

Mikrodalga uygulanan su bitkileri öldürür mü? - Farklı Sterilizasyon Yöntemlerinin Toprak Biyolojik Aktivitesine Etkisi*

Ali COŞKAN Murat ÇELİK

Süleyman Demirel Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü, Isparta
Sorumlu yazar: alicoskan@sdu.edu.tr

Geliş tarihi: 23.01.2014, Yayına kabul tarihi: 04.07.2014

Özet: Birçok alternatife oranla, mikrodalga yardımıyla enerjinin ısıya çevrilmesinin daha verimli olması nedeniyle, mikrodalga fırınların kullanım alanı oldukça yaygındır. Ancak teknolojiye her yeni gelişmeye, insan sağlığını olumsuz etkileyebileceği gerekçesiyle temkinli yaklaşılmaktadır. Bundan başka basında yer alan ve bilimsel gerçeklere dayanmayan haberler kullanıcıların endişesini daha da artırmaktadır. Bu haberlerden birisi olan, mikrodalga ile ısıtılıp soğutulmuş suyla sulanan bitkinin 7 gün içinde öldüğünü gösteren haber, bu asılsız haberlerden sadece birisidir. Basında yer alan bu ve benzeri haberleri test etmek amacıyla saksılarda kurulan denemede, mikrodalga uygulamasının da dahil olduğu farklı sterilizasyon yöntemleri uygulanmış topraklar saksılara yerleştirilerek mısır bitkisi ekilmiş ve bu saksılar yine farklı sterilizasyon yöntemleri uygulanan su ile sulanmıştır. Deneme süresince bitkilerin tümü yaşamını sürdürmüş, mikrodalga ile ısıtılıp soğutulan su da, toprak da bitkinin ölmesine neden olmamış ve hatta uygulamalar bitkinin kök üstü kuru ağırlığında istatistiksel fark dahi oluşturmamıştır. En düşük yeşil aksam kuru ağırlığı 3,84 g/bitki bulunurken en yüksek değer 5,56 g/bitki olarak belirlenmiştir. Bitkiler hasat edildikten sonra alınan toprak örneklerinde belirlenen biyolojik aktivite parametreleri, beklenenin aksine, kimi sterilizasyon uygulamalarda biyolojik aktivite değerleri kontrolden dahi daha yüksek çıkmıştır.

Anahtar kelimeler: Mikrodalga, sterilizasyon, biyolojik aktivite.

Does Microwave Applied Water Kill the Plants? - Influence of Different Sterilization Techniques on Soil Biological Activity

Abstract: Usage of microwave oven is widespread due to its more efficient converting capabilities of electric energy to the heat, comparing to the other alternatives. However, considering the possible harmful effect of new developments on technologies, human are hesitating to use them. Moreover, news in the media which are not based on scientific facts is increasing apprehension of users. One of this news are mentioning about the lethal effects of microwave oven-sterilized water on the plants. According to this news plants have been killing by that water within 7 days. A pot trial conducted in order to test the news published in the media. Soils were sterilized by microwave oven as well as some other techniques, afterwards pots filled-up with this soil, and then corn seeds have been sown. These pots irrigated by either sterilized or non-sterilized water. Throughout the experiment, all plants are survived. Neither microwave-sterilized-soil nor microwave-sterilized-water was caused the lethal effect on the plants. Even no statistical differences were observed on shoot dry weight. The lowest shoot dry weight observed as 3.84 g plant⁻¹ whereas the highest value was 5.56 g plant⁻¹. In contrary to expectations, the biological activity parameters of post-harvest soil samples were higher in sterilized soils than control.

Keywords: Microwave, sterilization, biological activity.

* Bu çalışma TÜBİTAK tarafından 2209 kodlu proje desteği kapsamında desteklenmiştir.

Giriş

Yeni teknoloji ürünleri bir yandan insan hayatını kolaylaştırırken diğer yandan öngörülme­yen çeşitli zararlara da neden olabilmektedir. Sözü edilen teknolojik gelişmenin olası yan etkileri kimi zaman hemen ortaya çıkmamakta, kullanımından bir süre sonra zararları belirlenmektedir. Kimi zaman da hiçbir yan etki olmadığı halde, yapay yan etkiler, bilimsel gerçeklere dayanmayan kurgular kulaktan kulağa dolaşmaktadır. Bu tür gerçekle ilgisi olmayan haberlerden birisi de mikrodalga fırınların tehlikelerinden söz eden haberlerdir. Bu çalışmanın ana amacı mikrodalga fırınların zararlı olmadığını ispat etmek değildir ancak bu çalışma ile kamuoyunda mikrodalga fırınların abartıldığı kadar tehlikeli olmadığı da ortaya konmaktadır.

Sıcaklık uygulaması evlerde besinlerin pişirilmesi dışında sanayide ve laboratuvarlarda bir çok başka amaçla da kullanılmaktadır. Örneğin laboratuvarlarda sıcaklık ile sterilizasyon uygulaması çok yaygındır. Toprakların laboratuvar ölçeğinde steril edilmesinde yaygın olarak kullanılan bir çok yöntem bulunmaktadır ve bu yöntemlerin birbirlerine göre olumlu ve olumsuz yönleri vardır. Mikrodalga fırınlar ise mantar, virüs, aerob ve anaerob bakteriler ile bunların sporlarını öldürmede kolaylıkla kullanılabilir (Rohrer and Bulard; 1985). Ancak Dr. Hans Hertel tarafından yürütüldüğü iddia edilen ve fotoğrafı bir çok sitede yer alan çalışmada (Anonim, 2014a, b, c), mikrodalga fırında ısıtılıp soğutulan su ile sulanan bitkilerin 7 günün sonunda öldüğü, mikrodalga fırınların insan sağlığı yönünden çok tehlikeli olduğunu bildirmektedir (Şekil 1). Bu fotoğraf dizisi internet ortamında bir çok sitede yer almaktadır.

Bu çalışmada 4 farklı sterilizasyon uygulaması ile steril edilmiş ve edilmemiş sularla sulama sonucunda topraktaki biyolojik aktivitenin nasıl değiştiği belirlenmiştir.

Sterilizasyon özellikle patojen mikroorganizmaların bulaştığı ortamlarda kullanılmakta; medikal endüstrisinde, gıda ve tarım sektöründe sterilizasyona sıklıkla

başvurulmaktadır. Zararlı mikroorganizmalarla ve onların biyolojik aktiviteleri ile fiziksel ve kimyasal yöntemlerle mücadele edilebilir. Bu yöntemler sıcaklık uygulaması, kimyasal solüsyonlar, gazlar ve ultraviyole ışınlar şeklindedir (Park, 2004).



Şekil 1. Mikrodalga fırının öldürücü etkisine ilişkin fotoğraf (Anonim, 2014b, c)

Figure 1. The picture representing fatal effects of microwave oven (Anonymous, 2014b, c)

Topraktaki zararlı canlıların öldürülmesi için toprakların steril edilmesi sıklıkla uygulanan bir uygulamadır. Bu konuda çeşitli uygulamalar bulunmaktadır. Gerek laboratuvar ortamında gerekse tarımsal işletmelerde farklı uygulamalar kullanılmaktadır. Çok fazla enerji gerektirdiği için, toprakların üstünün naylonla örtülmesi dışında sıcaklık uygulaması kullanılmamaktadır.

Ancak ülkemizde de yaygınlaşmaya başlayan mikrodalga ısıtma-pişirme cihazları bu amaçla kullanılabilir. Son zamanlarda internet ortamında da sıkça adından da söz edilmekte olan mikrodalga fırınların insan sağlığına olumsuz etkili olduğu yönündeki tezler bu çalışmanın yürütülmesine temel oluşturmuştur. Son zamanlarda mikrodalga fırınların zararlı olduğuna ilişkin çok sayıda gazete haberi yapılmaya başlanmıştır. Ancak Latimer ve Matsen (1977)'e göre mikrodalga fırın ile sterilizasyon enerjiden, zamandan kazanım ve avantaj sağlar, maliyeti de düşüktür, pratiklik temin eder. Mikrodalga ısıtma yöntemi ile sterilizasyon yöntemi gıda ürünlerinin üretim ve paketlenme aşamalarında kullanılabilir ve en sık rastlanılan bakterilerden olan

Escherichia coli ve *Salmonella typhimurium* mikrodalga fırın ile elimine edilebilir. Çakı (2009)'a göre mikrodalga fırının zararlı etkileri olmadığı gibi ülkemizde de yaygın kullanılmadığını, enerji tasarrufu sağlayan bu sitemin sanayide de yaygın olarak kullanılması gerektiğini vurgulamaktadır. Bu çalışma ile mikrodalga fırında, etüvde ve otoklavda steril edilen topraktaki mikroorganizma faaliyeti ile steril edilmeyen topraktaki mikroorganizma faaliyetleri karşılaştırılmıştır.

Materyal ve Yöntem

Materyal

Deneme, SDÜ, Ziraat Fakültesi Araştırma istasyonundan alınan, 2 mm'lik elekten geçirilen topraklar ile iklim odası koşullarında yürütülmüştür. Deneme toprağının tekstür sınıfı siltli kil, organik madde kapsamı %1, kireç içeriği %28, pH 8,2 olarak belirlenmiştir. Kullanılan toprağın tuzluluk, alkalilik, drenaj ve benzeri problemi bulunmamaktadır. Bitki materyali olarak Isodoro çeşidi mısır tohumları kullanılmıştır.

Yöntem

Deneme planında (Çizelge 1) belirtildiği üzere tüm saksıların 1/4'ündeki topraklara hiçbir sterilizasyon uygulaması yapılmamış ve bu saksılar "Kontrol" olarak etiketlenmiştir. Saksılara yerleştirilen toprakların 1/4'ü otoklavda, 121 °C'de yarım saat süreyle steril edilmiştir. Diğer 1/4'ü ise etüvde, 160 °C sıcaklıkta, 2 saat süreyle steril edilmiştir. Geri kalan saksılardaki topraklar ise mikrodalga fırında tam enerjide yarım saat süreyle tutulmuştur. Tüm saksılar yine deneme planında (Çizelge 1) belirtildiği üzere sterilize edilmiş ve edilmemiş suyla sulanmıştır. Saksıların sulanmasında steril edilmemiş, otoklavda steril edilmiş ve mikrodalga fırında steril edilmiş su kullanılmıştır. Mikrodalga fırın ile steril edilmiş su olarak, 3 gün üst üste aynı saatte yarım saat süreyle tam güçte kaynatılan su kullanılmıştır. Deneme 3 tekerrürlü olarak kurulmuş, her saksıya 2400 gr fırın kuru toprak olacak şekilde taze toprak uygulamalar yapıldıktan sonra konulmuştur. Bitkiler vejetatif gelişimlerini

tamamladıktan sonra hasat edilmiş, kök ve gövde olarak ayrı ayrı ağırlıkları alınmıştır. Deneme sonunda topraklarda dehidrogenaz, üreaz, karbondioksit üretimi ve mikroorganizma sayımı gerçekleştirilmiş, elde edilen sonuçlar MSTAT-C paket programı yardımıyla istatistiksel analize tabi tutulmuştur. Analizlerden dehidrogenaz enzimi analizi Thalmann (1967)'a; üreaz enzimi analizi Hoffmann ve Teicher (1961)'e; karbondioksit üretimi Isermayer (1952)'e; mikroorganizma sayımları ise Gürgün ve Halkman (1988)'a göre yapılmıştır.

Bulgular ve Tartışma

Belirlenen Parametreler arasındaki İlişkiler

Araştırmaya konu edilen parametreler arasında belirlenen ilişkiler Çizelge 2'de verilmiştir. Çizelge 2'de yer alan parametreler arasındaki ilişkiler incelendiğinde bitkinin biyomas ağırlıkları ile belirlenen parametreler arasında istatistiksel anlamlı bir ilişki bulunmadığı görülmüştür. Toprağın CO₂ üretiminin p<0,001 düzeyinde atkinomiset sayısı ile; p<0,01 düzeyinde ise bakteri sayısı ve üreaz enzimi aktiviteleri ile ilintili olduğu belirlenmiştir. Dehidrogenaz enziminin solunumda görev yapan bir enzim olması nedeniyle, CO₂ üretimi ile ilişkili olan parametrelerin dehidrogenaz enzimi aktivitesi ile de ilişkili olması beklendiği halde çalışmada böyle bir paralellik gözlenmemiştir. Dehidrogenaz enzimi (DHA) ile CO₂ üretimi arasında çeşitli nedenlerle, kimi zaman ilişki olmayabileceği Beck (1984) tarafından bildirilmiştir. Çizelgeden ayrıca atkinomiset sayısı ile üreaz enzimi arasında p<0.01 düzeyinde ilişki olduğu, diğer deyişle bu çalışmada üreaz enzimi üretiminde atkinomisetlerin daha etkili olduğu bulunmuştur. Bakteri sayısı ile atkinomiset sayısı arasında da p<0,01 düzeyinde ilişki belirlenmiştir.

Bitkinin Kök ve Yeşil Aksam Kuru Ağırlıkları

Deneme sonrası hasat edilen bitkilerin kök kuru ağırlıkları Çizelge 3'te, yeşil aksam kuru ağırlıkları ise Çizelge 4'te verilmiştir.

Çizelge 1. Deneme deseni
Table 1. Experimental design

Toprak sterilizasyonu uygulaması <i>Sterilization application to soil</i>	Sulama suyu sterilizasyon uygulaması <i>Irrigation water sterilization application</i>
	Normal suyla sulanmış <i>Irrigated with non-sterile water</i>
Steril Değil <i>Non-sterile</i>	Otoklavda steril edilmiş suyla sulanmış <i>Irrigated with autoclave-sterlized water</i>
	Mikrodalgada 3 kez kaynatma işlemi uygulanmış suyla sulama <i>Irrigated with 3 times microwave-sterlized water</i>
	Normal suyla sulanmış <i>Irrigated with non-sterile water</i>
Otoklavda steril edilmiş <i>Sterilized by autoclave</i>	Otoklavda steril edilmiş suyla sulanmış <i>Irrigated with autoclave-sterlized water</i>
	Mikrodalgada 3 kez kaynatma işlemi uygulanmış suyla sulama <i>Irrigated with 3 times microwave-sterlized water</i>
	Normal suyla sulanmış <i>Irrigated with non-sterile water</i>
Etüvde steril edilmiş <i>Sterilized with etuve</i>	Otoklavda steril edilmiş suyla sulanmış <i>Irrigated with autoclave-sterlized water</i>
	Mikrodalgada 3 kez kaynatma işlemi uygulanmış suyla sulama <i>Irrigated with 3 times microwave-sterlized water</i>
	Normal suyla sulanmış <i>Irrigated with non-sterile water</i>
Mikrodalgada steril edilmiş <i>Sterilized by microwave</i>	Otoklavda steril edilmiş suyla sulanmış <i>Irrigated with autoclave-sterlized water</i>
	Mikrodalgada 3 kez kaynatma işlemi uygulanmış suyla sulama <i>Irrigated with 3 times microwave-sterlized water</i>

Çizelge 2. Belirlenen parametreler arasındaki korelasyonlar
Table 2. Correlations between determined parameters

	Kök ağırlığı <i>Root weight</i>	Yeşil a. ağırlığı <i>Shoot weight</i>	CO ₂ <i>CO₂</i>	DHA <i>DHA</i>	Üreaz <i>Urease</i>	Mantar <i>Fungi</i>	Bakteri <i>Bacteria</i>
Yeşil a. a. <i>Root weight</i>	-0,1007						
CO ₂ <i>CO₂</i>	0,0043	0,1426					
DHA <i>DHA</i>	0,2075	-0,2009	0,0179				
Üreaz <i>Urease</i>	-0,1273	0,0527	0,7538**	0,0016			
Mantar <i>Fungi</i>	-0,5655	0,2322	0,3169	0,0325	0,4583		
Bakteri <i>Bacteria</i>	-0,0453	0,3371	0,8031**	-0,4599	0,5228	0,1487	
Aktinomiset <i>Actinomycetes</i>	-0,2215	0,1212	0,8762***	-0,2126	0,7907**	0,5008	0,8116**

*** p<0,001 ** p<0,01 * p<0,05

Çizelge 3. Farklı sterilizasyon yöntemlerinin bitkinin kök kuru ağırlığına etkisi (g/bitki)
 Table 3. Influence of different sterilization techniques on root dry weight (g/plant)

		Sulama Suyu - Irrigation water			
		Normal su Non sterile	Otoklav Autoclave	Mikrodalga Microwave	Ortalama Average
Toprak - Soil	Steril edilmemiş Non sterile	0,27 c	0,32 bc	0,51 ab	0,36 B
	Otoklav Autoclave	0,42 abc	0,54 a	0,50 ab	0,48 A
	Etüv Etuve	0,43 abc	0,41 abc	0,23 c	0,36 B
	Mikrodalga Microwave	0,24 c	0,25 c	0,43 abc	0,31 B
	Ortalama Average	0,34 A	0,38 A	0,42 A	

Çizelge 4. Farklı sterilizasyon yöntemlerinin bitkinin yeşil aksam kuru ağırlığına etkisi (g/bitki)
 Table 4. Influence of different sterilization techniques on shoot dry weight (g/plant)

		Sulama Suyu - Irrigation water			
		Normal su Non sterile	Otoklav Autoclave	Mikrodalga Microwave	Ortalama Average
Toprak - Soil	Steril edilmemiş Non sterile	4,39 a	5,56 a	3,84 a	4,59 A
	Otoklav Autoclave	5,09 a	4,63 a	4,73 a	4,82 A
	Etüv Etuve	4,52 a	4,11 a	4,08 a	4,24 A
	Mikrodalga Microwave	4,16 a	5,52 a	4,99 a	4,89 A
	Ortalama Average	4,54 A	4,95 A	4,41 A	

Kök kuru ağırlığı yönünden istatistiksel en yüksek değer otoklavda steril edilmiş toprak ve sulama suyunun kullanıldığı uygulamadan elde edilmiştir. Toprak sterilizasyonunda denemeye konu edilen uygulamalardan sadece otoklav ile sterilizasyon daha yüksek değerler vermiş, diğerleri arasında fark bulunmamıştır. Bitki kök ağırlığı yönünden sulama suyunun sterilizasyon tekniğinin etkisi görülmemiştir. Kullanılan sterilizasyon uygulamaları arasında otoklav, buhar kullanması nedeniyle diğerlerinden farklıdır. Sonuçlardan anlaşılacağı üzere buharlı sterilizasyon toprakta ve sulama suyu bitki köklerinin daha iyi gelişmesine neden olan bir dizi değişime neden olmaktadır. Bu değişim kök gelişimini olumsuz etkileyen organizmaların eliminasyonu sonucu olabileceği gibi, bazı organik substratların parçalanarak besin elementlerinin bitkiye yararlılığının artması şeklinde de olabilir.

Diğer taraftan sulama suyunun düşük organik madde ve mineral besin elementi içermesi nedeniyle, sterilizasyon uygulamalarından etkilenmediği, bu nedenle de uygulamalar arasında sulama suyu uygulanan sterilizasyon tekniği yönünden istatistiksel farkların oluşmadığı söylenebilir.

Bitkinin yeşil aksam biyomas verimine ilişkin değerler incelendiğinde uygulamalar arasında sayısal farklar olduğu görülmüştür. Ancak bu farklar istatistiksel olarak anlamlı değildir. Bu durum özellikle mikrodalga uygulaması gibi her noktaya homojen enerji uygulanamayan tekniklerde daha ön plana çıkmaktadır. Her ne kadar mikrodalga fırında enerjinin uniform olarak her yöne ulaşması için fırın içindeki sehpa dönse de (Anonim, 2009), gerek fırına konulan materyalin her noktasının mikrodalga kaynağına aynı uzaklıkta olmayışı ve gerekse materyal içerisinde homojen

olmayan nem dağılışı, her noktada eşit ısınmaya olanak vermemektedir. Bunun sonucu olarak belirlenen değerler arasında yüksek varyasyon meydana gelmekte ve ortalama değerlerde gözlenen farkların istatistiksel önemleri kaybolmaktadır. Bu olumsuzluk daha küçük miktarlarda toprağın mikrodalga fırına konulması ile aşılabilsede, birim zamanda steril edilecek toprak

miktarı göz önüne alındığında pratik değildir.

CO₂ üretimi ile dehidrogenaz ve üreaz enzimi aktiviteleri

Deneme sonucu topraklarda belirlenen CO₂ üretimi değerleri Çizelge 4'te, dehidrogenaz enzimi aktivitesi değerleri Çizelge 5'te ve üreaz enzimi aktivitesi değerleri Çizelge 6'da verilmiştir.

Çizelge 5. Farklı sterilizasyon yöntemlerinin toprağın CO₂ üretimine etkisi (mg CO₂/100 g.24 h)

Table 5. Influence of different sterilization techniques on CO₂ production of soil (mg CO₂/100 g.24h)

		Sulama Suyu – Irrigation water			
		Normal su Non sterile	Otoklav Autoclave	Mikrodalga Microwave	Ortalama Average
Toprak - Soil	Steril edilmemiş Non sterile	12,1 cde	11,8 cde	11,3 cde	11,7 B
	Otoklav Autoclave	10,6 de	13,1 bcd	13,6 bc	12,4 B
	Etüv Etuve	9,6 e	12,3 cde	10,9 cde	10,9 B
	Mikrodalga Microwave	15,3 b	12,8 bcd	18,2 a	15,5 A
	Ortalama Average	11,9 B	12,5 AB	13,5 A	

Çalışmada en yüksek CO₂ üretimi mikrodalga fırınla steril edilmiş toprak ve su uygulamasından elde edilmiştir. Bu durum büyük olasılıkla mikrodalga ile yapılmaya çalışılan sterilizasyonun diğer sıcaklık uygulamalarına göre daha başarısız olmasından, bunun sonucu elimine edilemeyen mikroorganizmaların solunuma devam etmesinden kaynaklanmaktadır. Belirlenen parametreler arasındaki ilişkilerin yer aldığı Çizelge 2 incelendiğinde, CO₂ üretimi ile mantar sayısı arasında ilişki olmadığı görülmektedir. Ayrıca mantar, bakteri ve aktinomiset sayılarının yer aldığı Çizelge 8, 9 ve 10 incelendiğinde, mantar sayıları yönünden uygulamalar arasında belirgin farklar bulunmazken, en yüksek bakteri ve aktinomiset sayısı mikrodalga uygulanan varyantlarda belirlenmiştir. Mantarlar, bakterilere oranla daha kısa sürede ve daha düşük sıcaklık uygulamasında ölmekte iken bakterilerin özellikle spor formları ancak mutlak sterilizasyon koşullarında elimine edilebilmektedir. Bu nedenle mikrodalga

uygulamalarında CO₂ üretiminde mantarların etkili olmadığı, bunun yerine aktinomiset ve bakterilerin etkili olduğu söylenebilir. Benzer biçimde, ortalama değerler itibariyle hem toprağa hem sulama suyuna uygulanan teknikler arasında en yüksek CO₂ üretimi mikrodalga uygulamalarından elde edilmiştir.

Uygulamaların dehidrogenaz enzimi aktivitesine ilişkin tüm değerler incelendiğinde uygulamaların birçoğunda istatistiksel olarak anlamlı yüksek değerler olduğu, değerlerin 160 ile 1278 arasında, oldukça geniş bir aralıkta değiştiği görülmüştür. Ortalama değerler itibariyle sulama suyu uygulamaları incelendiğinde en yüksek değerlerin normal su ve otoklavda steril edilmiş su uygulamalarından elde edildiği belirlenmiştir. Steril edilmeyen su ile sulanan bitkilerde daha yüksek değerlerin belirlenmesi, sulama suyundan gelmesi olası mikroorganizmalar göz önüne alındığında doğaldır. Ancak otoklav ile steril edilmiş suyun kullanıldığı uygulamada yüksek değer belirlenmiş olmasını açıklamak güçtür. Bu

durumun basit bir analiz hatası olarak görülmesi olası ise de benzer durumun ortalama değerler itibariyle otoklavla steril edilmiş toprağın kullanıldığı uygulamada görülmesi bu olasılığı ortadan kaldırmaktadır. Zira en yüksek ortalama dehidrogenaz enzimi aktivitesi otoklav ile steril edilmiş toprakta belirlenirken, bunu steril edilmeyen toprak izlemiştir. Otoklavda sterilizasyonun özellikle mineral azot miktarında artışa neden olması bu topraklarda mikroorganizmaların çoğalmasını hızlandırdığı bilinmektedir.

Buna bağlı olarak deneme sonunda, başlangıçta otoklav ile steril edilen topraklarda daha fazla dehidrogenaz enzimi aktivitesi belirlenmiş olması açıklanabilir bir durumdur. Ancak, her ne kadar Beck (1984)'in dehidrogenaz enzimi ile CO₂ üretimi arasında her zaman paralellik bulunmayabilir bildirim olsa da bu kadar yüksek dehidrogenaz enzimi aktivitesine rağmen benzer CO₂ üretimlerinin gerçekleşmemiş olması ilginç bir konu olup araştırılması gerek bir başka husustur.

Çizelge 6. Farklı sterilizasyon yöntemlerinin toprağın dehidrogenaz enzimi (DHA) aktivitesine etkisi ($\mu\text{g TPF} / 100 \text{ g} \cdot 24 \text{ h}$)

Table 6. Influence of different sterilization techniques on dehydrogenase(DHA) activity of soil ($\mu\text{g TPF} / 100 \text{ g} \cdot 24 \text{ h}$)

		Sulama Suyu – Irrigation water			
		Normal su Non sterile	Otoklav Autoclave	Mikrodalga Microwave	Ortalama Average
Toprak – Soil	Steril edilmemiş Non sterile	1189 a	616 b	599 b	801 B
	Otoklav Autoclave	1158 a	1278 a	1080 a	1172 A
	Etüv Etuve	160 c	1053 a	168 c	460 C
	Mikrodalga Microwave	1167 a	183 c	161 c	504 C
	Ortalama Average	918 A	782 A	502 B	

Çizelge 7. Farklı sterilizasyon yöntemlerinin toprağın üreaz enzimi aktivitesine etkisi ($\mu\text{g N/g} \cdot 3 \text{ h}$)

Table 7. Influence of different sterilization techniques on urease activity of soil ($\mu\text{g N} / \text{g} \cdot 3\text{h}$)

		Sulama Suyu – Irrigation water			
		Normal su Non sterile	Otoklav Autoclave	Mikrodalga Microwave	Ortalama Average
Toprak - Soil	Steril edilmemiş Non sterile	9,6 cd	5,8 d	11,2 cd	8,9 BC
	Otoklav Autoclave	8,1 cd	6,1 d	21,9 ab	12,1 B
	Etüv Etuve	8,1 cd	5,9 d	6,0 d	6,7 C
	Mikrodalga Microwave	27,6 a	17,1 bc	22,4 ab	22,3 A
	Ortalama Average	13,4 A	8,7 B	15,4 A	

Üreaz enzimi aktivitesinin yer aldığı Çizelge 7 incelendiğinde, en yüksek değer mikrodalga ile steril edilmiş, normal su ile sulanmış varyanttan elde edildiği görülmüştür. Ortalama değerler itibariyle sulama suyuna yapılan uygulamalar

karşılaştırıldığında normal su ve mikrodalga ile steril edilmiş su otoklava oranla daha yüksek değerler göstermiştir. Yine ortalama değerler itibariyle toprağa yapılan uygulamalar incelendiğinde ise en yüksek değer mikrodalga ile steril edilen

Çizelge 8. Farklı sterilizasyon yöntemlerinin topraktaki mantar varlığına etkisi (x 10³ cfu/ g)
 Table 8. Influence of different sterilization techniques on fungi abundance of soil (x 10³ cfu/g)

		Sulama Suyu – Irrigation water			
		Normal su <i>Non sterile</i>	Otoklav <i>Autoclave</i>	Mikrodalga <i>Microwave</i>	Ortalama <i>Average</i>
Toprak - Soil	Steril edilmemiş <i>Non sterile</i>	237 a	465 a	122 a	275 A
	Otoklav <i>Autoclave</i>	2 a	290 a	4 a	99 A
	Etüv <i>Etuve</i>	128 a	90 a	52 a	90 A
	Mikrodalga <i>Microwave</i>	932 a	720 a	137 a	596 A
	Ortalama <i>Average</i>	325 A	391 A	79 A	

uygulamada, en düşük değerin ise etüv uygulamasında olduğu belirlenmiştir.

Mantar, bakteri ve aktinomiset sayıları

Plak sayım metodu ile belirlenen toprakların mantar, bakteri ve aktinomiset sayıları sırasıyla Çizelge 8, 9, ve 10'da verilmiştir.

Mantar sayılarının yer aldığı Çizelge 8 incelendiğinde uygulamalar arasında istatistiksel farkların olmadığı belirlenmiştir. Bu durum büyük olasılıkla mantarların diğer belirlenen mikroorganizmalara oranla daha düşük sıcaklıkta ölmesinden kaynaklanmaktadır. Belirlenen parametreler arasındaki ilişkilerin yer aldığı Çizelge 2'de yer aldığı üzere, mantar sayısı ile belirlenen diğer parametreler arasında hiçbir ilişki belirlenmemiş olması bu görüşü destekler

niteliktedir. Diğer yandan mikrodalga ile steril edilen uygulamalardan, kontrol uygulamasından bile daha yüksek değerlerin belirlenmesi ilginçtir.

Ancak bilindiği gibi toprak ekosisteminde rekabet, benzer türler arasında gerçekleşmektedir.

Bu nedenle mikrodalga uygulamasında daha yüksek mantar varlığının belirlenmesi büyük olasılıkla, mikrodalga ile sıcaklığa diğer türler kadar dayanıklı olmayan mantar türlerinin öldürülmesi sonucu, rekabet ortamı olmadan diğer mantar sporlarının hızla çoğalmasından kaynaklanmaktadır. Zaman içerisinde mantar sayısında meydana gelen artışın her varyantta aynı olmayışı varyasyonu artırmış bu nedenler de uygulamalar arasında istatistiksel fark bulunmamıştır.

Çizelge 9. Farklı sterilizasyon yöntemlerinin topraktaki bakteri varlığına etkisi (x 10⁴ cfu / g)

Table 9. Influence of different sterilization techniques on bacteria abundance of soil (x 10⁴ cfu / g)

		Sulama Suyu - Irrigation water			
		Normal su <i>Non sterile</i>	Otoklav <i>Autoclave</i>	Mikrodalga <i>Microwave</i>	Ortalama <i>Average</i>
Toprak – Soil	Steril edilmemiş <i>Non sterile</i>	56 c	210 c	114 c	126 B
	Otoklav <i>Autoclave</i>	4 c	12 c	135 c	50 B
	Etüv <i>Etuve</i>	9 c	380 c	59 c	149 B
	Mikrodalga <i>Microwave</i>	350 c	900 b	2067 a	1106 A
	Ortalama <i>Average</i>	105 B	375 A	594 A	

Çizelge 10. Farklı sterilizasyon yöntemlerinin topraktaki aktinomiset varlığına etkisi (x 10⁵ cfu/g)Table 10. Influence of different sterilization techniques on actinomycetes abundance of soil (x 10⁵ cfu / g)

		Sulama Suyu – Irrigation water			
		Normal su Non sterile	Otoklav Autoclave	Mikrodalga Microwave	Ortalama Average
Toprak - Soil	Steril edilmemiş Non sterile	23 d	4 d	27 d	18 B
	Otoklav Autoclave	4 d	43 d	20 d	22 B
	Etüv Etuve	8 d	10 d	4 d	8 B
	Mikrodalga Microwave	640 b	291 c	785 a	572 A
	Ortalama Average	169 B	87 C	209 A	

Bakteri varlığı değerlerinin yer aldığı Çizelge 9 incelendiğinde en yüksek bakteri sayısının mikrodalga ile steril edilmiş toprak ve sulama suyu uygulamasında olduğu görülmüştür. Burada mikrodalga uygulamalarının bakteri eliminasyonunda diğer uygulamalar kadar etkili olmadığı ve hatta bu uygulama sonrası bitki vejetasyonu altında toprakların bakteri sayılarının kontrol uygulamasından bile çok fazla sayılara çıkabildiği görülmüştür. Bu durum yine bir kısım mikroorganizmaların ölmesi ve hayatta kalanların rekabet ortamı olmadan gelişme şansı bulması ile açıklanabilir. Ortalama değerler göz önüne alındığında ise, sulama suyu yönünden otoklav ve mikrodalga uygulamasında, toprak yönünden ise mikrodalga uygulamasında daha yüksek değerler elde edildiği görülmüştür. Bu sonuçlar mikrodalga uygulamasının bakteri eliminasyonunda çok başarılı olmadığını işaret etmektedir. Ölçülen parametrelerin yer aldığı Çizelge 2’de yer alan bakteri ile CO₂ üretimi arasındaki p<0,01 düzeyindeki ilişki bu görüşü desteklemektedir.

Uygulamaların aktinomiset varlığına etkisine yönelik değerlerin yer aldığı Çizelge 10 incelendiğinde, bakteri varlığı değerlerinin yer aldığı Çizelge 9’a benzer durumlar gözlenmiş, en yüksek aktinomiset varlığı mikrodalga uygulanan sulama suyu ve toprak uygulamasından elde edilmiştir. Ortalama değerler itibarıyla de en yüksek değerler mikrodalga uygulamasından elde edilmiştir. Aktinomiset varlığı, toprağın CO₂

üretiminde diğer uygulamalardan daha fazla etkili olmuştur (p<0,01; Çizelge 2). Bu durum, mantarlara benzer özellik göstermesine rağmen aktinomisetlerin mikrodalga uygulamasından bakterilerden ve mantarlardan daha az etkilendiğini göstermektedir.

Sonuç ve Öneriler

Farklı sterilizasyon tekniklerinin toprakların sterilizasyonundaki başarısı ile mikrodalga uygulamasının olası olumsuz etkilerini ortaya koymak amacıyla yürütülen bu çalışmada, ölçülen parametrelerin pek azında önemli farklılıklar belirlenmiştir. Kimi parametrelerde (örneğin mikroorganizma sayımları) paraleller arasında o kadar yüksek varyasyon belirlenmiştir ki, ortalama değerler arasında 2 kattan daha fazla fark olmasına rağmen değerler arasında istatistiksel fark bulunmamıştır. Bu durum mikrodalga fırın uygulamasında daha belirgin olmaktadır. Her ne kadar ısının homojen dağılması için fırın içerisindeki tabla dönse de (Anonim 2009), ısıtılan maddenin homojen olmayan nem içeriği homojen olarak ısı dağılımını engelleyebilmektedir.

Deneme sonuçlarından mikroorganizmaların eliminasyonunda en etkili yöntemin otoklav uygulaması olduğu belirlenmiştir. Mikrodalga uygulamasında, basında yer aldığı gibi bitkileri öldürücü bir etki görülmemiştir. Bu çalışma elbette, mikrodalga uygulamasının

mikroorganizmalarda mutasyon oluşturup oluşturmadığını ortaya koyacak denemeleri içermemektedir. Ayrıca, uygulamaların toprakta var olan organik bileşikleri parçalayarak ve/veya birleştirerek toksik substratları oluşturup oluşturmadığı da test edilmemiştir. Bu yönüyle, sadece burada yer alan verilere dayanılarak, mikrodalga uygulamasının tamamen güvenli olduğunu söylemek güçtür. Ancak basında yer aldığı gibi, mikrodalga ile ısıtılıp soğutulan su ile sulanan bitkilerin kısa sürede kurdukları bilgisi de doğru değildir. Sadece suyun değil toprağın da mikrodalga ile ısıtılıp soğutulduğu durumda bile bitkilerde kuruma görülmemiş hatta yeşil aksam biyomas yönünden, mikrodalga uygulaması ile hem diğer sıcaklık uygulamaları arasında, hem de kontrol uygulaması arasında fark oluşmamıştır. Toprak biyolojik aktivitesi yönünden uygulamalar arasında belirgin farkların ortaya çıkmış olması, uygulamalarla bazı grup mikroorganizmaların öldüğü, bazı grupların ise rekabet edecekleri başka mikroorganizma olmaması nedeniyle çok daha fazla aktivite gösterdiği şeklinde açıklanabilir.

Kaynaklar

- Anonim 2009. http://www.biltek.tubitak.gov.tr/merak_ettikleriniz/index.php?kategori_id=2&SORU_ID=2449 Erişim Tarihi: 18/03/2009 Erişim Saati: 15:00
- Anonim 2014a. <http://www.emfnews.org/> Erişim Tarihi: 07/01/2014 Erişim Saati: 11:00
- Anonim 2014b. <http://vitaminci.org/saglikli-yasam/mikrodalga-firin-tehlikesi.html> Erişim Tarihi: 07/01/2014 Erişim Saati: 11:00
- Anonim 2014c. <http://dunyalilar.org/yoksasiz-hala-mikrodalga-firin-kullaniyor-musunuz.html> Erişim Tarihi: 07/01/2014 Erişim Saati: 11:00
- Beck, T., 1984 Mikrobiologische und biochemische charakterisierung landwirtschaftlich genutzter Böden. 1. Mitteilung: Die ermittlung einer boden mikrobiologischen Kennzahl. Z. Pflanzenernähr. Boden-kd.147.
- Çakı, 2009. Mikrodalganın Sanayide Kullanımı. http://ume.tubitak.gov.tr/meeting/emd/sunular/BMTG_MikrodalganınSanayideKullanimi_TCaki.pdf Erişim Tarihi: 18/03/2009. Erişim Saati: 14:00
- Gürgün, V., Halkman, A.K., 1988. Mikrobiyolojide Sayım Yöntemleri, San Matbaası, Ankara S.6-14.
- Hoffmann, G. G. und K. Teicher. 1961. Ein Kolorimetrisches Verfahren zur Bestimmung der Urease Aktivitat in Böden. Zeitschrift für Pflanzenernährung und Bodenkunde 91: 55-63.
- Isermayer, H., 1952. Eine einfache Methode zur Bestimmung der Bodenatmung und der Karbonate im Böden Z. Pflanzenaehr. Bodenkd 5. 56-60.
- Joan M. Latimer and John M. Matsen , Oct. 1977. Microwave Oven Irradiation as a Method for Bacterial Decontamination in a Clinical Microbiology Laboratory, Journal of Clinical Microbiology, vol. 6, No. 4, , pp. 340-342
- Park, B.J. 2004. Inactivation of Vibrio parahaemolyticus in Effluent Seawater by Alternating-Current Treatment. Journal List Applied environmental microbiology, v.70(3); Mar 2004.
- Rohrer, M.D. and Bulard, R.A., 1985. Microwave sterilization. The Journal of the American Dental Association. February 1, vol:110 no:2 pp:194-198.
- Thalman, A., 1967. Über die Mikrobielle Aktivitaet und Akkerböden unter Besonderer. Berücksichtigung der dhydroganese aktivitat (TTC-Reduktion) Diss. Giessen (FRG).