktarında önemli bir azalmaya yardımcı olabilir ve sonuç olarak, arazide insan gereksinimi olmadan süreci otomatikleştirir.

Robotik ayıklama, algı sistemlerinin, özellikle de bilgisayarla görme teknolojisinin evrimi sayesinde bazı robotik ot ayıklama makinelerinin geliştirilmesi mümkün hale gelmiştir (Gai ve ark., 2020).

Herbisitlerin ileri teknoloji robotlarla birlikte yabancı otlarla mücadelede kullanılması girdileri düşürücü bir etken olması yanında çevreci bir unsur olmasıyla da öne çıkmaktadır. Robotların mekanik olarak mücadelesi de yabancı otların kültür bitkisine zarar vermeden yabancı otları kökten sökmek veya etkinliğini azaltıcı şekilde müdahale etmeyi kapsamaktadır (Van Der Weide ve ark., 2008). Herbisitlerin uygulamadaki bilimsel olarak zararlarının ve olumsuz

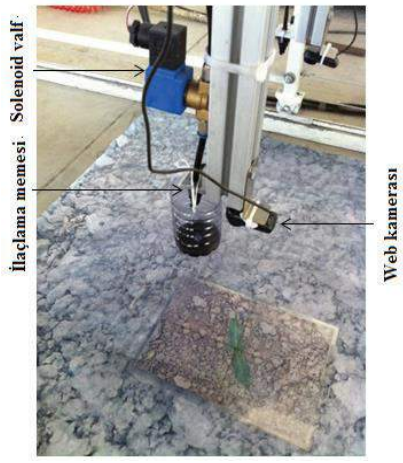
çıktıları git gide toplumlara daha fazla yansıtılması nedeniyle devletler ve devlet desteği alan üreticilerce herbisitlerin kullanımında mümkün olduğu kadar azalmaya gidilmektedir (Hillocks, 2012).

Sabancı ve Aydın (2014), Yaptıkları bir çalışmada, şeker pancarı üretiminde, sıra arasında olan yabancı otları görüntü işleme teknikleri yardımıyla tespit ederek yabancı ot üzerine değişken düzeyli herbisit kullanımı amacıyla kameralar ve dizüstü bilgisayardan oluşan hassas bir ilaçlama robotu modeli geliştirmişlerdir.

İlaçlama robotunun hareketinde 6 cm çaplı 4 adet tekerlek kullanılmıştır. İlaçlama robotunu 5 m uzunluğundaki bir hat üzerinde ileri geri hareket ettirebilmek için, 0.4 mm' lik çelik bir kullanılmıştır. İlaçlama robotunun hat üzerindeki hareketi için, 3 fazlı 0.75 kW' lık bir asenkron motor ile kullanılmıştır (Şekil 5). İlaçlama robotunun devrini kontrol etmek için Delta marka EL serisi VFD015EL21A model 1,5 kW gücünde bir hız kontrol aygıtı kullanılmıştır. Robotun ilaçlama bölümü, depo, basınç pompası, solenoid valf, filtre ve ilaçlama memesini kapsamaktadır. İlaçlama sıvısını ilaçlama memesinden püskürtmek amacıyla 8 bar, 0.75 kW lık basınç pompası ve ilaçlama memesi olarak da 80 mikron jet sisleme çek valfli meme kullanılmıştır (Şekil 6).



Şekil 5- Hassas İlaçlama Robotunun Görünümü



Şekil 6- Yabancı Otlar Üzerine Genel Sıvı Ölçüm Düzeneği (Sabancı & Aydın, 2014)

Kontrol bölümünde dizüstü bilgisayardan gelen sinyallere göre valflerin hareketini değiştiren, ilaçlama robotunun hız kontrolünü yapan, limit anahtarlardan gelen verileri kontrol eden Delta marka DVP-14SS2 serisi röle çıkışlı bir adet PLC ile komuta edilmiştir. Şeker pancarı ve yabancı ot görüntülerini eş zamanlı olarak alan ve Matlab yazılımına transfer eden CCD sensörlü Logitech C905 web kamerası kullanılmıştır.

Geleneksel ilaçlama tekniklerinde, ilaçlama esnasında meme sürekli açık kalmaktadır. Bunun sonucunda yabancı otların olmadığı yerlere de ilaçlama yapılmaktadır. Tasarlanan hassas ilaçlama robotu ile sıra arası ilaçlama yapılırken, web kamerasının yabancı otu gördüğü zaman meme açılarak ilaçlama başlayacak ve yabancı ot kameranın görüş alanından çıkıncaya kadar devam edecektir. Bu şekilde

ilaçlamada, ilaç kullanım miktarı azalmasından dolayı çevre sağlığı korunarak girdi maliyeti de düşecektir.

Hassas ilaçlama robotunun web kamerası ile alınan görüntüdeki bitkiyi tanımlama işlemini görüntüyü RGB kanallarına ayırarak yapar. Görüntü işleme tekniklerinde yeşil renkli cisimlerin seçimi için kullanılan eşitlik 1 ile yeşil renk değeri elde edilmiştir (Ramaraju ve Kumar 2014).

Blasco ve ark., (2002) tarafından sebze üretim alanlarında tüketicinin güvenilir isteği sebebiyle yabancı otlarla mücadele daha iyi kontrol sağlayabilecek hafif yapılı, kolay hareket edebilen robot tasarımı sunulmaktadır. Burada yabancı otlarla tek tek 15.000 V elektriksel yük ile yapılan bir mücadele yöntemi çalışılmaktadır. Sistem biri tespit diğeri kullanımdaki bozuklukları düzeltmek amacıyla iki kameralı bir yapıdan oluşmaktadır, ayrıca tüm alt birimlerin koordinasyonunun sağlandığı denetleyici alan ağıyla (CAN) bilgisayarlı bir mekanizma ve pilli elektrottan oluşmuştur. Sebze alanlarında yapılan çalışmalar incelendiğinde: Domateste (*Lycopersicon esculentum* L.) yabancı otlarla mücadele amacıyla hedef bazlı bir robotik sistem kullanılmıştır (Lee ve ark., 1999) ve Lahanada (*Brassica oleracea* L.) da benzer bir çalışma yapılmıştır. Şeker pancarında da disklerle çapa gereken yabancı otlar robotlarla mücadele yolu izlenmiştir (Bontsema ve ark.., 1998).

Philipp ve ark., (2002) tarafından yapılan çalışmada uygulandığı şekline benzer olarak yabancı otların sınıflandırılmasında homojen, silindirik gibi çok sayıda renk alanı kullanılmaktadır. Yabancı otlarla

mücadele için araziden toplanan verileri bir kümeleme algoritması yardımıyla yabancı otlar sınıflandırılmıştır. Sistemde hem Googlenet çerçevesinden öğrenilmiş derin evrişimli sinir ağı (DCNN) özellikleri olan el yapımı özellikler (HCF'ler) olmak üzere iki ana özellik kategori kullanılmıştır. Bu çalışmada göre el yapımı sınıflandırmanın kullanımda daha etkin olduğu bildirilmektedir. Robotik sistemlerin, bazı otomasyondan kaynaklı zorlukları olmasına rağmen klasik yabancı otlara göre yabancı ot mücadele maliyetini %20 oranında azaltabildiğinden ekonomik bir yöntem olmaktadır (Pedersen ver ark., 2006). AgBotII tarafından toplanan alan verileriyle çalışmadaki sistemi pamuk alanlarında sorunsuz uygulayabildikleri bildirilmektedir. Bu çalışmada, insanlar tarafından etiketlenmiş sekiz farklı yabancı ot türünün görüntüsünü içeren Deepweeds çalışması Avustralya meralardaki yabancı otlardan Inception-v3 ve ResNet-50 CNN modellerini kullanarak veri setleri elde edilmesi amaçlanmıştır. ResNet-50 iyi bir performans sağlayarak görüntü başına 53,4 ms ve 18,7 fps değer sağlayarak robotik kontrol için gerekli olan şartları sağlamıştır. Elde edilen tutarlı veriler gelecekteki robotlarla yabancı ot mücadelesi için temel oluşturacağı düşünülmektedir.

Nishiwaki ve ark., (2004) tarafından çeltik ekim alanlarında püskürtme yöntemi kullanarak yabancı otlarla mücadele edebilen meme odaklandırma sistemli bir robot geliştirilmiştir.

Kültür bitkilerinde sıra üzerinde yetişen yabancı otları yok etmek mekanik olarak mücadele önemli derecede zorluklar vardır, kültür bitkisine zarar vermeyecek seçici bir herbisit veya ürünü

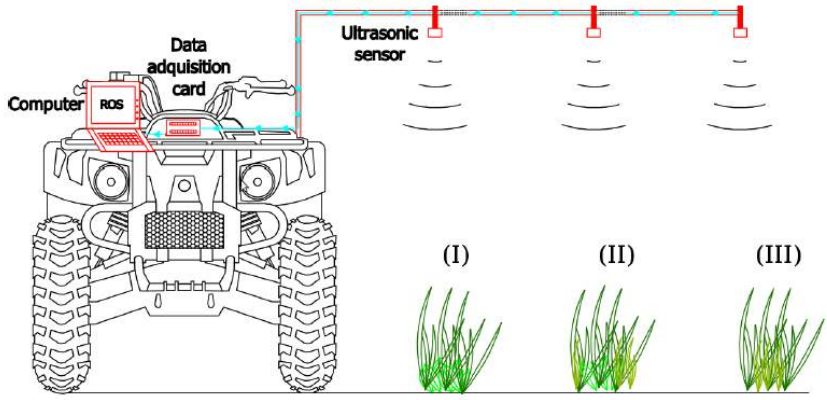
etkilemeyecek bir uygulama verim açısından gerekli olmaktadır. Sıra üzerindeki yabancı otların kontrolünde kültür bitkisine veya toprağa temas etmeden sadece yabancı otların yapraklarını hedefleyecek kültür bitkilerine zarar vermeyen isteğe bağlı damlama (Drop-on-demand) (DoD) adı verilen bir yöntem geliştirilmiştir. DoD herbisit uygulamalarında havasız yada havalı valf sistemleri basınç için çeşitli başlıklar ve iğneler kullanılmıştır (Søgaard ve ark., 2005; Nieuwenhuizen, 2009; Basi ve ark. 2012). Herbisitlere dayanıklı olan *Solanum nigrum* L.'ye karşı glifosat uygulaması bitki başına 27 ug olacak şekilde uygulanmış ve başarılı sonuçlar elde edilmiştir (Lund ve ark. 2006).

4. ULTRASONİK SENSÖR SİSTEMLERİYLE YABANCI OT KONTROLÜ

Mekanik enerjiyi ses dalgaları şeklinde yaymak ve almak amacıyla elektrik enerjisi ve bir seramik transduserden oluşan ultrasonik sensörler kullanılmaktadır. Ses dalgaları aslında katılar, sıvılar ve gazlar boyunca ilerleyen basınç hareketleridir ve endüstriyel uygulamalarda, mesafe ölçmek veya hedeflerin varlığını ya da yokluğunu tespit etmek için faydalanılır. Sensörde elektrik enerjisi uygulandığında titreşen bir transduser vardır. Titreşimler havadaki molekülleri sıkıştırıp ve genişleterek sensörün ön tarafından istenen cisme doğru ses dalgaları gönderir. Transduser de sesi iletir ve alır. Ultrasonik sensör, bir ses dalgası göndererek ve ardından yeni dalga göndermeden önce ses dalgasının dönüş yankısının hedef cisimden

dönmesine imkân tanıyacak şekilde, belli bir süre bekleyerek ve "dinleyerek" mesafeyi tespit eder (Bannerengineering., 2021).

Ultrasonik sensör sistemleri ile boy farkından yararlanılarak kültür bitkisi içerisindeki yabancı otların tespiti yapılmaktadır. Andújar ve ark.,(2012) bitki boylarının belirlenmesi için ultrasonik sensörlerden faydalanarak kışlık buğday tarlasında bir çalışma yapmışlardır. Çalışmada yabancı otlu bölgelerin, yabancı otsuz alanlara göre daha yüksek miktarda biyokütleye sahip olduğu ve bunun bitki boyuna göre belirlenebileceği varsayılmıştır. Ultrasonik sensör kullanılarak, zemini kaplayan ekin ve yabancı ot karışımına olan mesafe ölçülmüştür (Şekil 7). Kalibrasyon denklemi ile zaman damgalı ham sensör (voltaj) çıkışları ve mesafeleri elde etmek için ROS (Robot Operating System) için bir yazılım geliştirilmiştir. Mahsulün ve yabancı otların yükseklikleri, gerçek tahmini mesafenin referans mesafeden (0,80 m) çıkarılmasıyla tahmin edilmiştir. Bu mesafe, sistemi ilk kalibrasyon yapma adımı sırasında elde edilmiştir. Yabancı ot içermeyen bir alanda, sensörün zemin üzerindeki yüksekliğini ölçmek için 10 s boyunca mesafe okumalarının ortalaması alınarak bu mesafe, çalışma koşulları için referans mesafe olarak kaydedilmiştir.

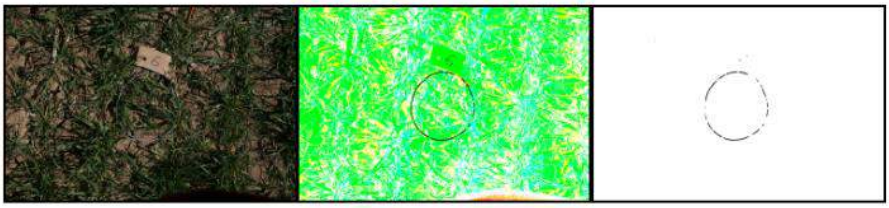


Şekil 7. Yabancı Ot- Mahsul Bileşiminin Üç Durumunda Çalışan, Yabancı Ot Tespiti İçin Bileşenlere Sahip Toprak Bazlı Ultrasonik Sistem İçin Örnek: (I) mahsuller ve geniş yapraklı yabancı otlar; (II) ot ve geniş yapraklı yabancı otların mahsulü ve karışımı; ve (III) mahsul ve otlar (Andújar ve ark., 2012) den alınmıştır.

Konumlar, mevcut türün saf örneklerinin ve farklı karışım bileşimlerinin adil bir dağılımını aramak için, farklı ot bileşimlerini ve geniş yapraklı yabancı otları ve her ikisinin karışımlarını yansıtacak şekilde seçilmiştir. Bu konumlarda sensör, yükseklik tespiti için numune alınan alanın merkezine doğru yönlendirilmiştir. Ultrasonik okumalar yapıldıktan hemen sonra yabancı ot ve ürün yoğunlukları manuel olarak sayılmış ve yabancı ot gruplarının (dar yapraklı ve geniş yapraklı yabancı otlar) ve ürün boyları bir metrik kural kullanılarak belirlenmiştir. Yabancı ot ve mahsul kapsamı tespiti için bir RGB (kırmızı, yeşil, mavi) görüntüsü alınmıştır. Görüntüler, kamera 1 m yükseklikten aşağıya doğru çevrilerek elde edilmiştir.

Arazide çekilmiş bir görüntü örneği Şekil 8'de (solda) gösterilmektedir. Ölçüm alanı, görüntülerde görülebilen gri dairesel bir çerçeve kullanılarak tanımlanmıştır. Halka içindeki ilgi alanını

belirlemek için geliştirilen görüntü işleme zinciri yönteminde ilk adım, çerçeveye ait pikselleri rengine göre bölümlere ayırmaktır. İlk aşama olarak RGB'den HSV (ton, doygunluk, değer) renk alanına bir dönüşüm yapıldı, daha sonra kanalların her biri önceden tanımlanmış aralıklarla ayrı ayrı eşiklenmiştir.



Şekil 8. Renge Dayalı Çerçeve Bölümleme İçin Görüntü İşleme Zinciri. RGB giriş görüntüsü (solda); Birleştirilmiş HSV eşikli kanallar (siyah: ön plan, renkli/beyaz: arka plan), medyan filtrelenmiş HSV renk segmentasyonu (sağda) (Andújar ve ark., 2012) den alınmıştır.

Sensör, güvenilir bir eko oluşturmak için minimum bir yüzey bulduğu anda yansıyan bir dalga üretir. Ultrasonik ölçüm prensibi sinyalin çarptığı yüzeyin açısına bağlı olduğundan, minimum yüzey sadece toplam yaprak alanına değil aynı zamanda yaprakların yönüne de bağlıdır.

Yabancı ot-mahsul karışımlarının farklı kompozisyonları ve büyüme aşamaları değerlendirildiğinde buğdayın her zaman diğer otlardan ve geniş yapraklı yabancı otlardan daha yüksek bir gerçek yükseklikte olduğu görülmüştür. Yapılan çalışmada ultrasonik sensörlü sistemlerin, ürün çok gelişmediği sürece tahıllardaki yabancı ot varlığını belirleyebileceği tespit edilmiştir. Gerçek parametre kullanılarak yapılan sistem doğrulaması, örneklerin %92'sinden

fazlasında yabancı ot varlığının doğru bir şekilde tahmin edildiğini göstermiştir (Andújar, ve ark., 2012).

Ultrasonik ölçümler, türlere göre ayrılmış yabancı ot varlığını tanımlayamasa da, geniş spektrumlu herbisitlerin uygulanması için faydalı olabilir. Ultrasonik sistemleri kullanmanın en büyük avantajlarından biri, ek bir örnekleme ve haritalama adımına gerek kalmadan doğrudan ölçümlere göre kontrol edilebilir olmasından dolayı gerçek zamanlı operasyon için kullanım kolaylığı olacaktır. Diğer bir avantajı ise bu sensörlerin görece olarak düşük maliyetli olması ve birden fazla sensörün paralel olarak kullanılmasına olanak sağlamasıdır.

Ölçüm prensibi optik olmadığı için, ultrasonik sensörler, özellikle düşük yabancı ot yoğunlukları için daha güvenilir tahminler elde etmek amacıyla optoelektronik sensörlerle birleştirilebilir. Ultrasonik sensör prensibi ortam ışık koşullarından etkilenmediği için gece saatlerinde fazla bir aydınlatmaya ihtiyaç duymamaktadır.

5. LAZER SİSTEMLERİYLE YABANCI OT KONTROLÜ

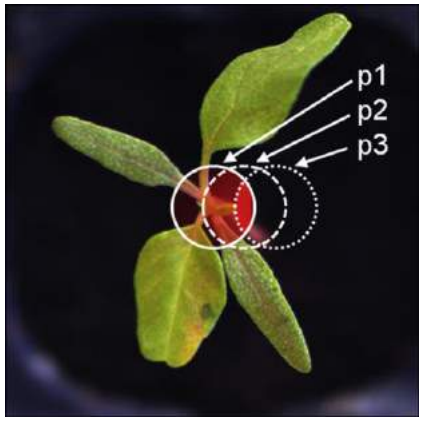
Lazer, uyarılmış ışıma ile güçlendirilmiş ışık anlamına gelmektedir (Light Amplification Stimulated Emission Radiation: LASER). Türkçeye "lazer" olarak geçmiştir. Aslında elektromanyetik dalga boylarındaki ışınlardan farklı bir kaynağı yoktur. Yalnızca optik bir sistemle farklı dalga boylarındaki ışık yoğunlaştırılarak tek bir dalga boyuna ve frekansa indirgenir. İndirgenme işleminden sonra fotonlar eş fazda, uyumlu olarak birbirine doğrusal ve paralel ve şekilde hareket eder (Kitiş ve Çavuşoğlu, 2016).

Amerikalı Fizikçi Theodore Herold Maiman 16 Mayıs 1960 tarihinde gerçek anlamda çalışan ilk lazer cihazını geliştirmiştir. İlk zamanlarda lazer teknolojisinin kullanımı çok yaygın değildi, fakat günümüzde ziraat, tıp, uzay teknolojisi, savunma sanayi, mikrobiyoloji, iletişim ve endüstri gibi pek çok farklı alanda pek çok farklı lazer tipinden yararlanılmaktadır (Kasnak ve Fıratlı, 2016).

Uygulamada en önemli nokta lazer kaynağının hedefe doğru odaklanmasıdır. Lazer uygulaması temas etkilidir yani yalnızca ışının geldiği alanda zarar meydana getirebilmektedir. Çoğunlukla yabancı otun uç meristemi, gövdesi veya yaprakları hedef alınarak lazerle kesme işlemi yapılır. En verimli sonuç, lazerin yabancı otun uç meristemine uygulandığında alınmıştır. Lazer uygulamasının ilk gerçek yapraklar oluşmaya başladığı dönemde yapılması önerilmektedir. İlerleyen zamanda yabancı otun lazer uygulaması ile mücadelesi oldukça zordur (Mathiassen, ve ark., 2006).

Marx, ve ark. (2012) Lazer ışınları kullanarak yabancı ot mücadelesi geliştirmek için CO_2 lazer radyasyonunun (10.600 nm) üç lazer nokta çapını, üç lazer nokta konumunu ve altı lazer yoğunluğunu dikkate alarak iki yabancı ot türünün (tek çenekli: *Echinochloa crus-galli*, çift çenekli: *Amaranthus retroflexus*) üç büyüme aşaması üzerindeki etkisini araştırmak yaptıkları bir çalışmada yabancı otların lazerle mücadelesinde, "büyüme aşamasının" mücadelenin başarısı için önemli olduğunu belirtmişlerdir. Araştırıcılar bitki büyüdükçe gereken lazer ışınlamasının gücünün artması gerektiğini ifade etmişlerdir. Uygulanan enerji dozu artırıldığında yabancı otlarda meydana gelen

ölümcül hasar yüzdesi artmaktadır. Ayrıca dikotiledon bitkiler (AMARE) ışınlamaya karşı daha duyarlıyken, birçok monokotiledon bitki (ECHCG) hiç etkilenmediği için yabancı ot türleri uygulamaların başarısını etkilemiştir. En fazla hasar lazer noktası konumu p1'de ortaya çıkmaktadır (Şekil 9).



Şekil 9. 'lazer' Parametresinin Ayarlanmasına İlişkin Örnek ø 6 mm Lazer Işını ile Nokta Pozisyonu. Yabancı ot türleri, büyüme aşaması, lazer gücü, lazer noktası boyutu ve lazer noktasının kapsamı (lazer noktası konumu olarak uygulanır) (Marx ve ark, 2012)den alınmıştır.

Lazerle yabancı ot mücadelesi de sahaya özgü yöntemler arasında değerlendirilmektedir. Lazer çıkış gücü gibi ışınlama süresi de mevcut yabancı ot türleri ve büyüme aşaması belirlendikten sonra çevrimiçi olarak ayarlanabilir. Bu durumda görüntü işleme algoritmaları kullanılabilir. Fotoğrafı çekilen yabancı ot bitkisinin yaprak şekli ve taksonomik, grubu (tek veya çift çenekli) hakkında bilgi verirken, toplam yaprak alanı (ikili eşik) büyüme aşamasını belirler.

Belirli bir lazer çıkış gücünde alan çıkışını ve sabit bir sürüşte gerekli lazer çıkış gücünü hesaplamak için sürüş süresi, görüntü işleme süresi, lazer ışını konumlandırma süresi ve ek gecikme süresi önemlidir.

Marx ve ark. (2012), yabancı ota özgü bir mücadele modeli geliştirmek için ECHCG ve AMARE ile lazer kullanılarak yaptıkları çalışmada, yabancı ot türlerinin yanı sıra, farklı üç büyüme dönemi dikkate almışlardır. Altı doz yoğunluğunda, üç nokta çapında ve üç merkez dışı nokta konumunda bir CO2 lazer (l = 10.600 nm) kullanılmıştır.

Lazer uygulanmamış kontrol ile karşılaştırıldığında taze ağırlığın en az %90'ı kadar bir büyüme düşüşü gerektiği göz önüne alındığında, %95 oranında biyolojik etki için tek çenekli bitki başına en az 54 J lazer enerjisinin gerekli olduğu tespit edilmiştir.

Bu konudaki çalışmalara görüntü yakalama, görüntü işleme ve lazer konumlandırma için yapısal ve zamansal çabalar da hesaba katılmalıdır. Bu çalışmada geliştirilen denklemler ile lazer tabanlı yabancı ot kontrol makineleri tasarlanabilir, kontrol edilebilir ve çalıştırılabilir (Marx ve ark, 2012).

SONUÇ

Sahaya özgü mücadele kararları uygulanmadan önce keşif yapılarak bazı parametrelerin araştırılması gerekmektedir. Bunlar

Hangi yabancı ot türlerinin mevcut olduğunun belirlenmesi, gözlemler için uygun zamanların ve örnekleme yönteminin seçilmesi, yabancı otun fenolojisi ve yoğunlukları gibi parametrelerdir.

Bu parametreler anlaşıldıktan sonra istenilen yöntemle nerede ve ne zaman mücadele edileceğine karar verilmektedir. Yabancı ot istilasının seviyesi, verim kaybı, mücadele yönteminin ekonomisinden daha büyük olana kadar kontrolün uygulanmadığı ekonomik açıdan tanımlanabilmektedir (Zimdahl,, 2004).

Sahaya özel yabancı ot mücadelesinin başarılı olması için, iyi geleneksel sürvey programlarıyla birlikte uzaktan algılama teknolojilerini kullanması da gerekmektedir. Sahaya özel mücadelenin faydaları, mücadele için harcanan ek zamanın yanı sıra teknoloji girdilerinin maliyetinden daha ağır basmalıdır. Yabancı ot mücadelesi daha karmaşık hale geldikçe, gelecekteki yabancı ot yönetimine yönelik iyileştirmeler maliyetlerden daha ağır olabilmektedir. Gelecekteki mücadelenin iyileştirmelerine yardımcı olmak için sezon sonu verim haritalarını sezon içi keşif bilgileriyle karşılaştırmak için kayıtlar tutulmalıdır. Geleneksel ve güneş enerjili makineler için yabancı ot tanımlamasını optimize etmek ve kontrol çabalarını yönlendirmek amacıyla her geçen gün yeni sensörler ve dronlar geliştirilmekte ve alana özel yabancı ot mücadelesinde robotik ve diğer araçlar önem kazanmaktadır.

KAYNAKLAR

Agrawal, K., Singh, K., & Bora,. (2012). Weed Recognition Using Image-Processing Technique Based on Leaf Parameters. *J. Agric. Sci. Technol. B J. Agric. Sci. Technol.*, 899.

Ağın, O., & Malaslı, M. (2016). Görüntü İşleme Tekniklerinin Sürdürülebilir Tarımdaki Yeri ve Önemi: Literatür Çalışması. *Tarım Makinaları Bilimi Dergisi (Journal of Agricultural Machinery Science)*, 199-206.

Andújar, D., Weis, M., & Gerhards, R. (2012). An Ultrasonic System for Weed Detection in Cereal Crops. *www.mdpi.com/journal/sensors*, 17343-17357.

Aslan, B. G., Pirli, A., & İşbilir, Z. (2019). Tarımda Teknoloji Kullanımı - İHA. *Türkiye Tohumcular Birliği Dergisi* , 56-59.

Bah, M. D., Hafiane, A., & Canals, R. (2018). Deep Learning with Unsupervised Data Labeling for Weed Detection in Line Crops in UAV Images. *Remotesensing*.

Bannerengineering. (2021,). https://www.bannerengineering.com/tr/tr/company/expert -insights/ultrasonic-sensors-101.html Son Erişim Tarihi 29.11.2021

Basi, S., Hunsche, M., Damerow, L., Lammers, P. S., & Noga, G. (2012). Evaluation of a pneumatic drop-on-demand generator for application of agrochemical solutions. Crop protection, 40, 121-125

Bontsema, J., Van Asselt, C. J., Lempens, P. W. J., & Van Straten, G. (1998). Intra-row weed control: a mechatronics approach. IFAC Proceedings Volumes, 31(12), 93-97.

C. Zhang, & Kovacs, J. (2012). The application of small unmanned aerial systems for precision agriculture. 693-712.

Christensen, S., Rasmussen, J., Pedersen, S., Dorado, J., & Fernandez-Quintanilla, C. (2014). Prospects for site-specific weed management. *RHEA Robotics and associated High Technologies and Equipment for Agriculture and Forestry. 2nd International conference Madrid*, 541-9.

Christensen,, S., Nordbo, E., Heisel, T., & Walter, A. (1998). Overview of developments in precision weed management, issues of interest and future directions being considered in Site-specific weed management.

Clay, D., & DeSutter, T. (2017). *From plows, horses, and harnesses to precision technologies in the North American Great Plains.* Oxford Research Encyclopedia of Environmental Sci. http://environmentalscience.oxfordre.com/view/10.1093/.

Clay, S. (2011). GIS applications in Agriculture. Volume 3: Invasive species. CRC Press.

Clay, S. A., & Bruggeman, S. A. (2018). Site-specific weed management. In Integrated weed management for sustainable agriculture (pp. 129-154). Burleigh Dodds Science Publishing.

Doğan, Y., & Yıldız, F. (2019). İha İle Multispektral Kameralardan Sağlanan Görüntüler Yardımıyla Bitki Türlerinin Sınıflandırılması. *Türkiye İnsansız Hava Araçları Dergisi*, 15-22.

F K Van Evert, Fountas, S., Jakovetic, D., & Crnojevic, V. (2017). Big Data for weed control and crop protection. *Weed Research*.

Gai, J., Tang, L., & Steward, B. (2020). Automated crop plant detection based on the fusion of color and depth images for robotic weed control. *Journal Field Robotics*, 35 - 52.

Gao, B., Montes, M., Davis, C., & Goetz, A. (2009). Atmospheric correction algorithms for hyperspectral remote sensing data of land and ocean',. 517-24.

Gehards, R., & Christensen, S. (2006). Site-specific weed management. *In Srinivasan, A. (Ed.), Handbook of Precision Agriculture*, 185-206.

Gerhards, R. (2013). Site-specific weed control. 273-94.

Herrmann, I., Shapira, U., Kinast, S., Karnieli, A., & Bonfil, D. (2013). Ground-level hyperspectral imagery for detecting weeds in wheat fields. *Springer Science+Business Media New York*.

Hillocks, R. J. (2012). Farming with fewer pesticides: EU pesticide review and resulting challenges for UK agriculture. Crop Protection, 31(1), 85-93.

Huang, H., Deng, J., Lan, Y., Yang, A., Deng, X., & Zhang, L. (2018). A fully convolutional network for weed mapping of unmanned aerial vehicle (UAV) imagery. *https://journals.plos.org/plosone*, 1-19.

Humburg, D. (1999). Variable rate equipment – technology for weed control. *Site-Specific Management Guidelines. IPNI Publishing,*.

Kasnak, G., & Fıratlı, H. E. (2016). Lazer Fiziği ve Lazer Uygulamalarında Temel Kavramlar. *Turkiye Klinikleri J Periodontol-Special Topics*, 1-6.

Kitiş, Y. E., & Çavuşoğlu, O. (2016). Elektromanyetik Işınlarla Yabancı Ot Kontrolü. *Meyvecilik Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü*, s. 29-36.

Lottes, P., Behley, J., Milioto, A., & Stachniss, C. (2018). Fully Convolutional Networks with Sequential Information for Robust Crop and Weed Detection in Precision Farming. *IEEE Robotics and Automation Letters*.

Lee, W. S., Slaughter, D. C., & Giles, D. K. (1999). Robotic weed control system for tomatoes. Precision Agriculture, 1(1), 95-113.

Lund, I., Søgaard, H. T., & Graglia, E. (2006). Micro-spraying with one drop per weed plant. In Third DanishPlant Production Congress, Denmark, 10-11 January, 2006 (pp. 451-452).

Machleb, J., G. Peteinatos, G., Kollenda, B., & Andújar, D. (2020). Sensor-based mechanical weed control: Present state and prospects. *Computers and Electronics in Agriculture*.

Marx, C., Barcikowski, S., Hustedt, M., Haferkamp, H., & Rath, T. (2012). Design and application of a weed damage model for laser-based weed control. *Biosystems Engineering*, 148-157.

Mathiassen, S. K., Bak, T., Christensen, S., & Kudsk, P. (2006). The Effect of Laser Treatment as a Weed Control Method. *Biosystems Engineering*, 497-505.

Mengüç, Ç. (2018). Herbisit Toksisitesi ve Yabancı Otlara Karşı Alternatif Mücadele Stratejileri. *Turkish Journal of Weed Science*, 61-73.

Moriles, J., Hansen, S., Horvath, D., Reicks, G., Clay, D., & Clay, S. (2012). Microarray and growth analyses identify differences and similarities of early corn response to weeds, shade, and nitrogen stress. *Weed Sci.*, 158-66.

Nieuwenhuizen, A. T. (2009). Automated detection and control of volunteer potato plants.

Otsu, N. (1979). A Treshold Selection Method from Gray-Level Histograms. *IEEE Transations On Systems, Man And Cybernetics*, 62-66.

Robert, P., Rust, R., & Larson, W. (1996). Preface to Proceedings of the 3rd International Conference of Precision Agriculture.

Roldan, J., Joossen, G., Sanz, D., Del Cerro, J., & Barrientos, A. (2015). Mini-UAV based sensory system for measuring environmental variables in greenhouses.

Pedersen, S. M., Fountas, S., Have, H., & Blackmore, B. S. (2006). Agricultural robots—system analysis and economic feasibility. Precision agriculture, 7(4), 295-308.

Sabancı, K., & Aydın, C. (2014). Görüntü İşleme Tabanlı Hassas İlaçlama Robotu. *Tarım Bilimleri Dergisi*, 406-414.

Sánchez-Sastre, L. F., Casterad, M., Guillén, M., Potosme, N., Veiga, N., Gracia, L., & Ramos, P. (2020). UAV Detection of Sinapis arvensis Infestation in Alfalfa Plots Using Simple Vegetation Indices from Conventional Digital Cameras. *AgriEngineering* , 206–212.

Anonymus 2021)http://www.altoy.com.tr/assets/services/ multispektral.html Son Erişim Tarihi : 14.11.2021

Stevens, O. A. (1932). The number and weight of seeds produced by weeds. 784-94.

Şin, B., & Kadıoğlu, İ. (2019). İnsansız Hava Aracı (İHA) ve Görüntü İşleme Teknikleri Kullanılarak Yabancı Ot Tespitinin Yapılması. *Turkish Journal of Weed Science*, 211-217.

Søgaard, H.T., & Lund, I. (2005). Investigation of the accuracy of a machine vision based robotic micro-spray system. (pp. 613-619).

Tekin, A. B., & Şen, E. (2017). Hiper Spektral Görüntülemenin Tarımda Kullanımı. *Tarım Makinaları Bilimi Dergisi*, 127-131.

Watts , A., Perry,, J., Smith, S., Burgess, M., Wilkinson, B., Szantoi, Z., Percival, H. (2010). Small unmanned aircraft systems for low-altitude aerial surveys. *J. Wildl.Manag., 74(7*, 1614-19.

Wu, X., Aravecchia, S., Lottes, P., Stachniss, C., & Pradalier, C. (2020). Robotic weed control using automated weed and crop classification. *Journal of Field Robotics*, 322 - 340 .

Yüksel, S. E., Küçük, S., Güneş, E., Boyacı, M., & Toker, K. (2015). Hacette Üniversitesi'nde Uzaktan Algılama Çalışmaları *TMMOB Elektrik Mühendisleri Odası*, 22-24.

Zhang, C., & Kovacs , J. (2012). The application of small unmanned aerial systems for precision agriculture. *Precis. Agr., 13(6)*, 693–712.

Zimdahl,, R. (2004). Weed-Crop Competition. *A Review, 2nd ed., Blackwell Publishing.*