

**T.C.
HARRAN ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

DOKTORA TEZİ

**TARIMSAL ÜRETİMDE YABANCI OT MÜCADELESİNDE
MİKRODALGA YÖNTEMİNİN UYGULANABİLİRLİĞİNİN
BELİRLENMESİ ÜZERİNE BİR ARAŞTIRMA**

Hasan ŞAHİN

TARIM MAKİNALARI ANABİLİM DALI

**ŞANLIURFA
2012**

Prof. Dr. Ramazan SAĞLAM danışmanlığında, Hasan ŞAHİN' in hazırladığı “Tarımsal Üretimde Yabancı Ot Mücadelesinde Mikrodalga Yönteminin Uygulanabilirliğinin Belirlenmesi Üzerine Bir Araştırma” konulu bu çalışma 30/ 11/ 2012 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından Tarım Makineleri Anabilim Dalı'nda Doktora tezi olarak kabul edilmiştir.

Danışman: Prof. Dr. Ramazan SAĞLAM

Üye: Prof. Dr. Hüsamettin BULUT

Üye: Prof. Dr. Hasan Hüseyin ÖZTÜRK

Üye: Yrd. Doç. Dr. Zeki DOĞAN

Üye: Yrd. Doç. Dr. İbrahim TOBİ

Bu Tezin Tarım Makineleri Anabilim Dalında Yapıldığını ve Enstitümüz Kurallarına Göre Düzenlendiğini Onaylarım.

Prof. Dr. Mehmet CİCİ

Enstitü Müdürü

Bu Çalışma HÜBAK Tarafından Desteklenmiştir.

Proje No: 1124

Not: Bu tezde kullanılan özgün ve başka kaynaktan yapılan bildirişlerin, çizelge, şekil ve fotoğrafların kaynak gösterilmeden kullanımı, 5846 sayılı Fikir ve Sanat Eserleri Kanunundaki hükümlere tabidir.

ÖZ

Doktora Tezi

TARIMSAL ÜRETİMDE YABANCI OT MÜCADELESİNDE MİKRODALGA YÖNTEMİNİN UYGULANABİLİRLİĞİNİN BELİRLENMESİ ÜZERİNE BİR ARAŞTIRMA

Hasan ŞAHİN

Harran Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Tarım Makineleri
Anabilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. Ramazan SAĞLAM
Yıl: 2012, Sayfa: 126

Bu çalışmada, tarımsal üretimde önemli kayıplara neden olan yabancı otların mikrodalga uygulanarak yok edilmesi yönteminin uygulanabilirliği araştırılmıştır. Araştırmada bitki olarak yabani hardal, yabani yulaf, tere ve roka kullanılmıştır. Bu bitkiler çimledikten sonra, mikrodalga enerji uygulanarak canlılığını kaybeden bitki oranları ve zarar düzeyleri tespit edilmiştir. Bu amaçla, geliştirdiğimiz hareketli bantlı deney-test tünel düzeneği kullanılmıştır. Çimlendirilen bitkiler, 400 mm x 600 mm x 1200 mm boyutlarında ve hacmi $V = 0.288 \text{ m}^3$ olan mikrodalga tünelinden; 9.72 kW/m^3 , 7.29 kW/m^3 ve 4.86 kW/m^3 mikrodalga enerji yoğunluklarında ve hız kontrollü konveyör bant yardımıyla 0.01 m/s, 0.026 m/s, 0.050 m/s, 0.090 m/s ve 0.15 m/s gibi farklı hızlarda geçirilerek sonuçlar elde edilmiştir. Hareketli bant sistemi ile traktörün tarladaki hareketi simüle edilmeye çalışılmıştır. Elde edilen sonuçlara göre, mikrodalga enerji uygulama süresine, yabancı ot türüne ve uygulanan mikrodalga enerji yoğunluğuna bağlı olarak, yabancı ot bitkilerinde % 4 ile % 100 arasında değişen farklı ölüm oranları gerçekleştiği tespit edilmiştir.

ANAHTAR KELİMELELER: Mikrodalga, yabancı ot, kimyasal olmayan mücadele, herbisitler.

ABSTRACT

Ph. D. Thesis

A RESEARCH ON DETERMINE THE APPLICABILITY OF MICROWAVE AS A WEED CONTROL METHOD IN AGRICULTURAL PRODUCTION

Hasan ŞAHİN

**Harran University
Graduate School of Natural and Applied Sciences
Department of Agricultural Machinery**

Supervisor: Prof. Dr. Ramazan SAĞLAM

Year: 2012, Page: 126

In this study, the applicability of microwave weed control methods in destruction of weeds which causes significant losses in agricultural production was investigated. In research, charlock, wild oats, cress and arugula have been used. After they germinates, vitality rates and damage levels of the plants which exposed to microwave energy, were determined. For this purpose, we developed an experimental test tunneling mechanism. Then, germinated weeds were passed through a speed control microwave tunnel with the 400 mm x 600 mm x 1200 mm dimensions, and volume of $V = 0.288$ cubic meter applying with the help of adjustable microwave energy densities; 9.72 kW/m^3 , 7.29 kW/m^3 , 4.86 kW/m^3 and moves with five different speeds of 0.01 m/s, 0.026 m/s, 0.050 m/s, 0.090 m/s, 0.15 m/s. The moving belt system was used to simulate the movement of the tractor in the field. According to the study results, depending on exposure duration, weed spices and microwave energy density, different death rates changing from 4 % to 100 % ,were determined.

KEY WORDS: Microwave, weed, non chemical weed control, herbicides.

ÖNSÖZ

Yabancı ot mücadelesinde kullanılan kimyasallar, yabancı otların fizyolojik gelişmelerini etkiler ve ekonomik kaybı en aza indirmeyi veya tamamen kaldırmayı amaçlar. Kimyasal ilaçlar kullanılarak uygulanan mücadele yöntemleri tarımsal alanlarda olduğu kadar, tarım dışı alanlarda da yabancı otların kontrolünde yaygın olarak kullanılan yöntemlerdir. Ancak, kimyasal ilaç kullanımının zararları anlaşıldıkça ve çevre duyarlılığı arttıkça özellikle organik tarım uygulamalarında kimyasal olmayan mücadele yöntemlerine doğru yönelişlerde artış olmuştur.

Bu çalışmada, kimyasal mücadele yöntemlerine alternatif olabilecek mikrodalga yönteminin uygulanabilirliği araştırılmıştır. Denemelerde kullanılmak üzere tasarlanan hız kontrollü konveyör bant ile 1 kW'lık dört adet magnetrondan oluşan mikrodalga tüneli kullanılmıştır. Çalışmada yabancı hardal, yabancı yulaf, tere ve roka bitkilerinin uygun sıcaklık ve nem ortamında çimlendirildikten sonra, farklı güçlerde ve farklı hızlarda mikrodalga enerji uygulanarak ortaya çıkan sonuçlar değerlendirilmiştir.

Çalışmanın ilk aşamasından, deneysel aşama ve sonuçların değerlendirilmesi aşamasına kadar, yoğun mesaisine rağmen yol gösterici katkılarını esirgemeyen danışmanım Sayın Prof. Dr. Ramazan SAĞLAM 'a teşekkürlerimi sunarım.

Çalışmanın deneysel düzeneğinin hazırlanmasında maddi kaynak sağlayan Harran Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinatörlüğü (HÜBAK)'ne teşekkür ederim.

Doktora çalışmam süresince gösterdiği sabır ve desteğinden dolayı eşim Hidayet'e, çalışma süresince yeterince zaman ayıramadığım oğlum Arif Emre ve kızım İrem'e sevgilerimi sunuyorum.

İÇİNDEKİLER

	Sayfa No
ÖZ	i
ABSTRACT	ii
ÖNSÖZ	iii
SİMGELER DİZİNİ ve KISALTMALAR	vii
ŞEKİLLER DİZİNİ	ix
ÇİZELGELER DİZİNİ	xii
1. GİRİŞ	1
1.1. Tarımsal Üretimde Yabancı Otlar	4
1.2. Yabancı Otlarla Mücadele Yöntemleri	6
1.2.1. Alternatif Fiziksel Mücadele Yöntemleri	7
1.2.1.1. Alevli mücadele	7
1.2.1.2. Elektromanyetik enerji yöntemi	10
1.2.1.3. Kızgın Buharlı Mücadele	11
1.2.1.4. Infrared Yöntemi	12
1.2.1.5. Pnömatik Yöntem	13
1.2.1.6. Dondurarak Mücadele Yöntemi	13
1.2.1.7. Lazer Yöntemi	13
1.2.1.8. Solarizasyon Yöntemi	14
1.2.1.9. Elektrik Ark Yöntemi	15
1.3. Mikrodalga'nın Endüstriyel Uygulamaları	16
1.4. Çalışmanın Amacı ve Önemi	28
2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR	29
3. MATERYAL VE YÖNTEM	36
3.1. Materyal	36
3.1.1. İklimlendirme Dolabı	36
3.1.2. Hız Kontrol Sürücülü Konveyör Bant	37
3.1.3. Mikrodalga Tüneli	38
3.1.4. Biyolojik Materyal	40
3.1.5. RMS Digital Multimetre	40
3.1.6. Aydınlik Şiddeti Ölçüm Cihazı	41
3.1.7. Mikrodalga Sızıntı Detektörü	42
3.1.8. Termokupl Digital Sıcaklık ve Nem Ölçerler	42
3.1.9. Hassas Terazı	43
3.1.10. Infrared Termometre	43
3.1.11. Batırma-Saplama Tipi Termometreler	44
3.2. Yöntem	44
3.2.1. Mikrodalga Tünelinde Isıl Dağılım	49

3.2.2.	Mikrodalga Enerji Yoğunluğunun Kaynak-Hedef Uzaklığına Göre Değişimi	52
4.	BULGULAR VE TARTIŞMA	55
4.1.	Çimlendirilen 7 Günlük Yabani Yulaf Bitkilerine MD Uygulaması.....	55
4.2.	Çimlendirilen 5 Günlük Yabani Yulaf Bitkilerine MD Uygulaması.....	63
4.3.	7 Günlük Tere Tohumlarına Mikrodalga Uygulanması.....	74
4.4.	30 Günlük Çimlenmiş Yabani Hardal Tohumlarına MD Uygulaması.....	84
4.5.	Oda Şartlarında Çimlendirilen Yabani Yulafa MD Uygulanması	94
4.6.	Mikrodalga Işınım Enerjisi Yoğunluğunun Yüksekliğe Göre Değişimi.....	107
5.	SONUÇLAR ve ÖNERİLER.....	111
5.1.	Sonuçlar.....	111
5.2.	Öneriler.....	114
	KAYNAKLAR	116
	ÖZGEÇMİŞ	122
	ÖZET	123
	SUMMARY	125

SİMGELER DİZİNİ ve KISALTMALAR

Ψ	: Mikrodalga enerji yoğunluğu (J/cm^2)
a	: Horn anten genişliği (cm)
E_0	: Horn anten elektrik alan peak değeri (Vm^{-1})
μ	: Ortamın manyetik geçirgenliği (Henrys m^{-1})
ϵ''	: Kompleks dielektrik sabiti (Farad m^{-1})
E	: Elektrik alan (Vm^{-1})
H	: Manyetik alan (Webers m^{-1})
ϵ'	: Dielektrik sabiti (Farad m^{-1})
J_c	: Malzemenin iletkenliğinden kaynaklanan akım yoğunluğu ($A m^{-1}$)
J_s	: Ortamdaki akım kaynağı ile ilişkili akım yoğunluğu ($A m^{-1}$)
λ	: Dalga boyu (m)
λ_0	: Boşluktaki bir elektromanyetik dalganın dalga boyu (m)
H	: Malzeme yüzeyindeki ısı iletim katsayısı ($Wm^{-1} K^{-1}$)
$I_0(x)$: Modifiye birinci tür Bessel fonsiyonu
$J_0(x)$: Birinci tür Bessel fonsiyonu
k	: Malzemenin ısı iletkenliği ($W m^{-1}K^{-1}$)
r_0	: Mikrodalga ile ısıtılan silindirik objenin dış yarı çapı (m)
t_h	: Mikrodalga ile ısıtma süresi (s)
α	: Dalga faz sabiti (m^{-1})
β	: Dalga zayıflama faktörü (m^{-1})
ϵ_a	: Havanın kompleks dielektrik sabiti (nondispersive residual component) (Farad m^{-1})
ϵ_w	: Su için kompleks dielektrik sabiti (Farad m^{-1})
ϵ_s	: Bitkinin hidrokarbon moleküllerinden kaynaklanan dielektrik sabiti (Farad m^{-1})
v_{fw}	: Bitki bünyesindeki serbest su miktarı
ϵ_{fw}	: Serbest suyun dielektrik özellikleri
v_b	: Bitki bünyesindeki bağlı su miktarı

ϵ_{bw}	: Bağlı suyun dielektrik özellikleri
f	: frekans (Hz)
γ	: Kombine ısı ve nem difüzyon katsayısı
κ	: Isıtılan malzemenin dielektrik kayıp faktörü
τ	: Mikrodalga enerjinin malzemeye geçiş katsayısı
ω	: Mikrodalgaların açısal hızı (rad s^{-1}).
ϵ	: Serbest uzaydaki dielektrik sabiti
ϵ_r	: Bağlı dielektrik sabiti
ϵ_e	: Etkin dielektrik sabiti
W	: Mikroşerit band genişliği
h	: Dielektrik tabaka yüksekliği
Z_0	: Karakteristik empedans
Γ	: Yansıma katsayısı
S	: Poynting vektörü (W m^{-2})
E_x, E_y, E_z	: Elektrik alanının Kartezyen koordinatlardaki bileşenleri
H_x, H_y, H_z	: Manyetik alanının Kartezyen koordinatlardaki bileşenleri
Q	: Mikrodalga fırınlarda kalite faktörü
δ	: Mikrodalga kayıp katsayısı
ETS	: Ekilen tohum sayısı (Adet)
CTS	: Çimlenmiş tohum oranı (%)
CKT	: Canlılığını kaybeden tohum (%)
MMÖ	: Mikrodalgaya Maruz Kalmadan Önce
MMS	: Mikrodalgaya Maruz Kaldıktan Sonra
ETS	: Ekilen tohum sayısı (Adet)
ΔT	: İlk sıcaklık ve son sıcaklık farkı ($^{\circ}\text{C}$)
ρ	: Hacimsel yük yoğunluğu (C m^{-3})
σ	: İletkenlik (Si m^{-1})

ŞEKİLLER DİZİNİ

Sayfa No

Şekil 1.1. Alevli Mücadele Uygulaması.....	8
Şekil 1.2. Alevli mücadele için tasarlanmış düzenek	9
Şekil 1.3. Sıcak buharlı yabancı ot kontrolü için tasarlanmış bir makine	11
Şekil 1.4. Manuel kullanım için üretilmiş bir kızılötesi uygulama düzeneği	12
Şekil 1.5. Lazerli mücadele yöntemi şematik gösterimi.....	14
Şekil 1.6. Zeytin ve serada solarizasyon uygulamaları	15
Şekil 1.7. Elektrikle yabancı ot kontrol yöntemi (Vigneault, 2002).....	16
Şekil 1.8. Mikrodalgaın maddelerle etkileşimi (Lautenschlager, 1998).....	18
Şekil 1.9. Elektromanyetik spektrum	23
Şekil 1.10. S Poynting vektörünün yönü manyetik dalga yayılım yönündedir.....	25
Şekil 1.11. Manyetik dalgalarda elektrik alan E ve manyetik alan H'nin oluşması	25
Şekil 1.12. Elektromanyetik dalgalarda elektrik alan E ve manyetik alan H bileşenleri	26
Şekil 1.13. Suyun mikrodalga ile ısınma mekanizması.....	27
Şekil 2.1. Dalga kılavuzu yoluyla mikrodalgaın hedefe yöneltilmesi (Brodie, 2012).....	35
Şekil 3.1. İklimlendirme dolabı kontrol paneli	36
Şekil 3.2. İklimlendirme dolabı.....	36
Şekil 3.3. Saf su üretim cihazı.....	37
Şekil 3.4. Konveyör bant ve hız kontrol sürücüsü	37
Şekil 3.5. Konveyör bant ve mikrodalga tüneli ön görünüşü (ölçüler mm dir.)	38
Şekil 3.6. Konveyör bant ve mikrodalga tüneli yan görünüşü (ölçüler mm dir.).....	39
Şekil 3.7. Mikrodalga tüneli (montaj öncesi ve montaj sonrası)	39
Şekil 3.8. Tünel mikrodalga geçirmez malzeme ile örtülmüş	40
Şekil 3.9. Çimlendirme saksıları için toprak hazırlığı.....	40
Şekil 3.10. RMS digital multimetre	41
Şekil 3.11. Aydınlanma şiddeti ölçüm cihazı.....	41
Şekil 3.12. Mikrodalga detektörü.....	42
Şekil 3.13. Thermocouple digital sıcaklık ve nem ölçer	43
Şekil 3.14. Hassas terazi	43
Şekil 3.15. Infrared termometre	44
Şekil 3.16. Batırma tip termometreler	44
Şekil 3.17. Yabani hardal ve yabani yulaf tohumları	44
Şekil 3.18. Tere ve roka tohumları	45
Şekil 3.19. Sıcaklık dağılımı ve ısı absorpsiyon tespiti.....	50
Şekil 3.20. Sıcaklık dağılımı ısı absorpsiyon tespiti numunelerinin yerleşimi	51
Şekil 3.21. Tünel içi konveyör bant yüzeyi numune sıcaklık dağılımı	52
Şekil 4.1. Y-7-A-V1 Mikrodalga uygulanmadan önce-uygulandıktan hemen sonra	58
Şekil 4.2. Y-7-A-V2 Mikrodalga uygulanmadan önce-uygulandıktan hemen sonra	58
Şekil 4.3. Y-7-A-V3 Mikrodalga uygulanmadan önce-uygulandıktan hemen sonra	58
Şekil 4.4. Y-7-A-V4 Mikrodalga uygulanmadan önce-uygulandıktan hemen sonra	59
Şekil 4.5. Y-7-A-V5 Mikrodalga uygulanmadan önce-uygulandıktan hemen sonra	59
Şekil 4.6. Mikrodalga uygulanan yabani yulaf bitkilerinin 6. gün sonundaki durumu	59
Şekil 4.7. Yabani yulafın A ve B güç düzeyinde V1 hızındaki uygulamadan 6 gün sonraki durumu	60
Şekil 4.8. Yabani yulafın C güç düzeyinde V1 hızındaki uygulamadan 6 gün sonraki durumu	61
Şekil 4.9. Yabani yulafın C güç düzeyinde V3, V4, V5 hızlarında uygulamadan 5 gün sonraki durumu.....	61
Şekil 4.10. Y-7-A-V1, Y-7-A-V2, Y-7-A-V3, Y-7-A-V4, Y-7-A-V5 sıcaklık farkı-CKT% değişimi ...	62
Şekil 4.11. Y-7-B-V1, Y-7-B-V2, Y-7-B-V3, Y-7-B-V4, Y-7-B-V5 sıcaklık farkı-CKT% değişimi	62
Şekil 4.12. Y-7-C-V1, Y-7-C-V2, Y-7-C-V3, Y-7-C-V4, Y-7-C-V5 sıcaklık farkı-CKT% değişimi ...	63
Şekil 4.13. 5 Günlük yabani yulaf tohumlarının çimlenme ve gelişim düzeyleri	65
Şekil 4.14. Y-5-A-V1 Mikrodalga uygulanmadan önce-uygulandıktan hemen sonra	66
Şekil 4.15. Y-5-A-V2 Mikrodalga uygulanmadan önce-uygulandıktan hemen sonra	66

Şekil 4.16. Y-5-A-V3 Mikrodalga uygulanmadan önce-uygulandıktan hemen sonra.....	66
Şekil 4.17. Y-5-A-V4 Mikrodalga uygulanmadan önce-uygulandıktan hemen sonra.....	67
Şekil 4.18. Y-5-A-V5 Mikrodalga uygulanmadan önce-uygulandıktan hemen sonra.....	67
Şekil 4.19. Y-5-B-V1 Mikrodalga uygulanmadan önce-uygulandıktan hemen sonra.....	67
Şekil 4.20. Y-5-B-V2 Mikrodalga uygulanmadan önce-uygulandıktan hemen sonra.....	68
Şekil 4.21. Y-5-B-V3 Mikrodalga uygulanmadan önce-uygulandıktan hemen sonra.....	68
Şekil 4.22. Y-5-B-V4 Mikrodalga uygulanmadan önce-uygulandıktan hemen sonra.....	68
Şekil 4.23. Y-5-B-V5 Mikrodalga uygulanmadan önce-uygulandıktan hemen sonra.....	69
Şekil 4.24. Y-5-C-V1 Mikrodalga uygulanmadan önce-uygulandıktan hemen sonra.....	69
Şekil 4.25. Y-5-C-V2 Mikrodalga uygulanmadan önce-uygulandıktan hemen sonra.....	69
Şekil 4.26. Y-5-C-V3 Mikrodalga uygulanmadan önce-uygulandıktan hemen sonra.....	70
Şekil 4.27. Y-5-C-V4 Mikrodalga uygulanmadan önce-uygulandıktan hemen sonra.....	70
Şekil 4.28. Y-5-C-V5 Mikrodalga uygulanmadan önce-uygulandıktan hemen sonra.....	70
Şekil 4.29. Y-5-A-V1 Mikrodalga uygulandıktan 2 gün sonra.....	71
Şekil 4.30. Y-5-A-V2 Mikrodalga uygulandıktan 2 gün sonra.....	71
Şekil 4.31. Y-5-A-V1, Y-5-A-V2, Y-5-A-V3, Y-5-A-V4, Y-5-A-V5 sıcaklık farkı-CKT% değişimi ...	73
Şekil 4.32. Y-5-B-V1, Y-5-B-V2, Y-5-B-V3, Y-5-B-V4, Y-5-B-V5 sıcaklık farkı-CKT% değişimi	73
Şekil 4.33. Y-5-C-V1, Y-5-C-V2, Y-5-C-V3, Y-5-C-V4, Y-5-C-V5 sıcaklık farkı-CKT% değişimi	74
Şekil 4.34. Tere tohumları çimlenmenin 7. gününde.....	75
Şekil 4.35. T-A-V1 Mikrodalga uygulanmadan önce ve uygulandıktan 5 gün sonra.....	77
Şekil 4.36. T-A-V2 Mikrodalga uygulanmadan önce ve uygulandıktan 5 gün sonra.....	77
Şekil 4.37. T-A-V3 Mikrodalga uygulanmadan önce ve uygulandıktan 5 gün sonra.....	78
Şekil 4.38. T-A-V4 Mikrodalga uygulanmadan önce ve uygulandıktan 5 gün sonra.....	78
Şekil 4.39. T-A-V5 Mikrodalga uygulanmadan önce ve uygulandıktan 5 gün sonra.....	78
Şekil 4.40. T-B-V1 Mikrodalga uygulanmadan önce ve uygulandıktan 5 gün sonra.....	79
Şekil 4.41. T-B-V2 Mikrodalga uygulanmadan önce ve uygulandıktan 5 gün sonra.....	79
Şekil 4.42. T-B-V3 Mikrodalga uygulanmadan önce ve uygulandıktan 5 gün sonra.....	79
Şekil 4.43. T-B-V4 Mikrodalga uygulanmadan önce ve uygulandıktan 5 gün sonra.....	80
Şekil 4.44. T-B-V5 Mikrodalga uygulanmadan önce ve uygulandıktan 5 gün sonra.....	80
Şekil 4.45. T-C-V1 Mikrodalga uygulanmadan önce ve uygulandıktan 5 gün sonra.....	80
Şekil 4.46. T-C-V2 Mikrodalga uygulanmadan önce ve uygulandıktan 5 gün sonra.....	81
Şekil 4.47. T-C-V3 Mikrodalga uygulanmadan önce ve uygulandıktan 5 gün sonra.....	81
Şekil 4.48. T-C-V4 Mikrodalga uygulanmadan önce ve uygulandıktan 5 gün sonra.....	81
Şekil 4.49. T-C-V5 Mikrodalga uygulanmadan önce ve uygulandıktan 5 gün sonra.....	82
Şekil 4.50. T-7-A-V1, T-7-A-V2, T-7-A-V3, T-7-A-V4, T-7-A-V5 sıcaklık farkı-CKT% değişimi	83
Şekil 4.51. T-7-B-V1, T-7-B-V2, T-7-B-V3, T-7-B-V4, T-7-B-V5 sıcaklık farkı-CKT% değişimi	83
Şekil 4.52. T-7-C-V1, T-7-C-V2, T-7-C-V3, T-7-C-V4, T-7-C-V5 sıcaklık farkı-CKT% değişimi	84
Şekil 4.53. YH-30-A-V1 Mikrodalga uygulanmadan önce ve uygulandıktan 5 gün sonra.....	87
Şekil 4.54. YH-30-A-V2 Mikrodalga uygulanmadan önce ve uygulandıktan 5 gün sonra.....	87
Şekil 4.55. YH-30-A-V3 Mikrodalga uygulanmadan önce ve uygulandıktan 5 gün sonra.....	87
Şekil 4.56. YH-30-A-V4 Mikrodalga uygulanmadan önce ve uygulandıktan 5 gün sonra.....	88
Şekil 4.57. YH-30-A-V5 Mikrodalga uygulanmadan önce ve uygulandıktan 5 gün sonra.....	88
Şekil 4.58. YH-30-B-V1 Mikrodalga uygulanmadan önce ve uygulandıktan 5 gün sonra.....	88
Şekil 4.59. YH-30-B-V2 Mikrodalga uygulanmadan önce ve uygulandıktan 5 gün sonra.....	89
Şekil 4.60. YH-30-B-V3 Mikrodalga uygulanmadan önce ve uygulandıktan 5 gün sonra.....	89
Şekil 4.61. YH-30-B-V4 Mikrodalga uygulanmadan önce ve uygulandıktan 5 gün sonra.....	89
Şekil 4.62. YH-30-B-V5 Mikrodalga uygulanmadan önce ve uygulandıktan 5 gün sonra.....	90
Şekil 4.63. YH-30-C-V1 Mikrodalga uygulanmadan önce ve uygulandıktan 5 gün sonra.....	90
Şekil 4.64. YH-30-C-V2 Mikrodalga uygulanmadan önce ve uygulandıktan 5 gün sonra.....	90
Şekil 4.65. YH-30-C-V3 Mikrodalga uygulanmadan önce ve uygulandıktan 5 gün sonra.....	91
Şekil 4.66. YH-30-C-V4 Mikrodalga uygulanmadan önce ve uygulandıktan 5 gün sonra.....	91
Şekil 4.67. YH-30-C-V5 Mikrodalga uygulanmadan önce ve uygulandıktan 5 gün sonra.....	91
Şekil 4.68. Mikrodalga uygulanmayan yabancı hardal örnekleri.....	92
Şekil 4.69. YH-30-A-V1, V2, V3, V4, V5 sıcaklık farkı-CKT% değişimi.....	92
Şekil 4.70. YH-30-B-V1, V2, V3, V4, V5 sıcaklık farkı-CKT% değişimi.....	93

Şekil 4.71. YH-30-C-V1, V2, V3, V4, V5 sıcaklık farkı-CKT% değişimi	93
Şekil 4.72. YO-7-A, B, C-V1, V2, V3, V4, V5 sıcaklık farkı-CKT% değişimi	97
Şekil 4.73. YO-7-A-V1 Mikrodalga uygulanmadan önce-uygulandıktan hemen sonra	97
Şekil 4.74. YO-7-A-V2 Mikrodalga uygulanmadan önce-uygulandıktan hemen sonra	98
Şekil 4.75. YO-7-A-V3 Mikrodalga uygulanmadan önce-uygulandıktan hemen sonra	98
Şekil 4.76. YO-7-A-V4 Mikrodalga uygulanmadan önce-uygulandıktan hemen sonra	98
Şekil 4.77. YO-7-A-V5 Mikrodalga uygulanmadan önce-uygulandıktan hemen sonra	99
Şekil 4.78. YO-7-B-V1 Mikrodalga uygulanmadan önce-uygulandıktan hemen sonra	99
Şekil 4.79. YO-7-B-V2 Mikrodalga uygulanmadan önce-uygulandıktan hemen sonra	99
Şekil 4.80. YO-7-B-V3 Mikrodalga uygulanmadan önce-uygulandıktan hemen sonra	100
Şekil 4.81. YO-7-B-V4 Mikrodalga uygulanmadan önce-uygulandıktan hemen sonra	100
Şekil 4.82. YO-7-B-V5 Mikrodalga uygulanmadan önce-uygulandıktan hemen sonra	100
Şekil 4.83. YO-7-C-V1 Mikrodalga uygulanmadan önce-uygulandıktan hemen sonra	101
Şekil 4.84. YO-7-C-V2 Mikrodalga uygulanmadan önce-uygulandıktan hemen sonra	101
Şekil 4.85. YO-7-C-V3 Mikrodalga uygulanmadan önce-uygulandıktan hemen sonra	101
Şekil 4.86. YO-7-C-V4 Mikrodalga uygulanmadan önce-uygulandıktan hemen sonra	102
Şekil 4.87. YO-7-C-V5 Mikrodalga uygulanmadan önce-uygulandıktan hemen sonra	102
Şekil 4.88. Mikrodalga uygulanmamış örneklerde çimlenme devam ediyor (22.07.2012)	102
Şekil 4.89. YO-7-A-V1 ve YO-7-A-V2 mikrodalga uygulandıktan 6 gün sonra	103
Şekil 4.90. YO-7-A-V3 ve YO-7-A-V4 mikrodalga uygulandıktan 6 gün sonra	104
Şekil 4.91. YO-7-A-V5 ve YO-7-B-V1 mikrodalga uygulandıktan 6 gün sonra	104
Şekil 4.92. YO-7-B-V2 ve YO-7-B-V3 mikrodalga uygulandıktan 6 gün sonra	104
Şekil 4.93. YO-7-B-V4 ve YO-7-B-V5 mikrodalga uygulandıktan 6 gün sonra	105
Şekil 4.94. YO-7-C-V1 ve YO-7-C-V2 mikrodalga uygulandıktan 6 gün sonra	105
Şekil 4.95. YO-7-C-V3 ve YO-7-C-V4 mikrodalga uygulandıktan 6 gün sonra	105
Şekil 4.96. YO-7-C-V5 mikrodalga uygulandıktan 6 gün sonra	106
Şekil 4.97. 7 günlük roka ve 15 günlük yabancı yulaf tohumları mikrodalga uygulanmadan önce	107
Şekil 4.98. Roka ve yabancı yulaf tohumları $h_1=23.50$ cm mesafede MD uygulandıktan 6 gün sonra	108
Şekil 4.99. Roka ve yabancı yulaf tohumları $h_2=30.50$ cm mesafede MD uygulandıktan 6 gün sonra	108
Şekil 4.100. Roka ve yabancı yulaf tohumları $h_3=40.50$ cm mesafede MD uygulandıktan 6 gün sonra	108
Şekil 4.101. Roka tohumlarının mesafeye bağlı olarak canlılığını kaybetme oranları	109
Şekil 4.102. Yabancı yulaf tohumlarının mesafeye bağlı olarak canlılığını kaybetme oranları	110
Şekil 5.1. Yabancı yulaf A,B,C Güç düzeyinde meydana gelen ölümler	112
Şekil 5.2. Yabancı hardalda A,B,C Güç düzeyinde meydana gelen ölümler	112
Şekil 5.3. Terede A,B,C Güç düzeyinde meydana gelen ölümler	113

ÇİZELGELER DİZİNİ

	Sayfa No
Çizelge 1.1. ISM Bant aralıkları (FCC)	17
Çizelge 3.1. Hareketli bant hız kalibrasyon değerleri.....	47
Çizelge 3.2. Örnek deney veri çizelgesi	48
Çizelge 3.3. Hareketli bantta sıcaklık dağılımı ve ısı absorpsiyon.....	50
Çizelge 3.4. Hareketsiz konveyör bantta sıcaklık dağılımı ve ısı absorpsiyon	51
Çizelge 3.5. Kaynaktan 32 cm uzaklıkta sıcaklık dağılımı ve ısı absorpsiyon	53
Çizelge 3.6. Kaynaktan 25 cm uzaklıkta sıcaklık dağılımı ve ısı absorpsiyon	54
Çizelge 3.7. Kaynaktan 20 cm uzaklıkta sıcaklık dağılımı ve ısı absorpsiyon	54
Çizelge 4.1. Deney Y-7-A.,B,C veri çizelgesi.....	56
Çizelge 4.2. Deney Y-7-A, B, C değerlendirme çizelgesi	57
Çizelge 4.3. Deney Y-5-A.,Y-5-B ve Y-5-C veri çizelgesi	64
Çizelge 4.4. Deney Y-5-A.,B,C değerlendirme çizelgesi	72
Çizelge 4.5. Deney T-7-A.,B,C veri çizelgesi	76
Çizelge 4.6. Deney T-7-A, B, C değerlendirme çizelgesi.....	82
Çizelge 4.7. Deney YH-30-A.,B,C veri çizelgesi.....	85
Çizelge 4.8. Deney YH-30-A,B,C değerlendirme çizelgesi	86
Çizelge 4.9. Deney YO-7-A.,B,C veri çizelgesi.....	95
Çizelge 4.10. Deney YO-7-A.,B,C değerlendirme çizelgesi	96
Çizelge 4.11. Roka ve yabani yulaf tohumlarının mesafeye bağlı olarak ölüm oranları.....	109
Çizelge 5.1. A, B, C güç düzeyi ve V1, V2, V3, V4 ve V5 hızlarında CKT oranları	111

1. GİRİŞ

Tarımsal mekanizasyon araçları tarımsal üretimin önemli parametrelerinden birisidir. Tarımsal üretimde maliyet ve kar oranı parametrelerinden birisi de, verimde artış sağlayan, işlem hız ve kalitesi yüksek tarımsal mekanizasyon uygulamalarıdır. Ayrıca, zararlılara karşı kullanılan kimyasallar, gübre ve ilaçlar, değişik ıslah çalışmaları ve sulama yöntemleri de tarımsal üretimde verim artışı için kullanılmaktadır. Ancak, tarımsal üretimde verim artışı çabaları ile birlikte çevresel bir tehlike de söz konusudur.

Türkiye’de tarımsal alanda ortaya çıkan ihtiyaçlardan ve AB üyeliği uyum süreci nedeniyle taraf olunan uluslararası sözleşmeler nedeniyle tarım çevre ilişkisi konusunda araştırmalar da hız kazanmıştır. Ülkemizde, tarımın çevreye olumsuz etkileri konusunda yapılan yasal düzenlemeler de bu sürece daha ciddi bir boyut kazandırmıştır.

Dünya genelinde ekosistemleri ve doğal bitki örtülerini tehdit eden çok sayıda yabancı ot bulunmaktadır. İnsanlar, tarımı öğrendikleri ilk çağlardan bu yana çok ilkel yöntemlerden, günümüzde uygulanan son tekniklere kadar çeşitli tarımsal savaş yöntemleri geliştirmiş ve uygulamışlardır (Yağcıoğlu, 1993).

Tarımsal üretim artışına yönelik yapılan aşırı toprak işleme, sulama ve gübreleme toprakta çeşitli hastalık, mikroorganizma ve yabancı otların çoğalmalarına neden olmaktadır. Yanlış zamanda ve yanlış yerde bulunan herhangi bir bitkiye, yabancı ot denilmektedir. Yabancı ot, ana ürün bitkisi için gerekli olan; besin maddelerine, neme ve ışığa ortak olduğu gibi önemli miktarlarda ürün kaybına da neden olmaktadır (Önal, 1977) . Yabancı otlar ile kültür bitkileri arasındaki rekabet sonucunda, yabancı ot türüne bağlı olarak %20–100 arasında ürün kaybı meydana gelebilmektedir. Ayrıca, yabancı otlar hasat ve depolama sırasında da etkili makine kullanımını sınırlamaktadır. Kültür bitkilerinde bakım işlemleri giderlerinin üçte birini yabancı otların mücadelesi giderleri oluşturmaktadır. Sadece Avustralya’da 2006 yılında yabancı otlardan kaynaklanan ürün kaybı ve yabancı ot mücadelesi giderleri toplamı 4 milyar \$ civarında olmuştur (Daff, 2006).

Etkili bir yabancı ot kontrolü, bitkisel üretimin önemli bir parçasını oluşturmakta ve geleneksel olarak yapıldığında oldukça yüksek insan iş gücü gereksinimine ihtiyaç duymaktadır (Tekgüler ve Yıldız, 2009).

Bir ülkenin florasını oluşturan bitkilerden bazıları tarım arazisinde veya dışında bulunmakta ve zararlı olmaktadır. Bu gün dünyada zarara neden olan 1800'e yakın yabancı ot türü bulunmaktadır. Bu bitkiler çoğu defa kültür bitkisinin verimini azaltmakta, kalitesini düşürmektedir. Yabancı otların neden olduğu verim azalmasının ürünün % 9.6'lık kısmını ortadan kaldırdığı Cramer, 1967 tarafından tespit edilmiştir. Ayrıca yabancı otlar kültür bitkileriyle girdikleri rekabet sonucu önemli ürün kaybına neden olmaktadır. Örneğin, toprak erozyonunun neden olduğu ürün kaybı %13.16, hastalık ve zararlıların %35.8 iken, yabancı otların tek başına sebep olduğu kayıp miktarı %33.8 olduğu da Rangasamy ve ark., 1993 tarafından tespit edilmiştir.

Diğer taraftan, yabancı otlardan bazıları tarım arazileri dışında yani yol kenarlarında, hava alanlarında, spor tesislerinde, sulama kanallarında, şevlerde, göl ve göletlerde bulunmakta ve buldukları yerlerin kullanımını zorlaştırmakta ve görsel kirlilik oluşturmaktadır (Günca, 2006).

Yabancı otlara karşı uygulanan kimyasal ilaçlar, herbisit olarak bilinmektedir. Herbisitler, yabancı otların fizyolojik gelişmelerini etkileyerek, onların zararlarını en aza indirmek veya tamamen yok etmek amacıyla kullanılmaktadırlar. Kimyasal ilaç uygulaması, hem tarımsal hem de tarımsal olmayan alanlarda yabancı otların kontrolü için en yaygın olarak kullanılan yöntemdir. Ancak, son yıllarda kimyasal ilaç kullanımıyla ortaya çıkan potansiyel tehlikeler, bilim insanlarını ve toplumu endişeye yöneltmiştir. Gelişmiş ve gelişmekte olan ülkeler insan ve çevre sağlığına zarar veren ilaç artık ve kalıntı düzeylerine dikkat çekmekte, bazı tedbirler almaktadırlar (Tobi ve ark., 2009). Tarımsal mücadelede kullanılan kimyasalların insan ve hayvan sağlığına olan zararları nedeniyle, birçok ülkede yasaklanmaya başlaması, alternatif mücadele yöntemleri konusunda çalışmaları hızlandırmıştır. Örneğin; yapılan bilimsel çalışmalarda, içme sularında tespit edilen herbisitlerin ancak ozon arıtma yöntemi ile sudan ayrıştırılabildiği tespit edilmiştir (Hua, 2006).

Ying (2000), tarafından yapılan bir çalışmada da üzüm bağlarında kullanılan herbisitlerden trifluralin ve oxyflourfenin kullanıldıktan 4 gün sonra herhangi bir kalıntı bırakmadığı ancak norflurazon ve oxadiazonun bir ay sonunda bile üzüm tanelerinde ve toprakta kalıntı bıraktığı ve bunun da tüketimde ciddi bir tehlike oluşturduğu tespit edilmiştir.

Dünyada pestisit üretimi yıllık 3 milyon ton civarında olup, yaygın olarak herbisitler ve insektisitler kullanılmaktadır. Kullanılan bu ilaçların büyük bir kısmı uygulama alanlarından başka alanlara taşınmaktadır. Pestisit uygulamalarında yapılan yanlışlar ise insan ve çevre sağlığını tehlikeye sokabilmekte ve hatta yer altı su kaynaklarını ilgilendiren ciddi problemlere yol açabilmektedir (Tobi ve ark., 2005). Bu ilaçların düşük seviyede bulaşması durumunda bile zararları oldukça fazladır. Dünya Sağlık Örgütü'nün yaptığı sınıflandırmada en çok kullanılan 700 civarındaki pestisit 33'ü insan sağlığına çok zararlı, 48'i oldukça tehlikeli, 118'i orta derecede tehlikeli ve 239'u da daha az tehlikeli grupta yer almaktadır (Sulak, 2012). Pestisitlerin bazıları toksikolojik açıdan bir zarar oluşturmazken, bazılarının kazerojen, sinir sistemini etkileyici ve hatta mutasyon oluşturucu etkileri olduğu saptanmıştır (Anonim, 2000, Smilanic at al., 1996 ve Wiles, 1994).

Tarımsal alanlarda veya tarımsal alanlar dışında (demiryolu ağları, hava alanları, yol ve kaldırım kenarları) kullanılan herbisitlerden atrazine ve simazine gibi çeşitler çok yaygın kullanılmaktadır. Bunun yanında bazı ülkelerde triazinlerin tarımsal alanlar dışında kullanımına kısıtlamalar da getirilmiştir (Revitt, 2002).

Ayrıca, kimyasal ilaçlar hassas ürünlere, süs bitkilerine, faydalı böceklerle ya da hedef olmayan doğal türlere karşı zararlı olabilmektedir. Bunun yanında, özellikle içme suyu kaynaklarının olduğu bölgelerde kimyasal ilaç kullanımının sakıncaları da bulunmaktadır. Ayrıca, kimyasal yöntemlerin uygulanmasında da tam bir başarı elde edilememektedir (Gündüz ve ark. , 2006). Çünkü kimyasal ilaçlar, rüzgar, nem ve sıcaklık gibi doğal olaylar nedeniyle, hedef üzerine tam olarak ulaşamamakta, damlalarının büyük kısmı tarla içinde kaybolmakta ve tarla dışına sürüklenerek çevre kirliliği oluşturmaktadır (Dursun, 1996).

Bunun yanında, yoğun ve sürekli kimyasal ilaç kullanımı yabancı otların dayanım kazanmasına neden olabilmekte, bitki çeşitliliği üzerine de olumsuz etki yapabilmektedir (Bayat,1993).

1.1. Tarımsal Üretimde Yabancı Otlar

Yabancı otlar genel olarak “buldukları yerde istenmeyen, ana bitkiye zarar veren bitkiler” şeklinde tanımlanmaktadır. Bu kavram içine giren yabancı otlar, çok farklı bir dizi bitki grubunu kapsamaktadır. Örneğin akvaryum içerisinde yetişmesi istenmeyen yosunlar, geniş yapraklı bitkiler, dar yapraklılar, su içi bitkileri, parazit bitkiler, bu kavram içine girmektedir. Ayrıca kültüre alınmış bitkilerde yetiştikleri yere göre yabancı ot olabilmektedir. Örneğin çavdar ve yabancı yulaf kültür bitkisi olmasına rağmen buğday tarlasında çıkmışsa ve yetişmesi arzu edilmiyorsa yabancı ot olarak tanımlanmaktadır. Karışık ekimlerde, özellikle yem bitkilerinde, karışımı oluşturan bitkiler, yetişmesi istendiği için yabancı ot olarak değerlendirilmezler.

Yabancı otlar buldukları, yetiştikleri ortama adapte olmuş ve hastalıklar, zararlılar, kuraklık, don ve diğer birçok olumsuz koşullara dayanıklı hale gelmiş bitkilerdir. Bu otların yetiştiği ortama sonradan getirilen kültür bitkilerine göre birçok üstünlükleri ortaya çıkmıştır. Bu üstünlükleri şöyle sıralayabiliriz:

- Yabancı otlar kültür bitkilerine göre hastalık, zararlı ve olumsuz iklim koşullarına daha dayanıklıdır. Bu nedenle, yabancı otların buldukları ortamda uzun zamandan beri yerleşmiş olmaları nedeniyle yukarıda sayılan olumsuz koşullarda hassas olanlar yok olmuş ve zamanımıza dayanıklı olanlar ulaşabilmiştir. Bu nedenle oluşan herhangi bir salgın hastalık, zararlı, don vb kültür bitkilerine zarar verip ortadan kaldırırken yabancı otlara olumsuz etkileri çok az görülmüştür.
- Yabancı otlar kültür bitkilerine oranla daha fazla tohum oluştururlar. Bu da hayatta kalma şanslarını arttırmaktadır.
- Yabancı otların tohumları dormansiye (koşullar özelliğe uygun olduğu halde çimlenmemesi) sahiptir. Tohumların bir kısmı dormansi etkisiyle çimlenmeden toprakta uzun yıllar canlılıklarını korurlar. Bu özellik yabancı otların neslini devam ettirmeleri bakımından önemli bir üstünlüktür.
- Yabancı otların kökleri kültür bitkilerine göre daha derine gider. Böylece yabancı otlar toprağın derinliklerinden su ve besin maddelerini alma özelliğine sahiptir.

- Yabancı otlar kültür bitkilerine göre su, mineral maddeler ve ışık yönünden üstün rekabet gücüne sahiptir. Yabancı otlar bunlardan öncelikle yararlanır, geri kalanını kültür bitkileri kullanır.
- Tarım arazilerinde genellikle çok sayıda yabancı ot türü vardır. Bunlar kendi aralarında ve tek tür olan kültür bitkisiyle topluca rekabet ederler. Bu nedenle yabancı otlar daima üstün rekabete sahiptir.
- Yabancı otlar genelde düşük sıcaklıkta çimlenme ve gelişme yeteneğine sahiptir. Bu nedenle yabancı otlar kültür bitkilerinden önce çimlenir, gelişir ve rekabette üstünlüğü ele geçirir.

Bitkisel üretim artışı için yapılan yoğun toprak işleme, sulama ve gübreleme; hastalık, zararlı böcek, mikroorganizma ve yabancı otların gelişme ve çoğalmalarına önemli ölçüde neden olmaktadır.

Etkili bir yabancı ot kontrolü, bitkisel üretimin önemli bir parçasını oluşturmakta ve geleneksel olarak yapıldığında oldukça yüksek insan iş gücü gereksinimine ihtiyaç duymaktadır. Bunlara ek olarak, yabancı otlar yanmamış hayvan gübreleri ve sulama suyu ile de üretim alanlarına taşınabilir.

Fermente olmamış hayvan gübreleri, canlı tohumları ihtiva etmelerinin yanı sıra, bitkilerin beslenmeleri için uygun değildir. Sulama suyu ise geldiği yol boyunca yabancı ot tohumları ve parçalarını tarım alanlarına taşıyabileceği için, suyun geçtiği yerlerin temizlenmesi önemlidir (Uygur ve ark., 2001). Son yıllarda tüm dünyadaki kullanımı artan damla sulama sistemleri ile tohumların taşınması azalmakla birlikte, salma sulama sistemlerine nazaran daha küçük bir alanı, daha etkin bir şekilde suladığı için, yabancı otların daha küçük bir alanda yoğunlaşmasına neden olmaktadır.

Elle yapılan yabancı ot mücadelesinde insan iş gücü gereksinimi 300–1200 İİG/ha kadar olmaktadır. Günümüzde, az gelişmiş ülkelerde de elle yabancı ot mücadelesi, başta kadınlar olmak üzere yüksek oranda insan iş gücü gerektirmektedir (Parish, 1990).

Başarılı bir yabancı ot mücadelesi, kimyasal yöntemlerin diğer tüm mücadele yöntemleri ile kombine bir şekilde kullanılması sonucunda mümkün olabilecektir.

Tek başına kimyasal mücadele, başarısızlığın yanında başka bazı zararlar getirebileceği gibi, bazı durumlarda kimyasal mücadele, kaçınılmaz bir yöntem haline de gelebilmektedir (Gündüz ve ark., 2006).

Herbisitlerin zehir etkileri LD50 değeri ile ifade edilir. Bir herbisitinin LD50 değeri, 1 kg vücut ağırlığında bulunduğu zaman, test edilen hayvanların % 50'si üzerinde öldürücü etki yapan kimyasal miktarının miligram olarak ifadesidir. Deneyleerde kullanılan hayvanlar genellikle beyaz laboratuvar sıçanlarıdır ve herbisitler ağız yolu ile verilmiştir. Laboratuvar hayvanları ile insanlar arasında önemli bir fark vardır ve bu nedenle LD50 değerlerini insanlar için yorumlamak zordur. Fakat yine de herbisitlerin LD50 değerleri ne kadar zehirli olduklarını tahmin etmek için kullanılan en önemli değerdir. Burada önemli olan LD50 değeri azaldıkça zehir etkisinin arttığıdır. Çünkü, bu değer vücutta bulunduğu zaman zehir etkisi yapan miktarın ifadesidir. Deri yanıkları ve göz kaşınmaları herbisitlerin diğer zararlı etkileridir (Hartzler ve Owen, 1995).

Kimyasal ilaç kullanımının ortadan kaldırılarak tamamen doğal bitki üretimine yer verilmesi, yani organik tarıma doğru gidilmesi toplumun oldukça arzu ettiği bir durum olarak ortaya çıkmaktadır. Ancak, birçok üretici uygulama kolaylığı nedeniyle kimyasal ilaç kullanımını çok çabuk kabul etmektedir (Ascard,1990).

Son yıllarda organik tarımın yaygınlaşmaya başlamasıyla birlikte, kimyasal olmayan yabancı ot kontrol yöntemlerine olan ilgi de giderek artmaktadır. Bu çalışmada, konuya dikkat çekmek amacıyla, kimyasal olmayan alternatif yabancı ot kontrol teknikleri ve bu konuda yapılan çalışmalar da incelenmiştir.

1.2. Yabancı Otlarla Mücadele Yöntemleri

Yabancı ot mücadelesinde çeşitli yöntemler uygulanmaktadır. Bu mücadele yöntemleri yabancı otların ana bitkiye verdiği zararı en aza indirmek amacıyla yapılmaktadır. Bu nedenle mücadele, hiçbir zaman yabancı otu o bölgeden tamamen yok etmek amacıyla yapılmaz.

Yabancı otlarla mücadele yönteminin seçiminde yabancı otun biyolojisi ve ekolojisine ait çeşitli etkenler rol oynamaktadır. Yabancı otların biyolojik ve ekolojik olarak incelenmesiyle, mücadelede yardımcı olabilecek kritik noktaların saptanması ve buna göre mücadele yapılması gerekmektedir. Herhangi bir yabancı otun mücadelesinde tek bir yöntem yeterli olduğu halde farklı yabancı otlarda yeterli olmayabilmektedir. Bu nedenle, bazen birkaç yöntem bir arada kombine olarak uygulanabilmektedir. Son yıllarda organik tarımın yaygınlaşmaya başlamasıyla birlikte, kimyasal olmayan yabancı ot kontrol yöntemlerine olan ilgi de giderek artmaktadır.

Yabancı ot mücadelesinde kimyasal mücadeleye alternatif olabilecek yöntemlerini şöyle sıralayabiliriz:

1.2.1. Alternatif Fiziksel Mücadele Yöntemleri

Yabancı ot mücadelesinde kullanılan ve kullanılması yönünde üzerinde çalışmalar yapılan 9 yöntem aşağıda verilmiştir.

- 1.2.1.1. Alevli mücadele
- 1.2.1.2. Elektromanyetik enerji yöntemi
- 1.2.1.3. Kızgın buharlı mücadele
- 1.2.1.4. Infrared ışınım kullanarak mücadele
- 1.2.1.5. Pnömatik sistemli yabancı ot kontrolü
- 1.2.1.6. Dondurarak yabancı ot kontrolü
- 1.2.1.7. Lazerle yabancı ot kontrolü
- 1.2.1.8. Solarizasyon
- 1.2.1.9. Elektrik arkı ile yabancı ot kontrolü

1.2.1.1. Alevli mücadele

Son yıllarda özellikle, organik tarıma yönelik çalışmalar sonucunda yabancı ot kontrolü için kimyasal olmayan bir yöntem olarak, alevle yakma yeniden yaygınlaşmaya başlamıştır (Şekil 1.1). Bu yöntem, kimyasal ilaçların olumsuz etkilerine karşı uygulanan birçok yöntemden birisidir (Kang, 2001).



Şekil 1.1. Alevli Mücadele Uygulaması

Yakma yabancı ot kontrolünde en eski yöntemlerden biridir ve belirli dönemlerde diğer fiziksel yöntemlere göre daha etkilidir. Yakma yönteminde çeşitli alev püskürtme makineleri kullanılabilen ve yakma yöntemi tek yıllık yabancı otlarda daha etkilidir. Fakat, topraktaki yabancı ot tohumları öldürülemez (Ferrell ve ark., 2007).

Yabancı otların tohumları ve çok yıllık yabancı otların toprakaltı organları diğer bitki organlarına göre daha yüksek sıcaklığa dayanabilmektedir. Tohumlar ne kadar fazla oranda su içerirse yüksek sıcaklık derecesinden o kadar fazla zarar görür. Bitki üzerinde bulunan ve henüz dökülmemiş tohumlar bitki tutuşturulduğunda kısmen zarar görmektedir. Canlı hücrelerin protoplazmaları 45-55°C derecede ölmektedir. Sıcaklık derecesi artırılarak bitkilerin ölüm süresi kısaltılabilir.

Kısa süreli yüksek sıcaklığa maruz kalan bazı yabancı ot tohumlarında, dormansi kısmen kalkmakta ve yakmadan sonra bu otların yoğunluğunda artma görülmektedir.

Yakma işlemi diğer mekanik mücadele yöntemlerinde olduğu gibi, yabancı otlar tohum bağlamadan yapılmalıdır. Ayrıca, bu işlemin çok yıllık yabancı otların toprakaltı depo maddelerinin en az olduğu dönemde yapılması ve tekrarlanması gerekmektedir. Böylece bitki yeniden sürmeye zorlanıp depo maddelerinin boşaltılması ve ölmesi sağlanır. Bu yöntem sıcak buhar veren veya bütan gazıyla çalışan alev makineleriyle de yapılabilmektedir (Şekil 1.2).



Şekil 1.2. Alevli mücadele için tasarlanmış düzenek

Yakma işlemi amaca ve uygulama yerine bağlı olarak değişik şekillerde yapılmaktadır. Bunlar;

- Toprak yüzeyinde bütün bitkilerin seçici olmadan yakılması
- Bant şeklinde veya sıra arası yakma
- Toprak yüzeyindeki bitkilerin seçici olarak yakılması
- Hasat öncesi ve sonrası yakma olarak sıralanmaktadır.

Alevle yabancı ot mücadelesinin, kimyasal ilaçlara dayanıklı olan yabancı otlara karşı etkili bir yöntem olmasının nedeni, hiçbir bitkinin suyun kaynama noktası üzerindeki sıcaklıklara karşı dayanıklı olmaması şeklinde açıklanabilmektedir. Böylece, solunum ve normal bitki fonksiyonları engellenerek, yabancı otların yok edilmesi sağlanmaktadır (Heiniger, 1999).

Alevle yabancı otları yok etme tekniğinde, bitkinin yeşil kısımlarında gerçek yanma söz konusu olmamaktadır. Bu nedenle, alevle yakmada uygulamanın başarılı olup olmadığı hemen anlaşılmamakta, uygulamadan bir süre sonra verilen zarar anlaşılabilir.

Alevle yakma işleminde kullanılacak alevin şiddeti yabancı otların büyüklüğüne, kültür bitkilerinin boylarına ve dayanıklılığına bağlıdır (Mutaf, 1984). Alevle yabancı ot kontrolü, bazı kültür bitkilerinde sadece çıkış öncesi uygulanabildiği halde, mısır ve pamuk gibi çapa bitkilerinde çıkış sonrasında da kullanılabilir. Alevle yabancı ot mücadelesi olarak adlandırılan termal tekniklerde genellikle likit (sıvı) petrol gazı (LPG), çoğunlukla da propan gazı kullanılmaktadır.

Ancak, yabancı ot mücadelesinde kullanılan ısı yöntemlerinde ortaya çıkan uniform sıcaklık dağılımı problemi bu yöntemde de mevcuttur. Alevli mücadele yönteminde bitkilerin yaprak kısımlarında meydana gelen sıcaklık değeri ve sıcaklık dağılımının tespiti ile ilgili infrared radiometri yöntemi ile çalışmalar yapılmıştır. Rahkonen, 2003 yılında yaptığı çalışmada, alevli mücadele sırasında bitki yapraklarında meydana gelen sıcaklığı infrared radiometri yöntemiyle tespit etmeye çalışmıştır.

Ayrıca, 1950'li yıllarda soğan bitkisindeki yabancı otları yok etmek için yağ yakıcıları da kullanılmıştır (Parish, 1990). LPG'nin yanması sonucunda doğaya zarar vermeyen ve kalıntı bırakmayan CO_2 ve H_2O oluşması, bu yöntemin en önemli avantajlarından. Alevle kontrol yöntemi, yabancı ot mücadelesinde kesin çözüm olmamakla birlikte, diğer yöntemlerle beraber kullanıldığında, yabancı ot kontrol masraflarını büyük oranda düşürdüğü Önal, 1995 tarafından ifade edilmektedir.

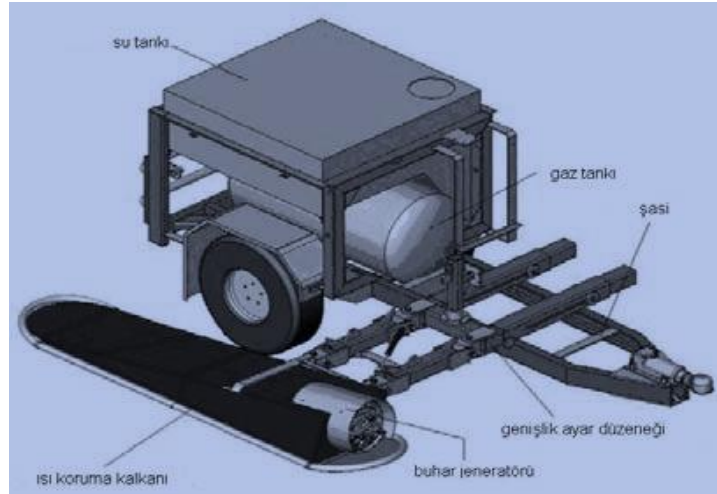
1.2.1.2. Elektromanyetik enerji yöntemi

Yabancı ot mücadelesinde, kimyasal madde kullanımına alternatif olarak uygulanan çevreci yöntemlerden birisi de mikrodalga ile yabancı ot mücadelesidir. Elektromanyetik dalgaların biyolojik maddeler üzerindeki etkilerine olan ilgi aslında 19. Yüzyıl sonlarında başlamış ve bu dönemde yapılan çalışmaların çoğu Radyo Frekanslarının (RF) bitki tohumlarına olan etkileri ile ilgilidir (Ark ve Perry, 1979). Bu çalışmaların bir kısmı, bitki tohumlarının çimlenmesinin mikrodalga veya Radyo Frekanslarından (RF) nasıl etkilendiği ile ilgili, bir kısmı da çimlenmiş olan yabancı ot ve bitkilerin doğrudan mikrodalga veya (RF) Radyo Frekansları etkisinde bırakılması sonucu ortaya çıkan etkileri incelemiştir. Ancak, yöntemin uygulanabilirliği teknolojik zorluklar ve yüksek maliyeti nedeniyle istenen düzeye gelmemiştir.

Mikrodalga ile yabancı ot mücadelesi yöntemi, tarımsal toprak dezenfektasyonu, yabancı ot tohumlarının çimlenmesinin mikrodalga ile kısıtlanması ve belirli bir düzeyde çimlenmiş olan yabancı ot tohumlarının mikrodalga enerjisine doğrudan maruz bırakılarak yok edilmesi gibi çalışmalarla denenmiştir. Bu konuda 70’li yıllardan itibaren farklı çalışmalar yapılmaktadır.

1.2.1.3. Kızgın Buharlı Mücadele

Kızgın buhar, sıcak su veya sıcak köpükle yapılan mücadelede temel düşünce aynıdır. Herhangi bir ısı kaynağı kullanarak elde edilen kızgın buhar, sıcak su veya sıcak köpük, bitki üzerine püskürtülerek bitki yumru, yaprak ve gövdesinden su kaybı sağlanarak bitkinin yok edilmesi şeklinde gerçekleştirilir. Sıcak su, buhar veya sıcak köpükle ile yapılan müdahale; bitki kök, yumru ve soğanlarının belirli bir süre için (yaklaşık 10 dakika) sabit sıcaklıktaki (50–52°C) tutulması işlemidir. Uygulanacak sıcaklık, bitki türüne göre değişiklik göstermektedir (Şekil 1.3).



Şekil 1.3. Sıcak buharlı yabancı ot kontrolü için tasarlanmış bir makine

Kızgın buhar yönteminde ise toprak sıcaklığı 70-100 °C’ye kadar çıkmakta ve bu sıcaklık yaklaşık 10 cm derinliğe kadar ulaşabilmektedir. Bu nedenle, birçok yabancı ot tohumlarını da yok edebilmektedir (White ve ark., 2000). Ancak, bazı sert tohumlu yabancı otlar buhar uygulamasından etkilenmemektedir.

Sıcak su uygulaması, sert zeminli alanlarda ve özellikle herbisit kullanımının sınırlandırıldığı demiryolu kenarlarında uygulanan ilginç bir kimyasal olmayan yabancı ot kontrol yöntemi olmaktadır (Hansson ve Ascard, 2002; Hansson ve Mattsson, 2002; Hansson ve Mattsson, 2003).

Sıcak su, kızgın buhar veya sıcak köpük uygulaması aynı zamanda, alevli yabancı ot kontrolünde ortaya çıkabilecek yangın tehlikesi ve toprak sıkışması oluşturmaması yönüyle yararlı olmaktadır (Kurfess ve Kliesinger, 2000). Uygulamada çok sık kullanılan bir yöntem değildir. Çok yaygın olmasa da bazı ülkelerde doğal mısır ve Hindistan cevizinden elde edilen şekerin ısıtılarak sıcak köpük halinde uygulamaları da vardır.

1.2.1.4. Infrared Yöntemi

İnfrared (IR) teknolojisi yapısal olarak alevli yakıcılardan farklıdır. Bu yöntemde de enerji kaynağını, genellikle alevli yakıcılarda olduğu gibi, propan gazı oluşturmaktadır (Şekil 1.4).

Termal yabancı ot mücadelesinde kızılötesi radyasyon kullanılmaktadır. İlk olarak Avrupa'da geliştirilen bu aletlerde propan gazı yardımıyla 900-1100 °C sıcaklık elde edilebilmektedir. Bu aletlerin de elle ve traktörle çekilebilen tipleri vardır. Elle çalıştırılabilen tek brülörlü ve çok brülörlü modeller bulunmaktadır. Traktörle çekilebilen aletlerde ise 2-4-6 ve 8 sıralı modeller üretilmekte ve olumlu sonuçlar alınmaktadır.



Şekil 1.4. Manuel kullanım için üretilmiş bir kızılötesi uygulama düzeneği

1.2.1.5. Pnömatik Yöntem

Pnömatik yabancı ot kontrolünde, toprak içerisine gönderilen yüksek basınçlı hava ile ürün sırasının her iki tarafında bulunan küçük yabancı otların kökleri kesilmekte veya gevşetilmektedir. Bu amaçla havuç, mısır ve şeker pancarında başarılı bir şekilde kullanılabilen bir yöntem geliştirilmiştir. Bu yöntem, en iyi kuru toprak koşullarında etkili olmaktadır (Vale,1998).

1.2.1.6. Dondurarak Mücadele Yöntemi

Bitki dokusu, yüksek sıcaklıklarda olduğu gibi, düşük sıcaklıklarda da hasar görebilmektedir. Dondurma yöntemiyle yabancı ot kontrolünde genellikle sıvı nitrojen ve CO_2 kullanılmaktadır (Fergedal,1993).

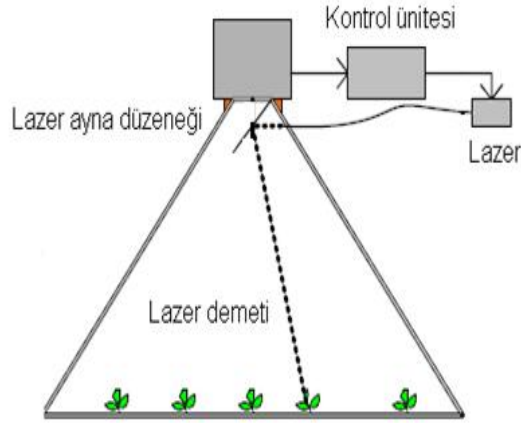
Sıvı nitrojenle yapılan uygulamalar karbondioksite oranla daha iyi sonuç vermektedir. Dondurma yöntemi ile alevle yakma yöntemi karşılaştırıldığında ise, en iyi sonuçlar yine de alevle yakma denemelerinde elde edilmiştir (Fergedal,1993).

1.2.1.7. Lazer Yöntemi

Lazerler endüstriyel materyallerin kesilmesinde, medikal cerrahide, ağaç kesme işlerinde ve mikroskopide preparat hazırlama gibi farklı alanlarda kullanılmaktadır. Lazer (aygıtı), enerjinin büyük bölümünü dar bir ışın demeti olarak bir yerde toplamaktadır (Şekil 1.5). Böylece, hedef üzerine kesin ve hızlı bir şekilde yönlendirilebilmektedir (Heisel ve ark., 2001).

Lazer, yabancı ot mücadelesinde ot kökünü kesmeye yarayan bir uygulamadır. Bunun sonucunda bitkinin gelişimi yavaşlamakta veya durmaktadır.

UV ve IR lazerleri, oluşturulan multifoton ve elektron iyonlaşma yığılması ile bitki dokularının patlatılması yoluyla kesilmesini içermektedir. Genellikle, daha kalın gövde yapısına sahip yabancı otların lazerle kesilmesinde daha yüksek enerjilere gereksinim duyulmaktadır (Heisel ve ark., 2002).



Şekil 1.5. Lazerli mücadele yöntemi şematik gösterimi

Lazer, toprak altında kalan kısımlara etki etmediği için yabancı ot tam olarak yok edilememektedir. Yeteri kadar bir etkinin oluşması için yüksek güç gerektiren lazer sistemlerde ekonomik değildir.

1.2.1.8. Solarizasyon Yöntemi

Solarizasyon, “güneş enerjisi kullanılarak toprak yüzeyinde sıcaklığın artırılması ve yabancı otların öldürülmesi” olarak tanımlanmaktadır. Bu amaçla 1-1.5 ay süreyle toprak yüzeyi şeffaf polietilenle örtülmektedir (Şekil 1.6).

Yüksek sıcaklığın etkisiyle toprak yüzeyindeki yabancı otların bir kısmı ölür. Toprak yüzeyindeki yabancı ot tohumlarının bir kısmı çimlenme gücünü kaybeder ve kalan tohumlar zayıfladığı için mikrobiyal hücumu uğrar. Toprakta dormansiye sahip olan yabancı ot tohumlarının bazılarında da yüksek sıcaklık etkisiyle dormansi kalkabilmekte ve oluşan fideler yüksek sıcaklık etkisiyle ölmektedir.

Solarizasyondan genellikle tek yıllık yabancı otlar etkilenir, ancak bu arada faydalı toprak mikroorganizmalarının birçoğu ölür.



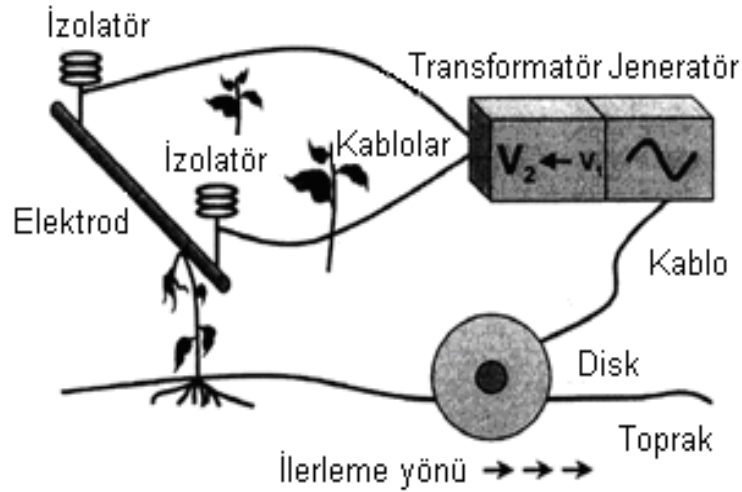
Şekil 1.6. Zeytin ve serada solarizasyon uygulamaları

1.2.1.9. Elektrik Ark Yöntemi

Kültür bitkisinden daha fazla boylanan yabancı otların yok edilmesinde elektriksel deşarj sisteminden de (EDS) yararlanılmaktadır (Şekil 1.7). Son yıllarda geliştirilmeye başlanan bu teknikte elektrik enerjisi hem yüksek bir ısı enerjisi kaynağı hem de elektriksel şok uygulaması olarak kullanılmaktadır. Bu yöntemin yabancı ot kontrolünde etkili olabilmesi için, 20 kV dolayındaki voltajlara gereksinim duyulmaktadır.

Bu yöntemde elektriğin voltajı, transformatör vasıtasıyla yükseltilmektedir. EDS’de metal elektrot yabancı ota değdiğinde, elektrik topraktan devresini tamamlamakta, bu arada elektrik enerjisi bitki dokularına yayılarak doku içerisindeki sıvıyı buharlaştırmaktadır.

Su buharı, hücre duvarlarında fiziksel hasar oluşturunca, bitki iletim sisteminin çalışması engellenmekte ve böylece bitki yok edilmiş olmaktadır (Önal, 1995). Şeker pancarında elektriksel temas makinesiyle yapılan yabancı ot kontrolü denemelerinde, %40 oranında başarı elde edilmiştir. Kimyasal ilaç kullanımında bu oran, %60 dolayında olmaktadır. Ancak bu yöntemle, kimyasal ilaç kullanımı karşılaştırıldığında uygulamadan sonra tehlikeli bir kalıntı bırakmaması ve sonraki aşamalarda yapılan işlemlerde de gecikme olmaması gibi üstünlükleri bulunmaktadır.



Şekil 1.7. Elektrikle yabancı ot kontrol yöntemi (Vigneault, 2002)

Ayrıca, kimyasal uygulamalarda depo doldurma zamanları ve termal uygulamalarda ise gaz doldurma zamanları söz konusu olmadığından tarla etkinliği de yüksek olmaktadır (Parish,1990).

1.3. Mikrodalganın Endüstriyel Uygulamaları

Mikrodalgalar (0.3 GHz–300 GHz) nispeten (1mm-1 m) daha geniş olan dalga boyları ile kızılötesi frekansları ve radyo frekansları arasında yer almaktadır. Mikrodalga enerji yaklaşık yarım yüzyıldır gıda ısıtmasında ve kurutma işlemlerinde kullanılmakta ve bugün artık kimyasal teknoloji uygulamalarında da kullanılmaya başlanmıştır (Buffler, 1993).

Mikrodalga enerji bant aralıkları FCC (Federal Communication Commission) tarafından ISM (Industrial, Scientific and Medical) endüstriyel, bilimsel ve tıp alanında kullanılacak mikrodalga enerji bant aralıkları ve maksimum güç limitleri belirlenmiştir (Çizelge.1.1). 13.56 MHz merkezli frekans bantları olan 27.12 MHz, ve 40.68 MHz RF ısıtma (ISM uygulamalarda) uygulamalarında, 896 MHz, 915 MHz ve 2450 MHz ise mikrodalga ısıtmada (ISM uygulamalarda) kullanılır ve bu frekans bantları için endüstriyel ekipmanlar ticari olarak kolayca temin edilebilmektedir. ISM uygulamaları için farklı ülkelerde farklı frekanslar tahsis edilmiştir.

Örneğin; İngiltere'de 42 MHz, 49 MHz, 56 MHz, 84 MHz ve 168 MHz'e, Avusturya, Hollanda, Portekiz, Almanya ve İsviçre'de ise 433.92 MHz'e, izin verilmiştir (Metaxas ve Meredith, 1993).

Mikrodalga teknolojisinin geçmişi ikinci dünya savaşının hemen öncesine dayanır. Ancak mikrodalga'nın laboratuvar ve endüstriyel işlemlerde kullanılması 1980'li yıllarda başlamıştır.

Çizelge 1.1. ISM Bant aralıkları (FCC)

ISM Bantları	(Watt)
902-928 MHz	Güç Limiti
Telsiz Telefonlar	1 W
Mikrodalga Fırınlar	750 W
Endüstriyel Isıtıcılar	100 kW
Askeri Radarlar	1000kW
2.4-2.4835 GHz	
Bluetooth	100 mW
Wi-Fi-802.11 b/g	1 W
Mikrodalga Fırınlar	900 W
5 GHz	
5.725-5.825 GHz	4 W
Wi-Fi-802.11 a/n	
U-NII 5 GHz Bantlar	
Wi-Fi-802.11 a/n	
5.15-5.25 GHz	200 mW
5.25-5.35 GHz	1 W
5.47-5.725 GHz	1 W
5.725-5.825 GHz	4 W

Mikrodalga ile gerçekleşen ve organik sentez olarak anılan ilk kimyasal reaksiyon 1986 da rapor edilmiştir (Geyde ve ark., 1986, Giguere ve ark., 1986).

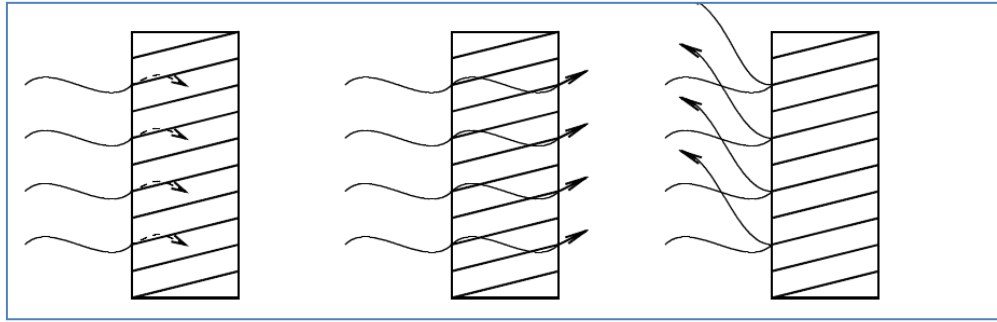
II. Dünya savaşı sırasında bilim adamları radar direklerine çarpan kuşların yere kızarmış olarak düştüğünü fark etmişler ve bu olaydan sonra mikrodalga ile pişirme fikri ortaya çıkmıştır (Hill, A., 1998). Savaştan kısa bir süre sonra da mikrodalga fırınların kamuoyuna tanıtımı gerçekleşmiştir (Decareau, R.V., 1992).

Mikrodalgalar; telefon, radyo ve televizyon iletişimde, kas ağrıları tedavisinde, ahşap, cips, sebze ve meyve kurutmada, trafikte araçların hız tespitinde ve daha birçok alanda kullanılmaktadır.

Ancak mikrodalga ısıtma veya kurutma bazen düşük kaliteli ürün oluşmasına neden olmaktadır (Gunasekaran, 1990; Adu ve Otten 1996; Warchalewski ve ark. 1998; Funebo ve Ohlsson 1998; Krokida ve ark. 2001; Blaszcak ve ark. 2002).

Bununla birlikte, mikrodalganın fırınlarda kullanımı tüketicilere yönelik en yaygın kullanımdır (FDA, 2000).

Hem mikrodalga hem de radyo frekansı ile ısıtma dielektrik ısıtmadır. Dielektrik (zayıf elektrik iletken) malzemenin bir hızla değişen elektrik alana bırakıldığında malzeme içinde oluşan ısı dielektrik ısıtma olarak bilinir. Mikrodalgalar elektriksel olarak nötr maddeler olan cam, plastik, kağıt, seramik gibi malzemelerden geçer, elektrik yüklü malzemeler tarafından emilir ve metaller tarafından da yansıtılır (Şekil 1.8), (Mullin,1995).



Şekil 1.8. Mikrodalganın maddelerle etkileşimi (Lautenschlager, 1998)

Mikrodalga enerji ile yapılan çalışmalarda, aynı zamanda toprağın birkaç santimetre derinliğinde gömülü olan bitki kökleri ve tohumlarını öldürebildiği tespit edilmiştir (Diprose ve ark., 1984, Brodie ve ark., 2007). Mikrodalga enerji geleneksel ısıtma teknolojilerine göre üstünlüklere sahiptir. Geleneksel ısıtmada yüzeye yakın yerlerde yüksek sıcaklık, merkeze doğru ise düşük sıcaklıklar oluşmasına rağmen mikrodalga ısıtmada ısıtılmak istenen nesnenin merkezine doğru sıcaklık artmaktadır. Tarımsal uygulamalarda mikrodalga enerji bitki gövdesinin merkezinde en yüksek sıcaklığa ulaşılmasına neden olmakta ve bu sıcaklık su ile dolu olan ksilem dokusunda solmaya neden olmakta ve bitkiyi öldürmektedir (Salisbury ve Ross, 1992).

Genel olarak, mikrodalga fırın içinde oluşturulan alternatif elektromanyetik alan gıda içindeki polar moleküller ve iyonların uyarılma, döndürme ve çarpışmasına yol açar. Bu moleküller sürtünme ısı üretir ve daha sonra sıcaklık artışa neden olur. İki ana mekanizma, yani dipolar ve iyonik etkileşimleri, gıda maddeleri içinde ısının nasıl oluştuğunu açıklar (Buffler, 1993 ve Ohlsson, 1993).

Mikrodalga enerjide meydana gelen faz değişimi dielektrik kayıplara neden olmaktadır. Bunda dielektrik katsayısı (geçirgenlik) ve uyardığı moleküllerin hacmi (kütle) kilit rol oynar. Alan enerjisi ortama transfer edilir ve elektrik enerjisi kinetik veya ısıl enerjiye dönüşür. Bunun sonucunda polar ortamda meydana gelen “iç sürtünme” reaksiyonun olduğu karışımda ısınmaya neden olur.

Ancak, yerel sınırlarda meydana gelen yansımalar ve kırılmalar “sıcak noktalar” ve “super ısınma” ya neden olur (Baghurst ve Mingos, 1992). Bu işlem genellikle bir sürtünme modeli ile tanımlanır. Polar malzemelerin büyük bir kısmı mikrodalga ile temasında dielektrik kayıplar göstermektedir (Feng ve ark., 1997).

Mikrodalga ısıtma ile ilgili başlıca sorunlarından birisi düzgün olmayan sıcaklık dağılımıdır. Düzgün olmayan sıcaklık dağılımı çeşitli araştırmacılar tarafından incelenmiştir (Fakhouri ve Ramaswamy, 1993). Mikrodalga uygulanan bir hacimde elektromanyetik alan ve sıcaklığın sayısal analizi ve mikrodalga ısıtmanın karakteristiği Funawatashi ve Suzuki 2003, tarafından da çalışılmıştır. Mikrodalga ile dielektrik ısıtmada enerji yoğunluğunun veya ısıl dağılımın doğru tespit edilmesi çalışmalarda oldukça önemli faydalar sağlamaktadır.

Tarımsal denemelerde bitkinin olduğu kadar, toprağın da dielektrik özellikleri ve topraktaki sıcaklık dağılımı da bazı araştırmacılar tarafından çalışılmıştır. Brodie, 2007 tarafından yapılan çalışmada topraktaki sıcaklık dağılımını aşağıdaki bağıntı ile tanımlanmıştır.

$$T = \frac{nw\varepsilon_o K'' \tau^2 E_o (e^{4\beta\gamma t} - 1)}{4k\beta^2 I_o(2\beta r_o)} \left[\frac{4\alpha\gamma t}{J_o(\alpha r_o) I_o(\beta r_o)^2} e^{-r^2/4\gamma t} + I_o(2\beta r) \right. \\ \left. + \left\{ 2\beta I_1(2\beta r_o) + \frac{h I_o(2\beta r_o)}{k} \right\} (r_o \right. \\ \left. - r) e^{-(r-r_o)^2/4\gamma t} \right] \cos\left(\frac{\pi}{a} x\right) \quad (1.1)$$

Aynı çalışmada, mikrodalga enerji ile toprak arasındaki etkileşimin toprağın karışımına ve nem oranına göre değiştiği kaydedilmiştir.

Burada;

K'' : Isıtılan malzemenin dielektrik kayıp faktörü

τ : Mikrodalga enerjinin malzemeye geçiş katsayısı

β : Dalga zayıflama faktörü (m^{-1})

γ : Kombine ısı ve nem difüzyon katsayısı

α : Dalga faz sabiti (m^{-1})

r_0 : Mikrodalga ile ısıtılan silindirik objenin dış yarıçapı (m)

$I_0(x)$: Modifiye birinci tür Bessel fonsiyonu

$J_0(x)$: Birinci tür Bessel fonsiyonu

h: Dielektrik tabaka yüksekliği (cm)

k: Malzemenin ısı iletkenliği ($Wm^{-1}K^{-1}$)

n: Isı ve nem difüzyonu büyüklük oranıdır.

Elektromanyetik dalgalar, geniş bir frekans veya dalga boyu aralığını kapsar ve bu dalgalar kaynaklarına göre sınıflandırılır. Bütün elektromanyetik dalgalar, boşlukta $c(=3.10^8 \text{ m/s})$ hızı ile yayıldıkları için, f frekansı ile λ dalga boyu arasında; $\lambda = c/f$ bağıntısı vardır. Ancak bu bağıntı monokromatik düzlemsel dalgalar için geçerlidir.

Günümüzde ev kullanımına sunulan mikrodalga fırınlar 2450 MHz (2.45 GHz) frekansla çalışmaktadır. Bu frekansla çalışan cihazlarda mikrodalgaların dalga boyu $\lambda=c/f$ 'te ışık hızı ve frekans değerleri yerine yazılırsa $\lambda=3 \times 10^8 \text{ (ms}^{-1}\text{)}/2.450 \times 10^9 \text{ s}^{-1}=0.122 \text{ m}$ olarak elde edilir.

Üç boyutlu dalga denkleminin sınır şartları yardımıyla çözümü aşağıdaki denklem (1.2)'ye uyan x, y, z doğrultusundaki durağan dalgaları verir (Volmer, 2004).

$$\frac{1}{\lambda^2} = \frac{1}{\lambda_x^2} + \frac{1}{\lambda_y^2} + \frac{1}{\lambda_z^2} \quad (1.2)$$

Dalga boyları λ_x, λ_y ve λ_z ve lineer boyutları L_x, L_y ve L_z , olan bir hacimde mikrodalga yayıldığı kabul edilirse

$L_x = l \frac{\lambda_x}{2}, L_y = m \frac{\lambda_y}{2}, L_z = n \frac{\lambda_z}{2}$ burada l, m ve n doğal sayılardır. Ticari amaçlı üretilen mikrodalga fırınlarda L_x, L_y ve L_z boyutları mikrodalga dağılımının gerçekleştiği bölgenin boyutlarıdır.

Elektrik alanının x , y ve z yönündeki bileşenleri ise;

$$E_x = E_1 \cdot \cos(k_x \cdot x) \cdot \sin(k_y \cdot y) \cdot \sin(k_z \cdot z) e^{i\omega t} \quad (1.3)$$

$$E_y = E_2 \cdot \sin(k_x \cdot x) \cdot \cos(k_y \cdot y) \cdot \sin(k_z \cdot z) e^{i\omega t} \quad (1.4)$$

$$E_z = E_3 \cdot \sin(k_x \cdot x) \cdot \sin(k_y \cdot y) \cdot \cos(k_z \cdot z) e^{i\omega t} \quad (1.5)$$

şeklinde ifade edilir, burada ω mikrodalga açısall frekansıdır. Mikrodalga fırınlarda kalite faktörü olarak ifade edilen Q , yayılan dalgaların frekans genişliği olan $\Delta\omega$ ve her döngüde meydana gelen enerji kayıplarının bir ölçüsüdür. Kalite faktörü Q rezonatörde depolanan enerji ile her döngüde meydana gelen enerji kayıplarının oranıdır. Bu duruma göre Q aşağıda verilmiştir (1.6 , 1.7)

$$Q = \omega E / (dE/dt) \quad (1.6)$$

dir, ancak $Q \gg 1$ ise

$$Q \approx \omega / \Delta\omega \quad (1.7)$$

olarak yazılabilir.

Mikrodalga fırınlarda enerji kayıpları dört faktörden dolayı meydana gelmektedir. Bunlardan ilki, mikrodalga fırından dışarıya çıkmasıdır. Ancak bu mikrodalga fırın üretiminde uyulması zorunlu olan gereken güvenlik tedbirleri ile ihmal edilebilecek seviyelere indirilmiştir. İkincisi de mikrodalga fırının iç yüzeyinde kullanılan metal malzemenin enerji soğurmasından kaynaklanır. Üçüncü faktör de (ki bu istenen bir durumdur) ısıtılmakta olan gıda maddesinin enerji soğurmasıdır. Sonuncu faktörde az bir ihtimalde olsa bazı dalgaların magnetrona geri dönmesi durumudur. Bu özellikle fırın boş çalıştırıldığı zaman daha olası bir durumdur. Bu nedenle magnetronların daha uzun ömürlü olması fırının boş çalıştırılmamasına da bağlıdır. Eğer fırın içi boş durumda çalıştırılırsa iç yüzey kayıpları daha da önem arz eder. Bu kayıplar yaklaşık olarak (penetration depth) nüfuz derinliği δ dan elde edilebilir.

$$Q_{boş} \approx V/S\delta \quad (1.8)$$

Nüfuz derinliği (penetration depth) $PD = \delta = \frac{\lambda \sqrt{\epsilon_r''}}{2\pi \epsilon_r''}$ cm dir.

Dielektrik kayıp açısı ise;

$$\tan \delta = \epsilon_r'' / \epsilon_r' = \frac{\sigma}{\omega \epsilon} \text{ dir.} \quad (1.9)$$

Burada;

λ : dalga boyu

ϵ_r' : Dielektrik sabiti (Farad m^{-1}),

ϵ_r'' : Kompleks dielektrik sabiti (Farad m^{-1}),

ω : Mikrodalgaların açısal hızı (rad s^{-1}),

ϵ : Serbest uzaydaki dielektrik sabiti (Farad m^{-1}),

σ : İletkenlik (Siemens/meter) dir.

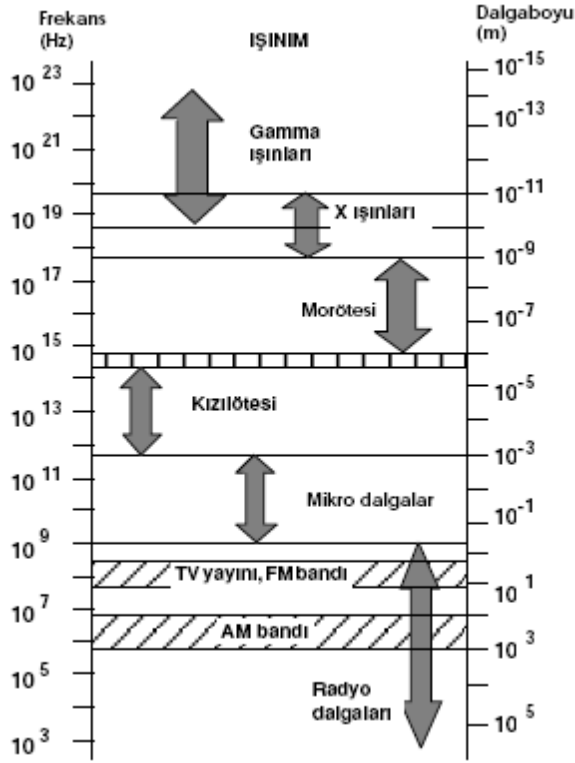
Elektromanyetik dalgaların, frekans ve dalga boylarına göre dizilişi Şekil 1.9'da verilmiştir. Elektromanyetik dalga elektrik alan ve manyetik alandan oluşur. Elektromanyetik dalgalar, geniş bir frekans veya dalga boyu aralığını kapsar, kaynaklarına göre sınıflandırılabilirler.

Elektromanyetik spektrum adı verilen bu sınıflandırma, kesin sınırlar sergilemez. Çünkü dalga kaynakları, çakışan frekans aralıklarında dalgalar üretebilirler (Orhun ve Tanışlı,2000).

Elektromanyetik teoreminin temeli oluşturan ve James Clerk Maxwell tarafından ifade edilen Maxwell denklemleri; zamanla değişen bir manyetik alanın bir elektrik alan oluşturması gibi, zamanla değişen bir elektrik alanın da bir manyetik alan oluşturacağını ifade etmektedir. Maxwell'in teorik olarak ispatladığı dalgaların varlığını H.R. Hertz, 1887 yılında bir indüksiyon bobini kullanmak suretiyle deneysel olarak kanıtlamıştır (Halliday ve Resnick, 2002).

Teorik yaklaşımda kolaylık olsun diye Maxwell denklemleri manyetik veya herhangi bir dielektrik malzemenin olmadığı (yani maddesiz bir ortam) ortama uygulandığı kabul edilerek verilir.

Denklemlerden (1.10), (1.11), (1.12) ve (1.13) Maxwell denklemlerinin diferansiyel formu, (1.14), (1.15), (1.16) ve (1.17) ise Maxwell denklemlerinin integral formudur (Cheng,1992).



Şekil 1.9. Elektromanyetik spektrum

$$\vec{\nabla} \cdot \vec{E} = \frac{\rho}{\epsilon_0} \quad (\text{Gauss Kanunu}) \quad (1.10)$$

$$\vec{\nabla} \cdot \vec{B} = 0 \quad (\text{Manyetizmada Gauss Kanunu}) \quad (1.11)$$

$$\vec{\nabla} \times \vec{E} = -\frac{\partial \vec{B}}{\partial t} \quad (\text{Faraday Kanunu}) \quad (1.12)$$

$$\vec{\nabla} \times \vec{B} = \mu_0 I + \epsilon_0 \mu_0 \frac{\partial \vec{E}}{\partial t} \quad (\text{Gauss-Maxwell Kanunu}) \quad (1.13)$$

ρ : hacimsel yük yoğunluğu (coulomb/m³)

ϵ_0 : boşluğun dielektrik sabiti (F/m)

μ_0 : boşluğun manyetik geçirgenliği dir.

$$\oint \mathbf{E} \cdot d\mathbf{A} = \frac{Q}{\epsilon_0} \quad (\text{ Gauss Kanunu}) \quad (1.14)$$

$$\oint \mathbf{B} \cdot d\mathbf{A} = 0 \quad (\text{ Manyetizmada Gauss Kanunu}) \quad (1.15)$$

$$\oint \mathbf{E} \cdot d\mathbf{s} = -\frac{d\phi_B}{dt} \quad (\text{ Faraday Kanunu}) \quad (1.16)$$

$$\oint \mathbf{B} \cdot d\mathbf{s} = \mu_0 I + \epsilon_0 \mu_0 \frac{d\phi_E}{dt} \quad (\text{ Gauss-Maxwell Kanunu}) \quad (1.17)$$

Denklem (1.10)'da verilen Gauss Kanunu, herhangi bir kapalı yüzeyden geçen toplam elektrik akınının, yüzey içindeki net yükün ϵ_0 'a bölümüne eşit olduğunu ifade eder.

(1.11) deki denklem ise, kapalı bir yüzeyden geçen net manyetik akının sıfır olduğu gösterir. Yani kapalı bir hacme, giren manyetik alan çizgileri sayısı ile çıkan manyetik alan çizgilerinin sayılarının eşit olması gerekir.

Bu da, manyetik alan çizgilerinin herhangi bir noktada başlayamayacağı ya da bitemeyeceği anlamına gelmektedir.

Faraday Kanunu ise (1.12)'de verilen denklemle, manyetik akının değişmesi sonucu elektrik alanın meydana geldiği ifade edilmektedir. Denklem (1.13)'ye göre de, manyetik alanın meydana gelmesi, elektrik alan ve elektrik akımının değişmesi sonucu oluşmaktadır.

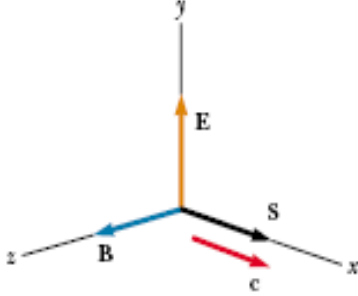
Elektromanyetik dalgalar ivmelendirilmiş elektrik yükleri tarafından oluşturulurlar. Yayınlanan bu tür dalgalar birbirlerine ve dalganın yayılma doğrultusuna dik olan ve titreşen elektrik ve manyetik alanlardan ibarettir.

Elektromanyetik dalgalar enerji taşırlar ve bu enerjilerini de yayıldıkları yol üzerinde bulunan diğer nesnelere transfer edebilirler. Bir elektromanyetik dalganın, birim yüzeye birim zamanda taşıdığı enerji veya yüzeysel güç yoğunluğu Poynting vektörü ile tanımlanır.

Bu vektör ;

$$S = \frac{1}{\mu_0} E \times B \quad (1.18)$$

ile ifade edilir. S Poynting vektörünün birimi $(J/s)/m^2$ (W/m^2) dir. S Poynting vektörünün yönü ise, elektromanyetik dalganın yayılma yönündedir, Şekil 1.10, (Halliday ve Resnick, 2002).



Şekil 1.10. S Poynting vektörünün yönü manyetik dalga yayılım yönündedir

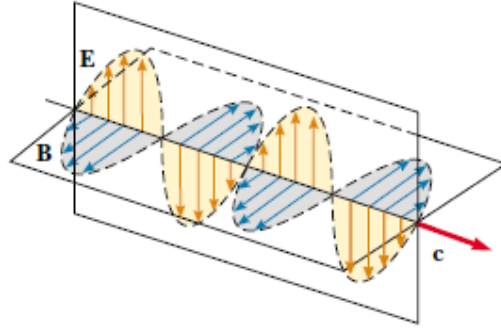
Elektromanyetik dalgalar, yayılmaları için herhangi bir ortama ihtiyaç duymadıkları için ses dalgalarından farklıdır.

Elektromanyetik dalgalar, hava ve katı materyaller içinde yayıldığı gibi herhangi bir madde içermeyen boş uzayda da yayılmaktadır. Elektromanyetik dalgaların yayılması manyetik alanın elektrik alanı, elektrik alan ise manyetik alanı meydana getirmesi yoluyla gerçekleşir (Şekil 1.11), (Balanis,1989).



Şekil 1.11. Manyetik dalgalarda elektrik alan E ve manyetik alan H'nin oluşması

Burada, E ve H, elektrik ve manyetik alan şiddetini gösterir ve birimleri $[volt/m]$ ve $[amper/m]$ dir (Şekil 1.12), (Balanis,1996).



Şekil 1.12. Elektromanyetik dalgalarda elektrik alan E ve manyetik alan H bileşenleri

Elektromanyetik dalgaların düzgün bir dalga kılavuzunda yayılmaları E_z ve H_z eksenlerine göre üç sınıfa ayrılır (Cheng,1992).

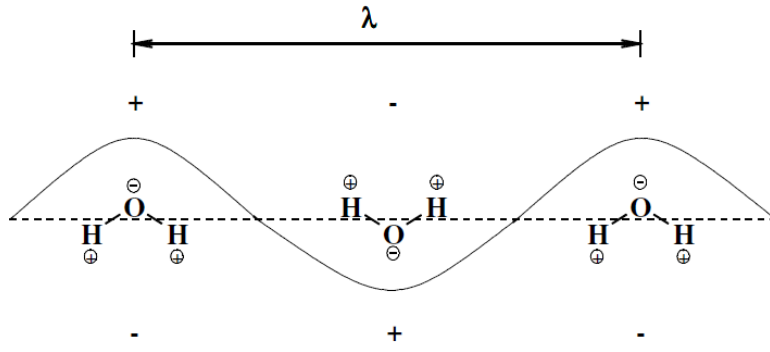
- 1- Transverse elektromanyetik (TEM) dalgalar. Bu dalgaların ne E_z ne de H_z eksenleri yoktur. $H_z = 0$ ve $E_z = 0$ dir.
- 2- Transverse manyetik (TM) dalgalar. Bu dalgalarda $H_z = 0$ fakat E_z sıfır değildir. Yani bu dalgaların yayılma yönünde manyetik bileşenleri yoktur.
- 3- Transverse elektrik (TE) dalgalar. Bu dalgalarda ise $E_z = 0$, fakat H_z sıfır değildir. Yani bu dalgaların yayılma yönünde elektrik bileşenleri yoktur.

Mikrodalga ile ısı uygulamalar için gerekli olan büyük miktardaki mikrodalga güç genellikle küçük ve ekonomik olan, 2.45 GHz frekans aralığında çalışan magnetronlar yardımıyla elde edilmektedir. Elektromanyetik spektrumda mikrodalganın tanım aralığı 0.3 m den 10^{-4} m ye kadar dalga boyları ve 10^9 Hz den 3.10^{11} Hz e kadar frekanslarıdır.

Bu dalgalar, atomik ve moleküler yapının ayrıntılarının çözülmesinde olduğu kadar, radarlar ve diğer iletişim sistemlerinde de kullanılırlar. Bu dalgalar da elektronik aygıtlar tarafından üretilir. Mikrodalga bölgesine UHF (ultra high frequency) adı da verilir (Halliday ve Resnick, 2002).

Mikrodalga ile ısıtmanın temelinde, frekansın artırılarak su gibi moleküllerin hareket hızını arttırmak ve bunun sonucunda meydana gelen moleküler titreşim ve çarpışmanın artması ile malzemede ısının yükselmesidir (Matexas & Meredith, 1993; Krasewski & Nelson, 1995).

Gıdalar değişik polar moleküller ve su içermektedirler. Bu moleküller gıda içerisinde dağınık bir halde bulunurlar. Bu ürünlere elektrik alanı uygulandığında gıda içerisindeki elektriksel olarak asimetrik ve polar moleküller frekansa bağlı olarak polaritesi hızla değişen elektrik alanı nedeniyle dipol (Şekil 1.13) dönme hareketi göstermektedir. Örneğin; 2.45 GHz frekansla çalışan ev tipi mikrodalga fırınlar da, elektrik alanın yönü saniyede 2.45 milyar kez değişiyor demektir. Hızla değişen elektrik alanının polaritesine uyum sağlamak için dönen polar moleküllerin, birbirleri ile ve ortamdaki diğer moleküllerle sürtünmelerinden dolayı ısı açığa çıkmakta ve ürün ısınmaktadır (Mudget, 1986; Buffler, 1993).



Şekil 1.13. Suyun mikrodalga ile ısınma mekanizması

1.4. Çalışmanın Amacı ve Önemi

Günümüzde, tarımın birçok alanında kimyasal kullanımı söz konusudur. Bunların içinde de yabancı ot mücadelesinde kimyasal ilaç kullanımı önemli bir yer tutmaktadır. Ancak, kimyasalların yaygın kullanımı çevre kirliliği ile birlikte insan ve diğer canlılar için önemli riskler oluşturmaktadır. Hatta bunun boyutları dünyanın biyolojik dengesinin bozulmasına kadar gitmektedir. Küresel ısınma, çevre kirliliği ve çeşitli hastalıklara sebep olması nedeni ile yaşam kalitesinin bozulması sonuçlarını ortaya çıkarmaktadır. Ayrıca, organik tarım uygulamalarında da kimyasal olmayan yöntemlerin ön plana çıkması, mevcut yabancı ot mücadele yöntemlerine alternatif olabilecek yöntem ve tekniklerin araştırılmasını gündeme taşımıştır. Bu alternatif yöntemlerden birisi de yabancı otlara fiziksel olarak zarar veren mikrodalga yöntemidir. Bu yöntemin çevreye ve canlılara bir yan etkisi bulunmamaktadır.

Çalışmamızda, mikrodalga yönteminin yabancı ot mücadelesinde Türkiye şartlarında etkin bir mücadele yöntemi olarak kullanılması imkanları araştırma konusu olarak seçilmiştir.

Yöntemin uygulanabilirliğini test etmek ve denemeler yapmak amacıyla bir deney-test düzeneği geliştirilmiş ve tarla şartlarında traktörle ilerlemeyi simüle etmek üzere hızı ayarlanabilen hareketli bant üzerine yerleştirilen dar ve geniş yapraklı çimlendirilmiş bitkiler üzerinde çeşitli uygulamaların yapılması ile yöntemin tarımda yabancı ot mücadelesinde uygulanabilirliği araştırılmıştır.

Bu yöntemin tarımda yabancı ot mücadelesinde kullanılabilme imkanlarının saptanması ve hatta belirli oranlarda etkinlik elde edilmesi bile bu amaçla kullanılacak tarım ilaçlarından yapılacak tasarruf ve en önemlisi de çevre kirlenmesi açısından elde edilecek kazanımlar bakımından çok önemlidir. Bu amaçla çalışma planlanmış ve uygulanmıştır.

Ülkemizde bu alanda çalışılan yeni bir konudur. Üzerinde durularak geliştirilmesi ve desteklenmesi gerekmektedir.

2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

Yabancı ot mücadelesinde kimyasal madde kullanımına alternatif olarak uygulanan çevreci yöntemlerden birisi de mikrodalga ile yabancı ot mücadelesidir. Mikrodalga ile yabancı ot mücadelesi yöntemi, tarımsal toprak dezenfektasyonu, yabancı ot tohumlarının çimlenmesinin mikrodalga ile kısıtlanması ve belirli bir düzeyde çimlenmiş olan yabancı ot tohumlarının mikrodalga enerjisi etkisi altında bırakılarak yok edilmesi gibi çalışmalarla denenmiştir. Bu konuda 70'li yıllardan itibaren farklı çalışmalar yapılmaktadır.

Yüksek frekanslı elektromanyetik dalgalar (1-1000 GHz) ile yapılan fiziksel dezenfekte yöntemi patojenlerin ve yabancı ot tohumlarının ısınımsı yükseltmektedir (Davis, 1971; Nelson, 1996). Bu da bitki gövde ve yapraklarının kısa bir sürede solması ve daha sonra da tamamen ölmesi ile sonuçlanmaktadır.

4 adet 1.5 kW lık 2.45±20 GHz magnetron kullanılarak yapılan çalışmada, 8 ve 16 günlük çimlenmiş bitkilere mikrodalga enerji uygulanmıştır. Enerji düzeyi 12 ile 73 J/cm³ arasında değişken olarak ve farklı sürelerle uygulanması ile yaklaşık 10 gün sonra bitkilerin öldüğü gözlenmiştir (Wayland ve Menges, 1975).

Bigu-Del-Blanco, ve ark. (1977), 9 GHz frekanslı mikrodalga radyasyonla mısır tohumlarının büyüme oranlarına etkisini araştırmışlardır. Çalışmada örnekler 22-24 saat süreyle 10 mW/cm² ile 30 mW/cm² yoğunluğa sahip mikrodalga enerjiye maruz bırakılmış ve tohumların tamamının muhtemelen su kaybından dolayı çimlenemediği sonucuna varılmıştır.

Elektromanyetik dalgaların biyolojik maddeler üzerindeki etkilerine olan ilgi aslında 19. Yüzyıl sonlarında başlamış ve bu dönemde yapılan çalışmaların çoğu (RF) Radyo Frekanslarının bitki tohumlarına olan etkileri ile ilgilidir (Ark ve Perry, 1979).

Yabancı ot ve tohumlarının yok edilmesine yönelik uygulanan kimyasal mücadele yöntemlerine alternatif yöntem araştırmaları, tarımsal araştırmalarda büyük bir önem arz etmektedir.

Mikrodalga ısıtma işlemi ile toprağın dezenfekte edilmesi geride herhangi bir kimyasal atık bırakmadığı için (Olsen & Hammer, 1982; Nelson, 1985; Mavrogianopoulos, 2000) kimyasal mücadele yöntemine bir alternatif olmaktadır. Mikrodalga veya elektromanyetik yöntem çevreci bir alternatif yöntem olduğundan gelecekte bu konuda daha fazla çalışma yapılacağı tahmin edilmektedir.

Fishman (1985), bir hücrenin canlılığını sürdürmesinde hücre zarının çok önemli olduğunu belirtmiştir. Hücrelerin hücre zarı kalınlıkları yaklaşık 5 nm ve dielektrik sabitleri ise 2.3 civarındadır (Pethig ve Kell, 1987).

Thostenson (1998), yaptığı çalışmada mikrodalga ile yapılan volumetrik ısıtma işleminin ısıtma işlemi süresini azalttığını ve enerji tasarrufu sağladığını belirtmiştir.

Kuang ve Nelson (1998) tarafından bildirildiğine göre; biyolojik dokuların düşük-frekans dielektrik özelliklerinin dokuya göre farklılıklar göstermektedir.

Mavrogianopoulos ve ark., (2000), ise tarımda toprak dezenfektasyonunun mikrodalga ile yapılması konusunu araştırmışlardır. Çalışma süresince 900 W'lık bir mikrodalga güç kaynağı kullanılmıştır. Mikrodalga jeneratöründen toprak yüzeyine kadar uzanan bir dalga kılavuzu yardımıyla toprak yüzeyi mikrodalga radyasyona maruz bırakılmıştır. Çalışma sonunda, 20°C başlangıç sıcaklığına sahip 10 cm derinlikteki toprağın sıcaklığının 61°C'ye çıkarılması için gerekli enerji miktarı, 5 cm derinlikte ve aynı başlama sıcaklığına sahip toprak için gereken enerjinin 3.2 katı kadar olduğu tespit edilmiştir. Ayrıca, mikrodalga ile toprak dezenfektasyonun maliyetinin toprağın sahip olduğu nem oranı ve başlangıç sıcaklığına bağlı olduğu anlaşılmıştır. %15 nem oranına sahip ve 40°C sıcaklıktaki bir toprak için gerekli enerji 14 kW /m² iken bu değer %5.5 neme sahip aynı sıcaklıktaki toprak için 7.4 kW /m² olarak bulunmuştur.

Heisel ve ark., (2002), yabancı ot kontrol yöntemi olarak UV ve IR lazerleri kullanarak oluşturulan multifoton ve elektron iyonlaşma yığılmasının bitki dokularını patlatarak kesilmeye yol açtığını belirtmişlerdir. Genellikle, daha kalın gövde yapısına sahip yabancı otların lazerle kesilmesinde daha yüksek enerjilere gereksinim duyulmakta olduğu ifade edilmiştir.

Mikrodalganın bitki hücrelerinin yanı sıra canlı organizmalar üzerinde de etkileri olduğu bilinmektedir. Yapılan çalışmalarda canlı hücre ölümlerinin nedeninin mikrodalga ısıl etkisi ile birlikte mikrodalga elektrik alan nedeniyle olduğu otaya konmuştur (Banik, 2003).

Gentry ve Roberts (2004), tarafından yapılan elma konsantresi pastörizasyonu çalışmasında; sürekli akış halinde olan ürünü için pastörize amaçlı bir sistem dizayn edilmiştir. Meyve suyu üretiminde çok rastlanan E.koli bakterilerinin mikrodalga yöntemiyle yok edilmesi amaçlanmıştır. Çalışmada sıcak ve soğuk presten çıkan iki elma özü akışkanının absorbe ettiği toplam güç ve hacimsel akış oranları değerlendirilmiştir. Sıcak elma püresi 2450 MHz 1500 W gücünde bir mikrodalga fırında 60°C sıcaklığa kadar ısıtılmış ve sıcaklık değerleri dört adet fiber optik prop yardımıyla gözlenmiştir. Çalışma, sıcaklığı homojen bir şekilde dağıtmanın zor olduğu bu tip sürekli akışa sahip sistemlerde oldukça başarılı sonuçlar vermiştir.

Venkatesh ve Raghavan (2004), yaptıkları bir çalışmada, konvansiyonel ısıl işlemlerde enerji transferi taşınım, iletim ve radyasyon yoluyla gerçekleşmesine rağmen mikrodalga ısıtmada mikrodalga enerji moleküler etkileşim yoluyla doğrudan malzemeye transfer edildiğini ve bunun da mikrodalga ile ısıl işlem uygulamalarının bir diğer avantajı olduğunu ifade etmiştir.

Ancak, Cheng ve ark., (2005), yaptıkları çalışmada mikrodalga ile kurutma işlemleri sırasında tarımsal ürünlerde fiziksel hasar, düzgün olmayan sıcaklık dağılımı ve biyolojik değerlerde bozulma gibi istenmeyen yan etkilerin ortaya çıkabileceğini belirtilmişlerdir.

Velazquez ve ark. (2005), tarafından yapılan deneysel bir çalışmada mikrodalga radyasyonun istenmeyen tohumların çimlenmesinin kısıtlanması üzerindeki etkilerinin hesaplanması için iki farklı aplikatörü test etmişlerdir;

- a) İlk önce, geniş bir yüzey alana ve hacme mikrodalga dağıtabilecek, 4 kW lık magnetron tarafından beslenen dalga kılavuzlu bir mikrodalga dağıtım sistemi dizayn edilmiştir.

Bu sistem, farklı derinlikteki tohumlara radyasyon etkilerinin tespitine ve sahadaki uygulamalara elverişli olabilmesi için, 30 cm derinliğinde içi toprakla doldurulmuş olan bir konteyner üzerine monte edilmiştir.

- b) İkinci olarak, tablalara gömülmüş olan tohumlara radyasyonun etkisi, her biri 1 kW'lık dört hatlı magnetronlarla dizayn edilmiş yürüyen bant sistemli prototip bir fırınla test edilmiştir. Testlerde kullanılan toprak, %63.80 kum, %20.80 silt (ince kum) ve % 15.40 kilden oluşmuştur.

Tarımsal toprakların farklı dielektrik özelliklerinden dolayı geniş bir yüzeye uniform bir radyasyon dağıtımı yapabilen bir dalga kılavuzu tasarlanmıştır (Velazquez ve ark., 2005).

Dalga kılavuzu, elektromanyetik enerjiyi belirli bir yöne sevk edebilecek kapasiteye sahip iletken malzemeden yapılmış bir borudan oluşmaktadır (Krauss ve Fleisch, 1999). Ayrıca her radyasyon uygulamasında sıcaklık dağılımını ölçmek için birkaç *thermocouple* toprakla doğrudan temas edebilecek şekilde aplikatöre dikey olarak yerleştirilmiştir. Toplam 72 adet *thermocouple* kullanılmış ve bunların yarısı taban alanına dik diğer yarısı ise paralel olacak şekilde dağınık olarak yerleştirilmiştir.

Thermocouple 'lar ile ölçülen 72 farklı noktadaki sıcaklık değerleri toprak yüzeyinin 0, 5, 10, 15, 20 ve 25 cm derinliklerinden alınmıştır. Her deneyde toprak homojen olarak %10, %14 ve %18 oranlarında nemlendirilmiştir. Toprak yüzeyi 6, 8, 10, ve 15 dakikalık aralıklarla radyasyona maruz bırakıldıktan sonra sıcaklıklar kaydedilmiştir. Isıl işlem bittikten 15 dakika sonra *thermocouple* lar çıkarılmıştır (Velazquez ve ark., 2005).

Radyasyondan sonra tohumlar 25°C sıcaklık, %80 bağıl nem ve günde 8 saat ışıklandırılan bir çimlenme odasına yerleştirilmektedir. Çimlenme oranları 14 gün boyunca 2 gün aralıklarla kontrol edilmiştir.

Deneyle üç farklı uygulama ile gerçekleştirilmektedir.

- 1- Tohumların nem oranı %10 nun altında iken farklı enerji seviyelerine maruz bırakıldıktan hemen sonra topraktan çıkarılmıştır.
- 2- Tohumlar nemlendirilmeden radyasyona etkisine bırakılmış ve işlemden sonra 15 dakika toprakta bekletilmiştir.

- 3- Tohumlar radyasyon işleminden 1 saat önce nemlendirilmiş ve işlemden hemen sonra topraktan çıkarılmaktadır.

İşlemlerden sonra her 2 günde bir, çimlenen tohumların sayısı belirlenmiş ve maksimum çimlenme kısıtlaması için gerekli olan enerji miktarı da hesaplanmıştır.

Çalışmanın sonucunda tohumlardaki çimlenme oranında 10 MJm^{-2} , 15 MJm^{-2} ve 20 MJm^{-2} enerji düzeylerinde düşüşler gözlenmiştir. Ancak, yüzeye yerleştirilen bütün tohumlarda 21 MJ m^{-2} de çimlenme kısıtlanması görülmüştür. Tohumların toprak derinlikleri 5 cm iken çimlenme kısıtlanması %20, 10 cm iken %35 civarında kısıtlanma gerçekleşmiştir. Yüzeye yakın yerleştirilen tohumlarda en yüksek sıcaklık değerleri tespit edilmiştir. Bunun nedeni ise toprak tarafından iletilen mikrodalgada meydana gelen ve toprak tiplerine göre değişen 0.06 dBmm^{-1} ile 0.46 dBmm^{-1} arasındaki dalga sönümleridir.

Tablolarda işleme tabi tutulan ıslak ve kuru her iki tohumda da %100 oranında çimlenme kısıtlanması sağlanması için 60 MJm^{-3} enerji yoğunluğuna ve 3 dakika maruz kalma süresine ihtiyaç duyulmaktadır. Bu değerler kolza tohumlarında 80 MJm^{-3} enerji yoğunluğu ve 4 dakika mikrodalga enerji etkisi altında kalma süresi olarak tespit edilmiştir.

Vidmar, (2005), tarafından yapılan bir çalışmada da; mikrodalga enerjisi ile çalışan bir yabancı ot mücadele makinesi geliştirilmiştir. Mikrodalganın ısı etkisinden faydalanma yoluyla birçok uygulamanın yapıldığı vurgulanmış ve tarımsal alanlarda yabancı ot mücadelesinde kullanılan kimyasallar yerine mikrodalga ile ısıtma yöntemi tercih edilmesi önerilmiştir. Kimyasalların çevre dostu olmayan, zehirli ve tehlikeli olduklarından çevresel endişeler ön plana çıkmakta ve mikrodalga ile mücadele yönteminin daha da popüler hale gelmekte olduğu belirtilmektedir. Tarımda mikrodalga ile ısıtmanın ekipman, enerji donanımları ve işletme maliyetlerinin yüksek olması gibi dezavantajları olduğu da açıklanmıştır.

Sartorato ve ark., (2006), 900 W çıkış gücü olan ve 2.458 GHz frekanslı bir adet magnetron kullanarak $24.2 \text{ cm} \times 19.4 \text{ cm}$ kesit alanına sahip dalga kılavuzu ile 470 cm^2 lik bir çimlenme tablasını ışınlamaya yabancı ot kontrolünde mikrodalga enerjisinin potansiyelini incelemişlerdir.

Skiles (2006), 2.45 GHz mikrodalga enerjinin bitkiler üzerindeki etkileri incelenmiş ve 0.5 mW/cm² - 1.2 mW/cm² arasında yoğunluğa sahip sürekli mikrodalga uygulamasına maruz kalan bitkilerle aynı şartlarda mikrodalga enerjiye maruz kalmayan bitkiler arasında gelişim açısından bir fark olmadığı ortaya konmuştur.

Matthiassen ve ark., (2006) tarafından bildirildiğine göre; lazer bir yabancı ot yok etme yöntemi olarak kullanılabilir. Çalışma sonucunda lazer etkisinin dalga boyu, maruz kalma süresi, spot hacmi ve lazerin gücüne bağlı olduğu tespit edilmiştir. En yüksek verimin de 5W, 532 nm lazer ve 1.8 mm spot yarı çapı değerlerinde elde edilmiştir.

Fuentes ve ark., (2007), toprakta bulunan organophosphorus (organik fosforlu) pestisidlerin mikrodalga yardımıyla topraktan atılmasında etkili olan parametreleri incelemişlerdir. Çalışmada topraktan alınan numunelere su-metanol karışımı eklenerek mikrodalga 3-15 dakikada 300-600W kadar önceden ısıtılmış olan boruların içinden geçirilmiştir. Daha sonra su yardımıyla soğutulan borulardan alınan numuneler buharlaştırılarak kurutulmuş ve kalıntılar incelenmiştir.

Vadivambal ve Jayas (2007), çalışmalarında mikrodalga ile kurutulan tarımsal ürünlerde kalite değişikliğini araştırmış ve ürün kalitesinin konvansiyonel kurutma yöntemleri ile aynı veya daha yüksek olduğunu belirtmişlerdir.

Velazquez ve ark., (2008), yaptıkları çalışmada da, tarımsal alanlarda yetişen istenmeyen bitkilerin yok edilmesi için mikrodalga uygulayan bir makine geliştirmişlerdir. Çalışmanın amacı, *brassica napus* (kanola) ve *lolium perene* (çim) bitkilerinin yok edilmesi için gerekli enerji miktarının belirlenmesidir. Çalışmanın sonunda bunun teknik olarak mümkün olduğu ancak mikrodalga enerji etkisinde kalma süresi nedeniyle 0.02 m/s lik bir hızla hareket etmesi gereken bir aracın ancak bir hektarlık alan için uygulamayı 9.26 saatte tamamlayabildiği hesaplanmıştır.

Aladjadjiyan (2010), mikrodalga radyasyonun mercimek tohumlarına etkilerini araştırmıştır.

Bu çalışmada, 2.45 GHz frekansında ve 450 W çıkış gücüne sahip mikrodalga kaynak ile yapılan denemelerde, uzun süre mikrodalga radyasyona maruz bırakılan ve çok fazla enerji emen moleküller hücre fonksiyonlarının tahribatına neden olduğu ve uyarılma etkisi gerçekleşmediği sonucuna varılmıştır.

Vadivambal (2010), tarafından yapılan çalışmada gıda ısıtılmasında kullanılan mikrodalga enerjinin sıcaklık dağılımının düzgün olmaması ısıtma kalitesini düşürdüğü gibi gıda güvenliğini de tehdit ettiği belirtilmiştir.

Yapılan çalışmaların çoğunda, kısa süreli mikrodalga uygulamalarında tohum çimlenmesinde bir artış görülmekle beraber, daha uzun süreli uygulamalarda tohumların öldüğü tespit edilmiştir (Bebawi ve ark., 2007). Mikrodalga enerji ile yabancı ot mücadelesi uygulamaları sırasında üretilen mikrodalga'nın bir kısmı (termal kayıplar) dış ortama sızmakta ve mikrodalga yöntemin enerji maliyetini arttırarak kimyasal yöntemlerle rekabet edebilirliğini azalttığı Brodie ve ark., (2012) tarafından belirtilmiştir.

Mikrodalga ile yapılan yabancı ot mücadelesinde ısı kayıp ve kaçakların hem ısı verimi düşürdüğü hem de yöntemin maliyetini yükselttiği kaydedilmiştir (Brodie, 2012).

Brodie (2012), mikrodalga enerjinin evsel amaçlı bir mikrodalga fırından dışarıya uzatılmış bir dalga kılavuzu yoluyla dalgaların doğrudan bitki gövdesine ve köküne uygulanabileceğini belirtmiştir. Bu yöntemle mikrodalga enerji ısı kayıpları ve mikrodalga enerjinin çevreye yayılma tehlikesi önlenmeye çalışılmıştır (Şekil 2.1).



Şekil 2.1. Dalga kılavuzu yoluyla mikrodalga'nın hedefe yönlendirilmesi (Brodie, 2012)

3. MATERYAL VE YÖNTEM

3.1. Materyal

3.1.1. İklimlendirme Dolabı

Tohumları doğal ortamdan toplanan yabancı yulaf ve yabancı hardalın ve diğer yabancı ot tohumlarının uygun sıcaklık ve nemde çimlenmesini sağlamak amacıyla sıcaklık, nem ve ışık kontrollü Şimşek Laborteknik İK-300 iklimlendirme dolabı kullanılmıştır (Şekil 3.1, Şekil 3.2). Nemlendirme ünitesi için gerekli olan saf su, AVSUMAY QM 00178 saf su cihazında elde edilmiştir (Şekil 3.3).



Şekil 3.1. İklimlendirme dolabı kontrol paneli



Şekil 3.2. İklimlendirme dolabı



Şekil 3.3. Saf su üretim cihazı

3.1.2. Hız Kontrol Sürücülü Konveyör Bant

Çalışmada, denemelerde traktör hareketini simüle etmek amacıyla frekans aralığı 0.01 Hz den 1.00 Hz'e kadar değişebilen 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 geliştirilmiştir. Farklı hızlarda çalıştırılabilen konveyör bant, yaklaşık 4.5 m uzunluğa, 60 cm bant genişliğine ve 70 cm yüksekliğe sahiptir (Şekil 3.4).

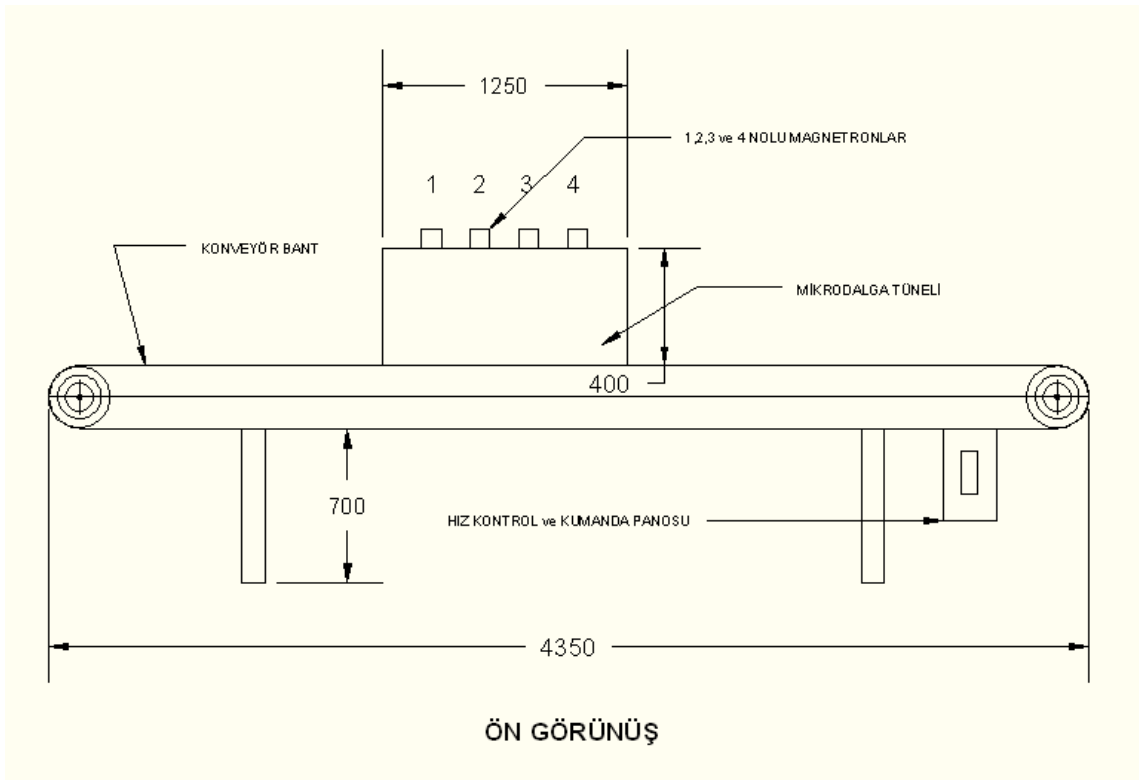


Şekil 3.4. Konveyör bant ve hız kontrol sürücüsü

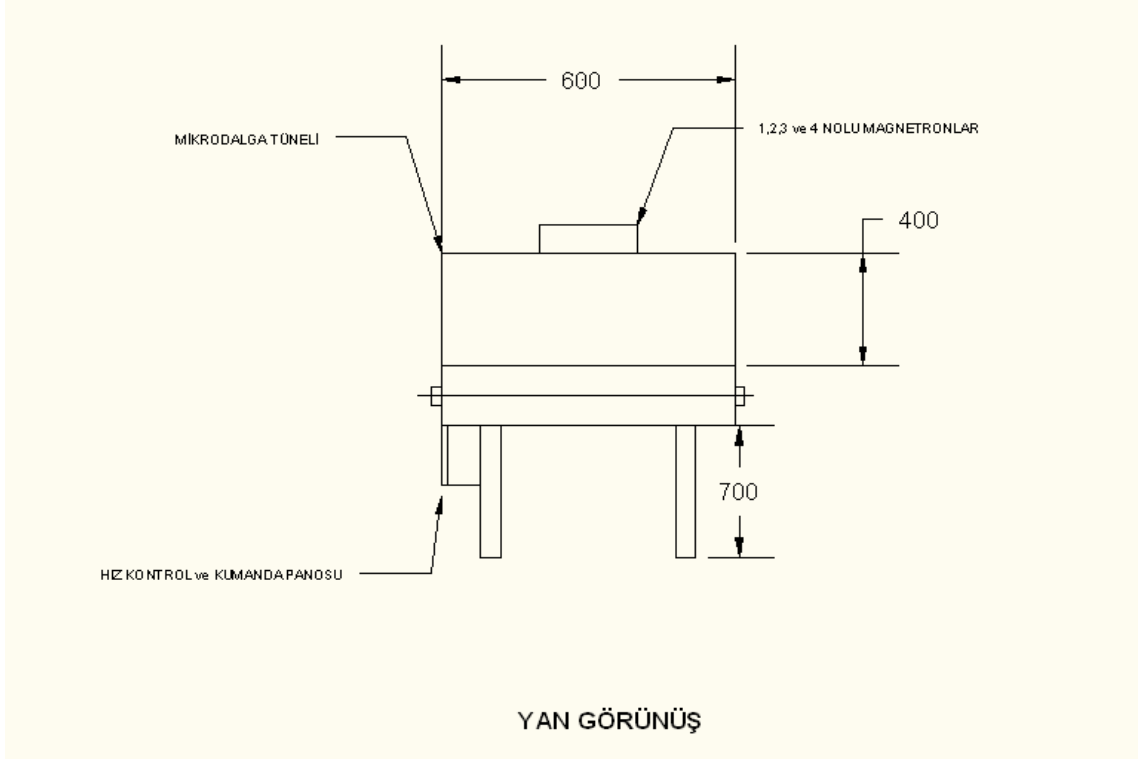
3.1.3. Mikrodalga Tüneli

Çalışmada mikrodalga kaynağı olarak kullanılacak olan mikrodalga tüneli hareketli bant taşıyıcıya istendiğinde kolayca sökülebilecek şekilde monte edilmiş ve açılır-kapanır kapaklar yardımıyla farklı boyutlardaki deneysel malzemelerin geçişine kolaylık sağlanmıştır. Konveyör bant ve mikrodalga tünelinin montaj resimleri Şekil 3.5 ve Şekil 3.6'da görülmektedir.

Mikrodalga enerji üretecek olan mikrodalga tüneli, 125x60x40 cm boyutlarında olup 5 mm kalınlığında galvaniz saçtan üretilmiş ve her biri 1 kW olan 4 adet mikrodalga üretici monte edilmiştir. Magnetronların mikrodalga çıkış gücü ise 700 W'tır (Şekil 3.7 ve Şekil 3.8).

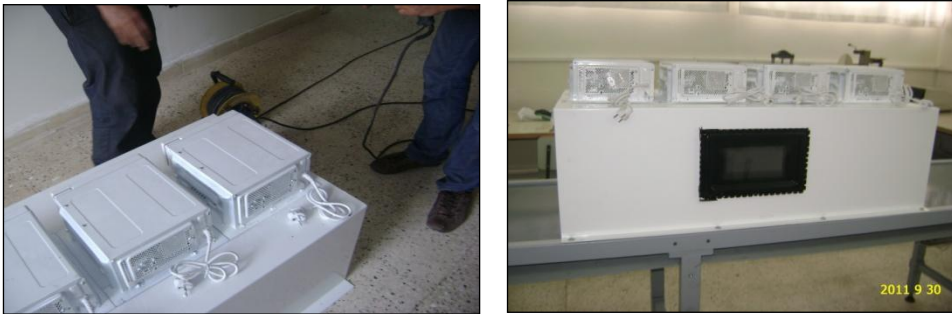


Şekil 3.5. Konveyör bant ve mikrodalga tüneli ön görünüşü (ölçüler mm dir.)



Şekil 3.6. Konveyör bant ve mikrodalga tüneli yan görünüşü (ölçüler mm dir)

Çalışma sırasında 4 adet 1 kW giriş gücüne ve 700 W mikrodalga çıkış gücüne sahip magnetron kullanılarak mikrodalga ışıma elde edilmiştir. Oluşabilecek mikrodalga sızıntıyı en aza indirmek amacıyla, tünel giriş ve çıkışı deneysel malzemenin geçişini engellemeyecek şekilde, metal kapaklarla kısmen kapatılmış ve çalışma sırasında mikrodalga tüneli alüminyum folyo malzeme ile örtülmüştür (Şekil 3.8).



Şekil 3.7. Mikrodalga tüneli (montaj öncesi ve montaj sonrası)



Şekil 3.8. Tünel mikrodalga geçirmez malzeme ile örtülmüş

3.1.4. Biyolojik Materyal

Deneylerde kullanılmak üzere tarımsal alanlarda doğal olarak yetişen yabancı yulaf ve yabancı hardal tohumları ile piyasadan alınan tere ve roka tohumları tercih edilmiştir. Mikrodalga'nın dar yapraklı ve geniş yapraklı yabancı otlardaki etkisinin tespiti amacıyla yabancı yulaf (dar yapraklı), yabancı hardal (geniş yapraklı), tere (geniş yapraklı) ve roka (geniş yapraklı) bir yabancı otlar seçilmiştir. Ayrıca çimlendirme çalışmalarında kullanılmak üzere alınan toprak, torfla karıştırılmak suretiyle kullanılmıştır (Şekil 3.9).



Şekil 3.9. Çimlendirme saksıları için toprak hazırlığı

3.1.5. RMS Digital Multimetre

Mikrodalga üreticinin tünele montajı sırasında meydana gelen arızaların tespiti, çalışmalar sırasında kullanılan şebeke geriliminin ve akımın ölçülmesi, elektronik elemanların sağlamlık testi gibi işlemlerde kullanılmak üzere bir adet multimetre temin edilmiştir.

Temin edilen RMS digital multimetre; gerilim ölçüm doğruluğu $\pm \% 0.3$ okuma+ 2 dijital, akım ölçüm doğruluğu ise $\pm \% 1.5$ okuma+ 6 dijital olan Extech Instrument EX400 model RMS dijital multimetredir (Şekil 3.10). 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.



Şekil 3.10. RMS dijital multimetre

3.1.6. Aydınlik Şiddeti Ölçüm Cihazı

Çimlendirme amacıyla iklimlendirme dolabında uygun sıcaklık ve nemde tutulan yabacı ot tohumları gelişim süresince maruz kaldığı ışık şiddetinin tespiti amacıyla CEM DT-1309 model ışık şiddeti ölçer kullanılmıştır (Şekil 3.11). Cihazın ışık ölçüm seviyesi 0.1 Lux-0.1 kLux aralığında ve doğruluk ise; $\pm \% 5$ rdg ± 10 d (<10 000 Lux), $\pm \% 10$ rdg ± 10 d (>10 000 Lux) tür.



Şekil 3.11. Aydınlanma şiddeti ölçüm cihazı

3.1.7. Mikrodalga Sızıntı Detektörü

Mikrodalga jeneratörlerinin çalışması sırasında tünelden meydana gelebilecek sızıntının ölçülmesi ve bu sızıntının FDA (U.S. Food and Drug Administration) ve EPA (U.S. Environmental Protection Agency) tarafından belirlenen 5 mW/cm^2 lik emniyet limitini aşıp aşmadığının tespiti amacıyla deneyler sırasında farklı noktalara yerleştirilmek suretiyle iki adet TROTEC. BR15 model mikrodalga detektörü kullanılmıştır (Şekil 3.12). Mikrodalga detektörü 2.450 MHz frekans kalibrasyonlu ve 0-9.99 mW/cm^2 ölçüm aralığına sahiptir. Ölçüm doğruluk hassasiyeti; $\pm 1 \text{ dB}$ ve uyarı ölçüm değeri 5 mW/cm^2 dir.



Şekil 3.12. Mikrodalga detektörü

3.1.8. Termokupl Digital Sıcaklık ve Nem Ölçerler

Çimlendirilen yabancı ot tohumlarının mikrodalga etkisinde bırakılmadan önceki ve mikrodalga tüneline çıkışları sırasında sahip oldukları toprak sıcaklığı ve neminin ölçülmesi CEM marka DT-615 model digital sıcaklık ve nem ölçer ile gerçekleştirilmiştir (Şekil 3.13). Cihazın, yarı iletken sensör ölçümü; $0 \text{ }^\circ\text{C}$ - $40 \text{ }^\circ\text{C}$ ve termokupl geniş ısı ölçüm aralığı $-20 \text{ }^\circ\text{C}$ ile $1000 \text{ }^\circ\text{C}$ dir. Nem ölçümü ise 0.1 \% RH ve 100 \% RH , doğruluk ise; $\pm 3.5 \text{ \% RH}$ dir. K-tip prop doğruluk ise; ± 3.0 okuma + $4 \text{ }^\circ\text{C}$ dir.



Şekil 3.13. Thermokupl digital sıcaklık ve nem ölçer

3.1.9. Hassas Terazı

Çalışmada kullanılan tohumların saksılara eşit şekilde dağılımının sağlanması ve gerektiğinde işlem öncesi ve sonrası meydana gelen kütle kaybının tespit edilmesi amacıyla tohumları otomatik sayabilme fonksiyonuna sahip RADWAG PS 6000/C/1 model hassas terazi kullanılmıştır (Şekil 3.14).



Şekil 3.14. Hassas terazi

3.1.10. Infrared Termometre

Mikrodalga tünelinin dış yüzeyinde, ısıl işlemde sonra saksılardaki toprak yüzeyinde ve konveyör bant elemanlarında oluşabilecek muhtemel sıcaklık artışlarının temassız olarak ölçülebilmesi amacıyla CEM DT-8811H model infrared termometre kullanılmıştır (Şekil 3.15). Infrared termometrenin ölçüm aralığı ve doğruluk değerleri; $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ - $500\text{ }^{\circ}\text{C}$ ve $\pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$, spektral tepki; $6\sim 14\text{ }\mu\text{m}$ dir.



Şekil 3.15. Infrared termometre

3.1.11. Batırma-Saplama Tipi Termometreler

Mikrodalga uygulamalarından sonra saksılardaki toprak sıcaklığının ölçümü amacıyla TT TECHNIC TM 9794 model saplama tip proplu termometreler kullanılmıştır (Şekil 3.16).



Şekil 3.16. Batırma tip termometreler

3.2. Yöntem

Denemelerde kullanılmak üzere yetiştikleri doğal ortamlarından toplanan yabani hardal ve yabani yulaf tohumları (Şekil 3.17) ile pazardan temin edilen roka ve tere tohumları (Şekil 3.18) uygun ortamda muhafaza edilmiştir.



Şekil 3.17. Yabani hardal ve yabani yulaf tohumları

Denemelerde, mikrodalga radyasyonun farklı yabancı otlarda farklı sonuçlarının olup olmadığını tespit edilmesi için yulaf, yabani hardal, tere ve roka gibi bitkiler kullanılmıştır.



Şekil 3.18. Tere ve roka tohumları

Çalışmada kullanılan yabancı ot tohumları, iklimlendirme dolabında 5 günlük, 7 günlük, 10 günlük, 15 günlük ve 30 günlük gibi tohum cinsine göre değişebilen sürelerle çimlendirilerek denemelere hazır hale getirilmiştir. Hız kontrollü konveyör bant ise 0.01 m/s, 0.026 m/s, 0.050 m/s, 0.090 m/s, 0.15 m/s gibi 5 farklı hıza ayarlanmıştır. Konveyör bantta kullanılan hız sürücüsünde farklı frekanslar için değişik hızlar elde edilebilmektedir (Çizelge 3.1).

Deneylerde, tarafımızdan geliştirilip, dizayn edilen tünelde kullanılan mikrodalga jeneratörlerinin her biri 2.45 GHz sabit frekanslı olup; 1080 W giriş gücü, 700 W mikrodalga çıkış gücüne sahiptir. Çalışmada 4 adet 1'er kilowatt'lık magnetrona sahip mikrodalga tüneli, üç farklı güç seviyesinde çalıştırılmıştır. 1, 2, 3 ve 4 nolu magnetronların tamamı aktif halde iken 4x700 watt'lık güç, 1, 3 ve 4 nolu magnetronlar aktif, 2 nolu magnetron pasif durumda iken 3x700 watt'lık, 1 ve 3 nolu magnetronlar aktif 2 ve 4 nolu magnetronlar pasif durumda iken 2x700 watt'lık güç elde edilmiştir. 2800 watt, 2.45 GHz'lik güç "yüksek güç düzeyi", 2100 watt, 2.45 GHz'lik' güç "orta güç düzeyi", 1400 watt 2.45 GHz'lik güç ise "düşük güç düzeyi" olarak tanımlanmıştır.

Mikrodalga tünelin boyutları 0.4 m x 0.6 m x 1.2 m ve toplam hacmi $V= 0.288$ m³ tür.

A enerji düzeyinde 1, 2, 3 ve 4 nolu magnetronların tamamı aktif halde iken 4x700 W, toplam mikrodalga çıkış gücü 2800 W, hacim 0.288 m³ ve mikrodalga enerji yoğunluğu **9.72 kW/ m³** olarak gerçekleştirilmiştir.

B enerji düzeyinde 1, 3 ve 4 nolu magnetronlar aktif, 2 nolu magnetron pasif durumda iken 3x700, toplam mikrodalga çıkış gücü 2100 W, hacim 0.288 m³ ve mikrodalga enerji yoğunluğu **7.29 kW/ m³** olarak gerçekleştirilmiştir.

C enerji düzeyinde 1 ve 3 nolu magnetronlar aktif 2 ve 4 nolu magnetronlar pasif durumda iken, 2x700, toplam mikrodalga çıkış gücü 1400 W, hacim 0.288 m³ ve mikrodalga enerji yoğunluğu **4.86 kW/ m³** olarak gerçekleştirilmiştir.

Çalışma sırasında, mikrodalga uygulamalarında karşılaşılan en önemli sorunlardan birisi olan mikrodalga kaçağı problemi ile karşılaşılmıştır. Mikrodalga jeneratörlerinin çalışması sırasında tünelden meydana gelebilecek bu tür sızıntıların ölçülmesi ve bu sızıntının FDA (U.S. Food nad Drug Administration) ve EPA (U.S. Environmental Protection Agency) tarafından belirlenen 5mW/cm²'lik emniyet limitini kontrolü amacıyla; deneyler sırasında farklı noktalara yerleştirilmek suretiyle iki adet mikrodalga detektörü kullanılmıştır.

Ayrıca, deneyler sırasında meydana gelebilecek mikrodalga sızıntının olası zararlı etkilerini en aza indirmek için, deneyler sırasında mikrodalga tünel yüzeyi mikrodalga sızdırmaz alüminyum tabaka ile örtülmüş ve çalışmalar mikrodalga sızdırmaz bir kabinden takip edilmiştir.

Mikrodalga ısıtmada karşılaşılan sorunlardan birisi de düzgün olamayan sıcaklık dağılımı konusudur. Krokida ve ark. (2001) ve Blaszcak ve ark. (2002) çalışmalarında bu soruna dikkat çekmektedirler. Bu sorun, ev tipi mikrodalga fırınlarda mikrodalga ışıma ile birlikte dönmeye başlayan ürünün üzerine yerleştirildiği bir döner tabla ile çözülmeye çalışılmıştır. Özellikle gıda ısıtmasında ve kurutma işlemlerinde kullanılan mikradolga fırınlarda düzgün olamayan sıcaklık dağılımının ürün kalitesini olumsuz etkilediği tespit edilmiştir. Çalışma esnasında tünel içinde düzgün olamayan bir ısı dağılımının etkilerini en aza indirmek için deneysel numuneler hareketli bir bant yardımıyla tünelden geçirilmek suretiyle mikrodalga ışıma uygulanmıştır.

Deneylerde kullanılan çimlendirme saksıları, tohum adı, tohum çimlenme süresi, hız kademesi ve güç seviyesini gösteren simgeler kullanılarak adlandırılmıştır. Örneğin, Y-7-A-V1'de Y: Yabani Yulaf, 7: 1 Haftalık, A: Yüksek Güç Seviyesi, v_1 : 0.010 m/s konveyör bant hızını ifade etmektedir ve deney sonuçlarının işlenmesi için çizelge halinde gösterilmiştir (Çizelge 3.2).

Çizelge 3.1. Hareketli bant hız kalibrasyon değerleri

Hareketli Bant Hız Kalibrasyonu					
No	f (frekans)	Tünel Genişliği (m)	Geçiş Süresi (s)	Hız (m/s)	Hız (km/h)
1	0.05	1.25	126	0.009921	0.0357143
2	0.10	1.25	69	0.018116	0.0652174
3	0.15	1.25	48.45	0.0258	0.0928793
4	0.20	1.25	37.26	0.033548	0.1207729
5	0.25	1.25	30	0.041667	0.150
6	0.30	1.25	25	0.050	0.180
7	0.35	1.25	21	0.059524	0.2142857
8	0.40	1.25	19	0.065789	0.2368421
9	0.45	1.25	17	0.073529	0.2647059
10	0.50	1.25	15	0.083333	0.300
11	0.55	1.25	14	0.089286	0.3214286
12	0.60	1.25	13	0.096154	0.3461538
13	0.65	1.25	12	0.104167	0.375
14	0.70	1.25	11	0.113636	0.4090909
15	0.75	1.25	10	0.125	0.450
16	0.80	1.25	9.75	0.128205	0.4615385
17	0.85	1.25	9	0.138889	0.500
18	0.90	1.25	8.75	0.142857	0.5142857
19	0.95	1.25	8.17	0.152999	0.5507956
20	1.00	1.25	8.01	0.156055	0.5617978

Çimlendirilmek istenen tohumlar, toprak-torf karışımı ile doldurulmuş saksılara ekildikten sonra üzeri yaklaşık 1cm kalınlığında torf-toprak karışımı ile örtülerek, iklimlendirme dolabında 23 ± 3 °C sıcaklık ve % 60 ± 10 nemde gün aşırı su verilmek suretiyle gözlemlenen saksılar çimlenme başlangıcından itibaren kayıt altına alınmıştır.

Çizelge 3.2. Örnek deney veri çizelgesi

YABANİ YULAF TOHUMLARI			
1 Haftalık	A-Yüksek Güç	B-Orta Güç	C-Düşük Güç
f:0.05	Y-1-A-v₁	Y-1-B-v₁	Y-1-C-v₁
v1:0.010 m/s	MMÖ-Toprak Sıcak.: 12 °C	MMÖ-Toprak Sıcak.: 12 °C	MMÖ-Toprak Sıcak.: 12 °C
t:126 s	MMS-Toprak Sıcak.: 75-80°C	MMS-Toprak Sıcak.: 75-80°C	MMS-Toprak Sıcak.: 75-80°C
f:0.15	Y-1-A-v₂	Y-1-B-v₂	Y-1-C-v₂
v2:0.026 m/s	MMÖ-Toprak Sıcak.: 12 °C	MMÖ-Toprak Sıcak.: 12 °C	MMÖ-Toprak Sıcak.: 12 °C
t:49 s	MMS-Toprak Sıcak.: 75-80°C	MMS-Toprak Sıcak.: 75-80°C	MMS-Toprak Sıcak.: 75-80°C
f:0.30	Y-1-A-v₃	Y-1-B-v₃	Y-1-C-v₃
v3:0.050 m/s	MMÖ-Toprak Sıcak.: 12 °C	MMÖ-Toprak Sıcak.: 12 °C	MMÖ-Toprak Sıcak.: 12 °C
t:25 s	MMS-Toprak Sıcak.: 75-80°C	MMS-Toprak Sıcak.: 75-80°C	MMS-Toprak Sıcak.: 75-80°C
f:0.55	Y-1-A-v₄	Y-1-B-v₄	Y-1-C-v₄
v4:0.090 m/s	MMÖ-Toprak Sıcak.: 12 °C	MMÖ-Toprak Sıcak.: 12 °C	MMÖ-Toprak Sıcak.: 12 °C
t:14 s	MMS-Toprak Sıcak.: 75-80°C	MMS-Toprak Sıcak.: 75-80°C	MMS-Toprak Sıcak.: 75-80°C
f:0.95	Y-1-A-v₅	Y-1-B-v₅	Y-1-C-v₅
v5:0.15 m/s	MMÖ-Toprak Sıcak.: 12 °C	MMÖ-Toprak Sıcak.: 12 °C	MMÖ-Toprak Sıcak.: 12 °C
t:8.5 s	MMS-Toprak Sıcak.: 75-80°C	MMS-Toprak Sıcak.: 75-80°C	MMS-Toprak Sıcak.: 75-80°C
A GÜÇ SEVİYESİ: 1, 2, 3 ve 4 NOLU MAGNETRONLAR ON (TOPLAM ÇIKIŞ GÜCÜ 2800 W , 2.45 GHz)			
B GÜÇ SEVİYESİ: 1, 3 ve 4 NOLU MAGNETRONLAR ON, 2 OFF(TOPLAM ÇIKIŞ GÜCÜ 2100 W , 2.45 GHz)			
C GÜÇ SEVİYESİ: 1 ve 3 NOLU MAGNETRON ON, 2 ve 4 OFF(TOPLAM ÇIKIŞ GÜCÜ 1400 W , 2.45 GHz)			
MMÖ: Mikrodalgaya Maruz Kalmadan Önce			
MMS: Mikrodalgaya Maruz Kaldıktan Sonra			

İstenen çimlenme süresini (5 gün, 7 gün, 14 gün gibi) dolduran bitkiler uygun kodlarla etiketlenerek mikrodalga enerji uygulanmadan önce fotoğrafları alınmak suretiyle 3'er tekerrürle mikrodalga tünelinden 0.010 m/s, 0.026 m/s, 0.050 m/s, 0.090 m/s, 0.15 m/s gibi 5 farklı hızda ve 2800 W, 2.45 GHz "yüksek güç düzeyi", 2100 W, 2.45 GHz "orta güç düzeyi", 1400 W 2.45 GHz "düşük güç düzeyi" olarak üç farklı güç kademelerinde mikrodalga enerji etkisine bırakılmıştır.

Bu işlemler denemeler kullanılan her bitki için tekrarlanmıştır. Tünel çıkışı numunelerin toprak sıcaklıkları ölçülerek kaydedilmiş ve tekrar fotoğrafları çekilmek suretiyle kayıt altına alınmıştır. Çimlendirme saksılarının mikrodalga uygulanmadan önceki sıcaklıkları ve mikrodalga tüneli çıkışındaki sıcaklıkları da Çizelge'ye kaydedilmiştir. Mikrodalga uygulanan deneysel örnekler ile mikrodalga işleminden geçirilmeyen çimlendirilmiş bitkiler tekrar iklimlendirme dolabında aynı şartlarda tutulmak suretiyle gözlemler yapılmış ve kıyaslama yapmak amacıyla bitkilerin fotoğrafları alınmıştır. Mikrodalga uygulaması sonrasında canlı kalan ve canlılığını kaybeden bitkiler her deney sonunda tespit edilmiştir. Elde edilen verilerin değerlendirilmesinde istatistik paket programlar kullanılmıştır.

3.2.1. Mikrodalga Tünelinde Isıl Dağılım

Mikrodalga ısıtmada düzgün olmayan sıcaklık dağılımı önemli bir problemdir. Bu sorun, ev tipi mikrodalga fırınlarda mikrodalga ışıma ile birlikte dönmeye başlayan ürünün üzerine yerleştirildiği bir döner tabla ile çözülmeye çalışılmıştır. Özellikle gıda ısıtmasında ve kurutma işlemlerinde kullanılan mikradolga fırınlarda düzgün olamayan sıcaklık dağılımının ürün kalitesini olumsuz etkilediği tespit edilmiştir (Krokida ve ark. 2001; Blaszcak ve ark. 2002).

Çalışmada kullanılan deney düzeneğinde konveyör bank yüzeyinde sıcaklık dağılımını tespit etmek amacıyla 12 (4 sıra x3 şerit) adet 150 gr su ile doldurulmuş kap kullanılmıştır (Şekil 3.19. ve Şekil 3.20.) . Mikrodalga üretici A güç seviyesinde (4 adet magnetron aktif durumda) 2800 W mikrodalga çıkış gücünde 120 saniye süre ile konveyör bant (yaklaşık 0.010 m/s hızla) hareketli iken kaplarda bulunan su numunelerinde meydana gelen sıcaklık farkı ölçülmüştür.

Daha sonra konveyör bant hareketsiz durumda iken (0 m/s), 12 farklı nokta için ilk sıcaklık ve son sıcaklık ölçülmek suretiyle, her noktada meydana gelen sıcaklık farkı ve toplam absorbe edilen enerji hesaplanmıştır (Çizelge 3.3 ve Çizelge 3.4).



Şekil 3.19. Sıcaklık dağılımı ve ısı absorpsiyon tespiti

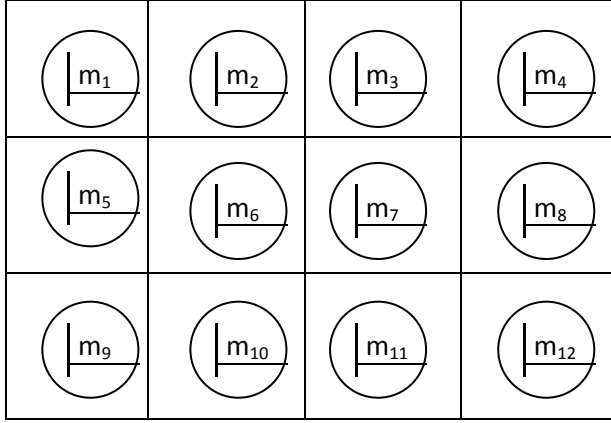
Çizelge 3.3. Hareketli bantta sıcaklık dağılımı ve ısı absorpsiyon

Güç seviyesi 2800 W, konveyör bant hareketli ve mikrodalga uygulama süresi t = 120 s.						
		Sıcaklık(°C)			Absorbe Enerji (J)	Watt (J/120s)
	Kütle (g)	İlk Sıcaklık	Son Sıcaklık	ΔT_1		
m_1	150	18	27	9	5644.35	47.03625
m_2	150	18	27	9	5644.35	47.03625
m_3	150	17	27	10	6271.50	52.2625
m_4	150	18	30	12	7525.80	62.715
m_5	150	18	33	15	9407.25	78.39375
m_6	150	17	35	18	11288.70	94.0725
m_7	150	17	27	10	6271.50	52.2625
m_8	150	19	30	11	6898.65	57.48875
m_9	150	18	36	18	11288.70	94.0725
m_{10}	150	17	33	16	10034.40	83.62
m_{11}	150	18	39	21	13170.15	109.7513
m_{12}	150	18	38	20	12543.00	104.525
				TOPLAM:	105988.35	883.2363

Çizelge.3.4 ve Çizelge 3.5'te görülebileceği gibi, konveyör bant hareketsiz durumda iken, tünelin giriş ve çıkışlarının kapalı olması nedeniyle daha az ısı kayıp olmuş ve absorbe edilen enerji miktarı daha yüksek gerçekleşmiştir.

Ancak, konveyör bandın hareketli olması durumunda tünel girişi ve çıkışının folyo şeritlerle kısmen kapatılması ısı kayıpları tamamen engelleyememiştir.

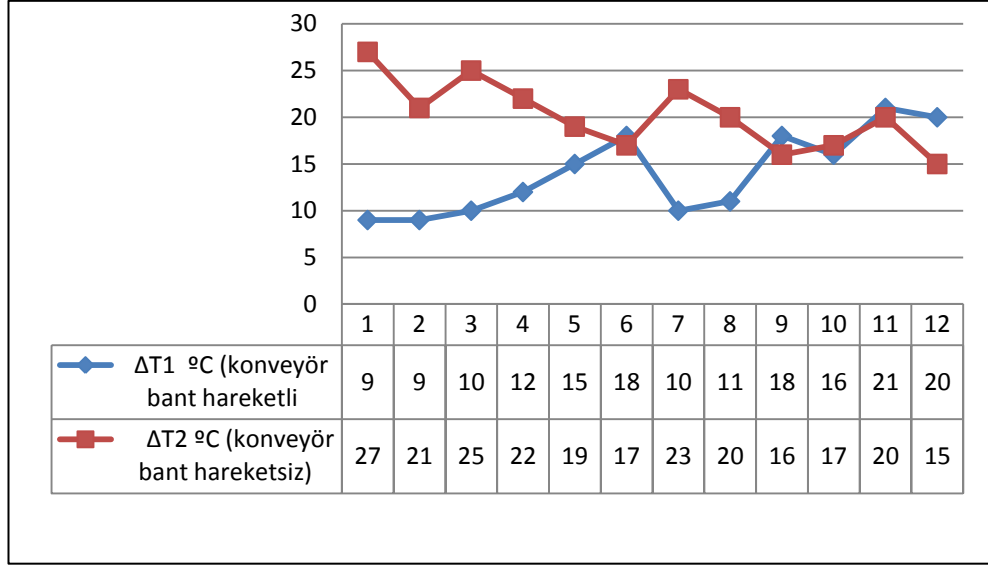
Isıl absorpsiyon; tünel kapalı ve konveyör bant hareketsiz durumda iken 151.951 kJ olarak gerçekleşmesine rağmen, tünel folyo şeritle kapatılmış ve konveyör bant hareketli iken 105.988 kJ olmuştur.



Şekil 3.20. Sıcaklık dağılımı ısıl absorpsiyon tespiti numunelerinin yerleşimi

Çizelge 3.4. Hareketsiz konveyör bantta sıcaklık dağılımı ve ısıl absorpsiyon

Güç seviyesi 2800 W, konveyör bant hareketsiz ve mikrodalga uygulama süresi t = 120 s						
		Sıcaklık °C				
	Kütle (g)	İlk Sıcaklık	Son Sıcaklık	ΔT_2	Absorp Enerji (J)	Watt (J/120s)
m_1	150	23	50	27	16953.30	141.2775
m_2	150	23	44	21	13185.90	109.8825
m_3	150	22	47	25	15697.50	130.8125
m_4	150	23	45	22	13813.80	115.115
m_5	150	23	42	19	11930.10	99.4175
m_6	150	23	40	17	10674.30	88.9525
m_7	150	23	46	23	14441.70	120.3475
m_8	150	23	43	20	12558.00	104.65
m_9	150	22	38	16	10046.40	83.72
m_{10}	150	23	40	17	10674.30	88.9525
m_{11}	150	21	41	20	12558.00	104.65
m_{12}	150	23	38	15	9418.50	78.4875
				TOPLAM:	151951.80	1266.265



Şekil 3.21. Tünel içi konveyör bant yüzeyi numune sıcaklık dağılımı

Şekil 3.21’de görüldüğü gibi, bant hareketli ve tünel kısmen kapalı durumda iken örnek su kütlelerinde meydana gelen sıcaklık değişimi (ΔT_1); minimum 9 °C ve maximum 20 °C olarak gerçekleşmiştir.

Ancak, tünel kapalı ve bant hareketsiz durumda iken örnek (1’den 12’ye kadar numaralandırılmış) su kütlelerinde meydana gelen meydana gelen sıcaklık değişimi (ΔT_2); minimum 15 °C ve maximum 27 °C’dir.

3.2.2. Mikrodalga Enerji Yoğunluğunun Kaynak-Hedef Uzaklığına Göre Değişimi

Ayrıca, çalışmada mikrodalga enerji yoğunluğunun kaynak ile deneysel örnekler arasındaki mesafeye göre nasıl değiştiğinin tespiti amacıyla 12 (4 sıra x 3 şerit) adet 150 g su ile doldurulmuş kap kullanılarak mikrodalga üretici A güç seviyesinde (1, 2, 3 ve 4 nolu magnetronlar aktif) 2800 watt mikrodalga çıkış gücünde 60 saniye süre ile konveyör bant hareketsiz durumda kaynak ile deneysel örnekler arasındaki uzaklık 32 cm, 25 cm ve 20 cm iken kaplarda bulunan suda meydana gelen sıcaklık farkı ölçülmüştür (Çizelge 3.5, Çizelge 3.6, Çizelge 3.7).

Deneysel örneklerin absorbe ettiği toplam enerji miktarı karşılaştırılmış ve kaynağa daha yakın bölgelerde yüksek sıcaklık değerlerinin görülmesi mikrodalga enerji yoğunluğunun daha yüksek olmasından kaynaklandığı tahmin edilmiştir.

Mikrodalga enerji güç düzeyi 2800 W uygulama süresi 60 saniye ve konveyör bant hareketsiz durumda iken kaynak ile deneysel örnekler arasındaki;

uzaklık 32 cm iken max. absorbe: 301.032 kJ, min absorbe : 5.644 kJ

uzaklık 25 cm iken max. absorbe: 316.083 kJ, min absorbe : 6.898 kJ

uzaklık 20 cm iken max. absorbe: 346.186 kJ, min absorbe : 8.152 kJ

olarak ısı absorpsiyon gerçekleşmiştir. 32 cm uzaklıktaki deneysel örneklerle 25 cm uzaktakiler arasında yaklaşık %5 artış meydana gelirken, 25 cm uzaklıktaki deneysel örneklerle 20 cm uzaktakiler arasında yaklaşık % 9.52, 32 cm uzaklıktaki deneysel örneklerle 20 cm uzaktakiler arasında da yaklaşık %15 oranında bir artış meydana gelmiştir.

Çizelge 3.5. Kaynaktan 32 cm uzaklıkta sıcaklık dağılımı ve ısı absorpsiyon

Güç; 2800 W, konveyör bant hareketli ve mikrodalga uygulama süresi t= 60 s						
		Sıcaklık°C			X=32 cm	
	Kütle (g)	İlk Sıcaklık	Son Sıcaklık	ΔT	Absorp Edilen Enerji (J)	Watt(J/60s)
m1	150	33	42	9	5644.35	94.0725
m2	150	33	43	10	6271.50	104.525
m3	150	32	44	12	7525.80	125.43
m4	150	33	46	13	8152.95	135.8825
m5	150	33	50	17	10661.55	177.6925
m6	150	32	48	16	10034.40	167.24
m7	150	32	50	18	11288.70	188.145
m8	150	32	46	14	8780.10	146.335
m9	150	33	44	11	6898.65	114.9775
m10	150	33	45	12	75258.00	1254.3
m11	150	33	46	13	150516.00	2508.6
m12	150	33	43	10	301032.00	5017.2
				TOPLAM:	602064.00	10034.4

Çizelge 3.6. Kaynatan 25 cm uzaklıkta sıcaklık dağılımı ve ısı absorpsiyon

Güç; 2800 W, konveyör bant hareketli ve mikrodalga uygulama süresi t= 60 s						
		Sıcaklık°C			X=25 cm	
	Kütle (g)	İlk Sıcaklık	Son Sıcaklık	ΔT	Absorp Edilen Enerji (J)	Watt(J/60s)
m1	150	33	44	11	6898.65	114.9775
m2	150	33	45	12	7525.80	125.43
m3	150	32	48	16	10034.40	167.24
m4	150	33	44	11	6898.65	114.9775
m5	150	33	50	17	10661.55	177.6925
m6	150	33	45	12	7525.80	125.43
m7	150	33	48	15	9407.25	156.7875
m8	150	33	47	14	8780.10	146.335
m9	150	32	50	18	11288.70	188.145
m10	150	32	51	19	79020.90	1317.015
m11	150	31	44	13	158041.80	2634.03
m12	150	33	46	13	316083.60	5268.06
				TOPLAM:	632167.20	10536.12

Çizelge 3.7. Kaynaktan 20 cm uzaklıkta sıcaklık dağılımı ve ısı absorpsiyon

Güç; 2800 W, konveyör bant hareketli ve mikrodalga uygulama süresi t= 60 s						
		Sıcaklık°C			X=20 cm	
	Kütle (g)	İlk Sıcaklık	Son Sıcaklık	ΔT	Absorp Edilen Enerji (J)	Watt(J/60s)
m1	150	32	45	13	8152.95	135.8825
m2	150	32	48	16	10034.40	167.24
m3	150	32	48	16	10034.40	167.24
m4	150	33	49	16	10034.40	167.24
m5	150	33	50	17	10661.55	177.6925
m6	150	33	45	12	7525.80	125.43
m7	150	33	48	15	9407.25	156.7875
m8	150	32	47	15	9407.25	156.7875
m9	150	32	50	18	11288.70	188.145
m10	150	32	51	19	86546.70	1442.445
m11	150	33	44	11	173093.40	2884.89
m12	150	33	46	13	346186.80	5769.78
				TOPLAM:	692373.60	11539.56

4. BULGULAR VE TARTISMA

4.1. Çimlendirilen 7 Günlük Yabani Yulaf Bitkilerine MD Uygulaması

Mevsiminde tarımsal alanlardan toplanan yabani yulaf tohumları deneylerde kullanılmak üzere uygun ortamda muhafaza edilmiştir. Yabani yulaf tohumları, iri ve kolayca sayılabilir olması nedeniyle saksılara ekilmiş ve çimlenme yüzdeleri de kolayca tespit edilmiştir. Çimlenme başlangıcından 7 gün sonra yabani yulaf bitkilerinin boylarının 15 ± 3 cm civarında olduğu tespit edilmiştir. Daha sonra, 1-A güç kademesinde 5 farklı hızda 3'er tekerrür, 1-B güç kademesinde, 5 farklı hızda 3'er tekerrür, 1-C güç kademesinde 5 farklı hızda 3'er tekerrür olmak üzere, toplam 45 adet minyatür saksıda ve toplam 135 adet yabani yulaf bitkisi mikrodalga enerji etkisinde bırakılmıştır. Bitkilerin mikrodalga uygulama öncesi saksı toprağı sıcaklık değerleri ile bitkiler mikrodalga enerji uygulandıktan hemen sonraki saksı toprağı sıcaklık değerleri, konveyör bant hız değerleri ve hız sürücüsü frekans değerleri Çizelge 4.1'de verilmiştir. Mikrodalga uygulanmamış 15 adet saksı ise iklimlendirme dolabı şartlarında (23 ± 3 °C sıcaklık ve % 60 ± 10 nem) karşılaştırma amacıyla muhafaza edilmiştir. Yabani yulaf bitkisinin mikrodalgaya maruz kalmadan önce ve mikrodalga uygulandıktan hemen sonraki durumu gözlenmiş ve görüntülenmiştir (Şekil 4.1, Şekil 4.2, Şekil 4.3, Şekil 4.4, Şekil 4.5). Mikrodalga uygulandıktan sonra, bitkiler iklimlendirme dolabında çimlenme şartlarında muhafaza edilmek suretiyle gelişimleri günlük olarak kayıt altına alınmıştır.

Çizelge 4.1. Deney Y-7-A.,B,C veri çizelgesi

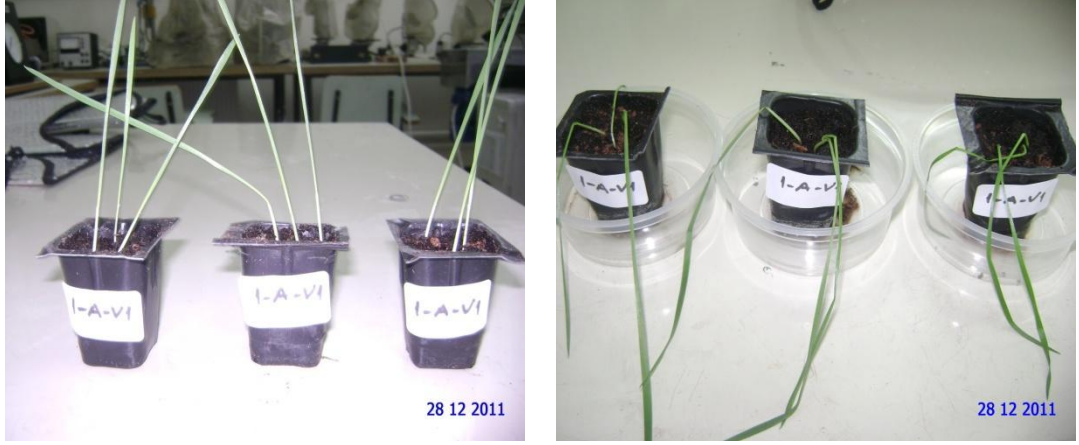
YABANİ YULAF TOHURLARI			
1 Haftalık	A-Yüksek Güç	B-Orta Güç	C-Düşük Güç
f:0.05	Y-7-A-v1	Y-7-B-v1	Y-7-C-v1
v1:0.010 m/s	MMÖ-Toprak Sıcak.: 22 °C	MMÖ-Toprak Sıcak.: 20 °C	MMÖ-Toprak Sıcak.: 18 °C
t:126 s	MMS-Toprak Sıcak.: 86-89°C	MMS-Toprak Sıcak.: 80-85°C	MMS-Toprak Sıcak.: 57-61°C
f:0.15	Y-7-A-v2	Y-7-B-v2	Y-7-C-v2
v2:0.026 m/s	MMÖ-Toprak Sıcak.: 21 °C	MMÖ-Toprak Sıcak.: 21 °C	MMÖ-Toprak Sıcak.: 17 °C
t:49 s	MMS-Toprak Sıcak.: 56-60°C	MMS-Toprak Sıcak.: 58-65°C	MMS-Toprak Sıcak.: 40-48°C
f:0.30	Y-7-A-v3	Y-7-B-v3	Y-7-C-v3
v3:0.050 m/s	MMÖ-Toprak Sıcak.: 22 °C	MMÖ-Toprak Sıcak.: 20 °C	MMÖ-Toprak Sıcak.: 18 °C
t:25 s	MMS-Toprak Sıcak.: 36-38°C	MMS-Toprak Sıcak.: 30-36°C	MMS-Toprak Sıcak.: 25-30°C
f:0.55	Y-7-A-v4	Y-7-B-v4	Y-7-C-v4
v4:0.090 m/s	MMÖ-Toprak Sıcak.: 20 °C	MMÖ-Toprak Sıcak.: 18 °C	MMÖ-Toprak Sıcak.: 17 °C
t:14 s	MMS-Toprak Sıcak.: 26-28°C	MMS-Toprak Sıcak.: 20-22°C	MMS-Toprak Sıcak.: 21-23°C
f:0.95	Y-7-A-v5	Y-7-B-v5	Y-7-C-v5
v5:0.15 m/s	MMÖ-Toprak Sıcak.: 22 °C	MMÖ-Toprak Sıcak.: 18 °C	MMÖ-Toprak Sıcak.: 16 °C
t:8.5 s	MMS-Toprak Sıcak.: 25-28°C	MMS-Toprak Sıcak.: 19-21°C	MMS-Toprak Sıcak.: 19-20°C
A GÜÇ SEVİYESİ: 1, 2, 3 ve 4 NOLU MAGNETRONLAR ON (TOPLAM ÇIKIŞ GÜCÜ 2800 W, 2.45 GHz)			
B GÜÇ SEVİYESİ: 1, 3 ve 4 NOLU MAGNETRONLAR ON, 2 OFF(TOPLAM ÇIKIŞ GÜCÜ 2100 W, 2.45 GHz)			
C GÜÇ SEVİYESİ: 1 ve 3 NOLU MAGNETRON ON, 2 ve 4 OFF(TOPLAM ÇIKIŞ GÜCÜ 1400 W, 2.45 GHz)			
MMÖ: Mikrodalgaya Maruz Kalmadan Önce			
MMS: Mikrodalgaya Maruz Kaldıktan Sonra			
f: frekans (Hz) ,v: hız (m/sn), t: süre (sn)			

Çizelge 4.2.'de 7 günlük çimlendirilmiş yabancı yulaf bitkisinde mikrodalga uygulaması sırasında elde edilen değerler verilmiştir. Burada en yüksek etkinlik Y-7-A-V1, Y-7-A-V2, Y-7-B-V1 de elde edilmiştir. Bu uygulamalarda bitkilerin %100'ü canlılığını yitirmiştir. Y-7-B-V2, Y-7-C-V1 uygulamalarında ise bitkilerin % 67'si, Y-7-A-V3, Y-7-C-V2 uygulamalarında %35'i canlılığını yitirmiştir.

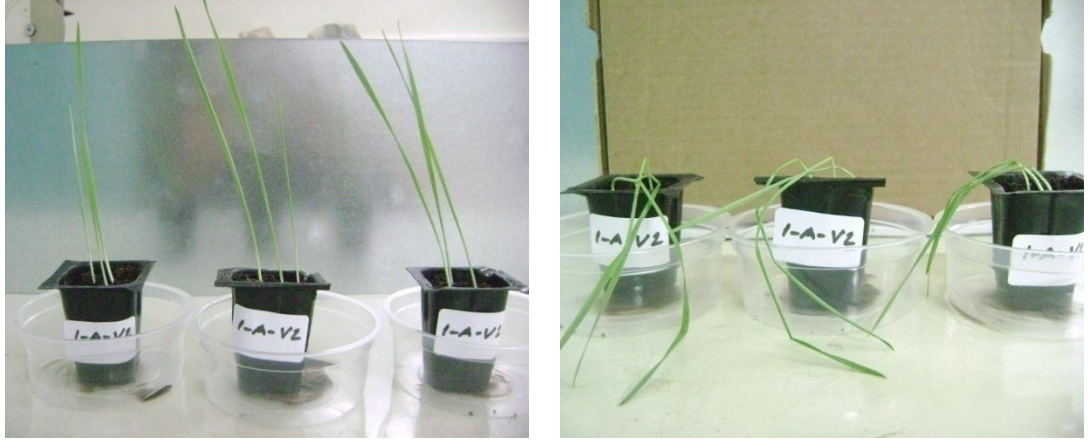
Diğer uygulamalarda bitkiler canlı kalmıştır. Ancak, yapılan gözlemler sonucu bu bitkilerin de belirli bir süre sonra kontrol parsellerine göre yeterli bir gelişme gösterememiş oldukları saptanmıştır.

Çizelge 4.2. Deney Y-7-A, B, C değerlendirme çizelgesi

Örnekler	Süre (sn)	Güç (Watt)-Frekans(Hz)	ÇTS	ΔT (°C)	CKT	CKT %
Y-7-A-V1	126	2800-2.45 GHz	3	65.5	3	100
Y-7-A-V2	49	2800-2.45 GHz	3	37	3	100
Y-7-A-V3	25	2800-2.45 GHz	3	15	1	33.33
Y-7-A-V4	14	2800-2.45 GHz	3	7	0	0
Y-7-A-V5	8.5	2800-2.45 GHz	3	4.5	0	0
Y-7-B-V1	126	2100-2.45 GHz	3	62.5	3	100
Y-7-B-V2	49	2100-2.45 GHz	3	40.5	2	66.67
Y-7-B-V3	25	2100-2.45 GHz	3	13	0	0
Y-7-B-V4	14	2100-2.45 GHz	3	3	0	0
Y-7-B-V5	8.5	2100-2.45 GHz	3	2	0	0
Y-7-C-V1	126	1400-2.45 GHz	3	41	2	66.67
Y-7-C-V2	49	1400-2.45 GHz	3	27	1	33.33
Y-7-C-V3	25	1400-2.45 GHz	3	9.5	0	0
Y-7-C-V4	14	1400-2.45 GHz	3	5	0	0
Y-7-C-V5	8.5	1400-2.45 GHz	3	3.5	0	0
Süre: Bitkilerin mikrodalga enerjiye maruz kalma süreleri						
Güç: Mikrodalga tüneli toplam çıkış gücü						
ÇTS: Çimlenmiş tohum sayısı (Adet)						
ΔT: İlk sıcaklık ve son sıcaklık farkı (°C)						
CKT: Canlılığını kaybeden tohum sayısı (Adet)						
CKT %: Canlılığını kaybeden tohum (%)						



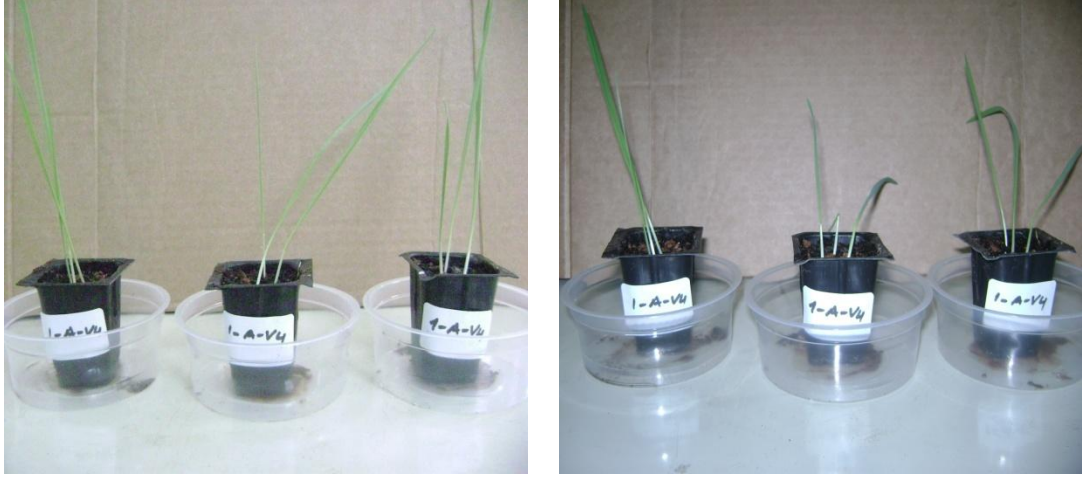
Şekil 4.1. Y-7-A-V1 Mikrodalga uygulanmadan önce-uygulandıktan hemen sonra



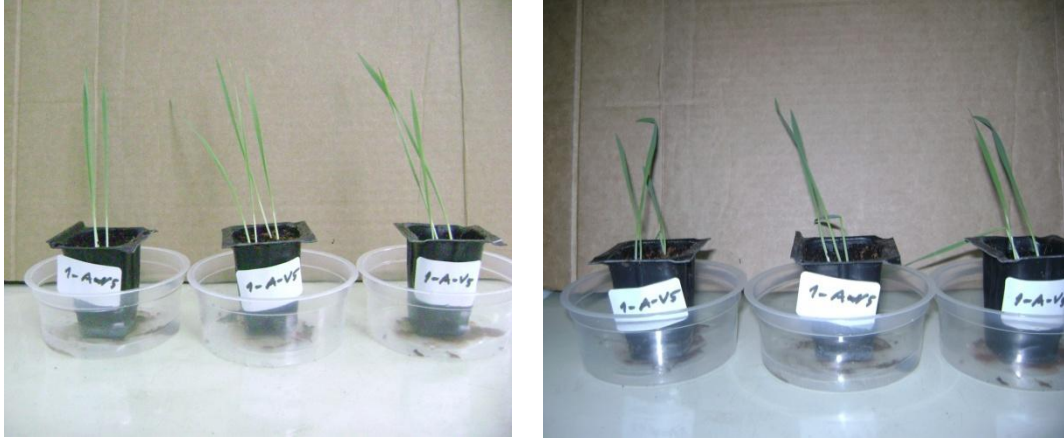
Şekil 4.2. Y-7-A-V2 Mikrodalga uygulanmadan önce-uygulandıktan hemen sonra



Şekil 4.3. Y-7-A-V3 Mikrodalga uygulanmadan önce-uygulandıktan hemen sonra



Şekil 4.4. Y-7-A-V4 Mikrodalga uygulanmadan önce-uygulandıktan hemen sonra



Şekil 4.5. Y-7-A-V5 Mikrodalga uygulanmadan önce-uygulandıktan hemen sonra

Yabani yulaf bitkisinin mikrodalga uygulandıktan 6 gün sonraki durumu ve mikrodalga uygulanmamış örneklerin durumu Şekil 4.6'da verilmiştir.



Şekil 4.6. Mikrodalga uygulanan yabani yulaf bitkilerinin 6. gün sonundaki durumu

1-A-V1 ve 1-A-V2 hızlarında, 126 s ve 49 s süreyle mikrodalgaya maruz kalan bitkilerin tamamı canlılığını kaybetmiştir. V3 hızında 25 s süreyle mikrodalga enerji uygulanan yabancı yulaf bitkisinin yapraklarında kısmen görülmüş ancak bitki gövdesi fiziksel görünümünü muhafaza etmiştir. V4 ve V5 hızlarında 14 s ve 8.5 s süreyle mikrodalga enerji uygulanan yabancı yulaf bitkisinin canlılığını koruduğu gözlenmiştir (Şekil 4.7).



Şekil 4.7. Yabancı yulafın A ve B güç düzeyinde V1 hızındaki uygulamadan 6 gün sonraki durumu

1-B-V1 hızında 126 s süreyle mikrodalgaya maruz kalan bitkilerin tamamı canlılığını kaybetmiştir. 1-B-V2 hızında 49 s süreyle mikrodalga uygulanan bitkilerin ise % 66.67'si canlılığını kaybetmiştir.

1-B-V3, 1-B-V4 ve 1-B-V5 hızlarında 25 s, 14 s ve 8.5 s süreyle mikrodalga enerjiye maruz kalan bitkilerin tamamı canlılığını korumuştur. Ancak, daha sonraki, dönem gözlemlerinde mikrodalgadan etkilenme nedeni ile kontrol bitkilerine oranla daha zayıf kalmıştır. Y-7-A, Y-7-B ve Y-7-C için sıcaklık farkı-CKT% değişimi Şekil 4.12, 4.13, ve 4.14'te görülmektedir.

1-C-V1 hızında 126 s süreyle mikrodalgaya maruz kalan bitkilerin % 66.67'si canlılığını kaybetmiştir (Şekil 4.8).



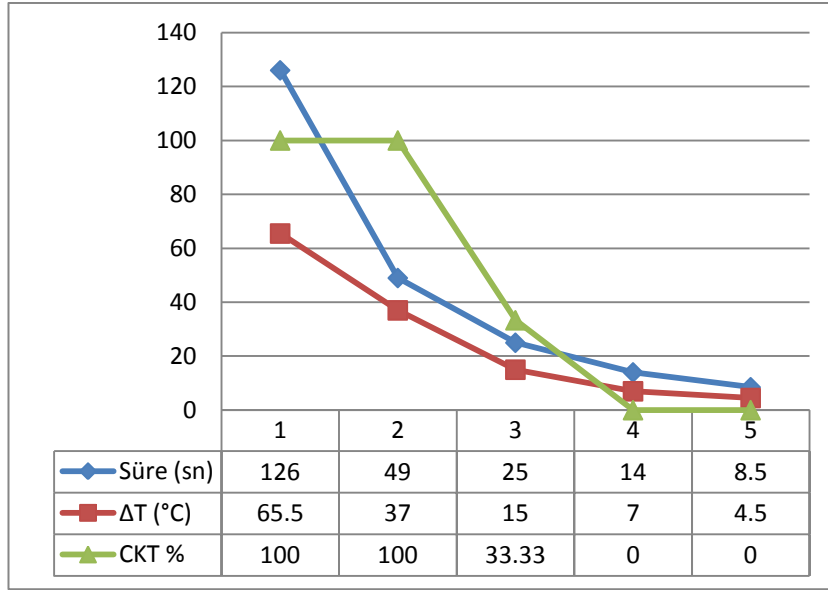
Şekil 4.8. Yabani yulafın C güç düzeyinde V1 hızındaki uygulamadan 6 gün sonraki durumu

1-C-V2 hızında 49 s süreyle mikrodalgaya maruz kalan bitkilerin % 66.67'si canlılığını korumuştur. 1-C-V3, 1-C-V4 ve 1-C-V5 hızlarında 25 s, 14 s ve 8.5 s süreyle mikrodalga enerjiye maruz kalan bitkilerin tamamı canlılığını korumuştur (Şekil 4.9).



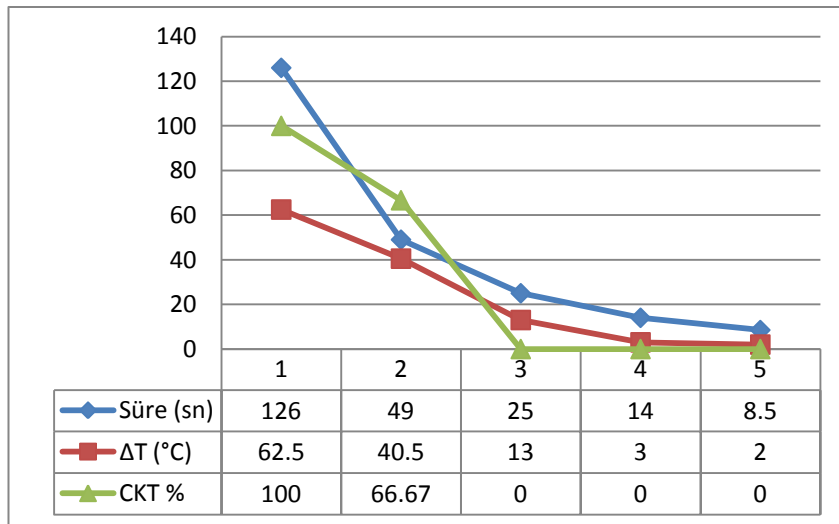
Şekil 4.9. Yabani yulafın C güç düzeyinde V3, V4, V5 hızlarında uygulamadan 5 gün sonraki durumu

Şekil 4.10'da sıcaklık farkının 15°C den az olduğu uygulamalarda bitkilerin canlılığını koruduğu görülmektedir.

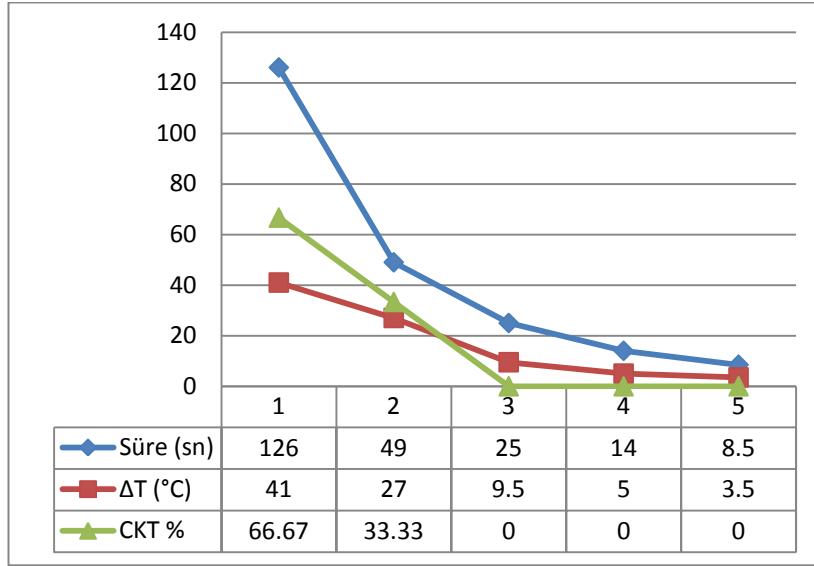


Şekil 4.10. Y-7-A-V1, Y-7-A-V2, Y-7-A-V3, Y-7-A-V4, Y-7-A-V5 sıcaklık farkı-CKT% değişimi

Şekil 4.11 ve 4.12’de, 126 s ve 49 s sürelerle mikrodalga uygulanan bitkilerin % 27 ile % 100 arasında değişen oranlarda canlılığını yitirdiği görülmektedir.



Şekil 4.11. Y-7-B-V1, Y-7-B-V2, Y-7-B-V3, Y-7-B-V4, Y-7-B-V5 sıcaklık farkı-CKT% değişimi



Şekil 4.12. Y-7-C-V1, Y-7-C-V2, Y-7-C-V3, Y-7-C-V4, Y-7-C-V5 sıcaklık farkı-CKT% değişimi

4.2. Çimlendirilen 5 Günlük Yabani Yulaf Bitkilerine MD Uygulaması

Daha önce yapılan 7 günlük uygulamadan farklı olarak 7 günlük çimlenmiş bitkiler yerine 5 gün çimlenmiş bitkiler kullanılmış ve 126 s, 49 s, 25 s, 14 s ve 8.5 s süreler yerine 126 s, 69 s, 37 s, 21 s ve 10 s lik süreler tercih edilmiştir. Çimlenme başlangıcından 5 gün sonra yabancı yulaf bitkilerinin boylarının 12 ± 4 cm civarında olduğu tespit edilmiştir (Şekil 4.13).

Daha sonra 1-A güç kademesinde 5 farklı hızda 3'er tekerrür, 1-B güç kademesinde 5 farklı hızda 3'er tekerrür, 1-C güç kademesinde 5 farklı hızda 3'er tekerrür olmak üzere toplam 45 adet minyatür saksıda ve toplam 135 adet yabancı yulaf bitkisi mikrodalga enerji etkisinde bırakılmıştır.

Çizelge 4.3. Deney Y-5-A., Y-5-B ve Y-5-C veri çizelgesi

YABANİ YULAF TOHURLARI			
1 Haftalık	A-Yüksek Güç	B-Orta Güç	C-Düşük Güç
f:0.05	Y-5-A-v1	Y-5-B-v1	Y-5-C-v1
v1:0.010 m/s	MMÖ-Toprak Sıcak.: 18 °C	MMÖ-Toprak Sıcak.: 18 °C	MMÖ-Toprak Sıcak.: 18 °C
t:126 s	MMS-Toprak Sıcak.: 78-80°C	MMS-Toprak Sıcak.: 65-70°C	MMS-Toprak Sıcak.: 36-42°C
f:0.10	Y-5-A-v2	Y-5-B-v2	Y-5-C-v2
v2:0.018 m/s	MMÖ-Toprak Sıcak.: 17 °C	MMÖ-Toprak Sıcak.: 16 °C	MMÖ-Toprak Sıcak.: 16 °C
t:69 s	MMS-Toprak Sıcak.: 60-65°C	MMS-Toprak Sıcak.: 40-45°C	MMS-Toprak Sıcak.: 28-31°C
f:0.20	Y-5-A-v3	Y-5-B-v3	Y-5-C-v3
v3:0.033 m/s	MMÖ-Toprak Sıcak.: 16 °C	MMÖ-Toprak Sıcak.: 16 °C	MMÖ-Toprak Sıcak.: 14 °C
t:37 s	MMS-Toprak Sıcak.: 35-40°C	MMS-Toprak Sıcak.: 28-30°C	MMS-Toprak Sıcak.: 23-25°C
f:0.35	Y-5-A-v4	Y-5-B-v4	Y-5-C-v4
v4:0.059 m/s	MMÖ-Toprak Sıcak.: 15 °C	MMÖ-Toprak Sıcak.: 14 °C	MMÖ-Toprak Sıcak.: 16 °C
t:21 s	MMS-Toprak Sıcak.: 30-35°C	MMS-Toprak Sıcak.: 21-24°C	MMS-Toprak Sıcak.: 20-21°C
f:0.75	Y-5-A-v5	Y-5-B-v5	Y-5-C-v5
v5:0.125 m/s	MMÖ-Toprak Sıcak.: 16 °C	MMÖ-Toprak Sıcak.: 14 °C	MMÖ-Toprak Sıcak.: 15°C
t:10 s	MMS-Toprak Sıcak.: 20-22°C	MMS-Toprak Sıcak.: 19-22°C	MMS-Toprak Sıcak.: 19-20°C
A GÜÇ SEVİYESİ: 1, 2, 3 ve 4 NOLU MAGNETRONLAR ON (TOPLAM ÇIKIŞ GÜCÜ 2800 W, 2.45 GHz)			
B GÜÇ SEVİYESİ: 1, 3 ve 4 NOLU MAGNETRONLAR ON, 2 OFF(TOPLAM ÇIKIŞ GÜCÜ 2100 W, 2.45 GHz)			
C GÜÇ SEVİYESİ: 1 ve 3 NOLU MAGNETRON ON, 2 ve 4 OFF(TOPLAM ÇIKIŞ GÜCÜ 1400 W, 2.45 GHz)			
MMÖ: Mikrodalgaya Maruz Kalmadan Önce			
MMS: Mikrodalgaya Maruz Kaldıktan Sonra			
f: frekans (Hz), v: hız (m/sn), t: süre (sn)			

Bitkilerin mikrodalga uygulama öncesi saksı toprağı sıcaklık değerleri ile bitkiler mikrodalga enerjiye maruz bırakıldıktan hemen sonraki saksı toprağı sıcaklık değerleri, konveyör bant hız değerleri ve hız sürücüsü frekans değerleri Çizelge 4.3'te verilmiştir. Mikrodalga uygulanmamış 15 adet saksı ise inkübatör şartlarında (23 ± 3 °C sıcaklık ve % 60 ± 10 nem) karşılaştırma amacıyla muhafaza edilmiştir.

Toplam ekilen tohum sayısı $60\times 3=180$, çimlenen tohum sayısı 165 olarak gerçekleşmiştir. Yabani yulaf bitkisinin mikrodalga uygulanmadan önce ve mikrodalga uygulandıktan hemen sonraki durumu gözlenmiş ve görüntülenmiştir. Mikrodalga uygulandıktan sonra, bitkiler iklimlendirme dolabında çimlenme şartlarında muhafaza edilmek suretiyle gelişimleri günlük olarak kayıt altına alınmıştır.



Şekil 4.13. 5 Günlük yabani yulaf tohumlarının çimlenme ve gelişim düzeyleri

Beş günlük çimlenmiş yulaf bitkilerinde A, B, C güç seviyelerinde mikrodalga etkisinde bırakılması sonucu bitkilerin görsel olarak uygulama öncesi ve sonrası durumu (Şekil 14.4 ile Şekil 14.28'e kadar) verilmiştir.



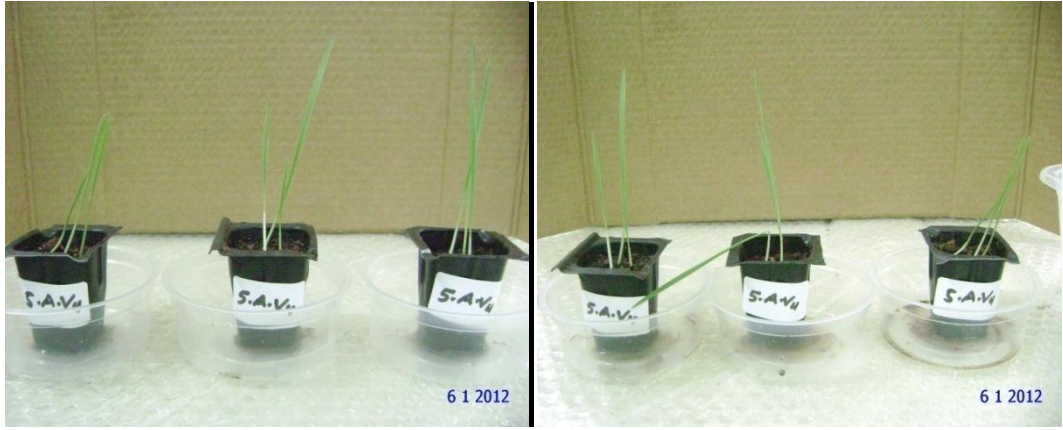
Şekil 4.14. Y-5-A-V1 Mikrodalga uygulanmadan önce-uygulandıktan hemen sonra



Şekil 4.15. Y-5-A-V2 Mikrodalga uygulanmadan önce-uygulandıktan hemen sonra



Şekil 4.16. Y-5-A-V3 Mikrodalga uygulanmadan önce-uygulandıktan hemen sonra



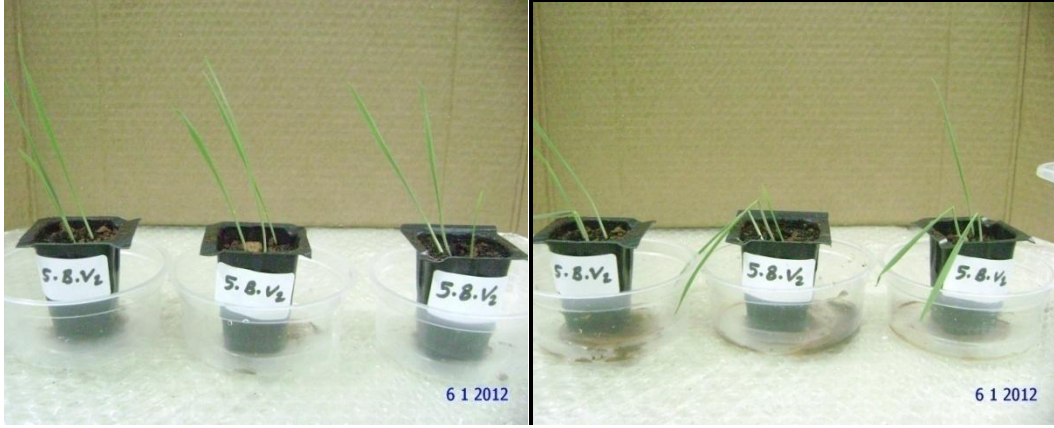
Şekil 4.17. Y-5-A-V4 Mikrodalga uygulanmadan önce-uygulandıktan hemen sonra



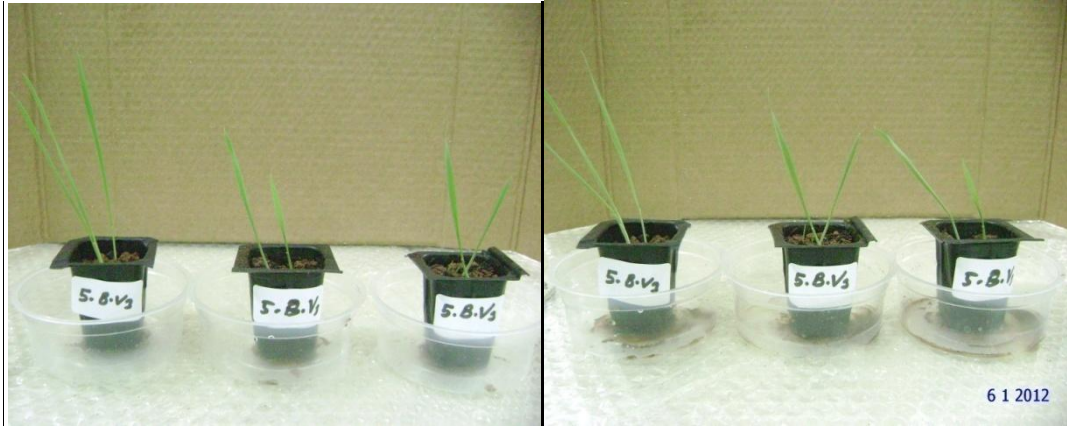
Şekil 4.18. Y-5-A-V5 Mikrodalga uygulanmadan önce-uygulandıktan hemen sonra



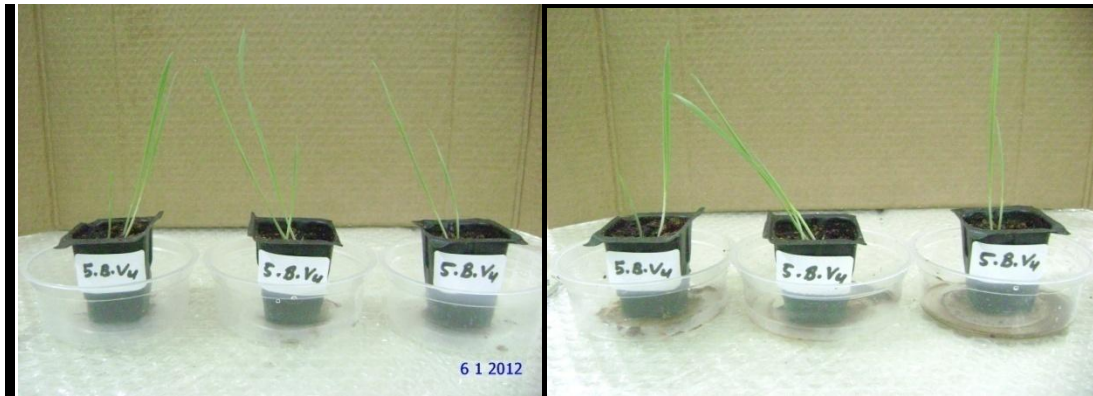
Şekil 4.19. Y-5-B-V1 Mikrodalga uygulanmadan önce-uygulandıktan hemen sonra



Şekil 4.20. Y-5-B-V2 Mikrodalga uygulanmadan önce-uygulandıktan hemen sonra



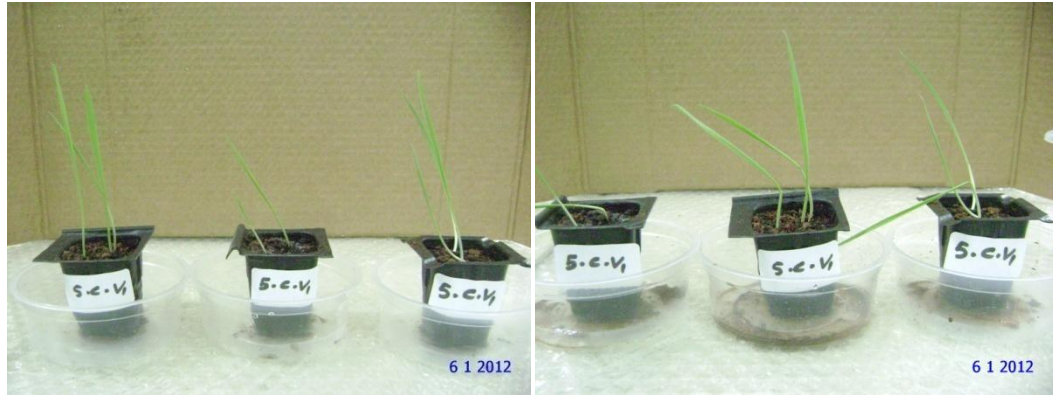
Şekil 4.21. Y-5-B-V3 Mikrodalga uygulanmadan önce-uygulandıktan hemen sonra



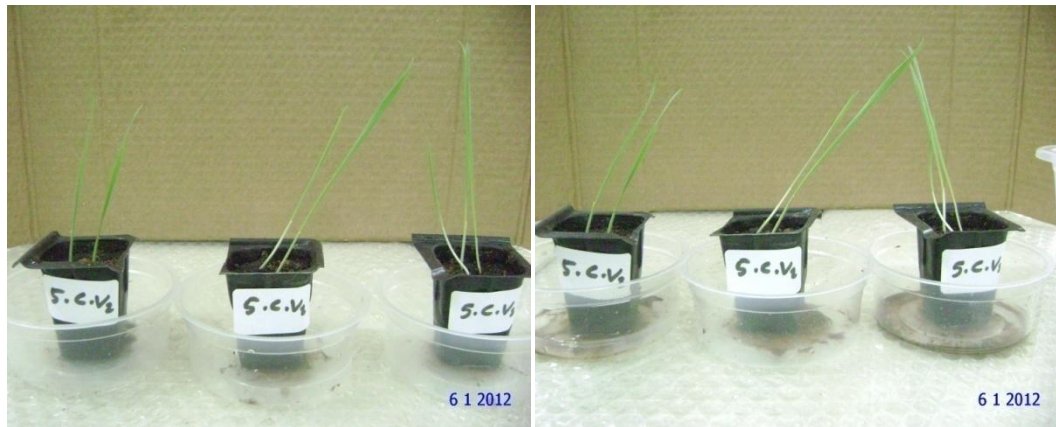
Şekil 4.22. Y-5-B-V4 Mikrodalga uygulanmadan önce-uygulandıktan hemen sonra



Şekil 4.23. Y-5-B-V5 Mikrodalga uygulanmadan önce-uygulandıktan hemen sonra



Şekil 4.24. Y-5-C-V1 Mikrodalga uygulanmadan önce-uygulandıktan hemen sonra



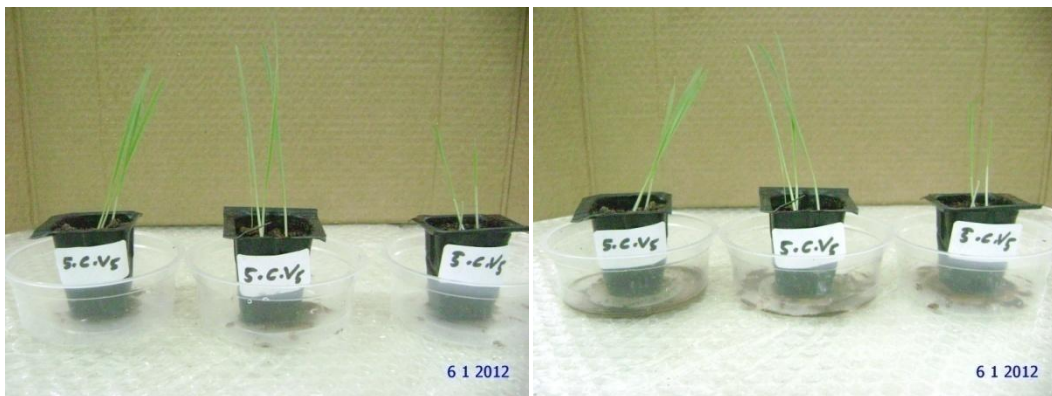
Şekil 4.25. Y-5-C-V2 Mikrodalga uygulanmadan önce-uygulandıktan hemen sonra



Şekil 4.26. Y-5-C-V3 Mikrodalga uygulanmadan önce-uygulandıktan hemen sonra



Şekil 4.27. Y-5-C-V4 Mikrodalga uygulanmadan önce-uygulandıktan hemen sonra



Şekil 4.28. Y-5-C-V5 Mikrodalga uygulanmadan önce-uygulandıktan hemen sonra

5 günlük yabani yulafın A güç kademesinde ve V1 hızında 126 saniye süreyle mikrodalgaya maruz kaldıktan 2 gün sonra bitkilerde % 100 oranında ölüm gerçekleşmiştir (Şekil 4.29).



Şekil 4.29. Y-5-A-V1 Mikrodalga uygulandıktan 2 gün sonra

5 günlük yabani yulafın A güç kademesinde ve V2 hızında 69 saniye süreyle mikrodalgaya maruz kaldıktan 2 gün sonraki durumu görülmektedir (Şekil 4.30).



Şekil 4.30. Y-5-A-V2 Mikrodalga uygulandıktan 2 gün sonra

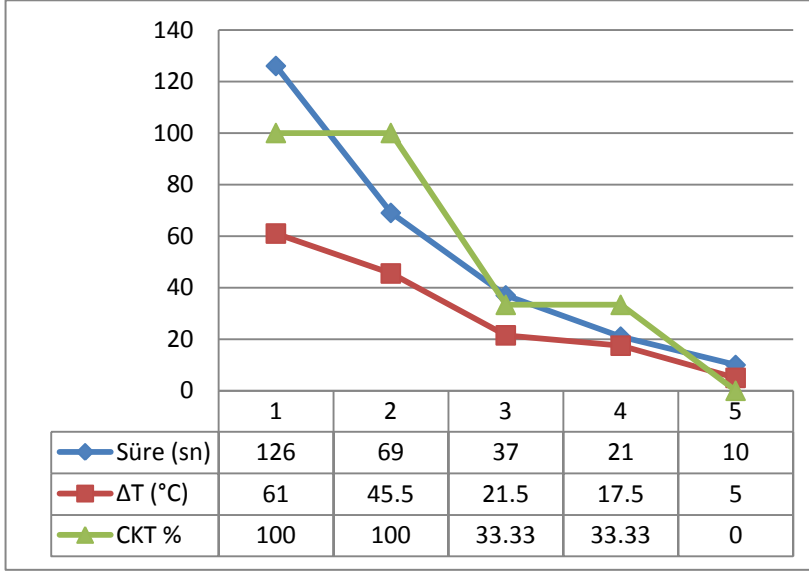
5 günlük yabancı yulaf bitkileri, mikrodalga uygulandıktan sonra iklimlendirme dolabında aynı sıcaklık, nem ve ışık şiddeti değerlerinde muhafaza edilmiştir. Mikrodalgaya maruz kalan örneklerden Y-5-A-V1 ve Y-5-A-V2 grubunda bulunan bitkilerin tamamı 2. gün sonunda canlılığını yitirmiştir. 5 günlük yabancı yulaf denemelerinin farklı süre, hız ve sıcaklık değişimlerinde bitkilerin canlılığını kaybetme oranları Çizelge 4.4'te verilmiştir.

Çizelge 4.4. Deney Y-5-A.,B,C değerlendirme çizelgesi

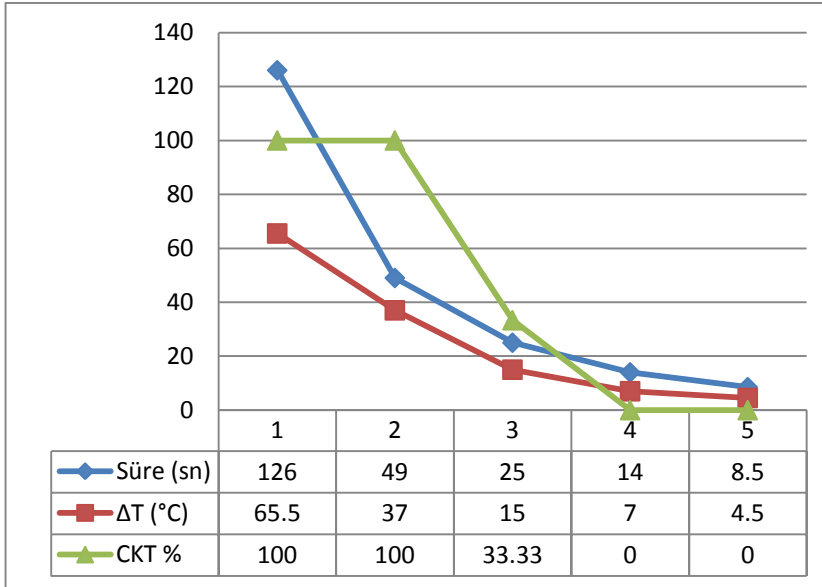
Örnekler	Süre (sn)	Güç (Watt)- Frekans(Hz)	ÇTS	ΔT (°C)	CKT	CKT %
Y-5-A-V1	126	2800-2.45 GHz	3	61	3	100
Y-5-A-V2	69	2800-2.45 GHz	3	45.5	3	100
Y-5-A-V3	37	2800-2.45 GHz	3	21.5	1	33.33
Y-5-A-V4	21	2800-2.45 GHz	3	17.5	1	33.33
Y-5-A-V5	10	2800-2.45 GHz	3	5	0	0
Y-5-B-V1	126	2100-2.45 GHz	3	49.5	3	100
Y-5-B-V2	69	2100-2.45 GHz	3	26.5	1	33.33
Y-5-B-V3	37	2100-2.45 GHz	3	13	0	0
Y-5-B-V4	21	2100-2.45 GHz	3	8.5	0	0
Y-5-B-V5	10	2100-2.45 GHz	3	6.5	0	0
Y-5-C-V1	126	1400-2.45 GHz	3	21	1	33.33
Y-5-C-V2	69	1400-2.45 GHz	3	13.5	0	0
Y-5-C-V3	37	1400-2.45 GHz	3	10	0	0
Y-5-C-V4	21	1400-2.45 GHz	3	4.5	0	0
Y-5-C-V5	10	1400-2.45 GHz	3	3.5	0	0
Süre: Bitkilerin mikrodalga enerjiye maruz kalma süreleri						
Güç: Mikrodalga tüneli toplam çıkış gücü						
ÇTS: Çimlenmiş Tohum Sayısı (Adet)						
ΔT: İlk sıcaklık ve son sıcaklık ortalaması farkı (°C)						
CKT: Canlılığını Kaybeden Tohum Sayısı (Adet)						
CKT %: Canlılığını Kaybeden Tohum Sayısı (%)						

Çizelge 4.4 'te görüldüğü gibi, A güç düzeyinde 126 saniye ve 69 saniye ile B güç düzeyinde 126 saniyelik mikrodalga uygulamalarında bitkilerin tamamı canlılığını kaybetmiştir. A güç düzeyinde 21 saniyeden az, B güç düzeyinde 37 saniyeden az, C güç düzeyinde ise 69 saniyeden az süre ile mikrodalga uygulamasında bitkilerin tamamı canlılığını korumuştur.

Ayrıca, Şekil 4.31’de A güç düzeyinde 126, 69, 37 ve 21 saniye süre ile mikrodalga uygulamasında bitkilerde ölümlerin gerçekleştiği ancak 10 saniye süre ile mikrodalga uygulamasında bitkilerin tamamının canlılığını koruduğu görülmektedir.



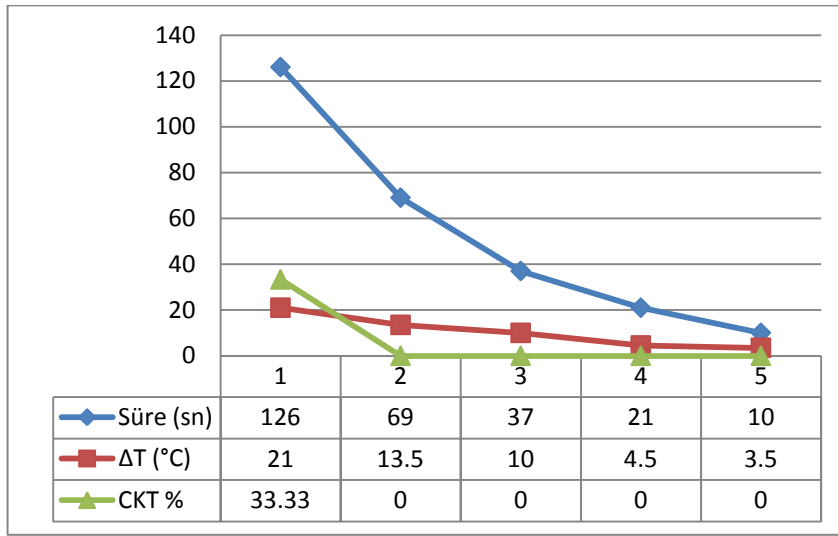
Şekil 4.31. Y-5-A-V1, Y-5-A-V2, Y-5-A-V3, Y-5-A-V4, Y-5-A-V5 sıcaklık farkı-CKT% değişimi



Şekil 4.32. Y-5-B-V1, Y-5-B-V2, Y-5-B-V3, Y-5-B-V4, Y-5-B-V5 sıcaklık farkı-CKT% değişimi

Şekil 4.32’de B güç düzeyinde sadece 126 ve 69 saniye süre ile mikrodalga uygulamasında bitkilerde ölümlerin gerçekleştiği ancak 37, 21 ve 10 saniye süre ile mikrodalga uygulamasında bitkilerin tamamının canlılığını koruduğu görülmektedir.

Şekil 4.33’te ise, C güç düzeyinde sadece 126 saniye süre ile mikrodalga uygulamasında bitkilerde ölümlerin gerçekleştiği ancak 69, 37, 21 ve 10 saniye süre ile mikrodalga uygulamasında bitkilerin tamamının canlılığını koruduğu görülmektedir.



Şekil 4.33. Y-5-C-V1, Y-5-C-V2, Y-5-C-V3, Y-5-C-V4, Y-5-C-V5 sıcaklık farkı-CKT% değişimi

4.3. 7 Günlük Tere Tohumlarına Mikrodalga Uygulanması

4.2’de 7 günlük çimlenmiş yabancı yulaf tohumları dar yapraklı yabancı ot grubundan olduğundan, mikrodalga etkinin geniş yapraklı yabancı otlarda farklı bir etki bırakıp bırakmadığının araştırılması amacıyla 60 adet saksıda geniş yapraklı yabancı ot grubundan olan tere tohumu (her bir saksıya 100±10 adet tohum) ekilmiştir. Tohumlar çimlendikten 1 hafta sonra 126 s, 49 s, 25 s, 14 s ve 8.5 s sürelerle ve 2800 W, 2100 W ve 1400 W güç seviyelerinde test edilmiştir.

Çimlenme başlangıcından 7 gün sonra, tere bitkilerinin boylarının 6 ± 2 cm civarında olduğu tespit edilmiştir (Şekil 4.34).



Şekil 4.34. Tere tohumları çimlenmenin 7. gününde

Bitkilerin mikrodalga uygulama öncesi saksı toprağı sıcaklık değerleri ile bitkiler mikrodalga enerji uygulandıktan hemen sonraki saksı toprağı sıcaklık değerleri, konveyör bant hız değerleri ve hız sürücüsü frekans değerleri Çizelge 4.5'te verilmiştir. Mikrodalga uygulanmamış 15 adet saksı ise inkübatör şartlarında (23 ± 3 °C sıcaklık ve % 60 ± 10 nem) karşılaştırma amacıyla muhafaza edilmiştir. Toplam ekilen tohum sayısı $60\times 100=6000$, çimlenen tohum sayısı yaklaşık 5500 olarak gerçekleşmiştir. Tere bitkisinin mikrodalgaya maruz kalmadan önce ve mikrodalga uygulandıktan sonraki hemen sonraki durumu gözlenmiş ve görüntülenmiştir. Mikrodalga uygulandıktan sonra, bitkiler iklimlendirme dolabında çimlenme şartlarında muhafaza edilmek suretiyle gelişimleri günlük olarak kayıt altına alınmıştır.

Çizelge 4.5. Deney T-7-A.,B,C veri çizelgesi

TERE TOHURLARI			
1 Haftalık	A-Yüksek Güç	B-Orta Güç	C-Düşük Güç
f:0.05	T-7-A-v1	T-7-B-v1	T-7-C-v1
v1:0.010 m/s	MMÖ-Toprak Sıcak.: 12 °C	MMÖ-Toprak Sıcak.: 11 °C	MMÖ-Toprak Sıcak.: 12 °C
t:126 s	MMS-Toprak Sıcak.: 85-90°C	MMS-Toprak Sıcak.: 80-88°C	MMS-Toprak Sıcak.: 50-55°C
f:0.15	T-7-A-v2	T-7-B-v2	T-7-C-v2
v2:0.026 m/s	MMÖ-Toprak Sıcak.: 12 °C	MMÖ-Toprak Sıcak.: 12 °C	MMÖ-Toprak Sıcak.: 12 °C
t:49 s	MMS-Toprak Sıcak.: 60-65°C	MMS-Toprak Sıcak.: 38-40°C	MMS-Toprak Sıcak.: 25-30°C
f:0.30	T-7-A-v3	T-7-B-v3	T-7-C-v3
v3:0.050 m/s	MMÖ-Toprak Sıcak.: 11 °C	MMÖ-Toprak Sıcak.: 12 °C	MMÖ-Toprak Sıcak.: 13 °C
t:25 s	MMS-Toprak Sıcak.: 40-45°C	MMS-Toprak Sıcak.: 25-30°C	MMS-Toprak Sıcak.: 18-20°C
f:0.55	T-7-A-v4	T-7-B-v4	T-7-C-v4
v4:0.090 m/s	MMÖ-Toprak Sıcak.: 11 °C	MMÖ-Toprak Sıcak.: 12 °C	MMÖ-Toprak Sıcak.: 12 °C
t:14 s	MMS-Toprak Sıcak.: 23-25°C	MMS-Toprak Sıcak.: 18-20°C	MMS-Toprak Sıcak.: 13-16°C
f:0.95	T-7-A-v5	T-7-B-v5	T-7-C-v5
v5:0.15 m/s	MMÖ-Toprak Sıcak.: 12 °C	MMÖ-Toprak Sıcak.: 12 °C	MMÖ-Toprak Sıcak.: 11 °C
t:8.5 s	MMS-Toprak Sıcak.: 18-20°C	MMS-Toprak Sıcak.: 13-15°C	MMS-Toprak Sıcak.: 12-13°C
A GÜÇ SEVİYESİ: 1, 2, 3 ve 4 NOLU MAGNETRONLAR ON (TOPLAM ÇIKIŞ GÜCÜ 2800 W, 2.45 GHz)			
B GÜÇ SEVİYESİ: 1, 3 ve 4 NOLU MAGNETRONLAR ON, 2 OFF(TOPLAM ÇIKIŞ GÜCÜ 2100 W, 2.45 GHz)			
C GÜÇ SEVİYESİ: 1 ve 3 NOLU MAGNETRON ON, 2 ve 4 OFF(TOPLAM ÇIKIŞ GÜCÜ 1400 W, 2.45 GHz)			
MMÖ: Mikrodalgaya Maruz Kalmadan Önce			
MMS: Mikrodalgaya Maruz Kaldıktan Sonra			

Daha sonra A, B ve C güç kademesinde 5 farklı hızda 3'er tekerrür, olmak üzere toplam 45 adet saksıda ve yaklaşık 4000 adet çimlenmiş tere bitkisine mikrodalga enerji uygulanmıştır (Şekil 4.35, Şekil 4.36).

A ve B güç seviyelerinde, V1 ve V2 hızlarda (126 ve 49 saniyelik sürelerde) yabancı otların canlılığını kaybetme oranı oldukça yüksek gerçekleşmiştir. Ancak A ve B güç seviyelerinde V3, V4 ve V5 hızlarında (25, 14 ve 8.5 saniyelik sürelerde) çimlenmiş tere tohumlarının tamamına yakını canlılığını korumuştur. 7 günlük tere tohumlarının A, B ve C güç kademelerinde, farklı V1, V2, V3, V4 ve V5 hızlarında mikrodalgaya maruz kaldıktan sonra canlı kalan ve ölen bitkilerin sayısal değerleri Çizelge 4.6'da verilmiştir.

Aşağıda, Şekil 4.35'ten başlayarak Şekil 4.49'a kadar verilen şekillerde sırasıyla; A, B ve C güç düzeylerinde beş farklı hızda mikrodalga enerji uygulanan tere bitkilerinin 5. gün sonundaki durumu görülmektedir.



Şekil 4.35. T-A-V1 Mikrodalga uygulanmadan önce ve uygulandıktan 5 gün sonra



Şekil 4.36. T-A-V2 Mikrodalga uygulanmadan önce ve uygulandıktan 5 gün sonra



Şekil 4.37. T-A-V3 Mikrodalga uygulanmadan önce ve uygulandıktan 5 gün sonra



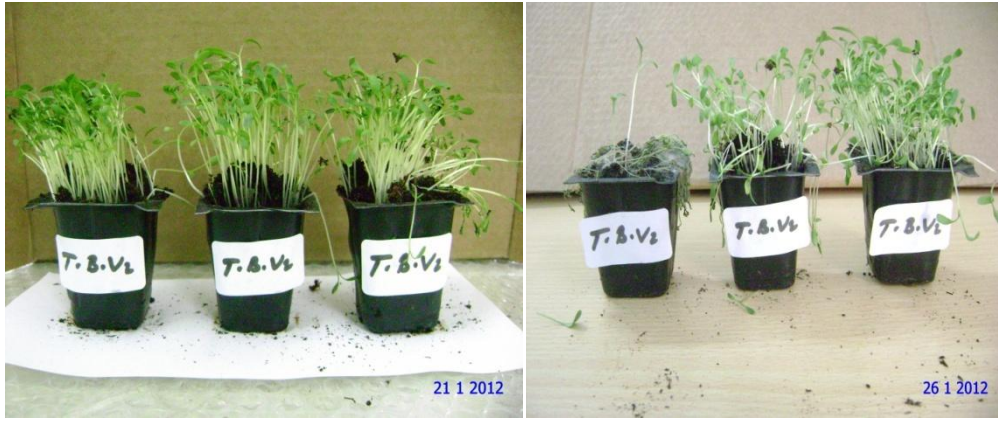
Şekil 4.38. T-A-V4 Mikrodalga uygulanmadan önce ve uygulandıktan 5 gün sonra



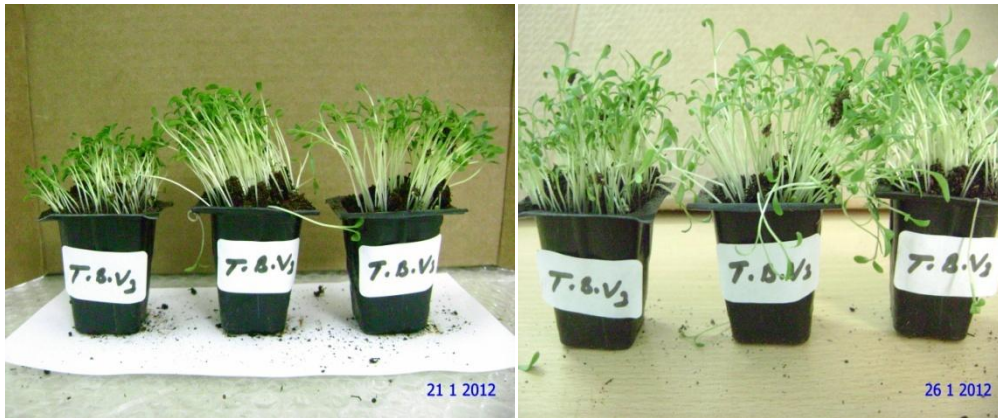
Şekil 4.39. T-A-V5 Mikrodalga uygulanmadan önce ve uygulandıktan 5 gün sonra



Şekil 4.40. T-B-V1 Mikrodalga uygulanmadan önce ve uygulandıktan 5 gün sonra



Şekil 4.41. T-B-V2 Mikrodalga uygulanmadan önce ve uygulandıktan 5 gün sonra



Şekil 4.42. T-B-V3 Mikrodalga uygulanmadan önce ve uygulandıktan 5 gün sonra



Şekil 4.43. T-B-V4 Mikrodalga uygulanmadan önce ve uygulandıktan 5 gün sonra



Şekil 4.44. T-B-V5 Mikrodalga uygulanmadan önce ve uygulandıktan 5 gün sonra



Şekil 4.45. T-C-V1 Mikrodalga uygulanmadan önce ve uygulandıktan 5 gün sonra



Şekil 4.46. T-C-V2 Mikrodalga uygulanmadan önce ve uygulandıktan 5 gün sonra



Şekil 4.47. T-C-V3 Mikrodalga uygulanmadan önce ve uygulandıktan 5 gün sonra



Şekil 4.48. T-C-V4 Mikrodalga uygulanmadan önce ve uygulandıktan 5 gün sonra

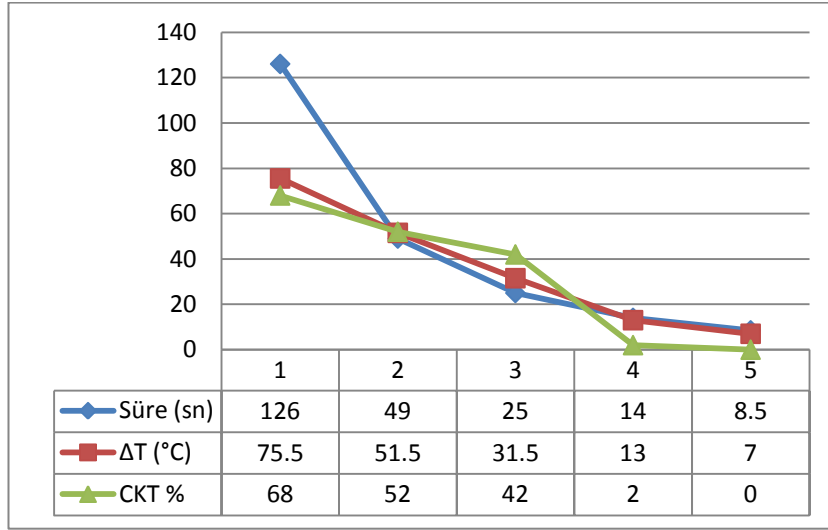


Şekil 4.49. T-C-V5 Mikrodalga uygulanmadan önce ve uygulandıktan 5 gün sonra

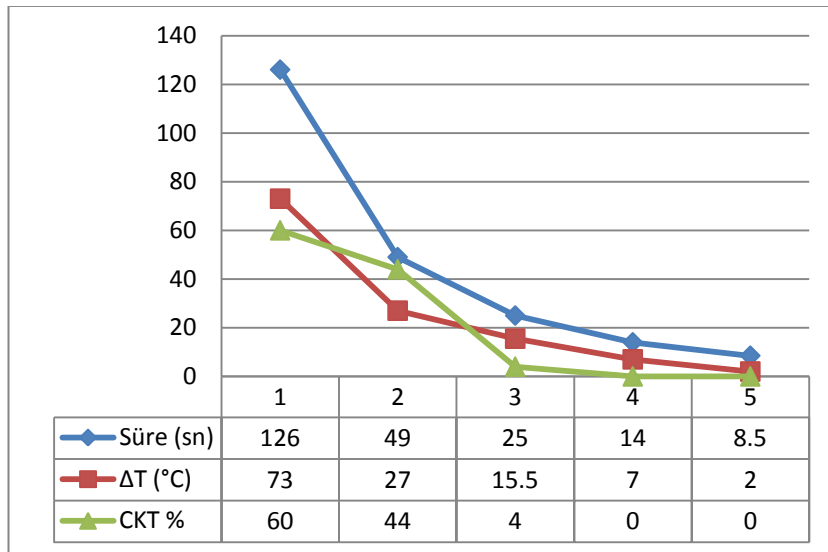
Çizelge 4.6'da T-7-A, B, C değerlendirme çizelgesinde mikrodalga uygulamasından 5 gün sonra canlılığını kaybeden bitki oranları verilmiştir. A güç düzeyinde 126, 49 ve 25 saniye süreli uygulamalarda sırası ile ; % 68, % 52 ve % 42 ölüm oranları gerçekleşirken, B güç düzeyinde 126, 49 ve 25 saniye süreli uygulamalarda; % 60, % 44 ve % 4 ölüm oranları gerçekleşmiştir.

Çizelge 4.6. Deney T-7-A, B, C değerlendirme çizelgesi

Örnekler	Süre (sn)	Güç (Watt)	ÇTS	ΔT (°C)	CKT	CKT %
T-7-A-V1	126	2800-2.45 GHz	250±10	75.50	170	68
T-7-A-V2	49	2800-2.45 GHz	250±10	51.50	130	52
T-7-A-V3	25	2800-2.45 GHz	250±10	31.50	105	42
T-7-A-V4	14	2800-2.45 GHz	250±10	13	5	2
T-7-A-V5	8.5	2800-2.45 GHz	250±10	7	0	0
T-7-B-V1	126	2100-2.45 GHz	250±10	73	150	60
T-7-B-V2	49	2100-2.45 GHz	250±10	27	110	44
T-7-B-V3	25	2100-2.45 GHz	250±10	15.50	10	4
T-7-B-V4	14	2100-2.45 GHz	250±10	7	0	0
T-7-B-V5	8.5	2100-2.45 GHz	250±10	2	0	0
T-7-C-V1	126	1400-2.45 GHz	250±10	40.50	10	4
T-7-C-V2	49	1400-2.45 GHz	250±10	15.50	5	2
T-7-C-V3	25	1400-2.45 GHz	250±10	6	0	0
T-7-C-V4	14	1400-2.45 GHz	250±10	2.50	0	0
T-7-C-V5	8.5	1400-2.45 GHz	250±10	1.50	0	0
Süre: Bitkilerin mikrodalga enerjiye maruz kalma süreleri						
Güç: Mikrodalga tüneli toplam çıkış gücü						
ÇTS: Çimlenmiş tohum sayısı (Adet)						
ΔT: İlk sıcaklık ve son sıcaklık farkı (°C)						
CKT: Canlılığını kaybeden tohum sayısı (Adet)						
CKT %: Canlılığını kaybeden tohum (%)						



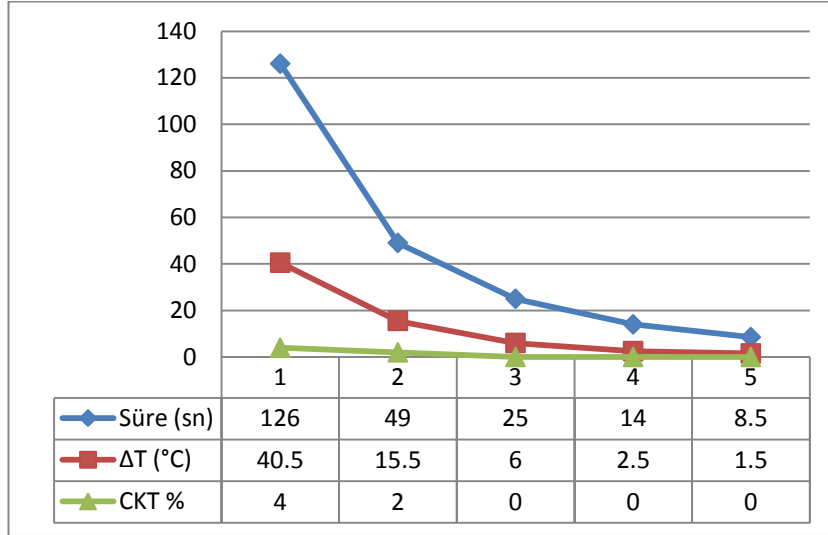
Şekil 4.50. T-7-A-V1, T-7-A-V2, T-7-A-V3, T-7-A-V4, T-7-A-V5 sıcaklık farkı-CKT% değişimi



Şekil 4.51. T-7-B-V1, T-7-B-V2, T-7-B-V3, T-7-B-V4, T-7-B-V5 sıcaklık farkı-CKT% değişimi

Şekil 4.50, Şekil 4.51 ve Şekil 4.52’de ise, T-7-A, T-7-B, ve T-7-C için 5 farklı hızda sıcaklık farkı-CKT% değişimi görülmektedir.

A güç düzeyinde bitki ölümleri yaklaşık 30 °C ile 75 °C arasındaki sıcaklık farkı ile meydana gelirken bu oran B güç düzeyinde 15 °C ile 73 °C ve C güç düzeyinde ise 15 °C ile 40 °C civarındadır.



Şekil 4.52. T-7-C-V1, T-7-C-V2, T-7-C-V3, T-7-C-V4, T-7-C-V5 sıcaklık farkı-CKT% değişimi

4.4. 30 Günlük Çimlenmiş Yabani Hardal Tohumlarına MD Uygulaması

30 günlük çimlenmiş yabani hardal tohumları geniş yapraklı yabancı ot grubunda olduğundan, mikrodalga etkisinin geniş yapraklı yabancı otlarda farklı bir etki bırakıp bırakmadığının araştırılması amacıyla, 60 adet saksıda yabani hardal tohumu (her bir saksıya 100±10 adet tohum) ekilmiştir. Tohumlar çimlendikten 30 gün sonra, 126 s, 49 s, 25 s, 14 s ve 8.5 s sürelerle ve 2800 W, 2100 W ve 1400 W güç seviyelerinde test edilmiştir.

Bitkilerin mikrodalga uygulama öncesi saksı toprağı sıcaklık değerleri ile bitkilere mikrodalga enerji uygulandıktan hemen sonraki saksı toprağı sıcaklık değerleri, konveyör bant hız değerleri ve hız sürücüsü frekans değerleri Çizelge 4.7’de verilmiştir. Mikrodalga uygulanmamış 15 adet saksı ise çimlendirme dolabında (23±3 °C sıcaklık ve % 60±10 nem) karşılaştırma amacıyla muhafaza edilmiştir.

Çizelge 4.7. Deney YH-30-A.,B,C veri çizelgesi

YABANI HARDAL TOHURLARI			
1 Haftalık	A-Yüksek Güç	B-Orta Güç	C-Düşük Güç
f:0.05	YH-30-A-v1	YH-30-B-v1	YH-30-C-v1
v1:0.010 m/s	MMÖ-Toprak Sıcak.: 17 °C	MMÖ-Toprak Sıcak.: 16 °C	MMÖ-Toprak Sıcak.: 17 °C
t:126 s	MMS-Toprak Sıcak.: 90-95°C	MMS-Toprak Sıcak.: 90°C	MMS-Toprak Sıcak.: 45-50°C
f:0.15	YH-30-A-v2	YH-30-B-v2	YH-30-C-v2
v2:0.026 m/s	MMÖ-Toprak Sıcak.: 16 °C	MMÖ-Toprak Sıcak.: 17 °C	MMÖ-Toprak Sıcak.: 17 °C
t:49 s	MMS-Toprak Sıcak.: 73-76°C	MMS-Toprak Sıcak.: 70°C	MMS-Toprak Sıcak.: 36°C
f:0.30	YH-30-A-v3	YH-30-B-v3	YH-30-C-v3
v3:0.050 m/s	MMÖ-Toprak Sıcak.: 17 °C	MMÖ-Toprak Sıcak.: 16 °C	MMÖ-Toprak Sıcak.: 16 °C
t:25 s	MMS-Toprak Sıcak.: 50-55°C	MMS-Toprak Sıcak.: 45°C	MMS-Toprak Sıcak.: 27°C
f:0.55	YH-30-A-v4	YH-30-B-v4	YH-30-C-v4
v4:0.090 m/s	MMÖ-Toprak Sıcak.: 16 °C	MMÖ-Toprak Sıcak.: 16 °C	MMÖ-Toprak Sıcak.: 17 °C
t:14 s	MMS-Toprak Sıcak.: 40-45°C	MMS-Toprak Sıcak.: 35°C	MMS-Toprak Sıcak.: 23°C
f:0.95	YH-30-A-v5	YH-30-B-v5	YH-30-C-v5
v5:0.15 m/s	MMÖ-Toprak Sıcak.: 17 °C	MMÖ-Toprak Sıcak.: 16 °C	MMÖ-Toprak Sıcak.: 17 °C
t:8.5 s	MMS-Toprak Sıcak.: 22-27°C	MMS-Toprak Sıcak.: 20-22°C	MMS-Toprak Sıcak.: 20°C
A GÜÇ SEVİYESİ: 1, 2, 3 ve 4 NOLU MAGNETRONLAR ON (TOPLAM ÇIKIŞ GÜCÜ 2800 W, 2.45 GHz)			
B GÜÇ SEVİYESİ: 1, 3 ve 4 NOLU MAGNETRONLAR ON, 2 OFF(TOPLAM ÇIKIŞ GÜCÜ 2100 W, 2.45 GHz)			
C GÜÇ SEVİYESİ: 1 ve 3 NOLU MAGNETRON ON, 2 ve 4 OFF(TOPLAM ÇIKIŞ GÜCÜ 1400 W, 2.45 GHz)			
MMÖ: Mikrodalgaya Maruz Kalmadan Önce			
MMS: Mikrodalgaya Maruz Kaldıktan Sonra			
f: frekans (Hz) ,v: hız (m/sn), t: süre (sn)			

Yabani hardal bitkisine mikrodalga uygulanmadan önce ve mikrodalga uygulandıktan hemen sonraki durumu gözlenmiş ve görüntülenmiştir.

Mikrodalga uygulandıktan sonra, bitkiler iklimlendirme dolabında çimlenme şartlarında muhafaza edilmek suretiyle gelişimleri günlük olarak kayıt altına alınmıştır.

Daha sonra A güç kademesinde 5 farklı hızda 3'er tekerrür, B güç kademesinde 5 farklı hızda 3'er tekerrür, C güç kademesinde 5 farklı hızda 3'er tekerrür olmak üzere toplam 45 adet saksıda çimlenmiş yabancı hardal bitkisine mikrodalga enerji uygulanmıştır (Şekil 4.53- Şekil 4.68).

A ve B güç seviyelerinde, V1 ve V2 hızlarda (126 ve 49 saniyelik sürelerde) yabancı otların canlılığını kaybetme oranı oldukça yüksek gerçekleşmiştir. Ancak A ve B güç seviyelerinde V3, V4 ve V5 hızlarında (25, 14 ve 8.5 saniyelik sürelerde) çimlenmiş yabancı hardal tohumlarının tamamına yakını canlılığını korumuştur. 30 günlük yabancı hardal tohumlarının A, B ve C güç kademelerinde, farklı V1, V2, V3, V4 ve V5 hızlarında mikrodalgaya maruz kaldıktan 5 gün sonra canlı kalan ve canlılığını kaybeden bitkilerin oranları Çizelge 4.8'de verilmiştir.

Çizelge 4.8. Deney YH-30-A,B,C değerlendirme çizelgesi

Örnekler	Süre (sn)	Güç (Watt)- Frekans(Hz)	ÇTS	ΔT (°C)	CKT	CKT %
YH-30-A-V1	126	2800-2.45 GHz	70±10	75.5	70	100
YH-30-A-V2	49	2800-2.45 GHz	70±10	58.5	65	92
YH-30-A-V3	25	2800-2.45 GHz	70±10	35.5	43	61
YH-30-A-V4	14	2800-2.45 GHz	70±10	26.5	14	20
YH-30-A-V5	8.5	2800-2.45 GHz	70±10	7.5	8	11.42
YH-30-B-V1	126	2100-2.45 GHz	70±10	74	68	97
YH-30-B-V2	49	2100-2.45 GHz	70±10	53	62	88.57
YH-30-B-V3	25	2100-2.45 GHz	70±10	29	33	47.14
YH-30-B-V4	14	2100-2.45 GHz	70±10	19	9	12.85
YH-30-B-V5	8.5	2100-2.45 GHz	70±10	5	6	8.5
YH-30-C-V1	126	1400-2.45 GHz	70±10	30.5	26	37
YH-30-C-V2	49	1400-2.45 GHz	70±10	19	12	17.14
YH-30-C-V3	25	1400-2.45 GHz	70±10	11	7	10
YH-30-C-V4	14	1400-2.45 GHz	70±10	6	3	4
YH-30-C-V5	8.5	1400-2.45 GHz	70±10	3	0	0
Süre: Bitkilerin mikrodalga enerjiye maruz kalma süreleri						
Güç: Mikrodalga tüneli toplam çıkış gücü						
ÇTS: Çimlenmiş tohum sayısı (Adet)						
ΔT: İlk sıcaklık ve son sıcaklık farkı (°C)						
CKT: Canlılığını kaybeden tohum sayısı (Adet)						
CKT %: Canlılığını kaybeden tohum (%)						



Şekil 4.53. YH-30-A-V1 Mikrodalga uygulanmadan önce ve uygulandıktan 5 gün sonra



Şekil 4.54. YH-30-A-V2 Mikrodalga uygulanmadan önce ve uygulandıktan 5 gün sonra



Şekil 4.55. YH-30-A-V3 Mikrodalga uygulanmadan önce ve uygulandıktan 5 gün sonra



Şekil 4.56. YH-30-A-V4 Mikrodalga uygulanmadan önce ve uygulandıktan 5 gün sonra



Şekil 4.57. YH-30-A-V5 Mikrodalga uygulanmadan önce ve uygulandıktan 5 gün sonra



Şekil 4.58. YH-30-B-V1 Mikrodalga uygulanmadan önce ve uygulandıktan 5 gün sonra



Şekil 4.59. YH-30-B-V2 Mikroalga uygulanmadan önce ve uygulandıktan 5 gün sonra



Şekil 4.60. YH-30-B-V3 Mikroalga uygulanmadan önce ve uygulandıktan 5 gün sonra



Şekil 4.61. YH-30-B-V4 Mikroalga uygulanmadan önce ve uygulandıktan 5 gün sonra



Şekil 4.62. YH-30-B-V5 Mikrodalga uygulanmadan önce ve uygulandıktan 5 gün sonra



Şekil 4.63. YH-30-C-V1 Mikrodalga uygulanmadan önce ve uygulandıktan 5 gün sonra



Şekil 4.64. YH-30-C-V2 Mikrodalga uygulanmadan önce ve uygulandıktan 5 gün sonra



Şekil 4.65. YH-30-C-V3 Mikroalga uygulanmadan önce ve uygulandıktan 5 gün sonra



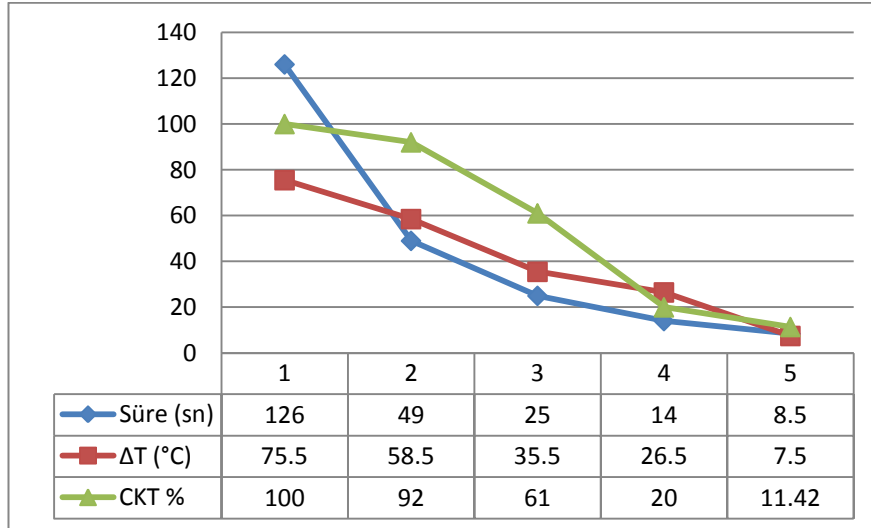
Şekil 4.66. YH-30-C-V4 Mikroalga uygulanmadan önce ve uygulandıktan 5 gün sonra



Şekil 4.67. YH-30-C-V5 Mikroalga uygulanmadan önce ve uygulandıktan 5 gün sonra

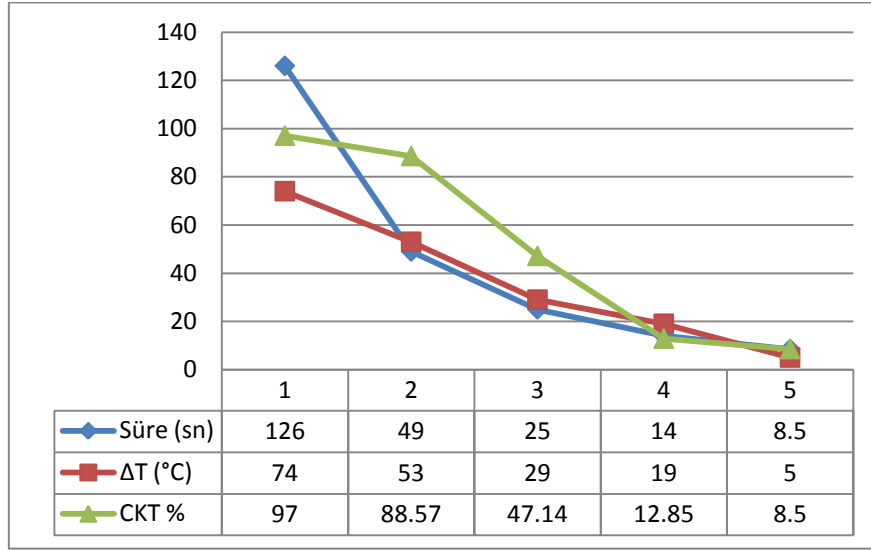


Şekil 4.68. Mikrodalga uygulanmayan yabani hardal örnekleri



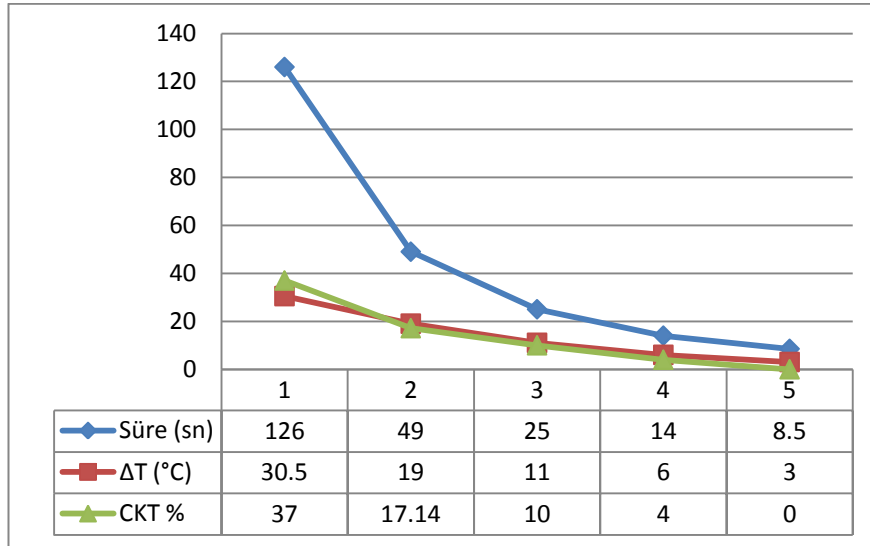
Şekil 4.69. YH-30-A-V1, V2, V3, V4, V5 sıcaklık farkı-CKT% değişimi

Şekil 4.69’da görüldüğü gibi, A güç düzeyinde 126, 49, 25, 14 ve 8.5 saniye sürelerle mikrodalga uygulanan yabani hardal bitkilerinde ΔT ’nin en büyük değeri 75.5 °C’de % 100 ölüm oranı gerçekleşirken, ΔT ’nin en küçük değeri 7.5 °C’de % 11.44 oranında bitki ölümü meydana gelmiştir.



Şekil 4.70. YH-30-B-V1, V2, V3, V4, V5 sıcaklık farkı-CKT% değişimi

Şekil 4.70’de ise B güç düzeyinde 126, 49, 25, 14 ve 8.5 saniye sürelerle mikrodalga uygulanan yabancı hardal bitkilerinde ΔT ’nin en büyük değeri 74 °C’de % 97 ölüm oranı gerçekleşirken, ΔT ’nin en küçük değeri 5 °C’de % 8.5 oranında bitki ölümü meydana gelmiştir.



Şekil 4.71. YH-30-C-V1, V2, V3, V4, V5 sıcaklık farkı-CKT% değişimi

Şekil 4.71’de de C güç düzeyinde 126, 49, 25, 14 ve 8.5 saniye sürelerle mikrodalga uygulanan yabancı hardal bitkilerinde ΔT ’nin en büyük değeri 30 °C’de % 37 ölüm oranı gerçekleşirken, ΔT ’nin en küçük değeri 3 °C’de ise bitkilerin tamamı canlılığını korumuştur

4.5. Oda Şartlarında Çimlendirilen Yabancı Yulafa MD Uygulanması

Mevsiminde tarımsal alanlardan toplanan yabancı yulaf tohumları deneylerde kullanılmak üzere uygun ortamda muhafaza edilmiştir. Yabancı yulaf tohumları iri ve kolayca sayılabilir olması nedeniyle minyatür saksılara ekilmiş ve çimlenme yüzdeleri de kolayca tespit edilmiştir. Bu denemede, çimlendirme dolabı yerine 30-35°C sıcaklık ve % 20-25 nemli normal oda şartlarında gerçekleştirilmiştir. Denemede, her tekrürde 5’li 1 adet saksı ve her saksıda 25 adet yabancı yulaf tohumu olmak üzere toplam 1125 adet yabancı yulaf tohumu 225 adet saksıda çimlendirilmiştir. Çimlenme başlangıcından 7 gün sonra yabancı yulaf bitkilerinin boylarının 7 ± 3 cm civarında olduğu tespit edilmiştir. Daha sonra 1-A güç kademesinde 5 farklı hızda 3’er tekrür, 1-B güç kademesinde 5 farklı hızda 3’er tekrür, 1-C güç kademesinde 5 farklı hızda 3’er tekrür olmak üzere toplam 45 tekrürle yabancı yulaf bitkisine mikrodalga enerji uygulanmıştır. Bitkilerin mikrodalga uygulama öncesi saksı toprağı sıcaklık değerleri ile bitkilere mikrodalga enerji uygulandıktan hemen sonraki saksı toprağı sıcaklık değerleri, konveyör bant hız değerleri ve hız sürücüsü frekans değerleri Çizelge 4.9’da verilmiştir.

Mikrodalga uygulanmamış 30 adet saksı ise 30-35 °C sıcaklık ve % 20-25 nemli oda şartlarında mukayese amacıyla muhafaza edilmiştir. Yabancı yulaf bitkisinin mikrodalga uygulanmadan önce ve mikrodalga uygulandıktan sonraki hemen sonraki durumu gözlenmiş ve görüntülenmiştir (Şekil 4.3- Şekil 4.7). Mikrodalga uygulandıktan sonra, bitkiler oda şartlarında muhafaza edilmek suretiyle gelişimleri günlük olarak kayıt altına alınmıştır.

Çizelge 4.9. Deney YO-7-A.,B,C veri çizelgesi

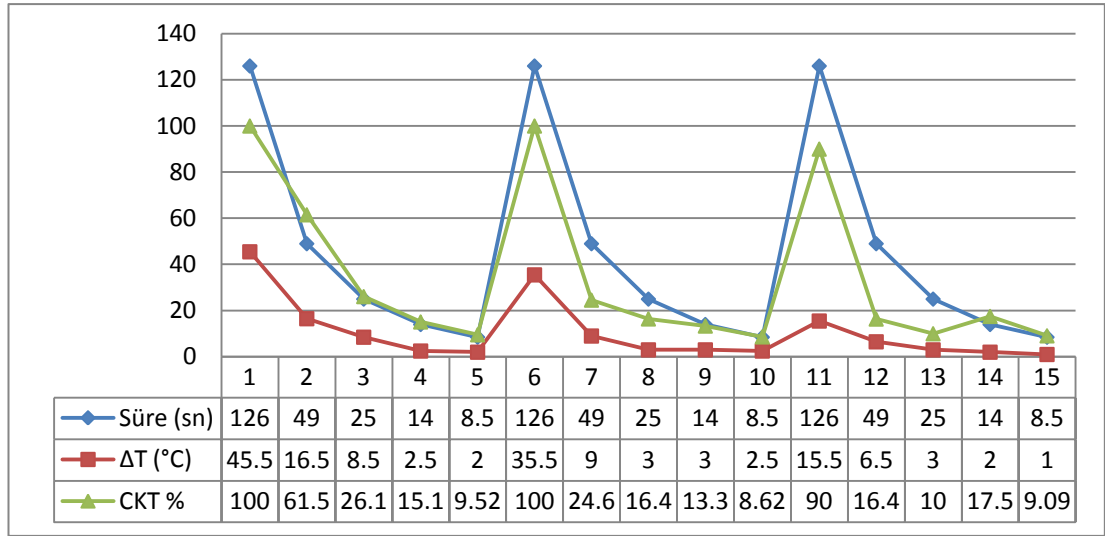
YABANİ YULAF TOHURLARI			
1 Haftalık	A-Yüksek Güç	B-Orta Güç	C-Düşük Güç
f:0.05	YO-7-A-v1	YO-7-B-v1	YO-7-C-v1
v1:0.010 m/s	MMÖ-Toprak Sıcak.: 32 °C	MMÖ-Toprak Sıcak.: 32 °C	MMÖ-Toprak Sıcak.: 31 °C
t:126 s	MMS-Toprak Sıcak.: 75-80°C	MMS-Toprak Sıcak.: 65-70°C	MMS-Toprak Sıcak.: 45-50°C
f:0.15	YO-7-A-v2	YO-7-B-v2	YO-7-C-v2
v2:0.026 m/s	MMÖ-Toprak Sıcak.: 31 °C	MMÖ-Toprak Sıcak.: 31 °C	MMÖ-Toprak Sıcak.: 31 °C
t:49 s	MMS-Toprak Sıcak.: 45-50°C	MMS-Toprak Sıcak.: 38-42°C	MMS-Toprak Sıcak.: 37-38°C
f:0.30	YO-7-A-v3	YO-7-B-v3	YO-7-C-v3
v3:0.050 m/s	MMÖ-Toprak Sıcak.: 30 °C	MMÖ-Toprak Sıcak.: 31 °C	MMÖ-Toprak Sıcak.: 30 °C
t:25 s	MMS-Toprak Sıcak.: 35-42°C	MMS-Toprak Sıcak.: 35-38°C	MMS-Toprak Sıcak.: 33°C
f:0.55	YO-7-A-v4	YO-7-B-v4	YO-7-C-v4
v4:0.090 m/s	MMÖ-Toprak Sıcak.: 31 °C	MMÖ-Toprak Sıcak.: 30 °C	MMÖ-Toprak Sıcak.: 30 °C
t:14 s	MMS-Toprak Sıcak.: 32-35°C	MMS-Toprak Sıcak.: 33-34°C	MMS-Toprak Sıcak.: 32°C
f:0.95	YO-7-A-v5	YO-7-B-v5	YO-7-C-v5
v5:0.15 m/s	MMÖ-Toprak Sıcak.: 31 °C	MMÖ-Toprak Sıcak.: 30 °C	MMÖ-Toprak Sıcak.: 30 °C
t:8.5 s	MMS-Toprak Sıcak.: 33°C	MMS-Toprak Sıcak.: 32-33°C	MMS-Toprak Sıcak.: 31°C
A GÜÇ SEVİYESİ: 1, 2, 3 ve 4 NOLU MAGNETRONLAR ON (TOPLAM ÇIKIŞ GÜCÜ 2800 W, 2.45 GHz)			
B GÜÇ SEVİYESİ: 1, 3 ve 4 NOLU MAGNETRONLAR ON, 2 OFF(TOPLAM ÇIKIŞ GÜCÜ 2100 W, 2.45 GHz)			
C GÜÇ SEVİYESİ: 1 ve 3 NOLU MAGNETRON ON, 2 ve 4 OFF(TOPLAM ÇIKIŞ GÜCÜ 1400 W, 2.45 GHz)			
MMÖ: Mikrodalgaya Maruz Kalmadan Önce			
MMS: Mikrodalgaya Maruz Kaldıktan Sonra			
f: frekans (Hz) ,v: hız (m/sn), t: süre (sn)			

Çizelge 4.10. Deney YO-7-A.,B,C değerlendirme çizelgesi

Örnekler	Süre (sn)	Güç (Watt)- Frekans(Hz)	ÇTS	ΔT (°C)	CKT	CKT %
YO-7-A-V1	126	2800-2.45 GHz	61	45.5	61	100
YO-7-A-V2	49	2800-2.45 GHz	52	16.5	32	61.53
YO-7-A-V3	25	2800-2.45 GHz	46	8.5	12	26.08
YO-7-A-V4	14	2800-2.45 GHz	53	2.5	8	15.09
YO-7-A-V5	8.5	2800-2.45 GHz	63	2	6	9.52
YO-7-B-V1	126	2100-2.45 GHz	53	35.5	53	100
YO-7-B-V2	49	2100-2.45 GHz	57	9	14	24.56
YO-7-B-V3	25	2100-2.45 GHz	67	3	11	16.41
YO-7-B-V4	14	2100-2.45 GHz	60	3	8	13.33
YO-7-B-V5	8.5	2100-2.45 GHz	58	2.5	5	8.62
YO-7-C-V1	126	1400-2.45 GHz	60	15.5	54	90
YO-7-C-V2	49	1400-2.45 GHz	55	6.5	9	16.36
YO-7-C-V3	25	1400-2.45 GHz	60	3	6	10
YO-7-C-V4	14	1400-2.45 GHz	40	2	7	17.50
YO-7-C-V5	8.5	1400-2.45 GHz	66	1	6	9.09
Süre: Bitkilerin mikrodalga enerjiye maruz kalma süreleri						
Güç: Mikrodalga tüneli toplam çıkış gücü						
ÇTS: Çimlenmiş tohum sayısı (Adet)						
ΔT: İlk sıcaklık ve son sıcaklık farkı (°C)						
CKT: Canlılığını kaybeden tohum sayısı (Adet)						
CKT %: Canlılığını kaybeden tohum (%)						

Çizelge 4.10.'da görüldüğü gibi A ve B güç seviyelerinde 126 saniyelik uygulamalarda bitkilerin tamamı canlılığını yitirmiştir. C güç düzeyinde ise 126 saniyelik uygulamada canlılığını kaybeden bitki oranı % 90 civarında gerçekleşmiştir.

Şekil 4.72.'de ise A güç düzeyinde 126 saniyelik mikrodalga uygulaması sonucu meydana gelen maksimum sıcaklık farkı $\Delta T = 45.5$ °C ve minimum sıcaklık farkı da 2 °C olarak gerçekleşmiştir. Aynı şekilde, B güç düzeyinde 126 saniyelik mikrodalga uygulaması sonucu meydana gelen maksimum sıcaklık farkı $\Delta T = 35.5$ °C ve minimum sıcaklık farkı da 2.5 °C olarak gerçekleşmiş ve benzer şekilde C güç düzeyinde ise; 126 saniyelik mikrodalga uygulaması sonucu meydana gelen maksimum sıcaklık farkı $\Delta T = 15.5$ °C ve minimum sıcaklık farkı da 1 °C olarak gerçekleşmiştir.



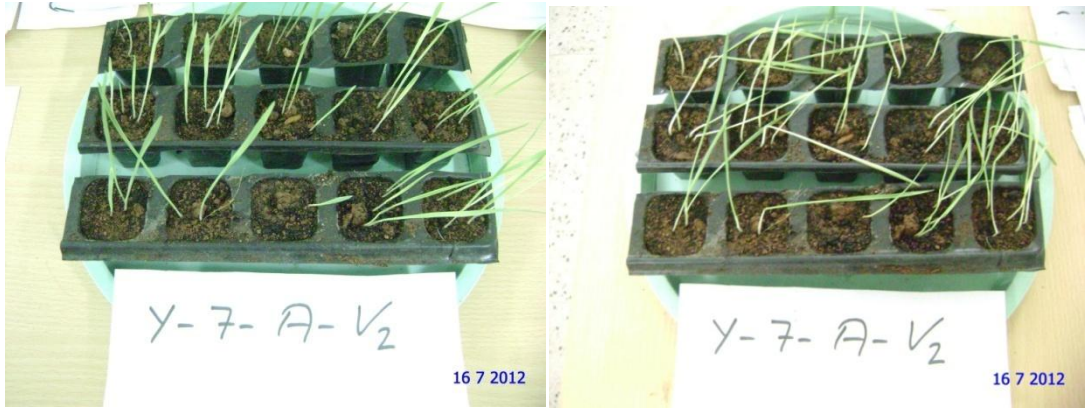
Şekil 4.72. YO-7-A, B, C-V1, V2, V3, V4, V5 sıcaklık farkı-CKT% değişimi

Şekil 4.73-4.87’de, normal oda şartlarında çimlendirilmiş yabani yulaf bitkisine mikrodalga uygulamadan önce ve A, B ve C güç düzeylerinde V1, V2, V3, V4 ve V5 hızlarında mikrodalga uygulanmasından hemen sonraki durumu görülmektedir.

Bir haftalık çimlenmiş yabani yulaf bitkilerinin, A güç düzeyinde V1 ve V2 hızlarda mikrodalga uygulamasının hemen sonrasında solmuş olduğu gözlenmiştir. Aynı etki benzer şekilde B güç düzeyi V1 ve V2 hızlarında da mikrodalga uygulanmasından hemen sonra ortaya çıkmıştır. Ancak, C güç düzeyinde V1 ve V2 hızlarda mikrodalga uygulaması sonuçları A ve B güç düzeylerine göre daha zayıftır.



Şekil 4.73. YO-7-A-V1 Mikrodalga uygulanmadan önce-uygulandıktan hemen sonra



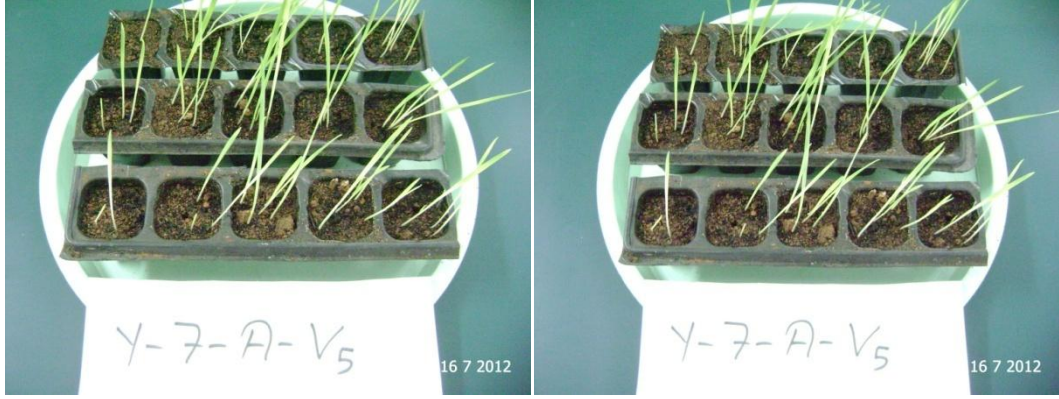
Şekil 4.74. YO-7-A-V2 Mikrodalga uygulanmadan önce-uygulandıktan hemen sonra



Şekil 4.75. YO-7-A-V3 Mikrodalga uygulanmadan önce-uygulandıktan hemen sonra



Şekil 4.76. YO-7-A-V4 Mikrodalga uygulanmadan önce-uygulandıktan hemen sonra



Şekil 4.77. YO-7-A-V5 Mikrodalga uygulanmadan önce-uygulandıktan hemen sonra



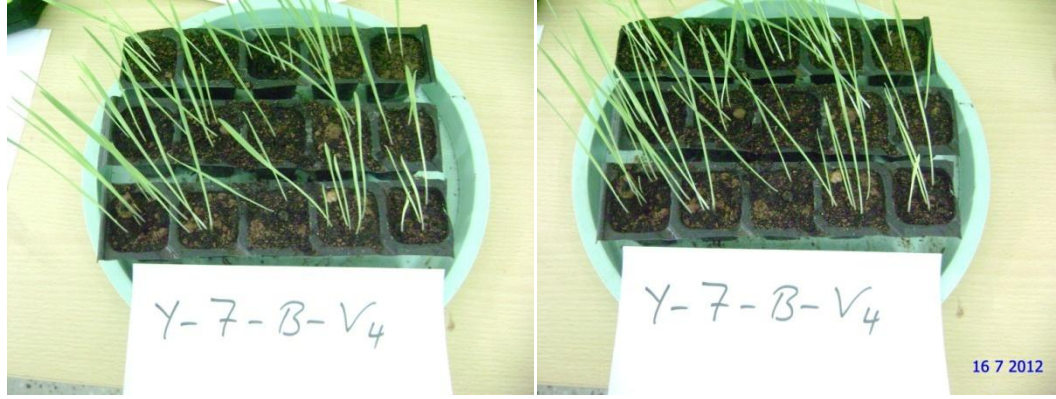
Şekil 4.78. YO-7-B-V1 Mikrodalga uygulanmadan önce-uygulandıktan hemen sonra



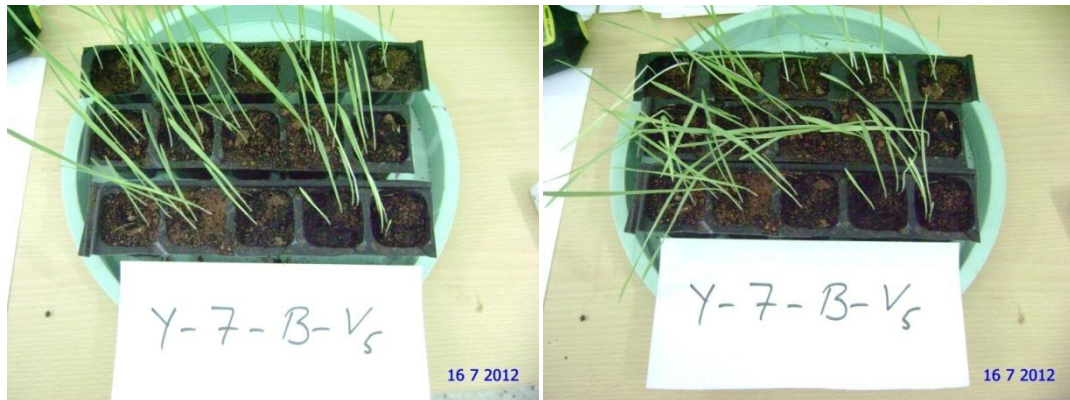
Şekil 4.79. YO-7-B-V2 Mikrodalga uygulanmadan önce-uygulandıktan hemen sonra



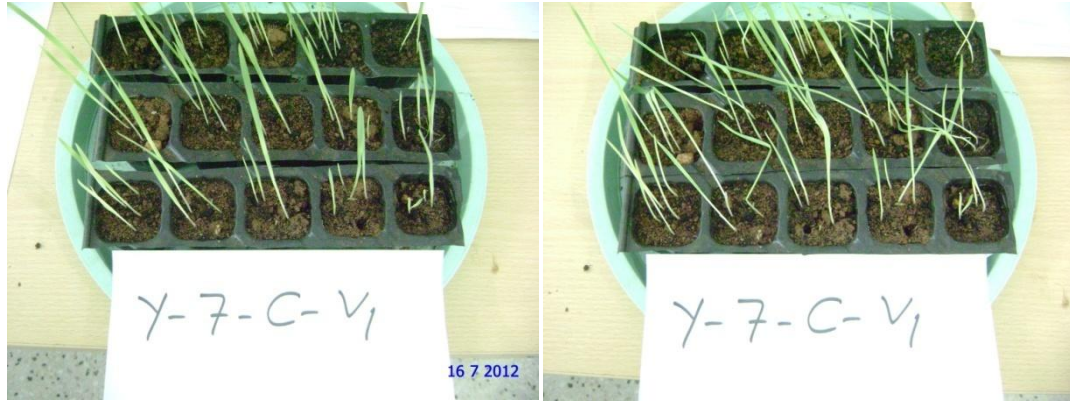
Şekil 4.80. YO-7-B-V3 Mikrodalga uygulanmadan önce-uygulandıktan hemen sonra



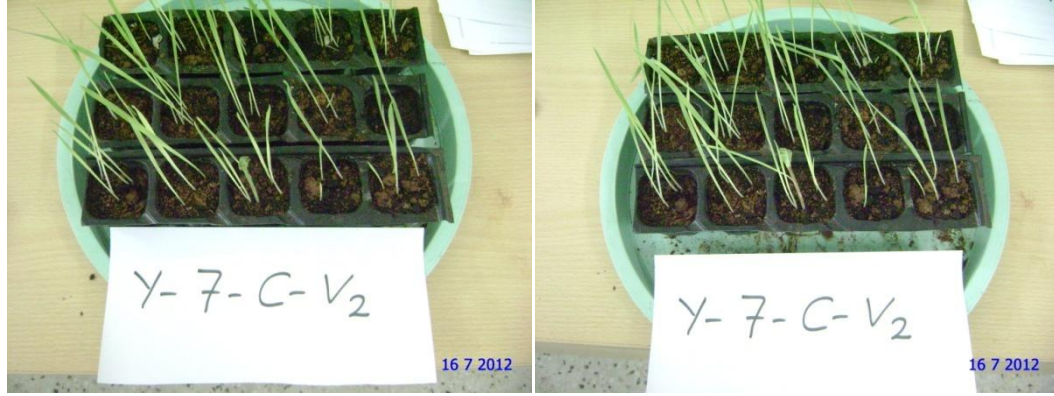
Şekil 4.81. YO-7-B-V4 Mikrodalga uygulanmadan önce-uygulandıktan hemen sonra



Şekil 4.82. YO-7-B-V5 Mikrodalga uygulanmadan önce-uygulandıktan hemen sonra



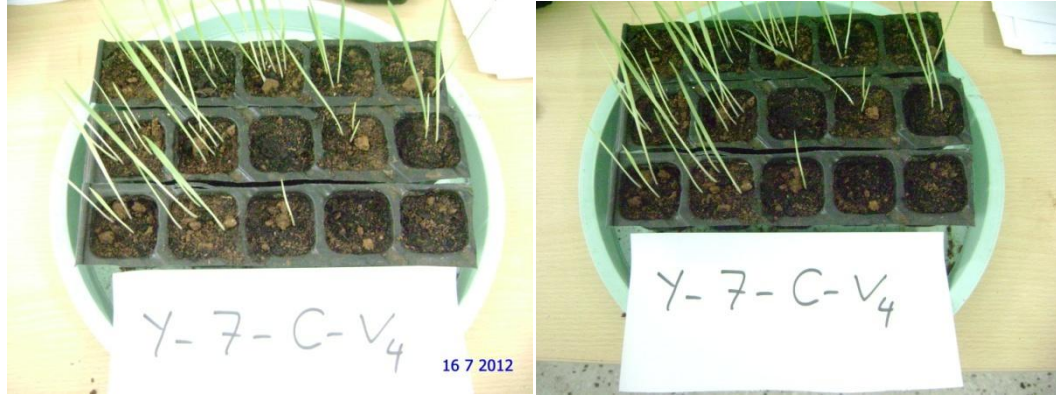
Şekil 4.83. YO-7-C-V1 Mikrodalga uygulanmadan önce-uygulandıktan hemen sonra



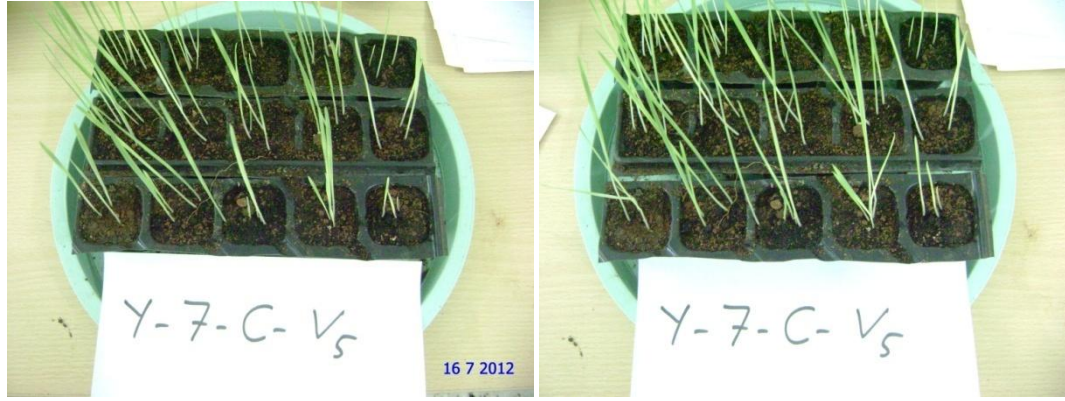
Şekil 4.84. YO-7-C-V2 Mikrodalga uygulanmadan önce-uygulandıktan hemen sonra



Şekil 4.85. YO-7-C-V3 Mikrodalga uygulanmadan önce-uygulandıktan hemen sonra



Şekil 4.86. YO-7-C-V4 Mikrodalga uygulanmadan önce-uygulandıktan hemen sonra



Şekil 4.87. YO-7-C-V5 Mikrodalga uygulanmadan önce-uygulandıktan hemen sonra



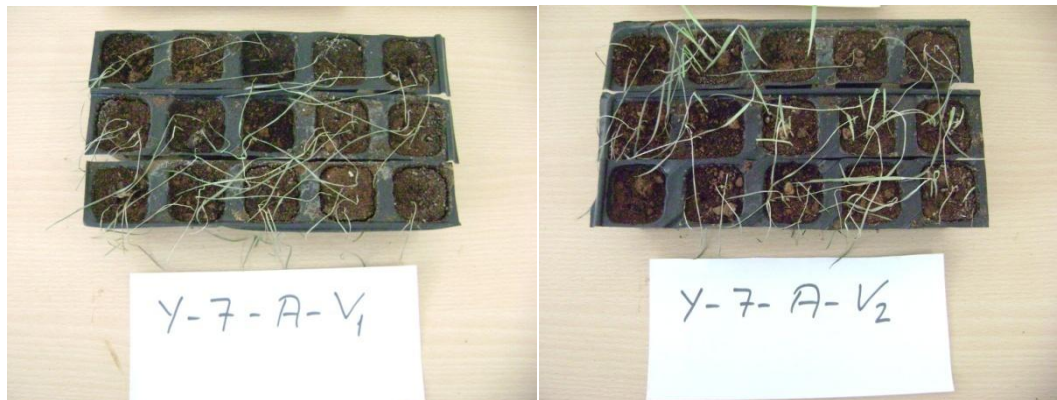
Şekil 4.88. Mikrodalga uygulanmamış örneklerde çimlenme devam ediyor (22.07.2012)

Şekil 4.89 - 4.96'da, normal oda şartlarında çimlendirilmiş yabancı yulaf bitkisine A, B ve C güç düzeylerinde ve V1, V2, V3, V4 ve V5 hızlarında mikrodalga uygulanmasından 6 gün sonraki durumu görülmektedir.

A güç düzeyinde V1 ve V2 hızlarda mikrodalga uygulamasından 6 gün sonra sonucu bitkilerin tamamına yakınının canlılığını kaybettiği tespit edilmiştir. Aynı sonuç B güç düzeyi V1 hızında da elde edilmiştir.

A güç düzeyi V3, V4 ve V5 hız kademelerinde, B güç düzeyi V3, V4 ve V5 hız kademelerinde ve C güç düzeyi V1, V2, V3, V4 ve V5 hız kademelerinde elde edilen sonuçlarda bitkilerde kısmen kuruma ve solma etkileri görülmüş ancak bitkilerin %10 ile %90 arasında değişen oranlarda canlılığını koruduğu tespit edilmiştir.

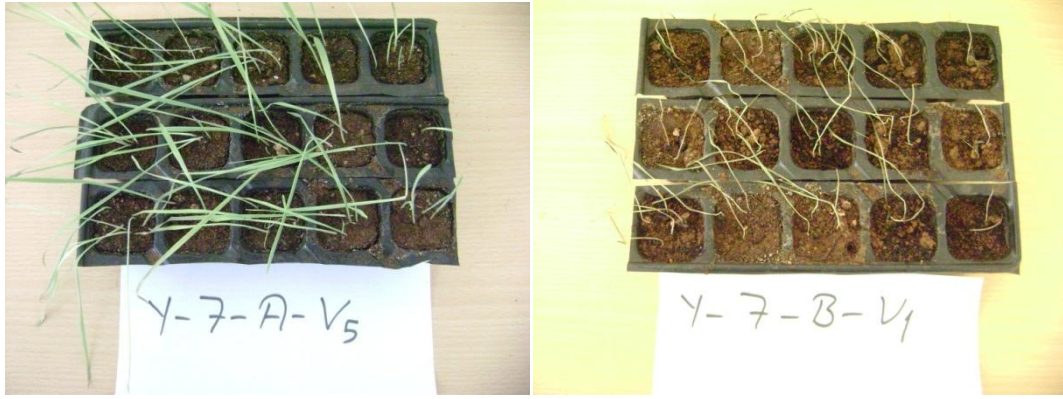
İklimlendirme dolabı şartlarında çimlendirilen ve mikrodalga uygulandıktan sonra, yine aynı sıcaklık ve nem şartlarında iklimlendirme dolabında muhafaza edilen yabancı yulaf bitkilerinde (Çizelge 4.10) A, B, ve C güç düzeyi ve V1, V2, V3, V4 ve V5 hızlarında meydana gelen ölüm oranları ile oda şartlarında çimlendirilip oda şartlarında muhafaza edilen ve aynı güç düzeyi ve hızlarda mikrodalga uygulanan (Çizelge 4.2) karşılaştırıldığında ; oda şartlarında çimlendirilip mikrodalga uygulama sonrası yine oda şartlarında tutulan yabancı yulaf bitkilerinde ortalama %19.47 oranında ölüm gerçekleşirken, iklimlendirme dolabında muhafaza edilen yabancı yulaf bitkilerinde ölüm oranı ortalama %34 civarında gerçekleşmiştir.



Şekil 4.89. YO-7-A-V1 ve YO-7-A-V2 mikrodalga uygulandıktan 6 gün sonra



Şekil 4.90. YO-7-A-V3 ve YO-7-A-V4 mikrodalga uygulandıktan 6 gün sonra



Şekil 4.91. YO-7-A-V5 ve YO-7-B-V1 mikrodalga uygulandıktan 6 gün sonra



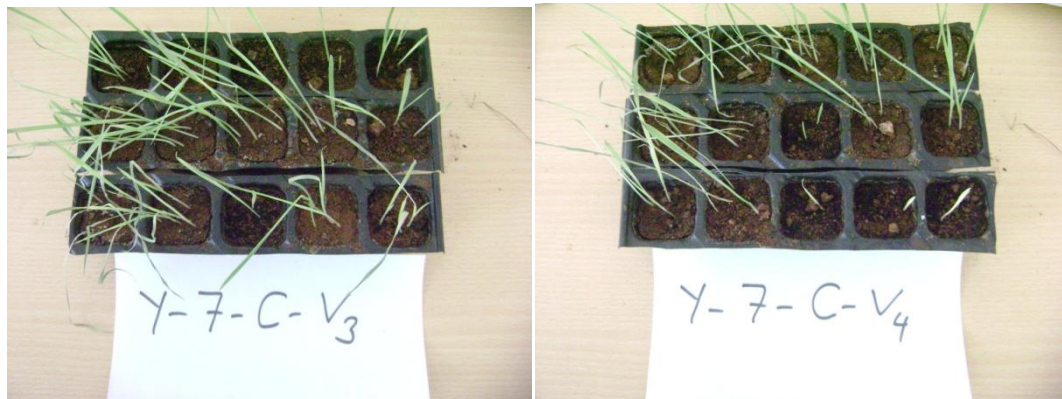
Şekil 4.92. YO-7-B-V2 ve YO-7-B-V3 mikrodalga uygulandıktan 6 gün sonra



Şekil 4.93. YO-7-B-V4 ve YO-7-B-V5 mikrodalga uygulandıktan 6 gün sonra



Şekil 4.94. YO-7-C-V1 ve YO-7-C-V2 mikrodalga uygulandıktan 6 gün sonra



Şekil 4.95. YO-7-C-V3 ve YO-7-C-V4 mikrodalga uygulandıktan 6 gün sonra



Şekil 4.96. YO-7-C-V5 mikrodalga uygulandıktan 6 gün sonra

A, B ve C güç düzeyi V4 ve V5 hız kademelerinde bitkilerin tamamına yakını hiçbir değişikliğe uğramadan kontrol parsellerine benzer gelişim süreci göstermiştir.

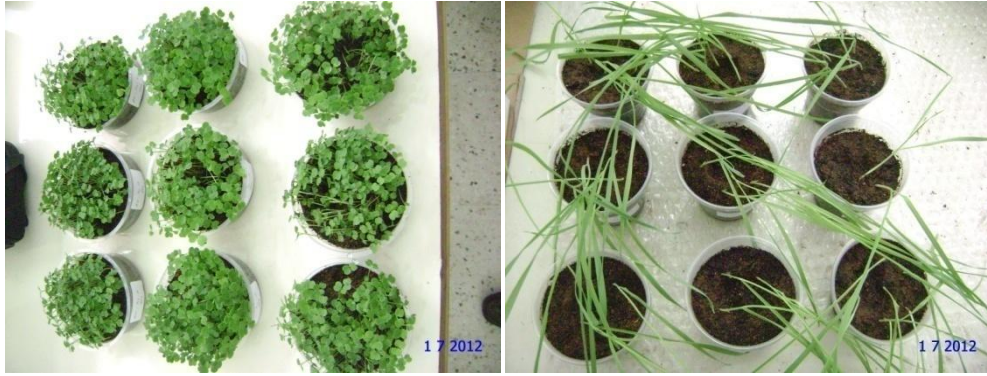
Yabani yulaf, tere ve yabani hardal tohumları çimlendikten sonra, farklı hızlarda ve farklı güç düzeylerinde mikrodalga uygulandıktan sonra elde edilen sonuçlara göre farklı enerji düzeylerinde mikrodalga enerjiye tabi tutulan bitkilerde ölümler gözlenmiştir. Çalışmada elde edilen bu sonuçlar ile Wayland ve Menges (1975), yaptıkları çalışmada elde ettikleri sonuçlar arasında benzerlik bulunmaktadır.

Çalışmanın bu kısmında elde edilen sonuçlar ile Aldjadjiyan, A., 2010, tarafından mikrodalga radyasyonun mercimek tohumlarına etkileri ile ilgili yapılan yapılan bir çalışmada elde edilen sonuçlarla bazı benzerlikler göstermektedir. Aldjadjiyan, A., 2010, bu çalışmasında 2.45 GHz frekansında ve 450 W çıkış gücüne sahip mikrodalga kaynak ile yaptığı denemelerde uzun süre mikrodalga radyasyona maruz bırakılan ve çok fazla enerji emen moleküllerin hücre fonksiyonlarının tahribatına neden olduğu ve uyarılma etkisi gerçekleşmediği sonucuna varmıştır.

Ayrıca, Davis (1971) ve Nelson (1996), benzer bir çalışmada, yüksek frekanslı elektromanyetik dalgalar yönteminin patojenlerin ve yabancı ot tohumlarının ısını yükseltmekte olduğu ve bunun da bitki gövde ve yapraklarının kısa bir sürede solması ve daha sonra da tamamen ölmesi ile sonuçlanmaktadır. Yaptığımız çalışmalarda da benzer sonuçlar elde edilmiştir.

4.6. Mikrodalga Işınım Enerjisi Yoğunluğunun Yüksekliğe Göre Değişimi

Mikrodalga ışınım enerjisinin bitki tohumlarının çimlenmesine etkisinin mikrodalga enerji kaynağı ile bitki arasındaki mesafeye bağlı olarak değişimini tespit etmek amacıyla 7 günlük roka bitkisi ile 15 günlük yabancı yulaf bitkisi farklı yüksekliklere yerleştirilerek mikrodalga tüneline 70 s süre ile A Güç düzeyi olan 2800 W mikrodalga enerjiye tabi tutulmuştur. Şekil 4.97’de 7 günlük ve 15 günlük roka ve yabancı yulaf bitkilerinin mikrodalgaya maruz kalmadan önceki durumları görülmektedir.



Şekil 4.97. 7 günlük roka ve 15 günlük yabancı yulaf tohumları mikrodalga uygulanmadan önce

Mikrodalga kaynak çıkışı ile bitkiler arasındaki uzaklıklar, saksı tabanı ile magnetron çıkış ağızı olan dalga kılavuzunun tünel içindeki tavan yüzeyinden $h_1 = 23.50$ cm, $h_2 = 30.50$ cm ve $h_3 = 40.50$ cm olarak seçilmiştir ve belirtilen yüksekliklere yerleştirilen bitkiler 70 s süre ile A güç düzeyi olan 2800 W mikrodalga enerjiye tabi tutulmuştur.

Şekil 4.98’de görüldüğü gibi $h_1 = 23.50$ cm uzaklıktaki yabancı yulaf ve roka bitkilerinde $h_2 = 30.50$ cm ve $h_3 = 40.50$ cm uzaklıktaki bitkilere göre daha fazla kuruma, sararma gibi canlılığını kaybetme belirtileri tespit edilmiştir.



Şekil 4.98. Roka ve yabancı yulaf tohumları $h_1=23.50$ cm mesafede MD uygulandıktan 6 gün sonra



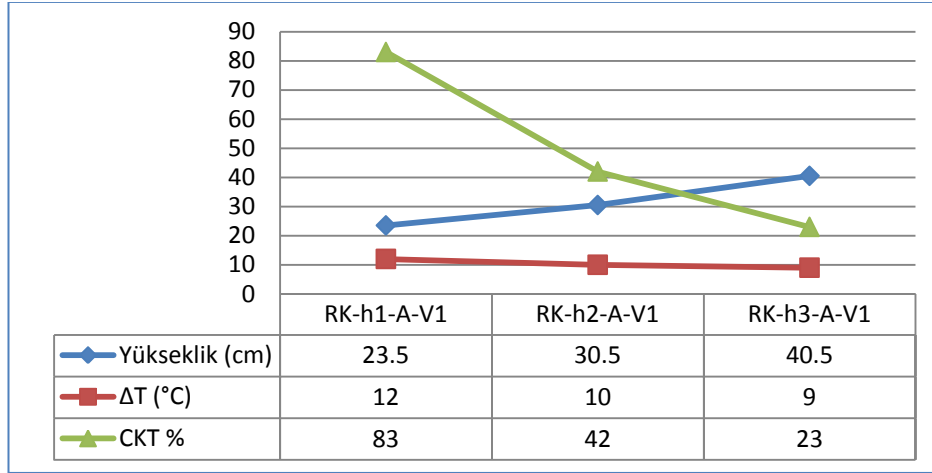
Şekil 4.99. Roka ve yabancı yulaf tohumları $h_2=30.50$ cm mesafede MD uygulandıktan 6 gün sonra

Şekil 4.99 ve Şekil 4.100'de, görüldüğü gibi $h_2=30.50$ cm ve $h_3=40.50$ cm uzaklıktaki yabancı yulaf ve roka bitkilerinde $h_1=23.50$ cm uzaklıktaki bitkilere göre az kuruma, sararma gibi canlılığını kaybetme belirtileri tespit edilmiştir.



Şekil 4.100. Roka ve yabancı yulaf tohumları $h_3=40.50$ cm mesafede MD uygulandıktan 6 gün sonra

Şekil 4.101’de verilen grafikte ise görüldüğü gibi roka bitkisinde $h_1=23.50$ cm uzaklıkta % 83 ölüm oranı gerçekleşirken $h_2=30.50$ cm % 42 ve $h_3= 40.50$ cm uzaklıktaki roka bitkilerinde ise % 23 ölüm oranı elde edilmiştir.



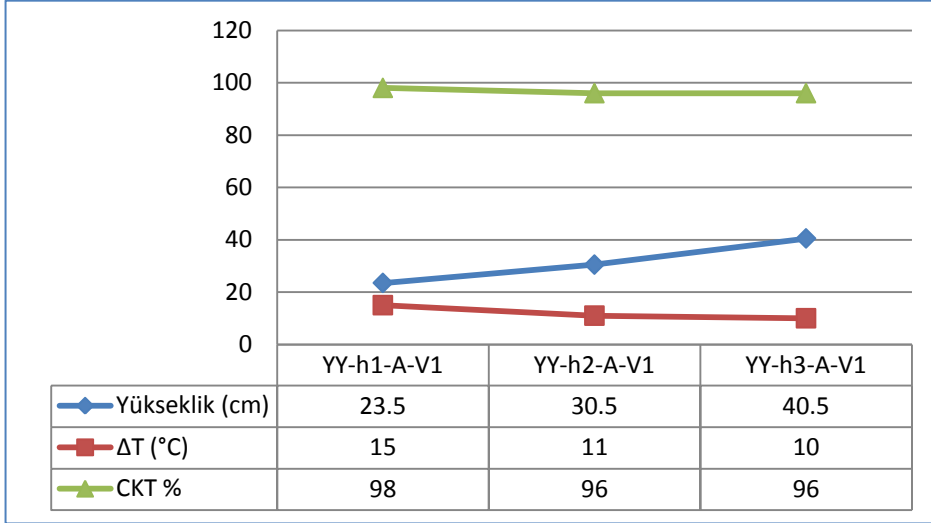
Şekil 4.101. Roka tohumlarının mesafeye bağlı olarak canlılığını kaybetme oranları

Çizelge 4.11. Roka ve yabancı yulaf tohumlarının mesafeye bağlı olarak ölüm oranları

Örnekler	Süre (sn)	Güç (Watt)-Frekans(Hz)	Yükseklik (cm)	ETS	ΔT (°C)	Ortalama CTS	CKT %
RK-h ₁ -A-V ₁	70	2800-2.45 GHz	23.50	130±10	12	%96	83
YY-h ₁ -A-V ₁	70	2800-2.45 GHz	23.50	6	15	%100	98
RK-h ₂ -A-V ₁	70	2800-2.45 GHz	30.50	130±10	10	%94	42
YY-h ₂ -A-V ₁	70	2800-2.45 GHz	30.50	6	11	%100	96
RK-h ₃ -A-V ₁	70	2800-2.45 GHz	40.50	130±10	9	%90	23
YY-h ₃ -A-V ₁	70	2800-2.45 GHz	40.50	6	10	%95	96

Süre: Bitkilerin mikrodalga enerjiye maruz kalma süreleri
Güç: Mikrodalga tüneli toplam çıkış gücü
ETS: Ekilen tohum sayısı (Adet)
ΔT: İlk sıcaklık ve son sıcaklık farkı (°C)
CTS: Çimlenmiş tohum oranı (%)
CKT %: Canlılığını kaybeden tohum oranı (%)

Çizelge 4.11’de elde edilen verilere göre, sıcaklık farkı ΔT arttıkça bitkilerde meydana gelen ısı absorpsiyon da artmakta ve buna paralel olarak ta bitkilerin ölüm oranları artmaktadır.



Şekil 4.102. Yabani yulaf tohumlarının mesafeye bağlı olarak canlılığını kaybetme oranları

Şekil 4.102’de verilen grafikte ise görüldüğü gibi yabani yulaf bitkisinde $h_1=23.50$ cm uzaklıkta % 98 ölüm oranı gerçekleşirken $h_2=30.50$ cm % 96 ve $h_3= 40.50$ cm uzaklıktaki yabani yulaf bitkilerinde ise % 96 ölüm oranı elde edilmiştir.

5. SONUÇLAR ve ÖNERİLER

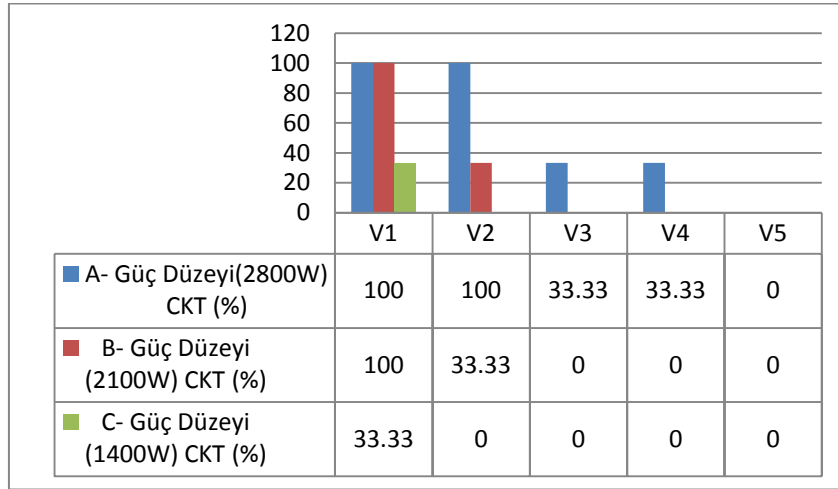
5.1. Sonuçlar

Bu çalışmada, yabancı ot mücadelesinde kimyasal ilaç kullanımına alternatif oluşturabilecek mikrodalga yönteminin uygulanabilirliği araştırılmıştır. Çalışma laboratuvar ortamında, 4 adet 1 kW'lık magnetrondan oluşan toplam 4 kW gücünde mikrodalga tünelinin, hız kontrollü konveyör bant üzerine monte edilmesiyle elde edilen deneysel düzenekle gerçekleştirilmiştir. Konveyör bant hız sürücüsü 0.010 m/s (0.35 km/h) ile 0.15 m/s (0.56 km/h) hızlar arasında değişen 100 farklı değerde hız ayarlanabilmektedir.

Çalışmada, farklı güç seviyelerinde ve farklı sürelerle mikrodalga enerjiye maruz bırakılan yabancı yulaf, yabancı hardal, tere gibi yabancı otlarda beklenen sonuçlar elde edilmiştir (Çizelge 5.1). Bu sonuçlar, çimlendirildikten bir süre sonra mikrodalga uygulanan yabancı otlarda uygulanan güç seviyesi ve uygulama süresine (konveyör bant ilerleme hızına) bağlı olarak değişen oranlarda yabancı otların canlılığını kaybetmesi şeklinde gerçekleşmiştir. Yabancı otlardan yabancı yulaf, yabancı hardal ve tereye ait A, B, C güç düzeyi ve V1, V2, V3, V4, V5 hızlarında meydana gelen canlılığını kaybetme oranları Şekil 5.1, Şekil 5.2, ve Şekil 5.3'te verilmiştir.

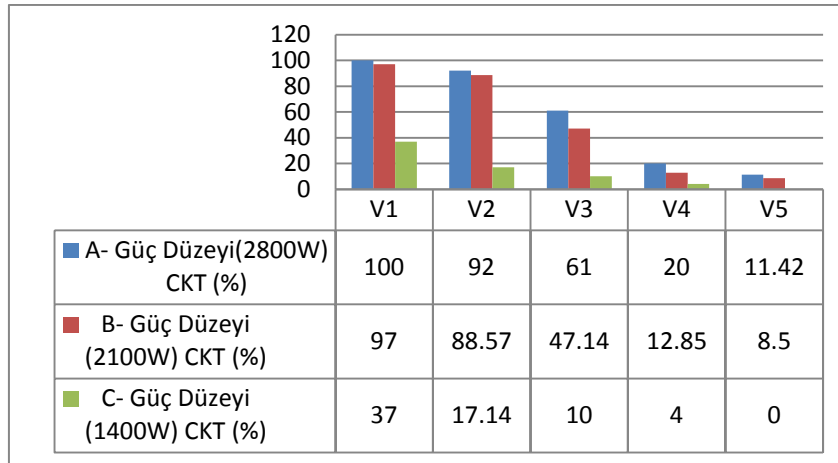
Çizelge 5.1. A, B, C güç düzeyi ve V1, V2, V3, V4 ve V5 hızlarında CKT oranları

	A- Güç Düzeyi(2800W) CKT (%)				
	V1	V2	V3	V4	V5
Yabancı Yulaf	100	100	33.33	33.33	0
Yabancı Hardal	100	92	61	20	11.42
Tere	68	52	42	2	0
	B- Güç Düzeyi (2100W) CKT (%)				
	V1	V2	V3	V4	V5
Yabancı Yulaf	100	33.33	0	0	0
Yabancı Hardal	97	88.57	47.14	12.85	8.5
Tere	60	44	4	0	0
	C- Güç Düzeyi (1400W) CKT (%)				
	V1	V2	V3	V4	V5
Yabancı Yulaf	33.33	0	0	0	0
Yabancı Hardal	37	17.14	10	4	0
Tere	4	2	0	0	0



Şekil 5.1. Yabani yulaf A,B,C Güç düzeyinde meydana gelen ölümler

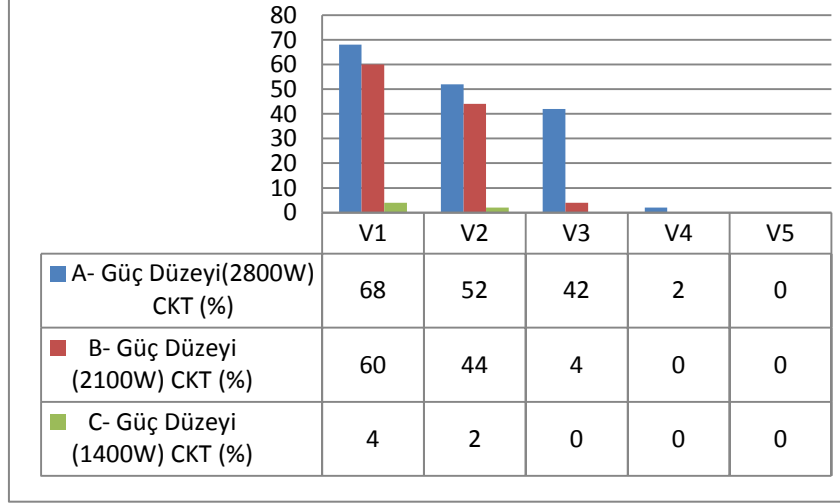
Şekil 5.1’de görüldüğü gibi yabani yulaf bitkisinde, A güç düzeyi V1 ve V2 hızlarında mikrodalga uygulanması sonucu bitkilerin tamamı canlılığını kaybetmiştir. Aynı şekilde, B güç düzeyi V1 hızında da yabani yulaf bitkilerinin tamamı ölmüştür. B ve C güç düzeyi V3, V4 ve V5 hızlarında ise bitkilerin tamamı canlılığını korumuştur.



Şekil 5.2. Yabani hardalda A,B,C Güç düzeyinde meydana gelen ölümler.

Şekil 5.2’de görüldüğü gibi, yabani hardal bitkisinde % 90 ve daha fazla ölüm oranları A ve B güç düzeyi V1 ve V2 hızlarında mikrodalga uygulanması sonucu elde edilmiştir.

Ancak, yabancı yulaf bitkisinin aksine, A, B ve C güç düzeyi V3, V4 ve V5 hızlarında da bitkilerde % 4 ile % 47 arasında değişen oranlarda ölüm gerçekleşmiştir.



Şekil 5.3. Terede A,B,C Güç düzeyinde meydana gelen ölümler.

Şekil 5.3’de görüldüğü gibi, tere bitkisinde % 45-70 civarlarında ölüm oranlarının gerçekleşmesi A ve B güç düzeyi V1 ve V2 hızlarında mikrodalga uygulanması sonucu elde edilmiştir. Ancak, C güç düzeyi V1, V2, V3, V4 ve V5 hızlarında ve B güç düzeyi V4 ve V5 hızlarında neredeyse bitkilerin tamamı canlılığını koruduğu gözlenmiştir.

5.2. Öneriler

➤ Mikrodalga uygulamalarında ısı etkisini arttırmak için daha çok sayıda mikrodalga jeneratörü kullanılabileceği gibi, mikrodalga uygulama süresi artırılarak veya hem mikrodalga uygulama süresi artırılarak hem de mikrodalga jeneratörü sayısı artırılarak daha kısa sürede istenen ısı değerlerine ulaşılabilmektedir.

➤ Ayrıca, mikrodalga ışıma sonucu meydana gelen ısı etkinin, mikrodalga üretici (dalga kılavuzu çıkış ağzı) ile mikrodalga uygulanacak materyal arasındaki uzaklığa bağlı olarak değişebildiği çalışmadan elde edilen sonuçlarla açıklanabilmektedir. Yapılacak deneysel tasarımlarda, değişebilen yükseklik özelliğine sahip bir düzenek yardımıyla, hedefe farklı uzaklıklarda yapılacak mikrodalga uygulamalarına yönelik sonuçlar elde edilebilecektir.

➤ Tarımsal uygulamalarda toprağın ve/veya bitkinin mikrodalga uygulama işleminden önce sulanarak nemlendirilmesi toprakta ve bitki gövdesindeki ısı absorpsiyonu arttıracak ve sistem verimini de yükseltebileceği düşünülmektedir. Bu nedenle, mikrodalğanın yabancı ot mücadelesi uygulamalarından önce bitki ve/veya toprak su püskürtülme suretiyle nemlendirilerek verim artırma çalışmaları yapılabilir.

➤ Mikrodalga enerji kullanılarak yapılan laboratuvar veya saha çalışmalarında meydana gelebilecek mikrodalga kaçaklarının muhtemel tehlikelerine karşı mutlaka kalibrasyonu güncellenmiş mikrodalga sızıntı/kaçak detektörleri kullanılmalıdır.

➤ Mikrodalga enerji üreten, yayan her türlü cihazın bakım, onarım ve modifiye işlemleri ilgili uzmanlar tarafından yapılmalıdır.

➤ Mikrodalga uygulamalarında söz konusu hacimde homojen olmayan ısı dağılımının en aza indirilmesi için mümkün olduğu kadar, çok sayıda magnetron kullanılması ve bunların montajının geometrik hassasiyetle yapılması gerekmektedir.

- Ayrıca, hedef materyalin üzerinde bulunduğu tabla veya platformun doğrusal veya dairesel olarak hareket etmesiyle düzensiz veya homojen olmayan ısı dağılımından kaynaklanan olumsuzlukların azaltılabileceği düşünülmektedir.
- Mikrodalga uygulanan alan içindeki ısı dağılımının daha doğru bir şekilde tespit edilmesi için mikrodalga yoğunluğunu ölçen (mW/cm^2) cihazlar veya yüksek çözünürlüklü termal görüntüleme sistemleri kullanılabilir.
- Çalışmalar sırasında meydana gelebilecek muhtemel mikrodalga sızıntının zararlarını önlemek için, çalışma ortamının farklı noktalarına yerleştirilecek mikrodalga algılayıcıları yardımı ile güvenlik sınırının aşılması durumunda sistemin otomatik olarak devre dışı bırakılması sağlanabilir.
- Bu amaçla yapılacak çalışmaların desteklenmesi ve öncelikli konuma getirilmesi, farklı uygulama alanlarında da denemesi, kamu ve özel sektör tarafından öncelikle desteklenmesi gereklidir.
- Çalışmanın daha büyük bir bütçe ile desteklenmesi durumunda tarla şartlarında çalışabilecek bir deneme makinesinin geliştirilmesi, uygulamanın etkinliğinin daha iyi ve gerçek şartlarda saptanması açısından önemlidir.

KAYNAKLAR

- ADU, B., and OTTEN, L.,(1996). Microwave heating and mass transfer characteristics of white beans. *Journal of Agricultural Engineering Research*, 64(1), 71–78.
- ALADJADJIYAN, A., 2010. Effect of Microwave Irradiation On Seeds of Lentils. *Romanian Biophys.*, Vol.20, No:3, p:213-221, Bucharest, 2010.
- ANONIM, 2000. *Crop Protection Association Handbook*, Peterborough.
- ARK, P.A. and PERRY, W., “Application of high frequency electrostatic field in agriculture”, *The Quarterly Review of Biology*, vol.6, no:3, pp.277-287, 1979.
- ASCARD, J. 1990. Weed control in ecological vegetable farming. In A. Granstedt (ed). *Proceedings of the Ecological Agriculture, Nordiske Jordbrugsforskeres Forening, Seminar*, 166, 178-184.
- ATIŞ, E., 2005. *Türkiye’de Tarım ve Çevre, Tarım ve Köyişleri Bakanlığı-Türkiye’de Tarım*.
- BAGHURST, D. R. and MINGOS, D. M. P., 1992. *Journal of Chemical Society and Chemical Communication*, 674-677.
- BALANIS, C., A., 1989. *Advanced Engineering Electromagnetics*, John Wiley&Sons Inc., USA.
- BANIK, S., BANDYOPADHYAY, S. and GANGULY, S., 2003. Bioeffects of microwave-a brief review. *Bioresource Technology* 87 (2003) 155-159.
- BAYAT, A.,1993. *Pestisit Uygulamalarında Drift Oluşumu ve Driftin Azaltılmasına Yönelik Görüşler*, 5. Uluslar Arası Tarımsal Mekanizasyon Kongresi Bildiri Kitabı, s. 337-346, 11-14 Ekim, Kuşadası, Türkiye.
- BEBAWI, E.F., COOPER, A.F., BRODIE, G.I. et al., “Effect of microwave radiation on seed mortality of rubber wine, parthenium and bellyache bush”, *Plant Protection Quarterly* vol.26, no.4, pp.136-142, 2007.
- BIGU-DEL-BLANCO, J., BRISTOW, J.M., and ROMERO-SIERRA, C., 1977. Effects of low-level microwave radiation on germination and growth rate in corn seeds. *Proceeding of IEEE*, Volume:65, Issue:7, p:1086-1088.
- BLASZCZAK, W., GRALIK, J., KLOCKIEWICZ-KAMINSKA, E., FORMAL, J., & WARCHALEWSKI, J. R., 2002. Effect of γ -radiation and microwave heating on endosperm microstructure in relation to some technological properties of wheat grain. *Nahrung/Food*, 46(2), 122–129.
- BRODIE G., RYAN, C. and LANCASTER, C., 2012. Microwave Technologies as Part of Integrated Weed Management Strategy: A Review. *International Journal of Agronomy* volume 2012, Article ID 636905.
- BRODIE, G., HAMILTON, S. And WOODWORTH, J.2007. “An assessment of microwave soil pasteurization for killing seeds and weeds,” *Plant Protection Quarterly*, vol. 22, no. 4, pp. 143–149, 2007.
- BUFFLER, CR. *Microwave cooking and processing: engineering fundamentals for the food scientist*. New York: Van Nostrand Reinhold; 1993.
- CHENG, D., K., 1992. *Field and Wave Electromagnetics*, Addison WesleyPublishing Company Inc. 1992, Canada.
- CHENG,W.M., RAGHAVAN, G.S.V., NGADI, M. and WANG, N. 2005. Microwave power control strategies on the drying process I. Development and evaluation of new microwave drying system. *Journal of Food Engineering* 76 (2006) 188–194.

- CRAMER, H.,H., 1967. Pflanzenschutz Und Weltcrente, Pflanzenschutz Nachrichten Bayer. Aus Der Abteilung Beratung Pflanzenschutz. Der Farken Fabriken, Bayer. A.G., Leverkusen.
- DAFF, Weeds, Australian Department of Agriculture, Fisheries and Forestry, 2006.
- DAVIS, F., WAYLAND, J., MERKLE, M., 1971. Ultrahigh-frequency electromagnetic fields for weed control: phytotoxicity and selectivity. *Science*, 173, 535–537.
- DECAREAU, R.V. Chapter one: History of the microwave oven. In: *Microwave foods: new product development*. Trumbull: Food & Nutrition Press, Inc.; 1992. p.1-46.
- DIPROSE, M. F. , BENSON, F. A. and 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*, vol. 50, no. 2, pp. 171–223, 1984.
- DURŞUN, E., 1996. Farklı İlaç Uygulama Yöntemlerinin Damla Sıklığına Etkilerinin Belirlenmesi. 6. Uluslararası Tarımsal Mekanizasyon ve Enerji Kongresi, 380-389, 2-6 Eylül, Ankara.
- FAKHOURI, M. O., and RAMASWAMY, H. S. (1993). Temperature uniformity of microwave heated foods as influenced by product type and composition. *Food Research International*, 26(2), 89– 95.
- FDA, US, Center for devices and radiological Health. Microwave oven radiation. U.S. Food and Drug Administration; 2000. www.fda.gov/cdrh/consumer.
- FENG, J.C., MENG, Q.U., LIU, Y., and DAI, L., Org. Prep. Proc. Int. **1997**, 29, 687-689.
- FERGEDAL, S., 1993. Weed Control by Freezing with Liquid Nitrogen and Carbon dioxide Snow; a Comparison Between Flaming and Freezing. *Communications of the 4th International Conference I.F.O.A.M. non-Chemical Weed Control*, Dijon, France, 163-166.
- FERRELL, J.A., MACDONALD, G.E., SELLERS, B., and RAINBOTT, C., 2007. Florida Cooperative Extension Service, Institute Of Food and Agricultural Sciences University Of Florida.
- FISHMAN, H. M., 1985. Cell membrane structure and fuction, Interaction between electromagnetic fileds and cells, 19-35. New York, N.Y.: Plenum Press.
- FUNAWATASHI, Y., & SUZUKI, T. (2003). Numerical analysis of microwave heating of a dielectric. *Heat Transfer-Asian Research*, 32(3), 227–236.
- FUNEBO, T., & OHLSSON, T. (1998). Microwave assisted air dehydration of apple and mushroom. *Journal of Food Engineering*, 38(3), 353–367.
- FUENTES, E., BAEZ, M., and LABRA, R., 2007. Parameters affecting microwave-assisted extraction of organophosphorus pesticides from agricultural soil. *Journal of Chromatograpy A*, 1169 (2007) 40-46.
- GEYDE, R., SMITH, F. K., WESTAWAY, ALI, H., BALDISERA, L., LABERGE L., ROUSELL, J., *Tetrahedron Lett.* 1986, 27, 279-283.
- GENTRY T.S., ROBERTS, J.S., 2004. Design and Evaluation of a continuous flow microwave pasteurization systems for apple cider. *Swiss Society of Food Science and Technology*, 2004.
- GIGUERE, R. J., BRAY, T. L., DUNCAN, S., MAJETICH, M. G. *Tetrahedron Lett.* 1986, 27, 4945-4949.
- GÜNCAN, A., 2006. Yabancı Otlar ve Mücadele Prensipleri. Selçuk Üniversitesi Ziraat Fakültesi. Konya.

- GÜNDÜZ Ş., KERSTING, U., KAHRAMANOĞLU, İ., 2006. Turunçgil Bahçelerindeki Yabancı Otlar ve Entegre Mücadele Yöntemleri, Akdeniz İhracatçı Birlikleri, Mersin, Türkiye.
- GUNESAKARAN, S., 1990. Grain drying using continuous and pulsed microwave energy. *Drying Technology*, 8(5), 1039–1047.
- HALLIDAY, D., RESNICK, R., KRANE, K., S., 2002. *Fundamentals of Physics*, John Wiley & Sons Inc., 2002, USA.
- HANSSON, D., ASCARD, J., 2002. Influence of developmental stage and time of assessment on hot water weed control. *Weed Res*;42(4):307–16.
- HANSSON, D., J., E., MATTSSON, 2003. Effect of air temperature, rain and drought on hot water weed control. *European Weed Research Society Weed Research* 43, 245-251.
- HANSSON, D., MATTSSON, J., E., 2002. Effect of drop size, water flow, wetting agent and water temperature on hot water weed control. *Crop Protection* 21, 773-781.
- HARTZLER R., G., and OWEN, M., D., K., 1995. *A Guide for Commercial Pesticide Applicators*. IOWA State University, Agricultural Weed Management Category 1A, CS-9, Revised, January 1995, s. 57.
- HEINIGER, R., W., 1999. Controlling Weeds in Organic Crops Through the Use of Flame Weeder. *Summer*, 6:17-19.
- HEISEL, T., SCHOU, J., ANDREASEN, C., CHRISTENSEN, S., 2002. Using laser to measure stem thickness and cut weed stems. *European Weed Research Society Weed Research* 42, 242-248.
- HEISEL, T., J. Schou, S. Christensen, C. Andreasen, 2001. Cutting Weeds with a CO_2 laser. *European Weed Research Society Weed Research*, 41, 19-29.
- HILL, A and ILSI Europe Microwave Oven Task Force. *Microwave Ovens*. Brussels: ILSI Europe; 1998.
- HUA, W., BENNETT, E., and LETCHER, R., 2006. Ozone treatment and the depletion of detectable pharmaceuticals and atrazine herbicide in drinking water sorced from the upper Detroit River Ontario Canada. *Water research* 40 (2006) 2259-2266.
- KANG, W., S., 2001. Development of a Flame Weeder. *American Society of Agricultural Engineers*. Vol.44 (5): 1065-1070.
- KRASEWSKI, A., W. and NELSON, S., O., 1995. Application of microwave techniques in agricultural research. *SBMO/IEEE MTT-S International Microwave And Optoelectronics Conference*, pp 117–126.
- KRAUSS, J., D., FLISCH, D., A., 1999. *Electromagnetics with Applications*, 5th Edn. McGraw-Hill, New York, 152 pp.
- KROKIDA, M. K., MAROULIS, Z. B., & SARAVACOS, G. D. 2001. The effect of the method of drying on the color of dehydrated products. *International Journal of Food Science & Technology*, 36(1), 53–59.
- KUANG, W., NELSON, S. O., 1998. Low-frequency properties of biological tissues: A review with some new insights. *American Society of Agricultural Engineers*, vol.41(1): 173-184.
- KURFESS, W., S., KLIESINGER, 2000. Effect of Hot Water on Weeds. *Proceedings 20 th German Conference on Weed 265 Biology and Weed Control*, Stuttgart-Hohenheim, 473- 477, Germany.

- LAUTENSCHLAGER, W., FLÖTER I.,SCHWEDT G., 1998. Labor Praxis-
Juli/August1998, 42-44.
- MATHIASSEN, K., BAK T., CHRISTENSEN S., KUDSK P., 2006. The Effect of
Laser Treatment as a Weed Control Method. *Biyosistem Engineering* 2006,
95(4), 497-505.
- MAVROGIANOPOULOS, G., N., FRANGOUDAKIS, A., PANDELAKIS, J., 2000.
Energy efficient soil disinfestations by microwaves. *Agricultural Engineering
Resources*, 75, 146–153.
- METAXAS,A., C. and MEREDITH R., J., 1993. *Industrial Microwave Heating*. IEE
Power Engineering Series 4, Peter Peregrinus Ltd., London.
- MUDGETT, R.E. 1986a. Electrical Properties of Foods “in, *Engineering Properties of
Foods*, Eds M.A. Rao and S.S.H. Risvi” Marcel Dekker, Inc., New York,
Basel, 544 sayfa.
- MULLIN, J., 1995. Microwave processing. In G. W. Gould (Ed.), *New methods of
food preservation* (pp. 112–134). Bishopbriggs, UK: Blackie Academic and
Professional.
- MUTAF, E., 1984. *Tarım Alet ve Makinaları, I. Cilt*, Ege Üniv. Ziraat Fak. Yayınları
No: 218, İzmir.
- NELSON, S., O., 1985. RF and microwave energy for potential agricultural
applications. *Journal of Microwave Power*, 20(2), 65–70.
- NELSON, S., O., 1996. A review and assessment of microwave energy for soil
treatment to control pests. *Transactions of the ASAE*, 39(1), 281–289.
- OHLSSON, T. Domestic use of microwave ovens. In: Macrae R, Robinson, RK and
Sadler, MJ, editors. *Encyclopaedia of food science food technology and
nutrition*. Vol. 2. London: Academic Press; 1993. p. 1232-1237.
- OLSEN, R., G.; HAMMER, W., C., 1982. Thermographic analysis of waveguide-
irradiated insect pupae. *Radio Science*, 17, 95–104.
- OLSEN, R., 1975. A theoretical investigation of microwave irradiation of seeds in
soil. *Journal of Microwave Power*, 10(3), 281–296.
- ORHUN, Ö., ve TANIŞLI, M., 2000. *Elektromanyetik Dalgalar*, Anadolu Üniversitesi
Yayınları..
- ÖNAL, İ. 1977. *Pamuk tarımında yabancı ot mücadelesi. 2. Tarımsal Mekanizasyon
Semineri*, İzmir.
- ÖNAL, İ. 1995. *Ekim, Bakım, Gübreleme Makinaları. Ders Kitabı*, Ege Üniv. Ziraat
Fak. Yayınları No: 490, İzmir.
- PARISH, S., 1990. *The West of Scotland College, Biological Agriculture and
Horticulture*, Vol. 7 pp. 117-137. A B Academic Publishers Printed in Great
Britain.
- PETHIG, R., KELL, D.B., 1987. The passive electrical properties of biological
systems. Their significance in physiology, biophysics and biotechnology *Phys.
Med. Biolo.*32:933-970.
- RAHKONEN, J., and JOKELA, H., 2003. Infrared radiometry for measuring plant
leaf temperature during thermal weed control treatment. *Biosystems
Engineering* (2003) 86 (3), 257-266.
- RANGASAMY, K., BALASUBRAMANION, M. and K. SWAMINATHON,
R.,1993. Evaluation of power weeder performance. *Ama* vol. 24 (4): 16-18.
- REVITT, D., M., ELLIS, J., B. and LLEWELLYN, N.R., 2002. Seasonal removal
herbicides in urban runoff. *Urban Water* 4 (2002) 13-19.

- SAGLAM, R., ŞAHİN, H., 2010. Doktora Semineri, Tarımsal Üretimde Alternatif Yabancı Ot Mücadele Yöntemleri ve Uygulamaları. Harran Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Ocak - 2010, Şanlıurfa.
- SALISBURY, F. B. and ROSS, C. W. 1992, *Plant Physiology*, Wadsworth, Belmont, California, USA, 4th edition.
- SARTORATO I., ZANIN G., BALDOIN, C., and ZANCHE, C., 2006. Observations on the potential of microwaves for weed control. *European Weed Research Society. Weed Reseach* 46,1- 9. 2006.
- SKILES, J.W., 2006. Plant response to microwaves at 2.45 GHz. *Acta Astronautica* 58 (2006) 258 - 263.
- SMILANIC, J., L.,GOUIN BEHE, T., MARGOSAN D., A., and BULL, C.,T., 1996. Pathogenicity on citrus of *Pseudomonas syringae* strains that control postharvest gren mold of citrus *Phytopathology* 86,33.
- SULAK M., T., 2012. I. Tarım Sağlığı ve Güvenliği Sempozyumu Çevresel ve Mesleki Riskler (2012) 260-265.
- TEKGÜLER, A., YILDIZ, T., 2009. 25. Tarımsal Mekanizasyon Kongresi.
- TOBİ, İ., SAĞLAM, R., ve BOZDOĞAN, M., 2009. Türkiye’de Tarımda Pestisit Uygulamaları. GAP IV. Tarım Kongresi (2009) 1501-1508.
- TOBİ, İ., MALASLI, Z., SAĞLAM, R. ve ATAY, Ü., 2009. Organik Tarımda Yabancı Ot Kontrolü ve Mekanizasyonu. 1. GAP Organik Tarım Kongresi (2009) 950-956.
- THOSTENSON, E.T., and CHOU, T.W., 1999. Microwave processing: fundamentals and applications. *Microwave Processing Part A30* (1999) 1055-1071.
- UYGUR F., N., UYGUR, S., ve KOLÖREN, O., 2001. Turunçgillerde Yabancı Otlar ve Entegre Mücadelesi. Türkiye Turunçgil Bahçelerinde Entegre Mücadele, TÜBİTAK Türkiye Tarımsal Arastırma Projesi Yayınları, Adana 2001, ss.121-157.
- VADIVAMBAL, R., JAYAS, D.S., 2007. Changes in quality of microwave-treated agricultural products-a review. *Biosystems Engineering* 98 (2007) 1-16.
- VADIVAMBAL, R., JAYAS D.S., 2010. Non-uniform Temperature Distribution During Microwave Heating of Food Material. *Food Bioprocess Technology* (2010) 3:161-171.
- VENKATESH, M.S. and RAGHAVAN, G.S.V, 2004. An Overview of Microwave Processing and Dielectric Properties of Agri-food Materials. *Biosystems Engineering* (2004) 88 (1), 1–18.
- VALE, S. 1998. Mechanical Weeder Uses Compressed Air. *Vegetable Farmer*, Act Publishing, Maidstone, UK, (August), 24-26.
- VELAZQUEZ, B., GRACIA-LOPEZ, C., and PUERTA, R., 2008. Work conditions for microwave applicators desined to eliminate undesired vegetation in a field. *Biosystems Engineering*, 100(2008), 31–37.
- VELAZQUEZ, B., GRACIA-LO PEZ, C., PLAZA GOZOLEZ, P. J., 2005. Determination of dielectric properties in the agricultural soils. *Biosystems Engineering*, 91(1), 119–125.
- VIDMAR, M., 2005. An Improved Microwave Weed Killer. *Microwave Journal* October 1, 2005.

- VOLLMER, M. (2004). Physics of the microwave oven. www.iop.org/journals/physed.
- WARCHALEWSKI, J. R., GRALIK, J., WOJTASIAK, R. Z., ZABIELSKI, J., and KUSNNIERZ, R. (1998). The evaluation of wheat grain odour and colour after gamma and microwave irradiation. *Electronic Journal of Polish Agricultural Universities*, 1(1), 1-11.
- WAYLAND, J., and MENGES, M., 1973. *Weed Research*, 1975, Volume 15, 1-5.
- WHITE, G., BOND, B. and PINEL, M., 2000. Return to the Age of Steam. *HDC News No. 61*, 12-14.
- WILES, T., 1994. Pesticide Application Equipment in Latin America; Report FAO/AGSE, Rome/Italy.
- YAĞCIOĞLU, A., 1993. Bitki Koruma Makineleri Ders Kitabı. Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları, No:508, İzmir.
- YING, G., and WILLIAMS, B., 2000. Dissipation of herbicides in soil and grapes in a South Australian vineyard. *Agriculture, Ecosystem and Environment* 78 (2000) 283-289.

ÖZGEÇMİŞ

Hasan ŞAHİN 1968 yılında Şanlıurfa’da doğdu. İlk ve orta öğrenimini burada tamamladı. Üniversite eğitimine 1986 yılında ODTÜ Gaziantep Mühendislik Fakültesi Elektrik-Elektronik Mühendisliği bölümünde başladı. Buradaki eğitimini yarıda bırakarak, 1994’te Harran Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Makine Mühendisliği bölümüne girdi. Makine Mühendisliği bölümünden 1997 yılında birincilikle mezun oldu. 2006 yılında Harran Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Makine Mühendisliği Ana Bilim Dalında Yüksek Lisansını tamamladı. 2007 yılında Harran Üniversitesi Şanlıurfa Meslek Yüksekokulunda Öğretim Görevlisi olarak göreve başladı. Halen aynı Yüksekokulda Makine ve Metal Teknolojileri Bölüm Başkanlığı ve Müdür Yardımcılığı görevlerini sürdürmektedir. İngilizce dil düzeyi; ÜDS-2010: 92.50, KPDS-2010: 80.

ÖZET

Herbisitler kullanılarak yapılan mücadele yöntemi, tarımsal alanlarda, yol kenarlarında, demiryolu ağlarında, hava meydanlarının yabancı otlardan temizlenmesine kadar birçok yerde kullanılmaktadır. Ancak, kimyasalların bu şekilde yaygın olarak kullanımı beraberinde çevresel bir kirlilik ve tehlikeyi de getirmektedir. Herbisitlerin çevresel zararları anlaşıldıktan sonra, özellikle organik tarım uygulamalarında yabancı ot mücadelesinde kimyasal olmayan yöntemlere ihtiyaç duyulmuştur.

Çalışmada, tarımsal üretimde önemli kayıplara neden olan yabancı otların, mikrodalga uygulanarak yok edilmesi yönteminin uygulanabilirliği araştırılmıştır. Yabancı ot çeşitlerinden olan yabancı hardal, yabancı yulaf ve tere gibi geniş ve dar yapraklı yabancı ot çeşitleri çimledikten sonra mikrodalga enerjiye maruz bırakılarak belirli aralıklarla izlenerek canlılığını kaybeden bitki oranları tespit edilmeye çalışılmıştır. Çimlendirilmiş yabancı ot bitkileri, 400 mm x 600 mm x 1200 mm boyutlarında ve toplam hacmi $V = 0.288 \text{ m}^3$ olan mikrodalga tüneline geçirilerek, 9.72 kW/m³, 7.29 kW/m³ ve 4.86 kW/m³ mikrodalga enerji yoğunluklarında mikrodalgaya tabi tutulmuştur. Hızı 0.010 m/s (0.35 km/h) ile 0.15 m/s (0.56 km/h) arasında 100 farklı değere ayarlanabilen hız kontrollü konveyör bant yardımıyla, beş farklı hızda ve 2800 W, 2100 W ve 1400 W gibi üç farklı güç düzeyinde uygulama yapılmıştır.

Deneyler süresince, mikrodalgaya maruz bırakılan örneklerle, karşılaştırma amacıyla mikrodalga uygulanmayan örnekler iklimlendirme dolabında 23±3 °C sıcaklık ve % 60±10 nemde tutularak ve belirli aralıklarla sulanarak izlenmiştir.

Çalışma sonucunda; mikrodalga enerjiye maruz kalma süresine, mikrodalga enerji yoğunluğuna (mikrodalga enerji güç seviyesine) ve bitki türüne bağlı olarak, yabancı ot bitkilerinde % 4 ile % 100 arasında değişen oranlarda canlılığını yitirmenin gerçekleştiği tespit edilmiştir.

Yabani yulaf bitkisinde, A güç düzeyi (2800 W), V1 (0.010 m/s) ve V2 (0.018 m/s) hızlarında mikrodalga uygulanması sonucu bitkilerin % 100'ü canlılığını yitirmiştir.

Aynı şekilde, B güç düzeyi (2100 W), V1 (0.010 m/s) hızında da yabani yulaf bitkilerinin % 100'ü ölmüştür. B (2100 W) ve C (1400 W) güç düzeyi V3 (0.050 m/s), V4 (0.090 m/s) ve V5 (0.15 m/s) hızlarında mikrodalga uygulaması sonucunda ise; bitkilerin tamamının canlılığını korumuştur.

Yabani hardal bitkisinde, % 90 ve daha fazla ölüm oranları A ve B güç düzeyi, V1 (0.010 m/s) ve V2 (0.018 m/s) hızlarında mikrodalga uygulanması sonucu elde edilmiştir. Ancak, yabani yulaf bitkisinin aksine, A (2800 W), B (2100 W) ve C (1400 W) güç düzeyi ve V3 (0.050 m/s), V4 (0.090 m/s) ve V5(0.15 m/s) hızlarında da bitkilerde % 4 ile % 47 arasında değişen oranlarda canlılığını yitirme gerçekleşmiştir.

Tere bitkisinde, % 45-70 civarlarında canlılığını yitirme oranlarının gerçekleşmesi A (2800 W) ve B (2100 W) güç düzeyi V1 (0.010 m/s) ve V2 (0.018 m/s) hızlarında mikrodalga uygulanması sonucu elde edilmiştir. Ancak, C (1400 W) güç düzeyi V1(0.010 m/s), V2 (0.018 m/s), V3 (0.050 m/s), V4 (0.090 m/s) ve V5(0.15 m/s) hızlarında ve B (2100) güç düzeyi V4 ve V5 hızlarında bitkilerin tamamının canlılığını koruduğu gözlenmiştir.

SUMMARY

Herbicides are being used as a method of weed struggle in agricultural areas, roadsides, railway networks, airports in many places to remove weeds. However, the use of these chemicals widely, cause the environmental pollution. After the environmental damage of herbicides have been understood, particularly in organic farming, non-chemical weed control methods were required.

In this study, the applicability of microwave weed control method for the destruction of weeds which cause significant losses in agricultural production was investigated. Some kind of wide and narrow-leaved weeds like charlock, wild oats, cress and arugula, was exposed to microwave energy a few days after germination and vitality rates of plants were determined. Germinated weeds were passed through a speed control microwave tunnel which has 400 mm x 600 mm x 1200 mm dimensions and volume of $V = 0.288$ cubic meter and $9.72 \text{ kW} / \text{m}^3$, $7.29 \text{ kW} / \text{m}^3$, $4.86 \text{ kW} / \text{m}^3$ microwave energy density levels. Microwave process has been applied with the help of adjustable speed control of conveyor belt which has a speed ranges changing from $0.010 \text{ m} / \text{s}$ ($0.35 \text{ km} / \text{h}$) to $0.15 \text{ m} / \text{s}$ ($0.56 \text{ km} / \text{h}$) of 100 different speed values.

During the experiments, the samples were exposed to microwaves and the samples were not exposed to microwaves (for comparison) were kept in an incubator at $23 \pm 3 \text{ }^\circ\text{C}$ temperature and $60 \pm 10 \%$ humidity, irrigated and observed regularly.

Death rates of weeds from 4 % to 100 % were determined, depending on the duration of exposure to microwave energy, weed species and the microwave energy density (power level of microwave energy).

As a result of microwave exposure to wild oat plants at A (2800 W) power level and V1(0.010 m/s) and V2 (0.018 m/s) speed the 100 % of wild oat plants lost their vitality.

Similarly, at B power level (2100 W), and V1(0.010 m/s) speed; the 100 % of the wild oat plants died.

As a result of microwave exposure at B (2100 W) and C (1400 W) power level and V3 (0.050 m/s), V4 (0.090 m/s) and V5 (0.15 m/s) speeds, all of the experimental plants stayed alive.

As a result of the exposure of the microwave at power level of A (2800 W) and B (2100 W) and speed level of V1 (0.010 m/s) and V2 (0.018 m/s), more than 90% of wild mustard plant mortality rates were obtained. However, in contrast to wild oat plant, at A, B and C, the power level and V3 (0.050 m/s), V4 (0.090 m/s) and V5(0.15 m/s) speeds rates, the 47% to 4% of the wild mustard plants have died.

The mortality rates of 45-70% occurred in the cress plant as a result of the microwave exposure at A (2800W) and B (2100 W) power level and V1, V2 speed rates. However, at the power level of C with V1 (0.010 m/s), V2 (0.018 m/s), V3 (0.050 m/s), V4 (0.090 m/s) and V5 (0.15 m/s) speeds and at power level B with V4 (0.090 m/s) and V5 (0.15 m/s) speeds, the vitality of almost all of the plants were observed.