

## Diyot Lazer ile Farklı Enerji Dozu ve Işın Çapı Uygulamalarının Yabancı Ot Gelişimi Üzerindeki Etkileri

Anıl ÇAY, M. Burak BÜYÜKCAN, Sinan ADAKAYA, Zeynep YAĞIZ

Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Ziraat Fakültesi,  
Tarım Makinaları ve Teknolojileri Mühendisliği Bölümü  
anilcay@comu.edu.tr

Geliş Tarihi (Received): 01.06.2015 Kabul Tarihi (Accepted): 18.06.2015

**Özet:** Günümüzde yabancı ot mücadelesinde yaygın olarak kullanılan mekanik ve özellikle kimyasal mücadele yöntemlerinin insan ve çevre sağlığına olan olumsuz etkilerinin fark edilmesi, birçok alternatif yabancı ot kontrol yöntemi geliştirilmesinin önünü açmıştır. Toprak ve çevre korunması ile sürdürülebilirliği hedef alan bu uygulamalar; alevle yakma, solarizasyon, sıcak su uygulaması gibi termal yöntemlerin yanında, malçlama, organik asit ve bazı bitkisel yağ karışımı vb. uygulamalar olarak sıralanabilmektedir. Son yıllarda mekanik teknolojiler, tıp, haberleşme ve birçok alanda kullanılan lazer teknolojisinin yabancı ot mücadelesinde de kullanım olanakları sınırlı da olsa araştırmacıların merakını uyandırmıştır. Bu çalışmada, 2000 mW çıkış gücüne sahip ve 447 nm dalga boyunda ışın yapan diyot lazerin, farklı ışın çapı ve enerji dozları kullanılarak, yabancı otu simule etmek için kontrollü ortamda yetiştirilen yem bezelyesi (*Pisum arvense L.*) bitkisi üzerindeki depresif etkileri incelenmiştir. Ayrıca, yabancı ot mücadelesinde önemli bir kıstas olan %90 etkili doz (ED<sub>90</sub>) değerleri de ele alınan bitki için ortaya konmuştur. Sonuç olarak 447 nm dalga boyunda ışın yapan ve 2000 mW güce sahip diyot lazerin yabancı ot kontrolünde başarı ile kullanılabileceği ve konu ile ilgili geniş çaplı araştırmaların artarak devam etmesi gerektiği belirlenmiştir.

**Anahtar kelimeler:** Yabancı ot mücadelesi, diyot lazer, etkili doz.

### Effects of Diode Laser Applications with Different Energy Dose and Beam Diameter on the Weed Growth

**Abstract:** Today, it has been recognized that chemical and mechanical weed control methods, widely used in agriculture, have some negative effects on human health and the environment. By those developments, many alternative weed control methods have been improved. These applications targeting to protection of soil, environment and sustainability, can be listed such as boiling water application, mulching, organic acid and some vegetable-oil mixture applications. In recent years, use of laser technology which is used in many areas such as mechanical technology, medicine, communication etc., has aroused the curiosity of researchers. In this study, depressive effects of the diode laser with 2,000 mW output power and 447 nm wave length, on the field pea (*Pisum arvense L.*) plant which was grown in a controlled environment to simulate weeds, were examined under different beam diameter and energy dose. In addition, 90% effective dose (ED<sub>90</sub>) values very important criteria in weed control were determined for the plant under consideration. Consequently, diode laser radiation at 447 nm wave length and 2000 MW output-power can be used with success in weed control and large-scale researches on the subject should continue to increase.

**Keywords:** Weed control, diode lasers, effective dose.

## GİRİŞ

Günümüzün en önemli sorunlarından birisi sürekli artan dünya nüfusuna yeterli gıdayı sağlamaktır. Sınırlı olan yeryüzünde yeni tarım arazilerinin açılma imkânı kısıtlı olduğu için her yıl 15-20 milyon ton olan gıda ihtiyacı (FAO, 2012) bilim insanlarını birim alandan daha fazla verim alma çalışmaları yapmaya yöneltmiştir. Verim düşüşüne sebep olan büyük etmenlerden birisi de yabancı otlardır. Yabancı otlar kültür bitkilerinin arasında kendiliğinden yetişen ve onlara zararlı olan bitkilerdir. Bir diğer anlamda kültür bitkisi arasında istenilmeyen diğer tüm bitkilerdir. Yabancı otlar tarımı yapılan kültür bitkisiyle ışık, gıda maddeleri, su ve karbondioksit için mücadele etmekte ve ekonomik kayıplara yol açmaktadır. Örneğin, yapılan bir araştırmada Amerika Birleşik Devletlerinde yabancı otların verdiği zararın yıllık beş milyar dolar civarında olduğu bildirilmektedir (Schneider, 1985). Kültür bitkisinin çeşidine göre değişmekle beraber yabancı otlar toplam biyokütleinin %90 oranına kadar ulaşabilmektedirler (Lacey, 1985). Bu sebeplerle, bazı küçük işletmelerin, üretim için harcadıkları zaman ve işgücünün %40'ını yabancı ot mücadelesi için kullanabildikleri görülmektedir (Gündüz ve ark., 2006). Yabancı otlar buldukları ortamda tarımı yapılan bitkinin besinine, suyuna, ışığına ortak olmaktadır. Böceklerin yaşamasına ortam oluşturmakta, gölge yaparak toprak sıcaklığını düşürmekte, hasat işlemini zorlaştırmaktadırlar. Yine kuruduklarında yangın riski oluşturmakta ve ayrıca kültür bitkisinde verim ve kalite kayıplarına yol açmaktadır. Gelişen ülkelerde yabancı otların tarım arazilerine verdiği zarar toplam 125 milyon ton ürün kaybına neden olmaktadır ki bu ürünler 250 milyon insan için besin kaynağını oluşturmaktadır (FAO, 2012). Bugün tarımda en çok karşılaşılan problemlerden birisi olan yabancı otların kültür bitkisinde sebep olduğu verim ve kalite kayıplarını en aza indirmek veya azaltmak adına bu soruna yönelik birçok mücadele yöntemi geliştirilmiştir. Yabancı ot kontrolünde en yaygın kullanılan yöntem kimyasal mücadele yöntemidir. Dünyada kullanılan tarım ilaçlarının gruplara göre dağılımında herbisitler % 47'lik bir paya sahiptir (Erkin ve Kışmır, 1996). Tüm bu yüksek maliyetinin yanında kimyasal madde içeren tarım ilaçları su ve toprak kirlenmesinde önemli rol oynamaktadır (Edwards, 1973). Ayrıca, kullanılan kimyasallara karşı yabancı otların direnç kazanması, ile zaman içerisinde insan sağlığı üzerindeki olumsuz etkilerinin kanıtlanması, alternatif yabancı ot kontrol metodlarına yönelmeyi zorunlu hale getirmiştir (Krishna and Koger, 2004; Çay ve ark., 2012).

Kimyasalların kullanılmadığı en klasik ve sık uygulanan yabancı ot kontrol yöntemleri; toprak işleme (çapalama vb.), elle yolma gibi geleneksel ve çok fazla iş gücü gerektiren yöntemlerdir. Bunun yanında malçlama, solarizasyon, kaynar su uygulaması, alevle yakma, organik asit uygulamaları, bazı bitkisel yağ karışımı ve su jetleri ile kesme gibi alternatif ve henüz yaygın uygulama alanı bulamamış yöntemler de bulunmaktadır.

Halen araştırmaları devam eden ve sınırlı sayıda olan yabancı ot kontrol yöntemleri ise, allelopatik etkilere olduğu saptanan örtü bitkilerinin kullanılması (Özeker ve Ulutürk, 2006), böceklerin (*phytomyza orobanchia*, salyangoz vb.), çeşitli hayvanların ve nematodların kullanılması gibi biyolojik teknikler olarak karşımıza çıkmaktadır (Uygur ve Uygur, 2010).

Yabancı ot kontrolü konusunda yeni ve henüz geliştirilmesi devam eden yöntemlerden birisi de lazer teknolojisinin bu amaçla kullanımıdır. Lazer teknolojisi günümüzde, tıp, haberleşme, görüntüleme sistemleri, mekanik teknolojiler vb. birçok değişik sektörde çeşitli amaçlarla kullanılmaktadır (Yaltrık, 2009). Adını İngilizcedeki "*Light Amplification by the Stimulated Emission of Radiation*" baş harflerinden alan lazerler keşfinden bu yana özellikle son yıllarda gelişme göstermekte ve bugün hemen her alanda karşımıza çıkmaktadır (Çay ve ark., 2012). Lazer ışığının dalga yapısı, basit bir sinüs dalgası şeklindedir. Hızı teorik olarak saniyede 300.000.000 metre olarak kabul edilmektedir. Lazerler kızılötesi ve morötesi spektrumda yer alabilecekleri gibi, görünür spektrum aralığında da yer alabilirler (Silfvast, 2004).

Lazer teknolojisi tarımda da çeşitli alanlarda kullanılmaktadır. Tarım alanında kullanılan lazerleri, mor ötesi lazerler (200-400 nm), Helyum-Neon (He-Ne) lazerleri (632.8 nm), nitrojen lazeri (337.1 nm), argon lazeri (488 nm), diyot lazerler (510-980 nm) ve CO<sub>2</sub> lazerleri (10.600 nm) olmak üzere sıralanabilir (Hernandez et al., 2010). Tarım alanında lazer ışını uygulaması genellikle, tohum çimlendirilmesi bitkinin ve tohumların fotosentez kapasitesi artırma ve odunsu materyallerin kesimi ve delimi ile sterilizasyon amacıyla kullanılmaktadır (Hernandez ve ark., 2008). Lazerler sahip oldukları çoklu foton yapısı sayesinde bitki dokularında karşı konulamaz bir elektron akışına ve dolayısıyla aşırı ısınma, kaynama veya patlamaya neden olurlar. Son yıllarda lazerlerin bu özellikleri araştırmacıları, yabancı ot kontrolünde kullanım imkânları konusunda meraklandırmıştır. Oldukça sınırlı olmakla birlikte bazı çalışmalarda lazerlerin

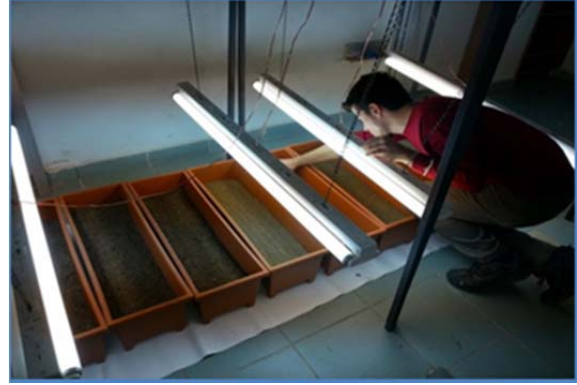
yabancı otların kesilmesi veya yok edilmesi gibi amaçlarla kullanıldığı görülmektedir. Örneğin; CO<sub>2</sub> lazer kullanarak Horoz ibiği (*C. Album*), yabancı hardal (*Sinapis arvensis*) ve kara çim (*Lolium Perenne*) bitkilerini kesmek üzerine yapılan çalışma sonunda CO<sub>2</sub> lazer ile yabancı hardalı kesmenin horozibiğini kesmekten daha güç olduğu bildirilmiştir. Kesme işlemi için gerekli enerji miktarları horozibiği için 0,9 J mm<sup>-1</sup>, yabancı hardal için 2,3 J mm<sup>-1</sup> dir (Heisel *et al.*, 2001). Mathiassen *et al.*(2006) iki farklı tip sürekli akışlı diyot lazer ışını ile, kuş otu (*Stellaria media*), kokusuz papatya (*Tripleurospermum inodorum*) ve kanola (*brassica napus*) bitkileri ile mücadele olanaklarını araştırmışlardır. İki farklı ışın çapı ve dalga boyunda uygulanan 5W ve 90W gücündeki her iki lazerin de ele alınan yabancı ot türleri üzerinde başarı ile uygulanabileceği bildirilmektedir. Araştırma sonucunda gücü yüksek olmasına rağmen farklı dalga boyu ve bitki dokusu tepkisi yüzünden 5W gücündeki lazerin 90W gücündeki lazerden daha etkili olduğu saptanmıştır.

Bu çalışmada, 2000 mW çıkış gücüne sahip ve 447 nm dalga boyunda (görünür spektrum) ışına yapan diyot lazerin, farklı ışın çapı ve enerji dozları kullanılarak, yabancı otu simule etmek için kontrollü ortamda yetiştirilen yabancı bezelye (*Pisum arvense L.*) bitkisi üzerindeki depresif etkileri incelenerek, yabancı ot kontrolündeki kullanım olanağı araştırılmıştır.

## MATERYAL ve YÖNTEM

Araştırma kapsamında yabancı otu temsilen yem bezelyesi (*Pisum arvense L.*) laboratuvar koşullarında 20 litre kapasiteli dikdörtgen saksılarda yetiştirilmiştir. Tohumlar saksılara konulan Potgrond marka hazır bitki yetiştirme ortamına (%50 torf ve %50 toprak karışımı) ekilmiştir. Her bir saksı ve tekerrür için bitki besleme ve sulama uygulamaları günlük kontrollerle eşit olarak uygulanmıştır. Laboratuvar koşullarında bitkinin ihtiyaç duyduğu günlük güneşlenme süresini sağlamak amacıyla zamanlayıcıya sahip bitki çimlendirme ve yetiştirme düzeneği kullanılmıştır (Şekil 1).

Bitkiler 5-6 yapraklı döneme ulaştığında (Şekil 2) lazer uygulamalarının yapılacağı her bir tekerrürü ayırmak amacıyla yansıma özelliğine sahip alüminyum ayırıcılar kullanılmıştır. Araştırmada Dragon Lasers Marka, Spartan Model 2000 mW çıkış gücüne sahip diyot lazer kullanılmıştır. Diyot lazere ait teknik özellikler Çizelge 1’de verilmiştir.



Şekil 1. Denemede kullanılan çimlendirme ve yetiştirme düzeneği



Şekil 2. Lazer uygulaması için 5-6 yapraklı döneme ulaşan bitkiler ve lazer uygulama ünitesi

Çizelge 1. Araştırmada kullanılan diyot lazere ait teknik özellikler

İşıma Dalga Boyu	447 nm
Çıkış Gücü	2000 mW
Sapma	< 1,5 mRAD
Ölçüler	26 x 200 mm
Çalışma Gerilimi	6 Volt"
Çevrim Zamanı	3 dakika

Denemeler tesadüf parselleri deneme desenine uygun olarak saksılarda ayrılmış bölümlere, üçer tekerrürlü olarak 4 farklı enerji dozu (kontrol hariç) uygulanarak gerçekleştirilmiştir (Çizelge 2). Diyot lazer ilgili alanlara uygulanırken, doz ayarlamalarını gerçekleştirmek için zamanlayıcıdan (timer) yararlanılmış ve lazer kaynağı yatay ve düşey ekseninde ayarlanabilen manuel ayarlı sabitleme ünitesine monte edilmiştir. Işıma çapı ayarlamaları için odaklama mesafesi kademesiz değiştirilerek 3 ve 5mm ışın çaplarının hedef dokulara ulaştığı kontrol edilerek sabitlenmiştir. Lazer ışını ile bitki meristem dokusunun

hemen altındaki sap kısmında bulunan bitki öz suyu (pith) hücreleri hedeflenmiştir. Uygulama süreleri sayesinde farklı dozlarda uygulanan lazer radyasyonuna bağlı olarak hedef bitkilerin maruz bırakıldığı enerji miktarları (joule) ve enerji yoğunlukları ( $j\ mm^{-2}$ ) Çizelge 2’de verilmiştir. Lazer, uygulamalar esnasında sürekli akış modunda kullanılmıştır. Tüm ayarlama ve uygulama aşamalarında 447 nm dalga boyuna özel güvenlik gözlükleri kullanılmıştır.

**Çizelge 2. Hedef bitkilerin maruz bırakıldığı toplam enerji, enerji yoğunluğu ve ışınım çapı değerleri\***

Uygulama Süresi (saniye)	Toplam Enerji (Joule)	Enerji Yoğunluğu ( $J\ mm^{-2}$ )	Işın Çapı (mm)
2	3,96	0,56	3
4	7,91	1,12	
5	9,89	1,40	
6	11,87	1,68	
3	5,94	0,30	5
6	11,87	0,60	
10	19,79	1,01	
14	27,70	1,41	

\*: Işın çapı, uygulama süresi ve lazer gücü kullanılarak hesaplanmıştır.

Çıkış sonrasında saksılarda ayrılmış uygulama alanlarındaki bitki sayıları el ile yolunarak eşitlenmiştir. Lazer uygulamalarından 21 gün sonra bitkiler 5-6 yapraklı dönemlerinde ve 8-10 cm boya ulaştıklarında toprağa temas ettikleri en yakın mesafeden kesilerek hasat edilmiş ve canlı (yaş) ve kuru ağırlıkları hassas terazilerde tartılarak kayıt edilmiştir. Elde edilen yaş ağırlıklar ile enerji miktarları arasında DataFit programı kullanılarak yapılan doğrusal olmayan regresyon analizleri, (Seefeld ve ark., 1995) ve (Mathiassen ve ark., 2006)’ da bildirilen ve doz-tepki logaritmik regresyon eşitliği kullanılarak doğrulanmıştır.

$$G = \frac{(D - C)}{1 + [e^{2b(\log(ED_{50}) - \log(z))}]}$$
 (1)

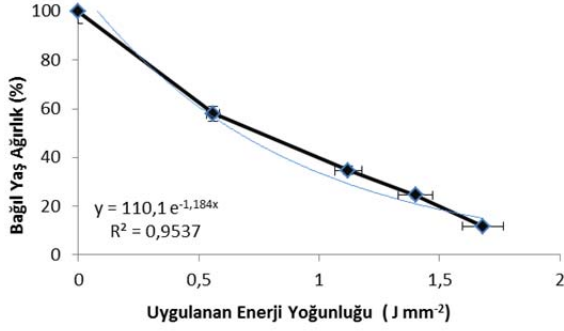
Eşitlikte, G: yaş veya kuru bitki ağırlığını (g), D ve C doz tepki eğrisinin en yüksek ve en düşük asimptotuna eşlenen en yüksek ve en düşük düzey eksen değerini (g),  $ED_{50}$ : Bitkilerin % 50 (yabancı ot çalışmalarında % 90) ağırlık kaybettikleri (yaş veya kuru) etkili doz değerini (joule), b: doz-tepki eğrisinin  $ED_{50}$  seviyesindeki eğimini (tanjant  $f[x]$ ), z: ilgili seviyedeki enerji miktarını (doz) ifade etmektedir.

Konu ile ilgili yapılan benzer çalışmalarda belirlendiğinden, C değerleri sıfır olarak kabul edilmiş ve hesaplamalara katılmamıştır (Mathiassen ve ark., 2006). Ayrıca, ölçüm ve hesaplamalarda  $ED_{50}$  dozu yerine, yabancı ot kontrolünde dünyada kabul görmüş olan ve yabancı otun %90 oranında azaldığı eşik olan  $ED_{90}$  doz değerleri kullanılmıştır (Wöltjen ve ark., 2008)

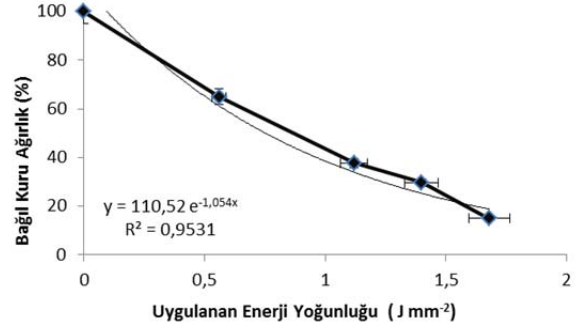
## BULGULAR ve TARTIŞMA

Araştırmada elde edilen veriler incelendiğinde (Şekil 3) birim alana uygulanan enerji yoğunluğunun bitki yaş ve kuru biyokütlesi (bağıl) üzerine istatistiksel anlamda önemli etkiler yaptığı ( $p < 0,01$ ) görülmüştür. 3 mm çapındaki lazer ışınımı ile yeşil bitki ağırlıklarını (bağıl) % 10 seviyesine düşürmek için  $1,75\ j\ mm^{-2}$  enerji yoğunluğuna ihtiyaç duyulurken, 5 mm çapında uygulanan lazer için bu değer  $1,31\ j\ mm^{-2}$  olarak belirlenmiştir. Kuru biyokütle değerleri için ise bu değerler sırasıyla 3 mm için  $1,82\ j\ mm^{-2}$ , 5 mm çap için ise  $1,44\ j\ mm^{-2}$  olarak bulunmuştur.

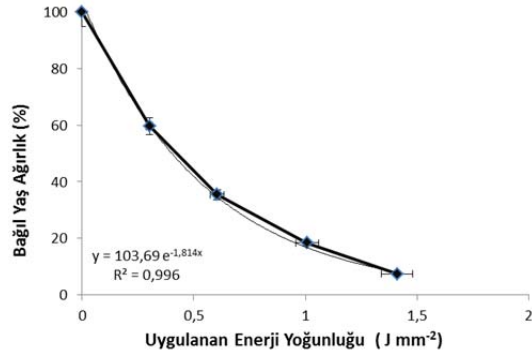
Denemeler esnasında yapılan gözlemlerde bitki ölüm oranlarının 5 mm çaptaki lazer ışınında 3 mm’ den fazla olduğu görülmüştür. Ancak, bitkilerde meydana gelen depresif etkiler ve gelişim bozukluğuna bağlı toplam biyokütle azalmaları, 3 mm çaptaki uygulamalarda 5 mm çapa göre daha yüksek olmuştur. Bu durumun, lazer ışınımının 3 ve 5 mm çaplarda aynı güç seviyelerinde uygulandığında küçük çapta daha yoğun enerjinin olmasından kaynaklandığı düşünülmektedir. Bitkideki hasarlı bölgenin küçük olmasının bazı güçlü morfolojiye sahip bitkileri öldürmek için yeterli olmadığı ancak, birim alana verilen enerjinin düşük olduğu 5 mm çapındaki uygulamalarda 3 mm ışın çapı uygulananlardan daha hızlı toparlanabildiği görülmüştür. Diğer bir ifadeyle lazer aynı enerji ile büyük çapta uygulandığında, bitki üzerinde kalıcı ve ölümcül hasara neden olmaz ise, fiziksel olarak daha güçlü ve daha sağlıklı bitkiler yaşamlarını sürdürebilmektedirler. Çap küçüldüğünde (3 mm) ise bitkiler hayatta kalsa dahi büyük çapa (5 mm) göre dokularındaki kalıcı hasar fazla olmuş ve bu sebeple bu bitkilerde depresif etkilenme daha yüksek olmuştur. Bunun kanıtı olarak  $ED_{90}$  seviyesine ulaşmak için harcanan toplam enerji (Şekil 4), ölüm oranlarının tersine 3 mm çapında uygulama yapıldığında (11,69 joule), 5 mm’lik çapa göre (25,38 joule) oldukça düşük olmuştur.



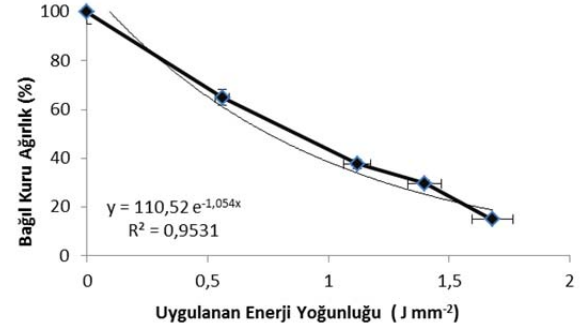
(i) Işın Çapı: 3 mm



(ii) Işın Çapı: 3 mm

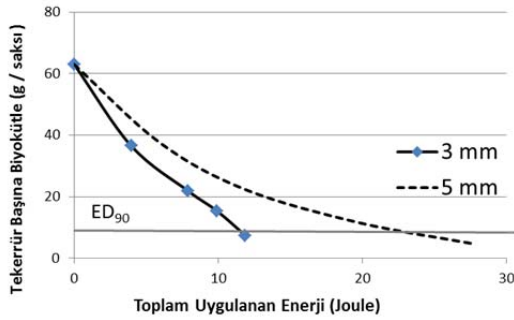


(iii) Işın Çapı: 5 mm



(iv) Işın Çapı: 5 mm

**Şekil 3. Lazer enerji yoğunluğunun ( $J mm^{-2}$ ) bağıl bitki ağırlığına etkisi (i: 3 mm ışın çapı, yaş biyokütle, ii: 3 mm ışın çapı, kuru biyokütle, iii: 5 mm ışın çapı, yaş biyokütle, iv: 5 mm ışın çapı, kuru biyokütle)**



**Şekil 4. Farklı çaplarda uygulanan enerji miktarının bitki biyokütlesi ve ED<sub>90</sub> değerleri.**

Mathiassen ve ark., (2006)' da papatya bitkisi için ED<sub>90</sub> değerleri 5 W, 532 nm dalga boyunda ve 0,9 - 1,8 mm çaplarda 1,7 ile 3,5 joule arasında değişirken, daha yüksek güçte uygulanan (90 W) lazer ile bu değerlerin 29 ile 102 joule arasında değiştiği bildirilmektedir. Aynı çalışmada ışın çapının bitki hayatta kalma oranına anlamlı etkisinin olmadığı bildirilirken, bir diğer çalışmada bitki fiziksel ve

morfolojik yapısının bu durum üzerine oldukça etkili olduğu ve hayatta kalma oranının değişkenlik gösterebildiği rapor edilmiştir (Wöltjen ve ark., 2008).

Özellikle herbisitler kullanılarak yabancı ot mücadelesi üzerine yapılan araştırmalarda, yabancı otun verdiği tepkilere göre, çok değişik dozda ve çeşitte kimyasallar kullanılmakta ve kültür bitkisi de göz önüne alınarak çok yüksek bütçelerle araştırma geliştirme çalışmaları yapılmaktadır. Bu uygulamalarda hemen hemen her kültür bitkisine göre ayrı bir herbisit bulunmaktadır. Lazer çok ucuz, kullanımı kolay ve çevreci bir yöntemdir. Lazer uygulamasındaki en büyük handikap ise, ana bitki (kültür bitkisi) lazere maruz kaldığında, aynı yabancı ot gibi zarar görebileceğidir. Lazerler yalnızca sıra arası uygulamalar için uygulanacaksa oldukça basit düzenekler olarak görülmektedir. Ancak, tüm yetiştirme alanına uygulanamazlar. Yani, kimyasal yöntemlerden farklı olarak lazer uygulamasında, kültür bitkilerinin yabancı ottan ayrıştırılması gerekir. Bu konudaki çalışmaların başarısı özellikle görüntü işleme teknolojisinin gelişmesiyle birlikte hızla artmaktadır

(Marx ve ark., 2012). Bir diğer önemli husus ise bitkinin lazer ışınının ne kadarını absorbe ettiğidir. Bitkilerin hücre ve doku yapısı, sahip olduğu renk tonu ile su içeriği birbirinden farklılık gösterebilir. Diğer bir ifadeyle uygulanan ışınının ne kadarının soğrulduğu, ne kadarının yansıdığı ne kadarının da bitki dokusundan arkaya geçebildiği oldukça önemlidir. Bu konuda yapılacak yeni araştırmalar ile her bir yabancı ota özel en uygun dalga boyunun saptanması amacıyla absorpsiyon karakteristiklerinin ortaya konduğu veri tabanlarının geliştirilmesi gerektiği bildirilmiştir (Wöltjen ve ark., 2008).

## SONUÇ

Hali hazırda sürdürülebilirlik kavramıyla birlikte ortaya çıkan biyolojik mücadele benzeri yöntemlerin amacı yabancı otların veya zararlıların tamamen yok edilmesi değil, ekonomik zarar eşliğinin altında tutulmasıdır. Bu nedenle araştırma kapsamında ele

alınan 2000 mW güce sahip 447 nm dalga boyunda ışına yapan diyot lazerin yabancı ot kontrolünde alternatif bir yöntem olarak başarıyla kullanılabileceği belirlenmiştir. Yabancı ot mücadelesindeki asıl amaç; yabancı otları tamamen öldürmekten ziyade ana bitki ile rekabet edemeyecek kadar güçsüz duruma getirmek olmalıdır. Çevre ve insan sağlığı üzerine olumsuz etkileri kanıtlanmış olan kimyasal mücadele yöntemleri yerine geçebilecek ve oldukça çevreci olan diyot lazerler üzerine yapılan araştırmaların ilgili veri tabanlarına odaklanarak, farklı üretim desenleri için artarak devam ettirilmesi gerekmektedir.

## TEŞEKKÜR

Araştırma esnasında veri değerlendirmesi ve istatistiksel analizlere olan katkılarından dolayı Doç. Dr. Habib KOCABIYIK' a ve ÇOMÜ Matematik Bölümü öğretim elemanı Dr. Aykut OR' a teşekkürlerimizi sunarız.

## LİTERATÜR LİSTESİ

- Çay, A., Büyükcan M. B., Ürkmez Ü., Özpınar S., "Yabancı Ot Mücadelesinde Lazer Uygulamaları", Tarımsal mekanizasyon 27. Ulusal Kongresi, Samsun, Türkiye, 5-7 Eylül 2012, Cilt.1, No.1, s: 271-279.
- Edwards, C. A., 1973. Environmental pollution by pesticides. Environmental pollution by pesticides. Plenum Press, London; 1 edition, 542 p.
- Erkin, E. ve Kışmır A., 1996. Dünya'da ve Türkiye'de Tarım İlaçlarının Kullanımı. T.C. Tarım ve Köy İşleri Bakanlığı, Tarımsal Araştırmalar Genel Müdürlüğü, Koruma ve Kontrol Genel Müdürlüğü, II. Ulusal Zirai Mücadele İlaçları Sempozyumu, 18-20 Kasım 1996, Ankara, s:3-11.
- FAO (Food and Agriculture Organisation), 2012. Pesticide Residues in Food, 2012 Report.
- Gündüz, Ş., Kersting, U., ve Kahramanoğlu, İ., 2006. Turunçgil bahçelerindeki yabancı otlar ve entegre mücadele yöntemleri Akdeniz ihracatçı birlikleri Mersin-Türkiye 2006.
- Heisel, T., J Schou, S. Christensen and C. Andreasen, 2001. Cutting weeds with a CO<sub>2</sub> laser. Weed research 41, 19-29 pp.
- Hernandez, A. C., P. A. Dominguez, O. A. Cruz, R. Ivanov, C. A. Carball, and B. R. Zepeda, 2010. Laser in agriculture. Int. Agrophys, 24, 407-422pp.
- Hernandez A. C., M. Mezzalama, N. Lozano, O.A. Cruz, E. Martinez, R. Ivanov and A. P. Domínguez, 2008. Optical absorption coefficient of laser irradiated wheat seeds determined by photoacoustic spectroscopy. Eur. Physical J. Special Topics, 153, 519-522.
- Krishna, N. R. and C. H. Koger, 2004. Live and killed vetch cover crop effects on weeds and yield in glyphosate-resistant corn, Weed Technology, (18), 835-840 pp.

- Lacey, A. J., 1985. Weed Control. In Pesticide application: principles and practice, P.T. Haskell (ed), 456-85. Oxford: Oxford University Press.
- Marx, C., Barcikowski, Hustedt S, Haferkamp M., H. and Rath T., 2012. Design and application of a weed damage model for laser-based weed control Biosyst. Engineering (113), pp:148-157.
- Mathiassen, S. K., Bak, T., Christensen S. and Kudsk P., 2006. The Effect of laser treatment as a weed control method. Biosystems Engineering, 95 (4), 497-505 pp.
- Özeker, E. ve Ulutürk M, 2006. Organik Tarımda Örtü Bitkilerinin Kullanımı. Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 43 (2), 153-164.
- Schneider, R. P., 1985. Weed Control Technology: Needs, development, constraints. Proceedings 10th Conference of the Asian-Pasific Weed Science Society, Chiangmai, Vol.2, 379-384.
- Silfvast, W. T., 2004. Lazer Fundamentals. Cambridge University Press, The Edinburgh Building, Cambridge CB2 2RU, UK.
- Uygur, S. ve Uygur F. N., 2010. Yabancı otların biyolojik mücadelesi [http://www. Biyolojik-mucadele. org.tr/dergi\\_detay.asp?id=72](http://www.Biyolojik-mucadele.org.tr/dergi_detay.asp?id=72). Son erişim: 10.03.2015.
- Wöltjen, C., Haferkamp H., Rath T. and Herzog D., 2008. Plant growth depression by selective irradiation of the meristem with CO<sub>2</sub> and diode lasers. Biosystems Engineering, (101), pp:31-324.
- Yaltrık, M., 2009, Lazer. İstanbul Üniversitesi, Dış Hekimliği Fakültesi, Ders notları. <http://www.istanbul.edu.tr/dishekimligi/dersnotlari/lazer.pdf>, son erişim: 19.04.2015.