

Sera Koşullarında Mermer Tozunun Karbondioksit Kaynağı ve Yetiştirme Ortamı Olarak Kullanılması

Gökhan BÜYÜK¹

Garip YARŞI²

Erhan AKÇA³

Ceren Ayşe BAYRAM¹

¹Adıyaman Üniversitesi, Kahta Meslek Yüksekokulu, Kahta, Adıyaman

²Mersin Üniversitesi, Silifke Meslek Yüksekokulu, Silifke, Mersin

³Adıyaman Üniversitesi, Teknik Bilimler Meslek Yüksekokulu, Adıyaman

✉: gbuyuk@adiyaman.edu.tr

Geliş (Received): 01.06.2016

Kabul (Accepted): 26.09.2016

ÖZET: Türkiye dünyada mermer ihracatında 1. sırada yer almaktadır ve yüksek düzeyde atık mermer ortaya çıkmaktadır. Endüstriyel atıkların yeniden kullanımı, sınırlı olan doğal kaynakların üstündeki insan baskısının azalmasına olumlu katkı yapmaktadır. Ancak atık materyallerin yeniden kullanımlarında en başta istenen özellik çevre dostu yaklaşımdır. Mermerin tarımsal açıdan değerlendirilmesini öngören bu çalışmada, mermer tozunun özellikle topraksız tarımda kullanılmasıyla açığa çıkan karbondioksitin verime olan etkisi araştırılmıştır. Deneme, marul bitkisinde; torf + perlit, % 87,5 (torf ve perlit) + %12.5 mermer tozu, %75 (torf ve perlit) + % 25 mermer tozu, %50 (torf ve perlit) + %50 mermer tozu, %25 (torf ve perlit) + %75 mermer tozu şeklinde 5 farklı karışım ile kontrol ve % 5'lik asetik asit uygulaması (asitli uygulama) düzeninde gerçekleştirilmiştir. En yüksek kuru madde üretimi (15.65 g/saksı) %25 mermer tozunu bulanan % 5'lik asetik asit uygulamasında 2708.3 ppm CO₂ salınımı ile elde edilmiştir. Söz konusu karışım kontrol uygulamasına göre %481,59 karbondioksit değişimi bulunmuştur. Karışımlarda mermer tozunun %25'in üzerine çıkmasıyla CO₂ çıkışının artması kuru madde üretiminde düşüşlere yol açmıştır. Sonuçta mermer atıklarının uygun oranları belirlendikten sonra, ki bu çalışma koşullarında %25'tir, seralarda CO₂ ve Ca kaynağı olarak kullanılabilmesi ortaya konulmuştur.

Anahtar Kelimeler: Marul, mermer tozu, karbondioksit, sera, yetiştirme ortamı

Use of Marble Dust as a Carbon dioxide Source and Growing Media in Greenhouse Conditions

ABSTRACT: Turkey is ranked first globally in marble export and high volume of marble waste is produced. Reuse of industrial wastes have a positive effect on decreasing the human pressure on limited natural resources. However, the environmental friendly use of wastes is the primarily required approach. This study foresees the use of marble dust in agriculture, particularly the effect of carbon dioxide released following the use of it in soilless agriculture. The experiment was conducted on lettuce with 5 different mixtures of peat-perlite + marble dust along with a control and 5% acetic acid (acidic) treatment. Five different mixtures were consisted of 87.5% peat-perlite + 12.5% marble dust, 75% peat-perlite + 25% marble dust, 50% peat-perlite + 50% marble dust, and 25% peat-perlite + 75% marble dust. The highest dry matter production of 15.65g/pot was achieved at the 25% marble dust with 5% acetic acid treatment by 2708.3 ppm CO₂ emissions. The mentioned mixture's CO₂ productions was 481.59% higher than the control. The increase of CO₂ emission in mixtures, where marble dust was greater than 25%, lead decreases in dry matter production. As conclusion, with the decision of the suitable amounts of use, which was 25% in this study, it can be concluded that marble dust can be used as CO₂ and Ca source in greenhouses.

Key Words: Lettuce, marble dust, carbon dioxide, green house, growing media

GİRİŞ

Adıyaman 1.1 milyon ton tahmini rezerviyle Türkiye'deki önemli mermer yataklarına sahip iller arasında yer almaktadır (İKA, 2013). Mermer üretiminde mermerin kesilmesi sırasında makinaların kesme işlemini yapan testerelelerin ağzından çıkan çok ince kum ve silt boyutundaki (0.5-0,02 mm) mermer tozu artıkları oluşmaktadır. Mermer işleme işlemlerinde oluşan toplam toz miktarı oranı ortalama %30 olarak öngörülmektedir. Yalnızca Adıyaman'da yapılan mermer işleme sonucunda oluşan atık 90.000 ton civarında olup, bu malzemeler doğaya atılmaktadır. Buna karşın, atıkların büyük bölümünün geri kazanımının yapılamadığı anlaşılmaktadır. Söz konusu atık ve artıkların daha yüksek oranda geri kazanımı için bu alanda yapılacak Ar-Ge çalışmaları doğanın korunmasına katkı yapacağı gibi, ekonomik değer

kazanmasına olanak sağlayacaktır. Bu kullanımlar arasında tarım öncelik taşımaktadır. Çünkü mermer tozu uygun asitlerle işlendiğinde, kapalı ortamlarda karbondioksit (CO₂) gazı çıkışı sağlayarak bitkilerin fotosentezine olumlu katkı yapmaktadır.

Dünya'da mermer tozunun seralarda CO₂ kaynağı olarak kullanılması ile ilgili çalışmalara yayın hazırlanırken farklı akademik internet sayfalarında yapılan araştırmalarda rastlanmamıştır. Adıyaman'da çıkan mermerin CaCO₃ içeriğinin %90'ının üzerinde olması (CaO+MgO ≥90-80) materyalin Ca ve CO₂ kaynağı olarak kullanılabilmesini göstermektedir (Dinçer ve Topak, 2008).

Sera içerisindeki bitkilere çeşitli şekillerde yapılan CO₂ uygulamaları sonucunda verimleri üzerinde oluşan değişiklikler bilinmektedir. Bitkiler solunum için oksijene özümleme içinse CO₂'e ihtiyaç duyarlar. Bitki

gelişimi ve verimi üzerine olan etkilerinden dolayı CO₂ gübrelemesi ileri tarım yöntemlerinin kullanıldığı ülke ve bölgelerde örtü altı yetiştiriciliğinde yaygın kullanımlar arasındadır. Sera içerisinde bitkiler için uygun düzeylerde yapılacak CO₂ gübrelemesi ile bitkilerden alınacak verimi artırmanın mümkün olduğunu bildirmişlerdir (Tezcan ve ark., 2011).

Türkiye’de yetiştirilen sebzelerin çoğu açıkta üretilmektedir. Bununla birlikte seralarda doğrudan toprakta ve son yıllarda topraksız tarım yetiştiriciliği şeklinde yapılan örtüaltı tarımında artış görülmektedir. Sera ortamlarında yapılan sebze yetiştiriciliğinde birim alandan yüksek verim alınması için gübrelemeye ve yetiştirme ortamına ağırlık verilmektedir (TUİK, 2013).

Araştırmacılar, CO₂ miktarındaki artışın bazı bitkilere gübre etkisi yaparak gelişimi hızlandıracağını belirtmektedir (McGrath ve Lobell, 2013; Bishop ve ark., 2014; Nakata ve ark., 2014). Bitki yetiştirilen ortamdaki CO₂ miktarının artırılması, bitkinin yapraklarında depolanan fazla suyu ve enerjiyi kullanmasını sağladığından büyümenin belirgin artmasına neden olur. Dış ortamlardaki CO₂ düzeyi ortalama 300-600 ppm’dir. Ancak bitkiler bundan daha fazlası kullanabilirler. Bitki yetiştirilen bir ortamdaki CO₂ miktarı 800-1500 ppm’e yükseltilebilir. Bu dış ortamlarda ki düzeyin 3 ila 6 katı büyüklüğündedir (Tezcan ve ark., 2011).

Sonuçta ortamda CO₂ miktarı arttırıldığında, bitkilerin büyüme hızı %100-200 kadar yüksek değerlerde arttırılabilir. Bitkilerin genetik yapıları CO₂ gübrelemesine karşı farklı tepkiler verebilmektedir. Bazı bitkilerde bu yönde yapılan çalışmalarda çeşitler arasında farklılıklar olmakla birlikte, bitkilerde ortalama verim artışı %50-55 dolayında olmaktadır (Okay ve Demirtaş, 2007).

Üç farklı CO₂ uygulaması ile yapılan araştırmada, marul bitkisinin bitki yüksekliği, genişliği ve yaprak sayısının, verimin ve klorofil düzeyinin kontrol uygulamasından daha yüksek olduğunu ve verim ve kaliteyi geliştirmek için karbondioksit gübrelemesi uygulamasının gerekliliğini bildirmişlerdir (Yuan ve ark., 2014).

Günümüzde CO₂ kaynağı olarak üç ana kaynak kullanılmaktadır. Bunlar; sıvı CO₂, gaz CO₂ ve yakıt yanması sonucu açığa çıkan CO₂’dir. Bunlarla yapılan çalışmalarda, CO₂ uygulamasının seralarda çeşitli

bitkilerde verim ve kalite artışına neden olduğunu bildirilmiştir (Thomas ve ark., 2009; Sieling ve ark., 2013). CO₂ kaynağının üreticilere ek gider getirmeden sağlanması ve kaynağın devamlılığı temelinde mermer tozu Türkiye için uygun materyal olarak değerlendirilmiştir. Seracılıkta CO₂ oranı artırıldığı takdirde verimin % 40 dolayında artacağı bildirilmiştir (Tezcan ve ark., 2011).

Bu çalışmada, atıkların yeniden kullanımı veya geri dönüşümü; sınırlı olan doğal kaynakların kullanımını azaltarak, doğanın tahrip edilmesini önlemek, üretimde verimliliği artırmak ve atık depolanması sonucu oluşacak çevre problemlerini en aza indirmektir. Bu amaç için, mermer tozunun özellikle topraksız tarımda yetiştirme ortamı olarak kullanılmasıyla açığa çıkan CO₂ ‘nin verime olan etkisi araştırılmıştır.

MATERYAL ve METOT

Materyal

Çalışmada sera tarımında yoğun olarak kullanılan daha koyu renkli ve kışlık Salus F1 (Hazera) marul çeşidi ile birlikte, Adıyaman’da çoğunlukla Adıyaman Merkez ile Çelikhan arasında ki jeolojik oluşumlardan çıkarılan mermerlerin işlenmesinden sonra arta kalan mermer atığı asitte daha etkin çözünmesi amacıyla orta kum boyutu olan 0.5 mm’lik elekten geçirilerek kullanılmıştır. Denemede yetiştirme ortamı olarak torf ve perlit kullanılmıştır. Adıyaman Bölgesinde ki mermerlerin yüksek kalsiyum, magnezyumlu dolomitik özellikte olduğu ve düşük miktarda kuvars ile muskovit içerdiği bilinmektedir (Şahin ve Işık, 2010; Dinçer ve Topak, 2010) (Çizelge 1). Dolomitik özellikte olan mermer kullanımı %90 kalsit içeren mermere oranla asitle daha yavaş tepkimeye gireceğinden CO₂ çıkışının da dengeli olacağı düşünülmüştür (Genty ve ark. 2012).

Metot

Denemenin kurulması ve fidelerin dikimi

Bu çalışma Mersin Üniversitesi Silifke Meslek Yüksekokulu Araştırma ve Uygulama seralarında yürütülmüştür. Dikime hazır Hazera F1 marul fideleri 03.12.2014 tarihinde saksılara viyollerden şaşırtılmıştır. Deneme 3 tekrarlı ve her tekerrürde 9 bitki olacak şekilde ve tesadüf parselleri deneme desenine göre oluşturulmuştur (Şekil 1).

Çizelge 1. Adıyaman mermer yataklarının özellikleri (Dinçer ve Topak, 2010)

	Örnek 1	Örnek 2	Örnek 3	Örnek 4	Örnek 5
Fe ₂ O ₃ (%)	0,03	0,04	0,05	0,04	0,08
MnO (%)	0,007	0,005	0,005	0,005	0,005
ZnO (%)	yok	yok	yok	yok	yok
CuO (%)	yok	yok	yok	yok	yok
Al ₂ O ₃ (%)	yok	yok	yok	yok	yok
SiO ₂ (%)	0,62	0,25	0,08	0,04	0,06
CaCO ₃ (%)	58,1	59,01	59,32	67,51	68,7
MgCO ₃ (%)	40,94	40,15	40	31,43	30,21
Na ₂ O (%)	0,07	0,07	0,11	0,07	0,07
K ₂ O (%)	0,012	yok	yok	yok	yok



Şekil 1. Denemenin kurulma aşaması

Denemede CO₂ ölçümlerinin doğru bir şekilde yapılması için eşit hacimde (1 m uzunlukta, 70 cm genişlikte ve 50 cm yükseklikte) küçük tüneller oluşturulmuştur. Her tünel birbirinden bağımsız şekilde kurulmuş ve tünellerin bir yanına okumalar yapmak ve gerektiğinde havalandırma yapmak için eşit büyüklükte açıklıklar oluşturulmuştur. İlk 7 gün boyunca bitkilerde aynı sulama ve gübreleme işlemi yapılmıştır. Sulamada basınçlı ve her bitkiye bir damlatıcı olacak şekilde damla sulama uygulanmıştır. Bitki esin çözeltisi olarak da içerisinde bitki makro ve mikro besin elementleri içeren Dünya'da ve Türkiye yaygın olarak kullanılan SIGMA Hoagland's No.2 Basal Salt karışımı kullanılmıştır (Collins ve ark., 2012; Kara, 2013).

Deneme, torf + perlit, %87.5 (torf ve perlit) + %12.5 mermer tozu, %75 (torf ve perlit) + %25 mermer tozu, %50 (torf ve perlit) + %50 mermer tozu, %25 (torf ve perlit) + %75 mermer tozu şeklinde 5 farklı karışım ile kontrolde gerçekleştirilmiştir. Asit uygulamada ise mermerle asitle reaksiyona girdiğinde çözünürken ortamdaki diğer materyalleri zarar verecek aşırı tepkimeye yol açmayan %5'lik asetik asit uygulaması yapılmıştır. Asetik asit; sirke asidi olması, olumlu sonuç alındığında kolaylıkla temin edilebilir olması, çevreye daha az zararlı ve etkin kireç çözücü özellikleri nedeniyle tercih edilmiştir. Deneme planı aşağıda verilmiştir (Çizelge 2).

Çizelge 2. Deneme planı

YETİŞTİRME ORTAMI	UYGULAMA
Torf + Perlit (2:1)	
%87.5 (T+P) + %12.5 MT	
%75.0 (T+P) + %25.0 MT	%5'lik asetik asit uygulaması
%50.0 (T+P) + %50.0 MT	
%25.0 (T+P) + %75.0 MT	
Torf + Perlit (2:1)	
%87.5 (T+P) + %12.5 MT	KONTROL UYGULAMA
%75.0 (T+P) + %25.0 MT	(asetik asit uygulaması yapılmamıştır)
%50.0 (T+P) + %50.0 MT	
%25.0 (T+P) + %75.0 MT	

T: Torf, P: Perlit, MT: Mermer Tozu

Karbondioksit (CO₂) ölçümleri

CO₂ ölçümleri Testo 435-2 çok yönlü modeli ile sabah 8:00-10:00 saatleri arasında alınmıştır. Yedinci günden sonra her iki günde bir kontrol bitkilerine normal su ve besin çözeltisi verilirken, asit uygulaması yapılan bitkilere %5'lik asetik asit ve besin çözeltisi

verilmiştir. Uygulamadan 30 dk sonra CO₂ ölçümleri 1'er dakikalık ve her yinelemede 3 ölçüm olacak şekilde yapılmıştır (Şekil 2). Ölçüm aralığı 1 saniye olarak ayarlanmıştır. Her ölçümde (3 dk'lık ölçüm için) 180 değer okunmuş ve ortalamaları ppm olarak kaydedilmiştir.



Şekil 2. CO₂ ölçümü

Bitki biyokütle ölçümleri

Bitkiler 30. günün sonunda dikkatli bir şekilde hasat edilerek, yaprak sayıları adet olarak sayılmıştır. Yaprakların yaş ve kuru ağırlıkları ise 0.001 duyarlılıklı terazide tartılarak alınmıştır. Yaş ağırlıkları alınan yapraklar 80°C'deki etüvde 24 saat bekletilmiş ve kuru ağırlıkları 0.00 duyarlılıkta olan terazide alınmıştır.

İstatistiksel analizler

Deneme sonucunda elde edilen verilerin istatistiksel analizleri MSTAT-C (1980) paket programından yararlanılarak yapılmıştır.

BULGULAR ve TARTIŞMA

Yaprak Sayısı

Marul bitkisinde asit uygulaması yapılmayan kontrol uygulamaları arasında en düşük yaprak sayısı %25 (torf+perlit) + %75 mermer tozu karışımında 17.7 adet/saksı olarak ölçülürken, en yüksek yaprak sayısı % 25 mermer tozu + %75 (torf+perlit) karışımında 30.3 adet/saksı olarak ölçülmüştür. Bu durum mermer tozu miktarının karışımında artması ile yaprak sayısının düştüğünü göstermektedir. Asitli çözeltili uygulanan karışımlarda ise en düşük yaprak sayısı asitli uygulaması yapılmayan örneklere benzer biçimde %25 (torf+perlit) + %75 mermer tozu karışımında 18.3 adet/saksı olarak ölçülürken, en yüksek yaprak sayısı 33.3 adet/saksı ile %25 mermer tozu + %75 (torf+perlit)

karışımında ölçülmüştür. Görüldüğü üzere en düşük ve en yüksek yaprak sayıları kontrol ve çözeltili uygulamalarında da aynı karışım içeriklerinde elde edilmiştir. Bu durum mermer tozunun karışımındaki miktarının önemli olduğunu ayrıca da uygulanan çözeltilinin de yaprak sayısını etkilediği belirlenmiştir. Bu nedenle mermer tozu ile birlikte çözeltili uygulanmalıdır. Bunun nedeni ortamdaki mermer tozundaki CO₂'nin açığa çıkmasından kaynaklanabilir. CO₂ çıkışı ile %75 (torf ve perlit) + %25 mermer tozu karışımında, kontrol uygulamasına göre %10'luk bir artış belirlenmiştir. Bu durum mermer tozunun ortam iyileştirici ve sera koşullarında CO₂ kaynağı olarak kullanılabileceğini göstermektedir. Okay ve Demirtaş (2007) çalışmalarında çeşitler arasında farklılıklar olmakla birlikte, ortamdaki CO₂'in artışıyla bitkilerde ortalama verim artışı %50-55 dolayında olduğunu bildirmişlerdir. Elde edilen bulgular bu çalışmada da örtüşmektedir. Yaprak sayısının artırılmasında yalnızca istatistiksel olarak yetiştirme ortamının 0.01 düzeyinde önemli olduğu belirlenmiştir.

Bitki Kuru Ağırlığı

Bitki kuru ağırlıkları kontrol uygulamasında olduğu gibi aynı karışımlarda 2.87 ile 12.02 g/saksı arasında elde edilmiştir. Asitli uygulamada da benzer şekilde aynı karışımlarda 8.01 ile 15.65 g/saksı arasında elde edilmiştir (Çizelge 3).

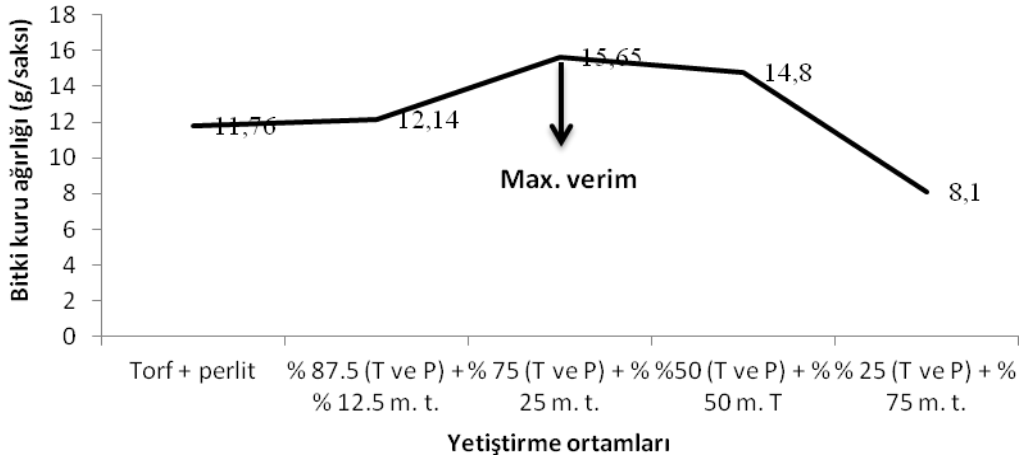
Çizelge 3. Farklı yetiştirme ortamları ve farklı uygulamalarda bitki kuru ve yaş ağırlığı, yaprak sayısı, CO₂ değerleri

Yetiştirme ortamları	Uygulama	Bitki			
		Yaş Ağırlığı	Kuru Ağırlığı	Yaprak sayısı	CO ₂ okuması
		g/saksı		adet/saksı	mg l ⁻¹
Torf + perlit	Çözeltili Uyg.	224.61	11.76	28.7	1274.6
	Kontrol	173.62	9.56	26.3	656.7
% 87.5 (Torf ve Perlit) + % 12.5 mermer tozu	Çözeltili Uyg.	266.94	12.14	31.3	2219.2
	Kontrol	193.38	9.93	28.3	691.7
% 75 (Torf ve Perlit) + % 25 mermer tozu	Çözeltili Uyg.	298.89	15.65	33.3	2708.3
	Kontrol	229.15	12.02	30.3	702.8
% 50 (Torf ve Perlit) + % 50 mermer tozu	Çözeltili Uyg.	232.08	14.8	29.7	3316.8
	Kontrol	224.46	11.98	27.3	698.5
% 25 (Torf ve Perlit) + % 75 mermer tozu	Çözeltili Uyg.	95.82	8.1	18.3	3697.6
	Kontrol	49.91	2.87	17.7	607.1
Ftest	Yet. Ort.	**	**	**	**
	Uygulama	**	**	ö.s	**
	Y.O. X Uyg.	**	ö.s	ö.s	**

*, P<0.05, **, P<0.01, ö.s; önemsiz.

Yaprak sayısı ile bitki kuru ağırlığı arasında ilişki olduğu gibi yine benzer şekilde topraksız tarımda yapılacak ortam karışımlarında %25 mermer tozunun olması ortam olarak ve CO₂ gübresi kullanımı için uygun olduğu belirlenmiştir (Şekil 3). İstatistiksel olarak da bitki kuru ağırlıklarında mermer tozunun ve

uygulamanın 0.01 düzeyinde önemli olduğu görülmüştür. Benzer şekilde, Tezcan ve ark. (2011)'de sera içerisinde bitkiler için uygun düzeylerde yapılacak CO₂ gübrelemesi ile bitkilerden alınacak verimi arttırmanın olası olduğunu bildirmişlerdir.



Şekil 3. Yetiştirme ortamları ile bitki kuru ağırlığı arasındaki ilişki

Bitki Yaş Ağırlığı

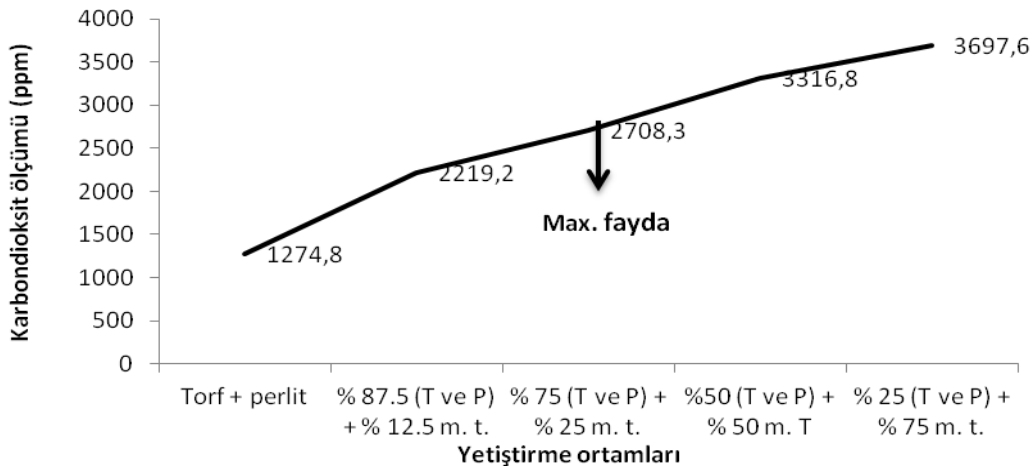
Kontrol uygulamasında saksılardan hasat edilen marul bitkisinin yaş ağırlığı 49.91 ile 229.15 g/saksı arasında değişmiştir. En yüksek ağırlık %25 mermer tozu karışımında elde edilirken, en düşük %75 mermer tozu karışımında elde edilmiştir (Çizelge 3).

Asit uygulanan saksılarda yapılan hasatta bitki yaş ağırlığı 95.82 ile 298.89 g/saksı arasında en yüksek %25 mermer tozu karışımında elde edilirken, en düşük ağırlık yine %75 mermer tozu karışımında elde edilmiştir (Çizelge 3). İstatistiksel olarak bitki yaş ağırlığı incelendiğinde yetiştirme ortamı, uygulama ve yetiştirme ortamı x uygulama etkileşiminin 0.01 düzeyinde önemli olduğu bulunmuştur.

CO₂ Ölçümü

Kontrol uygulamasında CO₂ ölçümleri 607.1 ile 702.8 ppm arasında ölçülmüştür. Yine yaprak sayısı ve bitki kuru ağırlığında olduğu gibi aynı karışımlarda en yüksek (%75 torf ve perlit) + %25 mermer tozu ve en düşük değerler (%25 torf ve perlit) + %75 mermer tozu ölçülmüştür (Çizelge 3).

Asetik asit uygulaması yapılan karışımlarda ise CO₂ ölçümleri 1274.6 ile 3697.6 ppm arasında ölçülmüştür. Bu uygulamada CO₂ ölçümü diğer parametrelerde olduğu gibi aynı karışımlarda en yüksek ve en düşük değerler ölçülmemiştir (Şekil 4).



Şekil 4. Farklı yetiştirme ortamlarında ölçülen CO₂ değerleri

En düşük ölçüm torf+perlit karışımında belirlenmiştir. Bu ortamda ölçümün düşük olmasının nedeni ortamda mermer tozunun olmamasına bağlanmıştır. En yüksek ölçüm ise mermer tozunun en yüksek %75 oranında kullanıldığı ortamda ölçülmüştür (Şekil 4). Bunun nedeni ise ortamdaki yüksek mermer

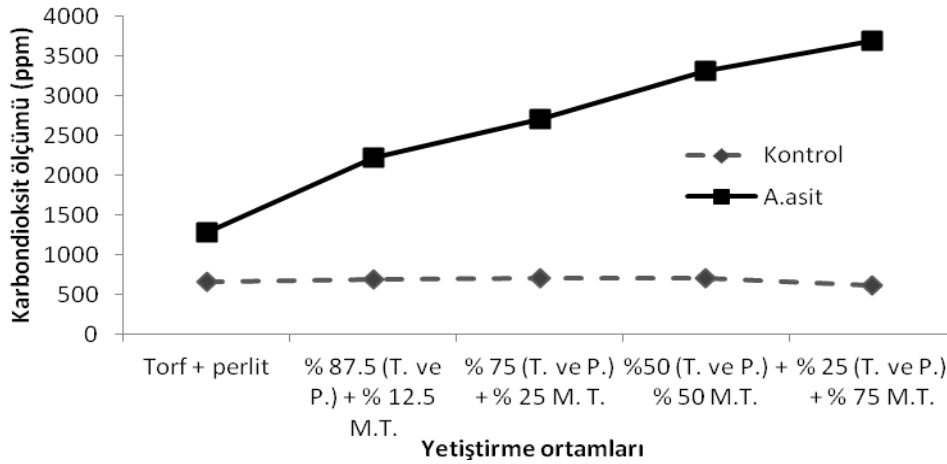
tozunun neden olduğu CO₂ çıkışının toksik etki yapmasına bağlanmıştır. Bitki kuru ağırlığı ve yaprak sayısı beraber değerlendirildiğinde, %25 mermer tozu kullanımı ile en yüksek bitki kuru ağırlığı ve yaprak sayısı elde edilmiştir (Çizelge 3). Bu karışımda CO₂ ölçümü 2708.3 ppm olarak ölçülmüştür. Mermer

tozunun ortamda artmasıyla karbondioksit çıkışı artmış ve bitki kuru ağırlığı azalmıştır. Bu durum azalan verim kanuna göre açıklanabilir.

Ortamda CO₂'inin fazla olması fotosentetik aktiviteyi artırmakla birlikte diğer bileşenlerin yetersiz olması sonucu kuru madde artışında da azalma gözlenmiştir. İstatistiksel olarak da mermer tozunun ortamda olması, asitli uygulama ve bu iki faktörün interaksyonu 0.01 düzeyinde önemli bulunmuştur (Çizelge 3). Sonuçta ortamda CO₂ miktarı arttırıldığında, bitkiler daha hızlı ve daha fazla gelişmektedirler.

Denemelerde %5'lik asetik asitli uygulamasının CO₂ çıkışını artırdığı görülmektedir (Çizelge 3). Burada en fazla CO₂ artışı 3697.6 ppm ile %75 mermer tozu

kullanılan ortamda olduğu görülmektedir. Ortamdaki mermer tozu miktarı arttıkça ortama verilen CO₂ miktarında da paralel bir artışın olduğu görülmektedir (Şekil 5). Mermer uygulaması sera koşullarında topraksız tarım uygulamasında yapılmıştır. Topraksız tarımda kullanılan perlit ve organik katkıların Ca içeriği çoğu bitki için yetersiz olduğundan mermerin çözünmesi sonucu ortaya çıkan Ca bitkiler tarafından alınabilecektir. Ayrıca bazı topraklar kireçli olmasına karşın aktif kireç içeriği düşük olduğundan bitkilere yaprakdan Ca desteği verildiği bilinmektedir. Bu nedenle mermerin çözünmesiyle açığa çıkan Ca serada kullanılan yetiştirme ortamı yüksek kireçli materyal içermiyorsa yararlı olabilecektir (Kaya ve ark., 2002).



Şekil 5. Farklı yetiştirme ortamlarının CO₂ ölçümü

Mermer tozunun yetiştirme ortamı olarak kullanımıyla sera ortamında CO₂'in verim artışını destekleyen bir materyal olarak kullanımının doğal ve ekonomik bir yaklaşım olduğu saptanmıştır (Çizelge 4). Asetik asit mermerdeki kalsiyum karbonatı çözmesi sonrasında ortaya çıkan CO₂ asit uygulanmayan karışımlara göre belirlendiği üzere daha yüksek bulunmuştur (Şekil 5). Kontrol uygulamasına göre, yüksek CO₂ değişimleri mermer tozu oranı arttıkça, CO₂ değişiminin de arttığı görülmüştür. Yapılan ölçümler %168.3 ile %628.3 arasında değişmiştir (Çizelge 4). Asetik asit ve benzeri asitli çözeltiler kireci çözmektedirler. Ancak asetik asit yavaş bir tepkimeyle çözmeye yol açması ve içerisinde çevreye zararlı atık materyal içermemesi nedeniyle tercih edilmiştir. Uygulama ile mermerde ki yüksek düzeydeki kirecin göreceli olarak yavaş çözünme sürecinde açığa çıkan CO₂ ortamda bitkiler tarafından fotosentez sürecinde kullanılabilir. Mermer çözünmesi sonucu açığa çıkan CO₂ ile daha çok miktarda fotosentez gerçekleşeceğinden normal koşullara oranla yüksek miktarda biyokütle üretimi oluşmaktadır. Bunun sonucunda daha çok organik karbon bitki tarafından oluşturularak atmosferdeki CO₂ bağlanmış olmaktadır. De Graaff ve ark (2006)'da yaptıkları çalışmada yetiştirme ortamında arttırılan CO₂ ile toprak üstü ve altı bitki aksamında sırasıyla 21.5% ve 28.3% artış

saptayarak tutulan karbon düzeyinin uygulanan CO₂ salınımından daha fazla olduğunu ortaya koymuşlardır. Bu çalışmada da optimal düzeyler saptanarak atmosfere biyokütle üretiminden daha fazla CO₂ salınımının oluşmaması sağlanmaya çalışılmıştır.

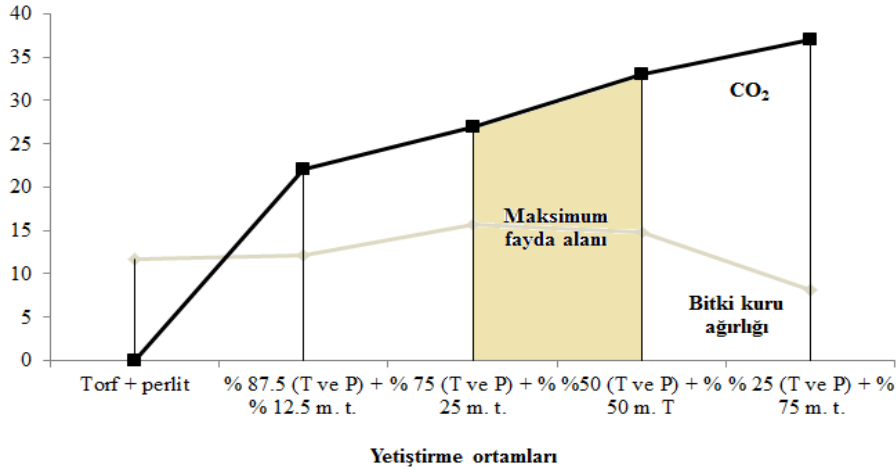
CO₂'in sera ortamlarına uygulama kaynaklarının başında endüstriyel CO₂ gelmektedir. Endüstriyel CO₂ gaz uygulaması ile istenilen düzeyde CO₂ kontrollü olarak ortama verilmektedir. Ancak üretici için bu ek mali yük getirebilmekte daha da önemlisi kontrol sağlanmadığında tüplerden aşırı CO₂ gazı salınımı üreticiler için ölümcül sonuçlara yol açma riskini içermektedir. Bu nedenle doğal kaynaklara zarar vermeden üretim artışı bir materyalin sağlık ve ekonomi yönünden kullanımı çalışmanın temel yaklaşımlarından olmuştur.

Farklı yetiştirme ortamlarında bulunan farklı oranlardaki mermer tozu karışımlarının CO₂ çıkışı ve bitki kuru ağırlıkları birlikte değerlendirildiğinde, ortamdaki mermer tozunun artışıyla her ne kadar CO₂ çıkışı da artmasına karşın bitki kuru ağırlığında da azalma görülmüştür. Maksimum fayda olarak bakıldığında, yetiştirme ortamlarında %25 mermer tozunun bulunmasıyla en yüksek kuru madde üretimine ve bitki gelişimi için en uygun CO₂ miktarı olduğu belirlenmiştir (Şekil 6).

Çizelge 4. Farklı yetiştirme ortamlarının CO₂ değişimleri

Yetiştirme Ortamı	Kontrol	Asetik asit uygulaması	Değişim
		mg l ⁻¹	%
Torf + Perlit (2:1)	475,5	1274,75	168,3
%87.5 (T + P) + %12.5 MT	472,67	2219,17	369,5
%75.0 (T + P) + %25.0 MT	465,67	2708,31	481,59
%50.0 T+ P) + %50.0 MT	474,67	3316,78	598,75
%25.0 (T + P) + %75.0 MT	507,67	3697,58	628,34

T: Torf, P: Perlit, MT: Mermer Tozu



Şekil 6. Farklı yetiştirme ortamlarından elde edilen kuru madde ve karbondioksit üretimi

SONUÇLAR

Marul bitkisi kullanılarak 5 farklı mermer tozu, torf ve perlit karışımında gerçekleştirilen araştırmada %5 asetik asit uygulamasının kontrol uygulamasına oranla, CO₂ çıkışı hızlandırmıştır. Aynı ortamın kontrolleriyle kıyaslandığında mermer tozunun kullanıldığı ortamlarda kontrol uygulamasına göre bitki biyokütlesinde bir artış olduğu belirlenmiştir. Bunun nedeni; ortamdaki CO₂ miktarının artmasıyla fotosentezin artması şeklinde açıklanabilir. Ayrıca mermer tozunun asitle etkileşiminden sonra mermer içinde bulunan bazı besin elementlerinin (çözünmeyen artık mineraller –insoluble residues) bitkiler tarafından kullanılabilir forma geçmesi sonrasında da alınmış olması bitki biyokütlesinin artışına neden olmuştur.

Denemelerde %25 oranında mermer tozu karışımının en yüksek ve ekonomik biyokütle ve asetik asit uygulamasında hidroklorik asitte olduğu üzere ani tepkime vermeden daha yavaş olan CO₂ çıkışı verdiği saptanmıştır. Bu nedenle, saptanan oranın kullanılması özellikle CO₂ uygulaması fotosenteze yardımcı olduğundan marul bitkisinin verim ve kalite parametrelerini de arttırmaktadır. Ancak bu çalışmada elde edilen söz konusu karışım miktarının (%25) diğer bitkiler içinde belirlendikten sonra kullanılmasında yarar bulunmaktadır. Çalışmada mermer tozunun tarımda CO₂ kaynağı olarak geri kullanımı atık değerlendirmede alternatif seçenek oluşturan bir yaklaşım olmuştur.

TEŞEKKÜR

Bu çalışma Adıyaman Üniversitesi Bilimsel Araştırma Proje Birimi tarafından KMYOBAP/2014-0004 nolu proje ile desteklenmiştir.

KAYNAKLAR

- Bishop KA, Leakey AD, Ainsworth EA 2014. How seasonal temperature or water inputs affect the relative response of C3 crops to elevated CO₂: a global analysis of open top chamber and free air CO₂ enrichment studies. Food and Energy Security, 3(1): 33-45.
- Collins AR, Thalmann D, Müller Schärer H 2013. Cytotypes of Centaurea stoebe found to differ in root growth using growth pouches. Weed Research, 53(3): 159-163.
- De Graaff MA, Van Groenigen KJ, Six J, Hungate B, van Kessel C 2006. Interactions between plant growth and soil nutrient cycling under elevated CO₂: A meta analysis. Global Change Biology, 12(11): 2077-2091.
- Diñer İ, Topak Y 2008. Adıyaman Bölgesi Mermer Potansiyelinin Değerlendirilmesi. AMYOBAP2008/003.
- Genty T, Bussièrè B, Potvin R, Benzaazoua M, Zagury GJ 2012. Dissolution of calcitic marble and dolomitic rock in high iron concentrated acid mine drainage: application to anoxic limestone drains. Environmental Earth Sciences, 66(8): 2387-2401.
- İKA 2013. Adıyaman Yatırım Destek Ofisi Adıyaman Maden ve Enerji Kaynakları Raporu.

- <http://www.ika.org.tr/upload/yazilar/Adiyaman-Maden-ve-Enerji-Kaynaklari-Raporu-987135.pdf> (10.03.2016).
- Kara FB 2013. Lokal endemik thermopsis turcica kit tan, Vural ve Küçüköyük'nün büyüme parametreleri, lipid peroksidasyonu, prolin ve klorofil içerikleri üzerine tuz stresinin etkileri. Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Biyoloji Ana Bilim Dalı, Doktora Tezi. 59 s.
- Kaya C, Kirnak H, Higgs D, Saltali K 2002. Supplementary calcium enhances plant growth and fruit yield in strawberry cultivars grown at high (NaCl) salinity. *Scientia Horticulturae*, 93(1): 65-74.
- McGrath JM, Lobell DB 2013. Regional disparities in the CO₂ fertilization effect and implications for crop yields. *Environmental Research Letters*, 8(1), 014054.
- Mstat C 1980. Mstat User's Guide: Statistics (Version 5 Ed.). Michigan State University, Michigan, USA.
- Nakata K, Ozaki T, Terashima C, Fujishima A, Einaga Y 2014. High Yield Electrochemical Production of Formaldehyde from CO₂ and Seawater *Angewandte Chemie*, 126(3): 890-893.
- Okay D, Demirtaş Ç 2007. Bursa Koşullarında Sıcaklık ve CO₂ Değişimlerinin Mısır Bitkisinin Verim ve Evapotranspirasyon Üzerine Etkisinin Belirlenmesi. *Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarım Bilimleri Dergisi (J. Agric. Sci.)*, 17(2): 81-87.
- Sieling K, Herrmann A, Wienforth B, Taube F, Ohl S, Hartung E, Kage H 2013. Biogas cropping systems: Short-term effects of biogas residue application on yield performance and N balance parameters of maize in different cropping systems. *The Journal of Agricultural Science*, 151, 449-462. <http://dx.doi.org/10.1016/j.eja.2013.01.002>.
- Şahin Ö, Işık V 2010. Çelikhan (Adiyaman) Civarında Yüzeyleyen Metamorfik ve Magmatik Kayaların Petrolojisi. *Türkiye Jeoloji Bülteni*, 53(2-3): 129-158.
- Tezcan A, Atılgan A, Öz H 2011. Levels of carbon dioxide in greenhouses and possible effects of carbon dioxide fertilization. *Ziraat Fakültesi Dergisi, Süleyman Demirel Üniversitesi*, 6(1): 44-51.
- Thomas TU, Edwin S, Markus R 2009. CO₂ evolution and N mineralization after biogas slurry application in the field and its yield effects on spring barley. *Applied Soil Ecology*, 42, 297-302. <http://dx.doi.org/10.1016/j.apsoil.2009.05.012>.
- TÜİK 2013. Türkiye İstatistik Kurumu. <http://www.tuik.gov.tr>.
- Yuan H, Huang, X, Li X, Tian L, Zhu C, Zou D 2014. Effect of Three-Dimension Fertilizing Mode Using CO₂ and Liquid/Solid Fractions of the Digesate From Anaerobic Digester on Yield and Quality of Lettuce. *Journal of Agricultural Science*, 6(7): 212.