



Farklı solarizasyon uygulamalarının marulun (*Lactuca sativa* L. Duna) mineral beslenmesi üzerine etkisi

Effect of different solarization treatments on mineral nutrition of lettuce (*Lactuca sativa* L. Duna)

Hasan ÖZ^{1,*}, Şevkiye Armağan TÜRKAN², İbrahim ERDAL²

¹Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarımsal Yapılar ve Sulama Bölümü, Isparta, Türkiye.

²Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü, Isparta, Türkiye.

MAKALE BİLGİSİ / ARTICLE INFO

ÖZET / ABSTRACT

Makale tarihçesi / Article history:

DOI: [10.37908/mkutbd.1051752](https://doi.org/10.37908/mkutbd.1051752)

Geliş tarihi /Received:31.12.2021

Kabul tarihi/Accepted:07.03.2022

Keywords:

Bubble solarization, biochar, lettuce, mineral nutrition, solarization.

*Corresponding author: Hasan ÖZ

✉: hasanoz@isparta.edu.tr

Aims: The aim of this study was to determine the effects of different solarization mulch materials and biochar application on the mineral nutrition of lettuce plant.

Methods and Results: The study was carried out with 2 different solarization mulches and biochar applications for 2 years in greenhouse conditions. Lettuce was grown in each plot after solarization. At the end of the harvest period, the dry weight values of the harvested plants and some nutrient concentrations were determined, in addition, the amounts of elements exploited by plants from the soil were calculated. According to the results; it was determined that the most effective applications on plant's dry weight for both years were found when solarization and biochar were used together. In addition, it was determined that the least effective applications were found as control treatments and classical solarization treatment.

Conclusions: It was determined that the most effective applications on the nutrients removed from the soil were; bubble solarization + biochar and solarization + biochar applications, while the least ineffective applications were control and classical solarization applications.

Significance and Impact of the Study: According to the values obtained from the classical solarization mulch material, it was concluded that bubble solarization mulch material and solarization applications with biochar added were more effective in terms of lettuce mineral nutrition. According to the results of this study, a more effective cultivation would be possible with the help of biochar additive in solarization applications.

Atıf / Citation: .Öz H, Türkan ŞA, Erdal İ (2022) Farklı solarizasyon uygulamalarının marulun (*Lactuca sativa* L. Duna) mineral beslenmesi üzerine etkisi. *MKU. Tar. Bil. Derg.* 27(1) : 136-144. DOI: 10.37908/mkutbd.1051752

GİRİŞ

Toprak solarizasyonu, üzeri malç malzemesi ile örtülü toprağın güneş ışınları yardımıyla ısıtarak, toprak kökenli nematod ve zararlıları kimyasal kullanmadan yok etmede kullanılan bir toprak dezenfeksiyon yöntemidir. Bu yöntemin öncelikli kullanım amacı toprak dezenfeksiyonu olmakla birlikte ilerleyen yıllarda yapılan yeni çalışmalarla zararlı kontrolünde kullanımın yanı sıra

toprağın fiziksel, kimyasal ve biyolojik özelliklerini etkilediği için yetiştiricilik açısından toprağa olumlu etkileri bulunmasıdır. Solarizasyon işleminin ana unsuru olan sıcaklık artışı, toprak içerisindeki mikroorganizma faaliyetini değiştirmekle birlikte (Öz ve ark., 2017a; Öz ve ark., 2017b) bitki besin elementi yarıyışlılığını ve çözülmüş organik madde miktarını etkilemektedir (Al-Shammery ve ark., 2016; Öz ve ark., 2016; Morra ve ark., 2018). Araştırmacılar, solarizasyon uygulamasından sonra

toprakta organik madde, azot formları ve bazı makro ve mikro besin elementlerinin (K, Mg, Ca, Na) yarayırlılığının (D'Addabbo ve ark., 2010) organik maddenin daha yüksek ayrışma oranları nedeniyle toprak solarizasyonu sırasında azot birikiminin artabileceğini bildirmişlerdir (Grunzweig ve ark., 1999; Woldetsadik ve ark., 2018; Öz, 2018)

Son yıllarda, plastik örtü teknolojisinde yaşanan gelişmelere paralel olarak, örtü malzemesinin ışık seçiciliğinin geliştirilmesi, toprak sıcaklığındaki artışına neden olurken, bu sayede toprağın fiziksel özellikleri iyileşerek, solarizasyon uygulamasının etkinliğinde de artışa neden olmuştur (Al-Shammary ve ark., 2020). Solarizasyon uygulamasında kullanılan malçların önemli unsurlardan biri, toprak sıcaklığını artırma potansiyeli ve sera etkisidir. Bu amaçla en çok tercih edilen malzeme inorganik olan plastiklerdir. Bunun yanı sıra, bitkisel ürünler ve hayvan atıkları gibi organik maddelerde (biyofumigasyon) solarizasyonda malç malzemesi olarak kullanılmaktadır. Farklı renkli plastik örtü malzemeleri solarizasyon uygulamalarında kullanılmasına rağmen şeffaf renk plastik malzeme, uygulamanın etkinliği açısından en uygun renk olduğu araştırmacılar tarafından bildirilmiştir (Mudalagiriappa, ve ark., 1999; Stapleton, 2000; Komariah ve ark., 2011; Granados ve ark., 2012). Siyah ve diğer renkli plastikler solarizasyon işleminin etkinliğinde daha başarısız olmasının nedeni; renkli örtü malzemesinden geçen güneş ışınlarının miktarı azalmakta, alttaki toprağın ısınması yerine güneş enerjisi örtü malzemesi tarafından emilmekte ve atmosfere geri yansıtılmaktadır (Öz, 2018). Campiglia ve ark. (2000) yaptıkları çalışmada, şeffaf renk PE örtü malzemesinin toprak sıcaklığına artışı siyah renk PE örtü malzemesine göre 4-8 °C daha yüksek olduğunu belirlemişlerdir. Örtü malzemesinin siyah renk olması yerine şeffaf örtü malzemesinin altına serilecek siyah renkli organik bir madde olan biochar yardımıyla, ortam sıcaklığı daha fazla artırılarak atmosfere sıcaklık kaçıışı da engellenmiş olacaktır.

Solarizasyon etkinliğini artırabilmek amacıyla son yıllarda yapılan çalışmalarda biochar katkısı ile uygulamadan daha etkin sonuçlar elde edilmeye başlanmıştır (Öz, 2018; Alaboz ve Öz, 2020). Solarizasyon uygulamalarının yanı sıra malç uygulamaları ile biochar kullanımının; besin elementi yarayırlılığına olumlu etkileri tespit edilmiştir (Öz ve ark., 2021). Biochar, bitki ve hayvan kökenli organizmaların oksijensiz veya az oksijen olan bir ortamda yanması sonucu elde edilen karbonca zengin organik bir maddedir (Ahmad ve ark., 2014). Solarizasyon uygulamasında biochar kullanımının ikili etkisi gözlenmektedir; birincisi, siyah renginden dolayı solarizasyonda sıcaklık artışına etkisi, ikinci etkisi ise

organik madde olarak toprak verimlilik potansiyelini arttırmasıdır.

Bu çalışmada amaç, klasik solarizasyon örtüsü ve balonlu solarizasyon malç malzemeleri ile biochar uygulamasının marul bitkisinin mineral beslenmesine etkisi belirlenmeye çalışılmıştır.

MATERYAL ve YÖNTEM

Deneme alanı, deneme deseni ve bitki materyali

Araştırma, Isparta ilinde, 2017–2018 yılları arasında 2 yıl süre ile Ağustos-Eylül aylarında solarizasyon uygulaması ve Ekim-Aralık aylarında marul yetiştiriciliği yapılarak sera koşullarında yürütülmüştür. Araştırma serasının genişliği 6 m, uzunluğu 15 m, taban alanı 90 m², yay çatılı, çelik konstrüksiyonlu, UV+IR katkılı PE kaplıdır. Araştırma tesadüf parselleri deneme desenine göre yürütülmüştür. Solarizasyon uygulaması, 2 farklı polietilen (PE) malç malzemesi, üreticiler tarafından solarizasyon uygulamalarında sıklıkla kullanılan 0.04 mm kalınlığında şeffaf renkli PE (Ş-PE) ve piyasada hava balonlu ambalaj malzemesi olarak satılan 30 mm çapında, 12.5 mm yüksekliğinde şeffaf renkli balonlu PE (B-PE) malzemelerle birlikte kontrol (K) uygulamalarından oluşturulmuştur. Çalışmada her bir uygulama için +Biochar/-Biochar ile birlikte toplam 6 uygulama (Ş-PE, Ş-PE+Bio, B-PE, B-PE+Bio, K, K+Bio) denenmiştir.

Uygulamada kullanılan biochar kavak talaşından, 400 °C piroliz sıcaklığında 5 saat sürede üretilmiştir. Elde edilen biochar 2 mm'lik elekten elenerek kaba parçalar uzaklaştırılmıştır. Denemede biochar uygulanacak parsellere el yardımıyla 100 gr m⁻² parsel yüzeyini ince bir örtü biçiminde kaplayacak şekilde serilmiştir. Solarizasyon uygulamasından sonra malç malzemesi kaldırılarak sadece parsellerde biocharın toprağa karışması amacıyla tırmıklama yapılmıştır. Deneme parselleri 2x2 m boyutlarında 3 tekerrürlü olarak yürütülmüştür. Solarizasyon uygulamasının eylül ayının sonunda tamamlanmasıyla birlikte ekim ayının başında marul fideleri parsellere dikilmiştir. Bitki materyali olarak Duna yedikule marul fideleri parsellere 30x20 cm aralıklarla (20 bitki m⁻²) dikimi yapılmış ve Aralık ayının 3. haftası hasat edilmiştir. Marul bitkisi için önerilen 110 kg ha⁻¹ N (Amonyum Sülfat ve Mono amonyum fosfat), 100 kg ha⁻¹ P₂O₅ (Mono amonyum fosfat) ve 50 kg ha⁻¹ K₂O (Potasyum Sülfat) taban gübrelemesi damla sulamayla yapılmıştır. Yetiştirme periyodu boyunca, tansiyometre yardımıyla toprak nemi takip edilerek 5 günlük sulama aralığı ile parseller tarla kapasitesine ulaşacak şekilde eşit şekilde sulama yapılmıştır.

Deneme toprağı, yüksek kireçli, tuz ve organik madde içeriğı düşük, hafif alkali reaksiyonlu olup killi/tın

bünyeye sahiptir. Deneme alanı toprağının bitkiye yarayışlı besin elementi miktarları genel anlamda yeter seviyededir (Alpaslan ve ark., 1998). Deneme alanına ait diğler bazı toprak özellikleri Çizelge 1'de verilmiştir.

Çizelge 1. Deneme alanı toprağının bazı özellikleri

Table 1. Some characteristics of study area soil

Özellik	
Organik madde (%)	1.8
CaCO ₃ (%)	18
EC (ds m ⁻¹)	0.98
Bünye	Killi tın
pH (1/2.5)	7.5
Yarayışlı P (mg kg ⁻¹)	30
Değişebilir Ca (mg kg ⁻¹)	6000
Değişebilir K (mg kg ⁻¹)	156
Değişebilir Mg (mg kg ⁻¹)	360
Fe (mg kg ⁻¹)	10
Mn (mg kg ⁻¹)	30
Zn (mg kg ⁻¹)	2.5
Cu (mg kg ⁻¹)	5

Toprak analizleri

Toprak örneklerinin pH ve EC ölçümleri 1/2.5 oranındaki toprak/saf karışımında pH ve EC metre ile (Richards, 1954), CaCO₃ miktarı Scheibler kalsimetresi ile (Loeppert ve Suarez, 1996), bünye ise hidrometre yöntemine göre belirlenmiştir (Bouyoucos, 1936). Organik madde miktarlarının belirlenmesi için Walkley-Black metodu (Walkley ve Black, 1934) kullanılırken; alınabilir P, sodyum bikarbonat (0.5 M, pH= 8.5) (Olsen ve ark., 1954) ve değişebilir K, Ca ve Mg analizleri 1N Amonyum Asetat (pH=7) metoduna göre belirlenmiştir (Carson, 1980). Mikro element analizleri için DTPA yöntemi kullanılmıştır (Lindsay ve Norvell, 1969).

Bitki analizleri

Bitkiler yaklaşık 3 aylık gelişme döneminden sonra toprak yüzeyinden kesilerek hasat edilmiştir. Sonrasında yapraklarına ayrılan bitkiler çeşme suyu ve saf sudan geçirilmiş ve fazla suyun uzaklaşması amacıyla kaba filtre kâğıdı üzerine serilerek birkaç saat bekletilmiştir. Daha sonra kese kâğıtlarına konulan bitkiler ağızları açık bir şekilde kurutma dolabına yerleştirilmiş ve sabit ağırlığa gelinceye kadar 70 °C de kurutulmuştur. Etüvde kurutulan örnekler öğütüldükten sonra 0.5 gr tartılıp kül fırınında porselen kroze içerisinde 550 °C de yakılmış, yakılan örnekler 3 ml konsantre HCl ile çözülmüş, bu işlemde sonra, son hacmi 50 ml olacak şekilde hazırlanıp ekstrakt kaplarına alınmıştır. Yakılan örneklerde P Vanadamolibdat sarı renk yöntemiyle belirlenirken, K, Ca, Mg, Fe, Mn, Zn ve Cu Atomik

Absorpsiyon Spektrofotometrede okunarak belirlenmiştir. Bitkide toplam azot Kjeldahl yöntemiyle belirlenmiştir. Bunun için 0.5 gr bitki örneği tartılarak tüplere koyulmuş, katalizör ilave edilerek sülfürik asit ile yakma işlemi gerçekleştirilmiştir. Alkalide distilasyon ve titrasyon işlemleri yapılarak gerekli hesaplamalar yapılmıştır (Mills ve Benton, 1996)

Besin elementi alımları

Toprakta kaldıran bitki besin elementi miktarının belirlenmesi için bitkinin kuru ağırlığı (KA) ile bitkinin besin elementi içeriği çarpılarak hesaplanmıştır

İstatistiksel analizler

Çalışmadan elde edilen tüm veriler MSTAT-C paket programı yardımıyla (Crop and Soil Sciences Department, Michigan State University, Version 1.2) varyans analizine tabii tutulmuştur. Bek (1983)'e göre Duncan testi uygulanarak gruplandırılmıştır.

BULGULAR

Bitki kuru ağırlığı ve bitkilerin makro element konsantrasyonları

Uygulamaların marulun kuru ağırlığı ile N, P, K, Ca ve Mg konsantrasyonları üzerine olan etkilerine ait sonuçlar Çizelge 2'de verilmiştir. Bitki kuru ağırlıkları incelendiğinde, ilk yıl için en etkili uygulamalar istatistiksel olarak aynı önem derecelerine sahip olan Ş-PE+Bio (29.8 g) ve B-PE+Bio (26.8 g) uygulamaları iken bunları B-PE (23.2 g) solarizasyon uygulaması izlemiştir. İkinci yıl için ise istatistiksel olarak diğlerlerinden net olarak ayrılan B-PE+Bio (26.5 g) uygulaması en etkili uygulama olurken bunu B-PE (18.7 g) uygulaması izlemiştir (p<0.05).

Birinci yıl için en düşük kuru maddenin elde edildiği uygulamalar aynı istatistiksel grubu paylaşan K (12.3 g), Ş-PE (15.0 g) ve K+Bio (14.7 g) uygulamaları olurken, ikinci yıl ise benzer şekilde K (11.8 g) ve Ş-PE (9.6 g) uygulamaları en düşük kuru ağırlığın elde edildiği konular olmuştur. Farklı solarizasyon uygulamalarının bitkinin N konsantrasyonu üzerine olan etkileri iki yıl için de anlamlı bulunmuştur. Elde edilen N konsantrasyon değerleri incelendiğinde, ilk yıl için en düşük N içeriği % 3.06 ile Ş-PE ve % 3.14 ile K uygulamasından, en yüksek N değerleri ise % 3.66 ve % 3.68 ile B-PE+Bio ve B-PE uygulamalarından elde edilmiştir. İkinci yıl denemesine ait veriler incelendiğinde ise en düşük N miktarı % 2.43 ile K grubuna ait bitkilerde, en yüksek N içeriği ise % 3.18 ile Ş-PE uygulamasına ait bitkilerde ölçülmüştür. Uygulamalar, marulun P konsantrasyonunu anlamlı olarak etkilemiştir. İlk yıl için en düşük P konsantrasyonu

K, Ş-PE ve Ş-PE+Bio konularından elde edilirken en yüksek P konsantrasyonunun K+Bio konusundan elde edildiği belirlenmiştir. İkinci yıl ise en düşük P değeri kontrol grubu bitkilerde, en yüksek değeri ise Ş-PE+Bio konusuna ait bitkilerde belirlenirken, bu iki uygulama arasındaki fark hariç diğer uygulamalar arasında anlamlı bir fark görülmemiştir. İlk yıl için bitkinin K konsantrasyonu % 4.9 (Ş-PE+Bio) - % 7.3 (B-PE) arasında ikinci yıl ise % 3.19 (K) - % 5.59 (Ş-PE) arasında değişim göstermiş olup, bu değişimler üzerinde uygulamaların

etkisi istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur ($p < 0.05$). Bitkinin Ca ve Mg değerleri incelendiğinde her iki element üzerinde ilk yıl için uygulamaların bir etkisinin olmadığı belirlenmiştir. İkinci yıl ise uygulamalar bitkinin Ca ve Mg konsantrasyonları üzerinde anlamlı derecede etkili olmuşlardır. En düşük Ca ve Mg konsantrasyonları % 0.88 ve % 0.75 değerleriyle K+Bio uygulamalarından elde edilirken, en yüksek değerler Ca için % 1.24 ile B-PE+Bio uygulamasından, Mg için ise % 1.34 ile Ş-PE+Bio uygulamalarından elde edilmiştir.

Çizelge 2. Marul bitkisinde farklı solarizasyon uygulamalarının kuru ağırlık ($g \text{ bitki}^{-1}$) ile makro element konsantrasyonlarına etkisi (%)

Table 2. Effect of different solarization treatments on dry weight ($g \text{ plant}^{-1}$) and macro nutrient concentrations (%) of lettuce

Uygulamalar	Kuru ağırlık ($g \text{ bitki}^{-1}$)	Makro elementler (%)				
		N	P	K	Ca	Mg
Birinci yıl						
B-PE+Bio	26.8 AB*	3.66 A	0.41 BC	5.8 BC	1.40	1.1
Ş-PE+Bio	29.8 A	3.29 BC	0.39 C	4.9 C	1.47	1.2
K+Bio	14.7 C	3.35 B	0.51 A	6.1 B	1.32	1.0
B-PE	23.2 B	3.68 A	0.46 B	7.3 A	1.36	1.4
Ş-PE	15.0 C	3.06 C	0.39 C	5.4 BC	1.30	1.4
K	12.3 C	3.14 BC	0.39 C	5.1 BC	1.33	1.4
İkinci yıl						
B-PE+Bio	26.5 A*	2.93 AB	0.41 AB	5.15 AB	1.24 A	0.95 ABC
Ş-PE+Bio	14.9 BC	2.85 ABC	0.43 A	5.08 AB	1.19 AB	1.34 A
K+Bio	15.3 BC	2.68 BC	0.41 AB	3.32 C	0.88 D	0.75 C
B-PE	18.7 B	2.90 AB	0.37 AB	4.17 BC	1.02 CD	0.95 ABC
Ş-PE	9.6 C	3.18 A	0.39 AB	5.59 A	1.07 BC	1.20 AB
K	11.8 C	2.43 C	0.35 B	3.19 C	0.96 CD	0.81 BC

* Aynı sütunda farklı harflerle gösterilen değerler arasındaki fark istatistiksel olarak önemlidir ($p < 0.05$).

Topraktan kaldırılan makro element miktarları

Marul bitkisiyle topraktan kaldırılan makro element miktarlarına ilişkin veriler Çizelge 3'te verilmiştir. Araştırmada uygulamaların marul ile topraktan kaldırılan makro element miktarları üzerine etkileri her iki yıl için de anlamlı bulunmuştur ($p < 0.05$). Bitki başına topraktan kaldırılan N miktarı üzerine en etkili uygulama her iki yıl için de B-PE+Bio uygulaması olmuştur. Bu uygulama koşullarında ilk yıl için bitki başına sömürülen N miktarı 981 $mg \text{ bitki}^{-1}$ iken ikinci yıl 776 $mg \text{ bitki}^{-1}$ olmuştur. Her iki yıla ait en düşük N alımı K grubu bitkilerince gerçekleştirilmiştir. Bu bitkilerle ilk yıl 386 $mg \text{ bitki}^{-1}$, ikinci yıl ise 286 $mg \text{ bitki}^{-1}$ N kaldırılmıştır. Bitkinin aldığı P miktarına bakıldığında en düşük P alımının her iki yıl için geçerli olmak üzere K ve Ş-PE uygulamaların yapıldığı konulardan elde edildiği görülmüştür. Buna karşılık en yüksek P alımının Ş-PE+Bio, B-PE+Bio ve B-PE uygulamalarında benzer şekilde gerçekleştiği

görülmüştür. İkinci yıl için ise en etkili uygulama B-PE+Bio uygulaması olmuştur. Potasyum alımı bakımından değerlendirildiğinde her iki yılda da en düşük K alımı kontrol konularındaki bitkiler tarafından gerçekleştirilmiştir. Kontrol koşullarında ilk yıl bitki başına 627 $mg \text{ bitki}^{-1}$ K alınırken ikinci yıl 376 $mg \text{ bitki}^{-1}$ K alımı gerçekleşmiştir. En yüksek K alımının gerçekleştiği uygulamalar yıllara göre farklılık göstermiştir. İlk yıl en yüksek K alımı 1700 $mg \text{ bitki}^{-1}$ ile B-PE uygulamasından elde edilirken, ikinci yıl ise en yüksek K alımı 1365 $mg \text{ bitki}^{-1}$ B-PE+Bio uygulamasından elde edilmiştir. Bitkilerin topraktan kaldırmış oldukları Ca ve Mg miktarları incelendiğinde en yüksek Ca ve Mg alımı, ilk yıl Ş-PE+Bio, ikinci yıl ise B-PE+Bio uygulamalarından elde edildiği görülmektedir. Birinci ve ikinci yıla ait en düşük alımının gerçekleştiği konulara ise Ca için K ve Ş-PE, Mg için ise K ve K+Bio konuları olmuştur.

Çizelge 3. Marul bitkisinde farklı solarizasyon uygulamalarının kuru ağırlık ($g\ bitki^{-1}$) ve makro element alımı üzerine etkisi ($mg\ bitki^{-1}$)

Table 3. Effect of different solarization treatments on dry weight ($g\ plant^{-1}$) and macro nutrient uptake of lettuce ($mg\ plant^{-1}$)

Uygulamalar	Kuru ağırlık ($g\ bitki^{-1}$)	Makro element alımları ($mg\ bitki^{-1}$)				
		N	P	K	Ca	Mg
Birinci yıl						
B-PE+Bio	26.8 AB*	981 A	110 A	1554 A	375 AB	295 ABC
Ş-PE+Bio	29.8 A	980 A	116 A	1460 A	438 A	358 A
K+Bio	14.7 C	492 C	75 B	897 B	200 C	147 D
B-PE	23.2 B	854 B	107 A	1700 A	316 B	325 AB
Ş-PE	15.0 C	459 CD	59 BC	810 B	195 C	210 BCD
K	12.3 C	386 D	48 C	627 B	164 C	172 CD
İkinci yıl						
B-PE+Bio	26.5 A*	776 A	109 A	1365 A	329 A	252 A
Ş-PE+Bio	14.9 BC	425 CD	64 BC	757 BC	177 BC	200 AB
K+Bio	15.3 BC	410 C	63 BCD	508 C	135 BCD	115 B
B-PE	18.7 B	542 B	69 B	780 B	191 B	178 AB
Ş-PE	9.6 C	305 D	37 D	537 C	103 D	115 B
K	11.8 C	286 D	41 CD	376 C	113 CD	96 B

* Aynı sütunda farklı harflerle gösterilen değerler arasındaki fark istatistiksel olarak önemlidir ($p<0.05$).

Bitkilerin mikro element konsantrasyonları

Uygulamaların bitkinin mikro element konsantrasyonları üzerine olan etkileri Çizelge 4'te verilmiştir. Bitki Fe konsantrasyonuna uygulamaların etkisi her iki yıl için de anlamlı bulunmuştur ($p<0.05$). İlk yıl belirlenen Fe değerleri $86\ mg\ kg^{-1}$ (Ş-PE+Bio) - $132\ mg\ kg^{-1}$ (K) arasında ikinci belirlenen Fe değerleri ise $59\ mg\ kg^{-1}$ (B-PE) $105\ mg\ kg^{-1}$ (Ş-PE) arasında değişmiştir. İlk yıl sonuçlarına göre bitkilerin Zn ve Mn konsantrasyonlarının uygulamalardan etkilenmediği, ikinci yıl ise Zn

konsantrasyonlarının $25\ mg\ kg^{-1}$ (K+Bio) ile $42\ mg\ kg^{-1}$ (Ş-PE+Bio), Mn konsantrasyonlarının ise $42\ mg\ kg^{-1}$ (K+Bio) ile $75\ mg\ kg^{-1}$ (Ş-PE+Bio) arasında değiştiği belirlenmiştir. Uygulamaların bitkinin Cu konsantrasyonuna etkisi her iki yıl için de anlamlı bulunmuştur. İlk yıl 9.2 ile $16.1\ mg\ kg^{-1}$ arasında değişen bitkinin Cu konsantrasyonu ikinci yıl 8.3 ile $13.6\ mg\ kg^{-1}$ arasında değişmiştir. İlk yıl için en etkili uygulama K+Bio uygulaması olurken ikinci yıl ise Ş-PE ve Ş-PE+Bio uygulamaları olmuştur.

Çizelge 4. Marul bitkisinde farklı solarizasyon uygulamalarının mikro element konsantrasyonlarına etkisi ($mg\ kg^{-1}$)

Table 4. Effect of different solarization treatments on micro nutrient concentrations ($mg\ kg^{-1}$) of lettuce

Uygulamalar	Mikro elementler ($mg\ kg^{-1}$)			
	Fe	Zn	Mn	Cu
Birinci yıl				
B-PE+Bio	106 AB*	34	76	14,0 A
Ş-PE+Bio	86 B	29	87	10,3 B
K+Bio	110 AB	33	88	16,1 A
B-PE	108 AB	31	89	15,0 A
Ş-PE	117 AB	34	87	9,2 B
K	132 A	31	94	13,6 A
İkinci yıl				
B-PE+Bio	76 BC	35 AB	50 C	12,1 A
Ş-PE+Bio	92 AB	42 A	75 A	13,6 A
K+Bio	61 C	25 C	42 C	8,3 B
B-PE	59 C	27 BC	46 C	9,1 B
Ş-PE	105 A	39 A	63 B	13,6 A
K	67 BC	27 BC	51 C	8,7 B

* Aynı sütunda farklı harflerle gösterilen değerler arasındaki fark istatistiksel olarak önemlidir ($p<0.05$).

Topraktan kaldırılan mikro element miktarları

Uygulamaların marulun topraktan sömürdüğü Fe, Zn, Mn ve Cu miktarlarına olan etkisi her iki yılda da etkili bulunmuştur. Bitkinin almış olduğu Fe miktarı üzerine etkili uygulama her iki yıl için de B-PE+Bio uygulaması olurken, bunu Ş-PE+Bio uygulaması izlemiştir. Bitkinin gelişim süresince topraktan kaldırdığı Zn miktarları ilk yıl 0.39 ile 0.91 mg bitki⁻¹, ikinci yıl 0.32 ile 0.93 mg bitki⁻¹ arasında değişmiştir. Her iki yıl için en az Zn kontrol konularında yetiştirilen bitkiler tarafından alınırken, en fazla Zn'nun B-PE+Bio uygulaması altında yetiştirilen bitkilerce alındığı görülmüştür.

Çizelge 5. Marul bitkisinde farklı solarizasyon uygulamalarının mikro element alımı üzerine etkisi (mg bitki⁻¹)

Table 5. Effect of different solarization treatments on micronutrient uptake of lettuce (mg plant⁻¹)

Uygulamalar	Mikro element alımları (mg bitki ⁻¹)			
	Fe	Zn	Mn	Cu
Birinci yıl				
B-PE+Bio	2.84 A*	0.91 A	2.00 A	0.37 A
Ş-PE+Bio	2.56 AB	0.87 A	2.59 A	0.31 AB
K+Bio	1.62 B	0.48 BC	1.29 B	0.24 BC
B-PE	2.51 AB	0.72 AB	2.06 A	0.35 A
Ş-PE	1.74 B	0.51 BC	1.31 B	0.14 D
K	1.62 B	0.39 C	1.16 B	0.17 CD
İkinci yıl				
B-PE+Bio	2.01 A	0.93 A	1.33 A	0.32 A
Ş-PE+Bio	1.37 B	0.63 B	1.12 AB	0.20 B
K+Bio	0.93 B	0.38 C	0.64 C	0.13 BC
B-PE	1.10 B	0.51 BC	0.87 BC	0.17 BC
Ş-PE	1.01 B	0.37 C	0.60 C	0.13 BC
K	0.80 B	0.32 C	0.60 C	0.10 C

* Aynı sütunda farklı harflerle gösterilen değerler arasındaki fark istatistiksel olarak önemlidir (p<0.05).

Marulun gelişim süresince topraktan almış olduğu Mn ve Cu miktarlarına bakıldığında, denemenin ilk yılında bitki başına 1.16 ile 2.59 mg Mn, 0.14 ile 0.37 mg Cu alındığı görülmüştür. İkinci yıl ise topraktan kaldırılan Mn miktarı 0.60 ile 1.33 mg bitki⁻¹, Cu miktarı ise 0.10 ile 0.32 mg bitki⁻¹ arasında değişim göstermiştir.

TARTIŞMA

Elde edilen sonuçlara göre, uygulamaların gerek bitkinin mineral besin elementi konsantrasyonu üzerine gerekse topraktan kaldırılan besin elementi miktarları üzerine farklı düzeylerde etki yaptığı görülmektedir. Solarizasyon uygulamalarının marulun gelişimi ve mineral beslenmesine olan etkisi, solarizasyon uygulamaları

sonucu asıl bitkinin besin elementine ve suyuna ortak olma durumunda olan yabancı ot tohumlarının gelişmesinin engellenmesi gibi durumlara bağlamak mümkündür (Stapleton, 2000). Hastalık ve zararlı etmenlerine konukcu olan yabancı ot tohumlarının olmaması bitkilerin daha iyi beslenmelerine ve fazla verim vermelerine yardımcı olduğu düşünülmektedir (Stapleton, 2000; D'Addabbo ve ark., 2010). Uygulamaların besin elementi konsantrasyonlarına genellikle anlamlı etkiler yapmış olmasına rağmen elde edilen besin elementi konsantrasyonları, geç dönemde bitki analizlerine bağlı yeterlilik seviyelerini bildiren çeşitli araştırma sonuçlarıyla karşılaştırıldığında genel itibarıyla yeterli olduğu görülmektedir (Jones ve ark., 1992; Hochmuth ve ark., 1991; Ludwick, 2002; Hartz ve ark., 2007).

Yapılan çalışmada, marulda belirlenen besin elementi konsantrasyonları, çeşitli çalışmalardan elde edilen sonuçlarla genel anlamda uyum içerisindedir. Öz (2018)'in biochar eklentisinin solarizasyon uygulamasında N konsantrasyonuna etkisini belirlediği çalışmada, biochar ekli uygulamalarda en yüksek % 2.59 N konsantrasyonu belirlenirken kontrol uygulamasında % 1.81 oranında belirlenmiştir. Çalışmamızda elde edilen azot oranları bu çalışmaya göre daha yüksek belirlenmiştir. Öz ve ark. (2017b) yaptıkları solarizasyon çalışmasında %3'lük N konsantrasyonu, çalışmamız ile paralellik göstermektedir. Öz ve ark. (2021) tarafından yürütülen iki yıllık bir çalışmada marulun P, K, Ca ve Mg konsantrasyonlarının birinci ve ikinci yıl için sırasıyla % 0.50, 2.39, 1.29, 0.13 ve % 0.46, 2.19, 1.63 ve 0.32 olduğu, aynı çalışmada bitkinin Fe, Zn, Mn ve Cu içeriklerinin ise yine birinci ve ikinci yıl için sırasıyla 113.8, 74.7, 60.4, 15.3 ve 130.2, 48.5, 65.2 ve 13.8 olduğu belirlenmiştir. Tüzel ve ark. (2012) tarafından marulda yürütülen iki yıllık bir çalışmada ise bitkinin ilk yıla ait N, P, K, Ca ve Mg konsantrasyonlarının sırasıyla % 2.1, 0.36, 3.9, 1.39 ve 0.91 olduğu, Fe, Mn ve Zn konsantrasyonlarının ise yine sırasıyla 51.04, 386.6 ve 16.78 mg kg⁻¹ ölçüldüğü bildirilmiştir. Araştırmacıların ikinci yıl denemesinde ise bu çalışmaya benzer şekilde marulun besin elementi konsantrasyonunun ilk yıldan biraz farklı olduğu görülmüş ve belirlenen N, P, K, Ca ve Mg değerleri sırasıyla % 2.54, 1.04, 7.11, 0.62 ve 0.22; Fe, Mn ve Zn değerleri 58.26, 158.87 ve 44.58 mg kg⁻¹ olarak kaydedilmiştir. Bulut (2022) tarafından yürütülen bir çalışmada, gübreli koşullarda bitkide belirlenen N, P, K, Ca ve Mg konsantrasyonlarının sırasıyla % 3.64, 1.07, 7.38, 0.46 ve 0.48 olduğu; Fe, Mn, Zn ve Cu konsantrasyonlarının ise sırasıyla 264, 126, 27.71 ve 14.18 mg kg⁻¹ olarak ölçüldüğünü bildirmiştir. Araştırmacı, gübresiz koşullardaki N, P, K, Ca ve Mg

konsantrasyonlarını % 3.20, 0.81, 6.56, 0.32 ve 0.36 olarak belirlerken, Fe, Mn, Zn ve Cu konsantrasyonlarını 229, 106, 19.20 ve 5.43 mg kg⁻¹ olarak belirlemiştir. Yine elde edilen sonuçlar, Üçok ve ark. (2019) tarafından kıvırcık marulda belirlenen N, P, K, Ca ve Mg değerlerinden yüksek olduğu, Yağmur ve Aydın (2021) tarafından mor marulda belirlenen Ca, Mn ve Cu değerlerine yakın fakat Mg, Fe ve Zn değerlerinden düşük olduğu görülmüştür. Bulgular arasında görülen farklılıkların ise bitkilerin yetiştirme koşulları, uygulanan pratikler, çeşit farklılıkları vb. nedenlerden kaynaklandığını söylemek mümkündür (Havlin ve ark., 2016). Çalışmada hesaplanan bitki başına kaldırılan besin elementi miktarları Öz ve ark. (2021) tarafından aynı bitki kullanılarak benzer ortamda yürütülen çalışmada elde edilen verilerle benzerlik içerisindedir. Dekardaki bitki sayısından (20.000) yola çıkılarak marul bitkisinin bir sezonda dekardan kaldırdığı besin elementleri miktarları yıllardan bağımsız olarak sırasıyla N için; 5.7-19.6 kg, P için; 0.74-2.32 kg, K için; 7.5- 34 kg, Ca için; 2.1-8.8; Mg için; 1.92-7.2 kg arasında değiştiği görülmüştür. Benzer olarak marulun sezonda kaldırdığı mikro element miktarları ise Fe için 16-56.8 g, Zn için; 6.4-18.6 g, Mn için; 12-51.8 ve Cu için; 2-7.4 g arasında olduğu görülmektedir. Yukarıda belirtilen değerlere bakıldığında bazı konularda bitkinin dekara kaldırdığı N ve K miktarlarının gübreye uygulanan N (11 kg da⁻¹) ve K (4.1 kg da⁻¹) miktarlarından fazla olduğu dikkati çekmektedir. Bu durum, bazı durumlarda uygulanan dozların yetersiz kaldığını ve bitkilerin topraktaki N ve K'dan yararlanmış olduğunu göstermektedir (Bulut, 2022).

Sonuç olarak, solarizasyon uygulamalarının etkisiyle toprakta meydana gelen değişimin, özellikle biochar eklentisinin marul yetiştiriciliğinde mineral beslenmesine etkisi ortaya konulmuştur. Elde edilen sonuçlara göre, çalışmadan beklenen ana etki solarizasyon uygulamalarında biochar eklentisinin klasik solarizasyon uygulamalarında elde edilen sonuçlardan daha etkili olduğu ortaya çıkmıştır. Özellikle klasik solarizasyon örtü malzemesinden elde edilen sonuçlara göre biochar eklentili uygulamalardan daha fazla kuru ağırlık elde edilmiştir. Bunun yanı sıra azot, fosfor ve potasyum gibi makro element alımlarında biochar eklentili uygulamalar ile balonlu solarizasyon uygulaması klasik solarizasyon uygulaması ve kontrol uygulamalarına göre daha yüksek miktarlarda ölçülmüştür. Mikro element alımlarında da yine biochar eklentili uygulamalarda daha yüksek oranda topraktan kaldırdığı belirlenmiştir. Uygulamalar arasında makro ve mikro besin elementi konsantrasyonları arasındaki fark yıllar arasında değişkenlik göstermekle birlikte farklılık tam olarak ortaya konulamamıştır. Çalışmadan

elde edilen sonuçlara göre, solarizasyon uygulamalarında yeni örtü malzemeleri ve biochar eklentisinin klasik solarizasyon örtü malzemesine göre daha etkili olduğu belirlenmiştir. Bunun yanı sıra, biochar eklentisinin solarizasyon uygulamalarındaki etkisinin tam olarak ortaya konabilmesi için yapılacak çalışmalarda yetiştirilecek bitkilerden dönemsel olarak örneklem ve analizlerin yapılmasını uygun olacağı sonucuna varılmıştır.

ÖZET

Amaç: Bu çalışmada amaç, farklı solarizasyon malç malzemeleri ve biochar uygulamasının marul bitkisinin mineral beslenmesine etkisi belirlenmeye çalışılmıştır.

Yöntem ve Bulgular: Sera koşullarında 2 yıl yürütülen çalışma, 2 farklı solarizasyon örtüsü ve biochar uygulamaları ile gerçekleştirilmiştir. Solarizasyon uygulamasından sonra her bir parselde marul yetiştirilmiştir. Hasat dönemi sonunda, hasat edilen bitkilerde kuru ağırlık değerleriyle kimi besin elementi konsantrasyonları belirlenmiş, ayrıca bitkilerce topraktan kaldırılan besin elementi miktarları hesaplanmıştır. Elde edilen sonuçlara göre; genel bir değerlendirme yapıldığında her iki yıl için de bitki kuru ağırlığı üzerine en etkili uygulamaların solarizasyon ve biochar uygulamalarının birlikte yapıldığı uygulamalar olduğu bunun yanında en etkisiz uygulamaların ise kontrol konularını içeren uygulamalar ile klasik solarizasyon yapılan konuların olduğu belirlenmiştir.

Genel Yorum: Topraktan kaldırılan besin elementleri üzerinde en etkili uygulamaların balonlu solarizasyon+ biochar ve solarizasyon + biochar uygulamaları olduğu, en etkisiz uygulamaların ise kontrol ve solarizasyon uygulamaları olduğu belirlenmiştir.

Çalışmanın Önemi ve Etkisi: Klasik solarizasyon örtü malzemesinden elde edilen sonuçlara kıyasla, balonlu solarizasyon örtü malzemesi ve biochar ekli solarizasyon uygulamaları marul mineral beslenmesi açısından daha etkili olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Bu çalışmadan elde edilen sonuçlara göre, solarizasyon uygulamalarında biochar katkısı yardımıyla daha etkin bir yetiştiricilik yapılabilecektir.

Anahtar Kelimeler: Balonlu solarizasyon, biochar, marul, mineral beslenme, solarizasyon.

ÇIKAR ÇATIŞMA BEYANI

Yazar(lar) çalışma konusunda çıkar çatışmasının olmadığını beyan eder.

ARAŞTIRMACILARIN KATKI ORANI BEYANI

Yazarlar çalışmaya eşit oranda katkı sağlamış olduklarını beyan eder.

KAYNAKLAR

- Ahmad M, Rajapaksha AU, Lim JE, Zhang M, Bolan N, Mohan D, Vithanage M, Lee SS, Ok YS (2014) Biochar as a sorbent for contaminant management in soil and water: A review. *Chemosphere* 99: 19-33.
- Alaboz P, Öz H (2020) Biyokömür ve solarizasyon uygulamalarının bazı toprak fiziksel özellikler üzerine etkileri. *Anadolu Tar. Bil. Derg.* 35: 208-214.
- Al-Shammary AAG, Al-Sadoon JNA, Lahmod NR (2016) Influence of the soil solarization management and fertilizer on soil temperature under different soil tillage systems. *J. Agric. Sci.* 8: 98.
- Al-Shammary AAG, Kouzani A, Gyasi-Agyei Y, Gates W, Rodrigo-Comino J (2020) Effects of solarisation on soil thermal-physical properties under different soil treatments: A review. *Geoderma* 363: 1-17.
- Alpaslan M, Güneş A, İnal A (1998) Deneme Tekniği. Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları, 1502.
- Bek Y (1983) Araştırma ve Deneme Metodları. Ç.Ü. Ziraat Fakültesi Ders Notu Yay. No: 92. Adana
- Bouyoucos GJ (1936) Directions for making mechanical analyses of soils by the hydrometer method. *Soil Sci.* 42(3): 225-230.
- Bulut F (2022) Sera koşullarında yetiştirilen değişik sebze türlerinin besin elementi alımları ve gübreden yararlanma oranları. Isparta Uygulamalı Bilimler Üniv. Toprak Bilimi ve Bitki Besleme ABD. Yüksek Lisans Tezi.
- Campiglia E, Temperini O, Mancinelli R, Saccardo F (2000) Effects of soil solarization on the weed control of vegetable crops and on the cauliflower and fennel production in the open field. *Acta Hort.* 533: 249-255.
- Carson PL (1980) Carson Recommended potassium test WC Dahnke (Ed) Recommended Chemical Soil Test Procedures for the North Central Region. *Bulletin* 499: 20-21.
- D'Addabbo T, Miccolis V, Basile M, Candido V (2010) Soil solarization and sustainable agriculture. in: Lichtfouse, e. (Ed.), *Sociology, Organic Farming, Climate Change and Soil Science*. Springer, Netherlands, Dordrecht, pp. 217-274.
- Granados MR, Bonachela S, Hernandez J, Lopez JC, Magan JJ, Baeza EJ, Gazquez JC, Perez-Parra JJ (2012) Soil temperatures in a mediterranean greenhouse with different solarization strategies. *Acta Hort.* 927: 747-753.
- Grunzweig JM, Katan J, Ben-Tal Y, Rabinowitch HD (1999) The role of mineral nutrients in the increased growth response of tomato plants in solarized soil. *Plant Soil* 206: 21-27.
- Hartz TK, Johnstone PR, Williams E, Smith RF (2007) Establishing lettuce leaf nutrient optimum ranges through DRIS analysis. *HortScience* 42(1): 143-146.
- Havlin JL, Tisdale SL, Nelson WL, Beaton JD (2016) Soil fertility and fertilizers. Pearson Education India.
- Hochmuth G, Maynard D, Vavrina C, Hanlon E (1991) Plant Tissue Analysis and Interpretation for Vegetable Crops in Florida Univ. Florida Special Publication SS-VEC42.
- Jones JB, Wolf B, Mills HA (1992) Plant Analysis Handbook. A Practical Sampling, Preparation, Analysis, and Interpretation Guide. Micro-Macro Publishing, Inc.
- Komariah K, Ito K, Onishi T, Senge M (2011) Soil properties affected by combinations of soil solarization and organic amendment. *Paddy Water Environ.* 9: 357-366.
- Lindsay WL, Norvell WA (1969) Development of a DTPA micronutrient soil test. *Soil Sci. Soc. Am. Proceed.* 35: 600-602.
- Loeppert RH, Suarez DL (1996) Carbonate and gypsum. *Methods of Soil Analysis Part 3 Chemical Methods*. Ed.: Sparks, D.L. vd. Madison, Wisconsin, USA: Soil Science Society of America, Inc. American Society of Agronomy, Inc.
- Ludwick AE (2002) *Western Fertilizer Handbook*. 9th ed. Interstate Publishers, Inc., Danville.
- Mills HA, Benton J (1996) *Plant analysis handbook II: A practical sampling, preparation, analysis, and interpretation guide*. No. 581.13 M657.
- Morra L, Carrieri R, Fornasier F, Mormile P, Rippa M, Baiano S, Cermola M, Piccirillo G, Lahoz E (2018) Solarization working like a "solar hot panel" after compost addition sanitizes soil in thirty days and preserves soil fertility. *Appl. Soil Ecol.* 126: 65-74.
- Mudalagiriappa M, Nanjappa HV, Ramachandrappa BK (1999) Effect of soil solarization on weed growth and yield of Kharif groundnut. *Indian J. Agron.* 44(2): 396-399.
- Olsen SR, Cole CV, Watanable FS, Dean LA (1954) Estimation of available phosphorus in soils by extraction with sodium bicarbonate. *U. S. Dept. of Agric. Cir.* 939, Washington D. C.
- Öz H, Coşkan A, Atılğan A (2016) Effect of different plastic cover materials and biofumigation to soil organic matter decomposition in greenhouse solarization. *Sci. Pap. Ser. A. Agronomy Vol. LIX*: 127-129.

- Öz H, Coşkan A, Atılğan A (2017a) Air bubbled or water filled bubbled solarization sheet was further effective on number of soil microorganisms, CO₂ production as well as microbial biomass carbon, Sci. Pap. Ser. A. Agronomy Vol. LX: 137-141.
- Öz H, Coskan A, Atılğan A (2017b) Determination of effects of various plastic covers and biofumigation on soil temperature and soil nitrogen form in greenhouse solarization: new solarization cover material. J. Polym. Environ. 25(2): 370-377.
- Öz H (2018) A new approach to soil solarization: Addition of biochar to the effect of soil temperature and quality and yield parameters of lettuce (*Lactuca sativa* L. Duna). Sci. Hortic. 228: 153-161.
- Öz H, Yaylacı C, Erdal İ (2021) Farklı malç materyallerinin marul (*Lactuca sativa* L. Duna) bitkisinin gelişimi ve bazı mineral besin elementleri üzerine etkisi. MKU. Tar. Bil. Derg. 26(2): 489-496.
- Richards LA (1954) Diagnosis and Improvement of Saline and Alkali Soils. Soil Sci. 78: 2.
- Stapleton JJ (2000) Soil solarization in various agricultural production systems. Crop Prot. 19: 837-841.
- Tüzel Y, Öztekin G, Duyar H, Eşiyok D, Kılıç ÖG, Anaç D, Kayıkçıoğlu H (2012) Organik salata-marul yetiştiriciliğinde agryl örtü ve bazı gübrelerin verim, kalite, yaprak besin içeriği ve toprak verimliliğine etkileri. J. of Agr. Sci. 17(3): 190-203.
- Üçok Z, Demir H, Sönmez İ, Polat E (2019) Farklı organik gübre uygulamalarının kıvrıkcık salata (*Lactuca sativa* L. var. *crispa*) verim, kalite ve bitki besin elementleri içeriklerine etkileri. Medit. Agric. Sci. 32: 63-68.
- Walkley A, Black IA (1934) An examination of the degtjareff method for determining soil organic matter, and a proposed modification of the chromic acid titration method. Soil Sci. 37(1): 29-38.
- Woldetsadik D, Drechsel P, Marschner B, Itanna F, Gebrekidan H (2018) Effect of biochar derived from faecal matter on yield and nutrient content of lettuce (*Lactuca sativa*) in two contrasting soils. Environ. Syst. Res. 6: 2.
- Yağmur B, Aydın Ş (2021) Çinko (Zn) uygulamalarının marul (*Lactuca sativa* L.) bitkisinin bazı yaprak besin element içeriklerine etkisi. Top. Bil. Bit. Besl. Derg. 9(1): 57-63.