



Investigating the effect of single and multiple electrodes on mortality ratio in electric current weed control method with NDVI technique

Hasan Şahin*^{ID}

Department of Agricultural Machinery, Vocational School of Technical Sciences, Harran University, Sanlıurfa, 63100, Turkey

Highlights:

- Using electric current as a non-chemical weed control method
- Plants were observed to die when electric current was applied for a sufficient period of time
- Low level of voltage applied to the plants caused an increase in germination rates

Keywords:

- Weed control
- Electric current
- NDVI
- Non-chemical

Article Info:

Research Article
Received: 03.03.2020
Accepted: 10.05.2020

DOI:

10.17341/gazimmfd.698307

Acknowledgement:

The author would like thanks to Mr. M. Davut, an Engineer of GAP Agricultural Research Institute, for their technical support

Correspondence:

Author: Hasan Şahin
e-mail: hsahin@harran.edu.tr
phone: +90 414 318 3872

Graphical/Tabular Abstract

In this study, 110, 220 and 300 AC voltages were applied to plants germinated in the laboratory conditions, using single and multiple types of electrodes during 100 seconds. The relationship between electric current passing through plants, applied voltage and mortality rates were examined. In vertical type multi-electrode method, at 220 and 300 voltage levels, respectively; Mortality rates of 12% and 17% were obtained. The control group had an approximately 7% increase in germination rate. Similarly, in the horizontal type single electrode method, at 220 and 300 volts, respectively; Mortality rates of 8% and about 11% were obtained. There is an increase of approximately 5% in the control group germination rate. However, in both electrode methods, 110 volt applications increased the germination rates to values ranging from 2% to 12%.

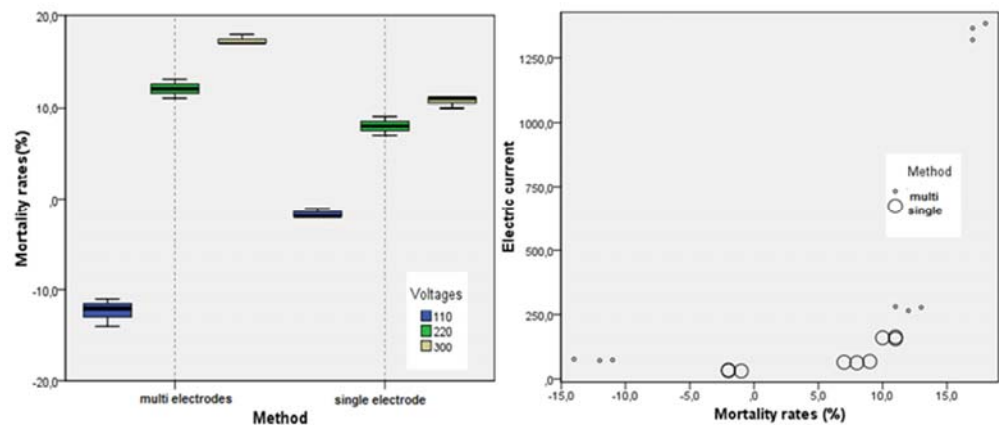


Figure A. Distribution of mortality rates by voltage with single and multiple electrode methods

Purpose: The aim of this study is to develop an environmentally friendly alternative method instead of chemicals used in weed control

Theory and Methods:

By using the experimentally designed single and multiple electrode setup, the mortality rates of 110, 220 and 330 volts applied plants were determined by NDVI technique

Results:

Results of the experiment in vertical type multi-electrode method, at 220 and 300 volt obtained mortality rates of 12% and 17% respectively. But, at 110 volt of multi-electrode method, there is an increase of 12 % in germination. A statistically significant difference was also observed between the applied voltages and the electrode methods ($p < 0.05$). There is a statistically significant positive correlation between the mortality rates and electric current for both electrode methods ($p < 0.05$). The degree (r) of these relationships is about 89%, it means that the mortality rates increase as the electric current increases.

Conclusion:

The results show that, when applied with correct voltage and sufficient time, electric current can be effectively applied in weed control. More scientific studies are needed to reduce the environmental effects of agricultural chemicals used in weed control.



Elektrik akımı ile yabancı ot kontrolü yönteminde tekli ve çoklu elektrotların mortalite oranı üzerindeki etkisinin NDVI tekniği ile araştırılması

Hasan Şahin*^{ID}

Harran Üniversitesi Teknik Bilimler Meslek Yüksekokulu Makine Bölümü, Eyyübiye Kampüsü, 63100 Şanlıurfa Türkiye

Ö N E Ç İ K A N L A R

- Elektrik akımının kimyasal olmayan bir yabancı ot kontrol yöntemi olarak kullanılması
- Yeterli sürelerle elektrik akımı uygulanan bitkilerde belirli oranlarda mortalite gözlenmiştir
- Düşük gerilim uygulanan bitkilerin çimlenme oranlarında artış meydana gelmiştir

Makale Bilgileri

Araştırma Makalesi
Geliş: 03.03.2020
Kabul: 10.05.2020

DOI:

10.17341/gazimmfd.698307

Anahtar Kelimeler:

Yabancı ot kontrolü
elektrik akımı
NDVI
kimyasal olmayan

ÖZET

Bu çalışmada, yabancı ot mücadelesinde yaygın olarak kullanılan kimyasallar yerine, çevreci bir yöntem olan elektrik akımı yönteminde farklı elektrot tiplerinin mortalite oranı üzerindeki etkisi araştırılmıştır. Bu amaçla geliştirilen tekli ve çoklu elektrot düzeneğinde, laboratuvar ortamında çimlendirilen bitkilere 100 saniye süre ile 110, 220 ve 300 V AC gerilim uygulanmıştır. Bitkiler üzerinden geçen elektrik akımı, uygulanan gerilim ve gerçekleşen mortalite oranları arasındaki ilişki incelenmiştir. Tekli ve çoklu elektrot uygulamalarının her ikisinde de 110 V 100 s tekrürlerinde bitkilerin 1 hafta sonunda ölçülen NDVI değerlerinde bir artış olduğu gözlenmiştir. Başka bir ifadeyle, uygulanan düşük gerilimlerin bitkilerin çimlenme oranlarında bir artışa neden olduğu tespit edilmiştir. Buna karşın, 220 ve 300 V gerilimlerde ise tekli elektrot yönteminde %8 ile %11 arasında mortalite oranları elde edilmiştir. Çoklu elektrot yönteminde ise bu oranlar %10 ile %17 civarlarında gerçekleşmiştir.

Investigating the effect of single and multiple electrodes on mortality ratio in electric current weed control method with NDVI technique

H I G H L I G H T S

- Using electric current as a non-chemical weed control method
- Certain mortality rates have been observed in plants that have been exposed to electric current for a sufficient time
- Low level of voltage applied to the plants caused an increase in germination rates

Article Info

Research Article
Received: 03.03.2020
Accepted: 10.05.2020

DOI:

10.17341/gazimmfd.698307

Keywords:

Weed control
electric current
NDVI
non-chemical

ABSTRACT

In this study, the effect of different types of electrodes on the mortality rate in the electric weed control method, which is an environmental method, was investigated instead of the chemicals commonly used in weed control. Using single and multiple electrodes setup developed for this purpose, 110, 220, and 300 V AC voltages were applied to the plants germinated in the laboratory conditions, for 100 seconds. The relationship between the electrical current passing through the plants, the applied voltage, and the mortality rates were examined. In both single and multiple electrode applications, there was an increase in the NDVI values of the plants measured at the end of 1 week at replicates of 110 volts for 100 s. In other words, it has been determined that applied low voltages cause an increase in the germination rate of plants. On the other hand, at 220 and 300 volts in the single electrode method, death rates between 8% and 11% were obtained. In the multi-electrode method, these rates were around 10% to 17%.

*Sorumlu Yazar/Corresponding Author: *hsahin@harran.edu.tr / Tel: +90 414 318 3872

1. GİRİŞ (INTRODUCTION)

Tarımsal üretimde önemli verim kayıplarına neden olan yabancı ot kontrolü, tarımın kendisi kadar eskidir. Ancak, yabancı otların mekanik yöntemler ile yok edilmesi, Jethro Tull'un 18. yüzyılın başlarında geliştirdiği yöntemle başlamıştır. Yabancı otlara karşı herbisitler (kimyasallar) ortaya çıkana kadar kullanılan temel yöntem fiziksel kontrol yöntemi idi. Mekanik yabancı ot kontrolü, 19. yüzyılda başlamış, ancak son yıllarda herbisitler, mekanik yabancı ot kontrolünün yerini almıştır. Yabancı ot kontrolünde kimyasal kullanımı, kolay uygulanabilirliği, kısa sürede etkisini göstermesi ve ekonomik olması nedeniyle, ne yazık ki en çok başvurulan kontrol yöntemidir. Türkiye'de ortalama 45-50 bin ton/yıl tarımsal kimyasal kullanıldığı tahmin edilmektedir. Bu kimyasalların, çevresel zararları, içme sularına karışma potansiyeli ve tarımsal ürünlerde kalıntı oluşturması nedeniyle bazı ülkelerde kullanım kısıtlanmasına gidilmiştir. Ayrıca, sağlık ve çevre bilincinin gelişmesiyle birlikte organik üretim ve kimyasal kullanılmayan tarımsal yöntemler giderek önem kazanmaktadır. Yabancı ot kontrolünde, "alternatif yöntemler" olarak bilinen, kimyasal olmayan (non-chemical) yöntemler son yıllarda birçok bilimsel çalışmaya konu olmuştur.

Yabancı otları en aza indirmek ve ürün verimini en üst seviyeye çıkarmak için sürdürülebilir ve uzun vadeli bir strateji gerekmektedir [1]. Herbisitlerin tarımsal yabancı ot mücadelesinde yaygın olarak kullanılması, yabancı otların bazı herbisitlere karşı direnç geliştirmesine neden olmuştur. Bu durum, kimyasal olmayan yabancı ot kontrol yöntemlerine ilginin artmasına neden olmuştur. Ticari gelişim için izlenecek en uygun yöntemi belirleyen alternatif kontrol yöntemleri, doğru ve adil bir karşılaştırma yapılamaması nedeniyle istenen teknolojik düzeye henüz ulaşamamıştır [2]. Savunma sanayi, otomotiv, sağlık ve güvenlik endüstrisi ile ilgili algılama, vizyon ve hesaplama verimliliğindeki gelişmeler, yabancı ot kontrol tekniklerinin de gelişmesine neden olmuştur. Bu teknolojiler, yabancı otların bireysel olarak tespiti, ardından hızlı ve doğru müdahale ile büyük ölçekli tarımsal üretimde sahaya özgü yabancı ot yönetimi (SSWM; site-specific weed management) için fırsat oluşturmaktadır [3]. SSWM kontrol yöntemleri, kimyasal olmayan yabancı ot kontrol yöntemlerinin doğru bir şekilde karşılaştırılmasına da olanak sağlamaktadır. Robotik ve yapay zekâ alanındaki gelişmeler de bir IWM (integrated weed management) yaklaşımında potansiyel araçlar olarak ve bu yeni teknolojilerin ekolojik çözümlere destek olabileceği tahmin edilmektedir.

Kimyasal olmayan alternatif yabancı ot kontrolü yöntemlerinden birisi de elektrik akımı veya arka yöntemidir. Mikrodalga uygulamaları kadar bilinmese de 1970'li yıllardan bu yana üzerinde çalışılan bir yöntemdir. Elektrik akımının yabancı ot üzerinden geçerek devresini

tamamlaması ile meydana gelen ısı etkisi sonucu bitkinin zayıflaması ve/veya mortalite gerçekleşir. Yapılan bir çalışmada, elektrik akımı yönteminin patojenlerin ve yabancı ot tohumlarının ısısını yükselterek [4] bitki gövde ve yapraklarında kısa sürede solma meydana getirdiği ve daha sonra bitkilerin biyolojik olarak tamamen etkisizleştiği ifade edilmiştir [5]. Elektrik akımı veya mikrodalga ile yapılan yabancı ot kontrolü, toprakta ve bitkide herhangi bir kimyasal kalıntı oluşmadığı için, kimyasal (herbisit) mücadele yöntemlerine bir alternatif olarak görülmektedir [6].

Mikrodalga ısı uygulamalarında da benzer sonuçlar elde edilmiştir. Toprağın birkaç santimetre derinliğinde bulunan bitki kök ve tohumlarına mikrodalga uygulanarak yapılan çalışmalarda da olumlu sonuçlar alınmıştır [7]. Yüksek enerji temeline dayanan mikrodalgalar yabancı ot kontrolünde çok verimli bir şekilde kullanılmaktadır [8].

Çevrede kimyasal kalıntı üretmeyen mikrodalgaların, bir yabancı ot kontrolü yöntemi olarak kullanılması iyi bir alternatif olarak görülmektedir [9]. Birçok çalışma, çeşitli yabancı ot türünün çimlenmesini kontrol etmek için mikrodalga yönteminin büyük bir potansiyele sahip olduğunu vurgulamıştır [10, 11].

Ancak, bu yöntemde kullanılan mikrodalga teknolojisi, maliyet ve pazar gücü açısından henüz yeterli düzeye ulaşamamıştır. Ayrıca, yabancı ot algılama teknolojisine sahip mikrodalga sistemleri ile daha fazla enerji tasarrufu sağlanarak bu sistemlerin pazar gücü artırılabilir [12]. Arazi şartlarında mikrodalga sızıntı ihtimali ve mikrodalga teknolojilerinin üretim ve kullanım zorluğu gibi nedenler, elektrik akımı yöntemini ön plana çıkarmaktadır. Bitkinin gövdesi üzerinden elektrik akımı geçirilerek uygulanan bu yöntemde, bitkinin elektriksel direncinden (R) dolayı elektrik enerjisi $E_{ş}$ 1'e göre ısıya dönüşür.

$$E = \frac{V^2 T_c}{R_p} \quad (1)$$

Burada, bir adet bitkiye transfer edilen enerji miktarı (E), bitkinin elektriksel direncine (R_p), elektrotların bitkiye temas süresine (T_c) ve uygulanan gerilime (V) bağlıdır. Elektrotların bitkiye etkin temas süreleri ise $E_{ş}$ 2 ile ifade edilmektedir.

$$n_c = L W_{eff} D \quad (2)$$

Burada, anlık olarak elektrotların temas ettiği bitki sayısı (n_c), elektrot uzunluğu (L), etkin elektrot genişliği (W_{eff}) ve bitki yoğunluğunun (D)'nin çarpımına eşittir [13]. Elektrik akımının meydana getirdiği yüksek sıcaklık ve buna bağlı olarak bitki bünyesindeki su ve diğer yaşamsal sıvıların buharlaşması sonucu bitkiler tamamen veya kısmen ölmektedir. $E_{ş}$ (3)'te toplam yük direnci (R_L), her bir bitkinin dirençleri toplamı (R_p) ve toprağın direncinin (R_s), toplamına eşittir.

$$R_L = \left[\sum_{i=1}^{n_c} \frac{1}{R_p} \right]^{-1} + R_s \quad (3)$$

Bitkilere temas eden elektrotların sayısı arttıkça, gerekli olan jeneratör gücü de artacaktır. Benzer bir yöntemle yapılan bir çalışmada, 1-300 V kademeli bir gerilim regülatörü bitkilere temas edecek bakır iletkenler yardımıyla bitkiler üzerinden akım geçerek devre tamamlanmıştır.

Yapılan bir çalışmada, bitkilere 300, 420 ve 540 saniye süre ile 100 Volt elektrik enerjisi uygulandığında bitkilerin %70 civarında canlılığını yitirdiği gözlenmiştir. 300, 420 ve 540 saniye süre ile 200 Volt ve 300 Volt olarak uygulandığında ise bitkilerin yaşamsal faaliyetinin %100 e yakınının sona erdiği gözlenmiştir [14]. Ancak, Eş. 3'te bitkilerin direncini ifade eden (R_p) değeri bitki yaşına, türüne, içerdiği selüloz miktarına ve morfolojisine göre değişmekle beraber [15], tüm bitki türleri için eşit direnç kabul edilerek, eşitlik;

$$R_L = \frac{R_p}{n_c} + R_s \quad (4)$$

Eş. 4 ile ifade edilebilir. İdeal şartlarda, tüm bitkilerin aynı elektrik direncine sahip oldukları varsayılarak ve trafo direnci nedeniyle meydana gelen enerji kaybı göz ardı edilerek, trafo tarafından üretilen güç Eş. 5'te ki gibi ifade edilebilir [13].

$$P = \frac{V^2}{R_L} = \frac{n_c V^2}{R_p + n_c R_s} \quad (5)$$

Elektrotlara temas eden bitki sayısı (n_c) arttıkça, gerekli jeneratör gücü (P) de artacaktır, bu da bitki yoğunluğu (D) ile doğru orantılıdır. Yabancı ot yoğunluğu arttıkça, bitkilerin elektriksel direnci, toprağın direncine göre ihmal edilebilir bir büyüklükte olacaktır. Sonuç olarak, jeneratörün gücü, uygulanan gerilim ve toprak direncinin bir fonksiyonu olacaktır (Eş. 6).

$$P = \frac{V^2}{R_s} \quad (6)$$

Elektrik akımına maruz kalan alanlarda, bitki dokusunda hücre canlılığı kaybı meydana gelmektedir. Bu tespit, biyofizikçilerin biyolojik yapıya elektriksel zarar vermeyle ilgili görüşlerine de uymaktadır. Yapılagelen deneysel çalışmalar, elektrik akımı yöntemini, yabancı otlarla mücadelede enerji tasarrufu sağlayan bir araç haline getirme potansiyeline sahiptir [16]. Elektroporasyon yönteminde de asıl hedef, darbeli (pulse) yüksek gerilimli elektrik alanının hücre zarına zarar vermesidir. Hücre zarına zarar veren dielektrik, hücre zarını yıkarak hücrenin ölmesine neden olur. Yabancı ot tohumlarına uygulanan elektroporasyon tekniği yabancı ot kontrolü için kimyasal olmayan bir yöntem olma yolundadır [17]. Yapılan deneysel bir çalışmada da (pulse) darbeli elektrik akımının, farklı bitkilerin dokularında hasar derinliği meydana getirmede,

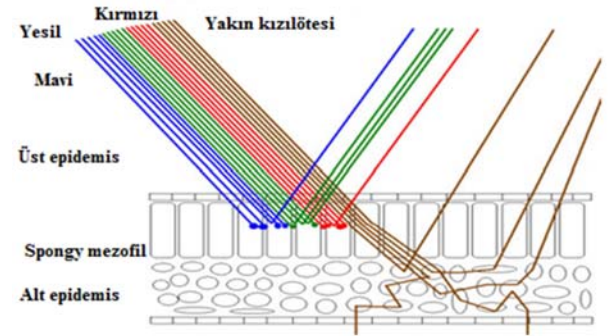
sinüzoidal akımdan daha etkili olduğu ifade edilmiştir [18]. Yapılan bir çalışmada, değişken yük için değişken gerilim üretebilen Cockroft-Walton tipi bir gerilim çarpanı kullanılmıştır. Bu gerilim çarpanı, değişen bitki yoğunluğuna göre ihtiyaç duyulan gerilimi herhangi bir ek devre, işlemci veya kontrol cihazı gerekmeden sağlamaktadır [19]. 8-16 Volt gibi düşük DC gerilimlerin bitki canlılığını ve kalitesini arttırdığı da bilinmesi gereken önemli bir gerçektir [20]. Yabancı otları öldürmek için uygulanacak yetersiz gerilimler ters etki yaparak otların güçlenmesine ve çoğalmasına da neden olabilecektir.

1.1. NDVI (Normalized Difference Vegetation Index)

Normalleştirilmiş fark vejetasyon indeksi (NDVI), vejetasyon dinamiklerini izlemek için yaygın olarak uygulanan bir yöntem olmakla birlikte, NDVI değerlerinin çeşitli dış faktörlerden etkilendiği de bilinmektedir [21]. NDVI hesaplanırken, Normalleştirilmiş Fark Bitki Örtüsü Endeksi (NDVI) formülünde (Eş. 7), yakın kızılötesi (NIR-near infra-red) ve kırmızı (red) kanalları kullanılır.

$$NDVI = \frac{NIR-Red}{NIR+Red} \quad (7)$$

Sağlıklı bitki örtüsü (klorofil), diğer dalga boylarına kıyasla daha yakın kızıl ötesi (NIR) ve yeşil ışığı yansıtır, kırmızı ve mavi ışığı emer. Bu yüzden gözlerimiz bitki örtüsünü yeşil renk olarak görür. Görünür ve yakın bölge infrared dalga boyuna sahip ışınların bitki yüzeyindeki penetrasyon derinliği ve yansıma özellikleri gösterilmiştir (Şekil 1). En görünür ışık emilirken, yakın kızılötesi enerjinin neredeyse yarısı yansıtılmaktadır.



Şekil 1. Yaprığın hücresel yapısı ve elektromanyetik enerji ile etkileşimi

(Cellular structure of leaf and its interaction with electromagnetic energy)

NDVI cihazı ile okunan -1 ile 0 arasındaki değer; ölü bitkileri veya cansız bir nesneyi gösterir. 0 ile 0,33 arasındaki değer sağlıklı veya stresli bitkiyi, 0,33 ile 0,66 orta derecede sağlıklı bitkiyi ve 0,66 ile 1 değerleri ise çok sağlıklı olan bitkiyi ifade etmektedir. Bu aralıklarla ifade edilen değerler, bitki türüne ve diğer koşullara bağlı olarak farklılık gösterebilmektedir.

Günümüzde, ormanlık bölgelerdeki ağaç mortalitelerini operasyonel olarak izlemek için NDVI yöntemi de kullanılmaktadır. NDVI verileri, bölgesel ağaç ölüm haritaları geliştirmek için potansiyel bir alternatif yol sunar. Bu yöntem, doğal kaynak yöneticilerine, ağaç mortalite oranlarını sunarak, orman arıtma ve restorasyon faaliyetlerine öncelik verilmesine yardımcı olabilmektedir [22]. Kentsel yeşillik oranı ve bebek ölümleri arasındaki ilişkinin analizi çalışmasında da işlenmiş uydu verilerinden türetilen normalleştirilmiş fark bitki örtüsü indeksi (NDVI) görüntüleri kullanılmıştır [23, 24]. Spektral yansıtma farklılıklarına dayanan (NDVI) mahsul ve yabancı ot türleri arasında ayırım yapan bir makine öğrenme yöntemi ile biyoçeşitlilik spektral özelliklerin, hızlı bir şekilde tahmin edilmesi için uzaktan algılama tabanlı çözümlerle ilgili çalışmalar da yapılmaktadır [25-28].

Bitki gelişiminin izlenmesinde Normalize Edilmiş Fark Bitki Örtüsü İndeksi (NDVI) yaygın olarak kullanılan bir yöntemdir. Bitkilerin, yakın kızılötesi dalga boyundaki enerjii yansıtması ve görünür kırmızı dalga boyundaki enerjii absorbe etmesi tekniğine dayanan NDVI, iklim ve tarımsal alanlardaki değişimleri izlemekte yaygın olarak kullanılmaktadır [29]. Uzaktan algılamada, yakın infrared dalga boyunu yüksek oranda yansıtan bitkiler yüksek biomas aktiviteye sahipken, görünür bölge olan kırmızı dalga boyunu düşük oranda yansıtan bitkiler sağlıklı ve kurumuş olarak değerlendirilir. Bu kapsamda, NDVI görüntüleri oluşturularak, bitkilerin canlılığının yüksek olduğu dönemler saptanabilmektedir [30].

2. DENEYSEL METOT (EXPERIMENTAL METHOD)

2.1. Materyal (Material)

2.1.1. İklimlendirme Dolabı (Air Conditioning Cabinet)

Bitki tohumlarının 20-22°C sıcaklık ve %60-70 nemde çimlenmesini sağlamak amacıyla sıcaklık, nem ve ışık kontrollü Şimşek Laborteknik İK-300 iklimlendirme dolabı kullanılmıştır.

2.1.2. Hız Kontrollü Konveyör Bant (Speed Control Conveyor Belt)

(Speed Control Conveyor Belt)

Çalışmada, traktör hareketini simüle etmek amacıyla Power Flex 4M motor sürücülü, hızı 0,0099 m/s (0,03564 km/h) ile 0,156 m/s (0,5616 km/h) aralığında 100 farklı değer alabilen hareketli bant kullanılmıştır.

2.1.3. Lüksmetre (Lightmeter)

Çimlendirme amacıyla iklimlendirme dolabında uygun sıcaklık ve nemde tutulan bitki tohumlarının gelişim süresince maruz kaldığı ışık şiddetinin tespiti amacıyla CEM DT-1309 model ışık şiddeti ölçer kullanılmıştır. Cihazın ışık ölçüm seviyesi 0,1 Lux-0,1 kLux aralığında ve doğruluk ise; ± 5 rdg ± 10 d (<10 000 Lux), ± 10 rdg ± 10 d (>10 000 Lux) tür.

2.1.4. RMS dijital multimetre (RMS digital multimeter)

RMS digital multi-metre; gerilim ölçüm doğruluğu $\pm 0,3$ okuma+ 2 dijit, akım ölçüm doğruluğu ise $\pm 1,5$ okuma+ 6 dijit olan Extech Instrument EX400 model RMS dijital multi-metredir. Cihazın AC gerilim ölçüm aralığı 400 mV-750 V ve AC akım aralığı ise 400 μ A-20 A dir. Direnç ölçüm aralığı ise; 400 Ω -40 M Ω dur.

2.1.5. Thermocouple dijital sıcaklık ve nem ölçer (Thermocouple digital temperature and humidity meter)

Çimlendirilen bitki tohumlarının, elektrik akımı uygulaması öncesi ve sonrasında sahip oldukları toprak sıcaklığı ve neminin ölçülmesi CEM marka DT-615 model dijital sıcaklık ve nem-ölçer ile gerçekleştirilmiştir.

Cihazın, yarı iletken sensör ölçümü; 0 °C -40 °C ve termokupl geniş ısı ölçüm aralığı -20 °C ile 1000 °C dir. Nem ölçümü ise 0,1 % RH ve 100 % RH, doğruluk ise; $\pm 3,5$ % RH dir. K-tip prop doğruluk ise; $\pm 3,0$ okuma + 4 °C dir.

2.1.6. Dikey tip çoklu elektrot tüneli (Vertical type multiple electrode tunnel)

(Vertical type multiple electrode tunnel)

Elektrot tüneli 30 x 30 = 900 adet 1,45 mm çapında ve 4 cm uzunluğunda dikey olarak monte edilmiş bakır elektrottan oluşan 40 cm x 50 cm boyutlarında 2 adet bakır levhadan meydana gelmektedir (Şekil 2). Bakır levhaların birine gerilim regülatörünün pozitif (+) ucu, diğerine de negatif (-) ucu bağlanarak bir elektrik devresi oluşturulmuştur.

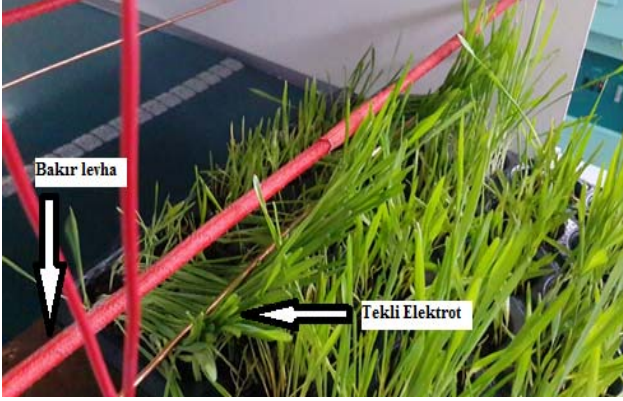


Şekil 2. Dikey tip çoklu elektrot (+), bakır levha (-)
(Vertical type multiple electrode (+), copper sheet (-))

2.1.7. Yatay tip tekli elektrot tüneli (Horizontal type single electrode tunnel)

(Horizontal type single electrode tunnel)

Tünel girişine, 3,30 mm çapında ve 50 cm uzunluğunda bir adet pozitif kutuplu bakır elektrot monte edilerek bant üzerinde hareket eden bitkilerin (zemininde bulunan negatif kutuplu bakır levha ile iletkenliği sağlanarak) elektrotla teması sonucu elektrik akımı bitki gövdesi üzerinden devresini tamamlanmıştır (Şekil 3).



Şekil 3. Yatay tip tekli elektrot (+) ve bakır levha (-)
(Horizontal type single electrode (+), copper sheet (-))

2.1.8. Gerilim regülatörü (Voltage regulator)

Deneyde kullanılan gerilim regülatörü (güç kaynağı) sayesinde 1 ile 300 Volt arasında sabit gerilim elde edilebilmektedir. Güç kaynağı; 1 faz giriş/1 faz çıkış, 1 KVA gücünde giriş gerilim aralığı: 130 VAC / 260 VAC, çıkış gerilim hassasiyeti: 220 VAC \pm %2, regülasyon hızı: 500 V/s, verimlilik: %96 çalışma sıcaklık aralığı: -40°C / +60°C 1 ile 300 volt arası kademeli çalışma, yüksek ve düşük gerilim koruması ve yüksek sıcaklık koruması özelliklerine sahiptir.

2.1.9. NDVI ölçüm cihazı

(Normalized difference vegetation index NDVI meter)

Bitkilerin elektrik akımına maruz bırakılmadan önce ve uygulamadan 1 hafta sonra ölçülen NVDI değerleri, TRIMBLE GreenSeeker el tipi cihazla ölçülmüştür. Cihazın emisyon dalga boyları, kırmızı 660 nm, 25 nm FWHM, yakın kızılötesi 780 nm, 25 nm FWHM, cihazın görüş alanı, 60 cm de 25 cm, 122 cm de 50 cm dir. Yükseklik aralığı ise 60-120 cm aralığındadır.

2.1.10. Arpa tohumları (Barley seeds)

Denemelerde kullanılmak üzere, kolay çimlenebilen ve kolayca temin edilebilen arpa tohumları tercih edilmiştir.

2.2. Metot (Method)

2.2.1. Dikey tip çoklu elektrot yöntemi

(Vertical type multiple electrode method)

Her bir tekerrür için, biri kontrol grubu, diğer üçü de örneklem olmak üzere 4 adet 6x5=30 gözenekli viyolde arpa tohumları (her gözenekte 25 \pm 3 adet olmak üzere) çimlendirilmiştir. Tüm viyoller, çimlenme süresince ve deney sonrası gözlem süresince 20-22°C sıcaklık, ortalama 1000-1200 lüks ışık ve %60-70 nemde iklimlendirme dolabında tutulmuştur. 1 haftalık çimlenmiş arpalar, dikey tip çoklu elektrot yöntemiyle 100 saniye süre ile [11, 14, 32] üçer tekerrürle 110, 220 ve 300 V AC gerilime tabi tutulmuştur. Hareketli

konveyör bant yardımıyla tünelden geçirilerek bitkilerin dikey monte edilmiş yaklaşık 900 adet bakır elektrotla maksimum teması sağlanmaya çalışılmıştır. Bu işlem öncesi, iletkenliği arttırmak için viyoller nemlendirilmiş ve her bir viyolün alt kısmına yardımcı bakır iletkenler yerleştirilerek, devrenin elektrik iletkenliği artırılmaya çalışılmıştır. Uygulama öncesi ve sonrası toprağın nem, sıcaklık ile uygulama sırasında bitkiler üzerinden geçen elektrik akımı ölçülmüştür. Uygulama öncesi (NDVI₁) ve sonrası (NDVI₂) bitki örtüsünün NDVI (Normalized Difference Vegetation Index) değerleri ölçülerek kaydedilmiştir.

2.2.2. Yatay tip tekli elektrot yöntemi

(Horizontal type single electrode method)

Her bir tekerrür için, biri kontrol grubu, diğer üçü de örneklem olmak üzere 4 adet 6x5=30 gözenekli viyolde arpa tohumları çimlendirilmiştir. Tüm viyoller, çimlenme süresince ve deney sonrası gözlem süresince ortalama 20-22°C sıcaklık, %60-70 nem ve 1000-1200 lüks ışıkta, iklimlendirme dolabında tutulmuştur. 1 haftalık çimlenmiş arpalar, yatay tip tekli elektrot yöntemiyle 110, 220 ve 300 Volt AC gerilime tabi tutulmuştur. Hareketli konveyör bant yardımıyla tünelden geçirilerek bitkilerin yatay tip tekli bakır elektrotla maksimum teması sağlanmaya çalışılmıştır. Bu işlem öncesi, iletkenliği arttırmak için viyoller sulanmıştır. Uygulama öncesi ve sonrası toprak nem ve sıcaklık verileri kayıt altına alınmıştır. Uygulama sırasında bitkiler üzerinden geçen elektrik akımı anlık olarak ölçülmüştür.

2.2.3. İstatistik Analiz (Statistical Analysis)

“Elektrot Yöntemi, Gerilim Tipi ve Akıma Göre Mortalite Oranlarının İncelenmesi” amacıyla yapılan bu çalışmanın örnek genişliğini hesaplamada, her değişken için Power (Testin Gücü) en az 0,80 ve 1. Tip Hata 0,05 alınarak belirlenmiştir. Çalışmadaki sürekli değişkenlerin normal dağılıp dağılmadığına Shapiro-Wilk (n<50) ile bakılmış ve değişkenlerin genel olarak normal dağılmadığından dolayı Nonparametrik testler uygulanmıştır. Çalışmamızdaki sürekli değişkenler için tanımlayıcı istatistikler; Medyan, Ortalama, Standart Sapma, Minimum ve Maksimum olarak ifade edilmiştir. “Elektrot Yöntemi” ve “Gerilim Tipi” faktörlerinin birlikte etkisine (interaksiyona) “iki yönlü (ANOVA) varyans analizi” ile bakılmıştır. “Elektrot Yöntemine” göre “Mortalite Oranlarının” karşılaştırılmasında Mann-Whitney U Testi hesaplanmıştır. “Gerilim Değerine” göre “Mortalite Oranlarının” karşılaştırılmasında Kruskal-Wallis H testi hesaplanmış ve farklı grupları belirlemede Bonferroni Post-Hoc (Çoklu) Karşılaştırma Testleri kullanılmıştır. “Mortalite Oranları” ile “Akım Şiddeti” arasındaki ilişkiyi belirlemede ise Spearman's rho Korelasyon katsayıları hesaplanmıştır. Hesaplamalarda istatistik anlamlılık düzeyi (α) %5 olarak alınmış ve hesaplamalar için SPSS (IBM SPSS for Windows, Ver.24) istatistik paket programı kullanılmıştır.

3. SONUÇLAR VE TARTIŞMALAR (RESULTS AND DISCUSSIONS)

Tablo 1’de görüldüğü gibi, dikey tip çoklu elektrot yönteminde 110 V tekerrürlerinde çimlenme oranlarında yaklaşık %12 artış gözlenmiştir. 220 ve 300 V seviyelerinde ise sırasıyla; %12 ve yaklaşık %17 mortalite oranları elde edilmiştir. Kontrol grubu çimlenme oranında ise yaklaşık %7’lik bir artış söz konusudur. Sonuçlar, NDVI₁ (1 haftalık çimlenmiş bitkilerden ölçülen) ve NDVI₂ (bitkiler elektrik akımına maruz bırakıldıktan 1

hafta sonra ölçülen) değerleri kullanılarak hesaplanmıştır. Tablo 2’de ise, yatay tip tekli elektrot yönteminde 110 V tekerrürlerinde çimlenme oranlarında yaklaşık %2 artış gözlenmiştir. 220 ve 300 V seviyelerinde ise sırasıyla; %8 ve yaklaşık %11 mortalite oranları elde edilmiştir. Kontrol grubu çimlenme oranında ise yaklaşık %5 lik bir artış söz konusudur. Tablo 3’te ise tekli ve çoklu elektrot yönteminde ortalama mortalite oranları görülmektedir. Tablo 4’te, Shapiro-Wilk (n<50) testi sonuçlarına göre, mortalite oranlarına ait değerlerin normal dağılmadığı görülmektedir (p<0,05). Bu nedenle bu veriler için

Tablo 1. Dikey tip çoklu elektrot yönteminde 110, 220 ve 300 V mortalite oranları
(110, 220 and 300 V mortality rates in vertical type multiple electrode method)

Gerilim AC	Akım(mA) min-max	Süre	Sıcaklık (T _s -T _i)	Toprak Nemi	Bitki Yoğunluğu	NDVI ₁	NDVI ₂	Mortalite
volt	mA	s	°C	%	adet/cm ²	-	-	%
1-110	2-074	100	22-19	42	0.650	0,50	0,61	-11
2-110	3-077	100	20-19	41	0.675	0,52	0,66	-14
3-110	5-072	100	21-18	43	0.675	0,48	0,60	-12
1-220	3-278	100	22-19	40	0.650	0,66	0,53	13
2-220	2-265	100	22-18	39.2	0.700	0,64	0,52	12
3-220	3-281	100	21-20	40	0.700	0,62	0,51	11
1-300	5-1384	100	24-19	41.6	0.675	0,68	0,50	18
2-300	4-1320	100	25-19	41.5	0.650	0,65	0,48	17
3-300	5-1365	100	24-18	40	0.700	0,64	0,47	17
Kontrol				40	0.650	0,58	0,65	-7

Tablo 2. Tekli elektrot yönteminde 110, 220 ve 300 V mortalite oranları
(Mortality rates at 110, 220 and 300 volts in single electrode method)

Gerilim AC	Akım min- max	Süre	Sıcaklık (T _s -T _i)	Toprak Nemi	Bitki Yoğunluğu	NDVI ₁	NDVI ₂	Mortalite
Volt	mA	s	°C	%	Adet /cm ²	-	-	%
1-110	5-031	100	22-19	40	0,675	0,51	0,52	-1
2-110	3-035	100	21-19	38	0,700	0,46	0,48	-2
3-110	6-032	100	22-18	41	0,675	0,50	0,52	-2
1-220	7-063	100	21-19	40	0,700	0,46	0,38	8
2-220	5-065	100	22-19	37,8	0,650	0,44	0,37	7
3-220	8-068	100	21-20	38,3	0,675	0,50	0,41	9
2-300	6-160	100	24-18	40,6	0,650	0,48	0,38	10
2-300	6-156	100	23-18	41	0,700	0,55	0,44	11
3-300	7-163	100	24-19	39,5	0,675	0,56	0,45	11
Kontrol				41,5	0,700	0,54	0,59	-5

Tablo 3. Tekli elektrot ve çoklu elektrot yönteminde 110, 220 ve 300 V ortalama mortalite oranları
(Average mortality rates at 110, 220 and 300 volts in single electrode and multiple electrode method)

Mortalite (%)	Uygulanan Gerilim (volt)					
	Tekli elektrot			Çoklu elektrot		
	110	220	300	110	220	300
	-1,67	8	10,67	-12,33	12	17,33

Tablo 4. Normallik testi sonuçları (The results of tests of normality)

Yöntem	Kolmogorov-Smirnov		Shapiro-Wilk		
	Statistic	n p.	Statistic	n p.	
Mortalite oranları (%)	Çoklu Elektrot	0,318	9 0,009	0,766	9 0,008
	Tekli Elektrot	0,260	9 0,081	0,792	9 0,017

Nonparametrik testlerin kullanılması uygun görülmüştür. Ölçümlerin dağılımlarına ait tablolar aşağıdaki gibidir.

Tablo 5'te; "elektrot yöntemine ve gerilime" göre "mortalite oranlarının" karşılaştırması verilmiştir. Buna göre bakıldığında; "110 V gerilim" ile "elektrot yöntemlerinde görülen mortalite oranları" arasında istatistik olarak anlamlı bir farklılık gözlenmiştir ($p<0,05$). Başka bir ifadeyle, "mortalite oranları" düzeyi, "çoklu veya tekli elektrot yöntemi" olmasından etkilenmiştir. Burada, "çoklu elektrot yönteminde", "tekli elektrot yöntemi" ne göre daha fazla mortalite oranlarına rastlanmaktadır. Benzer şekilde, "220 V gerilim" ile "elektrot yöntemlerinde görülen mortalite oranları" arasında istatistik olarak anlamlı bir farklılık gözlenmiştir ($p<0,05$). Başka bir ifadeyle, "mortalite oranları" düzeyi, "çoklu veya tekli elektrot yöntemi olmasından" etkilenmiştir. Burada, çoklu elektrot yönteminde, tekli yöntemine göre daha fazla mortalite oranlarına rastlanmaktadır (%12,00). Yine, "300 V gerilim" ile "elektrot yöntemlerinde görülen mortalite oranları" arasında istatistik olarak anlamlı bir farklılık gözlenmiştir ($p<0,05$). Diğer taraftan; "çoklu elektrot yöntemi"

kullanıldığında "gerilim değerlerine" göre gözlenen "mortalite oranları" arasında istatistik olarak anlamlı bir farklılık ta bulunmuştur ($p<0,05$). Başka bir ifadeyle, "mortalite oranları" düzeyi, "çoklu elektrot yönteminde" "gerilimden" etkilenmiştir. Burada, en fazla mortalite oranı sırasıyla 300 V, 220 V ve 110 V seviyelerinde gözlenmiştir. Gerilim arttıkça mortalite oranları da anlamlı şekilde artmaktadır. Benzer şekilde; "tekli elektrot yöntemi" kullanıldığında "gerilime" göre gözlenen "mortalite oranları" arasında istatistik olarak anlamlı bir farklılık bulunmuştur ($p<0,05$). Tekli elektrot yönteminde de gerilim arttıkça mortalite oranları da anlamlı şekilde artmaktadır. "Elektrot yöntemi" ile "gerilim tipi" faktörlerinin birlikte etkisine "iki yönlü varyans analizi" ile bakılmıştır. Buna göre, "elektrot yöntemi" ile "gerilim tipi" faktörlerinin mortalite oranları üzerinde birlikte etkisi anlamlı bulunmuştur ($p<0,05$).

Tablo 6'da "elektrot yöntemlerinde" ayrı ayrı olmak üzere "mortalite oranları" ile "elektrik akımı" arası ilişki (korelasyon) analizi sonuçları verilmiştir. Buna göre; hem "çoklu" hem de "tekli elektrot yöntemleri" için "mortalite

Tablo 5. Elektrot yöntemine ve uygulanan gerilime göre mortalite oranlarının karşılaştırılması
(Comparison of mortality rates according to electrode method and applied voltage)

	Gerilim	Çoklu Elektrot			Tekli Elektrot			Min.	Max.	*p.	
		Median	Mean	Std. Dev.	Median	Mean	Std. Dev.				
Mortalite Oranları (%)	110 Volt	-12,00	12,33 ^c	1,53	-14,00	11,00	-2,00	-1,67 ^c	,58	-2,00 -1,00 ,046	
	220 Volt	12,00	12,00 ^b	1,00	11,00	13,00	8,00	8,00 ^b	1,00	7,00 9,00 ,049	
	300 Volt	17,00	17,33 ^a	,58	17,00	18,00	11,00	10,67 ^a	,58	10,00 11,00 ,043	
**p.		,027			,025						

Yöntem * Gerilim İnteraksiyonu "p-değeri=,001" (twoway analysis of variance)

*Mann-Whitney U Testi sonuçlarına göre anlamlılık düzeyleri (Elektrot Yöntemleri arası farkı gösterir)→

**Kruskal-Wallis Testi sonuçlarına göre anlamlılık düzeyleri (Gerilim tipleri arası farkı gösterir)↓

a, b,c: Gerilim Tipleri arası farklılığı gösterir (Bonferroni Post Hoc karşılaştırma testine göre)

Tablo 6. Elektrot yöntemlerinde mortalite oranları ile elektrik akımı arasında korelasyon analizi sonuçları
(Correlation results between mortality rates and electric current in electrode methods)

	Çoklu Elektrot		Tekli Elektrot	
	r	p.	r	p.
Elektrik Akımı (mA)	0,895**	0,001	0,899**	0,001

** $p<0,01$; r: Spearman's rho Korelasyon katsayısı

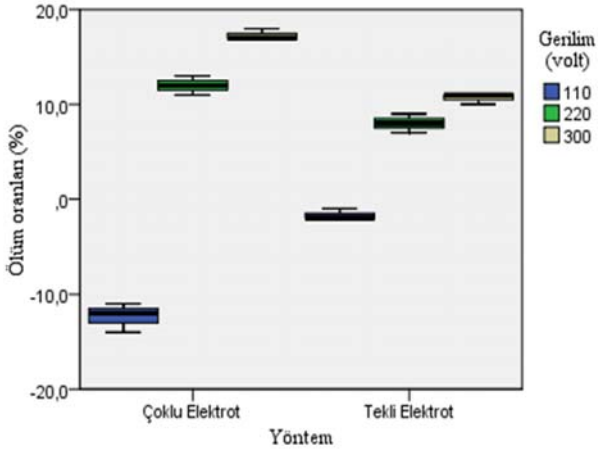
Tablo 7. Elektrot yöntemleri ve gerilime göre mortalite oranları ile elektrik akımı korelasyon analizi
(Electrode methods and voltage-related mortality rates and electrical current correlation analysis)

	Mortalite oranları (%)	
	r	p.
Çoklu Elektrot- 110 Volt	-0,500	0,667
Çoklu Elektrot - 220 Volt	-0,500	0,667
Çoklu Elektrot - 300 Volt	0,866	0,333
Tekli Elektrot - 110 Volt	-0,866	0,333
Tekli Elektrot - 220 Volt	0,500	0,667
Tekli Elektrot - 300 Volt	0,000	1,00

r: Spearman's rho Korelasyon katsayısı

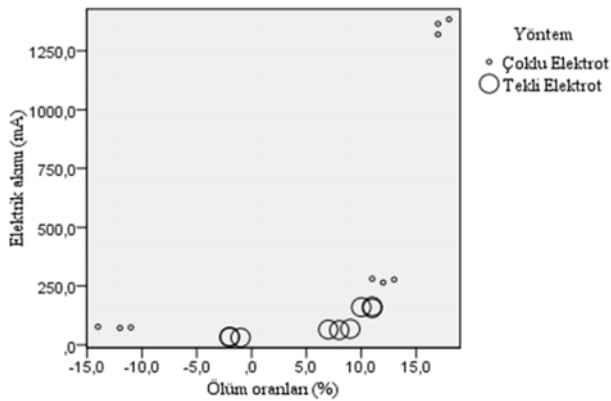
oranları” ile “elektrik akımı” arasında istatistik olarak anlamlı pozitif bir korelasyon gözlenmiştir ($p < 0,01$). Bu ilişkilerin derecesi (r) ise yaklaşık %89’dur. Bu sonuçlara göre, elektrik akımı arttıkça mortalite oranları da artmaktadır.

Tablo 7’de, “elektrot yöntemleri ve gerilim” birlikte ele alındığında “mortalite oranları” ile “elektrik akımı” arası korelasyon analizi sonuçları verilmiştir. Buna göre; elektrot yöntemleri ve gerilim tipleri birlikte ele alındığında “mortalite oranları” ile “elektrik akımı” arasında istatistik olarak anlamlı bir korelasyon gözlenmemiştir ($p > 0,05$).



Şekil 4. Tekli ve çoklu elektrot yöntem ile gerilime göre mortalite oranları dağılımı
(Distribution of mortality rates by voltage with single and multiple electrode methods)

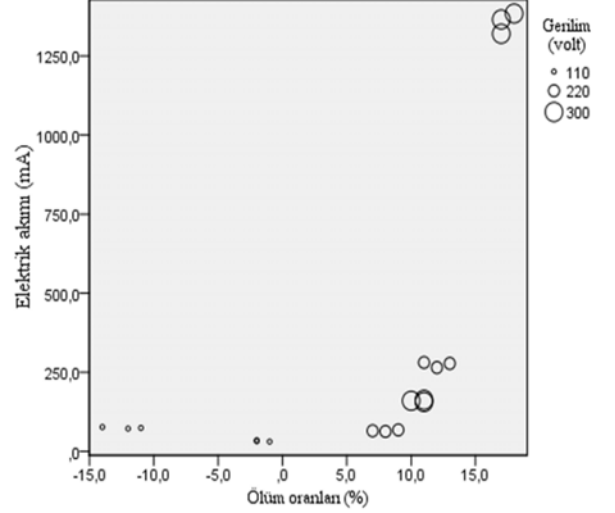
Şekil 4’te, tekli ve çoklu elektrot yöntemi ile uygulanan gerilim değerlerine göre meydana gelen mortalite oranları görülmektedir. 300 V seviyesinde her iki yöntem için de en yüksek mortalite oranı elde edilmiştir.



Şekil 5. Tekli ve çoklu elektrot yöntemlerinin elektrik akımına göre mortalite oranları dağılımı
(Distribution of death rates according to electric current with single and multiple electrode methods)

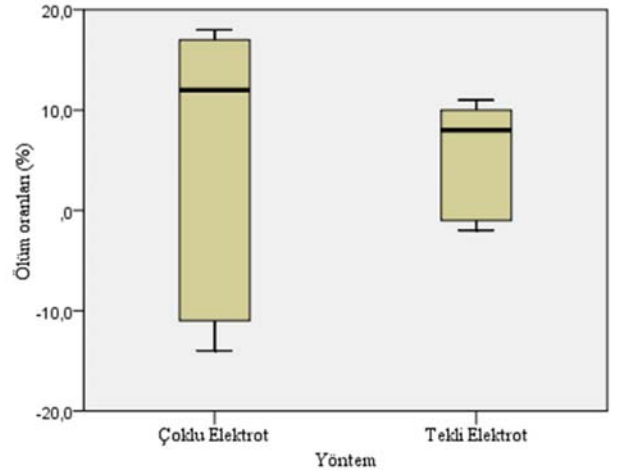
Şekil 5’de, tekli ve çoklu elektrot yöntemi ile uygulanan gerilime bağlı olarak bitkiler üzerinden geçen elektrik akımı

değerlerine göre meydana gelen mortalite oranları görülmektedir. Dikey tip çoklu elektrot yönteminde 300 V seviyesinde ortalama 1300 mA elektrik akımında en yüksek (%18) mortalite oranı elde edilmiştir.



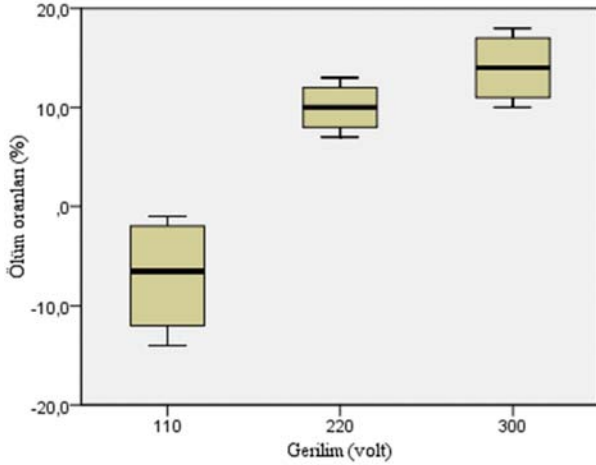
Şekil 6. Gerilim tipine göre elektrik akımı ile mortalite oranları dağılımı
(Distribution of electric current and mortality rates by voltage level)

Şekil 6’da gerilim tipi- elektrik akımı- mortalite ilişkisi, Şekil 7’de elektrot tipi- mortalite oranı ilişkisi görülmektedir.

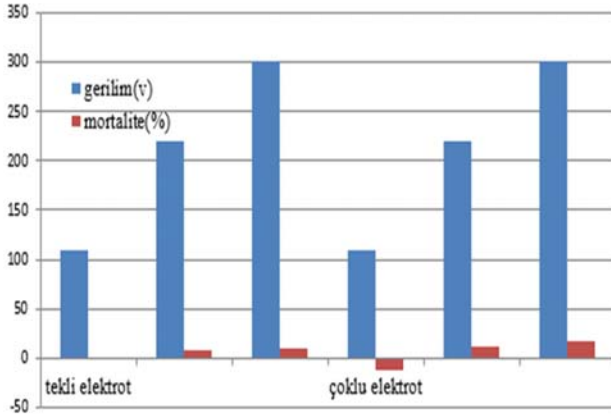


Şekil 7. Tekli ve çoklu elektrot yöntemleri ile mortalite oranları dağılımı
(Mortality distribution of single and multiple electrode methods)

Şekil 8’de mortalite oranı-gerilim ilişkisine bakıldığında; yüksek gerilim değerlerinde bitkilerde de yüksek oranda mortalite meydana geldiği görülmektedir. Şekil 9’da ise çoklu ve tekli elektrot yöntemlerinde, düşük gerilimlerde çimlenme oranlarında artış olduğu, ancak gerilim değerleri yükseldikçe bitkilerde meydana gelen mortalite oranlarında artış olduğu gözlemlenmiştir. Özellikle çoklu elektrot uygulamasında, 110 V seviyelerinde çimlenme oranlarında ortalama %12’lik bir artış olduğu tespit edilmiştir.



Şekil 8. Gerilim-mortalite oranları dağılımı
(distribution of voltage-mortality rates)



Şekil 9. Tekli elektrot ve çoklu elektrot yönteminde 110, 220 ve 300 V ta ortalama mortalite oranları
(Average mortality rates at 110, 220 and 300 V single electrode and multiple electrodes method)

4. SİMGELER (SYMBOLS)

E	: Tüketilen enerji miktarı (W)
R_p	: Bitkine elektriksel direnci (Ω)
T_c	: Elektrotların bitkiye temas süresi (s)
V	: Elektriksel gerilim (v)
n_c	: Elektrotların anlık temas ettiği bitki sayısı (adet)
L	: Elektrot uzunluğu (cm)
W_{eff}	: Etkin elektrot genişliği (cm)
D	: Bitki yoğunluğu (adet/cm ²)
R_L	: Toplam yük direnci (Ω)
R_S	: Toprağın elektriksel direnci (Ω)

4.1. Kısaltmalar (Abbreviations)

NDVI	: Normalized Difference Vegetation Index
SSWM	: Site-Specific Weed Management
IWM	: Integrated Weed Management
NIR	: Near Infra-Red

5. SONUÇLAR (CONCLUSION)

Dikey tip çoklu elektrot yönteminde 110 V tekerrürlerinde çimlenme oranlarındaki artış, kontrol grubu çimlenme oranındaki %7'lik artışla kıyaslandığında yaklaşık olarak %5 net bir çimlenme artışı söz konusudur. Mikrodalga yöntemi ile yabancı ot kontrolü çalışmalarında da benzer sonuçlar elde edilmiştir. Kısa süreli mikrodalga uygulamalarında tere ve roka tohumlarında, mikrodalga uygulanmayan kontrol grubuna göre daha fazla çimlenme görülmüştür [32-34]. 220 ve 300 V seviyelerinde ise sırasıyla; %12 ve yaklaşık %17'lik mortalite oranları elde edilmiştir.

Yatay tip tekli elektrot yönteminde, 110 V tekerrürlerinde çimlenme oranlarında yaklaşık %2 artış gözlenmiştir. 220 ve 300 V seviyelerinde ise sırasıyla; %8 ve yaklaşık %11 mortalite oranları elde edilmiştir. Kontrol grubu çimlenme oranında ise yaklaşık %5'lik bir artış söz konusudur. "Elektrot Yöntemine ve Gerilim Değerine" göre "Mortalite Oranlarının" karşılaştırmasına bakıldığında; "110 Volt Gerilim" ile "Elektrot Yöntemlerinde görülen Mortalite Oranları" arasında istatistik olarak anlamlı bir farklılık gözlenmiştir ($p < 0,05$).

Başka bir ifadeyle, "mortalite oranları" düzeyi, "çoklu veya tekli elektrot yöntemi olmasından" etkilenmiştir. Çoklu elektrot yönteminde, tekli yöntemle göre daha fazla mortalite oranları gözlenmiştir (%17,33). Başka bir açıdan bakıldığında; çoklu elektrot yöntemi kullanıldığında gerilim-mortalite oranları arasında istatistik olarak anlamlı bir farklılık bulunmuştur ($p < 0,05$). Başka bir ifadeyle, "mortalite oranları" düzeyi, "çoklu elektrot yönteminde" "gerilimden" etkilenmiştir. Benzer şekilde; "Tekli Elektrot Yöntemi" kullanıldığında "Gerilim Değerine" göre gözlenen "Mortalite Oranları" arasında istatistik olarak anlamlı bir farklılık bulunmuştur ($p < 0,05$).

En fazla mortalite oranları sırasıyla, 300 V, 220 V ve 110 V seviyelerinde meydana gelmiştir. Gerilim arttıkça mortalite oranları da anlamlı bir şekilde artmaktadır. Mortalite oranları ile elektrik akımı arasındaki istatistik olarak anlamlı pozitif bir korelasyon gözlenmiştir ($p < 0,05$). Bu korelasyonun derecesi (r) yaklaşık %89'dur. Elektrik akımı arttıkça mortalite oranlarının da arttığı söylenebilir. Ancak, unutulmamalıdır ki bugünkü haliyle kimyasal olmayan kontrol yöntemlerinin etkinliği, herbisitlere kıyasla, çok zayıf seviyelerde kalmaktadır. Buna ek olarak, bu zayıf etkinlik ucuz da değildir [35]. Ayrıca, uygulanacak enerji seviyesi ve uygulama süresinin doğru tespit edilmesi önem arz etmektedir. Yapılacak düşük gerilimli uygulamaların, yabancı otlarda çimlenmeyi artırma potansiyeline sahip olduğu da unutulmamalıdır.

Hızlı kentleşme ile kişi başına düşen su tüketimi artmış ve endüstriyel gelişmeye paralel olarak su kirliliği de arttırmıştır [36]. Ayrıca, katı madde birikmesi gibi nedenlerle baraj havzalarının kapasitesinin azalması da [37] ileride doğabilecek içme suyu problemlerine işaret etmektedir. Ekonomik kalkınma amaçlı gerçekleştirilen

arazi kullanım değişiklikleri, özellikle hassas ekosistemler üzerindeki baskıları arttırmaktadır [38]. Bu bağlamda, içme suyu kirliliğine de neden olan tarımsal kimyasalların kullanımını azaltmak için, kimyasal olmayan yabancı ot kontrol yöntemlerinin yaygınlaşması önem arz etmektedir.

KAYNAKLAR (REFERENCES)

1. Arjasakusuma, S., Yamaguchi, Y., Nakaji, T., Kosugi, Y., Shamsuddin, S. A., & Lion, M., Assessment of values and trends in coarse spatial resolution NDVI datasets in Southeast Asia landscapes. *European Journal of Remote Sensing*, 51 (1), 863-877, 2018.
2. Bajwa, A.A., Mahajan, G., Chauhan, B.S., Nonconventional weed management strategies for modern agriculture. *Weed science*, 63 (4), 723-747, 2015.
3. Bakker, T., Bontsema, J., Müller, J., Systematic design of an autonomous platform for robotic weeding. *Journal of Terramechanics*, 47 (2), 63-73, 2010.
4. Brand, J., Yaduraju, N. T., Shivakumar, B. G., Murray, L., Weed management. *Lentil*, 159-172, 2007.
5. Brodie, G., Harris, G., Pasma, L., Travers, A., Leyson, D., Lancaster, C., Woodworth, J., Microwave soil heating for controlling ryegrass seed germination. *Transactions of the ASABE*, 52 (1), 295-302, 2009.
6. Brodie, G., Ryan, C., Lancaster, C., Microwave technologies as part of an integrated weed management strategy: a review. *International Journal of Agronomy*, 2012.
7. Çelik, M., Sönmez, M. Kızıltepe İlçesinin Tarımsal Yapısındaki Değişimlerin Modis Ndvı Verileri Kullanılarak İzlenmesi ve İncelenmesi, *Marmara Coğrafya Dergisi*, (27), 262-281, 2013.
8. Çelik, M., Karabulut, M., Yağış koşullarının antep fıstığı (*Pistacia vera* L.) biomas aktivitesi ve fenolojik özelliklerine etkisinin uzaktan algılama verileri kullanılarak incelenmesi. *Türk Coğrafya Dergisi*, (60), 37-48, 2013.
9. Coleman, G. R., Stead, A., Rigter, M. P., Xu, Z., Johnson, D., Brooker, G. M. Walsh, M. J., Using energy requirements to compare the suitability of alternative methods for broadcast and site-specific weed control. *Weed Technology*, 1-18, 2019.
10. Crouse, D. L., Pinault, L., Balram, A., Hystad, P., Peters, P. A., Chen, H., Villeneuve, P. J. Urban greenness and mortality in Canada's largest cities: a national cohort study. *The Lancet Planetary Health*, 1 (7), 289-297, 2017.
11. Davis, F., Wayland, J., Merkle, M., Ultrahigh-Frequency Electromagnetic Fields for Weed Control: Phytotoxicity And Selectivity. *Science*, 173, 535-537, 1971
12. Diprose, M. F., Benson, F. A., Willis, A. J., The effect of externally applied electrostatic fields, microwave radiation and electric currents on plants and other organisms, with special reference to weed control, *The Botanical Review*, 50 (2), 171-223, 1984.
13. Gogo, E. O., Huyskens-Keil, S., Krimlowski, A., Ulrichs, C., Schmidt, U., Opiyo, A., Dannehl, D. Impact of direct-electric-current on growth and bioactive compounds of African nightshade (*Solanum scabrum* Mill.) plants, *Journal of Applied Botany and Food Quality*, 89, 2016.
14. Hess, M. C., Buisson, E., Mesléard, F. Soil compaction enhances the impact of microwave heating on seedling emergence. *Flora*, 259, 151457, 2019.
15. Ivanovich, B. V., Viktorovich, Y. I., Efficiency Estimation of Type of the Electrical Exposure on Plants at Their Processing. *Ad Alta: Journal of Interdisciplinary Research*, 8 (1), 2018.
16. Khare, S., Latifi, H., Ghosh, S. K. Multi-scale assessment of invasive plant species diversity using Pléiades 1A, RapidEye and Landsat-8 data. *Geocarto international*, 33 (7), 681-698, 2018.
17. Lundensia, A. S., Persson, B., Destruction of seeds from *Sinapsis Alba*, var. *Emergo* with 50 mM Ca²⁺ and high voltage pulses. *Acta Scientiarum Lundensia*, 2, 1-14, 2015.
18. Mavrogianopoulos, G. N., Frangoudakis, A., Pandelakis, J. Energy efficient soil disinfection by microwaves. *Journal of agricultural engineering research*, 75 (2), 149-153, 2000.
19. Moss, Stephen, R. Non-chemical methods of weed control: Benefits and limitations. In: *Seventeenth Australasian Weeds Conference*.p. 14-19. 2010.
20. Nagler, P. L., Sridhar, B. M., Olsson, A. D., van Leeuwen, W. J., Glenn, E. P. Hyperspectral Remote Sensing Tools for Quantifying Plant Litter and Invasive Species in Arid Ecosystems. In *Hyperspectral Remote Sensing of Vegetation*, CRC Press., 396-429, 2016.
21. Nelson, S. O. Review and assessment of radiofrequency and microwave energy for stored-grain insect control. *Transactions of the ASAE*, 39 (4), 1475-1484. 1996.
22. Nelson, S., O. A review and assessment of microwave energy for soil treatment to control pests. *Transactions of the ASAE*, 39 (1), 281-289. 1996.
23. Pantazi, X. E., Moshou, D., Bravo, C. Active learning system for weed species recognition based on hyperspectral sensing. *Biosystems Engineering*, 146, 193-202. 2016.
24. Rana, A., Derr, J. F. Responses of Ten Weed Species to Microwave Radiation Exposure as Affected by Plant Size. *Journal of Environmental Horticulture*, 36 (1), 14-20. 2018.
25. Rona, S. A., Valverde, B., De Souza, D. T. M., de Andrade Coutinho Filho, S. Weed inactivation device. 2019.
26. Sahin, H., Effects of microwaves on the germination of weed seeds. *Journal of Biosystems Engineering*, 39 (4), 304-309. 2014.
27. Sahin, H., Yalınkılıç, M. Using Electric Current as a Weed Control Method. *European Journal of Engineering Research and Science*, 2 (6), 59-64. 2017.
28. Sahin, H., Sağlam, R. A research about microwave effects on the weed plants. *J Agr Biol Sci*, 10, 79-84. 2015.

29. Schinasi, L.H., Quick, H., Clougherty, J.E., De Roos, A.J. Greenspace and Infant Mortality in Philadelphia, PA., *Journal of Urban Health*, 96 (3), 497-506. 2019.
30. Science Education through Earth Observation for High Schools (SEOS), <https://seos-project.eu/>. Erişim tarihi 03.01.2020.
31. Spruce, J. P., Hicke, J. A., Hargrove, W. W., Grulke, N. E., Meddens, A. J. Use of MODIS NDVI Products to Map Tree Mortality Levels in Forests Affected by Mountain Pine Beetle Outbreaks. *Forests*, 10 (9), 811. 2019.
32. Turner, W., Spector, S., Gardiner, N., Fladeland, M., Sterling, E., Steininger, M. Remote sensing for biodiversity science and conservation. *Trends in ecology and evolution*, 18 (6), 306-314. 2003.
33. Vincent, C., Panneton, B., Fleurat-Lessard, F. Physical control methods in plant protection. 2001.
34. Wayland, J., Merkle, M., Davis, F., Menges, R. M., Robinson, R. Control of weeds with UHF electromagnetic fields. *Weed Research*, 15 (1), 1-5. 1975.
35. Yudaev, I.V. Analysis of Variation in Circuit Parameters for Substitution of Weed Plant Tissue under Electric Impulse Action. *Surface Engineering and Applied Electrochemistry*, 55 (2), 219-224. 2019.
36. Muratoglu A., Assessment of water footprint of production: A case study for Diyarbakir province, *Journal of The Faculty of Engineering and Architecture of Gazi University*, 35 (2), 845-858. 2020.
37. Guvel S.P., Yurtal R. Investigation of sedimentation effects on Seyhan Dam reservoir, *Journal of The Faculty of Engineering and Architecture of Gazi University*, 35 (2), 1015-1025. 2020.
38. Kuru A., Tezer A., New approach to determine the protection zones for drinking water basins: the case study of Kırklareli dam, *Journal of the Faculty of Engineering Architecture of Gazi University*, 35 (1), 519-535, 2020.