

T.C.
AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

DURGUN SU KÜLTÜRÜNDE YETİŞTİRİLEN MARULDA OZON
UYGULAMASININ SOLÜSYONUN BESİN KOMPOZİSYONU İLE BİTKİNİN
VERİM VE KALİTESİ ÜZERİNE ETKİSİ

Esra OKUDUR

YÜKSEK LİSANS TEZİ
BAHÇE BİTKİLERİ ANABİLİM DALI

2016

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

**DURGUN SU KÜLTÜRÜNDE YETİŞTİRİLEN MARULDA OZON
UYGULAMASININ SOLÜSYONUN BESİN KOMPOZİSYONU İLE BİTKİNİN
VERİM VE KALİTESİ ÜZERİNE ETKİSİ**

Esra OKUDUR

Bu tez TOVAG 115O024 proje numarasıyla TÜBİTAK tarafından desteklenmiştir.

2016

T.C.
AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**DURGUN SU KÜLTÜRÜNDE YETİŞTİRİLEN MARULDA (*Lactuca sativa* L.)
OZON UYGULAMASININ SOLÜSYONUN BESİN KOMPOZİSYONU İLE
BİTKİNİN VERİM VE KALİTESİ ÜZERİNE ETKİSİ**

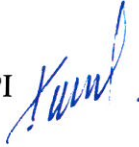
Esra OKUDUR
YÜKSEK LİSANS TEZİ
BAHÇE BİTKİLERİ ANABİLİM DALI

Bu tez 16/12 2016 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından Oybirliği/Oyçokluğu ile kabul edilmiştir.

Prof. Dr. Nurgül ERCAN



Yrd. Doç. Dr. Kamile ULUKAPI



Yrd. Doç. Dr. Halime ÜNLÜ



ÖZET

DURGUN SU KÜLTÜRÜNDE YETİŞTİRİLEN MARULDA OZON UYGULAMASININ SOLÜSYONUN BESİN KOMPOZİSYONU İLE BİTKİNİN VERİM VE KALİTESİ ÜZERİNE ETKİSİ

Esra OKUDUR

Yüksek Lisans Tezi, Bahçe Bitkileri Anabilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. Nurgül ERCAN

Aralık 2016, 69 Sayfa

Bu çalışma durgun su kültüründe hava motoruyla veya ozon jeneratörüyle besin solüsyonuna oksijen kazandırmanın, besin solüsyonu bileşimine ve marulun verim ve kalitesi üzerine etkilerini belirlemek amacıyla gerçekleştirilmiştir. Bohemia marul çeşidi durgun su kültüründe, 200x50x20 cm ölçülerinde 12 adet plastik tankta yetiştirilmiştir. GN 202c model ozon jeneratörü ve hava motorunun (kontrol) kullanıldığı bu çalışma tesadüf blokları deneme deseninde 6 tekerrürlü ve her tekerrürde 36 bitki bulunacak şekilde düzenlenmiştir. Çalışmada ozon uygulamasının besin solüsyonun bileşimine etkisini belirlemek için, ozon jeneratörü ve hava motoru uygulamalarının her tekerrüründen ayrı ayrı alınan besin çözelti örnekleri analiz ettirilmiştir. Çalışmada ayrıca uygulamaların verim ve kalite üzerine etkileri ve yaprağın element içerikleri de belirlenmiştir. İstatistik analizler, SPSS paket programında gerçekleştirilmiştir.

Çalışmada ozon jeneratörü ve hava motoru kullanmanın besin solüsyonun bileşiminde farklılıklar oluşturduğu saptanmıştır. K, P, Ca, Mg, Fe, Mn, Zn elementlerinin hava motoru uygulanan solüsyonda ozon jeneratörü kullanılan solüsyondakinden daha yüksek değerlere sahip olduğu saptanmıştır. B, S ve Mo ise ozon uygulanan solüsyonda hava motoru uygulanan solüsyondakinden daha yüksek bulunmuştur. Ancak bitkilerin yetiştirildiği besin solüsyonun element bileşiminde fark olmasına karşın, yaprak analizi sonuçlarında yaprağın besin elementi içeriği bakımından uygulamalar arasında istatistiki önemde bir fark bulunmamıştır. Yaprak analizi sonucunda yaprakta fosfor, mangan, çinko, demir elementlerinin yeterli seviyede olduğu ancak toplam azot, potasyum, kalsiyum, magnezyum, çinko, bakır ve bor elementlerinin az, nitrat azotunun ise fazla olduğu saptanmıştır. Uygulamaların bitki uzunluğu, gövde uzunluğu, bitki kök ağırlığı, gövde uzunluğu/ bitki boyu değeri, toplam yaprak sayısı, pazarlanabilir yaprak sayısı, yaprak alanı, parsel verim, klorofil miktarı, L, a, b ve hue değeri üzerine etkisi istatistiki önemde ($\alpha=0,05$) bir farklılık yaratmadığı saptanmıştır. Ozon jeneratörü ve hava motoru uygulamalarının kök uzunluğu, gövde çapı, gövde ağırlığı, yaprak eni, yaprak boyu, yaprak ağırlığı, yaprak kuru ağırlığı ve kroma değeri üzerine etkisi ise istatistiki önemde ($\alpha=0,05$) bulunmuştur.

ANAHTAR KELİMELE: Durgun su kültürü, marul, oksidasyon, oksijen, ozon jeneratörü

JÜRİ: Prof. Dr. Nurgül ERCAN (Danışman)

Yrd. Doç. Dr. Kamile ULUKAPI

Yrd. Doç. Dr. Halime ÜNLÜ

ABSTRACT

THE EFFECTS OF OZONE TREATMENT ON NUTRIENT SOLUTION COMPOSITION AND YIELD AND QUALITY OF LETTUCE GROWN IN FLOATING CULTURE

Esra OKUDUR

MSc Thesis in Department of Horticulture

Supervisor: Prof. Dr. Nurgül ERCAN

December 2016, 69 pages

This study was conducted in order to determine the effects of using air pump or ozone generator in order to provide oxygen to the nutrient solution on the nutrient solution composition and the yield and quality of lettuce grown in floating culture. Lettuce cv Bohemia were grown in six plastic tanks in floating culture. In this study, in order to provide oxygen to the nutrient solution GN 202c models ozone generator and air pump (control) were used. Experimental design of the study was randomized complete block with three replications with 36 plants each. Nutrient solution samples were taken from each replication both in ozone generator and aquarium pump applications separately and analyzed in order to determine the effects of ozone application on the solution's nutrient composition. Statistical analysis performed by using SPSS software.

As a result of analysis of the nutrient solutions it was found that elements of K, P, Ca, Mg, Fe, Mn and Zn in the air pump applied solution have higher values than those in the ozone generator applied solution. Although the difference in the elemental composition of nutrient solutions, the results of leaf analysis showed that there were no statistical significant differences in nutrient content of leaves according to applications. In this study it was determined that phosphorus, manganese and zinc were at a sufficient level; nitrogen, potassium, calcium, magnesium, zinc, copper and boron were not at enough level, and nitrate were excessive. In this study, statistically significant differences were determined between the applications in terms of root length, stem diameter, stem weight, leaf area, leaf length, leaf width, leaf dry weight and chroma value. There were no statistical differences between the applications in terms of plant length, stem length, root weight, core ratio, the number of leaf, leaf area and yield.

KEYWORDS: Floating hydroponics, lettuce, ozone generator, oxidation, oxygen

COMMITTEE: Prof. Dr. Nurgül ERCAN (Supervisor)

Yrd. Doç. Dr. Kamile ULUKAPI

Yrd. Doç. Dr. Halime ÜNLÜ

ÖNSÖZ

Gün geçtikçe dünya nüfusunun hızla artması, kaynakların hızlı bir şekilde tükenmesi, tarım alanlarının sürekli azalması ve kullanılamaz hale gelmesi tarımsal üretimde topraksız tarım yöntemlerinin yaygınlaşmasına sebep olmuştur. Topraksız kültür sistemleri arasında kısa sürede, yüksek yoğunlukta bitki yetiştirilmesine olanak sağlayan durgun su kültürü yapraklı sebzeleri yetiştirmek için en uygun topraksız sistemlerden biri haline gelmiştir. Bu yöntemde bitkiler besin çözeltisi üzerinde serbest olarak bırakılan hafif bir materyalin (köpük levhalar) üzerinde yetiştirilmekte ve bu yöntem 'yüzen su kültürü' olarak da adlandırılmaktadır. Besin solüsyonun yüzeyinin köpük levha ile kaplı olması solüsyon ile ortamdaki hava arasında gaz değişimini sınırlamakta, yetersiz havalanma ise köklerde formik asit gibi organik asit birikimi ile etilen ve çözünmüş karbon dioksit birikimine sebep olarak köklerde metabolik aktiviteyi ve kök gelişimini sınırlandırmaktadır. Bu nedenle durgun su kültüründe solüsyondaki çözünmüş oksijen miktarını belirlemeye ve farklı kaynaklarla solüsyona oksijen sağlamaya yönelik çalışmalar yapılmıştır. Bu çalışmalarda solüsyona oksijen sağlamak üzere hava kompresörleri, akvaryum motoru veya basınçlı saf oksijen kullanılmıştır. Önerilen bu çalışmada ise doğal ve kalıntı bırakmayan bir dezenfektan olan ve son yıllarda geniş bir kullanım alanı bulan ozon besin solüsyonuna oksijen sağlamak üzere kullanılmıştır. Ozon uygulamasının solüsyona oksijen kazandırmanın yanı sıra ortamı mikroorganizmalardan arındırması diğer uygulamalara göre üstünlüğünü oluşturmaktadır. Ozon uygulaması *Pythium* gibi sudan gelebilecek hastalık etmenlerine karşı ilaç kullanımını azaltan bir uygulama olarak da dikkat çekmektedir. Ancak ozon uygulamasının solüsyondaki çinko, mangan ve şelat formundaki demiri okside etmesinden dolayı besin solüsyonun bileşimine etkisi olabileceği belirtilmiş ve ozonun kullanıldığı sistemlerde çinko ve manganın sülfat formunda verilebileceği veya bu mikro elementlerin seviyelerinin kontrol edilerek gerektiğinde çözeltiye eklenmesi gereği ifade edilmiş (Resh 2006) olmasına karşın durgun su kültüründe marul yetiştiriciliğinde bu konuda yapılmış bir araştırmaya rastlanmamıştır. Bu çalışmada durgun su kültüründe marul yetiştiriciliğinde ozon kullanımıyla ortaya çıkacağı ifade edilen element oksidasyonunun olup olmadığını tespit edilmiş ve bu durumun bitki gelişimi üzerine etkileri araştırılmıştır. Bu tez TOVAG 1150024 proje numarasıyla TÜBİTAK tarafından desteklenmiştir. Araştırmanın gerçekleşmesine finansal destek vererek olanak sağlayan TÜBİTAK'a teşekkürü bir borç bilirim.

Çalışmamın her aşamasında yardımlarını esirgemeyen ve bana tez konumu öneren yapıcı ve yönlendirici fikirleri ile bana daima yol gösteren ve ayrıca sabrı için değerli danışman hocam Sayın Prof. Dr. Nurgül ERCAN'a (Akdeniz Üniversitesi Ziraat Fakültesi) sonsuz teşekkür ederim.

Yüksek lisans tezimin kurulum ve yürütülmesi aşamasında verdiği emekler için değerli arkadaşım Ziraat Mühendisi Anıl BULDU'ya teşekkürlerimi sunarım.

Hayatımın her anında maddi-manevi yanımda olan, bana güvenen ve bendeki emeklerini asla ödeyemeyeceğim sevgili babam Muzaffer OKUDUR, sevgili annem Nebahat OKUDUR, sevgili ablam Esin OKUDUR ve sevgili kardeşim Nazife OKUDUR'a teşekkür ederim.

İÇİNDEKİLER

ÖZET.....	i
ABSTRACT.....	ii
ÖNSÖZ.....	iii
İÇİNDEKİLER.....	iv
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ.....	vii
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	viii
ÇİZELGELER DİZİNİ.....	x
1. GİRİŞ.....	1
1.1. Topraksız Yetiştiricilikte Kullanılan Su Kültürü Sistemleri.....	1
1.1.1. Durgun su kültürü.....	1
1.1.2. Besleyici film tekniği.....	2
1.1.3. Aeroponik.....	2
2. KURUMSAL BİLGİLER ve KAYNAK TARAMALARI.....	4
2.1. Marul İle İlgili Yapılmış Çalışmalar.....	4
2.2. Su Kültürü İle İlgili Yapılmış Çalışmalar.....	9
2.3. Ozon İle İlgili Yapılmış Çalışmalar.....	13
3. MATERYAL ve METOT.....	19
3.1. Araştırmada Kullanılan Su.....	21
3.2. Araştırmada Kullanılan Besin Solüsyonu.....	21
3.3. Araştırmada İncelenen Özellikler Ve İnceleme Yöntemleri.....	22
3.3.1. Ozon jeneratörü ve hava motoru uygulamalarının besin solüsyonun bileşimine etkisi.....	22
3.3.2. Bitki boyu.....	22
3.3.3. Bitki eni.....	22
3.3.4. Bitki yaş ağırlığı.....	23
3.3.5. Bitki kök uzunluğu.....	23
3.3.6. Bitki kök ağırlığı.....	24
3.3.7. Bitki toplam yaprak sayısı.....	24
3.3.8. Pazarlanabilir yaprak sayısı.....	25
3.3.9. Gövde çapı.....	25
3.3.10. Gövde ağırlığı.....	25
3.3.11. Gövde boyu.....	26
3.3.12. Gövde boyu/ bitki boyu.....	26
3.3.13. Yaprak eni.....	26
3.3.14. Yaprak boyu.....	27
3.3.15. Yaprak ağırlığı.....	27
3.3.16. Yaprak alanı.....	28
3.3.17. Yaprak kuru ağırlığı.....	28
3.3.18. Bitki yaprak renk analizi (L, a, b, hue, kroma).....	28
3.3.19. Klorofil değeri.....	29
3.3.20. Parsele verim.....	29
3.3.21. Yaprakta nitrat analizi.....	30
3.3.22. Yaprakta potasyum (K), kalsiyum (Ca), magnezyum (Mg), demir (Fe), çinko (Zn), mangan (Mn), bakır (Cu), bor (B) analizi.....	30
3.3.23. Yaprakta fosfor (P) analizi.....	30
3.3.24. Solüsyonun pH değeri.....	31

3.3.25. Solüsyonun EC değeri	31
3.3.26. Solüsyonun sıcaklık değeri	32
3.3.27. Solüsyondaki çözünmüş oksijen değeri	32
3.3.28. Sera içi atmosfer sıcaklık değerleri	32
3.3.29. Verilerin istatistiksel değerlendirilmesi	32
4. BULGULAR VE TARTIŞMA	33
4.1. Ozon ve Hava Motoru Uygulamalarının Solüsyonun Besin Kompozisyonu Üzerine Etkileri	33
4.1.1. Solüsyon fosfor (P) analizi	37
4.1.2. Solüsyon potasyum (K) analizi	38
4.1.3. Solüsyon kalsiyum (Ca) analizi	38
4.1.4. Solüsyon magnezyum (Mg) analizi	39
4.1.5. Solüsyon demir (Fe) Analizi	39
4.1.6. Solüsyon mangan(Mn) analizi	40
4.1.7. Solüsyon çinko (Zn) analizi	41
4.1.8. Solüsyon bakır (Cu) analizi	41
4.1.9. Solüsyon bor (B) analizi	42
4.1.10. Solüsyon kükürt (S) analizi	42
4.1.11. Solüsyon molibden (Mo) analizi	43
4.2. Ozon ve Hava Motoru Uygulamalarının Marulun Verim ve Kalitesi Üzerine Etkileri	43
4.2.1. Bitki uzunluğu	43
4.2.2. Bitki eni	44
4.2.3. Bitki köksüz ağırlığı	44
4.2.4. Parsele verim	45
4.2.5. Toplam yaprak sayısı	46
4.2.6. Pazarlanabilir yaprak sayısı	46
4.2.7. Yaprak eni	46
4.2.8. Yaprak boyu	47
4.2.9. Yaprak ağırlığı	48
4.2.10. Yaprak kuru ağırlığı	49
4.2.11. Yaprak alanı	49
4.2.12. Gövde çapı	49
4.2.13. Gövde ağırlığı	50
4.2.14. Gövde uzunluğu	51
4.2.15. Gövde kor değeri (gövde boyu/ bitki boyu)	51
4.2.16. Kök ağırlığı	51
4.2.17. Kök uzunluğu	51
4.2.18. Klorofil Miktarı	52
4.2.19. L,a,b,hue ve kroma değerleri	52
4.3. Ozon ve Hava Motoru Uygulamalarının Yaprığın Besin Elementi İçeriğine Etkileri	54
4.3.1. Yaprak nitrat analizi	54
4.3.2. Yaprakta toplam azot (N) analizi	54
4.3.3. Yaprakta fosfor (P) analizi	55
4.3.4. Yaprakta potasyum (K) analizi	55
4.3.5. Yaprakta kalsiyum (Ca) analizi	55
4.3.6. Yaprakta magnezyum (Mg) analizi	55

4.3.7. Yaprakta demir (Fe) analizi.....	56
4.3.8. Yaprakta çinko (Zn) analizi.....	56
4.3.9. Yaprakta mangan (Mn) analizi.....	56
4.3.10. Yaprakta bakır (Cu) analizi.....	56
4.3.11. Yaprakta bor (B) analizi.....	56
5. SONUÇ	57
6. KAYNAKLAR	60
ÖZGEÇMİŞ	

SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ

Simgeler

⁰ C	Santigrat Derece
%	Yüzde
a	Renk değeri (+: kırmızı; -: yeşil)
b	Renk değeri (+: sarı; -: mavi)
B	Bor
Ca	Kalsiyum
cm	Santimetre (1/100 Metre)
Cu	Bakır
EC	Elektriksel iletkenlik
Fe	Demir
g	Gram (1/1000 Kilogram)
HNO ₃	Nitrik asit
I.U.	Bir ünite
K	Potasyum
L	Parlaklık değeri (100: beyaz, 0: siyah)
kg	Kilogram (1000 G)
m	Metre
mg	Miligram
Mg	Magnezyum
ml	Mililitre (1/1000 Litre)
mm	Milimetre (1/1000 Metre)
Mn	Mangan
N	Azot
NaOH	Sodyum hidroksit
P	Fosfor
ppm	Milyonda Kısım
S	Kükürt
Zn	Çinko

Kısaltmalar

HM	Hava Motoru
NFT	Besin Film Tekniği
OJ	Ozon Jeneratörü
TOVAG	Tarım Ormancılık Ve Veterinerlik Araştırma Destek Grubu
TÜBİTAK	Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu
TÜİK	Türkiye İstatistik Kurumu
U.S. EPA	Amerika Birleşik Devletleri Çevre Koruma Ajansı

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1.1. Durgun su kültürü şeması	1
Şekil 1.2. Besleyici film tekniği şeması	2
Şekil 1.3. Aeroponik sistem şeması	2
Şekil 2.1. Marul'da lateks sıvının görünümü	4
Şekil 2.2.a) <i>Lactuca sativa</i> L. var. <i>angustana</i> (Kuşkonmaz marulları)	5
Şekil 2.2.b) <i>Lactuca sativa</i> L. var. <i>crispa</i> (Kıvırcık yapraklı marul)	5
Şekil 2.2.c) <i>Lactuca sativa</i> L. var. <i>longifolia</i> (Yedikule marul)	5
Şekil 2.2.d) <i>Lactuca sativa</i> L. var. <i>capitata</i> (Göbekli baş marul)	5
Şekil 2.3. Marul'un kök yapısı	6
Şekil 3.1.a) Çalışmanın yapıldığı cam sera	19
Şekil 3.1.b) Delikli plastik saksı	19
Şekil 3.1.c) Kullanılan fide ve saksıların yerleştirildiği staraför	19
Şekil 3.1.d) Fide dikiminde kullanılan perlit	19
Şekil 3.2.a) Ozon jeneratörü + hava taşı uygulaması	20
Şekil 3.2.b) Hava motoru+ hava taşı uygulaması	20
Şekil 3.3.a) Solüsyon tankının şematik görünümü	21
Şekil 3.3.b) Solüsyon tanklarının hava motoru ile çalıştırılma şeması	21
Şekil 3.4. Bitki boy ölçümü	22
Şekil 3.5. Bitki en ölçümü	23
Şekil 3.6. Bitki yaş ağırlığı	23
Şekil 3.7. Bitki kök uzunluğu	24
Şekil 3.8. Bitki kök ağırlığı	24
Şekil 3.9. Bitki toplam yaprak sayısı	25
Şekil 3.10. Gövde çapı	25
Şekil 3.11. Gövde ağırlığı	26
Şekil 3.12. Gövde boyu	26
Şekil 3.13. Yaprak eni	27
Şekil 3.14. Yaprak boyu	27
Şekil 3.15. Yaprak ağırlığı	27
Şekil 3.16. Yaprak alanı	28
Şekil 3.17. Yaprak kuru ağırlığı	28
Şekil 3.18. Renk ölçüm cihazı ile ölçüm	29
Şekil 3.19. Klorofilmetre ile yaprakta klorofil ölçümü	29
Şekil 3.20. Ozon jeneratörü ve hava motoru uygulamasındaki bitkilerin hasat aşamasındaki görünümü	30
Şekil 3.21. pH metre ile ölçüm	31
Şekil 3.22. EC metre ile ölçüm	31
Şekil 3.23. Oksijen metre ile solüsyondaki çözünmüş oksijen miktarının ölçümü	32
Şekil 4.1. Bitkilerin ilk dikim tarihi ile hasat tarihindeki genel görünimleri	33
Şekil 4.2. Sera içi sıcaklıkların haftalık değişimleri (°C)	34
Şekil 4.3. Besin solüsyonunun haftalık pH değişimleri	34
Şekil 4.4. Besin solüsyonunun haftalık EC değişimleri	35
Şekil 4.5. Uygulamalara ait haftalara göre besin solüsyonunun sıcaklık değişimi	35
Şekil 4.6. Uygulamalara ait besin solüsyonunun çözünmüş oksijen değeri (mg l ⁻¹) değişimi	36
Şekil 4.7. a) Bitkilerin kök gelişimleri(10 günlük)	36

Şekil 4.7. b) Bitkilerin kök gelişimleri(hasat)	37
Şekil 4.8. Solüsyonun fosfor içeriğinin değişimleri(mg l^{-1}).....	37
Şekil 4.9. Solüsyonun potasyum içeriğinin değişimleri(mg l^{-1}).....	38
Şekil 4.10. Solüsyonun kalsiyum içeriğinin değişimleri(mg l^{-1})	38
Şekil 4.11. Solüsyonun magnezyum içeriğinin değişimleri(mg l^{-1}).....	39
Şekil 4.12. Solüsyonun demir içeriğinin değişimleri(mg l^{-1}).....	40
Şekil 4.13. Solüsyonun mangan içeriğinin değişimleri(mg l^{-1})	40
Şekil 4.14. Solüsyonun çinko içeriğinin değişimleri(mg l^{-1})	41
Şekil 4.15. Solüsyonun bakır içeriğinin değişimleri(mg l^{-1}).....	41
Şekil 4.16. Solüsyonun bor içeriğinin değişimleri(mg l^{-1}).....	42
Şekil 4.17. Solüsyonun kükürt içeriğinin değişimleri(mg l^{-1}).....	42
Şekil 4.18. Solüsyonun molibden içeriğinin değişimleri(mg l^{-1})	43
Şekil 4.19. Hasat aşamasındaki bitkilerin genel görünümü	45
Şekil 4.20. Yaprak eni	47
Şekil 4.21. Yaprak boyu.....	48
Şekil 4.22. Yaprak ağırlığı	48
Şekil 4.23. Yaprak kuru ağırlığı.....	49
Şekil 4.24. Gövde çapı	50
Şekil 4.25. Gövde ağırlığı	50
Şekil 4.26. Kök uzunluğu.....	52
Şekil 4.27. Renk skalası	53
Şekil 4.28. Kroma değeri	54

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 2.1. Önemli kıvıkcık marul üretici illerin üretim miktarları	8
Çizelge 3.1. Araştırmada kullanılan besin solüsyonu	21
Çizelge 4.1. Ozon jeneratörü ve hava motoru uygulamalarına ait bitki uzunluğu, gövde uzunluğu, bitki kök ağırlığı, gövde uzunluğu/ bitki boyu ve parsele verim değerleri.....	45
Çizelge 4.2. Ozon jeneratörü ve hava motoru uygulamalarının toplam yaprak sayısı, pazarlanabilir yaprak sayısı, yaprak alanı ve klorofil miktarı ölçümlerinin sonuçları.....	52
Çizelge 4.3. Ozon jeneratörü ve hava motoru uygulamalarının L,a,b ve hue değer sonuçları	53
Çizelge 4.4. Makro elementler yaprak analiz sonuçları	55
Çizelge 4.5. Mikro elementler yaprak analiz sonuçları.....	40

1. GİRİŞ

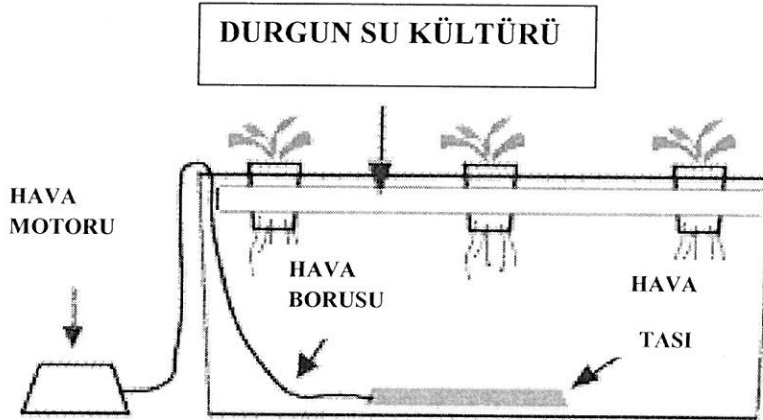
Tarım alanlarında gün geçtikçe kullanımı artan insektisit, herbisit, fungusit gibi çeşitli bitki koruma ürünlerinin ve kimyasal gübrelerin toprakta birikiminin, tarım ürünlerinin kalitesinde bozulmalara, çevre ve insan sağlığını olumsuz yönde etkileyecek çeşitli çevresel sorunlara neden olduğu bilinmektedir. Bundan dolayı günümüzde bilinçsiz üretim yöntemlerine alternatif kontrollü ve modern üretim yöntemlerinden biri olan topraksız tarım yöntemleri kullanılmaya başlanmıştır.

Topraksız tarım yöntemleri; katı ortam kültürü ve su kültürü olmak üzere ikiye ayrılır. Katı ortam kültüründe inorganik (kum, perlit, vermikülit, kaya yünü, çakıl vb.) ve organik (hindistan cevizi kabuğu, ağaç kabuğu, talaş vb.) materyaller kullanılabilir. Su kültürü; durgun su kültürü, besleyici film tekniği (NFT) ve aeroponik sistemlerini kapsamaktadır.

1.1. Topraksız Yetiştiricilikte Kullanılan Su Kültürü Sistemleri

Bitkilerin durgun, akan ve püskürtülerek besin solüsyonu içerisinde yetiştirilmesidir. Durgun su kültürü, besleyici film tekniği ve aeroponik olmak üzere su kültürü 3'e ayrılmaktadır.

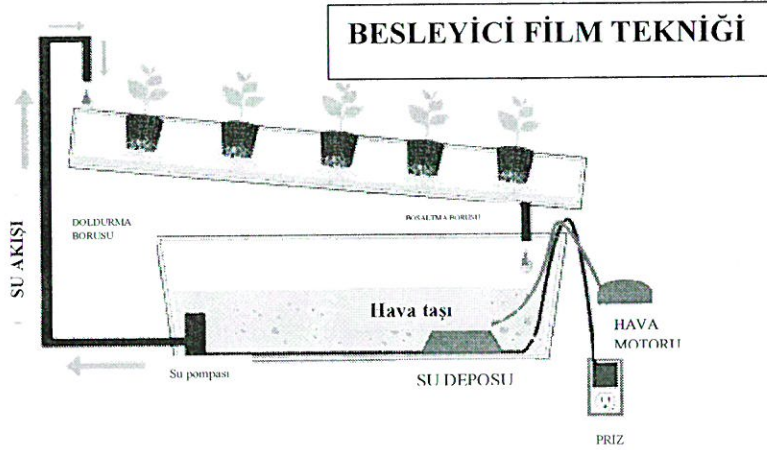
1.1.1. Durgun su kültürü



Şekil 1.1. Durgun su kültürü şeması

En eski topraksız yetiştirme tekniğidir. Günümüzde yaprağı tüketilen sebzelerin yetiştirilmesinde kullanılan en yaygın topraksız yetiştirme yöntemi olup ayrıca bitki besleme ile ilgili çalışmalarda da kullanılmaktadır. Durgun su kültürü sisteminde bitkiler, kökleri suda olacak şekilde su yüzeyinde strafor yardımıyla sabit bir şekilde yüzdürülmektedir. Durgun su tekniği bitki yetiştirme amacıyla tercih edilen uygulaması en basit ve yapraklı sebzelerin yetiştiriciliğinde dünyada kullanılan en yaygın topraksız tarım tekniği olarak karşımıza çıkmaktadır. Kullanılan solüsyona hava motorlarıyla oksijen sağlamak mümkün olmakla beraber solüsyonu haftalık olarak değiştirerek de yetiştiricilik yapılmaktadır.

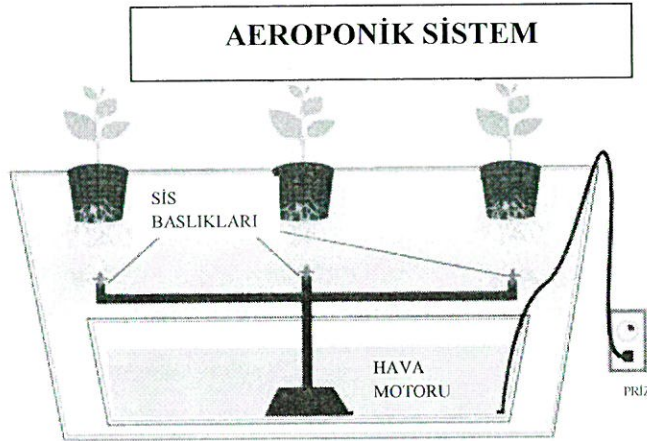
1.1.2. Besleyici film tekniği (NFT)



Şekil 1.2. Besleyici film tekniği şeması

İngiltere’de Cooper (1973) tarafından geliştirilen besleyici film tekniğinin orijinal adı Nutrient Film Technique’dir. Kısaca NFT olarak bilinmektedir. Yetiştirme kabı olarak kullanılan olukların içinden bir besin solüsyonu ince bir tabaka halinde geçer. Kaplarda yerleştirilen bitkilerin köklerini besin solüsyonu ile temas ettirerek beslenmeleri sağlanır. Böylece hem beslenme hem de havalanma imkanı bulmaktadır. Kanallarda besin solüsyonun akabilmesi için kanalların uygun eğimde olması gerekmektedir. Besin tankından kanalların yüksek tarafındaki uç kısmına pompalanan besin solüsyonu kanalları terk ettikten sonra toplama borusundan, toplama tankına geri gelmektedir. Bu şekilde besin solüsyonu sürekli veya aralıklı olarak dolaştırılmaktadır. Bu sistem gelişmiş bir topraksız tarım yöntemidir.

1.1.3. Aeroponik



Şekil 1.3. Aeroponik sistem şeması

Bitkilerin köklerine besin çözeltisinin sürekli veya aralıklı olarak sis veya buhar halinde püskürtülmesi şeklinde uygulanan su kültürü yöntemidir. Bitkiler köklere

yapışan solüsyondan su ve besini alır. Bitkilerin gelişimini sınırlayan oksijen ve su yeterince sağlanmaktadır. Diğer sistemlere göre su ve gübre tasarrufu sağlayan bu sistemde besin solüsyonunu püskürtmeye yarayan başlıklar ve sistemi basınçlı bir şekilde çalıştıran motor düzeneği bulunmaktadır.

Topraksız tarım sistemleri çok çeşitli olmakla birlikte; özellikle yapraklı sebzelerin yetiştiriciliğinde kullanılan durgun su tekniği ile çevreci, birim alanın verimli kullanılabildiği, kaliteli ve güvenilir ürünler elde etmek mümkündür. Durgun su kültürü, yaprağı tüketilen sebzelerde en önde gelen topraksız yetiştirme tekniği olmasına karşın besin solüsyonundaki oksijen içeriğinin zamanla azalması yöntemin en önemli dezavantajıdır. Durgun su kültüründe çözeltinin havalanması hava motoru ile solüsyona hava verilmesi veya basınçlı saf oksijen verilmesi şeklinde uygulanmaktadır. Son yıllarda akuakültür (Krumins vd 2001, Tango ve Gagnon 2003, Summerfelt vd 2009, Schrader vd 2010, Good vd 2011, Schroeder vd 2011, Schrader vd 2013), akuaponik ve hidroponik kültürde (Ehret vd 2001, Graham vd 2011) ozon jeneratörü kullanılarak solüsyona oksijen sağlamak üzere çalışmalar yapılmaktadır.

Ozon üç oksijen atomundan doğal olarak meydana gelen çok yüksek reaksiyon yeteneğine sahip ilk defa 1840 yılında bulunan bir oksijen formudur. Ozon, oksidasyon gücü yüksek bir gaz olması nedeniyle, özellikle son yıllarda dezenfeksiyon amacıyla yaygın bir şekilde kullanılmaktadır. Doğal bir dezenfektan oluşu, kullanım alanlarının hızla yaygınlaşmasına ve güvenle kullanılmasına yol açmıştır. Ozon; bakteri, maya, küf, patojen mikroorganizmaları ve sporlarını hızla öldürmektedir. Termodinamik olarak kararsız olması nedeniyle kendiliğinden oksijene geri döndüğünden ortamda kalıntı bırakmamaktadır. Bu özelliğinden dolayı suların dezenfeksiyonunda, gıda endüstrisinde, soğuk hava depolarında, kokuların giderilmesinde, yüzme havuzlarında, atık su arıtımında, ortamdan nitrit, amonyak, demir, mangan giderilmesinde; yaşanan ortam havasının dezenfeksiyonunda ozon gazı kullanılmaktadır. Dezenfeksiyon sonrasında kalıntı bırakmayan tek dezenfektan olması ozon gazının özellikle gıda sanayisi, hayvan yetiştiriciliği ve akuakültür gibi canlı ile ilgili sektörlerde diğer dezenfektanlara göre avantajlı kılmaktadır. Kalıntı bırakmadığı için insan sağlığına da zararlı değildir (Tetik vd 2006, Polat 2009).

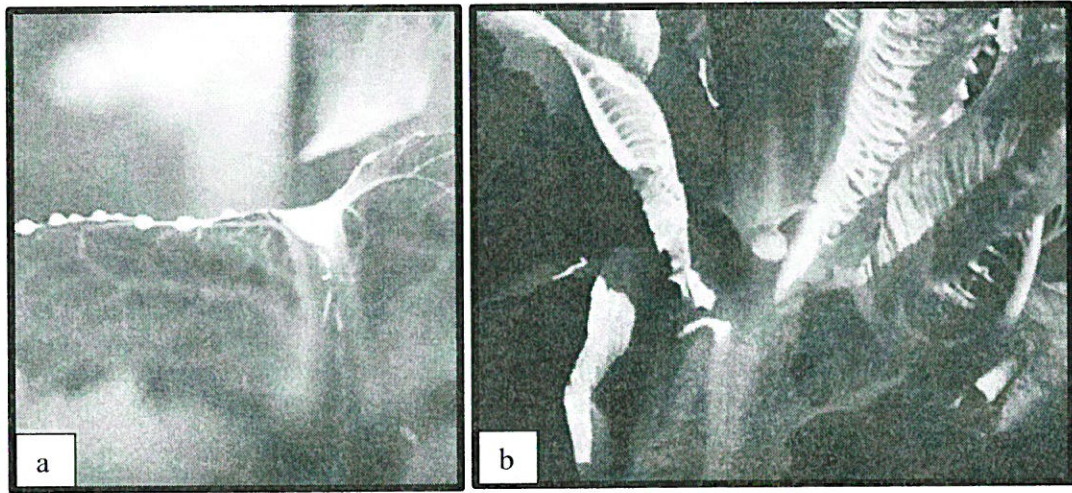
Ozon uygulamasının solüsyona oksijen kazandırmanın yanı sıra ortamı mikroorganizmalardan arındırması diğer uygulamalara göre üstünlüğünü oluşturmaktadır. Böylece sudan gelebilecek hastalık etmenlerine karşı yetiştiricilikte ilaç kullanımını azaltan bir uygulama olarak dikkat çekmektedir. Ancak ozon uygulamasının solüsyondaki çinko, mangan ve şelat formundaki demiri okside edebileceği belirtilmiş ve ozonun kullanıldığı sistemlerde bu mikro elementlerin seviyelerinin kontrol edilerek gerektiğinde çözeltiye eklenmesi gereği ifade edilmiş (Resh 2006) olmasına karşın bu konuda yapılmış bir araştırma makalesine ulaşılamamıştır. Bu çalışmada amaç durgun su kültüründe hava motoruyla ve ozon jeneratörüyle besin solüsyonuna oksijen kazandırmanın, besin solüsyonu bileşimine ve marulun verim ve kalitesi üzerine etkilerini belirlemektir.

2. KURUMSAL BİLGİLER ve KAYNAK TARAMALARI

2.1. Marul İle İlgili Yapılmış Çalışmalar

Marul bitkisi; alemi Plantae, şubesi Magnoliophyta, sınıfı Magnoliopsida, takımı Asterales, familyası Asteraceae ve Lactuca cinsi altında sınıflandırılmaktadır.

Latince laktik asitten kaynaklanan, sütlü anlamına gelen Lactuca marulun cins ismidir. Beyaz renkli sütlü sıvıyı (lateks) içeren bu familyadaki sebzelerin kök, gövde ve yaprak gibi bitki organları, kesildikleri zaman çıkarılırlar. Marul'un tür ismi sativa'nın anlamı ise tohumdan yetiştirilen demektir. Bitkinin batı dillerindeki karşılıkları, 'lactuca' isminin değişik formlarıdır. Marul yenedünyanın ilk keşfi ile birlikte 1494 yıllarında Amerika'ya götürülmüştür (Şalk vd 2008).



Şekil 2.1.(a,b) Marul'un lateks sıvısının görünümü

Bayraktar (1970), marulun avatanının Küçük Asya, Kafkasya, İran ve Türkmenistan'ı içine alan bölge olduğunu ve bölgede 2000 yıldan beri tarımının yapıldığını, kıvrıkcık yapraklı baş marulun yabani formlarına Orta ve Güney Avrupa, Kanarya Adaları, Cezayir, Habeşistan, Kafkasya, Keşmir, Nepal, Sibirya ve Batı Asya'nın Mezopotamya'ya kadar uzanan bölgelerinde rastlandığını, Çin'e kıvrıkcık yapraklı baş marulun M.S.600-900 yılları arasında geldiğini belirtmektedir.

Romen, Grek ve Slav dillerinde kıvrıkcık yapraklı baş marulun adının Latince'den gelen Lactuca oluşu, bu türün orijininin batı ülkeleri olduğu tezini kuvvetlendirmektedir (Bayraktar 1970).

Lactuca sativa içinde görülen morfotipler 7 büyük grup altında toplanmaktadır (Lebeda vd 2007). Bunlar;

1. Yağlıbaş marul (*Lactuca sativa* var. *capitata* L. *nidus tenerima* Helm): Baş oluşturan bu marul tipinde yapraklar yumuşak, gevrek ve hassas yapılı olup yapraklarındaki yağlı tattan (Butterhead) dolayı bu ismi almıştır.

2. Kıvırcıkbaş marul (*Lactuca sativa* var. *capitata* L. *nidus jaggeri* Helm): Ülkemizin son zamanlarda yetiştiriciliği hızla gelişen bu marul tipi Aysberg (iceberg) veya Batavia tip olarak da adlandırılmaktadır. Başı oluşturan yapraklar kalın, kıvırcık ve yelpaze (flabellate) şeklindedir.

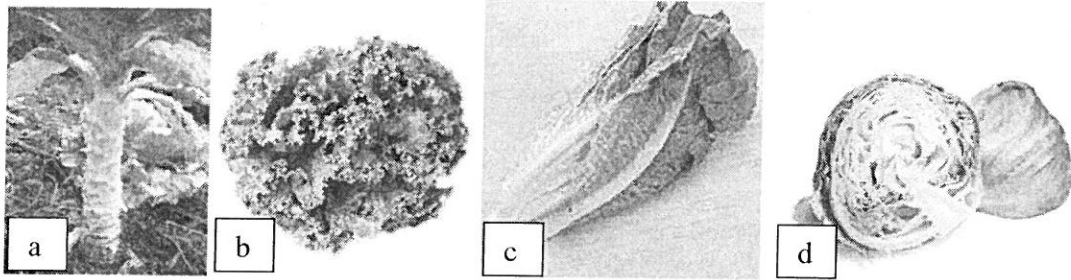
3. Yedikule marul (*Lactuca sativa* L. var. *longifolia* Lam., var. *romana* Hort.in Bailey): Yaprakları birbiri üzerine örtülür, gevrek ve dik bir baş oluşturur. Yapraklar tamamen uzun ve ters yumurta şeklindedir. İç yapraklar beyaz renkte olup, esas yenen kısmı oluşturlar. Ülkemizde Yedikule olarak bilinen bu morfotipin dünyada bilinen diğer isimi Kos olup bu isim uzun yıllar yetiştiriciliğinin yapıldığı Yunan adası Cos (Kos)'dan gelmektedir. Bu tip ayrıca Romaine olarak da adlandırılmaktadır.

4. Kıvırcık yapraklı marul (*Lactuca sativa* L. var. *acephala* Alef., syn. var. *secalina* Alef., syn. var. *crispa* L.): Baş bağlamayan bu bitkiler bol miktarda kıvırcık şekilli yapraklara sahip olup bu yapraklar kopararak veya kesilerek yenir. Son derece heterojen özellik gösteren bu morfotipteki çeşitler, loblu olmayanlardan derin şekilde kesilmiş kenarlara kadar, tamamen kıvrılmış veya saçaklanmış yapraklara sahip olabilir. Ülkemizde uzun zamandan beri kültürü yapılmaktadır.

5. Kuşkonmaz tip marul (*Lactuca sativa* L. var. *angustana* Irish ex Bremer, syn. var. *asparagina* Bailey, syn. *L. angustana* Hort. in Vilm.): Bu gruba dahil olan bitkilerde baş oluşmaz, kalın bir sap meydana gelir. Bu sap kısmı yendiği için adına kuşkonmaz marulları denir.

6. Latin tip marul (Bilimsel ismi bulunmamaktadır): Latin tip marulun kalın ve derimsi yapıdaki yaprakları koyu yeşil renkte olup gevşek baş oluşturur.

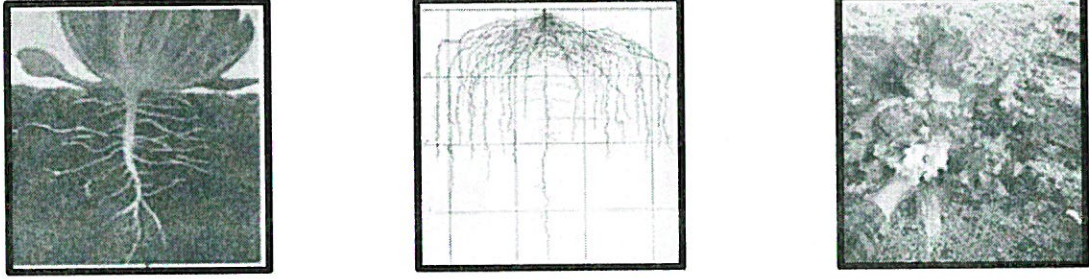
7. Tohumundan yağ çıkartılan marul (oilseed): Yapraklarının acı tadından dolayı bu tip, sebze olarak tüketilmemekte, yüksek oranda (% 35) yağ içeren tohumları için yetiştirilmektedir. Diğer marul tiplerine göre yüzde 50 daha büyük tohum meydana getirirler.



Şekil 2.2.a) *Lactuca sativa* L. var. *angustana* (Kuşkonmaz marulları)
 b) *Lactuca sativa* L. var. *crispa* (Kıvırcık yapraklı marul)
 c) *Lactuca sativa* L. var. *longifolia* (Yedikule marul)
 d) *Lactuca sativa* L. var. *capitata* (Kıvırcıkbaş marul)

Marul bitkisi; oldukça derine giden etli kazık köklere ve bunun etrafına dağılmış bol miktarda saçak köklere sahiptir. Kök sisteminin gelişimi toprak yapısı ile doğrudan

ilişkilidir. Kazık kök 1,5-1,8 metreye kadar inebilir. Marulun yaprakları renk, şekil, irilik, uzunluk, genişlik, düz veya kıvrıkcık oluşturması bakımından çeşitlere göre farklılık gösterir (Aybak 2002).



Şekil 2.3. Marul'un kök yapısı

Marul, yaprağı tüketilen tek yıllık bir sebzedir. Marullar, örtüaltında tohum yastıklarına, yetiştirme kaplarına veya doğrudan toprağa ekilerek yetiştirilebilmektedir. Marul gruplarının sıcaklığa karşı duyarlılıkları farklılık gösterir. Sıcığa karşı baş marullar orta derecede hassas, yaprak marullar daha az hassastır. İslah çalışmaları ile yüksek sıcaklıklara dayanıklı, çiçeklenmeyen yazlık çeşitler geliştirilmiştir (Doğan 2014).

Marul, dünyada uzun yıllardan beri tarımı yapılan sebze türleri arasında yer almaktadır. Ancak yakın zamana kadar bu tür içinde çoğunlukla *Lactuca sativa* L. var. *longifolia* olarak adlandırılan göbekli marul yaygın olarak yetiştirilmekteydi. Daha sonraları *L. sativa* L. var. *crispa* ve *L. sativa* L. var. *capitata* olarak adlandırılan kıvrıkcık yapraklı ve aysberg tipi baş marulda yetiştirilmeye başlanmıştır (Alaca 2000).

Marul insan beslenmesinde önemli bir yere sahiptir. Severek tüketilmesinin yanında, besleyici değer yönünden zengin olmasının da önemli rolü bulunmaktadır. 100 gr marulda yaklaşık 13-17 kalori, 0.90-1.36 gr protein, 0.14-0.30 gr yağ, 2.23- 3.29 gr karbonhidrat, 94.61-95.64 gr su, 18-36 mg Ca, 0.41-1.24 mg Fe, 5-20 mg Na, 141-247 mg K, 502-7405 IU vitamin A, 0.042-0.090 mg B6 vitamini, 0.13-0.22 mg E vitamini, 0.123-0,375 mg niasin, 2.8-9.2 mg C vitamini bulunur (Doğan 2014).

Marul su içeriği oldukça yüksek fakat yağ içeriği son derece düşük bir bitkidir. Ayrıca kalsiyum, fosfor, demir gibi mineral maddeler de marulun içerdiği önemli kimyasal unsurlardır (Günay 1981, Tindall 1968).

Marul yaz aylarındaki yüksek sıcaklığa bağlı olarak hızlı gelişim gösterirken, 0°C altındaki düşük sıcaklıklara kısa süre dayanabilmektedir. Bu sebeplerle, marul yetiştiriciliği ülkemizde ılıman bölgelerde sonbahar, kış veya erken ilkbahar döneminde yapılmaktadır (Vural vd 2000).

Sürmeli (1999), baş marullarda baş oluşumunun sıcaklıkla doğrudan bağlantılı olduğunu, 21-27 °C arasında baş oluşmadığını, 16-21 °C arasında baş oluşumunun meydana geldiğini, 10-16 °C'de baş oluşumunun çok yavaş olduğunu vurgulamıştır. Bitkiler arasındaki mesafenin baş gelişimi ve verimi etkilediğini, dar aralıkların baş büyüklüğünü azalttığını, olgunlaşmanın gecikmesine neden olduğunu ancak birim

alandaki verimi arttırdığını bildirerek, yaprak marul ve yağlı baş marul bitkilerinin daha küçük olduğu için, kıvrıkcık yapraklı baş marullara göre daha dar aralıklarda dikilebileceğini, dikimin karık sisteminde ikili sıralar halinde yapılması gerektiğini, sıra arası 30–35 cm sıra üzeri 10–25 cm mesafe bırakılabileceğini bildirmişlerdir.

Demirkaya (2001), çalışmasında kış döneminde Kayseri yöresinde serada ikinci ürün olarak Age-6243 kıvrıkcık marul çeşidi yetiştiriciliği ve dikim sıklığının (30x20x15 cm, 30x20x20 cm ve 30x20x30 cm) verim ve baş ağırlığı üzerinde etkileri incelemiştir. Araştırmada 30x20x15 cm dikim sıklığından en yüksek verim alınmış, dikim sıklığı arttıkça verimin arttığı saptanmıştır. Dikim sıklığının baş ağırlığına etkisi istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur.

Fazlıoğlu vd (2000), denemede altı çeşit (Salinas, Globe, Marmer, Tarsus 97, Iceberg ve Brogan) marul ve iki ortamı faktöriyel olarak tesadüf blokları deneme desenine göre iki yinelemeli olacak şekilde düzenlenmiştir. Toprak ve perlit ortamlarını kullanmışlardır. Çalışmada pazarlanabilir bitki ağırlığı bakımından en yüksek değer Salinas çeşidinden, en düşük değer ise Marmer çeşidinden elde edilmiştir. Ortam ana etkisine göre toprak ortamı perlit ortamından daha iyi sonuç vermiştir. Çalışmada hem toprak hemde perlit ortamında Salinas çeşidi en iyi sonucu vermiş, en düşük sonuç ise toprak ve perlit ortamında yetiştirilen Tarsus 97 çeşidinden alınmıştır.

Türkiye’de kıvrıkcık, göbekli ve aysberg tipi olmak üzere toplam 447.492 ton marul yetiştirilmektedir (TÜİK 2016). Ülkemizde marul Ege, Marmara, Akdeniz bölgelerinde yılın her mevsiminde yapılabilmektedir. Üretim dönemi oldukça kısa olan (2,5-3 ay) marulun üretimi ülkemizde genellikle ikinci veya üçüncü ürün olarak ana sebze üretiminin ön veya arkasından yapılmaktadır. Ancak en fazla gelir sağladığı aralık–şubat ayları üretimi Ege ve Güney bölgelerinde açık tarla koşullarında, diğer bölgelerde ise sera veya tünel altında yapılmaktadır (Vural vd 2000).

On iki ay pazarlarda, marketlerde satılan marul serin iklim sebzesidir. Son yıllarda kıvrıkcık yapraklı baş marul tiplerinin Türkiye’de üretimi ve yeme alışkanlığı marullara çeşit zenginliği katmıştır.

Türkiye istatistik kurumunun 2015 yılı verilerine göre marul bitkisini aysberg, kıvrıkcık ve göbekli tip olarak üretim miktarlarını vermektedir. Üretim miktarına göre en fazla aysberg tipi yetiştiriciliği yapılan illerimiz; Ankara, Mersin, Antalya; üretim miktarına göre en fazla kıvrıkcık marul tipi yetiştiriciliği yapılan illerimiz; Samsun, Mersin, Sakarya; üretim miktarına göre en fazla göbekli marul tipi yetiştirilen illerimiz; Adana, Mersin, Hatay’dır (TÜİK 2016).

ÇİZELGE 2.1. Önemli kıvrıcık marul üreticisi illerin üretim miktarları (TÜİK 2016)

İLLER	ÜRETİM (ton)
SAMSUN	17.985
MERSİN	17.595
SAKARYA	12.424
BİLECİK	11.523
TOKAT	11.028
AMASYA	9.513
ANKARA	9.348
BURSA	7.642
ESKİŞEHİR	7.351
ANTALYA	7.054
DİĞER İLLER	46.518
TOPLAM	157.981

Tokat ekolojik koşullarında, marulların sonbahar-kış yetiştiriciliği üzerine farklı ekim zamanı ve plastik tünellerin etkisinin belirlendiği çalışmada, 3 farklı ekim dönemi ve 3 farklı örtü sistemi ile kontrol olarak açık alan kullanılmıştır. 10 Eylül ekim dönemi ile yüksek plastik tünellerden en yüksek sonuç elde edilmiştir. Ayrıca delikli alçak plastik tünellerden, deliksiz alçak plastik tünellere göre daha iyi sonuç elde edilmiştir (Geboloğlu vd 1998).

Kahraman ve Gül (1997), sera marul yetiştiriciliğinde yatay aeroponik, dikey aeroponik, yatay aeroponik torba kültürü ve dikey torba kültürü gibi bazı topraksız tarım sistemlerinin kullanım olanaklarını geleneksel şekilde toprakta yapılan yetiştiricilik ile karşılaştırarak araştırmışlardır. Araştırma sonucu; en yüksek verim dikey aeroponik sisteminden alınmış olup, sırayla dikey torba kültürü, yatay aeroponik ve yatay torba kültürü izlemiştir. En düşük değer, toprakta yapılan yetiştiricilikte gerçekleşmiştir.

Ruifen ve Yonghua 1995 yılında yaptığı çalışmada yaz döneminde topraksız marul fidelerin köklerinin düşük dozlarda paclobutrazola 24 saat süreyle daldırılmasıyla sapa kalkmanın engellendiği, kök ve yaprak gelişiminin ve verimin arttığını bildirmişlerdir.

Marul özellikle azotlu gübrelemeye oldukça hassas bir tür olup gübreleme diğer şartlar eşit olduğunda verim ve kaliteyi etkileyen en önemli faktördür. Bununla birlikte aşırı azot kullanımı durumunda, azot bitkinin yapraklarında nitrit halinde birikerek, insan sağlığı için zararlı olabilmektedir. Bu nedenle bitkinin gelişmesine yetecek miktardan daha fazla azotun toprağa verilmemesi gerekmektedir (Şalk vd 2008). Aşırı azot uygulamaları sebzelerde kalitenin bozulmasına ve uç yanıklığı gibi bir takım fizyolojik bozuklara neden olmaktadır (McCollum 1992).

Marul özellikle yaprakların nitrat birikiminin en fazla olduğu sebze türlerinden biridir. Taze ağırlığında 621-12336 mg/kg nitrat bulunabilmektedir (Santamaria 2006). Azot, nitrat ve amonyum formunda alınmakta soğuk, kurak, demir-mangan-çinko

eksikliği ve güneşli gün sayısı gibi çeşitli faktörlerin etkisine bağlı olarak parçalanamadığında marulda birikmektedir (Raupp 1996).

Turhan ve Sevgican (1996), topraksız kültürde 8 farklı ortamın marul yetiştiriciliğine etkisini araştırmışlardır. Yetiştirme ortamları olarak perlit, pomza, talaş ve kızılçam kabuğu ve bu ortamların karışımlarını kullanmışlardır. Bitki ağırlığı, toplam yaprak sayısı, kullanılabilir yaprak sayısı, atılabilen yaprak sayısı ve göbek bağlama oranlarını incelemişlerdir. Çalışma sonucunda en iyi sonucu pomza ortamından elde ettiklerini bildirmişlerdir.

Maboko ve Du Plooy (2008), kış döneminde topraksız tarım koşullarında kıvrıkcık yapraklı baş marul yetiştiriciliği ile ilgili çalışmada ortalama verimin 48,2-105,9 ton/ha; ortalama baş ağırlığının 301,0-661,6 g; ortalama baş çapının 11,4-16,0 cm arasında değiştiğini belirlemişlerdir.

Scuderi vd (2009), topraksız tarımda kıvrıkcık yapraklı baş marulda dikim sıklığına bağlı olarak verimin 22-39 ton/ha arasında değiştiğini belirtmektedirler.

2.2. Su Kültürü İle İlgili Yapılmış Çalışmalar

Topraksız yetiştiricilik ile ilgili ilk denemeler bitki gelişimini sağlayan maddeleri ve bitkilerin gelişimini saptamak üzere 1600'lü yıllarda yürütülmüştür. Bununla birlikte, topraksız bitki yetiştiriciliği bu tarihten çok öncesinde yapılmıştır. Babilin Asma Bahçeleri, Aztekler ve Çinlilerin yüzen bahçeleri topraksız yetiştiriciliğe birer örnektir. Mısırlıların milattan birkaç yüzyıl öncesine ait kayıtlarda suda bitki yetiştiriciliğini anlatmaktadır (Resh 1991).

Hidroponik terimi, Dr.W. E. Gericke tarafından, ticari amaçlarla sıvı ortamda bitki yetiştirmenin bütün yöntemlerini tanımlamak amacıyla kullanılmıştır (Gericke 1937). Gericke, aynı zamanda besin çözeltisinde ticari bitki yetiştiriciliği için ekonomik olarak uygulanabilir bir metot geliştirmek için çalışan ilk araştırmacıdır.

Yüzen su kültürü sistemi, genellikle yeşil aksamı küçük ve vejetasyon süresi kısa olan sebzelerin veya bitkilerin yetiştiriciliğinde kullanılmaktadır. Özellikle marul, ıspanak, pazı, pırasa, yeşil soğan, yeşil sarımsak, her türlü yapraklı aromatik sebzeler; maydanoz, tere, roka, nane, fesleğen vb. su kültürü ortamında kök bölgesinde bitkinin gereksinimleri optimum düzeyde sağlandığı için, topraklı yetiştiriciliğe ve hatta topraksız yetiştiricilikte katı ortamlar içerisinde yetiştiriciliğe göre de ürünün yetiştirilme süresi kısalmaktadır. Başka bir deyişle serada hidroponik kültürle yeşil yapraklı sebzeleri üreten üreticiler bir yıl içerisinde daha fazla ürün almaktadırlar.

Jensen ve Collins (1985) tarafından Amerika Birleşik Devletlerinde geliştirilmiş olan bu yöntemde bitkiler besin çözeltisinde serbest olarak bırakılan hafif bir materyalin (köpük levhalar) üzerinde yetiştirilmekte ve bu yöntem yüzen su kültürü olarak da adlandırılmaktadır. Durgun su kültürü yönteminin, besleyici film tekniği gibi diğer su kültürü yöntemlerine göre üstünlüğü besin solüsyonunun tamponlama özelliğinden dolayı bitkileri solüsyondaki ani besin elementi ve sıcaklık değişimlerinden korumasıdır (Goto vd 1996). Besin solüsyonu yüzeyinin köpük levha ile kaplı olması solüsyon ile

ortamdaki hava arasında gaz alışverişini engellemekte, yetersiz havalanma ise köklerde formik asit gibi organik asit birikimi ile etilen ve çözünmüş karbon dioksit birikimine sebep olarak köklerde metabolik aktiviteyi ve kök gelişimini sınırlandırmaktadır (Jakson 1980, Wees ve Stewart 1987). Besin solüsyonunda çözünmüş oksijene kök gelişimi için mutlak gereksinim olduğundan yetiştiricilik sırasında uygun miktarda çözünmüş oksijenin solüsyona verilmesi gereklidir.

Miceli vd (2003), İtalya’da yaptıkları bir araştırmada, yapraklı sebzelerde topraklı yetiştiricilikten daha kısa sürede uygulanabilecek kolay ve az masraflı bir yöntem olan yüzen sistemin kullanılmasının avantajlı olduğunu bildirmişlerdir.

Su kültüründe yeşil yapraklı sebzeleri yetiştirmenin önemli bir avantajı, marketlerde paketlenmiş olarak tüketime hazır halde satışa sunulan; ayıklanmış, yıkanmış, doğranmış, paketlenmiş sebze sektörünün, ürünün hazırlanması sırasında temizlik işleminden zaman kazanımı sağlamasıdır.

Stuart’a (1948) göre ABD Hava Kuvvetleri 1945 yılında II. Dünya Savaşı sırasında Ascension adasında 120 m uzunluğunda ve 90 cm genişliğinde 245 adet sebze yetiştirme yatağı tesis etmişlerdir. Toplam 2700 m²’lik üretim alanında domates, turp, marul ve yeşil biber yetiştirmişler ve toplam olarak 42.676 kg sebze üretmişlerdir. Yetiştirilen sebzelerin ortalaması olarak dekardan 17.800 kg sebze elde edilmiştir. Yine 1943 yılında İngiliz Guiana’sının Atkinson sahasında 8,1 dekar yerde kurulan su kültürü sisteminde sebze yetiştirilmiş ve buradan dekara 13.500 kg ürün elde edilmiştir (Gouch, 1972). 1945’lerde Japonya’nın Chofu adasında 20 dekar sera içinde 200 dekar tarla koşullarında; Otsu Şehrinde tarla koşullarında 100 dekar su kültürü sistemi tesis edilmiştir. ABD’nin Kore, Japonya ve Okinawa’daki silahlı kuvvetleri için bu tesislerden 1947-1957 yılları arasında tahminen 45.400.000 kg sebze üretildiği belirtilmektedir (Culbertson vd 1957).

Şen ve Sevgican’ın (1998) yaptıkları çalışmada, su kültüründe yetiştirilen bitkilerin ortalama meyve ağırlıklarının ortam kültürü yetiştirme metotlarına oranla daha fazla olduğu saptanmıştır.

Carter (2002), tütün ve birçok sebze fidelerinin seralarda yüzen sistemde yetiştirilmekte olduğunu belirtmiştir. Kolay çözündükleri ve pompaları tıkamadıkları için ticari gübrelerin tercih edildiğini, organik gübrelerin ise bu özellikleri yönünden dezavantajlı olduğunu ancak yüzen sistemde kullanılabileceğini bildirmiştir.

Durgun su kültürüne yetiştirme kabı olarak kullanılan teknelere su miktarı; yatak uzunluğu (m) x yatak genişliği (m) x su derinliği (m) = su miktarı m³ formülü ile hacim olarak belirlenir. Genelde yetiştirme kabının derinliğinin 16-17 cm olması tavsiye edilmektedir. Ayrıca yetiştirme kabının gübrelenmesinde 75-125 ppm azot seviyesi sınırlarında gübre uygulanması gerektiğinden bildirilmiştir (Hensley ve Fowlkes 2002).

Kobayashi vd (1988) Japonya’da 1984 yılında 293 ha alanda su kültürü, kaya yünü ve NFT’de, domates, taze soğan, marul, kavun ve hıyar yetiştirdiğini ifade ederken, Ito (1999) ve Donnan (1998), 1999 yılında 1000 ha alanda, NFT, çakıl kültürü ve kaya

yününde; domates, mitsuba, taze soğan, çilek, marul, hıyar, gül, karanfil, krizantem yetiştirildiğini belirtmişlerdir.

Besin maddesi noksanlıklarının, su kültürü yapılan domates bitkisinin gelişimi üzerine yaptığı etkilerin incelendiği bir araştırmada; gözlem yapılan süre içerisinde, en belirgin olarak demir, kalsiyum, potasyum ve magnezyum noksanlıklarının belirtileri olduğu gösterilmiştir (Varış ve Altıntaş 1993).

Ercan vd (2012), durgun su kültüründe bitkiler arasında bırakılan mesafenin daraltılmasının kullanılmayan boş alanı azaltması bakımından önemli olduğunu ve verim artışı sağlayacağını bildirmişlerdir. Bu çalışmada sıra üzerinde üç sıra olacak şekilde bitkiler arasında 8 cm ve sıra üzerinde iki sıra olacak şekilde bitkiler arasında 12 cm olmak üzere iki farklı mesafe bırakılmıştır. Elde edilen sonuçlara göre 12 cm aralıklarla yetiştirilen bitkilerden daha yüksek verim değerleri alınmıştır. Çalışmada Campania kıvrıcık marul çeşidi yetiştirmişlerdir. Bitki boyu, gövde uzunluğu ve köksüz bitki boyu bakımından dar sıra aralığında geniş sıra aralığından daha yüksek sonuçlar elde edilmiş ve istatistiki anlamda önemli bulunmuştur. Bitkilerin dikine büyümesini bitkiler arasında mesafenin azlığından kaynaklandığını bildirmişlerdir.

Daşgan (2012), su kültüründe yetiştirilen kıvrıcık marul bitkisinde mikroalg (*Chlorella vulgaris*) uygulamasının etkilerini araştırmış ve sonuç olarak su kültüründe algin kullanılarak kontrol bitkilerine göre besin çözeltisini %20 ve %40 oranında azaltılması başarıyla gerçekleştirilmiştir ve marul üretimi bu şekilde yapılmıştır.

Jones (2005)'te belirttiği gibi oksijen hücre gelişimi ve işlevselliği için zorunlu bir koşul olduğundan havalandırma bitki ve köklerinin gelişimine etki eden önemli bir faktördür. Kök ortamında oksijenin bulunmaması bitkide şiddetli zarara sebep olabilmekte veya bitkiyi öldürebilmektedir. Kök gelişimi ve iyon absorpsiyonu için enerjiye kaynak olan solunum sırasında da oksijene ihtiyaç duyulur. Solunum için yeterince O₂ desteği olmaz ise su ve iyon absorpsiyonu durur dolayısı ile kökler ölür. Besin solüsyonunun sıcaklığı, hacmi ve havalanma derecesinin solüsyondaki O₂ miktarını belirleyebileceğini açıklayan Morgan (2002) besin solüsyonu içindeki çözünmüş oksijen miktarının 3 ppm'in altına düşmesi halinde marulun büyümesinin önemli ölçüde olumsuz etkileneceğini ifade etmiştir.

Chun ve Takakura (1994) aşırı doygun oksijen koşullarında marul köklerinin gelişiminin yavaşladığını ve renginin kahverengileştiğini bildirmişlerdir.

Ercan ve Bayyurt (2013), çalışmada durgun su kültüründe sudaki oksijen miktarını artırıcı hava motoru, hava motoru+hava taşı, ozon jeneratörü olmak üzere 3 farklı uygulamanın Bohemia ve Delight marul çeşitlerinin verim ve kaliteleri üzerine etkilerini araştırmışlardır. Çalışmanın sonucunda; besin solüsyonuna hava motoru+hava taşı uygulaması ile oksijen sağlandığında; bu uygulama diğer uygulamalara göre bitki eni, bitki kök uzunluğu ve bitki ağırlığı gibi kalite parametreleri için daha iyi sonuçlar elde etmişlerdir.

Durgun su kültüründe marul yetiştiriciliğinde Goto vd (1996) 2.1 mg l⁻¹ (% 25 doygun), 4.2 mg l⁻¹ (%50 doygun), 8.4 mg l⁻¹ (% 100 doygun) ve 16.8 mg l⁻¹ (% 200 aşırı

doymuş) olmak üzere farklı çözünmüş oksijen konsantrasyonlarını araştırmışlardır. Araştırmacılar solüsyona basınçlı saf oksijen uygulamışlar, oksijen miktarını düzenlemede N₂ gazını kullanmışlardır. Çalışmada uygulanan oksijen konsantrasyonları arasında kök zararı ve sürgün gelişimi açısından herhangi bir fark olmadığını, marulun düşük çözünmüş oksijen konsantrasyonlarına uyum sağladığını ve marul için optimum çözünmüş oksijen konsantrasyonunun en az 4 mg l⁻¹ olması gerektiğini bildirmişlerdir. Araştırmacılar marul için kritik dozun 2 mg l⁻¹ olarak rapor etmişlerdir.

Lenzi vd (2008), durgun su kültürü tekniği ile özellikle kısa üretim periyodu olan yapraklı sebzelerin yetiştirilmesi gerektiğini belirtmişlerdir. Ancak durgun su kültüründe köklerin oksijenlendirilmesinin kaçınılmaz olduğunu vurgulamışlardır. Besin solüsyonunun oksijen konsantrasyonunun ise 5-7 mg l⁻¹ arasında olması gerektiğini bildirmişlerdir.

Besin çözeltisinin oksijen içeriğine çözeltinin sıcaklığı ve çözeltideki mikroorganizma popülasyonu etki etmektedir. Durgun su kültüründe oksijen konsantrasyonunun çözelti sıcaklığının artmasıyla azaldığını bildiren Jones (2005), yüksek sıcaklık periyodunda sudaki O₂ çözünürlüğünün oldukça düşük olduğunu ve artan sıcaklıkla önemli düzeyde azalmaya devam ettiğini bildirmiştir. Bitkinin solunumu arttıkça O₂ ihtiyacı da sıcaklıkla birlikte hızla artmakta, bu nedenle sıcak dönemlerde oksijen desteği sağlanması daha da önemli hale gelmektedir.

Tesi vd (2003a), durgun su kültüründe yaz ve güz periyodunda ıspanak yetiştiriciliğinde farklı oksijen düzeylerinin etkisini araştırmışlardır. Çalışmada besin solüsyonuna sirkülasyon yöntemiyle ve su içerisine doğrudan hava verilmesiyle oksijen sağlanmış, kontrol grubuna ise hiç hava verilmemiştir. Bu çalışma sonunda; su içerisine doğrudan hava verilmesiyle bitki yaş ve kuru yaprak ağırlığı, yaprak uzunluğu, kök yaş ağırlığı ve kök uzunluğu gibi parametrelerde diğer uygulamalara göre istatistiksel olarak önemli bir fark elde ettiklerini ve sirkülasyon sistemine göre su içerisine doğrudan hava verilmesinin daha başarılı bir yöntem olduğunu açıklamışlardır.

Tesi vd (2003b), marul yetiştiriciliğinde havalandırılmalı besin solüsyonu ile yüzen sistemde tuzluluk seviyesinin artışının etkisini incelemişlerdir. Temel besin solüsyonlarına ilave olarak NaCl konsantrasyonlarını (0, 10, 20 ve 30 mmol l⁻¹) ve ayrıca her tuzluluk seviyesini oksijenli ve oksijensiz ortamda değerlendirmişlerdir. Marul fidelerini yüzen sistemdeki polystyrene panellerde 9 Mayıs - 12 Haziran arasında yetiştirmişlerdir. Çalışmada baş ve kökün taze ve kuru ağırlıkları, kök uzunlukları, baş çapları ve yapraktaki nitrat ve klorofil içerikleri değerlendirilmiştir. Ölçülen parametrelerde hem tuzluluk hem de oksijen seviyelerinin arasında etkileşim olduğu ve istatistiksel olarak çok önemli farklılıklar bulunduğu bildirilmiştir. Besin solüsyonu havalandırmazsa olduğunda, tuzluluktan dolayı büyümeye önemli bir etki yaptığı tespit edilmiştir. Kontrolle karşılaştırıldığında (0 NaCl), 10 mmol l⁻¹ NaCl uygulamasında başların kuru ağırlıkları ve çaplarında, 20 mmol l⁻¹ NaCl uygulamasında ise başların kuru ağırlıklarında istatistiksel olarak azalma görüldüğü belirtilmiştir. Bununla beraber NaCl konsantrasyonunun artmasıyla baş ve kök kuru ağırlıkları ile, kök/sürgün oranının arttığı, yapraktaki nitrat birikiminin azaldığı tespit edilmiştir. Sadece kontrolde uç yanıklığı belirtisi saptanmış, NaCl konsantrasyonuna ek olarak kombine edilen havalandırılmış besin solüsyonu karşılaştırıldığında, 30 mmol l⁻¹ NaCl konsantrasyonuna

kadar büyümede tatmin edici bir başarı elde edildiği, fakat tuzluluktan dolayı uç yanıklığı belirtisi saptandığı kaydedilmiştir. Ayrıca, 20 mmol⁻¹ NaCl'e kadar yapraklarda nitrat birikimi saptandığı bildirilmiştir.

Sevgican vd (1985), su kültüründe amonyum azotu (NH₄-N) konsantrasyonu fazlalığında çiçek burnu çürüklüğünün arttığını, solüsyon sıcaklığı uzun bir süre 13°C'nin altında kaldığı zaman genç bitkilerde fosfor eksikliği görüldüğünü belirtmişlerdir. Hasat döneminde potasyum eksikliğinin meyve kalitesini önemli ölçüde düşürdüğünü, ayrıca kalsiyum eksikliğinde ise çiçek burnu çürüklüğü meydana geldiğini saptamışlardır.

Su kültüründe yetiştirilen kavun bitkisinin su ve besin maddesi alımı incelenmiştir. Bitki gelişimi vejetatif dönem, tozlanma ve meyve tutumu, meyve gelişimi ve meyve olgunlaşması olmak üzere 4 döneme ayrıldığında; su tüketiminin meyve gelişimi döneminde en yüksek olduğu, bu dönemi tozlanma ve meyve tutumu ile meyve olgunlaşması dönemlerinin izlediği, en az su tüketiminin vejetatif dönemde olduğu bildirilmektedir. Bitkiler tarafından NO₃-N, P, K, Ca ve Mg, sırası ile ilkbahar üretiminde 13.9, 4, 5.3, 7.3 ve 3.9 meql⁻¹; yaz üretiminde 15.1, 4, 7.4, 6.6 ve 4.3 meql⁻¹ miktarlarında alındığı saptanmıştır. Besin alımının tozlanma ve meyve tutumu döneminde en yüksek, vejetatif dönemde ise en az olduğu bildirmiştir (Sheen ve Hsu 1997).

2.3. Ozon İle İlgili Yapılmış Çalışmalar

Son derece karakteristik bir kokusu olan ozonun (O₃) yararları ilk kez 1840 yılında İsviçre'de Alman kimyacı Christian Fredrick Schönbein tarafından keşfedilmiştir. 1903-1906 yılları arasında Amerika'da bitkiler için su arıtımı alanında kullanılan ozon, 1940'larda içme suyu arıtımında kullanılmaya başlanmıştır. 1980'li yıllarda teknolojinin gelişmesiyle ozon üretiminin kolay ve nispeten ucuz olmasına paralel olarak kullanım alanları artmıştır (Beltran vd 2005).

Ozonun tarihçesine baktığımız zaman; 1840 yılında Alman kimyacı Christian Fredrick Schönbein tarafından bulunmuştur. 1856 yılında ameliyathane dezenfeksiyonunda kullanılmıştır. 1860 yılında Monaco'da suların ozonla temizlenmesine başlanmıştır. Ozonun, bakteri ve virüsleri öldürmesinin yanı sıra koku ve kötü tadı da ortadan kaldırdığı görülmüştür. 1893 yılında içme suyunda dezenfektan olarak kullanılmaya başlanmıştır. 1900 yılında Nicola Tesla ilk ozon jeneratörünün patentini almıştır. 1909 yılında etlerin soğuk depolanmasında koruyucu olarak kullanılmaya başlanmıştır. 1915 yılında Dr. Albert Wolf, 1. Dünya Savaşı sırasında kangren ve yaraları ozonla tedavi etmiştir. 1939 yılında meyveleri depolamada, maya ve küflerin yayılmasını önlediği bulunmuştur. 1957 yılında Dr. J. Hansler ilk medikal ozon jeneratörünün patentini almıştır. 1977 yılında Dr. Renate Viebahn ozonun vücuttaki etkilerini bilimsel olarak açıklamıştır. 1982 yılında ozonun şişelenmiş suda kullanılması için Amerikan Gıda ve İlaç Dairesi, GRAS (genel olarak güvenli tanımlanmış) deklarasyonunu yayınlamıştır. 1997 yılında Endüstri Bilirkişi Paneli (IEP) ozonun GRAS ve Amerikan Gıda ve İlaç Dairesi şartlarına uygun olduğunu ilan etmiştir. Daha sonra ozonun kullanımının kontrolü eklenmiştir. 2000 yılında Amerikan Gıda ve İlaç Dairesi ve Amerikan Tarım Bakanlığı ozona onay vermiştir (Şenol 2009).

Ozon ismi Yunanca da koklamak anlamına gelen “Ozien” kelimesinden türemiştir (Andersen ve Sarma 2002, Gürsoy 2009).

Ozon gazı günümüzde reaktif oksijen kaynağı olarak önem kazanmaktadır. Ozon gazı, doğal olarak güneşten gelen ultraviyole ışınlarının etkisiyle veya şimşek çakmasını takiben atmosferdeki oksijenden oluşmaktadır (Polat 2009).

Aktif oksijen olarak da bilinen ozon, triatomik molekül (O_3) halinde doğada bulunan, açık mavi, son derece karakteristik kokusu olan bir gazdır (Polat 2009, Çatal ve İbanoğlu 2010). Teknolojik olarak ise, elektron boşalımı yardımıyla atmosfer havasından ya da saf oksijenden elde edilir (Aslansoy 2012).

Ozon gaz formunda çok düşük konsantrasyonlarda bile fitotoksik olmasına karşın (Bergmann vd 1999), solüsyon içinde kararsız olup iki atomlu oksijene döndüğü için tam tersine ürün performansını artırıcı etkiye sahiptir. Bu bilginin sulama sistemin bakımı ve zararlı yönetimiyle ilgili alternatifler sunacağını belirten Graham vd (2011) hidroponik yetiştiricilikte ozon kullanımının patojenleri elimine etmesi yanında bitki kök bölgesine oksijen sağlama avantajı sunacağını rapor etmişlerdir.

Ozonun sudaki yarılanma ömrü, suyun sıcaklığına bağlı olmak üzere normal şartlarda yaklaşık 30 dakikadır (Dalgıç vd 1999). Meyve ve sebzelerin yıkanmasında (Tetik vd 2006), içme sularının arıtılmasında ve dezenfekte edilmesinde, et ve et ürünlerinin mikrobiyal kalitesinin yükseltilmesinde (Sheldon ve Brown 1986), gıdaların yüzey hijyenlerinin sağlanmasında, yeşil çayın siyah çaya oksidasyonunda ve balıkların temizlenmesinde ozon gazından faydalanılmaktadır (Güzel-Seydim vd 2004).

Amerika Birleşik Devletleri Çevre Koruma Ajansı (U.S. EPA) 1997 yılının ortalarında uzman heyet kurulu aracılığıyla halka yapmış olduğu açıklamada gıda endüstrisinde ozon kullanımının GRAS (Generally Recognized as Safe) yani güvenilir zararsız gaz statüsünde zararsız olduğunu belirtmiştir. 1997 yılında GRAS sınıfına girmesiyle gıda endüstrilerinde kullanım alanı artan ozon, kuvvetli bir oksidan ve dezenfektandır (Kim vd 1999).

2000 yılının Ağustos ayında Gıda ve İlaç Dairesi (FDA), Amerika'da gıdaların işlenmesinde ve depolanarak muhafaza edilmesinde ozonun su ve gaz fazı şeklinde doğrudan kullanımına izin vermiştir (Khadre ve Yousef 2001). FDA (Food and Drug Administration) ve USDA (United States Department of Agriculture) tarafından onaylanmış ve gıda ile temas eden maddeler tebliğinde organik olarak sertifikalandırılmıştır. Avrupa'nın birçok ülkesinde, İskandinav ülkelerinde, Japonya'da ve bazı diğer ülkelerde ozonun su, hava, peynir, et ve meyvelerin dezenfeksiyonunda kullanımına belirli kurallar çerçevesinde izin verilmiştir.

Ozon gazının dezenfeksiyon sonrasında kalıntı bırakmayan tek dezenfektan oluşu, özellikle gıda sanayisinde kullanımını, diğer dezenfektanlara göre avantajlı kılmaktadır. Ayrıca hasat sonrasında meyve ve sebzelerde bozulmaya neden olan mikrobiyal yükün artmalarına ve azalan raf ömrü için etkili bir önleme yöntemidir (Sarig vd 1996).

Günümüzde ozonun yaygın olarak kullanıldığı sektörler; su arıtımı, koku giderme, dezenfeksiyon, gıda endüstrisi, yıkama, kağıt endüstrisi, çiçekçilik, tekstil, hava ve koku temizlemesi, soğuk hava depoları, medikal kullanım olarak sıralanabilir (Üstün 2007). Laboratuvar aletlerinin sterilizasyonunda, şişelerin, konserve kutularının ve bira fiçilerinin son yıkama sularında, gıda işletmeleri dışında ise akvaryum, yüzme havuzu, soğutma suları, hastane su sistemlerinin dezenfeksiyonu (Öztekin vd 2006) ile tıp ve diş hekimliği gibi farklı alanlarda da ozon yaygın olarak kullanılmaktadır (Nagayoshi vd 2004).

Mikroorganizmalardan ayrı olarak, kök hücreleri, kökün dışarıya verdikleri, humik asitler, pestisitler ve bazı mikro elementlerde ozon tarafından suda oksitlenerek düşük redoks değerine neden olurlar. Bu nedenle, etkin bir dezenfeksiyon için belli bir ozonlama süresi kullanılmalıdır (Runia 1995).

Ozon gazı su sistemlerinin dezenfeksiyonunda, tekstil ve kağıt ürünlerinin ağartılmasında yaygın olarak kullanılmaktadır. Ozon gazının tekrar oksijene dönüşerek kalıntı bırakmama özelliği, gıda endüstrisi ile bitki ve hayvan yetiştiriciliği alanlarındaki kullanımını, yaygın kullanılan klor ve diğer dezenfektanlara göre avantajlı kılmaktadır (Khadre ve Yousef 2001, Polat 2009, Çatal ve İbanoğlu 2010).

Graham vd (2011) kayayünü ortamında domates ve hıyar bitkilerini yüksek konsantrasyonda (0, 5, 10, 15, 20 mg^l⁻¹) tek uygulama şeklinde ve düşük konsantrasyonda tekrarlamalı (0, 2, 4, 6 mg^l⁻¹) olarak ozonlu su uygulamasıyla yetiştirmişlerdir. Çalışmalarında ozon uygulamalarının yaprak alanı ve kuru madde birikimi bakımından değerlendirmişler ve bitki gelişimi üzerine olumsuz bir etkisinin olmadığını ifade etmişlerdir. Aynı dozlarda yapraktan uygulama yaptıklarında ise değişik derecelerde fitotoksite saptamışlardır. Ozonlu su uygulamasında drenajda yaptıkları ölçümlerde çok düşük (0.03 mg^l⁻¹) miktarda ozon bulunduğunu veya hiç kalıntı olmadığını, köklerde oksidatif stresin belirteci olan kök kahverengileşmesine rastlamadıklarını bildirmişlerdir. Ohashi-Kaneko vd (2009)'nin domateste haftada bir kez 1,5 mg^l⁻¹ ozonlu su uygulamasından kendi çalışmalarını destekleyen sonuçlar alındığını açıklamışlardır.

Ticari ozon düzeneği ile yapılan bakteriyel testler 1 m³ drenaj suyunun 1 saat ve 10 gram ozon ile muamelesinin yeterli olduğunu ortaya koymuştur (Runia 1995). Ancak, ozon uygulaması dezenfeksiyon sistemleri arasında en pahalı yöntem olduğundan çok yaygın değildir (Van Os 1999).

Ozon, mikroorganizmaları hücre zarını parçalayarak etkilemektedir. Patojenleri diğer dezenfektanlara oranla daha hızlı öldürür. Klor ve diğer dezenfektanlardan daha hızlı etkili olmakta ve kimyasal kalıntı bırakmamaktadır. Ozon depolanan sebze ve meyvelerde patojen gelişimini engellemekte, etileni okside ederek ürünlerin depolama süresini arttırmakta ve ürünlerin depolama öncesinde ön soğutma uygulamasında kullanılan suyun dezenfeksiyonunu sağlamaktadır. Ayrıca kimyasal kalıntıları yok edici özelliğe de sahiptir (Langlais vd 1991). Klorun belirli bir limite sahip olması, patojenlerin yok edilmesi ve kontrol altına alınması ozonun önemini ortaya koymaktadır (Spears 1998).

Ozonun gıda endüstrisinde sınırlı kullanılmasının nedeni ozon jeneratörlerinin hantal ve pahalı olmasından kaynaklandığı bildirilmektedir (Jaksch vd 2004). Ozon uygulamalarında kullanılan ekipman; jeneratörler, gazın ürünle temas ettiği tanklar, gazdan arıtma sistemleri, ozon imha üniteleri, filtreler, ozon monitörleri ve egzoz sistemlerinden oluşmaktadır. Ancak teknolojiye paralel olarak yeni jeneratörlerin daha küçük olarak dizayn edilmesiyle birlikte ozon jeneratörlerine daha sık rastlamak mümkün olmaktadır. Nitekim günümüzde gıda işletmelerinde büyük modifikasyonlar yapılmadan, küçük bir alana sistem kurmak mümkün olmaktadır (Xu 1999).

Raub vd (2001), ozon gazı enjekte edilmiş suyun, toprağın fiziksel ve kimyasal özellikleri üzerine etkilerini incelemişlerdir. Araştırmada ozon enjekte edilmiş sulama suyu kullanımında bitkilerin daha dinç ve güçlü oldukları, hastalık ve zararlı oluşumunun azalması, su alımının arttığı ve gübre kullanımına olan ihtiyacın azaldığı bulgularına erişmişlerdir.

Tarım sektöründe ozon uygulamaları ile organik, ekolojik ve ekonomik tarım uygulamalarında hem verimlilik artışı sağlamak hem de bunu sürdürülebilir kılmak olasıdır. Ozon, görevini tamamladıktan sonra oksijene dönüşerek ayrıştığı için kalıntı bırakmamaktadır ve özellikle bu nedenle tarım sektöründe pek çok farklı amaç için güvenle kullanılmaktadır. Ozon gazının bilinen belli başlı özellikleri aşağıdaki gibi sıralanmıştır (Anonim 2013).

1. Bakterilere, virüslere ve mantar sporlarına karşı bilinen tüm kimyasallardan çok daha etkilidir.
2. Ozon kimyasallara oranla çok daha kısa temas süresine gereksinim duymaktadır.
3. Ozon, yerinde sadece hava ve elektrikten üretildiği için zararlı kimyasalların taşınması ve saklanması sorunu ortadan kalkmaktadır.
4. Doğal olduğu için ekolojik dengeye zarar vermek yerine bu dengenin korunmasını desteklemektedir.
5. Gereksinim duyulan ozon konsantrasyonu baştan belirleneceği için kimyasalların karışımı ve kontrolü gibi riskler yoktur.
6. Ozon güçlü bir oksidan olduğu için kötü kokulara neden olan mikro-organizmaları da yok etmektedir.
7. Ozon, teknolojik gelişmelerle birlikte sadece su yoluyla değil havadaki konsantrasyonu ile hava yoluyla da ortama uygulanabilmektedir.

Hsieh vd (1998), tarafından yapılan çalışmada, çim tohumlarının mantar ve bakteriyolojik kökenli hastalık etmenleri aracılığıyla zarar görmesi incelenmiş, ozon uygulanmış su ile yapılan sulamaların çimlenmeyi arttırdığı, hastalık etmenlerini etkisiz kıldığı görülmüştür.

Vijayanandraj vd (2006), soğanda kök çürüklüğü oluşumu üzerine çalışmışlar ve bunu engellemek için sulama suyuyla ozon uygulamışlardır. Sonuç olarak hastalık etmeninin yok edildiğini ve bitki gelişiminin hızlandığını bildirmişlerdir.

Violle (1929) yaptığı bir çalışmada, çeşitli bakteriler enjekte edilmiş balıklarda ozonlanmış deniz suyunun saf suyla kıyaslanabilecek düzeyde sterilizasyon sağladığını kanıtlamıştır. Yapılan çalışmada ozonlanmış suyun balıkların dış görünüşü ve tatlarında herhangi bir değişikliğe neden olmadığı gözlenmiştir (Erdem 2007).

Schwartz vd (1976), 0.2 ppm ve yüksek konsantrasyondaki ozonun nefes borusunda zarar verici bir etkiye sahip olduğunu ortaya koymuştur.

Rice vd (1981), ozon uygulamasının Avrupa'da içme suyunun dezenfeksiyonunda yıllardan beri kullanılmakta olduğunu, ozonun diğer ticari kullanım alanlarının ise; şişelenmiş suların dezenfeksiyonu, yüzme havuzları, kirli soğutma yapılarının temizlenmesi ve atık su uygulamalarının yer aldığını bildirmişlerdir.

Stallarova (1982), ozonun oksidasyon gücü çok yüksek olan bir gaz ve bilinen en kuvvetli dezenfektanlardan birisi olduğunu ve yüksek oksidasyon kuvvetinin, ozonun bakterilerin tahribatında tam etkin bir rol oynamasına sebep olduğunu bildirmiştir.

Ozon dezenfeksiyonunun mikroorganizma hücrelerini eriterek veya hücre zarını yırtarak meydana gelmekte, yaygın bir dezenfektan olan klorun ise hücre zarından girerek mikroorganizma enzimlerini inaktive etmektedir. Ozonun bakterisit etkisinin suyun kirliliği, suda çözünmüş madde miktarı, pH, suyun sıcaklığı ve temas süresi gibi bazı etkileşimlere bağlıdır ve ozonla suyun takriben 4-10 dakikalık teması dezenfeksiyonu sağlamaktadır. Rice vd (1982), ozonun soğukta muhafazadaki önemli etkilerinden birisinin meyve ve sebzelerin olgunlaşmalarını yavaşlatması olduğunu bildirmişlerdir. Olgunlaşma süresince muz ve elma gibi birçok meyvenin yaşlanmayı hızlandıran etilen gazını bünyelerinden dışarı verdiklerini, ozonun muhafaza esnasında dışarı verilen etileni okside ederek sebze ve meyvelerin muhafaza ömürlerini uzattığını bildirmişlerdir. Çalışmada ozonun ürünlerin soğukta muhafaza esnasında düşük konsantrasyonda küf ve bakterilerden korunmasında kullanılmakta olduğunu bildirmişlerdir.

Meyve ve sebzelerin yüzey dezenfeksiyonu amacıyla ozon kullanımı giderek yaygınlaşmakta olup üzüm, böğürtlen, turuncgiller, şeftali, çilek ve armutların yüzey dezenfeksiyonunda başarıyla kullanıldığı bildirilmektedir (Cemeroğlu vd 2001).

Langlais vd (1991), ozonun meyve ve sebzelerin muhafazası esnasında küf, bakteri ve virüs gibi patojenlerin gelişmesini önlemesinin ve etileni okside ederek ürünlerin depolama ömrünü arttırmasının yanında bir diğer önemli kullanım amacının ürünlerin depolama öncesinde ön soğutma uygulamasında kullanılan suyun dezenfeksiyonunu sağlaması olduğunu bildirmişlerdir. Ayrıca bu araştırmacıların bildirişlerine göre ozonun mikroorganizmalar üzerindeki etkisinin klor ve diğer dezenfektanlara göre daha fazla olduğunu; *Escherchia*, *Listeria*, *Penicillum* ve diğer gıda patojenlerini geleneksel olarak kullanılan dezenfektanlara oranla daha hızlı öldürmekte olup kimyasal kalıntı bırakmadığını bildirmişlerdir.

Reddy (1991), bitkileri ozona maruz bırakmanın etilen üretimini arttıracağını, ancak bunun geçici olduğunu ve bunda ozon dozu ve uygulama süresinin çok etkili olduğunu bildirmiştir. Ozon uygulamalarından hemen sonra tür ve çeşide bağlı olarak

bitkilerde geçici etilen üretimi artışı olabileceğini ancak bunun belirli bir süre sonra tekrar azalacağını hatta başlangıç seviyelerinin altına bile düşebileceğini bildirmiştir.

Beuchat (1992), elma ve portakalların raf ömürlerinde ozonlama sonucu meydana gelen uzamanın, etilenin oksidasyonu ile ilgili olduğunu, böğürtlenlerin ve üzümün mantar bozulmalarının ozonlamayla azaldığını bildirmiştir.

Schraudner vd (1997), bitkilere ozon uygulaması etilen üretiminde göstermiş oldukları farklılığın ozona karşı hassas olup olmamalarına bağlı olduğunu bildirmiştir. Ozona duyarlı türlerin toleranslılara kıyasla ozonla muamele edildiklerinde daha fazla etilen salgıladıkları bildirmektedir.

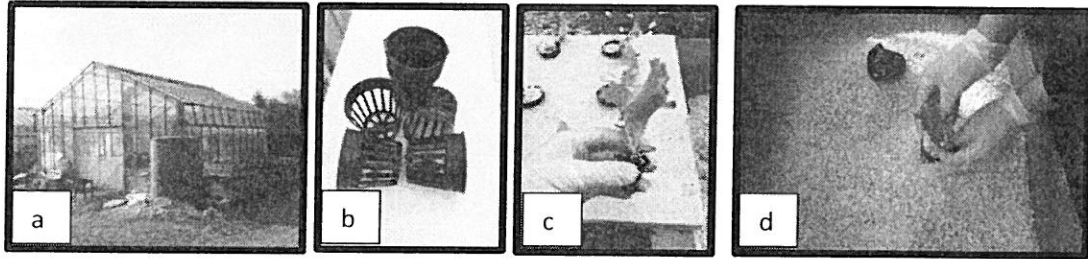
Ozon uygulaması ticari olarak elma, kiraz, havuç, sarımsak, kivi, soğan, şeftali, erik, patates ve üzümde muhafaza süresini artırma ve patojenlerle mücadele amaçlı olarak kullanılmaktadır (Çağatay 2006).

2. MATERİYAL ve METOT

Bu çalışmada amaç, besin solüsyonuna oksijen kazandırmak amacıyla uygulanan ozonun besin solüsyonu bileşiminde ve marulun verim ve kalitesi üzerine nasıl bir etkiye sahip olduğunun araştırılmasıdır. Bu amaçla solüsyona oksijen sağlamak üzere ozon jeneratörü, kontrol uygulaması olarak hava motoru kullanılmıştır.

Araştırma, Akdeniz Üniversitesi Ziraat Fakültesi Araştırma ve Uygulama Arazisinde bulunan (Şekil 3.1.a) cam serada 8 Ocak 2016–3 Mart 2016 tarihleri arasında yürütülmüştür. Sera ısıtma sistemi olmayan, 5 m genişliğinde, 6 m uzunluğunda (30 m²), 2 m yan yüksekliğe sahip camla kaplı, çift taraflı olarak boydan boya havalandırılmalıdır. Araştırmada, örtüaltı yetiştiriciliğinde yoğun olarak yetiştiriciliği yapılan Bohemia marul çeşidi kullanılmıştır. Çok kıvrıkcık tip marul olan Bohemia çeşidi büyük başlı, lezzetli, geç sapa kalkan bir çeşittir. Olgunluk süresi iklim koşullarına bağlı olarak dikimden sonra 45–60 gündür. Tadı hafif yağlımsı, çok lezzetli ve baş ağırlığı ilkbaharda ortalama 700 g sonbaharda ise 450 g'dır.

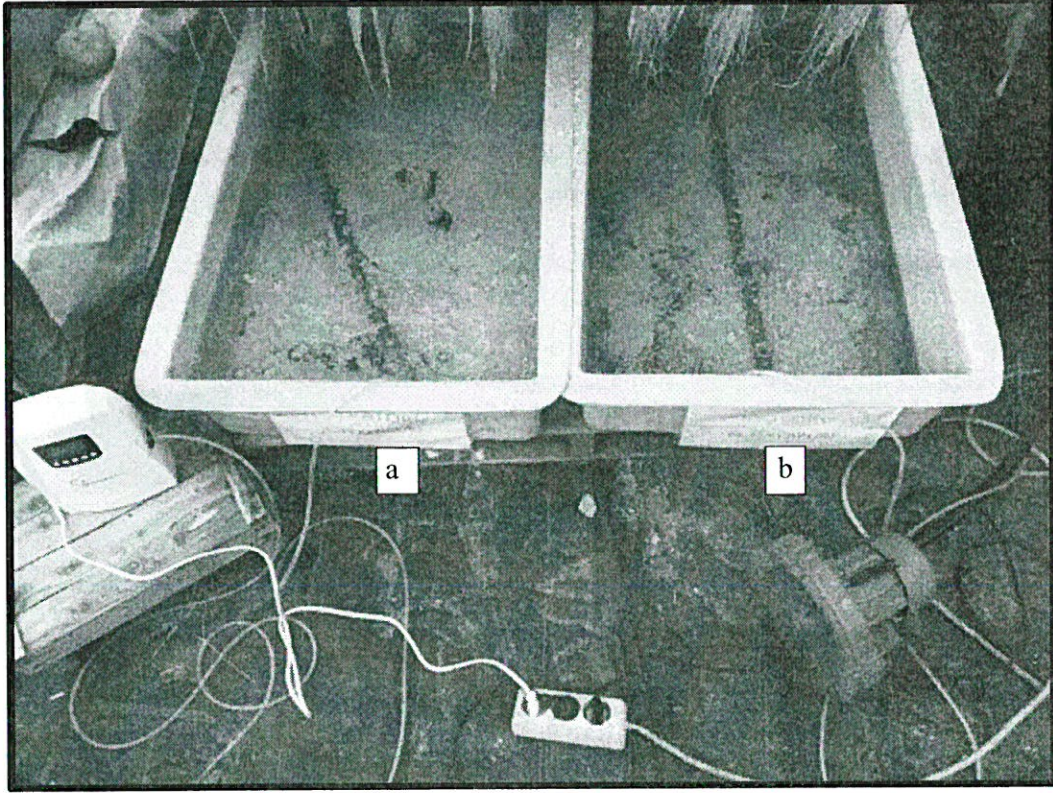
Bohemia marul çeşidi, 200x50x20 (boy x en x yükseklik) cm ölçülerinde 200 litre hacme sahip 12 adet plastik tankta yetiştirilmiştir. Bitkileri yuздürmek amacıyla 200x50 cm, 30 mm kalınlığında strafor plakalar kullanılmış, strafor plakalar sıra arası 12,5 cm ve sıra üzeri 15 cm olacak şekilde 5 cm çaplı daireler biçiminde kesilerek içlerine 5 cm çaplı, alt ve yan yüzeylerde delikleri bulunan delikli plastik saksılar yerleştirilmiştir (Şekil 3.1.b). Araştırmada ADL Fide tarafından torf ortamında yetiştirilen, 3-4 gerçek yapraklı aşamadaki (tohum ekiminden 30 gün sonra) fideler (Şekil 3.1.c) içine perlit eklenerek saksılara aktarılmıştır. Perlit ilavesi ile fidelerin saksı içinde sağa sola yatmayıp sabit durması sağlanmıştır (Şekil 3.1.d).



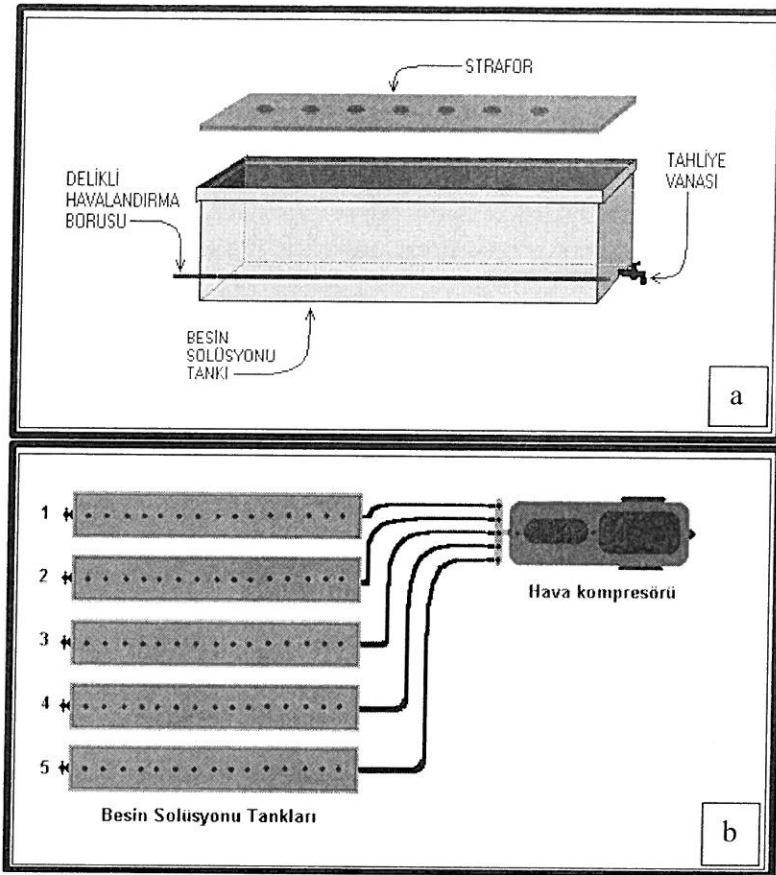
Şekil 3.1. a) Çalışmanın yapıldığı cam sera
b) Delikli plastik saksı
c) Kullanılan fide ve saksıların yerleştirildiği strafor
d) Perlit eklenen saksılara fidelerin dikimi

Çalışmada, besin solüsyonuna oksijen kazandırmak amacıyla ozon jeneratörü ve hava motoru kullanılmıştır. Her iki uygulamada da sistemde yer alan hortuma hava taşı bağlanarak havanın daha geniş yüzeye yayılması sağlanmıştır (Şekil 3.2). Daha önce yapılan bir çalışmada (Ercan ve Bayyurt 2013) ev tipi manuel ozon jeneratörü kullanılmış ancak hortum besin solüsyonun içine hava taşı bağlanmadan bırakıldığı için tankta serbest kalan hortumun olduğu yerde bulunan birkaç bitkinin köklerinde yanmalar meydana gelmiştir. Bu nedenle bu çalışmada ozon jeneratöründen çıkan hortuma hava taşı bağlanarak bitki köklerinde görülebilecek olan zararlanmalar da

elimine edilmiştir. Çalışmada solüsyondaki oksijen miktarı 4 mg l^{-1} olarak uygulanmıştır (Goto vd 1996). Çalışmada GN-202c model taşınabilir ozon jeneratörü kullanılmış, bu model ozon jeneratöründe ozon çıkışı saatte 500 mg olup üzerindeki dijital ekrandan çalışma süresi ayarlanabilmektedir. Ayarlanan süre sonunda ozon gazı üretimi otomatik olarak sonlandırılmakta ve belirlenen aralık sonunda tekrar çalışmaya başlamaktadır. Jeneratörün bu özelliği sayesinde solüsyondaki çözünmüş oksijen miktarı kök ve yapraklara zarar oluşturmayacak şekilde her sabah 10 dakika süre çalıştırılması gerektiği yapılan ön çalışma sonucunda belirlenmiştir. Çalışma süresince oksijen metre ile yapılan düzenli ölçümlerle solüsyondaki çözünmüş oksijen miktarı takip edilmiştir ve solüsyondaki oksijen miktarı belirlenen seviye civarında tutulmuştur. Çalışma tesadüf blokları deneme deseninde, her tekerrürde 36 bitki olacak şekilde 6 tekerrürlü olarak kurulmuştur. Solüsyonun sıcaklığı deneme süresince her gün ölçülerek kaydedilmiştir. Solüsyonun pH ve EC'si her gün düzenli olarak ölçülmüş ve pH'sı 6.0 – 6.5; EC'si $1.5\text{-}1.7 \text{ mS cm}^{-1}$ civarında tutulmuştur. pH yükseldiği zaman $0,1 \text{ N HNO}_3$; düştüğü zaman 1 N NaOH ile ayarlanmıştır.



Şekil 3.2. a) Ozon jeneratörü+hava taşı uygulaması
b) Hava motoru +hava taşı uygulaması



Şekil 3.3.a) Solüsyon tankının şematik görünümü

b) Solüsyon tanklarının hava motoru ile çalıştırılma şeması

3.1 Araştırmada Kullanılan Su

Araştırmada çözeltiler Akdeniz Üniversitesi araştırma-uygulama arazisinde bulunan yeraltı kaynak suyu kullanılarak hazırlandığı için su örneği, kaynağından alınarak analiz ettirilmiştir. Analizin sonuçlarına göre besin solüsyonu hazırlanmıştır.

3.2. Araştırmada Kullanılan Besin Solüsyonu

Araştırmada kullanılan besin solüsyonunun bileşimi Çizelge 3.1'de verilmiştir. Bu solüsyon, Cornell CEA grup tarafından hazırlanmış olan hidroponik marul kitapçığından (Hydroponic Lettuce Handbook) alınmıştır.

Çizelge 3.1. Araştırmada kullanılan besin solüsyonu

Besin Elementleri	N	P	K	Ca	Mg	S	Fe	B	Mn	Zn	Cu	Mo
Miktar (mg ^l ⁻¹)	125	31	215	84	24	35	0,94	0,16	0,14	0,13	0,03	0,03

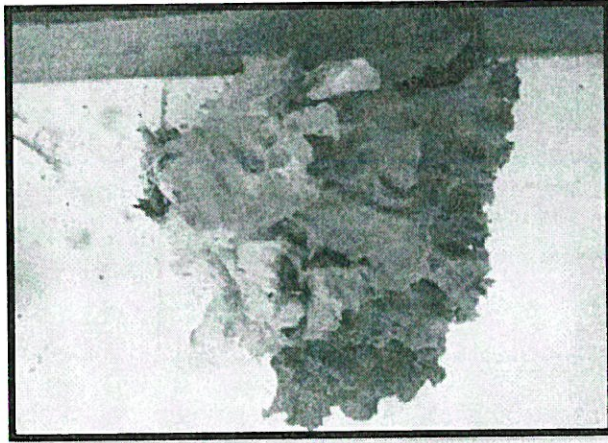
3.3. Araştırmada İncelenen Özellikler ve İnceleme Yöntemleri

3.3.1. Ozon ve hava motoru uygulamalarının besin solüsyonun bileşimine etkisi

Ozon jeneratörü ve hava motoru uygulamalarının her tekerrüründen ayrı ayrı alınan besin çözelti örnekleri, besin çözeltisindeki olası değişimi belirlemek amacıyla deneme süresince yirmi günde bir olmak üzere 3 defa analiz ettirilmiştir.

3.3.2. Bitki boyu

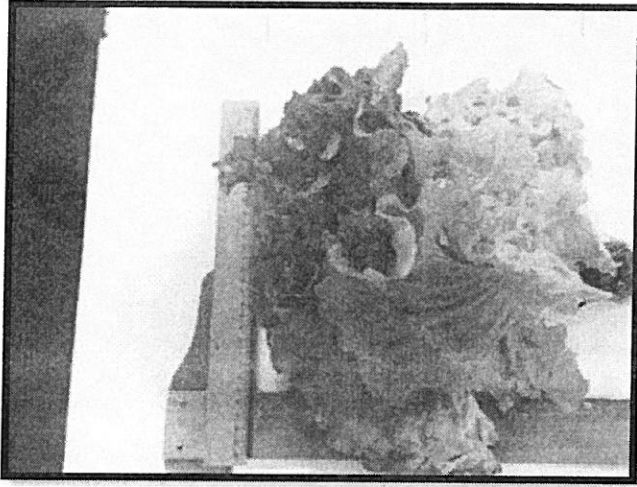
Uygulamaların her tekerrüründen tesadüfen seçilen 20 bitkide kök boğazından itibaren bitki tepe sürgününe kadar olan kısım metre yardımıyla ölçülerek cm olarak kaydedilmiştir.



Şekil 3.4. Bitki boy ölçümü

3.3.3. Bitki eni

Uygulamaların her tekerrüründen tesadüfen seçilen 20 bitkide bitkinin yatay olarak kapladığı alan metre yardımıyla ölçülerek cm olarak kaydedilmiştir.



Şekil 3.5. Bitki en ölçümü

3.3.4. Bitki yaş ağırlığı

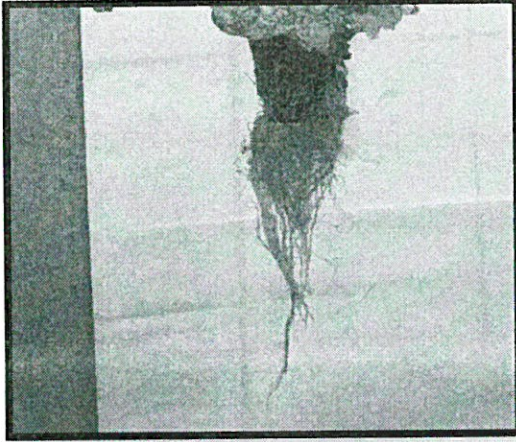
Uygulamaların her tekerrüründen tesadüfen seçilen 20 bitkide deneme sonunda kök boğazının 1 cm üzerinden kesilerek ağırlıkları hassas terazide ölçülmüş ve sonuçlar gram olarak kaydedilmiştir.



Şekil 3.6. Bitki yaş ağırlığı

3.3.5. Bitki kök uzunluğu

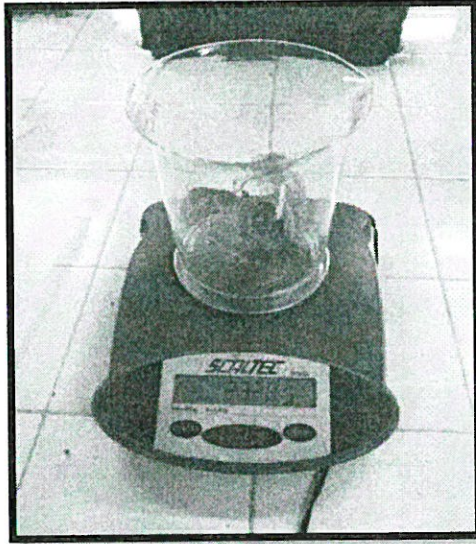
Uygulamaların her tekerrüründen tesadüfen seçilen 20 bitkide kök boğazının 1 cm üzerinden kesilerek kök ucuna kadar cetvel yardımıyla ölçülmüş sonuçlar cm olarak kaydedilmiştir.



Şekil 3.7. Kök uzunluğu

3.3.6. Bitki kök ağırlığı

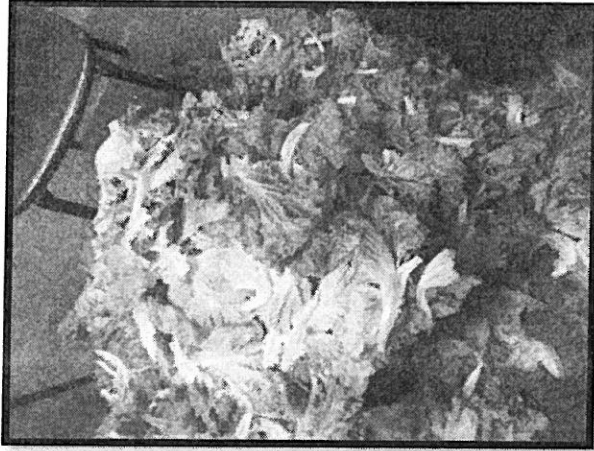
Denemeye alınan bitkilerin deneme sonunda kök boğazının 1 cm üzerinden kesildikten sonraki kalan yaş kök kısmı ağırlıkları hassas terazide ölçülerek sonuçlar gram olarak kaydedilmiştir.



Şekil 3.8. Bitki kök ağırlığı

3.3.7. Bitki toplam yaprak sayısı

Uygulamaların her tekrerründen tesadüfen seçilen 20 bitkide pazarlama değeri olmayan (çürük, sararmış, kararmış vb.) yaprakları dahil tüm yapraklar teker teker sayılmış ve adet olarak kaydedilmiştir.



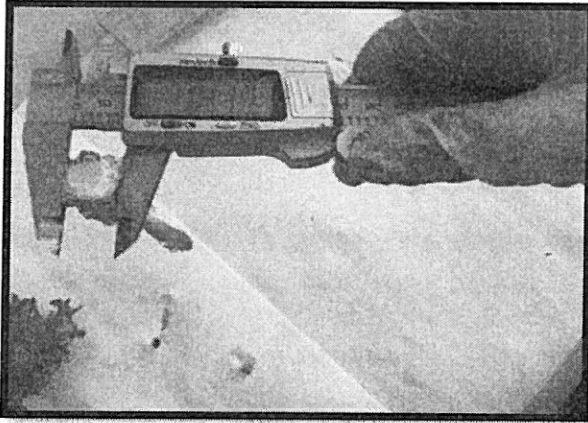
Şekil 3.9. Bitki toplam yaprak sayısı

3.3.8. Pazarlanabilir yaprak sayısı

Uygulamaların her tekerrüründen tesadüfen seçilen 20 bitkide pazarlama değeri olmayan (çürük, sararmış, kararmış vb.) yaprakları temizlenerek, kalan yapraklar teker teker sayılmış ve adet olarak kaydedilmiştir.

3.3.9. Gövde çapı

Denemeye alınan bitkilerin deneme sonunda gövde çapları kumpas yardımıyla milimetre olarak kaydedilmiştir.



Şekil 3.10. Gövde çapı

3.3.10. Gövde ağırlığı

Denemeye alınan bitkilerin deneme sonunda gövde ağırlıkları tartılmış ve gram olarak kaydedilmiştir.



Şekil 3.11. Gövde ağırlığı

3.3.11. Gövde boyu

Denemeye alınan bitkilerin deneme sonunda gövde boyları kumpas yardımıyla ölçülerek cm olarak kaydedilmiştir.



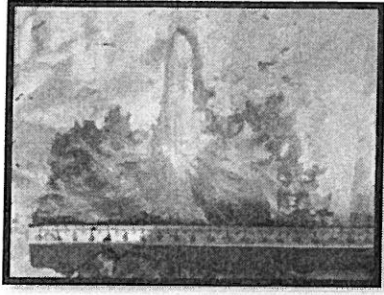
Şekil 3.12. Gövde boyu

3.3.12. Gövde boyu/ bitki boyu

Uygulamaların her bir tekerrüründen tesadüfen seçilen 20 bitkinin gövde boyunun bitki boyuna oranı hesaplanmıştır.

3.3.13. Yaprak eni

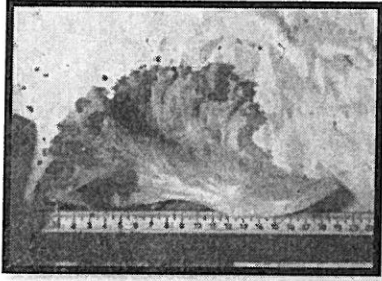
Uygulamaların her bir tekerrüründen tesadüfen seçilen 20 bitkinin en gelişmiş yaprağı alınarak yaprak eni cm olarak ölçülmüştür.



Şekil 3.13. Yaprak eni

3.3.14. Yaprak boyu

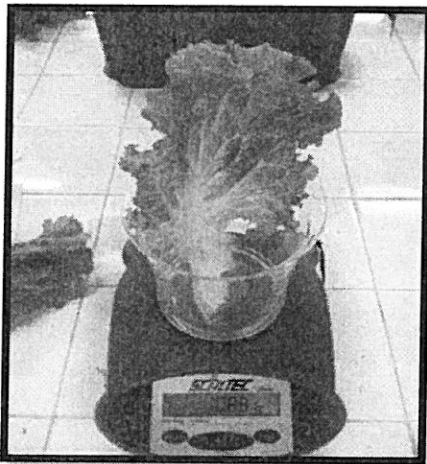
Uygulamaların her bir tekerrüründen tesadüfen seçilen 20 bitkinin en gelişmiş yaprağı alınarak yaprak boyu cm olarak ölçülmüştür.



Şekil 3.14. Yaprak boyu

3.3.15. Yaprak ağırlığı

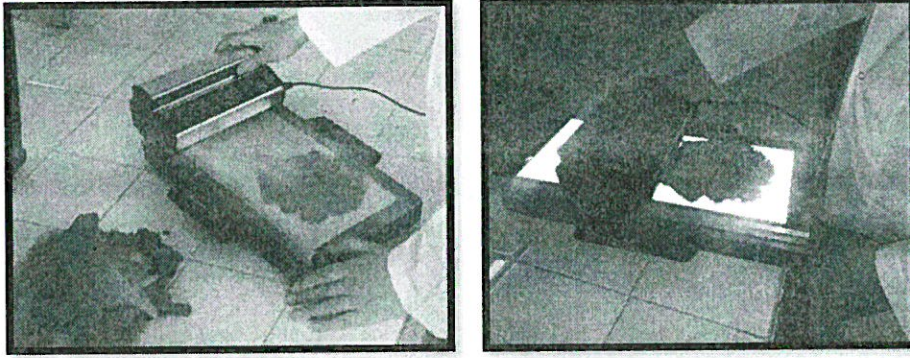
Uygulamaların her bir tekerrüründen tesadüfen seçilen 20 bitkinin en gelişmiş yaprağı alınarak yaprak ağırlığı g olarak ölçülmüştür.



Şekil 3.15. Yaprak ağırlığı

3.3.16. Yaprak alanı

Uygulamaların her bir tekerrüründen tesadüfen seçilen 20 bitkinin en gelişmiş yaprağı alınarak yaprak alanı ölçer (CID Bio-Science CI-202 LASER AREA METER) ile ölçülmüştür.



Şekil 3.16. Yaprak alanı

3.3.17. Yaprak kuru ağırlığı

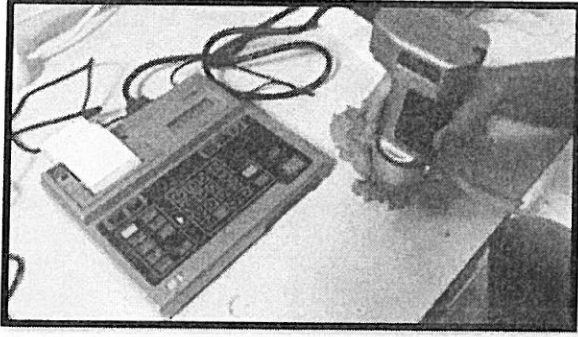
Tüm ölçümler alındıktan sonra, bitkinin en gelişmiş yaprağı kurutma kağıdı üzerinde kurutma dolabına yerleştirilmiş ve tamamen kuruyuncaya kadar 65°C'de bekletilmiştir. Kurutma dolabında kuru ağırlıkları sabit hale geldiğinde (48saat) örnekler dolaptan tek tek çıkarılarak tartılmış ve kuru ağırlıkları g olarak kaydedilmiştir.



Şekil 3.17. Yaprak kuru ağırlığı

3.3.18. Bitki yaprak renk analizi (L, a, b, hue, croma)

Uygulamaların her tekerrüründen seçilen 20 bitkinin en dış pazarlanabilir yapraklarından tesadüfi olarak bir adet alınarak yaprakta renk ölçüm cihazı (Minolta CHROMA METER CR-400/410) ile ölçüm yapılmış L, a, b, hue ve kroma değerleri tespit edilmiştir.



Şekil 3.18. Renk ölçüm cihazı ile ölçüm

3.3.19. Klorofil değeri

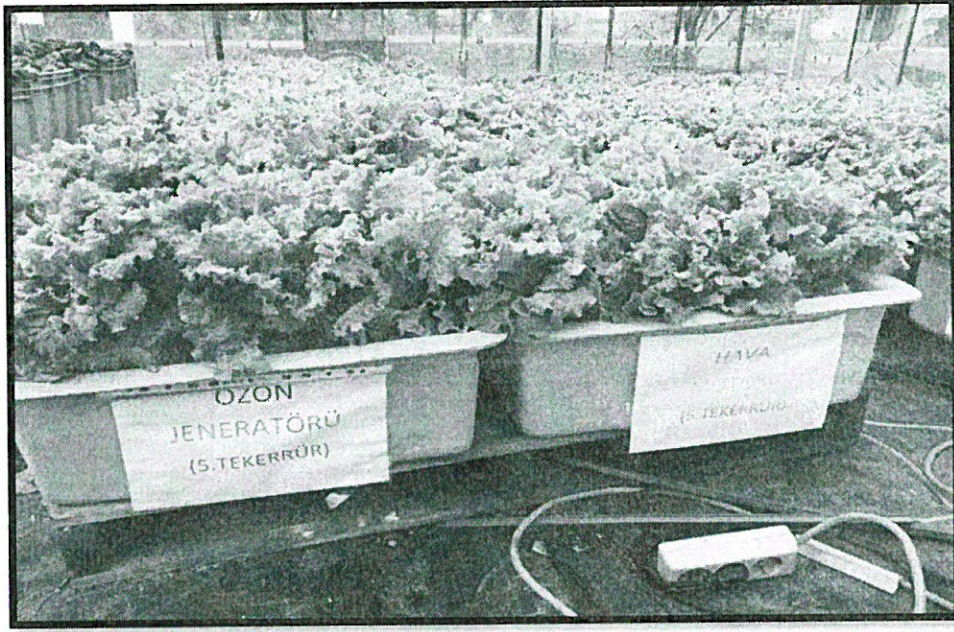
Yapraktaki klorofil miktarı Spectrum Fieldscout CM 1000 serisi klorofilmetre aletiyle ölçülmüştür. Klorofilmetreyle yapılan ölçümler hasat döneminde yapraklarda yapılmıştır. Ölçümler, havanın bulutlu olmadığı gün ve güneşin yeryüzüne geliş açısının en az değiştiği saat 10.00 ile 14.00 arasında gerçekleştirilmiştir. Klorofilmetre, ölçüm sırasında yaprak üzerinde gölge oluşturmayacak şekilde tutulmuş ve alet üzerinden çıkan iki lazer ışığın üst üste geldiği durumda art arda üç okuma yapılarak klorofil ölçme işlemi gerçekleştirilmiştir.



Şekil 3.19. Klorofilmetre ile yaprakta klorofil ölçümü

3.3.20. Parsele verim

Uygulamaların her tekerrüründe yer alan tüm bitkiler tartılarak gm^{-2} olarak kaydedilmiştir.



Şekil 3.20. Ozon jeneratörü ve hava motoru uygulamasındaki bitkilerin hasat aşamasındaki görünümü

3.3.21. Yaprakta nitrat analizi

Marul yaprağı yenen sebzeler gurubunda olduğundan uygulamaların bitkide nitrat birikimi üzerine etkilerini belirlemek amacıyla nitrat analizi yaptırılmıştır. LABEN laboratuvarında yaptırılan bu analizde marul yaprağındaki nitrat miktarı kurutulmuş bitki örneklerinin salisilik asit yöntemi ile spektrofotometrede okunması ile belirlenmiştir (Kaçar ve İnal 2008).

3.3.22. Yaprakta potasyum (K), kalsiyum (Ca), magnezyum (Mg), demir (Fe), çinko (Zn), mangan (Mn), bakır (Cu), bor (B) analizi

LABEN laboratuvarında yaptırılan bu analizde Jones vd (1991) tarafından tarif edildiği şekilde bitkinin en dıştaki sağlıklı yaprakları alınarak, 65°C’de kurutulup, öğütülerek analize hazır hale getirilmiştir (Kaçar ve İnal 2008). Öğütülmüş yaprak örneklerinden 0,5 g alınarak HNO₃ ile mikro dalgada yaş yakma yapılarak, örneklerden elde edilen süzüklerdeki element miktarları Inductively Coupled Plasma (ICP OES) cihazı ile belirlenmiştir (Kaçar ve İnal 2008). Yaş yakma metodu ile elde edilen süzükte, potasyum, kalsiyum ve magnezyum miktarları Atomik Absorbsiyon Spektrofotometresi ile saptanmıştır (Kaçar 1972). Sonuçlar ise K, Ca ve Mg kuru maddede % olarak verilmiştir. Fe, Zn, Mn, Cu, B ppm olarak verilmiştir.

3.3.23. Yaprakta fosfor (P) analizi

LABEN laboratuvarında yaptırılan bu analizde yapraktaki fosfor miktarı Vanadomolibdofosforik sarı renk metoduna (Kaçar ve Kovancı 1982) göre belirlenmiştir.

3.3.24. Solüsyonun pH değeri

Denemenin ilk gününden son gününe kadar günlük pH değerleri dijital pH metre ile ölçülerek Solüsyon pH değeri 6.0-6.5 civarında tutulmuştur.



Şekil 3.21. pH metre ile ölçüm

3.3.25. Solüsyonun EC değeri

Deneme süresince her gün solüsyonun EC değeri dijital EC metre ile ölçülmüş solüsyonun EC değeri 1.5-1.7 mS cm⁻¹ civarında tutulmuştur.



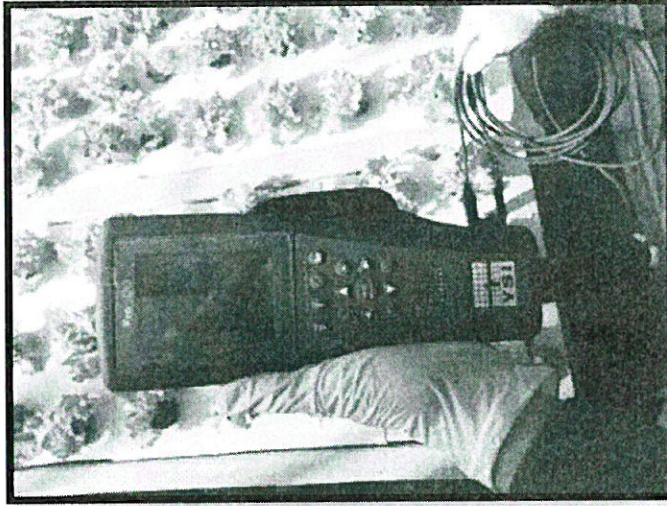
Şekil 3.22. EC metre ile ölçüm

3.3.26. Solüsyonun sıcaklık değeri

Deneme süresince solüsyon sıcaklıkları havuz termometresi ile ölçülerek kaydedilmiştir.

3.3.27. Solüsyondaki çözünmüş oksijen değeri

Denemenin ilk gününden son güne kadar solüsyondaki çözünmüş oksijen değeri dijital oksijen metre ile ölçülerek solüsyondaki çözünmüş oksijen miktarı 4 mg l^{-1} civarında tutulmuştur.



Şekil 3.23. Oksijen metre ile solüsyondaki çözünmüş oksijen miktarının ölçümü

3.3.28. Sera içi atmosfer sıcaklık değerleri

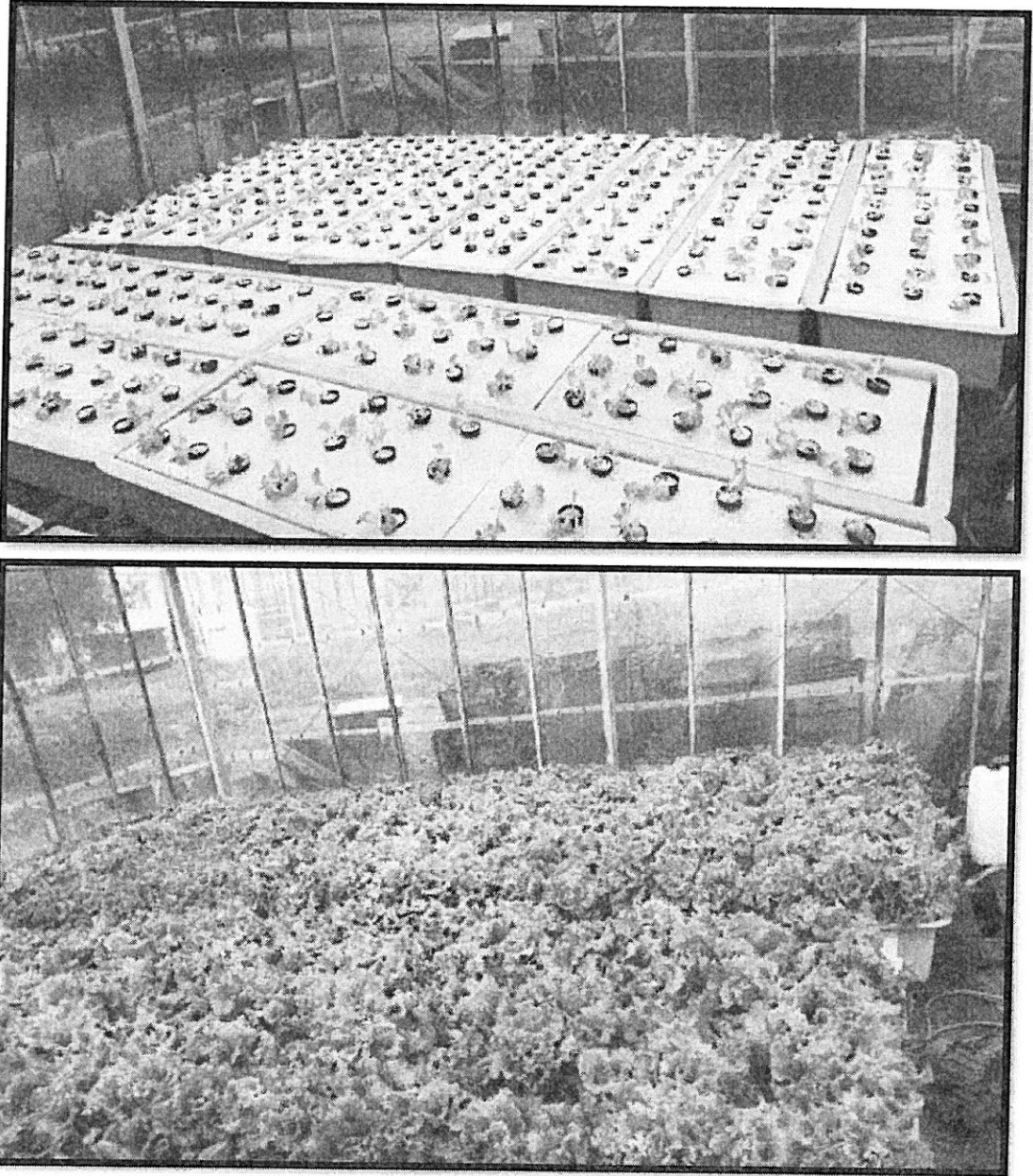
Deneme süresince günlük sıcaklık değerleri termometre ile ölçülerek kaydedilmiştir.

3.3.29. Verilerin istatistiksel değerlendirilmesi

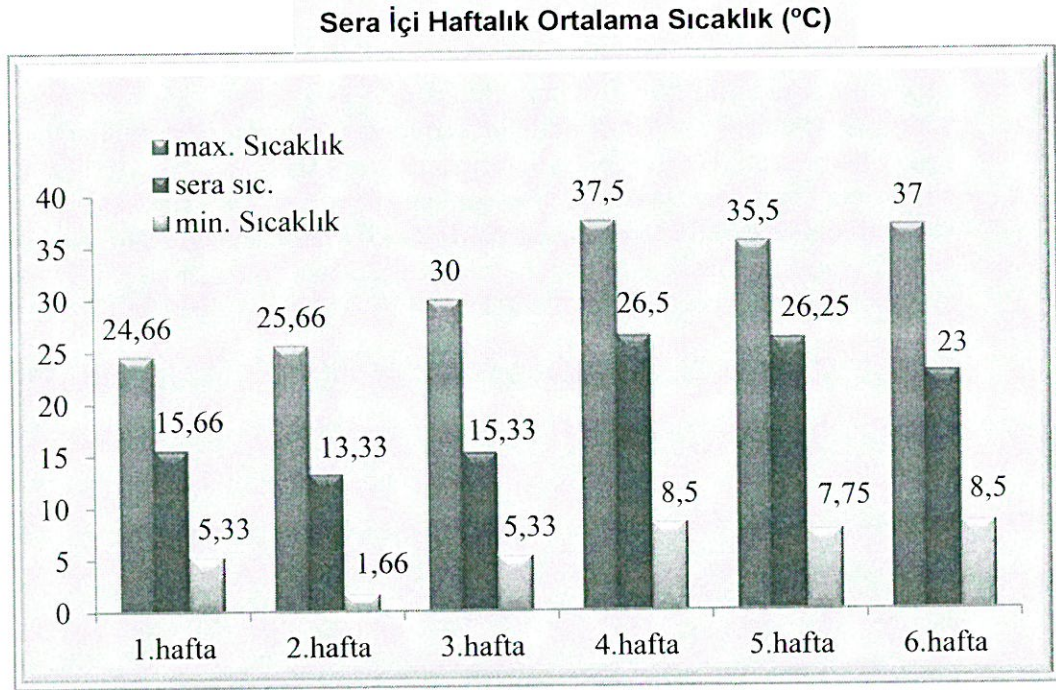
İstatistiksel analizler, SPSS paket programında (versiyon 17) tesadüf blokları deneme desenine göre yapılmıştır.

4. BULGULAR ve TARTIŞMA

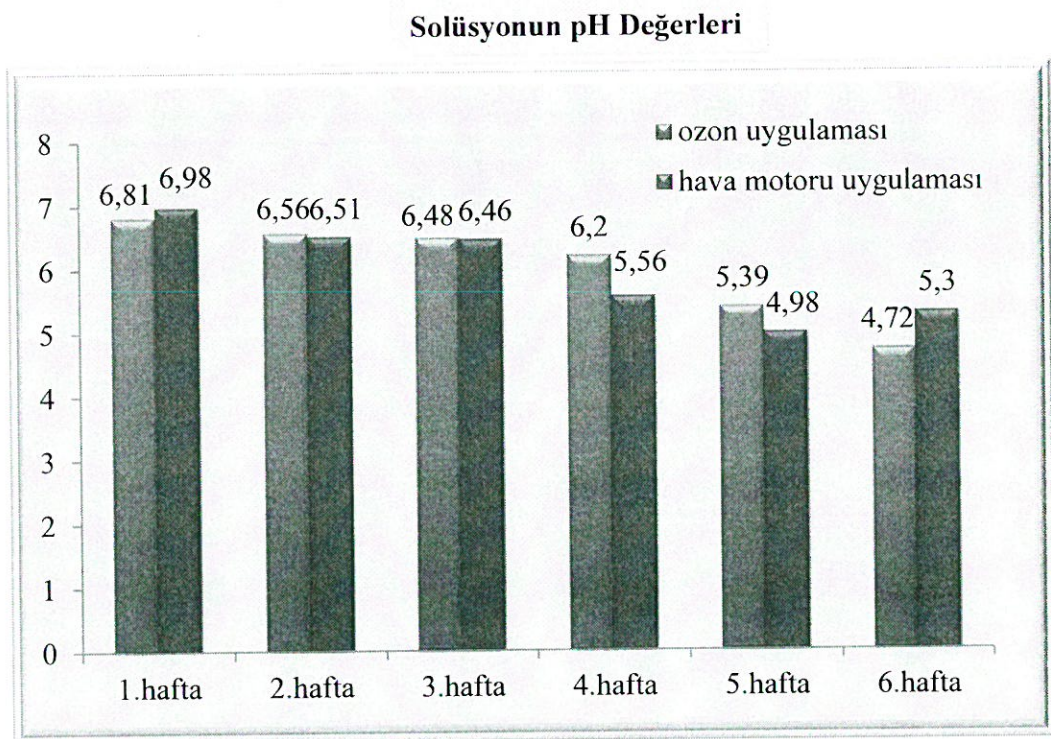
Üç-dört gerçek yapraklı aşamadaki marul fideleri 8 Ocak 2016 tarihinde durgun su kültürüne aktarılmıştır. Bitkiler dikimden 55 gün sonra 3 Mart 2016 tarihinde hasat edilmiştir (Şekil 4.1). Yetiştiriciliğin yapıldığı dönemdeki sıcaklıklar hasat süresine, solüsyonun sıcaklığına ve dolaylı olarak EC, pH ve çözünmüş oksijen içeriğine etki ettiği için sera içi maksimum, minimum ve ortalama sıcaklıkları günlük olarak kaydedilmiş ve haftalık ortalamalar olarak Şekil 4.2’de sunulmuştur. Deneme süresince günlük olarak kaydedilen ve haftalık olarak özetlenen solüsyonun pH, EC ve çözünmüş oksijen içeriğindeki değişimler Şekil 4.3, 4.4 ve 4.5’de sunulmuştur.



Şekil 4.1. Bitkilerin ilk dikim tarihi ile hasat tarihindeki genel görünimleri

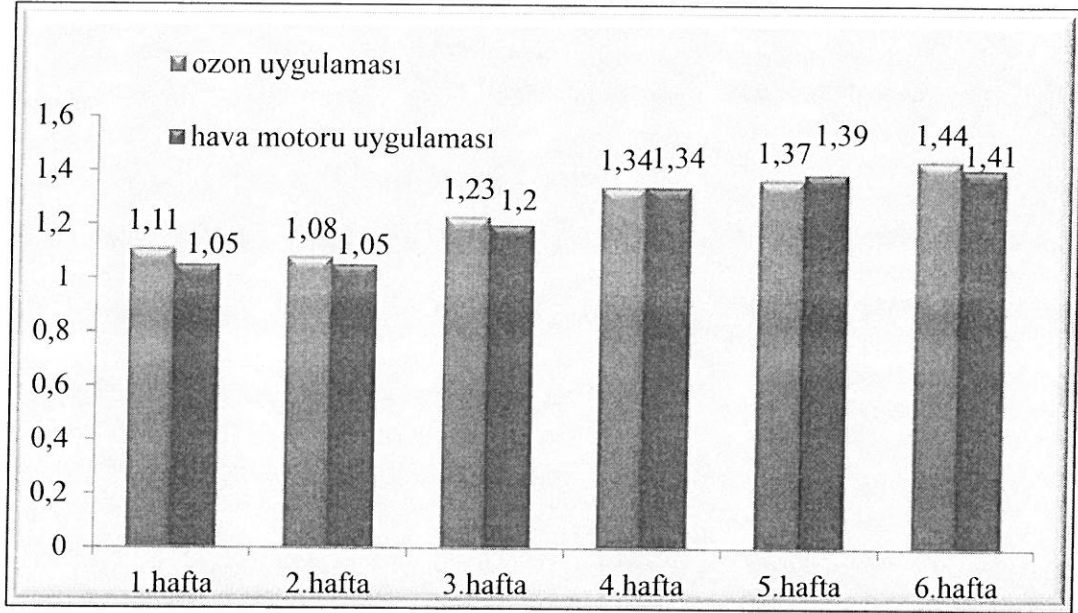


Şekil 4.2. Sera içi sıcaklıkların haftalık değişimleri (°C)

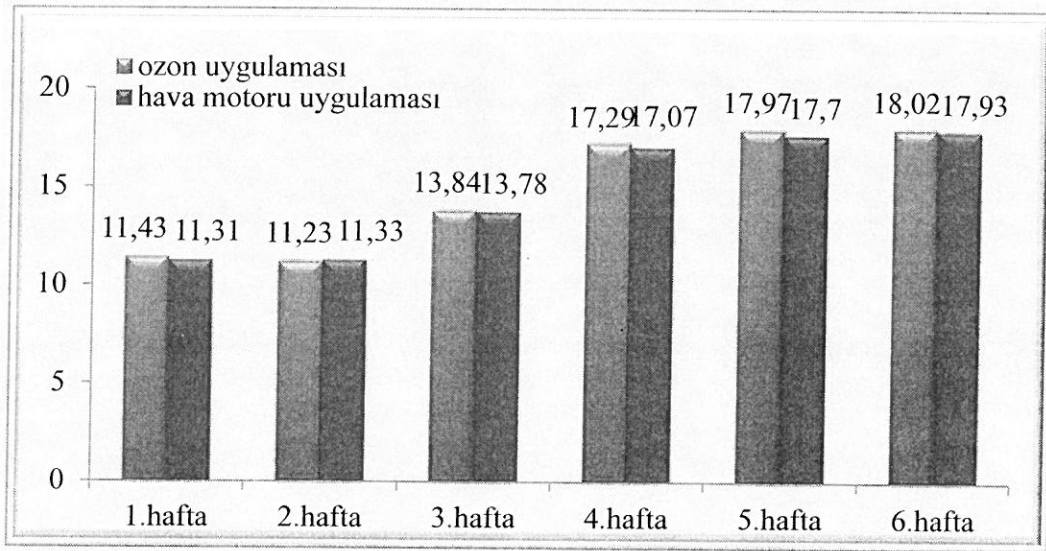


Şekil 4.3. Besin solüsyonunun haftalık pH değişimleri

Solüsyonun EC Değerleri

Şekil 4.4. Besin solüsyonunun haftalık EC değişimleri (mS cm⁻¹)

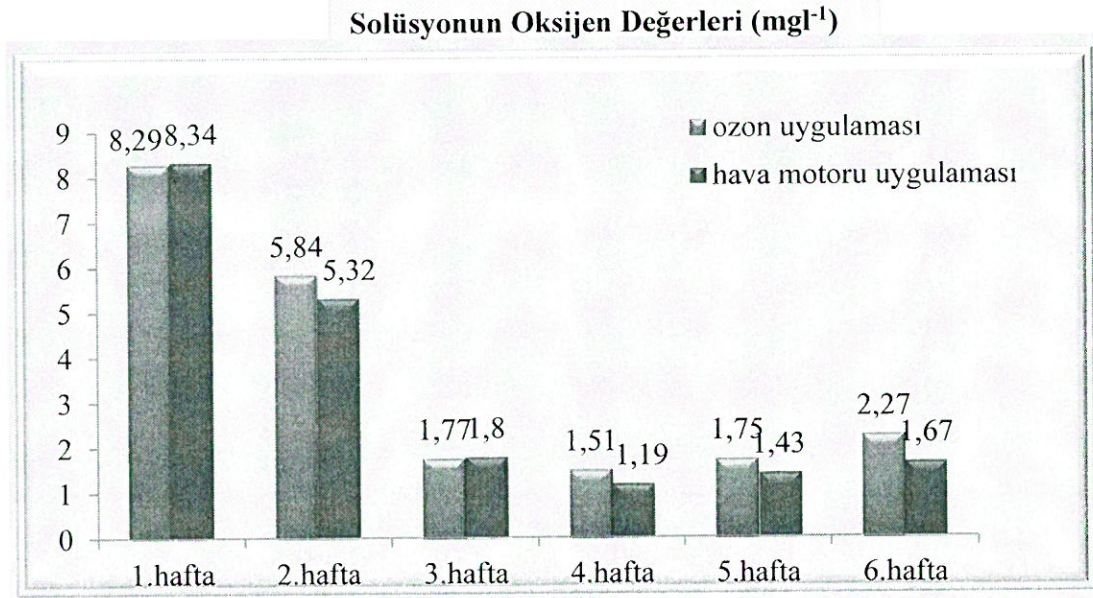
Solüsyonun Sıcaklık Değerleri (°C)



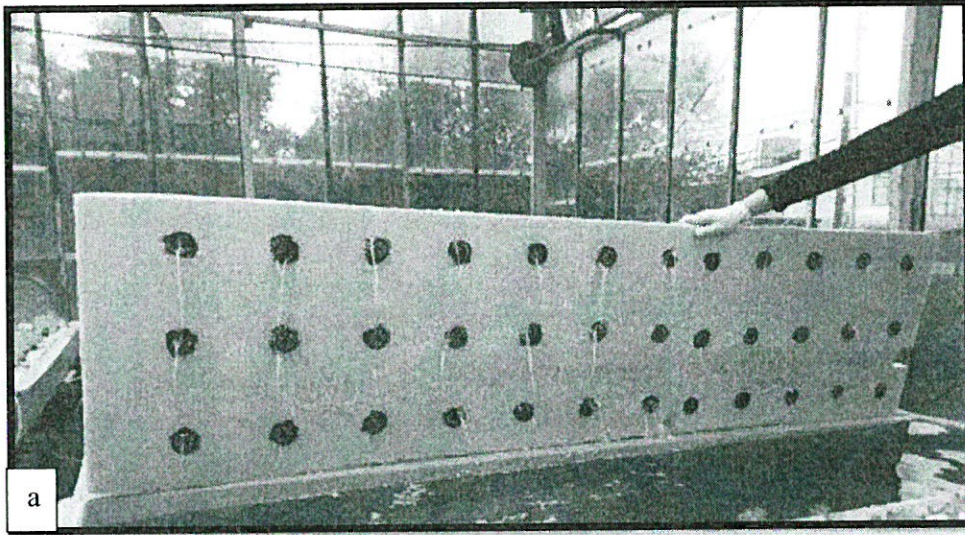
Şekil 4.5. Uygulamalara ait haftalara göre besin solüsyonun sıcaklık değişimleri (°C)

Solüsyona oksijen sağlamak üzere kullanılan hava motoru ve ozon jeneratörü ilk kullanımda solüsyondaki çözünmüş oksijen 9 mg l⁻¹ oluncaya kadar bir saat süreyle çalıştırılmış on dakika sonraki ölçümde ozon uygulamasında 8.29 mg l⁻¹, hava motoru uygulamasında ise 8.34 mg l⁻¹ olarak kaydedilmiştir. Ozon uygulamasında özellikle

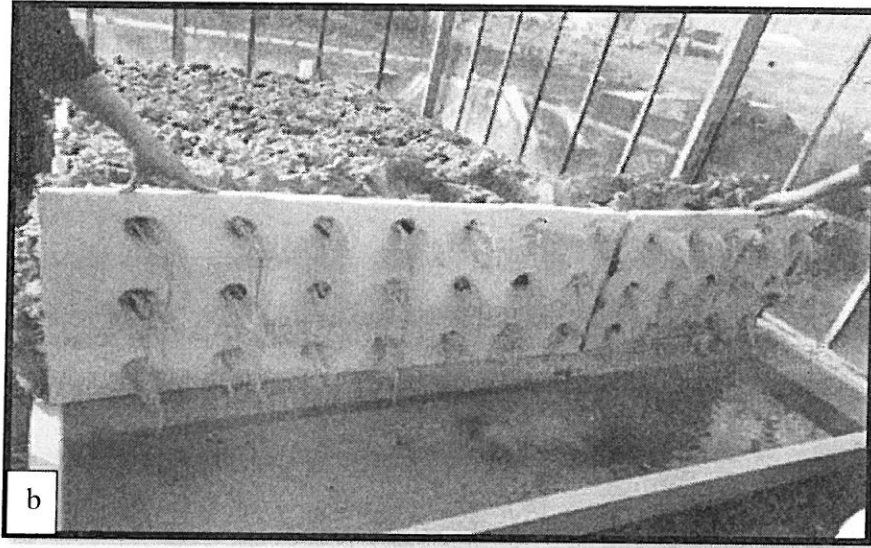
kenardaki bitkilerin yapraklarının ozondan etkilenmesi nedeniyle bu süre günde 10 dakika şeklinde uygulanmış ve solüsyondaki çözünmüş oksijen miktarları kaydedilmiştir. Hava motoru uygulamasında ise günde yarım saat olarak çalıştırılmıştır ve ölçülen değerler kaydedilmiştir (Şekil 4.6). Deneme süresince köklerin sağlıklı bir şekilde geliştiği gözlenmiştir (Şekil 4.7 a,b).



Şekil 4.6. Uygulamalara ait besin solüsyonunun çözünmüş oksijen değeri (mg^l⁻¹) değişimi



Şekil 4.7. a) Bitkilerin kök gelişimleri (10 günlük)

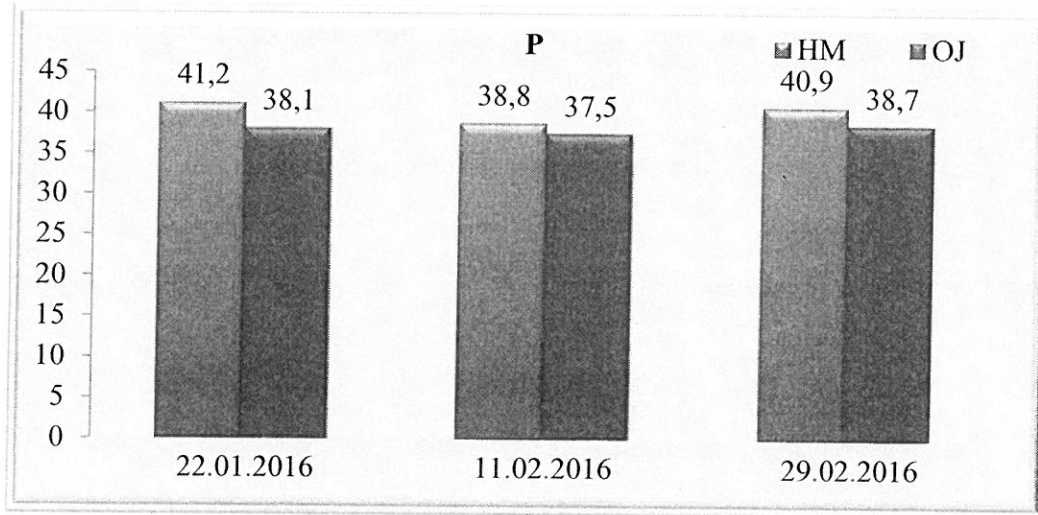


Şekil 4.7. b)Bitkilerin kök gelişimleri (hasat)

4.1. Ozon ve Hava Motoru Uygulamalarının Solüsyonun Besin Kompozisyonu Üzerine Etkileri

4.1.1. Solüsyonun fosfor (P) analizi

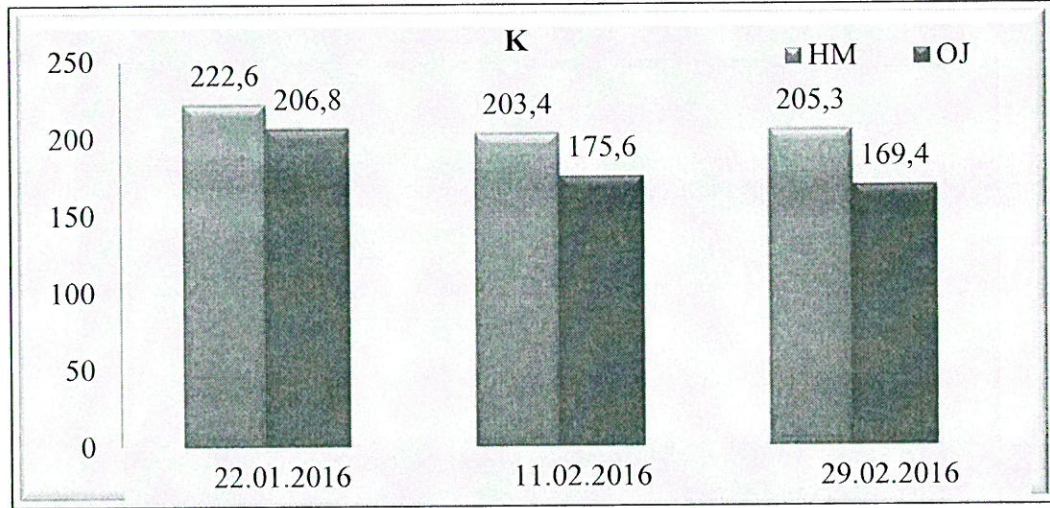
Durgun su kültüründe solüsyona oksijen sağlamak amacıyla ozon jeneratörü ve hava motoru kullanmanın solüsyonun fosfor içeriğine etkisini belirlemek üzere örnekler 20 gün aralıkla üç kez alınıp analiz ettirilmiştir. Şekil 4.8’de görüldüğü üzere her üç örnekleme zamanında da solüsyondaki fosfor ozon uygulamasında hava motoru uygulamasından daha düşük bulunmuştur.



Şekil 4.8. Solüsyonun fosfor içeriğinin değişimleri (mg/l)

4.1.2. Solüsyonun potasyum (K) analizi

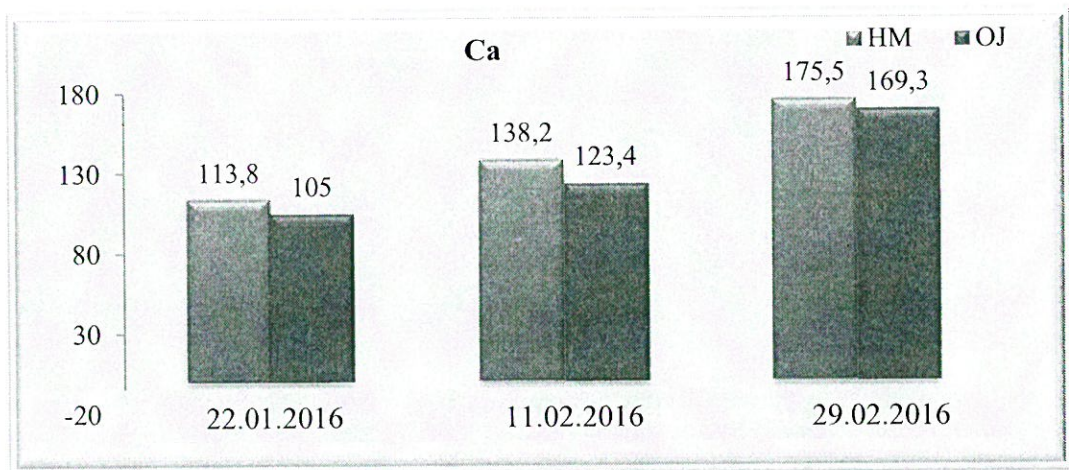
Solüsyonun potasyum içeriğinin uygulamalara ve örnek alım zamanına göre değişim şekil 4.9'da verilmiştir. Solüsyonun potasyum içeriği de fosfor uygulamasında olduğu gibi ozon uygulamasında daha düşük bulunmuştur.



Şekil 4.9. Solüsyonun potasyum içeriğinin değişimleri (mg l⁻¹)

4.1.3 Solüsyonun kalsiyum (Ca) analizi

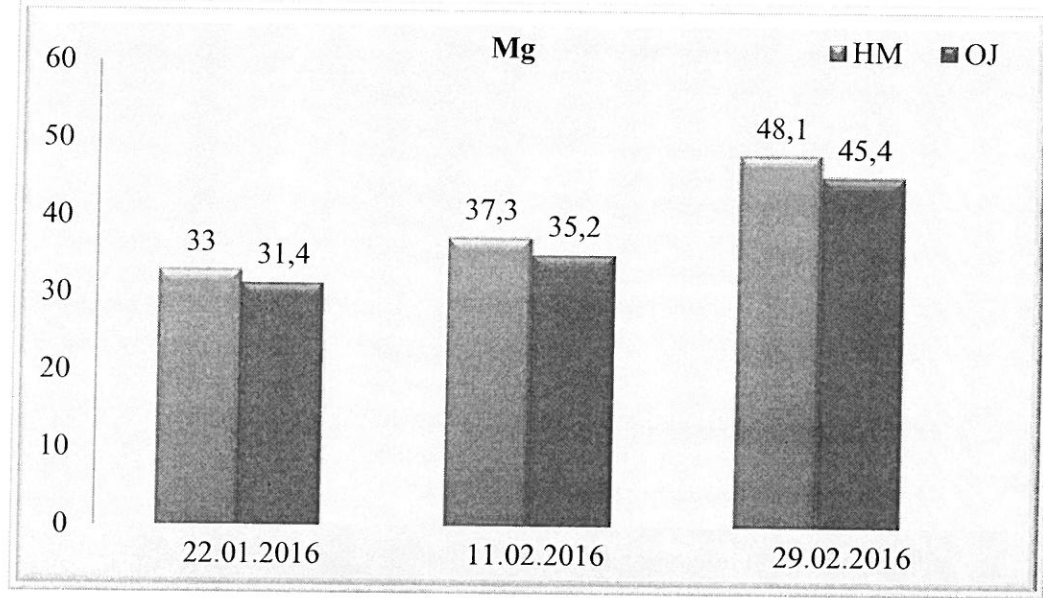
Solüsyonun kalsiyum içeriğinin uygulamalara ve örnek alım zamanına göre değişim şekil 4.10'da verilmiştir. Solüsyonun kalsiyum içeriği; hava motoru uygulamasında 113.8 mg l⁻¹, 138.2 mg l⁻¹, 175.5 mg l⁻¹ sonuçları bulunurken ozon uygulamasında 105 mg l⁻¹, 123.4 mg l⁻¹, 169.3 mg l⁻¹ olarak iki uygulamada da ozon uygulamasında daha düşük olmakla beraber birbirine yakın bir seyir izlemiştir.



Şekil 4.10. Solüsyonun kalsiyum içeriği değişimleri (mg l⁻¹)

4.1.4. Solüsyonun magnezyum (Mg) analizi

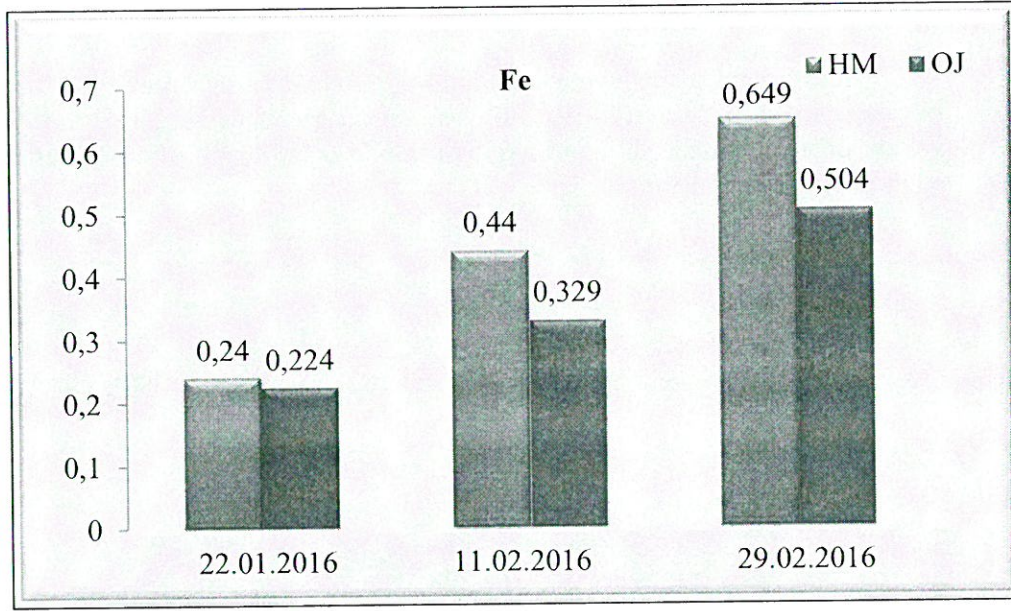
Solüsyonun magnezyum içeriğinin uygulamalara ve örnek alım zamanına göre değişim şekil 4.11’de verilmiştir. Solüsyonun magnezyum içeriği de kalsiyuma benzer şekilde iki uygulamada da ozon uygulamasında daha düşük olmakla beraber birbirine yakın bir seyir izlemiştir.



Şekil 4.11. Solüsyonun magnezyum içeriğinin değişimleri (mg l⁻¹)

4.1.5. Solüsyonun demir (Fe) analizi

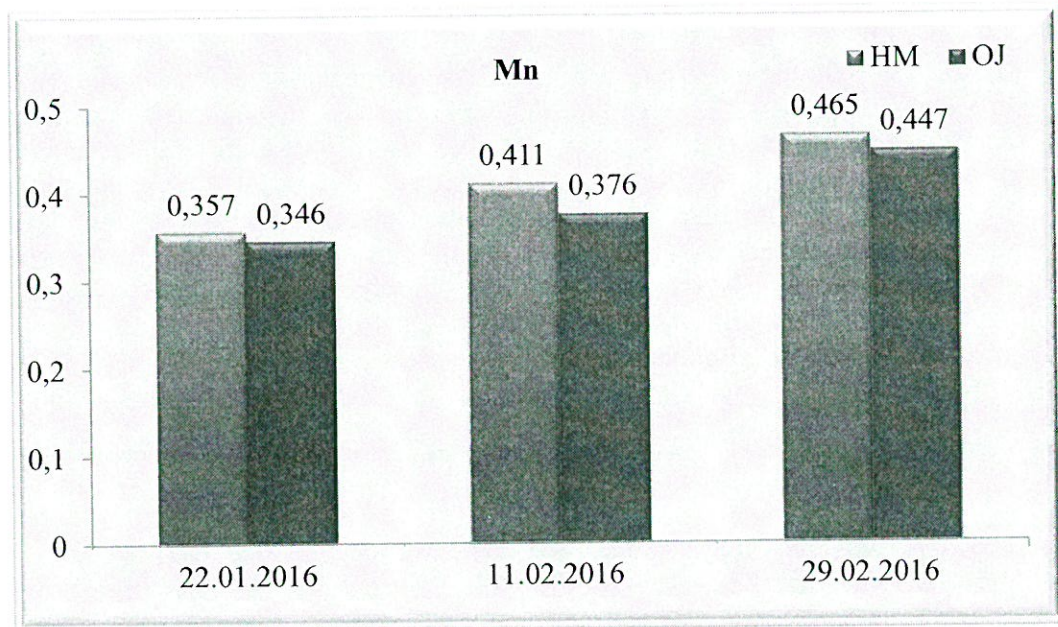
Solüsyonun demir içeriğindeki uygulamalara ve örnek alım zamanına göre değişim şekil 4.12’de verilmiştir. Hava motoru uygulamasında solüsyonun demir içeriğinin; 0.24 mg l⁻¹, 0.44 mg l⁻¹, 0.65 mg l⁻¹ sonuçları olduğu bulunurken, ozon uygulamasında ise 0.22 mg l⁻¹, 0.33 mg l⁻¹, 0.5 mg l⁻¹ olduğu tespit edilmiştir. Mikro besin elementi olan Fe, bitki bünyesindeki birçok biyokimyasal işleve katılmasının yanında, klorofilin yapısında yer almamakla birlikte, biyosentezi için mutlaka gerekli olmasıyla da ayrıcalıklı bir yere sahiptir. Solüsyondaki demir miktarı başlangıçta her iki uygulamada da birbirine yakın değerde iken daha sonra ozon uygulamasında belirgin bir şekilde azaldığı görülmektedir.



Şekil 4.12. Solüsyonun demir içeriğinin değişimleri (mg l⁻¹)

4.1.6. Solüsyonun mangan (Mn) analizi

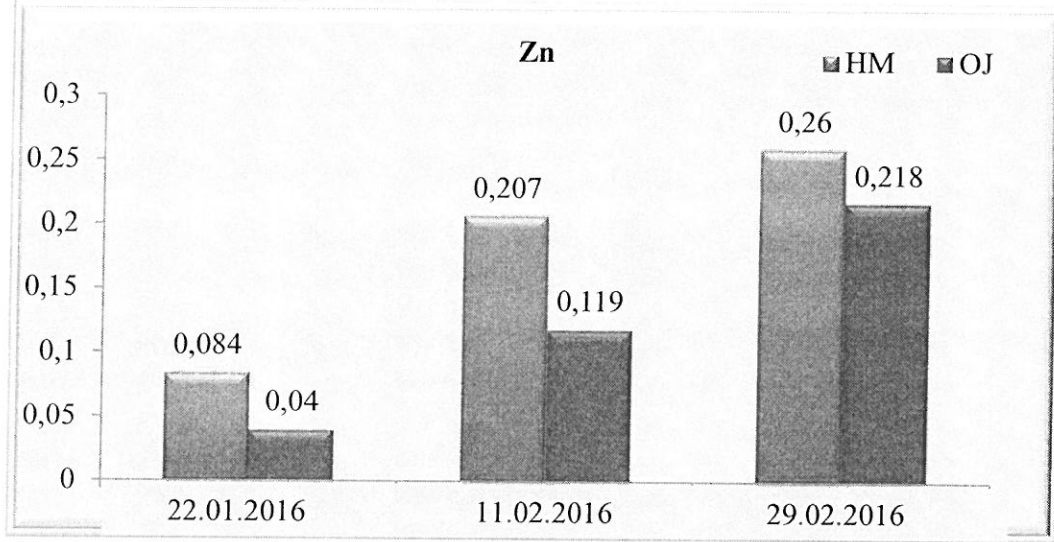
Solüsyonun mangan içeriğindeki değişimler uygulamalara ve örnek alım zamanına göre şekil 4.13’de verilmiştir. Mangan; hava motoru uygulamasında 0.36 mg l⁻¹, 0.41 mg l⁻¹, 0.47 mg l⁻¹ iken ozon uygulamasında 0.35 mg l⁻¹, 0.38 mg l⁻¹, 0.45 mg l⁻¹ ile birbirine yakın değerler göstermiştir.



Şekil 4.13. Solüsyonun mangan içeriğinin değişimleri (mg l⁻¹)

4.1.7. Solüsyonun çinko (Zn) analizi

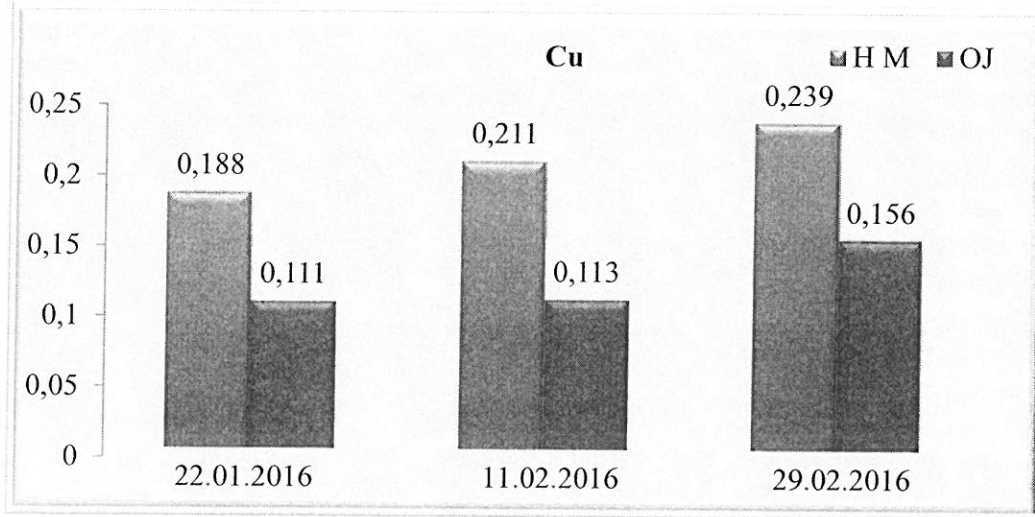
Solüsyonun çinko içeriğindeki değişimler uygulamalara ve örnek alım zamanına göre şekil 4.14'de verilmiştir. Solüsyonunun çinko içeriği ozon uygulamasında hava motoru uygulamasına göre daha düşük bulunmuştur.



Şekil 4.14. Solüsyonun çinko içeriğinin değişimleri (mg l⁻¹)

4.1.8. Solüsyonun bakır (Cu) analizi

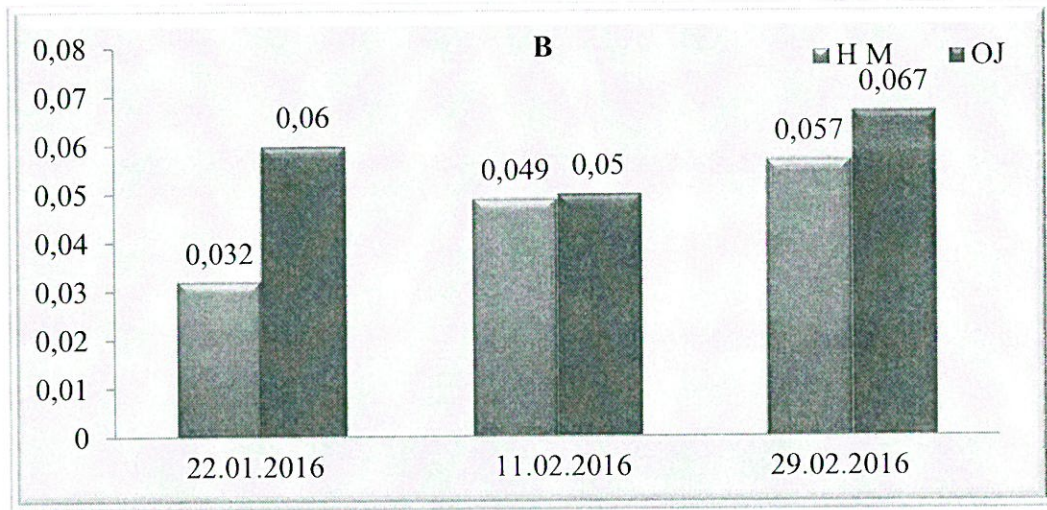
Solüsyonun bakır içeriğindeki değişimler uygulamalara ve örnek alım zamanına göre şekil 4.15'de verilmiştir. Solüsyondaki bakır miktarı tüm çalışma boyunca ozon uygulamasında hava motoru uygulamasından düşük seyretmiştir.



Şekil 4.15. Solüsyonun bakır içeriğinin değişimleri (mg l⁻¹)

4.1.9. Solüsyonun bor (B) analizi

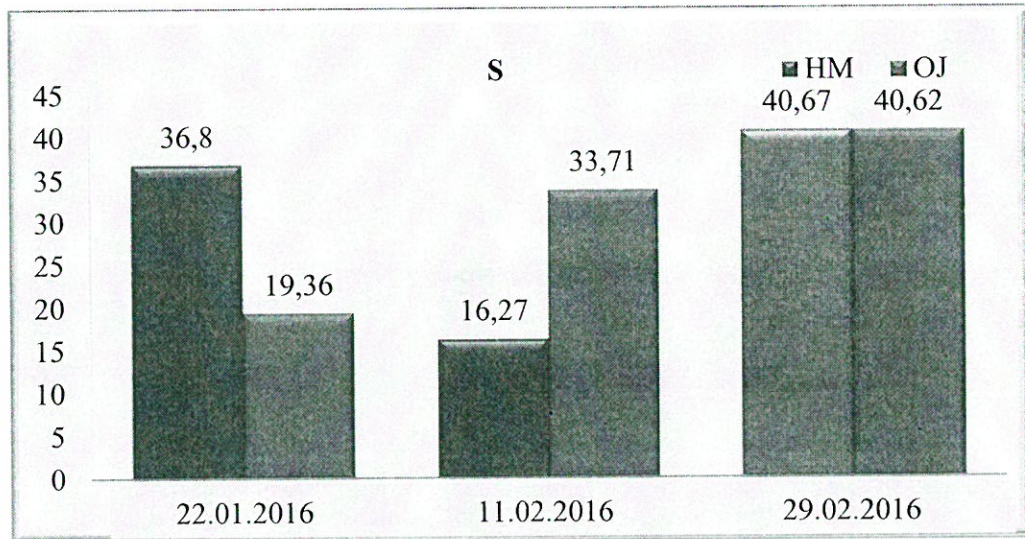
Solüsyonun bor içeriğinin uygulamalara ve örnek alım zamanına göre değişim şekil 4.16'da verilmiştir. Ozon uygulaması yapılan solüsyonda bor miktarı hava motoru uygulamasından daha yüksek bulunmuştur.



Şekil 4.16. Solüsyonun bor içeriğinin değişimleri (mg/l)

4.1.10. Solüsyonun kükürt (S) analizi

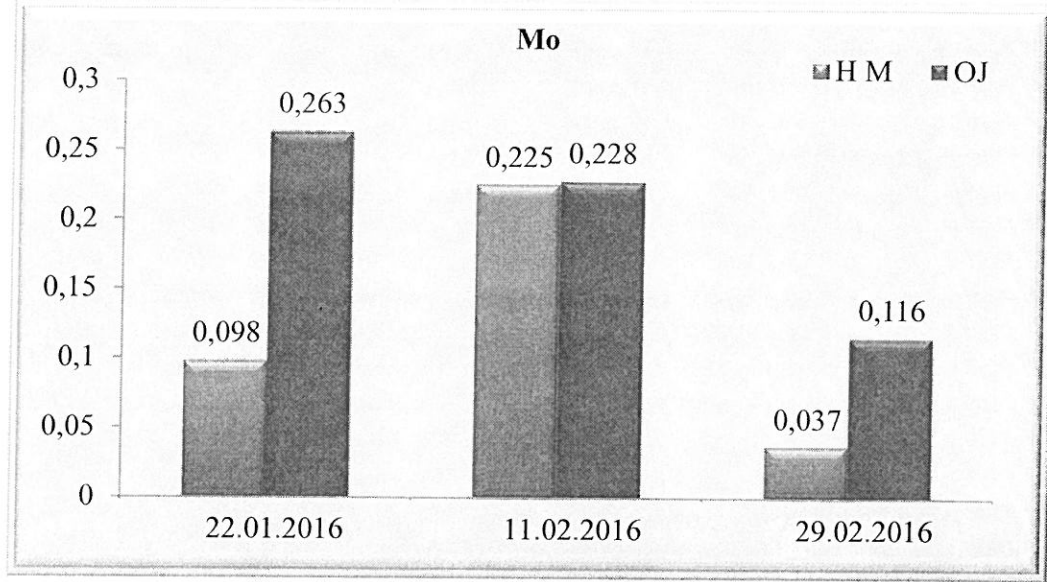
Solüsyonun kükürt içeriğinin uygulamalara ve örnek alım zamanına göre değişim şekil 4.17'de verilmiştir. Ozon uygulamasında 19.36 mg/l, 33.71 mg/l, 40.62 mg/l analiz sonuçları elde edilmiştir.



Şekil 4.17. Solüsyonun kükürt içeriğinin değişimleri (mg/l)

4.1.11. Solüsyonun molibden (Mo) analizi

Solüsyonun molibden içeriğindeki uygulamalara ve örnek alım zamanına göre değişim şekil 4.18'de verilmiştir. Molibden; hava motoru uygulamasında 0.098 mg l⁻¹, 0.225 mg l⁻¹, 0.037 mg l⁻¹ sonuçları bulunurken ozon uygulamasında 0.263 mg l⁻¹, 0.228 mg l⁻¹, 0.116 mg l⁻¹ analiz sonuçları elde edilmiştir.



Şekil 4.18. Solüsyonun molibden içeriğinin değişimleri (mg l⁻¹)

4.2. Ozon ve Hava Motoru Uygulamalarının Marulun Verim ve Kalitesi Üzerine Etkileri

Durgun su kültüründe solüsyona oksijen kazandırmak amacıyla ozon jeneratörü ve hava motoru kullanmanın marulun verim ve kalitesi üzerine etkilerini belirlemek amacıyla yapılan bu çalışmada uygulamaların bitki uzunluğu, gövde uzunluğu, bitki kök ağırlığı, gövde uzunluğu/ bitki boyu değeri, toplam yaprak sayısı, pazarlanabilir yaprak sayısı, yaprak alanı, parsele verim, klorofil miktarı, L,a,b ve hue değeri üzerine etkisi istatistiki önemde ($\alpha=0,05$) bir farklılık yaratmamıştır. Kök uzunluğu, gövde çapı, gövde ağırlığı, yaprak eni, yaprak boyu, yaprak ağırlığı, yaprak kuru ağırlığı ve kroma değeri üzerine etkisi istatistiksel olarak önemli ($\alpha=0,05$) bulunmuştur.

4.2.1. Bitki uzunluğu

Çizelge 4.1'de görüldüğü üzere bitki uzunluğu ozon uygulamasında 28.18 cm, hava motoru uygulamasında ise 27.85 cm olarak bulunmuş, uygulamaların istatistiki olarak önemli ($\alpha=0,05$) olmadığı tespit edilmiştir. Maboko ve Du Plooy (2007) su kültüründe kıvrıcık marul çeşitleri ile yaptıkları çalışmada bitki uzunluğunun 17.21 cm ile 14.38 cm arasında değiştiğini bildirmişlerdir. Aynı araştırmacıların 2009 yılında yaptıkları çalışmada ise bitki sıklığının artması ile bitki uzunluğunun arttığını, bunun fotosentetik aktif radyasyon (PAR) bakımından bitkiler arasındaki rekabetten

kaynaklanabileceğini bildirmişlerdir. Araştırmacılar çalışmalarında bitkileri 10x20, 10x25, 15x20, 20x20 ve 20x25 cm aralıklarda yetiştirmişler, çalışmada kullandıkları bütün marul çeşitlerinde bitki sıklığının artmasıyla bitki uzunluğunun da arttığını açıklamışlardır (Maboko ve Du Plooy 2009). Ercan ve Bayyurt (2013) durgun su kültüründe solüsyona oksijen sağlamak üzere hava pompası ve hava taşı uygulamasında bitki uzunluğunu Bohemia çeşidinde, 27.36 cm, Delight çeşidinde 31.28 cm; hava pompası uygulamasında Bohemia çeşidinde 29.76 cm, Delight çeşidinde 26.97 cm; ozon uygulamasında ise Bohemia çeşidinde 24.66 cm ve Delight çeşidinde 25.93 cm olarak bildirmişlerdir. Bu çalışmada bitki uzunluğu için bulunan değerler literatür bulguları ile uyum içindedir.

4.2.2. Bitki eni

Çalışmada bitki eni için yapılan istatistik analizde uygulamalar arasındaki fark istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır. Çizelge 4.1'de görüldüğü üzere ozon uygulamasında 30.2 cm, hava motoru uygulamasında ise 31.5 cm olarak bulunmuştur. Ercan ve Bayyurt (2013) durgun su kültüründe solüsyona oksijen sağlamak üzere hava pompası ve hava taşı uygulamasında bitki eni Bohemia çeşidinde 33.72 cm, Delight çeşidinde 21.16 cm; hava pompası uygulamasında Bohemia çeşidinde 33.32 cm, Delight çeşidinde 22 cm; ozon uygulamasında ise Bohemia çeşidinde 29.97 cm ve Delight çeşidinde 20.37 cm olarak bildirmişlerdir. Bitki eni değeri önceki araştırmalarla uyum içindedir.

4.2.3. Bitki köksüz ağırlığı

Çalışmada bitki yaş ağırlığı için yapılan istatistik analizde uygulamalar arasındaki fark istatistiki anlamda önemsiz bulunmuştur. Çalışmada bitki köksüz ağırlığı ozon jeneratörü uygulamasında 203.20 g, hava motoru uygulamasında 221,70 g (Çizelge 4.1) olarak bulunmuştur.

Koudela ve Petrikova (2008), kıvrıcık yapraklı marullarda baş ağırlığının çeşitlere ve yetiştirme dönemlerine bağlı olarak 190-463 g arasında değiştiğini ve farkın önemli olduğunu; Ercan ve Bayyurt (2013) durgun su kültüründe solüsyona oksijen sağlamak üzere hava pompası ve hava taşı uygulamasında en yüksek bitki köksüz ağırlığını 202,4 g, hava pompası uygulamasında 179,8 g/bitki, ozon uygulamasında ise 144,59 g/bitki olarak bildirmişlerdir.

Okudur ve Ercan (2016) durgun su kültüründe farklı gübre uygulamalarının etkisini araştırdıkları çalışmada Confeti kıvrıcık marul çeşidinde bitki köksüz ağırlığını tam gübre uygulamasında 178,69 g, hazır gübre uygulamasında 129,39 ve %50 gübre uygulamasında ise 98,23 g olarak bulmuşlardır. Ercan vd (2012) durgun su kültüründe yetiştirilen Campania kıvrıcık marul çeşidinde yaptıkları çalışmada 8x8 cm aralıklarla yetiştirilen marul bitkilerinin köksüz ağırlığının 282,8 g, 12x12 cm aralıklarla yetiştirilenlerde ise 178 g olarak bulmuşlardır.

Çeşit, yetiştirme mevsimi, gübre uygulamalarından dolayı farklılıklar meydana gelmekle beraber bitki ağırlığı için bu çalışmada elde edilen sonuçlar önceki çalışmalar ile uyum göstermektedir.

4.2.4. Parsele verim

Çalışmada m^2 'ye verim için yapılan istatistik analizde uygulamalar arasındaki fark istatistiki anlamda önemsiz bulunmuştur. Verim ozon uygulamasında 7992 g m^{-2} , hava motoru uygulamasında 8734 g m^{-2} (Çizelge 4.1) olmuştur. Okudur ve Ercan (2016) durgun su kültüründe marul yetiştiriciliğinde en yüksek verimi $6,43 \text{ kgm}^{-2}$ ile tam gübre uygulamasından alınırken bunu hazır gübre ve %50 gübreleme uygulamaları istatistiksel olarak birbirinden farksız olarak takip etmiştir. Hazır gübre ve %50 gübreleme uygulamalarının dekara verim değerleri sırasıyla $4,06 \text{ kgm}^{-2}$ ile $4,05 \text{ kgm}^{-2}$ olarak bulunmuştur.



Şekil 4.19. Hasat aşamasındaki bitkilerin genel görünümü

Çizelge 4.1. Ozon jeneratörü ve hava motoru uygulamalarına ait bitki uzunluğu, gövde uzunluğu, bitki kök ağırlığı, gövde uzunluğu/ bitki boyu ve parsele verim değerleri

Uygulamalar	Bitki Boyu (cm)	Bitki Eni (cm)	Gövde Uzunluğu (cm)	Kök Ağırlığı (g)	Bitki Köksüz Ağırlığı (g)	Gövde Boyu/ Bitki Boyu	Parsele verim (gm^{-2})
Ozon Uygulaması	28,18	30,2	9,87	30,74	203,20	0,364	7992,05
Hava Motoru Uygulaması	27,85	31,5	10,40	31,17	221,70	0,374	8734,17
P <	0,45	0,17	0,09	0,80	0,16	0,81	0,59

4.2.5. Toplam yaprak sayısı

Çalışmada toplam yaprak sayısı için yapılan istatistik analizde uygulamalar arasındaki fark önemsiz bulunmuştur. Çizelge 4.2’de görüldüğü üzere ozon jeneratörü uygulamasında 28.85 adet, hava motoru uygulamasında 29.08 adet olarak bulunmuştur. Gül (2005), topraksız tarım koşullarında kıvırcık yapraklı baş marul yetiştiriciliğinde bitki başına düşen yaprak sayısının yetiştirme ortamlarına ve yetiştirme zamanlarına bağlı olarak 25,0 ile 31,7 adet arasında değiştiğini belirtmektedirler. Okudur ve Ercan (2016), durgun su kültüründe marul yetiştiriciliğinde farklı gübre uygulamalarının verim ve kaliteye etkileri üzerinde yapmış oldukları çalışmada tam gübre uygulamasında en fazla 34,66 adet yaprak aldıklarını bildirmişlerdir. Hazır gübrenin kullanıldığı ortamda yetişen marullarda yaprak sayısı 31,10 adet bulunmuştur. Yaprak sayısı bakımından en düşük değer 29,4 adet yaprak sayısı ile %50 gübre uygulamasından elde ettiklerini bildirmişlerdir.

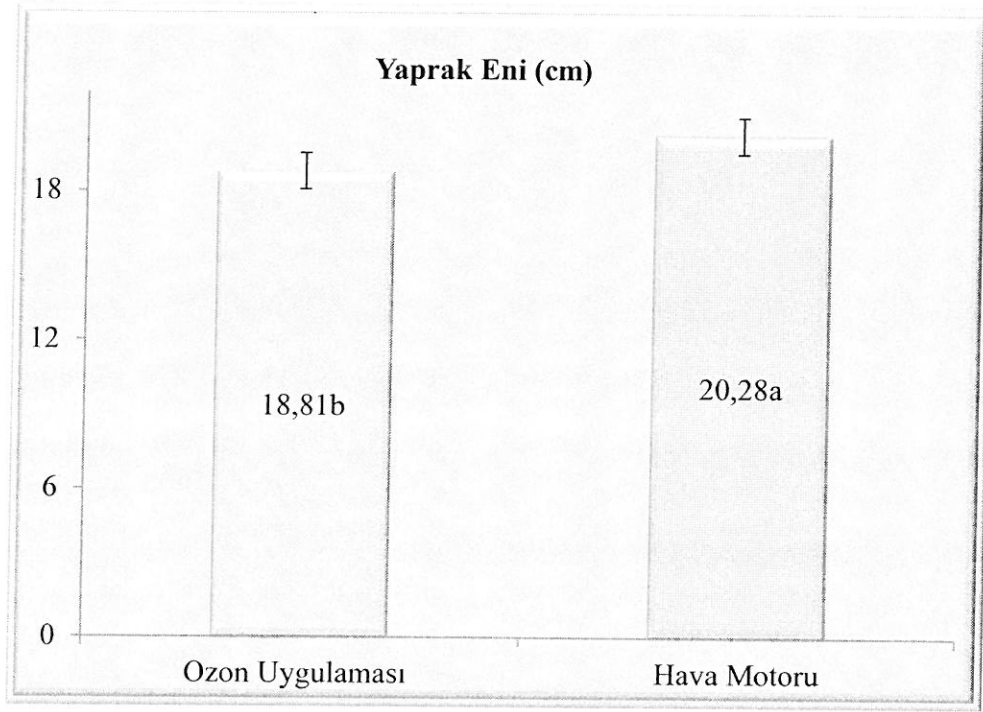
Ercan ve Bayyurt (2013) durgun su kültüründe solüsyona oksijen sağlamak üzere farklı uygulamaların etkilerini araştırdıkları çalışmada Bohemia ve Delight marul çeşitlerinde bitki başına yaprak sayılarının 28.48 ile 21.3 arasında olduğunu Bohemia çeşidinin daha fazla yaprak oluşturduğunu bildirmişlerdir. Maboko ve Du Plooy (2009) su kültüründe farklı bitki sıklığında yetiştirilen marul çeşitlerinde bitki başına yaprak sayısı bakımından Tango ve NIZ-44-675 çeşitlerinin en fazla yaprak sayısına sahip olduğunu 20x25 cm sıklıkta Tango çeşidinde 20 adet NIZ-44-675 çeşidinde ise 18 adet yaprak oluştuğunu bildirmişlerdir. Bilgi (2009) yedikule tipindeki Bitez marul çeşidinin yaprak sayısının gübre uygulamalarına göre 25.1 ile 37.3 arasında değiştiğini bildirmiştir.

4.2.6. Pazarlanabilir yaprak sayısı

Çalışmada toplam yaprak sayısı için yapılan istatistik analizde uygulamalar arasındaki fark önemsiz bulunmuştur. Çizelge 4.2’de görüldüğü üzere ozon jeneratörü uygulamasında 25,6 adet, hava motoru uygulamasında 26,47 adet olarak bulunmuştur.

4.2.7. Yaprak eni

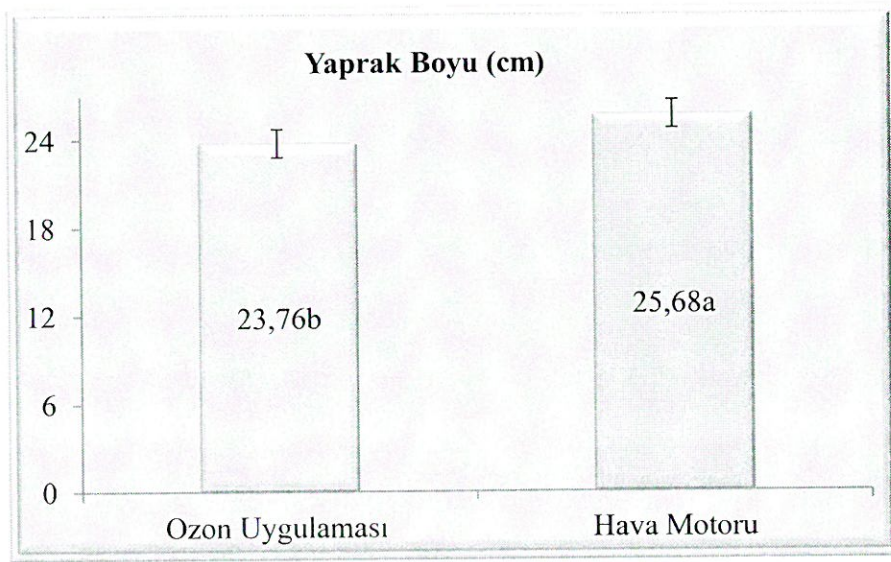
Çalışmada yaprak eni için yapılan istatistik analizde uygulamalar arasındaki fark istatistiki önemde bulunmuştur (Şekil 4.20). Yaprak eni ozon uygulamasında 18,81 cm, hava motoru uygulamasında 20,28 cm olarak bulunmuştur. Okudur ve Ercan (2016) durgun su kültüründe marul yetiştiriciliğinde farklı gübre uygulamalarının verim ve kaliteye etkisi üzerine yapmış oldukları çalışmalarında tam gübreleme uygulamasında yaprak enini 16,61 cm, hazır gübre uygulamasında 14,93 cm ve %50 gübre uygulamasında 12,68 cm bulduklarını bildirmişlerdir.



Şekil 4.20. Yaprak eni

4.2.8. Yaprak boyu

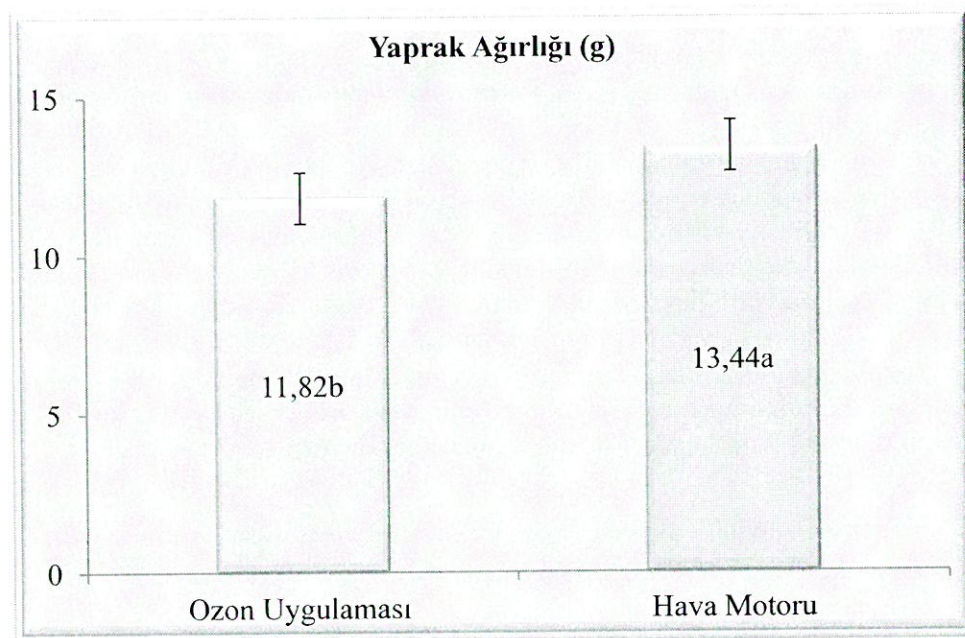
Çalışmada yaprak boyu için yapılan istatistik analizde uygulamalar arasındaki fark istatistiksel olarak önemli bulunmuştur (Şekil 4.21). Yaprak boyu ozon uygulamasında 23,76 cm, hava motoru uygulamasında 25,68 cm olarak bulunmuştur. Okudur ve Ercan (2016) durgun su kültüründe marul yetiştiriciliğinde farklı gübre uygulamalarının verim ve kaliteye etkisi üzerine yapmış oldukları çalışmalarında tam gübreleme uygulamasında yaprak boyunu 18,9 cm hazır gübre uygulamasında 17,98 cm ve %50 gübre uygulamasında ise 15,45 cm bulduklarını bildirmişlerdir. Bilgi (2009) örtüaltında yetiştirilen marul bitkisinin verim ve kalitesi üzerine humik, fulvik ve amino asit içerikli bazı organik maddelerin etkilerini araştırdıkları çalışmada Bitez marul çeşidinin yaprak boyunun humik+fulvik asit içerikli gübre uygulamasında 15,5 cm olarak bulmuşlardır. Yapılan bu çalışmada yaprak boyu önceki araştırmalara göre daha fazla bulunmuştur. Bu duruma çeşit başta olmak üzere yetiştirme dönemi, bitki sıklığı gibi faktörlerin etkili olabileceği düşünülmektedir.



Şekil 4.21. Yaprak boyu

4.2.9. Yaprak ağırlığı

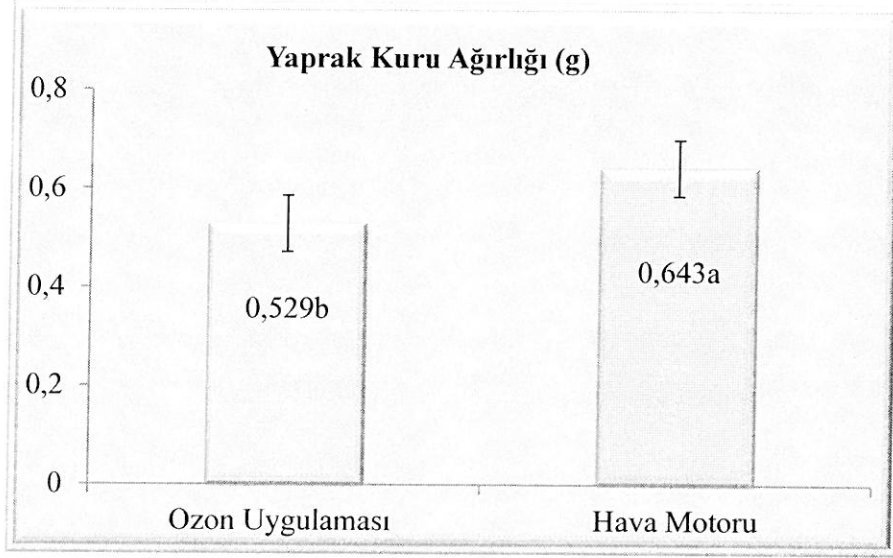
Çalışmada yaprak ağırlığı için yapılan istatistik analizde uygulamalar arasındaki fark istatistiki önemde bulunmuştur (Şekil 4.22). Yaprak ağırlığı ozon uygulamasında 11,82 g, hava motoru uygulamasında 13,44 g olarak bulunmuştur.



Şekil 4.22. Yaprak ağırlığı

4.2.10. Yaprak kuru ağırlığı

Çalışmada yaprak kuru ağırlığı için yapılan istatistik analizde uygulamalar arasındaki fark istatistiki önemde bulunmuştur (Şekil 4.23). Yaprak kuru ağırlığı ozon uygulamasında 0,529 g, hava motoru uygulamasında 0,643 g olarak bulunmuştur.



Şekil 4.23. Yaprak kuru ağırlığı

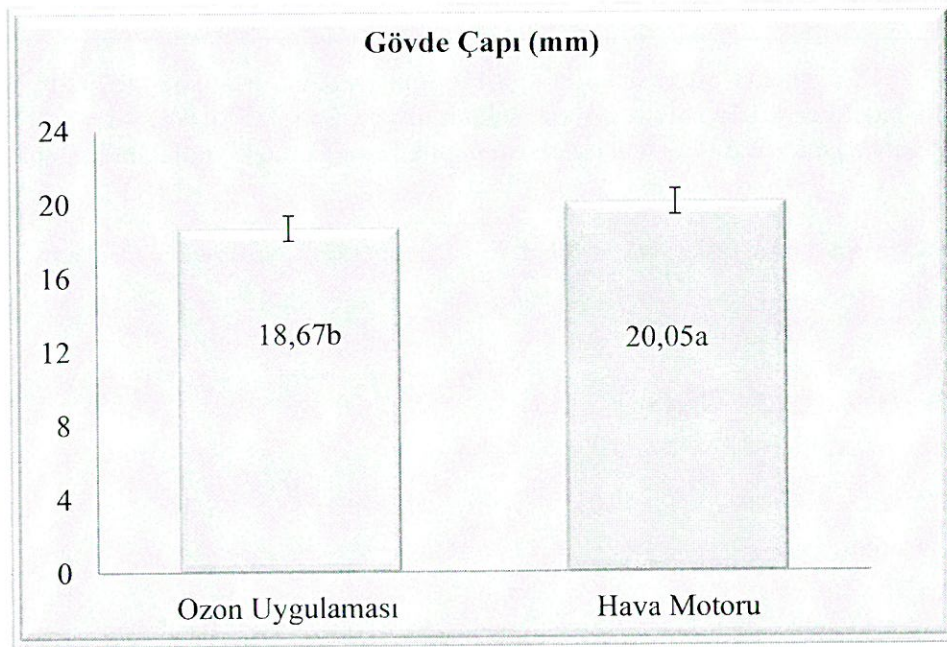
4.2.11. Yaprak alanı

Çizelge 4.2’de görüldüğü üzere yaprak alanı ozon jeneratörü uygulamasında 298.37cm², hava motoru uygulamasında 304.5cm² olarak bulunmuştur. Çalışmada yaprak alanı için yapılan istatistik analizde uygulamalar arasındaki fark önemsiz bulunmuştur.

4.2.12. Gövde çapı

Çalışmada gövde çapı için yapılan istatistik analizde uygulamalar arasındaki fark istatistiki önemde bulunmuştur (Şekil 4.24). Gövde çapı ozon uygulamasında 18,67 mm, hava motoru uygulamasında 20,05 mm olarak bulunmuştur. Madzivhandila (2005) marulda gövde uzunluğu kısa ve gövde çapı dar olan çeşitlerin sapa kalkmaya karşı dirençli olduğunu ifade etmişlerdir.

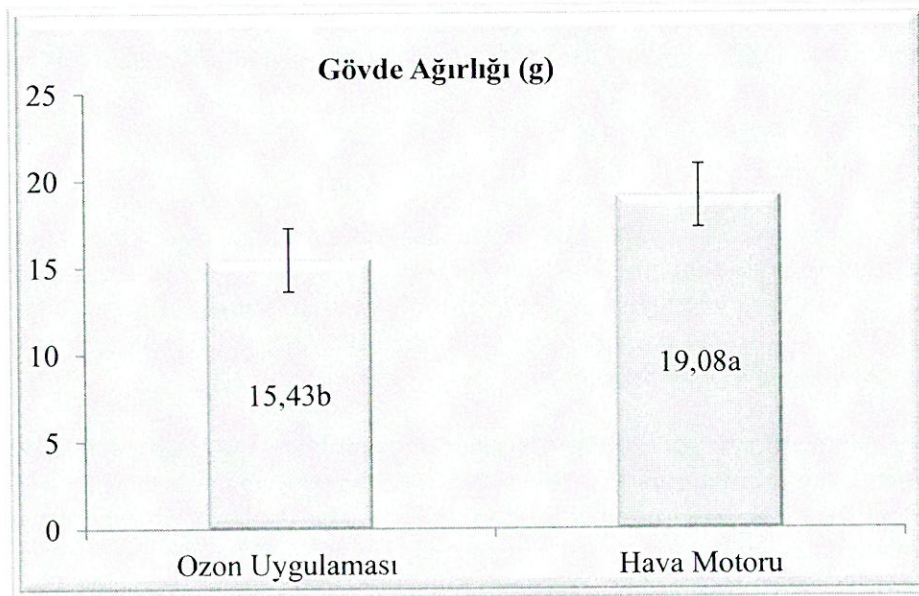
Shaharoon vd (2008), Pakistan’da yaptıkları bir çalışmada bitkilerin besin elementlerini alımlarının kök büyüklüğü ve besin elementlerinin kök çevresindeki alınabilirliklerine bağlı olduğunu belirtmişler; farklı dozlarda azot, fosfat ve potasyum uygulamaları ile Pseudomonas cinsine ait (PGPR) ırklarının etkinlikleri arasındaki bağlantıyı araştırmışlardır. Buğday bitkisinde yürütülen araştırmalar sonucunda, strainlerin etkinliğinin yüksek doz gübre uygulamaları ile azaldığını öne sürmüşler ve PGPR strainlerinin uygun dozlarda gübre uygulaması ile kombine halde kullanımlarının daha yararlı olacağını bildirmişlerdir.



Şekil 4.24. Gövde çapı

4.2.13. Gövde ağırlığı

Çalışmada gövde ağırlığı için yapılan istatistik analizinde uygulamalar arasındaki fark önemli bulunmuştur (Şekil 4.25). Gövde ağırlığı ozon uygulamasında 15,43 g, hava motoru uygulamasında 19,08 g olarak bulunmuştur.



Şekil 4.25. Gövde ağırlığı

4.2.14. Gövde uzunluğu

Çalışmada gövde uzunluğu için yapılan istatistik analizde uygulamalar arasındaki fark önemsiz bulunmuştur. Ozon jeneratörü uygulamasında 9,87 cm, hava motoru uygulamasında 10,40 cm olarak ölçülmüştür (Çizelge 4.1). Madzivhandila (2005) marulda gövde uzunluğu kısa ve gövde çapı dar olan çeşitlerin sapa kalkmaya karşı dirençli olduğunu ifade etmişlerdir. Maboko ve Du Plooy (2007) 16 kıvırcık marul çeşidinin su kültüründeki performanslarını belirlemek için yaptıkları çalışmada, gövde uzunluğunu bakımından en düşük değerin 9,03 cm, en yüksek değerin ise 15,45 cm olduğunu, gövde çapı için ise en düşük ve en yüksek değerlerin sırasıyla 2,43 ile 3,11 cm olduğunu bildirmişlerdir.

4.2.15. Gövde kor değeri (gövde boyu/ bitki boyu)

Çalışmada kor değeri (gövde boyu/ bitki boyu) için yapılan istatistik analizde uygulamalar arasındaki fark istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur. Kor değeri ozon uygulamasında 0,36 hava motoru uygulamasında 0,37 olarak bulunmuştur (Çizelge 4.1).

Moboko ve Du Plooy (2008) yapmış oldukları çalışmada en yüksek kor oluşumunu Winterhaven çeşidinde (0,45cm) ve en düşük kor oluşumunu Trinity çeşidinde (0,24 cm) gözlemlemişlerdir. Araştırmacılar bitkilerin kök sistemlerinin gelişmesiyle kor oluşumunun bağlantılı olduğunu ifade etmişler ve 0,50 cm kök sistemine sahip olan çeşidin en yüksek kor oluşturduğunu belirtmişlerdir.

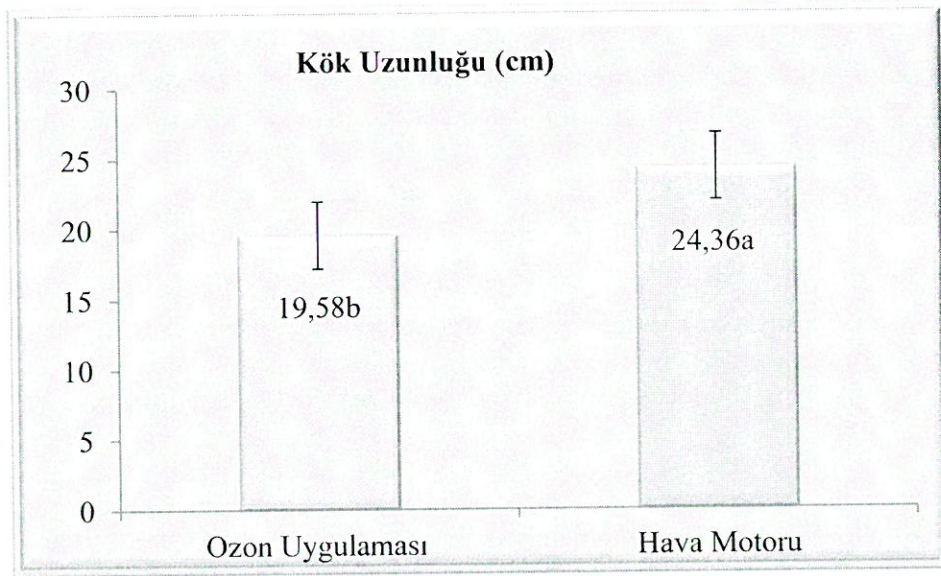
4.2.16. Kök ağırlığı

Çalışmada kök ağırlığı için yapılan istatistik analizde uygulamalar arasındaki fark önemsiz bulunmuştur. Çizelge 4.1'de görüldüğü üzere kök ağırlığı ozon jeneratörü uygulamasında 30,74 g, hava motoru uygulamasında 31,17 g olarak bulunmuştur. Ercan ve Bayyurt (2013) durgun su kültüründe solüsyona oksijen sağlamak üzere hava pompası ve hava taşı uygulamasında Bohemia çeşidinde, kök ağırlığını 61,04 g, Delight çeşidinde 58,92 g hava pompası uygulamasında Bohemia çeşidinde 60,78, Delight çeşidinde 60,96 g ozon uygulamasında ise Bohemia çeşidinde 63,41 g olarak Delight çeşidinde 58,83 g olarak bildirmişlerdir. Bu çalışmada Ercan ve Bayyurt (2013)'a göre kök ağırlığının daha düşük değerde olması mevsimsel farka ve kullanılan besin solüsyonu farklılığına atfedilebilir. Zira Ercan ve Bayyurt Hoagland besin solüsyonunda ve 2 Mayıs -25 Mayıs tarihlerinde bu sonuçlara ulaşmışlardır. Okudur ve Ercan (2016) durgun su kültüründe farklı gübre uygulamalarının etkisini araştırdıkları çalışmada Confeti kıvırcık marul çeşidinde kök ağırlığını Hoagland solüsyonu tam gübre uygulamasında 23,55 gr, Hoagland solüsyonu %50 gübre uygulamasında 24,12 gr ve hazır gübre uygulamasında ise 29,62 gr bulduklarını bildirmişlerdir.

4.2.17. Kök uzunluğu

Çalışmada kök uzunluğu için yapılan istatistik analizde uygulamalar arasındaki fark önemli bulunmuştur (Şekil 4.26). Kök uzunluğu ozon uygulamasında 19,58 cm, hava motoru uygulamasında 24,36 cm olarak bulunmuştur. Ercan ve Bayyurt (2013) durgun su kültüründe solüsyona oksijen sağlamak üzere hava pompası ve hava taşı

uygulamasında Bohemia çeşidinde, kök uzunluğunu 33,36 cm, Delight çeşidinde 29,31 cm hava pompası uygulamasında bohemia çeşidinde 23,67 cm, Delight çeşidinde 23,05 cm ozon uygulamasında ise Bohemia çeşidinde 26,05 cm, Delight çeşidinde 23,26 cm olarak bildirmişlerdir.



Şekil 4.26.Kök uzunluğu

4.2.18. Klorofil miktarı

Çalışmada klorofilmetre yardımıyla ölçülen klorofil okuması sonucunda istatistik analizde uygulamalar arasındaki fark istatistiki olarak önemsiz bulunmuştur. Ozon uygulamasında 233,7, hava motoru uygulamasında 227,7 olarak bulunmuştur (Çizelge 4.2).

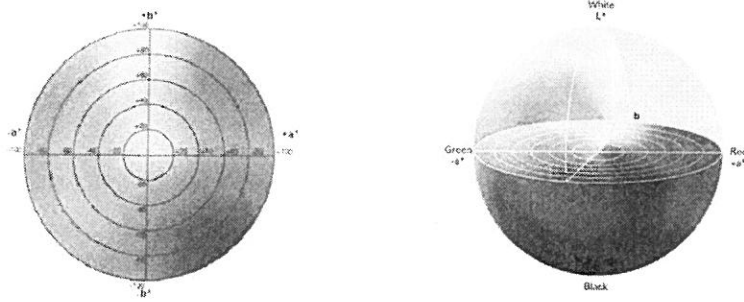
Çizelge 4.2. Ozon jeneratörü ve hava motoru uygulamalarının toplam yaprak sayısı, pazarlanabilir yaprak sayısı, yaprak alanı ve klorofil miktarı ölçümlerine ait sonuçlar

Uygulamalar	Toplam Yaprak Sayısı (adet)	Pazar. Yaprak Sayısı (adet)	Yaprak Alanı (cm ²)	Klorofil Miktarı
Ozon Uygulaması	28,85	25,6	298,37	233,67
Hava motoru Uygulaması	29,08	26,47	304,50	227,67
P <	0,75	0,22	0,72	0,63

4.2.19. L, a, b, hue ve kroma değerleri

L değeri parlaklığı, a ve b değerleri ise renk bileşenlerini temsil eder ve a değeri yeşil rengi, b değeri sarı rengi belirlemektedir. Kroma değeri $C^* = (a^2 + b^2)^{1/2}$, hue

açısı değeri ise $h^\circ = \tan^{-1} \times b^*/a^*$ formülü ile belirlenmiştir. Kroma değeri, rengin doygunluğunu göstermektedir. Donuk renklerde kroma değeri düşerken canlı renklerde artmaktadır. Hue açısı bir renk dairesi olup kırmızı-mor renkler $0^\circ - 360^\circ$ arasında açı değerini almakta iken, sarı değeri 90° açı değeri, mavimsi yeşil renkler ise $180^\circ - 270^\circ$ arasında açı değerini almaktadır (McGuire 1992).

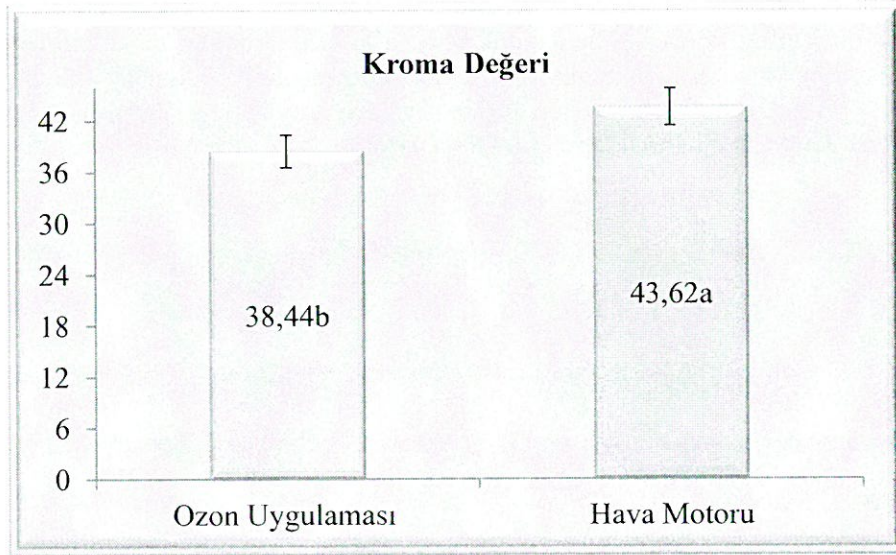


Şekil 4.27. Renk skalası

Çizelge 4.3. Ozon jeneratörü ve hava motoru uygulamalarının L,a,b ve hue değer sonuçları

Uygulamalar	L	a	b	Hue Değeri
Ozon Uygulaması	62,99	-22,95	37,83	124,11
Hava motoru Uygulaması	72,0	-22,94	37,06	121,79
P <	0,27	0,99	0,14	0,47

Çalışmada kromometre yardımıyla ölçülmesi sonucunda istatistik analizde uygulamalar arasındaki fark L, a, b ve hue değeri arasında istatistik olarak önemsiz bulunurken kroma değeri istatistik analizde uygulamalar arasındaki fark önemli bulunmuştur. L,a,b ve hue değerleri sırasıyla ozon uygulamasında 62.99, -22.95, 37.83, 124.1, hava motoru uygulamasında 72 , -22,94, 37,06, 121,79 olarak bulunmuştur (Çizelge 4.3). Kroma değeri ozon uygulamasında 38,44, hava motoru uygulamasında 43,62 olarak bulunmuştur (Şekil 4.28). Bu sonuca göre hava motoru uygulamasında bitkiler ozon uygulamasındaki bitkilerden daha parlak renge sahip olmuşlardır.



Şekil 4.28. Kroma değeri

4.3. Ozon ve Hava Motoru Uygulamalarının Yaprığın Besin Elementi İçeriğine Etkileri

4.3.1. Yaprakta nitrat analizi

Ozon jeneratörü ve hava motoru kullanmanın marulun verim ve kalitesi üzerine etkilerini belirlemek amacıyla yapılan bu çalışmada uygulamaların $\text{NO}_3\text{-N}$ üzerine etkisi istatistiki önemde ($\alpha=0,05$) bir farklılık yaratmamıştır. Ozon jeneratörü uygulamasında % 0.74, hava motoru uygulamasında % 1.11 bulunmuştur. Marul özellikle yaprakların nitrat birikiminin en fazla olduğu sebze türlerinden biridir. Taze ağırlığında 621-12336 mg/kg nitrat bulunabilmektedir (Santamaria 2006).

4.3.2. Yaprakta toplam azot (N) analizi

Kjeldahl yöntemi kullanılarak toplam azot belirlenmiştir. Bu yöntemin temel ilkesi, bitkide yer alan hem organik hem de inorganik azot formlarının belirlenmesine dayanmaktadır. Bu yöntemle azot belirlenmesi başlıca iki temel aşamadan ibarettir. Birinci aşamada yaş yakma işlemi ile organik azotun amonyum sülfata ($(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$) çevrilmesi ve sonra amonyumun borik asit içinde distile edilmesi sağlanır. İkinci aşamada ise bromcresol green methlred indikatör karışımı kullanılarak ve standart H_2SO_4 ile titre edilerek azot belirlenmesi yapılmıştır (Chapman ve Pratt 1961). Bu çalışmada uygulamaların toplam N üzerine etkisi istatistiki önemde ($\alpha=0,05$) bir farklılık yaratmamıştır. Ozon jeneratörü uygulamasında % 3.69, hava motoru uygulamasında % 4.03 olarak bulunmuştur (Çizelge 4.4).

Azot, nitrat ve amonyum formunda alınmakta soğuk, kurak, demir-mangan-çinko eksikliği ve güneşli gün sayısı gibi çeşitli faktörlerin etkisine bağlı olarak parçalanamadığında marulda birikmektedir (Raupp 1996).

4.3.3. Yaprakta fosfor (P) analizi

Yaş yakma metodu ile elde edilen süzükte, potasyum, kalsiyum ve magnezyum, miktarları Atomik Absorbsiyon Spektrofotometresi ile saptanmıştır (Kaçar 1972). Sonuçlar ise K, Ca ve Mg kuru maddede % olarak verilmiştir. Kaçar (1972)'in bildirdiği şekilde nitrik-perklorik asit karışımı ile yaş yakma metodu ile elde edilen süzükte, vanado molibdo fosforik sarı renk metoduna göre tayin edilmiştir.

Çalışmada uygulamaların fosfor üzerine etkisi istatistiki önemde ($\alpha=0,05$) bir farklılık yaratmamıştır. Ozon jeneratörü uygulamasında %0.4, hava motoru uygulamasında % 0.41 olarak bulunmuştur (Çizelge 4.4) .

Karaman vd (2012)'na göre marulda P %0.40-0.60 çalışma sonucunda uygulamamız yeterli seviyededir.

4.3.4. Yaprakta potasyum (K) analizi

Ozon jeneratörü ve hava motoru kullanmanın marulun verim ve kalitesi üzerine etkilerini belirlemek amacıyla yapılan bu çalışmada uygulamaların potasyum üzerine etkisi istatistiki önemde ($\alpha=0,05$) bir farklılık yaratmamıştır. Ozon jeneratörü uygulamasında %3.76, hava motoru uygulamasında %3.98 olarak bulunmuştur (Çizelge 4.4). Karaman vd (2012)'na göre marulda K %6-7 çalışma sonucunda uygulamamız yetersiz seviyededir.

4.3.5. Yaprakta kalsiyum (Ca) analizi

Ozon jeneratörü ve hava motoru kullanmanın marulun verim ve kalitesi üzerine etkilerini belirlemek amacıyla yapılan bu çalışmada uygulamaların kalsiyum üzerine etkisi istatistiki önemde ($\alpha=0,05$) bir farklılık yaratmamıştır. Ozon jeneratörü uygulamasında % 0.46, hava motoru uygulamasında % 0.51 olarak bulunmuştur (Çizelge 4.4). Karaman vd (2012)'na göre marulda Ca % 2.3-3.5 çalışma sonucunda uygulamamız yetersiz seviyededir.

4.3.6. Yaprakta magnezyum (Mg) analizi

Ozon jeneratörü ve hava motoru kullanmanın marulun verim ve kalitesi üzerine etkilerini belirlemek amacıyla yapılan bu çalışmada uygulamaların magnezyum üzerine etkisi istatistiki önemde ($\alpha=0,05$) bir farklılık yaratmamıştır. Ozon jeneratörü uygulamasında % 0.17, hava motoru uygulamasında % 0.17 olarak bulunmuştur (Çizelge 4.4). Karaman vd (2012)'na göre marulda Mg % 0.5-0.8 çalışma sonucunda uygulamamız yetersiz seviyededir.

Çizelge 4.4. Makro elementler yaprak analiz sonuçları

Uygulamalar	N(%)	P(%)	K(%)	Ca(%)	Mg(%)
Ozon uygulaması	3.69	0.4	3.76	0.46	0.17
Hava motoru uygulaması	4.03	0.41	3.98	0.51	0.17
P <	0,550	0,270	0,822	0,317	0,667

4.3.7. Yaprakta demir (Fe) analizi

Ozon jeneratörü ve hava motoru kullanmanın marulun verim ve kalitesi üzerine etkilerini belirlemek amacıyla yapılan bu çalışmada uygulamaların demir üzerine etkisi istatistiki önemde ($\alpha=0,05$) bir farklılık yaratmamıştır. Ozon jeneratörü uygulamasında 69.63ppm, hava motoru uygulamasında 71.1 ppm olarak bulunmuştur (Çizelge 4.5).

Genellikle bitkilerin yeşil aksamında kuru maddedeki Fe miktarı, Mengel and Kirkby (1978) tarafından 100 mgkg⁻¹, Schachtschabel vd (1995) tarafından 20-300 mgkg⁻¹ olarak bildirilmektedir. Karaman vd (2012) göre marulda Fe içeriği 50-100 ppm'dir. Araştırmacılara göre uygulamalarımız yeterli seviyededir.

4.3.8. Yaprakta çinko (Zn) analizi

Ozon jeneratörü ve hava motoru kullanmanın marulun verim ve kalitesi üzerine etkilerini belirlemek amacıyla yapılan bu çalışmada uygulamaların çinko üzerine etkisi istatistiki önemde ($\alpha=0,05$) bir farklılık yaratmamıştır. Ozon jeneratörü uygulamasında 21.66 ppm, hava motoru uygulamasında 22.73 ppm olarak bulunmuştur (Çizelge 4.5).

Karaman vd (2012)'ye göre marulda Zn içeriği 25-250 ppm değerlerdedir uygulamalarımızın verileri yetersiz seviyededir. Zhang vd (1991), bitki analizinde düşük seviyede bulunan Zn konsantrasyonunun nedenini artan oranda Fe, bitki dokusundaki Zn'nun yarayışlı konsantrasyonunu azalttığını bildirmişlerdir.

4.3.9. Yaprakta mangan (Mn) analizi

Ozon jeneratörü ve hava motoru kullanmanın marulun verim ve kalitesi üzerine etkilerini belirlemek amacıyla yapılan bu çalışmada uygulamaların mangan üzerine etkisi istatistiki önemde ($\alpha=0,05$) bir farklılık yaratmamıştır. Ozon jeneratörü uygulamasında 46.13 ppm, hava motoru uygulamasında 50.23 ppm olarak bulunmuştur (Çizelge 4.5). Karaman vd (2012)'na göre marulda Mn 15-250 ppm uygulamalarımız yeterli seviyededir.

4.3.10. Yaprakta bakır (Cu) analizi

Ozon jeneratörü ve hava motoru kullanmanın marulun verim ve kalitesi üzerine etkilerini belirlemek amacıyla yapılan bu çalışmada uygulamaların bakır üzerine etkisi istatistiki önemde ($\alpha=0,05$) bir farklılık yaratmamıştır. Yaprığın bakır içeriği ozon jeneratörü uygulamasında 6 ppm, hava motoru uygulamasında 7.33 ppm olarak bulunmuştur (Çizelge 4.5). Karaman vd (2012)'na göre marulda Cu 8-25 ppm uygulamalarımız yetersiz seviyededir.

4.3.11. Yaprakta bor (B) analizi

Ozon jeneratörü ve hava motoru kullanmanın marulun verim ve kalitesi üzerine etkilerini belirlemek amacıyla yapılan bu çalışmada uygulamaların bor üzerine etkisi istatistiki önemde ($\alpha=0,05$) bir farklılık yaratmamıştır. Ozon jeneratörü uygulamasında 14.4 ppm, hava motoru uygulamasında 13.8 ppm olarak bulunmuştur (Çizelge 4.5).

Karaman vd (2012)'na göre marulda B 25-60 ppm uygulamalarımız yetersiz seviyededir.

Garate vd (1984), domates bitkisiyle su kültüründe yaptıkları çalışmada B ve Mn arasındaki interaksyonu araştırmışlardır. B eksikliği durumunda bitki kökleri tarafından Mn alımının arttığını, B fazlalığı durumunda ise bitki köklerinde Mn alımının azaldığı belirlemişlerdir.

Toprakta pH'nın artmasıyla $B(OH)_4^-$ konsantrasyonu artmakta ve sonuçta kil minerallerine nispeten fazla ilgisi olan borat anyonunun artışıyla adsorbe edilen B miktarı da artmaktadır (Keren vd 1985).

Goldberg (1997), borun topraktaki reaksiyonu ile ilgili yaptığı araştırmada, borun bitkiler için temel bir mikro besin elementi olduğunu, fakat bor'un eksikliği ile toksik konsantrasyonu arasındaki alanın diğer bitki besin elementlerinde olduğundan daha az olduğunu belirlemiştir.

Çizelge 4.5. Mikro elementler yaprak analiz sonuçları

Uygulamalar	Fe(ppm)	Mn(ppm)	Zn(ppm)	Cu(ppm)	B(ppm)
Ozon uygulaması	69.63	46.13	21.66	6	14.4
Hava motoru uygulaması	71.1	50.23	22.73	7.33	13.8
P <	0,105	0,669	0,827	0,268	0,876

5. SONUÇ

Ozon jeneratörü ve hava motoru kullanmanın marulun verim ve kalitesi üzerine etkilerini belirlemek amacıyla yapılan bu çalışmada, uygulamaların solüsyonun besin elementi bileşimine etkisini belirlemek üzere 20 gün arayla alınan besin solüsyonu örneklerinin analizi sonucunda uygulamaların besin solüsyonun bileşiminde farklılıklar oluşturduğu saptanmıştır. K, P, Ca, Mg, Fe, Mn, Zn elementlerinin hava motoru uygulanan solüsyonda her üç örnek alım zamanında da ozon jeneratörü kullanılan solüsyondakinden daha yüksek değerlere sahip olduğu saptanmıştır. B, S ve Mo ise ozon uygulanan solüsyonda hava motoru uygulanan solüsyondakinden daha yüksek bulunmuştur. Resh (2006) ozon uygulamasının solüsyondaki çinko, mangan ve şelat formundaki demiri okside edebileceğini, ozonun kullanıldığı sistemlerde bu mikro elementlerin seviyelerinin kontrol edilerek gerektiğinde çözeltiye eklenmesi gereği ifade etmiştir. Bu çalışmada B, S ve Mo hariç tüm elementler ozon jeneratörü uygulanan solüsyonda hava motoruna göre düşük bulunmuştur. Ancak bitkilerin yetiştirildiği besin solüsyonun element bileşiminde fark olmasına karşın, yaprak analizi sonuçlarında yaprağın besin elementi içeriği bakımından uygulamalar arasında istatistiki önemde bir fark bulunmamıştır. Yaprak analizi sonucunda yaprakta fosfor, mangan, çinko, demir elementlerinin yeterli seviyede olduğu ancak toplam azot, potasyum, kalsiyum, magnezyum, çinko, bakır ve bor elementlerinin az, nitrat azotunun ise fazla olduğu saptanmıştır. Ozon veya hava motoru uygulamalarının her ikisinde de benzer sonucun alınması bitkideki element eksikliğinin uygulamalardan kaynaklı olmadığını ortaya koymaktadır. Durgun su kültüründe marul yetiştiriciliği ile ilgili yapılan çalışmalarda (Ercan ve Bayyurt 2013, Okudur ve Ercan 2016) Hoagland besin kompozisyonu kullanılmıştır. Bu çalışmada besin solüsyonun bileşimi Cornell CEA grup tarafından Hydroponic Lettuce Handbook isimli yayından alınarak su analizine uygun olarak hazırlanmıştır. Bu araştırma ile yaprak analizinde toplam azot, potasyum, kalsiyum, magnezyum, çinko, bakır ve bor elementlerinin az, nitrat azotunun ise fazla çıkması, önceki çalışmalarımızda da kullandığımız Hoagland solüsyonu dahil olmak üzere farklı besin kompozisyonlarının kullanılarak yaprakta besin elementi eksikliği oluşturmayacak bir yetiştirme ortamı seçmeye yönelik çalışmaların yapılması gerekliliği ortaya koymuştur. Yetiştirme ortamının besin kompozisyonunu belirlemeye yönelik yapılacak ileriki çalışmalarda mevsimin etkisi dikkate alınmalı ve bu yöndeki çalışma yıl içinde farklı zamanlarda yapılarak hangi besin kompozisyonun hangi mevsim yetiştiriciliğine uygun olduğu konusu da ortaya konulmalıdır. Zira özellikle sebzelerin içerdikleri nitrat miktarı yetiştiricilikten çok hava koşullarından etkilendiği birçok araştırmacının üzerinde fikir birliğine vardığı bir konudur. Mordoğan vd (2001) göre kış mevsimi gibi ışık yoğunluğunun düşük olduğu şartlarda nitrat birikiminin artmakta, yüksek ışık yoğunluklarında ise, nitrat içeriği azalmaktadır. Serada yetiştirilen sebzelerde gün uzunluğunun da ışık yoğunluğu gibi nitrat birikiminde etkili olduğu bildirilmektedir. Günün değişik saatlerinde nitrat içerikleri de değişmektedir. Yüksek ışık yoğunluğunda ıspanak ve marulun nitrat içerikleri, öğleden sonra, sabaha göre daha düşük olmaktadır. Kök ve hava sıcaklığının artmasıyla marul bitkisinin nitrat absorpsiyonu artmaktadır. Nitrat birikimi üzerine atmosfer neminin de etkili olduğu belirtilmektedir. Atmosferdeki düşük nem, transpirasyonu ve buna bağlı olarak da bitkilerde su taşınmasını hızlandırmaktadır. Bu yolla bitkide nitrat daha hızlı taşınabilmekte ve indirgenebilmektedir. Bitki içinde su taşınımının az olduğu zaman nitrat birikimi olabilmektedir.

Bu araştırmada ozon ve hava motoru uygulamalarının solüsyonun besin kompozisyonunda hava motoru lehine farklar oluşturmasına karşın, uygulamaların bitki uzunluğu, gövde uzunluğu, bitki kök ağırlığı, gövde uzunluğu/bitki boyu değeri, toplam yaprak sayısı, pazarlanabilir yaprak sayısı, yaprak alanı, parsele verim, klorofil miktarı, L, a, b ve hue değeri üzerine etkisi istatistiki önemde ($\alpha=0,05$) bir farklılık yaratmadığı saptanmıştır. Ozon jeneratörü ve hava motoru uygulamalarının kök uzunluğu, gövde çapı, gövde ağırlığı, yaprak eni, yaprak boyu, yaprak ağırlığı, yaprak kuru ağırlığı ve kroma değeri üzerine etkisi ise istatistiki önemde ($\alpha=0,05$) bulunmuştur.

Ozon uygulamasının solüsyona oksijen kazandırmanın yanı sıra ortamı mikroorganizmalardan arındırması diğer uygulamalara göre üstünlüğünü oluşturmaktadır. Böylece sudan gelebilecek hastalık etmenlerine karşı yetiştiricilikte ilaç kullanımını azaltan bir uygulama olarak dikkat çekmektedir. Bu araştırmanın çıkış noktası olmasına karşın çalışmamızda besin solüsyonunda patojen mikroorganizma analizine yönelik bir araştırma yapılmamıştır. Bu araştırma bize yeni araştırma konularına da yönlendirmiştir. Bu tezle kurulan sistemle başka sebzelerde ozon ile oksijenlendirmenin etkileri araştırılacak özellikle ıspanak, fesleğen gibi sebzeler ilk çalışılacaklar arasında yer alacaktır. Yine literatürde belirtilen *Phytum spp.* ve *Fusarium spp.* gibi etmenlerin su kültüründe yetiştirilen sebzelerde sorun oluşturduğu bildirimleri de dikkate alınarak yapılacak çalışmalara solüsyonun patojen mikroorganizma analizlerinin de eklenmesi araştırmalara yeni bir boyut kazandıracaktır.

KAYNAKLAR

- ANDERSEN, S.O. and SARMA, K.M. 2002. Protecting the ozone layer: the United Nations history, Earthscan Publications Ltd. London, Sterling, Virginia.
- ANONİM 2013. [Http://www.ekodunya.com.tr/web/agrozon_pdf/agrozon_tanitim.pdf](http://www.ekodunya.com.tr/web/agrozon_pdf/agrozon_tanitim.pdf)
- ALACA, D. 2000. Bazı iceberg tipi başsalata (*Lactuca sativa* L. var. *capitata*) çeşitlerinin verim ve kalitesi üzerine farklı ekim zamanlarının etkisi. Yüksek Lisans Tezi, Gaziosman Paşa Üniversitesi, Tokat, 40s.
- ASLANSOY, Z. 2012. Ozonlama işleminin limondaki pestisit kalıntıları üzerine etkisi. Yüksek Lisans Tezi, Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana.
- AYBAK, H. Ç. 2002. Salata/marul yetiştiriciliği. Hasad Yayıncılık Ltd. Şti. İstanbul.
- BAYRAKTAR, K. 1970. Sebze yetiştirme. EÜ ZF Yayınları, 2, 169.
- BELTRAN, D., SELMA, M.V., TUDELA, J.A., GIL, M.I., 2005. Effect of different sanitizers on microbial and sensory quality of fresh-cut potato strips stored under modified atmosphere or vacuum packaging. Postharvest Biol Technol, 37(1): 37-46p.
- BERGMANN, E., BENDER, J., WEIGEL, H.J. 1999. Ozone threshold doses and exposure-response relationships for the development of ozone injury symptoms in wild plant species. New Phytol, 144, 423-435.
- BEUCHAT, L.R. 1992. Surface disinfection of raw produce. Dairy, Food and Environmental Sanitation, 12 (1), 6-9.
- BİLGİ, A. 2009. Bazı humik, fulvik ve aminoasit içerikli maddelerin sera marul (*Lactuca sativa* L. var. *longifolia* cv. Bitez F1) üretiminde verim ve bitki gelişimi üzerine etkilerinin belirlenmesi. KSİ Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Bahçe Bitkileri Ana Bilim Dalı. Yüksek Lisans Tezi, 33 s.
- CARTER, B. 2002. Rosanne Minarovic Cooperative Extension Service. Box 7602 North Carolina State University Raleigh, NC 27695-7602.
- CEMEROĞLU, B., YEMENİCİOĞLU, M., ÖZKAN, A. 2001. Meyve ve Sebze İşleme Teknolojisi. 1. Meyve ve Sebzelerin Bileşimi, Soğukta Depolanmaları. Gıda Teknolojisi Derneği Yayınları, Ankara, 328s.
- CHAPMAN, H. D. and PRATT, P. F. 1961. Methods of analysis of soil, plants and water. University of California, Division of Agricultural. Science, USA.
- CHUN, C. and TAKAKURA, T. 1994. Rate of root respiration of lettuce under various dissolved oxygen concentrations in hydroponics. Environ. Control in Biol. 32,125-135.

- CULBERTSON, R.E., NAKAYAMA T., FLİRANIATSU, M. 1957. Hydroponic vegetable production in Japon-An operation of the U.S. Anny Quartermaster Crops. Market Growers J. 86: 16-19.
- ÇAĞATAY, Ö. 2006. Ozon uygulamasının kirazın soğukta depolanma süresi üzerine etkisi. Yüksek Lisans Tezi, Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Isparta 45s.
- ÇATAL, H. ve İBANOĞLU, Ş. 2010. Gıdaların ozonlanması-derleme. *Gıda Teknolojileri Elektronik Dergisi*, 5 (3), 47-55.
- DALGIÇ, A.C., İBANOĞLU Ş., DOĞAN D. 1999. Ozon gazının gıdalara uygulanması. *Gıda Bilimi ve Teknolojisi*, 4 (3), 34-37.
- DAŞGAN, H.Y. 2012. Su kültüründe yetiştirilen kıvrıkcık marul bitkisinde mikroalg (*Chlorella vulgaris*) uygulamasının etkileri. 9. Ulusal Sebze Sempozyumu, Konya, 330-335.
- DEMİRKAYA, M. 2001. Kayseri yöresinde örtüaltında ikinci ürün olarak iceberg kıvrıkcık salata yetiştiriciliği üzerine bir araştırma. 6. Ulusal Seracılık Sempozyumu. Fethiye-Muğla 139-142s.
- DOĞAN, G. 2014. Minimum işlenmiş marullarda antioksidan bileşenlerin değişiminin incelenmesi. Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, 79s.
- DONNAN, R. 1998. Hydroponics around the world. Practical Hydroponics and Greenhouses. July/August 1998: 18–25, RIRDC Australian Government Rural Industries Research and Development Corporation. 2001. Hassal and Associates Pty. Ltd. RIRDC Pub. No 01/141. RIRDC Project No HAS-9A.
- ERCAN, N. ve BAYYURT, R. 2013. The effects of applications which increase the O₂ of the water on yield and quality of lettuce grown in a floating system *Acta Horticulturae*, 1034, 77-84.
- ERCAN, N., OKUDUR, E., ŞENSOY, F.A. 2012. Durgun su kültüründe yetiştirilen salatada (*Lactuca sativa* L.) iki farklı dikim aralığının karşılaştırılması. 9.Ulusal Sebze Tarımı Sempozyumu, 175-178.
- ERDEM, T. 2007. Ozonlu su ile yıkanan kırmızı pul biberin mikrodalga enerjisi ile kurutulması. Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi, 67s.
- EHRET, D.L., ALSANIUS, B., WOHANKA, W., MENZIES, J.G., UTKHEDE, R. 2001. Disinfestation of recirculating nutrient solutions in greenhouse horticulture. *Agronomie*, 21, 323-339.

- FAZLIOĞLU, O., ÖZTÜRK, Ş., ERDOĞAN, Z., ALTINTAŞ, S., VARİŞ, S. 2000. Soğuk sera perlit torbalarında ve toprakta yetiştirilmeye uygun kıvrıkcık baş salata çeşitlerinin belirlenmesi. 3. Sebze Tarımı Sempozyumu, Isparta 320-326.
- GARATE, A., CARPENA RUIZ, R.O., RAMON, A.M. 1984. Influence of boron on manganese and other nutrients in juices of vascular tissues. *Anales de Edafology Agrobiologia*, 43,146-177.
- GEBOLOĞLU, N., ECE, A. ve YAZGAN, A. 1998. Marul ve baş salataların sonbahar-kış yetiştiriciliği üzerine farklı ekim zamanı ve plastik tünellerin etkisi. II. Sebze Tarımı Sempozyumu, Tokat, 223-232.
- GERİCKE, W.F. 1937. Hydroponics- Crop production in liquid culture media. *Science*, 85: 177-178.
- GUZEL-SEYDİM, Z., GRENE, A.K., SEYDİM, A.C. 2004. Use of ozone in the food industry. *Lebensmittel Wissenschaft und Technologie*, 37: 453-460.
- GOLDBERG, S. 1997. Reactions of boron with soils. *Plant And Soil*, 193 (1-2), 35-48.
- GOOD, C., DAVIDSON, J., WELSH, C., SNEKVIK, K., SUMMERFELT, S. 2011. The effects of ozonation on performance, health and welfare of rainbow trout *oncorhynchus mykiss* in low-exchange water recirculation aquaculture systems. *Aquacultural Engineering*, 44, 97-102.
- GOTO, E., BOTH, A.J., ALBRIGHT, L.D., LANGHANS, R.W., and LEED, A.R. 1996. Effect of dissolved oxygen concentration on lettuce growth in floating hydroponics. *Acta Horticulturae*, 440, 205-210.
- GOUCH, H.G. 1972. *Inorganic Plant Nutrition*. Dowden Hutehinson and Ross. Inc. Straudsburg, PA, USA; P: 305-332.
- GRAHAM, T., ZHANG, P., DIXON, M. A. 2011. Aqueous ozone in the root zone: friend or foe? . *Journal of Horticulture and Forestry* Vol. ,3(2), 58-62.
- GÜL, A. 2005. Bahçe Bitkileri Tarımında Çevre Dostu Üretim Teknikleri. Editör Gül, A., Meta Basım, İzmir 113s.
- GÜNAY, A. 1981. Özel Sebze Yetiştiriciliği. A. Ü. Ziraat Fak. Bahçe Bitkiler Bölümü, Cilt; II. Ankara.
- GÜRSOY C. N. 2009. Negatif iyon ve ozon uygulamasının çeşitli bakteriler üzerine etkilerinin incelenmesi, soğutma kulesi ve hastane atık sularının dezenfeksiyonunda kullanımının değerlendirilmesi. Doktora Tezi, İnönü Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Malatya.
- HENSLEY, R. A. and FOWLKES, D. J. 2002. Burley Tobacco Production in Tennessee, The Float System for Tobacco Transplant <http://tobaccoinfo.utk.edu/>

- HSIEH, S.P.Y., NINQ, S.S., TZENG, D.D.S. 1998. Control of turf grass seed borne pathogenic fungi by ozone. *Plant Pathology Bulletin*. 7 (2): 105-112
- ITO, T. 1999. The Greenhouse and Hydroponic industries of Japan In: Proceedings. International Symposium on Growing Media and Hydroponics, Ontario, Canada 19-26 May 1997, Ed. AP Papadopoulos. *Acta Hort*. 481:761-764.
- JAKSCH, D., MARGESİN, R., MIKOVİNY, T., SKALNY, J. D., HARGUNTEN, E., SCHINNER, F., MASON, N. J., MARK, T. D. 2004. The effect of ozone treatment on the microbial contamination of pork meat measured by detecting the emissions using ptr-ms and by enumeration of microorganisms. *International Journal of Mass Spectrometry*, 239: 209-214.
- JAKSON, M.B. 1980. Aeration in the nutrient film technique of glasshouse crop production and the importance of oxygen, ethylene and carbon dioxide. *Acta Hort*, 98,61-78.
- JENSEN, H.M. and COLLINS, W.L. 1985. Hydroponic vegetable production, horticultural reviews. Vol. 7, Avi publishing Co., Inc. Westport, 483-558, Connecticut.
- JONES, B.J. 2005. A practical guide for the soilless grower. Hydroponics, Second Edition. Crc Press, New York, 423.
- KAÇAR, B. and KOVANCI, İ. 1982. Bitki, toprak ve gübrelerde kimyasal fosfor analizleri ve sonuçların değerlendirilmesi, Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları No:354, İzmir.
- KAÇAR, B. 1972. Bitki ve Toprağın Kimyasal Analizleri 1-2. A.Ü. Ziraat Fakültesi Yayınları, 468, Yardımcı Ders Kitabı: 161.
- KAÇAR, B. ve İNAL, A. 2008. Bitki Analizleri, Nobel Yayın Dağıtım Ltd. Şti. Yayınları, Yayın No: 1241. Fen Bilimleri, 63.
- KARAMAN, M. R., ADİLOĞLU, A., BROHI, A. R., DORAN, İ., GÜNEŞ, A., İNAL, A., KAPLAN, M., KATKAT, A. V., KORKMAZ, A., OKUR, N., ORTAŞ, İ., SALTALI, K., TABAN, S., TURAN, M., TÜFENKÇİ, Ş., ERASLAN, F., ZENGİN, M. 2012. Bitki besleme, Gübretaş Rehber Kitaplar Dizisi: 2, 954s.
- KAHRAMAN Ö. ve GÜL, A. 1997. Bazı topraksız kültür sistemlerinin sera marul yetiştiriciliğinde kullanım olanakları. Yüksek Lisans Tezi, Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Entitüsü, İzmir, 47s.
- KEREN, R., BINGHAM, F.T., RHOADES, J.D. 1985. Plant uptake of boron as affected by boron distribution between liquid and solid phases in soil. *Soil Science Society Of America Journal*, 49 (2), 297-302.

- KHADRE, M.A. and YOUSEF, A.E. 2001. Sporocidal action of ozone and hydrogen peroxide, a comparative study. *International Journal of Food Microbiology*, 71: 131-138.
- KIM, J.G., YOUSEF, A.E., CHISM, G.W. 1999. Use of ozone to inactivate microorganisms on lettuce. *Journal of Food Safety*, 19: 17-34.
- KOBAYASHI, K., MONMA, Y., KEINO, S., YAMADA, M. 1988. Financial results of hydroponic farmings of vegetables in the central Japan. *Acta Hort.* (ISHS) 230:337– 342.
- KOUDELA, M. and PETRIKOVA, K. 2008. Nutrients content and yield in selected cultivars of leaf lettuce (*Lactuca sativa* L. var. *crispa*). *Hort. Sci.* ,35(3),99–106.
- KRUMINS, V., EBELING, J. M., WHEATON, F. 2001. Ozone's effects on power-law particle size distribution in recirculating aquaculture systems. *Aquacultural Engineering*, 25, 13-24.
- LANGLAIS, B., RECKHOW, D.A., BRINK, D.R. 1991. Practical application of ozone: Principle and case study. In *Ozone in Water Treatment. Application and Engineering*, 11-136p.
- LEBEDA A., RYDER E.J., GRUBE R., DOLEZALOVA I., KRISTKOVA E. 2007. Lettuce (Asteraceae; *Lactuca* spp.). In: SINGH R.J. (ed.), *Genetic Resources, Chromosome Engineering, and Crop Improvement*, Vol. 3, Vegetable Crops. Boca Raton, CRC Press, Tailor and Francis Group, 377–472.
- LENZI, A., BALDI, A., TESI, R. 2008. Effective of hypoxia on yield and quality of leafy vegetables grown in floating system. Book of Abstract of First Symposium on Horticulture in Europe, 212-213.
- MADZIVHANDILA L.L.R. 2005. Crisphead lettuce cultivar evaluation and response of transplant to nitrogen nutrition. University of Pretoria, M Inst Agar, Msc Thesis, Pretoria, South Africa, 52p.
- MABOKO M.M. and DU PLOOY C.P. 2007. Production of crisphead lettuce in a soilless production system. *African Crop Science Proceedings*, 8, 319-325.
- MABOKO M.M. and DU PLOOY C. P. 2008. Evaluation of crisphead lettuce cultivars (*Lactuca sativa* L.) for winter production in a soilless production system. *African Journal Of Plant Science*, 2 (10), 113-117.
- MABOKO M.M. and DU PLOOY C.P. 2009. Effect of plant spacing on growth and yield of lettuce (*Lactuca sativa* L.) in a soilless production system. *South African Journal Of Plant And Soil*, 26(3), 199-201.
- MCCOLLUM, J.P. 1992. Producing vegetable crops. Interstate Publishers, Inc.41-42

- MCGUIRE, G.R. 1992. Reporting of objective color measurements. *Hortscience*, 27(12), 1254-1255.
- MENGEL, K. and KIRKBY, E. A. 1978. Principles of plant nutrition. 621-638 p.
- MICELI, A., MONCADA, F. and VETRANO, D.F. 2003. First results on yield and quality response of basil (*Ocimum basilicum* L.) grown in a floating system. International Society for Horticultural Science International Symposium on Managing Greenhouse Crops in Slina Environment, Pisa (Italy), 9-12 July.
- MORDOĞAN, N., CEYLAN, Ş., ÇAKICI, H., YOLDAŞ, F. 2001. Azotlu gübrelemenin marul bitkisindeki azot birikimine etkisi. *Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 38 (1), 85-92.
- MORGAN, L. 2002. Raft system specific. *The Growing Edge*, 14 (2), 46-60.
- NAGAYOSHI, M., FUKUIZUMI, T., KITAMURA, C., YANO, J., TERASHITA, M., NISHIHARA, T. 2004. Efficacy of ozone on survival and permeability of oral microorganisms. *Oral Microbiology Immunology*, 19: 240-246.
- OHASHI-KANEKO, K., YOSHII, M., ISOBE, T., PARK, J-S., KURATA, K., FUJIWARA, K. 2009. Nutrient solution prepared with ozonated water does not damage early growth of hydroponically grown tomatoes. *Ozone-Sci.Eng.*, 31 (1), 21-27.
- OKUDUR, E. ve ERCAN, N. 2016. Farklı gübre uygulamalarının durgun su kültüründe yetiştirilen marullarda verim ve kaliteye etkileri. *Nevşehir Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 69-78.
- ÖZTEKİN, S., ZORLUGENÇ, B., KIROĞLU ZORLUGENÇ, F. 2006. Effects of ozone treatment on microflora of dried figs. *Journal of Food Engineering*, 75(3): 396- 399.
- POLAT, H. 2009. Dezenfeksiyon amaçlı ozon kullanımı. Su Ürünleri Merkez Araştırma Enstitüsü Yunus Araştırma Bülteni, Sayı 9(2), 14-15.
- RAUPP, J. 1996. Fertilization effect on product quality and examination of parameters and methods for quality assessment, In: Roupp J. (Ed.). *Quality of plant products grown with manure fertilization*, Darmstadt, 4448 p.
- RAUB, L., AMRHEIN, C., MARK, M. 2001. The effects of ozonated irrigation water on soil physical and chemical properties. *Ozone: Science & Engineering*. 23 (1): 65-76.
- REDDY, G.N., DAI, Y.R., NEGM, F.B., FLORESH, E., ARTECA, R.N. and OERTLI, J.J. 1991. The effect of ozone stress on the levels of ethylene, polyamines, and rubisco gene expression in potato leaves. *Current Topics in plant Physiology*. 6: 262- 267.

- RESH, H.M. 1991. Hydroponic food production. Woodbridge Pres Pub., California, 462 p.
- RESH, H. 2006. Hydroponic culture of lettuce I. [Http://www.howardresh.com/Hydroponic-Lettuce-Production1.html](http://www.howardresh.com/Hydroponic-Lettuce-Production1.html).
Son erişim tarihi: 14 Nisan 2015
- RICE, R.G., ROBSON, C.M., MILLER, G.W., HILL, A.G. 1981. Uses of ozone in drinking water treatment. *Journal of the American Water Works Association*, 73 (1): 44-57.
- RICE, R.G., FARQUHAR, J.W., BOLLYKY, L.J. 1982. Review of the applications of ozone for increasing storage times of perishable foods. *Ozone Science and Engineering*. 4: 147-163.
- RUIFEN, Q. and YONGHUA M. 1995. Inhibition effect of paclobutrazol on bolting of summer lettuce. *Acta Agr. Zhe.* 7 (4):329-331.
- RUNIA, W. TH. 1995. A review of possibilities for disinfection of recirculation water from soilless cultures. *Acta Hort.* 382:221-229.
- SARIG, P., T. ZAHVI, T., ZUTKHI, Y., YANNAL, S., LISKER, N. and BEN-ARIE, R. 1996. Ozone for control of post-harvest decay of table grapes caused by *Rhizopus stolonifer*. *Physiol. Molecular Plant Pathol.* 48:403-415.
- SANTAMARÍA, P. 2006. Nitrate in vegetables: toxicity, content, intake and EC regulation. *Journal Of The Science Of Food And Agriculture*, 86,1071.
- SCHACHTSCHABEL, P., BLUME, H.P., BRUMMER, G., HARTGE, K.H., SCHWERTMANN, U. 1995. Toprak bilimi. (Çevirenler; H. Özbek, Z. Kaya, M. Gök, H. Kaptan) ÇÜ Ziraat Fak. Genel Yayın, (73).
- SCHRADER, K.K., DAVIDSON, J.W., RIMANDO, A.M., SUMMERFELT, S.T. 2010. Evaluation of ozonation on levels of the off-flavor compounds geosmin and 2-methylisoborneol in water and rainbow trout *oncorhynchus mykiss* from recirculating aquaculture systems. *Aquacultural Engineering*, 43, 46-50.
- SCHRADER, K.K., DAVIDSON, J.W., SUMMERFELT, S.T. 2013. Evaluation of the impact of nitrate-nitrogen levels in recirculating aquaculture systems on concentrations of the off-flavor compounds geosmin and 2-methylisoborneol in water and rainbow trout (*oncorhynchus mykiss*). *Aquacultural Engineering*, 57, 126-30.
- SCHRAUDNER, M., LANGEBARTELS, C. ve SANDERMANN, H. 1997. Changes in the biochemical status of plant cells induced by the environmental pollutant ozone. *Physiologia Plantarum*. 100:240-280.

- SCHROEDER, J.P., CROOT, P.L., VON, DEWITZ, B., WALLER, U., HANEL, R. 2011. Potential and limitations of ozone for the removal of ammonia, nitrite, and yellow substances in marine recirculating aquaculture systems. *Aquacultural Engineering*, 45, 35-41.
- SCHWARTZ, L.W., DUNGWORTH, D.L., MUSTAFA M.G., TARKINGTON, B.K., TYLER, W.S. 1976. Pulmonary responses of rats to ambient levels of ozone. *Laboratory Investigation*, 34, 565-578.
- SCUDERI D., GIUFFRIDA F., NOTO, G. 2009. Effects of salinity and plant density on quality of lettuce grown in floating system for fresh-cut *Acta horticulturae*, 843, 219-226.
- SHELDON, B. W. and BROWN, A. L. 1986. Efficacy of ozone as a disinfectant for poultry carcasses and chill water. *Journal of Food Science*, 51 (2): 305-309.
- STALLAROVA, V. 1982. The Presence of Yeast and Yeast-like Micro-organism on Cherry Fruits. *Biologia* 37, 1115-1120.
- SHAHAROONA, B., NAVEED, M., ARSHAD, M., ZAHIR, Z. A. 2008. Fertilizer-Dependent efficiency of pseudomonads for improving growth, yield, and nutrient use efficiency of wheat (*Triticum aestivum* L.). *Applied Microbiology And Biotechnology*, 79(1), 147-155.
- SHEEN, T.F. and HSU, M.M. 1997. Studies on nutrient uptake by greenhouse musk melon in hydroponics. *Proc. of the 9th Int. Cong on Soilless Culture*: 491-503.
- SEVGİCAN, A., TURHAN, K., GÜL, A. 1985. Besleyici film tekniği. Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi, İzmir.
- SPEARS, G.M. 1998. New technologies for safer produce chemical based treatments and decontamination by washin. In *Proc. of Fresh Fruit and Vegetables*, Chicago.
- SUMMERFELT, S.T., SHARRER, M.J., TSUKUDA, S.M., GEARHEART, M. 2009. Process requirements for achieving full-flow disinfection of recirculating water using ozonation and uv irradiation. *Aquacultural Engineering*, 40,17-27.
- SÜRMELİ, N. 1999. Yaprak, baş salata ve marul yetiştiriciliği. TAV Tarımsal Araştırmaları Destekleme ve Geliştirme Vakfı Yayın, (42).
- ŞALK, A., ARIN, L., DEVECİ, M., POLAT, S. 2008. Özel sebzecilik. Tekirdağ, 485s.
- ŞEN, F. ve SEVGİCAN, A. 1998. Topraksız kültür şekillerinden su kültürü ile ortam kültürünün sera domates yetiştiriciliğinde kaliteye etkileri. Ege bölgesi I. Tarım kongresi, 7 - 11 Eylül, Aydın.

- ŞENOL, Ş. 2009. Ozonlamanın kültür mantarındaki *Staphylococcus aureus* bakterisine etkisi. Yüksek Lisans Tezi, Gebze Yüksek Teknoloji Enstitüsü, Mühendislik ve Fen Bilimleri Enstitüsü, Gebze.
- TANGO, M.S. and GAGNON, G. A. 2003. Impact of ozonation on water quality in marine recirculation systems. *Aquacultural Engineering*, 29,125–137.
- TESI, R., LENZI, A., LOMBARDI, P., 2003a. Effect of different O₂ levels on spinach (*Spinacia oleracea* L.) grown in a floating system. *Acta Horticulturae* 614,383-387.
- TESI, R., LENZI A. and LOMBARDI, P. 2003b. Effect of salinity and oxygen level on lettuce grown in a floating system. Department of Agronomy and Land Management Florence University, Italya. [Http://faeta.unipi.it/ortofloricoltura/ISHS2003/book_of_abstracts.pdf](http://faeta.unipi.it/ortofloricoltura/ISHS2003/book_of_abstracts.pdf) Titiz, K.S., 2004. Modern Seracılık Yetiştiriciye Yol Haritası. Ansiad, Antalya, 124 s.
- TETİK, N., TOPUZ, A., TURHAN, İ. ve KARHAN, M. 2006. Meyve ve Sebzelerin İşlenmesi ve Muhafazasında Ozon Uygulamaları. Türkiye 9. Gıda Kongresi, Bolu. 281-293.
- TURHAN, E. ve SEVGİCAN, A. 1996. Bir topraksız tarım şeki olan saksı kültüründe farklı yetiştirme ortamlarının sera marul yetiştiriciliğinde verime etkisi üzerine bir çalışma. Yüksek Lisans Tezi, Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Entitüsü, İzmir, 72s.
- Türkiye İstatistik Kurumu. Bitkisel üretim istatistikleri. [Http://www.tuik.gov.tr](http://www.tuik.gov.tr),
Son erişim tarihi: 15 Kasım 2016
- TINDALL, H.D. 1968. Commerical vegetable growing. Oxford University, London, 259 p.
- ÜSTÜN, A. 2007. Kimyasal sistit oluşturulan deneysel hayvan modelinde; intravezikal ozon uygulamasının mesaneye topikal etkisi. Uzmanlık Tezi, Gaziantep Üniversitesi, Gaziantep.
- VAN OS, E.A. 1999. Closed soilless growing systems: a sustainable solution for Dutch greenhouse horticulture. *Water Science and Technology*, 39 (5): 105-112.
- VARIŞ, S. ve ALTINTAŞ, S. 1993. Isıtılmayan cam sera toprağında ve farklı ortamlar üzerine oturtulmuş 7 ve 15 litrelik torba ve yüzüklerde domates yetiştirmenin bitki gelişmesi ve verim üzerine etkisi. *Tekirdağ Üniversitesi Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi*, 2(1):178-183, Tekirdağ.
- VIJAYANANDRAJ, V.R, NAGENDRA, P.D., MOHAN, N., GUNASEKARAN, M. 2006. Effect of ozone on *Aspergillus niger* causing black rot disease in onion. *Ozone: Science & Engineering*, (28): 347-350.

- VURAL, H., EŞİYOK, D., DUMAN, İ., 2000. *Kültür sebzeleri*. Ege Üni. Basımevi, İzmir 440s.
- WEES, D. and STEWART, K. 1987. The influence of bicarbonate enrichment and aeration on dissolved carbon dioxide and oxygen in nft nutrient solution used for lettuce production. *Soilless culture*. 3 (1), 51-62.
- XU, L. 1999. Use of ozone to improve the safety of fresh fruits and vegetables. *Food Technology*, 53 (10): 58-63.
- ZHANG, F., ROMHELD, V., MARSCHNER, H. 1991. Diurnal rhythm of release of phytosiderophores and uptaken rate of zinc in iron-deficient wheat. *Soil Sci. Plant Nutr.*, 37,671-678.

ÖZGEÇMİŞ



Esra OKUDUR 1989 yılında Serik-Antalya'da doğdu. İlk, orta, lise öğrenimini Serik-Antalya'da tamamladı. 2007 yılında girdiği Akdeniz Üniversitesi Ziraat Fakültesi Bahçe Bitkiler Bölümünden 2012 yılında Bahçe Bitkileri Bölümünden mezun oldu. 2012 Eylül-2013 Mart'da AR-SER topraksız tarım şirketinde çalıştı. 2013 Mart - 2014 Mayıs'da Serik Ziraat Odasında Tarım Danışmanı olarak görev yaptı. Eylül 2014'de Akdeniz Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Bahçe Bitkileri Ana Bilim Dalında yüksek lisans öğrenimine başladı.