

T.C.
AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**DURGUN SU KÜLTÜRÜNDE YETİŞTİRİLEN MARULDA BİTKİNİN VERİM ve
KALİTESİ ÜZERİNE SUDAKİ O₂ MİKTARINI ARTTIRICI UYGULAMALARIN
ETKİLERİ**

Rudil BAYYURT

YÜKSEK LİSANS TEZİ
BAHÇE BİTKİLERİ ANABİLİM DALI

2012

T.C.
AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**DURGUN SU KÜLTÜRÜNDE YETİŞTİRİLEN MARULDA BİTKİNİN VERİM ve
KALİTESİ ÜZERİNE SUDAKİ O₂ MİKTARINI ARTTIRICI UYGULAMALARIN
ETKİLERİ**

Rudil BAYYURT

YÜKSEK LİSANS TEZİ
BAHÇE BİTKİLERİ ANABİLİM DALI

**Bu tez 2010.02.0121.037 proje numarasıyla Akdeniz Üniversitesi Bilimsel Araştırma
Projeleri Koordinasyon Birimi tarafından desteklenmiştir.**

2012

T.C.
AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**DURGUN SU KÜLTÜRÜNDE YETİŞTİRİLEN MARULDA BİTKİNİN VERİM ve
KALİTESİ ÜZERİNE SUDAKİ O₂ MİKTARINI ARTTIRICI UYGULAMALARIN
ETKİLERİ**

Rudil BAYYURT

YÜKSEK LİSANS TEZİ
BAHÇE BİTKİLERİ ANABİLİM DALI

**Bu tez/...../2012 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından (.....) not takdir edilerek
Oybirliği/Oyçokluğu ile kabul edilmiştir.**

Prof.Dr. Nurgül ERCAN (Danışman)

Prof.Dr. Salih ÜLGER

Yrd.Doç.Dr. Şule ORMAN

ÖZET

DURGUN SU KÜLTÜRÜNDE YETİŞTİRİLEN MARULDA BİTKİNİN VERİM ve KALİTESİ ÜZERİNE SUDAKİ O₂ MİKTARINI ARTTIRICI UYGULAMALARIN ETKİLERİ

Rudil BAYYURT

YÜKSEK LİSANS TEZİ, BAHÇE BİTKİLERİ ANA BİLİM DALI

DANIŞMAN: Prof. Dr. Nurgül ERCAN

Haziran 2012, 82 Sayfa

Bu 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 etkileri araştırılmıştır. Bitkiler Akdeniz Üniversitesi Ziraat Fakültesi, Bahçe Bitkileri Araştırma ve Uygulama Arazisinde yetiştirilmiştir. Araştırma bölünmüş parseller deneme desenine göre üç tekerrürlü olarak uygulanmıştır.

Çalışmanın sonucunda; besin solüsyonuna hava motoru + hava taşı uygulaması ile O₂ sağladığımızda; bu uygulama diğer uygulamalara göre bitki eni, bitki kök uzunluğu ve bitki ağırlığı kalite parametreleri ile ilgili olarak daha iyi sonuçlar göstermiştir. Çeşitler açısından ise; Bohemia çeşidi yaprak sayısı parametresi dışında bitki boyu (60.72 cm, hava motoru + hava taşı uygulamasıyla), bitki eni (33.72 cm, hava motoru + hava taşı uygulamasıyla), bitki yaş kök uzunluğu (33.36 cm, hava motoru + hava taşı uygulamasıyla), bitki yaş gövde ağırlığı (225,554 g, hava motoru + hava taşı uygulamasıyla) ve bitki yaş kök ağırlığı (63.41 g, ozon jeneratörü uygulamasıyla) parametrelerinde Delight çeşidinden daha yüksek değerlere sahip olmuştur. Yeşil renk değerini veren a renk parametresinde ve sarı renk değerini veren b renk parametresinde; en iyi değerler Bohemia çeşidinde sırasıyla: ozon jeneratörü, hava motoru ve hava motoru + hava taşı uygulamalarıyla ulaşılmışken; Delight çeşidinde bu sıralama; hava motoru, hava

motoru + hava taşı, ozon jeneratörü şeklinde olmuştur. Parlaklığı veren L renk parametresinde Bohemia çeşidi en yüksek parlaklığa sırasıyla ozon jeneratörü, hava motoru ve hava motoru + hava taşı uygulamalarıyla ulaşmışken; Delight çeşidinde uygulamalar arasında önemli bir farklılık gözlenmemiştir.

ANAHTAR KELİMELEER: Marul, salata, hava motoru, hava motoru + hava taşı, ozon jeneratörü, durgun su kültürü

JÜRİ: Prof.Dr. Nurgöl ERCAN (Danışman)

Prof.Dr. Salih ÜLGER

Yrd.Doç.Dr. Şule ORMAN

ABSTRACT

THE EFFECTS OF APPLICATIONS WHICH INCREASES THE O₂ OF THE WATER ON YIELD AND QALITY OF LETTUCE GROWN IN FLOATING SYSTEM

Rudil BAYYURT

M.Sc. Thesis in Department of Horticulture

Adviser: Prof. Dr. Nurgül ERCAN

June 2012, 82 pages

In this study, 3 different applications (air pump, air pump + air stone and ozone generator) which increases the O₂ of the water have been used in floating systems and researched their effects on yield and quality of lettuce cvs Bohemia and Delight. The plants have been grown in Akdeniz University Faculty of Agriculture, Department of Horticulture Research and Application Field. The research has been designed split plot trial pattern with three replicates.

As a result of the research; when we provide O₂ in the tank by air pump + air stone; this application has been showed quality parameters of plant width, root length best results concerning yield and quality of lettuce-salad than the others. According to the lettuce cvs, Bohemia type, except the number of leaf parameter, with plant height (60.72 cm, air pump + air stone application), plant width (33.72 cm, with air pump + air stone application), the weight of wet plant (225.554 g, with air pump + air stone application) and the weight of plants wet root (63.41 g, with ozone generator application) has more higher degrees than the Delight type in its parameters. In a colour parameter which gives green colour and in b colour parameter which gives yellow colour, the best degrees in Bohemia type are observed with ozone generator, air pump, air pump + air stone applications (respectively). However, in Delight type it is observed with air engine, air pump + air stone, ozone generator

(respectively). In L colour parameter which gives brightness, Bohemia type reaches its the most brightness degree with ozone generator ,air pump and air pump + air stone applications (respectively). However, in Delight type no noticable differences are observed.

KEY WORDS: Lettuce, salad, air pump, air pump + air stone, ozone generator, floating system

COMMITTEE: Prof.Dr. Nurgül ERCAN (Adviser)

Prof.Dr. Salih ÜLGER

Asst.Prof.Dr. Şule ORMAN

ÖNSÖZ

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 yöntemlerinin yerini kontrollü ve modern üretim yöntemlerinden biri olan topraksız tarım sistemi almaya başlamıştır. Topraksız tarıma geçişin nedenlerinden biri de; tarım alanlarındaki azalmalar ve toprak kökenli hastalık ve zararlıların önlenmeye çalışılmasıdır. Topraksız tarım sistemleri çok çeşitli olmakla birlikte; özellikle yapraklı sebzelerin yetiştiriciliğinde kullanılan durgun su tekniği ile de çevreci, birim alanın verimli kullanılabilirdiği, kaliteli ve güvenilir ürünler elde etmek mümkündür. Durgun su kültürünün diğer topraksız kültür yöntemlerine göre az talep görmesinin sebebi besin solüsyonundaki O₂ içeriğinin azalmasıdır.

Bu çalışma ile durgun su kültürünün problemi olan suda çözünmüş oksijen miktarının farklı uygulamalarla sağlanarak durgun su kültürünün daha uygulanabilir hale getirilmesi ve yetersiz oksijenden kaynaklanan kök ölümlerinin doğurduğu bitki kayıplarının da önüne geçilmesi sağlanmıştır. Ayrıca; bu çalışma ülkemizdeki topraksız tarım çalışmalarına örnek olacak ve elde edilen veriler bu gibi çalışmaların sürdürülebilirliğine katkı sağlayacaktır.

Öncelikle bu konu üzerine yüksek lisansında çalışma olanağı tanıyan, tezimin her aşamasında bilgi ve deneyimini benden esirgemeyen değerli tez danışmanım Prof. Dr. Nurgül ERCAN' a şükranlarımı sunarım.

Tez çalışmamı yürütebilmem için bana hoşgörüyle zaman, imkan ve manevi destek sağlayan ASTRANOVA TARIM TİC. ve SAN. A.Ş. ailesine; Sayın Erol GÜNALAN, Sayın Özkan AKIN, Sayın Mehmet Kaan ERDOĞAN, Sayın Mehmet BAŞER' e ve tüm değerli ofis arkadaşlarıma teşekkürü borç bilirim.

Mesleki kariyerimizde ilk adımları birlikte attığım, tezim boyunca manevi destekleri ile her zaman yanımda olan kadim dostlarım, değerli meslektaşlarım Arş. Gör. Gülden YILMAZ, Arş. Gör. Buse ÖZDEMİR ve Arş. Gör. E. Ceren KALINKARA' ya çok teşekkür ederim.

Yüksek lisansım boyunca bana bilgi ve deneyimleriyle yol gösteren desteğini benden esirgemeyen sayın Dr. Funda AYAR ŞENSOY hocama en içten teşekkürlerimi sunarım.

Yüksek lisans tezimin kurulum ve yürütülmesi aşamasında verdiği emekler için değerli arkadaşım Yüksek Ziraat Mühendisi Serkan BOZKURT'a şükranlarımı sunarım.

Bu çalışmayı başarıyla gerçekleştirmem için gerekli malzemelerin alınmasını maddi yönden destekleyen Akdeniz Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimi'ne teşekkürü bir borç bilirim.

Hayatımın her anında maddi-manevi yanımda olan, bana güvenen ve bendeki emeklerini asla ödeyemeyeceğim sevgili babam Sedat BAYYURT, sevgili annem Ülkü BAYYURT ve sevgili ağabeylerim Sarp ve Berk BAYYURT' a teşekkür ederim.

İÇİNDEKİLER

ÖZET.....	i
ABSTRACT.....	iii
ÖNSÖZ.....	v
İÇİNDEKİLER.....	vii
SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ.....	ix
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	xi
ÇİZELGELER DİZİNİ.....	xii
1.GİRİŞ.....	1
2.KURAMSAL BİLGİLER VE KAYNAK TARAMALARI.....	4
2.1. Salata-marul ile ilgili kaynak bildirişleri.....	4
2.2. Topraksız tarım ile ilgili kaynak bildirişleri.....	13
2.2.1. Topraksız tarımda kullanılan sistemler ile ilgili kaynak bildirişleri.....	17
2.2.2. Topraksız yetiştiricilik için besin çözeltisi ile ilgili kaynak bildirişleri.....	27
2.2.3. Besin solüsyonundaki O ₂ ile ilgili kaynak bildirişleri.....	30
2.2.4. Uç yanıklığı ile ilgili kaynak bildirişleri.....	33
2.2.5. Su kalitesi ile ilgili kaynak bildirişleri.....	34
2.3. Salata ve marulların topraksız kültürde yetiştiriciliği ile ilgili kaynak bildirişleri.....	35

3. MATERYAL ve METOT.....	39
3.1. Materyal.....	39
3.1.1. Araştırma yeri.....	39
3.1.2. Araştırmada kullanılan bitki materyali	40
3.1.3. Araştırmada kullanılan su kültürü düzeneği.....	41
3.1.4. Araştırmada kullanılan su	43
3.2. Metot.....	44
3.2.1. Uygulamalar.....	44
3.2.1.1. Hava motoru uygulaması.....	44
3.2.1.2. Hava motoru+ hava taşı uygulaması.....	44
3.2.1.3. Ozon jeneratörü uygulaması.....	44
3.2.2. Araştırmada kullanılan solüsyonlar.....	45
3.2.3. Araştırmada kullanılan fidelerin ortama alınması.....	48
3.2.4. Denemede incelenen özellikler ve inceleme yöntemleri.....	49
3.2.5. Verilerin istatistiksel açıdan değerlendirilmesi.....	53
4. BULGULAR	54
5. TARTIŞMA.....	76
6. SONUÇ.....	78
7. KAYNAKLAR.....	79
ÖZGEÇMİŞ	

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

Simgeler

% : Yüzde

a: Renk değeri (+: kırmızı; -: yeşil)

b: Renk değeri (+: sarı; -: mavi)

cm: Santimetre

Da: Dekar

EC: Elektriksel iletkenlik

g: Gram

Ha: Hektar

I.U.: Bir ünite

kg: Kilogram

l: Litre

L: Parlaklık değeri (100: beyaz, 0: siyah)

mg: Miligram

ml: Mililitre

mm: Milimetre

°C: Santigrat derece

ppm: Milyonda bir birim

Kısaltmalar

ABD: Amerika Birleşik Devletleri

AFT: Havalandırılmalı akış tekniği (Aerated Flow Technique)

BATEM: Batı Akdeniz Araştırma Enstitüsü

DFT: Derin akan su tekniği (Deep Flow Technique)

DIT: Damlama sulama tekniği (Drip Irrigation Technique)

EFT: Yapay med-cezir tekniği (Ebb and Flow Technique)

Fe(OH)₃: Demir hidroksit

FFT: Sis besleme tekniği (Fog Feed Technique)

H₂PO₄: Dihidrojenfosfat

H₂SO₄: Sülfürik asit

H₃PO₄: Fosforik asit

HCl: Hidrojen klorür

HNO₃: Nitrik asit

HPO₄⁻²: Hidrojenfosfat

KOH: Potasyum hidroksit

NaOH: Sodyum hidroksit

NFT: Besleyici film tekniği (Nutrient Film Technique)

RMT: Kök misleme tekniği (Root Mist Technique)

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 2.1. Salata ve marulda gevşek ve sıkı topraklarda kök gelişimi.....	6
Şekil 2.2. Salata ve marul bitkisinde gövde gelişimi.....	7
Şekil 2.3. Farklı salata ve marul çeşitlerine ait yaprak renklerine örnekler.....	8
Şekil 2.4. Salata ve marulda çiçeklenme.....	9
Şekil 2.5. Salata ve marul tohumları.....	10
Şekil 2.6. Açık sistem.....	19
Şekil 2.7. Kapalı sistem.....	19
Şekil 2.8. Modern topraksız kültür teknikleri.....	26
Şekil 2.9. Köklendirilmiş bitkilerin yüzer straforlar içerisinde besin solüsyonu içeren tekneler içerisine yerleştirilmesi.....	35
Şekil 3.1. Cam seranın içten görünümü.....	39
Şekil 3.2. Bohemia marul çeşidi.....	40
Şekil 3.3. Delight marul çeşidi.....	40
Şekil 3.4. Delikli plastik saksılar.....	41
Şekil 3.5. a) Hava motoru + hava taşı, b) Ozon jeneratörü, c) Hava motoru.....	42
Şekil 3.6. A ve B tankları.....	46
Şekil 3.7. a) Bohemia ve Delight fideleri, b) 3 gerçek yapraklı bitkiler.....	48
Şekil 3.8. Bitki boyu ölçümü.....	49
Şekil 3.9. Bitki yaş gövde ağırlığı ölçümü.....	50
Şekil 3.10. Bitki yaş kök ağırlığı ölçümü.....	51
Şekil 3.11. Bitki yaprak renk analizi ölçümü.....	52

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 2.1. Türkiye’deki sebze üretiminin yıllara göre dağılımı.....	12
Çizelge 2.2. Topraksız kültür sistemleri.....	17
Çizelge 2.3. Salata, marul ve diğer yeşillikleri yetiştiren farklı yetiştiricilerin kullandığı besin solüsyonlarındaki elementlerin konsantrasyon aralıkları.....	25
Çizelge 2.4. Tuza dayanıklılık durumlarına göre sebzeler.....	28
Çizelge 2.5. Su sıcaklığına bağlı olarak tatlı sularda oksijen içeriği değişimi.....	31
Çizelge 2.6. Durgun su kültürü sal sisteminde marul yetiştiriciliği için hidroponik besin solüsyonu formülü.....	36
Çizelge 3.1. Su analiz sonucu.....	43
Çizelge 3.2. Yüksek bitkiler için besin solüsyonu kompozisyonu.....	45
Çizelge 3.3. Besin solüsyonu tank A.....	57
Çizelge 3.4. Besin solüsyonu tank B.....	57
Çizelge 4.1. Farklı O ₂ uygulamalarının ve marul çeşitlerinin bitki parametreleri üzerine etkisi.....	55
Çizelge 4.2. Farklı O ₂ uygulamalarının bitki boyu parametresi üzerine etkisi.....	56
Çizelge 4.3. Hava motoru uygulamasında bitki boyu parametresi üzerine çeşitlerin etkisi.....	56
Çizelge 4.4. Hava motoru + hava taşı uygulamasında bitki boyu parametresi üzerine çeşitlerin etkisi.....	57
Çizelge 4.5. Ozon jeneratörü uygulamasında bitki boyu parametresi üzerine çeşitlerin etkisi.....	57
Çizelge 4.6. Farklı O ₂ uygulamalarının bitki eni parametresi üzerine etkisi.....	58
Çizelge 4.7. Hava motoru uygulamasında bitki eni parametresi üzerine çeşitlerin etkisi.....	58

Çizelge 4.8. Hava motoru uygulamasında bitki eni parametresi üzerine çeşitlerin etkisi.....	59
Çizelge 4.9. Ozon jeneratörü uygulamasında bitki eni parametresi üzerine çeşitlerin etkisi.....	59
Çizelge 4.10. Farklı O ₂ uygulamalarının kök uzunluğu parametresi üzerine etkisi.....	60
Çizelge 4.11. Hava motoru uygulamasında bitki kök uzunluğu parametresine çeşitlerin etkisi.....	61
Çizelge 4.12. Hava motoru + hava taşı uygulamasında bitki kök uzunluğu parametresine çeşitlerin etkisi.....	61
Çizelge 4.13. Hava motoru + hava taşı uygulamasında bitki kök uzunluğu parametresine çeşitlerin etkisi.....	62
Çizelge 4.14. Farklı O ₂ uygulamalarının bitki ağırlığı parametresi üzerine etkisi.....	62
Çizelge 4.15. Hava motoru uygulamasında bitki yaş ağırlığı parametresine çeşitlerin etkisi.....	63
Çizelge 4.16. Hava motoru + hava taşı uygulamasında bitki yaş ağırlığı parametresine çeşitlerin etkisi.....	63
Çizelge 4.17. Ozon jeneratörü uygulamasında bitki yaş ağırlığı parametresine çeşitlerin etkisi.....	64
Çizelge 4.18. Farklı O ₂ uygulamalarının bitki kök ağırlığı parametresi üzerine etkisi....	64
Çizelge 4.19. Hava motoru uygulamasında bitki yaş ağırlığı parametresine çeşitlerin etkisi.....	65
Çizelge 4.20. Hava motoru + hava taşı uygulamasında bitki yaş kök ağırlığı parametresine çeşitlerin etkisi.....	65
Çizelge 4.21. Ozon jeneratörü uygulamasında bitki yaş kök ağırlığı parametresine çeşitlerin etkisi.....	66
Çizelge 4.22. Farklı O ₂ uygulamalarının yaprak sayısı parametresi üzerine etkisi.....	67

Çizelge 4.23. Hava motoru uygulamasındaki Bohemia ve Delight'ın bitki yaprak sayısı ortalamalarına ilişkin değerler.....	68
Çizelge 4.24. Hava motoru + hava taşı uygulamasındaki Bohemia ve Delight'ın bitki yaprak sayısı ortalamalarına ilişkin değerler.....	68
Çizelge 4.25. Ozon jeneratörü uygulamasındaki Bohemia ve Delight'ın bitki yaprak sayısı ortalamalarına ilişkin değerler.....	69
Çizelge 4.26. Farklı O ₂ uygulamalarının L renk parametresi üzerine etkisi.....	70
Çizelge 4.27. Farklı O ₂ uygulamalarının a renk parametresi üzerine etkisi.....	71
Çizelge 4.28. Farklı O ₂ uygulamalarının b renk parametresi üzerine etkisi.....	72
Çizelge 4.29. Farklı oksijen uygulamalarına ait haftalara göre pH değişimleri.....	73
Çizelge 4.30. Farklı oksijen uygulamalarına ait haftalara göre EC değişimi.....	73
Çizelge 4.31. Farklı oksijen uygulamalarına ait haftalara göre besin solüsyonu sıcaklık değişimi.....	74
Çizelge 4.32. Farklı oksijen uygulamalarına ait haftalara göre besin solüsyonundaki çözünmüş oksijen değişimi.....	74
Çizelge 4.33. Haftalara göre sera içi sıcaklık değişimi.....	75

1. GİRİŞ

Dünyamızda tarım alanları ve su kaynakları gittikçe kısıtlı bir hal almıştır. Bunda geleneksel tarım yöntemleriyle bilinçsizce kullanılan gübre ve tarım ilaçlarının yer altı sularına karışarak su kaynaklarını kullanılamaz hale getirmesinin payı büyüktür. Bu yüzden de geleneksel tarıma alternatif olarak gösterilen topraksız tarım gündeme gelmiştir. Gün geçtikçe artan nüfusa bağlı olarak üretime ihtiyaç artmakta; buna karşın nüfus artışı ile birlikte üretim alanları azalmaktadır. Bunun sonucunda da birim alandan en yüksek verimi alabilmek için uğraşılmaktadır. Bugün başta Hollanda olmak üzere İngiltere, Japonya, Yeni Zelanda, Kanada gibi birçok ülke %90'lara varan oranda topraksız tarıma geçmiştir. Ülkemizde ise başta Antalya olmak üzere İzmir, Mersin, Adana gibi belli başlı birkaç ilimizde topraksız kültür üretimi yapılmaya başlanmıştır.

Topraksız tarım; toprağın bitkisel üretime uygun olmadığı yerlerde, her türlü tarımsal üretimin durgun veya akan besin eriyiklerinde, sis şeklinde verilmiş besin eriyiğinde veya besin eriyikleriyle beslenmiş katı ortamlarda gerçekleştirilmesidir (Anonim 2010a). Topraksız tarımın seracılıkta hızla yaygınlaşmasının nedenleri şu şekilde sıralanabilir: seralarda yetiştiriciliği ekonomik olan bitki türü sayısı azdır ve üst üste aynı bitki türü yetiştirildiği için toprak yorgunluğu, toprak hastalık etmenleri ve nematodların artışına neden olmaktadır; sera toprakları örtü altında olduğundan, yağmur ve don gibi iklim olaylarının etkisi ile hastalık etmenleri ve zararlıların yok edilme şansına sahip değildir. Ayrıca yağmurlar yoluyla toprağın yıkanamaması tuz seviyesinin yükselmesine yol açmaktadır. Sera toprakları sürekli uygun sıcaklık ve nemde tutulduğundan ve yeterince havalanmadığından hastalık ve zararlıların üremesine çok uygundur (Gül 2008a). Örtüaltında topraklı yetiştiricilikte önemli verim kayıplarına sebep olan bu sorunların üstesinden gelmeyi topraksız tarım mümkün kılmaktadır. Kimyasal toprak dezenfeksiyonunda yaygın olarak kullanılan metil bromitin ozon tabakasına zarar vererek toprakta, yeraltı sularında ve yetiştirilen ürünlerde brom birikimine yol açması sebebi ile Montreal Protokolü gereğince yasaklanması, topraksız tarımın alternatif bir tarım şekli olmasında rol oynamıştır (Benoit ve Ceustermans 1995, Burrage 1999, Papadopoulos 2000, Jovicich ve Cantliffe 2001). Bunun yanı sıra topraksız kültürün hızla yaygınlaşmasında;

suyun ve gübrenin etkin kullanımının sağlanması, bitki gelişiminin ve ürün kalitesinin kontrol altında tutulmasının da payı büyüktür.

Topraksız tarım iki grup altında incelenmektedir. Bunlardan biri su kültürü, diğeri katı ortam kültürüdür. Katı ortam kültüründe; bitki köklerinin gelişip dağılabilmesi için besin eriyikleriyle zenginleştirilmiş, destek sağlayan, besin ve su kaybı az olan, iyi havalanabilir, kolay bulunabilen ve ucuz olan katı ortam doldurulmuş saksı-paket, torba, yatak ve hazır blok yapılarda yetiştiricilik söz konusudur. Su kültüründe (hidroponik kültür) ise; bitkilerin herhangi katı bir ortam içermeyen yapılarda özel besin eriyiklerinde veya bu besin eriyiklerinin belli aralıklarla bitki köklerine püskürtülmesi ile yetiştiricilik gerçekleştirilir (Anonim 2010b).

Su kültürü, bitki yetiştirme amacıyla tercih edilen en eski topraksız tarım tekniği olarak karşımıza çıkmaktadır. Hidroponik sistemin topraklı sisteme göre çok önemli avantajları bulunmaktadır. Bunlar arasında, topraklı kültürde yer alan zayıf ortam yapısı, kısıtlı drenaj, heterojen doku, yabancı ot ve toprak kaynaklı patojen risklerini taşıması yer almaktadır. Ayrıca otomatize edilmiş hidroponik sistemde sulama ve ortama besin girişi bilgisayar kontrollü gerçekleştirilebildiği için işçilikten de kar edilebilmektedir (Marr 1994). Birim alana dikilen bitki yoğunluğu yüksek olduğundan toplam verim yüksek olup, alan kullanımı optimum düzeyde tutulduğundan bitkide hızlı büyüme dolayısıyla bitki başına ürün de yüksek olabilmektedir. Besin solüsyonunun yeniden kullanılabilirliği ekonomik bir artıdır. Yabancı otlar ve patojenlerle mücadele riski daha düşük, sıcaklık, ışık yoğunluğu, ışık kalitesi, uygulama süresi, besin kompozisyonu ve yoğunluğu, nem, köklere verilen gaz miktarı gibi parametrelerin kontrolü kolaydır. Hidroponik kültür ise kendi içinde durgun su kültürü, akan su kültürü ve aeroponik kültür olmak üzere incelenmektedir.

Durgun su kültürü, yetiştiricilik dönemi kısa olan salata-marul ve yeşilliklerin üretiminde tercih edilmektedir. Bu amaçla bitkiler besin çözeltisinde serbest olarak bırakılan hafif bir materyalin (köpük levhalar) üzerinde yetiştirilmekte ve bu yöntem 'yüzen su kültürü' olarak da adlandırılmaktadır.

Bu kültür, 1930’lu yıllarda Amerika Birleşik Devletlerinde geliştirilmiştir; fakat bu yöntemde çözeltinin oksijen içeriğinin azalması başlıca sorunu teşkil etmektedir (Gl 2008b). Besin çözeltisinin oksijen içeriğine çözeltinin sıcaklığı ve çözeltideki mikroorganizma populasyonu etki etmektedir. Oksijen konsantrasyonu çözelti sıcaklığının artmasıyla azalmaktadır (Gl 2008c). Yapılan bir çalışmada, besin solüsyonunun oksijenlenmesinin ürün miktarını artırdığı ve uç yanıklığını azalttığı saptanmıştır. Besin solüsyonunun sıcaklığı, derinliği (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.

Bu çalışmada durgun su kültüründe marul yetiştiriciliğı yapılarak bitki köklerinin ihtiyaı olan en uygun O₂ miktarının sağlanması için farklı O₂ uygulamalarının ve ortamdaki oksijen miktarının bitki verim ve kalitesine etkisi araştırılmıştır.

2. KURAMSAL BİLGİLER VE KAYNAK TARAMALARI

2.1. Salata-marul ile ilgili kaynak bildirışleri

Salata ve marulun dünya üzerindeki yayılışı ve anavatanı üzerine farklı fikirler vardır. İlk olarak salata ve marul yetiştiriciliğinin M.Ö 4500'lü tarihlerde Mısır'da yapıldığı bilinmektedir. Salata ve marulların doğal yaşama ortamının Orta Avrupa, Güney Avrupa, Kanarya Adaları, Cezayir, Habeşistan, Mezopotamya, Kafkasya, Keşmir, Nepal, Kuzey Hindistan bölgelerini kapsayan bir coğrafyaya yayıldığı bildirilmiştir. Salata ve marulun en az 2500 yıldır üretildiği bilinmektedir (Vural vd 2000).

Salata ve marul türlerinin sistematikte yeri incelendiğinde *Asteraceae* (*Compositae*) familyasının *Lactuca* cinsine ait oldukları görölmektedir;

Sınıf: *Dicotyledoneae*

Alt sınıf: *Asteridae*

Takım: *Asterales*

Familya: *Asteraceae* (*Compositae*)

Cins: *Lactuca*

Tür: *Lactuca sativa* L.

Salata ve marulun morfolojik özellikleri arasında en önemli yeri yaprak özellikleri almaktadır. Yaprakların düz veya kıvrıkcık oluşu ile yaprak rengi önemli birer ayırıcı faktördür.

Bu özellikler dikkate alındığında Thompson ve Kelly (1957), Ryder (1979), Bayraktar (1981) ve Günay (1993) salata ve marulları genelde 3 ana gruba ayırmıştır:

Kıvırcık yapraklı salatalar (Crisp):

Baş oluşturan kıvırcık yapraklı salatalar (Crisphead)

Açık yeşil ve koyu yeşil yapraklı salatalar

Kahverengimsi –mor yapraklı salatalar

Baş oluşturmeyan kıvırcık yapraklı salatalar (Bunching)

Açıkyeşil ve koyu yeşil yapraklı salatalar

Kahverengimsi-mor yapraklı salatalar

Yağlı salatalar (Butter)

Baş oluşturan yağlı salatalar (Butterhead)

Açık yeşil ve koyu yeşil yapraklı yağlı salatalar

Yeşil üzerinde kahverengimsi renkli yapraklı yağlı salatalar

Kahverengimsi-mor yapraklı yağlı salatalar

Baş oluşturmeyan yağlı salatalar

Açıkyeşil ve koyu yeşil yapraklı yağlı salatalar

Yeşil üzerinde kahverengimsi renkli yapraklı yağlı salatalar

Kahverengimsi-mor yapraklı yağlı salatalar

Marullar (Romaine = Cos)

Göbek oluşturan marullar (Yedikule)

Açıkyeşil ve koyu yeşil yapraklı göbekli marullar

Kahverengimsi-mor yapraklı göbekli marullar

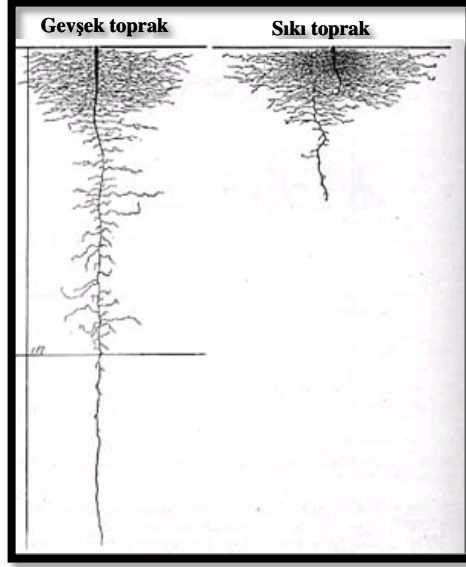
Göbek oluşturmeyan marullar (Karamarul)

Açıkyeşil ve koyu yeşil yapraklı göbeksiz marullar

Kahverengimsi-mor yapraklı göbeksiz marullar (Vural vd 2000).

Salata ve marullar besin deposu olarak görev yapan, oldukça derine inebilen üzerinde bol miktarda saçak kök taşıyan kazık köke sahiptirler. Saçak kökler genellikle toprağın 20-30 cm derinliğine yayılırlar. Çiçeklenme devresinde uygun koşullarda kazık kökün 100-150 cm derine inebildiği bildirilmiştir (Vural vd 2000).

Weaver ve Bruner (1927) tarafından marulun kök gelişimi üzerine gerçekleştirilen bir çalışmada, üç haftalık salata ve marul köklerinin sıkışık topraklarda yaklaşık 15 cm, gevşek topraklarda ise yaklaşık 43-53 cm arasında olduğu bildirilmiştir (Şekil 2.1).



Şekil 2.1. Salata ve marulda gevşek
ve sıkı topraklarda kök gelişimi
(Weaver ve Bruner 1927'den modifiye edilmiştir)

Salata ve marulların rozet şeklindeki gövdeleri toprak seviyesinin hemen üzerinde yer alır. Yetiştiricilik uygulamalarında ürün gövdelerinin uzamasına izin verilmeden hasat edilir. Günlerin uzaması ve sıcaklıkların artmasının etkisiyle gövde Şekil 2.2'de görüldüğü üzere ortalama 80-100 cm uzadıktan sonra yaprak koltuklarından yan dalları ve çiçekleri oluşturur. Toprağın hemen üzerinden gelişmeye başlayan gövde yukarıdan aşağıya doğru artan oranda yaprak taşır (Vural vd 2000).



Şekil 2.2. Salata ve marul bitkisinde gövde gelişimi (Anonim 2009b)

Salata ve marulların yaprakları bitkinin sebze olarak değerlendirilen kısımlarıdır ve çeşitlere göre büyük farklılıklar göstermektedirler. Yapraklar renk, şekil, irilik, düz yapı, kıvrıkcık yapı, uzunluk, genişlik ve etlilik gibi karakterler bakımından çok farklı formlara sahiptir. Yaprakların sahip olduğu çeşitli renkler ise Şekil 2.3’de görüldüğü üzere, koyu yeşil, açık yeşil, sarımtırak yeşil, kahverengimsi yeşil, serpmeye vişne rengi, açık ve koyu kırmızı, lekeli ve dağınık mor renkler hakimdir (Vural vd 2000). Yapraklardaki kırmızı renk özelliği üzerine antosiyon hücrelerinin yoğunluğunun etkili olduğu ifade edilmektedir (Vural vd 2000).



Şekil 2.3. Farklı salata ve marul çeşitlerine ait yaprak renklerine örnekler (Anonim 2009c)

Bitkinin girdiği salata ve marul grubuna göre baş ve göbek özellikleri değişiklik göstermektedir. Marullarda göbek olarak ifade edilen baş tutma şekli 5-6 dış yaprağı takiben gelişen yaprakların, elips formda bitkinin büyüme konisinde 40-45 adet yaprak bir araya gelerek marulun tüketilen kısmı olan göbek oluşumunu sağlar. Salata grubunda ise yine 5-6 dış yapraktan sonra gelişen 25-35 adet yaprak birbiri üzerine sarılarak bitkinin sürgün ucunda lahanalara benzer şekilde baş oluştururlar. Göbek ve baş oluşturan salatalarda yaprakların renkleri göbek veya baş üzerinde dıştan içe doğru bir açılma göstermekte, yaprakların gevrekliği de göbek ve başın iç kısmına doğru artmaktadır. Özellikle çok kıvrıkcık olan salata çeşitleri ile diğer bazı salata çeşitleri hiç göbek veya baş oluşturmazlar. Bunlar da yaprak rozet şeklinde sıkı bir dizilim gösterir ve yaprak marullar grubuna girerler (Vural vd 2000).

Genelde uzun gün bitkisi olan salata ve marulların ieklenmesinin fotoperyodizm ile yakın ilişkisi bulunmaktadır. Salata ve marullar, bitkinin çeşidine göre 11-14 ve 17-18 saat gibi srelerde gün uzunluğuna ulaştıkları zaman ve hava sıcaklıklarının da artması ile çiçeklenmeye yönelirler. Gün uzunluğu artışı kışlık ve erkenci çeşitlerde çiçeklenme hızında bir artış meydana getirirken, yazlık çeşitler ise daha geç dönemde çiçeklenmeye başlar. Gün uzunluğu ile birlikte artan sıcaklıkların etkisiyle başlayan generatif dönemde meydana gelen iek sapları 60 ile 120 cm arası yükselerek her bir sap iekle son bulur. iek sapları ise aşağıdan yukarıya doğru azalan oranda yaprak içerirler. Yapraklar iek saplarını dışardan sarar. Çiçekler demetler halinde dizili bir şekilde iek sürgünleri üzerinde bulunur. Herbir demette yaklaşık olarak 15-25 adet olmak üzere şekil 2.4’de gösterildiği gibi sarı ve açık sarı renkli çiçekler oluştururken, kırmızı renkli çeşitlerin çiçekleri de kırmızı, kırmızı benekli veya sarı kırmızı olabilmektedir. Ta yaprak sayısı 10-17 arasında değişim göstermektedir. Herbir iek stigma, bir stil ve iki karpelli yumurtalık taşır. Anter ise stilin etrafını sarmış bir boru şeklindeydir. Çiçekler aynı anda açılmazlar genel olarak aşağıdan başlar ve dıştan içe doğru açılır. Biyolojik olarak erseliktirler ve döllenme yüksek oranda kendinedir. Sabah 06:00-07:00 arası açılan çiçekler açılım sırasında dişicik tepesi boru şeklindeki erkek organlar arasından sürtünerek yükselirken tozlama ve döllenme meydana gelir. Döllenen iekler öğle saatlerine doğru kapanır bir daha açılmaz (Vural vd 2000).



şekil 2.4. Salata ve marulda ieklenme (Anonim 2009d)

Çiçeklenmeden 3-5 hafta sonra olgunlaşan tohumlar Şekil 2.5' de görüldüğü üzere genel olarak yassı ve uzunlamasına oluklu ve uç tarafları çıkıntılıdır. Tohumlar 3-6 mm uzunlukta, 0.3-0.6 mm kalınlıkta ve 0.8-1.0 mm genişliğinde renkleri ise kirli-beyaz sarı, krem, kahverengi ve siyaha yakın tonlarda olabilmektedir. Bin dane ağırlığı 0.8-1.2 g arasında olan tohumlar 20 °C de 4-7 günde çimlenirler ve çimlenme için ön ısıtmeye ihtiyaç duyulur. 26 °C üzerindeki sıcaklıklarda tohumların çimlenmesinde büyük oranda bir azalma oluşur (Vural vd 2000).



Şekil 2.5. Salata ve marul tohumları (Anonim 2009b)

Jones (2005)'un belirttiğine göre marul ve çoğu salata çeşidi serin iklim sebzesidir. Yetiştirme sıcaklığını 8 ile 24°C arasında tutmak gereklidir. Sıcaklık 25°C'nin üzerine çıkarsa sapa kalkma, uç yanıklığı, renk kaybı, zayıf çimlenme meydana gelir. Yüksek sıcaklık ve/veya yüksek ışık koşullarında marul, salata ve diğer serin iklim sebzelerinde (ıspanak ve brokoli) sapa kalkma, tohuma kaçma, tadında acılaşıma oluşur. Kalsiyum eksikliğinin belirtisi olan ve yaprak kenarlarının ölümüyle sonuçlanan uç yanıklığı, hızlı büyümeyi tetikleyen ve bitki bünyesinde su dolaşımını yavaşlatan yüksek sıcaklıkla önemli derecede ilgilidir.

Besin solüsyonunda kalsiyum miktarının artırılması, Potasyum:Kalsiyum oranının düşürülmesi ve elektrik iletkenliği'nin düşük seviyelerde tutulması uç yanıklığı oluşumunu minimize edecektir.

Fox (1997)'un bildirdiğine göre gölgelendirme ve misleme uygulaması yüksek sıcaklık ve ışık koşullarında salata ve marulların yetiştiriciliğini mümkün kılar. Genellikle seralarda ve açıkta yetiştirilen marul ve salatalar, diğer sebzelere göre daha az deneyim ve beceri gerektirdiğinden durgun su kültüründe yetiştiriciliğe daha uygundur (Morgan 1999a, Ryder 1999).

Salata ve marullar bütün yıl boyunca açık ve örtü altı koşullarında yetiştirilebilen salata ve taze yeşillik olarak tüketilen sebzelerdir. İçerdiği vitamin ve mineral maddeler ile iştah açıcı sebzeler grubunda yer almaktadır. Buna göre 100 g taze salata ve marul yaprağının 6-8 mg askorbik asit, 1-1.5 g ham protein, 0.2-0.4 g yağ ve 1.5-2.5 g karbonhidrat, 330 I.U. vitamin A, 20-25 mg kalsiyum, 40 mg fosfor, 1.5 mg demir bulunmaktadır. Ayrıca salata ve marul yaprakları % 94-95 oranında su ihtiva etmektedir.

Türkiye'de farklı türden yaklaşık 1.700.000 ton yaprağı yenen sebze üretilmekte bunun 375.000 tonunu marul oluşturmaktadır, bu üretim miktarıyla ülkemiz dünyada sekizinci sırada yer almaktadır (Anonim 2005). Ülkemizdeki salata ve marulun ticari boyutlardaki üretimine bakacak olursak; Ege, Marmara, Akdeniz bölgelerinde Haziran-Ağustos arasındaki aylar hariç yılın her mevsiminde yapılabildiği görülmektedir. Üretim dönemi oldukça kısa olan (2-3 ay) salata ve 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).

Türkiye şartlarında yılın her mevsimi yetişebilen marullar, Akdeniz, Ege ve Marmara bölgelerinde sonbahar, kış ve erken ilkbaharda, Karadeniz ve Doğu Anadolu gibi bölgelerde bazı önlemler olarak yıl boyunca yetiştiricilik yapılabilir. Sıcak bölgelerdeki üretimi engelleyen en önemli iklimsel faktör sıcaklık ve gün uzunluğudur (Vural vd 2000).

Türkiye'deki toplam sebze üretim alanı ve sebzelerin yenilen kısımlarına göre üretim miktarlarının yer aldığı Çizelge 2.1'de salata ve marulun üretim miktarları gösterilmiştir (Anonim 2012a).

Çizelge 2.1. Türkiye'deki sebze üretiminin yıllara göre dağılımı

Yıllar	2005	2006	2007	2008	2009
Sebze Üretim Alanı (X1000 ha)	806	853	815	835	811
Toplam Salata ve Marul Üretimi (Ton)	372000	390659	367532	439641	438038
Meyvesi İçin Yetiştirilen Sebzeler (Ton)	21581500	21211268	20854683	22249469	21934983
Yumru ve Kök Sebzeler (Ton)	3292300	2978659	3222478	3312533	3153718
Diğer Sebzeler (Ton)	1598362	1661685	1598587	1656317	1691694
Toplam Sebze Üretimi (Ton)	26472162	25851612	25675748	27218319	26780395

2.2. Topraksız tarım ile ilgili kaynak bildirifleri

Topraksız yetiftiricilik, M.Ö. eski Romalı ve Yunanlıların, Mısır, Çin, Babil ve Hindistan’da; hıyar, karpuz ve diğér sebzeleri kumlu nehir yatağında (agregat kültürü) yetiftirmek için çözünmüş gübre kullanmasıyla başlamıştır. Bu sistem daha sonraları, ‘nehir yatağı yetiftiriciliğı’ şeklinde adlandırılmıştır. Sistem, bitki fizyologlarının deneme amacıyla özel bitki yetiftirmeye başladığı dönemde ‘Besin- kültürü (Nutriculture)’ adını almıştır. Ardından, su kültürü, çözelti kültürü, çakıl kültürü gibi değışik terimler kullanılarak tanımlanmıştır.

Dünya üzerinde değışik topraksız yetiftiricilik sistemleri ile bitki yetiftirilmesine karşılık, konuyla ilgili önemli araştırmalar 1920’lerde başlamıştır. Ticari topraksız yetiftiricilik sistemlerinin kurulmasına 1940’larda başlanmış ve 1960’larda bu sistemler pazarlanmaya başlanmıştır.

Günümüzde, dünyanın çoğı bölgesinde çok sayıda ticari hidroponik çiftlikleri bulunmaktadır. Devlet araştırma enstitüleri dışında, çok sayıda küçük ve çok uluslu büyük şirketler; Avustralya, Belçika, Danimarka, Hollanda, Japonya, Tayvan ve Amerika’da bu ticari teknolojiye yatırım yapmaktadır.

Dünyada toplam 31000 hektar topraksız tarım alanın bulunduğu tahmin edilmektedir. Hollanda’da 6000, İspanya’da 5000, İtalya’da 1000, Çin’de 1000 hektar yapılmaktadır. Toplam sera alanın 1,2 milyon olduğı dikkate alındığında, topraksız tarımın sınırlı (%3) bir kullanımı olduğı söylenebilir. Bununla birlikte Hollanda’da topraksız tarımın toplam sera alanın %90’ını oluşturduğı bildirilmektedir (Tognoni vd 2004).

Topraksız tarımının kullanımı son yıllarda hızla artmaktadır. İspanya’da 2000 yılında 3000 ha olan (Van Os 2000) topraksız tarım alanı 2004 yılında 5000 hektara ulaşmıştır (Tognoni vd 2004). Avrupa’ya sebze ihraç eden Fas’ta topraksız tarımın hızla geliştiğı ve 2003 yılı itibarı ile topraksız tarım yapılan sera alanın 426 hektara ulaştığı bildirilmektedir (Hanafi ve Scnitzler 2004).

Türkiye’de topraksız tarımın ticari üretimde kullanımı 1990’lı yıllarda ilimizde kurulan modern sera işletmelerinde başlamıştır. Topraksız tarım yapılan alanın 2000 yılında 20 ha, 2004 yılında 75 ha (Tüzel vd 2005) ve 2006 yılında 92 ha olduğu rapor edilmektedir. 2007’de ülkemizde topraksız tarım alanının 150 ha civarında olduğu tahmin edilmektedir (Gül 2006).

Türkiye’de 2010 yılında topraksız tarım yetiştiriciliği 3,275 dekadır. Antalya’da ise 2009 verilerine göre 49 kuruluş 1,594 da alanda başta domates olmak üzere hıyar, biber, kavunda topraksız yetiştiricilik yapmaktadır. 2010 yılı verilerine göre ise toplam 59 kuruluş çoğunluğu domates olmak üzere hıyar, biber, kavunda toplam 1,875 da alanda (kesme çiçek 25 da) topraksız yetiştiricilik yapmaktadır (Anonim 2012c).

Topraksız tarım; bitkilerin durgun, akan besin solüsyonu veya besin maddelerince zenginleştirilmiş katı yetiştirme ortamları içerisinde yetiştirilmesidir. Kısacası; topraksız yetiştiricilik, geleneksel topraklı ürün yetiştiriciliğinde karşılaşılan problemlerden bazılarını azaltmaya yardım eden bir bitki yetiştirme sistemidir.

Topraksız yetiştiricilik, toprak kökenli hastalık ve zararlıların kontrol altına alınmasını sağladığı gibi özellikle tropik iklim bitkileri için oldukça zararlı olan ve yaşam döngüsü iklim nedeniyle sürekli olan organizmaların yok edilmesinde oldukça başarılıdır. Ayrıca, topraksız yetiştiricilik ile toprak sterilizasyonu, toprak işleme gibi yüksek iş gücü maliyeti gerektiren ve fazla zaman alan işler azaltılmış olur. Çünkü sera yetiştiriciliğinde kimyasal kullanımı azaltmak ve toprak kökenli hastalık ve zararlıların neden olduğu kayıpları önlemek amacıyla toprak dezenfeksiyonu yapılmaktadır.

Toprak dezenfeksiyonu fiziksel ve kimyasal olarak yapılabilir. Fiziksel dezenfeksiyon toprak sıcaklığının artırılarak, kimyasal dezenfeksiyon ise çeşitli kimyasallar yardımıyla yapılmaktadır. Fiziksel dezenfeksiyon solar enerjinin kullanımıyla ancak Akdeniz ülkelerinde ve kıyılarında yapılabilir ve yazın seraların 6–8 hafta boş kalmasına ve ekstra iş gücüne neden olmaktadır.

Buharla yapılan dezenfeksiyonun yatırım ve işletme maliyeti yüksektir. 1970’li yıllarda ortaya çıkan dünya enerji krizi nedeni ile buharla toprak dezenfeksiyonun çok pahalı hale gelmesi Hollanda gibi Kuzey Avrupa ülkelerinde topraksız tarımın kullanımının başlamasına neden olmuştur (Van Winden 1998). Daha sonraki yıllarda ise topraksız tarım, kimyasal toprak dezenfeksiyonuna alternatif olarak büyük önem kazanmıştır.

Kimyasal toprak dezenfeksiyonunda yaygın olarak kullanılan metil bromitin ozon tabakasına zarar vermesi, ayrıca toprakta, yeraltı sularında ve yetiştirilen ürünlerde brom birikimine yol açması nedeni ile Montreal Protokolü gereğince, yasaklanması önemli rol oynamıştır (Benoit ve Ceustermans 1995, Burrage 1999, Papadopoulos 2000, Jovicich ve Canlitffe 2001).

Topraksız yetiştiricilik, temiz çevrede çalışma imkanı sağlar ve dolayısıyla iş gücü kiralamak kolaydır. Tam tanımlama ile topraksız yetiştiricilik; optimum bitki gelişmesi için gerekli besin elementlerini sağlayan besin çözeltisinde, mekanik destek sağlamak için çakıl, vermikülit, kaya yünü, peat yosunu, talaş gibi katı ortam kullanılarak ya da kullanılmadan bitki yetiştirme teknolojisidir. Bitkinin doğal olarak yetiştiği ortam olan toprak, bitki kök gelişimi için gerekli havayı ve sıcaklığı sağlamaktadır. Toprak besin elementlerince yetersiz hale geldiği zaman, havalandırma ve sıcaklık da düşükse bitki gelişimi ve verimi de azalmaktadır. Yani toprağın drenajının yetersiz olması bitki yetiştiriciliğini olumsuz yönde etkilemektedir. Toprakta bitki gelişimi için gerekli bütün şartlar yerine getirilmektedir. Bu toprağın tampon etkisi olarak adlandırılır. Ayrıca, topraktan doğal mineralleşme ile ayrılan besinler de bitki tarafından alınmaktadır. Sıvı veya katı ortamda, asitlik veya alkalilik (pH) ve elektriksel iletkenlik (EC)’nin bitki kök gelişimi için uygun şartlarda olması da topraktakine benzer şekilde ortamın tampon etkisi olarak adlandırılır. Ancak topraksız yetiştiricilikte bitki yetişmesi için gerekli besinler yapay yolla sağlanmaktadır (Kasım 2004).

Herhangi bir topraksız yetiştiricilik sistemiyle üretim yapılırken aşağıdaki faktörler göz önüne alınmalıdır:

- a. Kullanılan su veya katı ortam bitkiye tampon görevi yapmalıdır.
- b. Kullanılan besin çözeltisi veya gübre karışımı, bitki büyümesi ve gelişmesi için gerekli makro ve mikro besin elementlerini içermelidir.
- c. Besin çözeltisinin tampon etkisi uygun sınırlarda olmalıdır; yani bitki kök sistemi veya katı ortam etkilenmemelidir.
- d. Katı ortam veya besin çözeltisinin sıcaklığı ve havası, bitki kök sistemi için uygun olmalıdır (Kasım 2004).

2.2.1.Topraksız tarımda kullanılan sistemler ile ilgili kaynak bildirişleri

Topraksız kültür sistemleri hakkında çok farklı sınıflandırmalar mevcuttur. Olympios (1999)'un yaptığı sınıflandırma Çizelge 2.2 'de verilmiştir.

Çizelge 2.2. Topraksız kültür sistemleri (Olympios 1999)

Solüsyon Kültürü (Gerçek Su Kültürü)	Agregat Sistemleri		
	İnorganik ortam		Organik ortam
	Doğal ortam	Sentetik ortam	
1.Sabit solüsyonlar	1. Kum	1.Poliüretan köpük (PUR)	1. Talaş
2.Sirkülasyonlu solüsyonlar (NFT)	2. Çakıl	2.Plastik köpük	2. Ağaç kabuğu
3.Aeroponik	3. Kayayünü	3. Hidrojel	3. Ağaç artıkları
	4. Camyünü		4. Torf
	5. Perlit		5. Yün
	6. Vermikülit		6. Posa
	7. Pomza		7. Kokopit
	8. Genişletilmiş kil		
	9. Zeolit		
	10. Volkanik tüf		
	11. Lületaş		

Marhaba (1998)'ya göre iki çeşit topraksız kültür sistemi vardır:

Agregat kültürü veya substrat kültürü: Katı inorganik madde ile kombinasyonu kullanıldığı zaman (kum, çakıl, perlit, vermikülit vb.) veya torf gibi katı organik ortam kullanıldığı zaman sistem substrat kültürü veya agregat kültürü adını alır.

Su kültürü (hydroponics): Eğer topraksız kültür sistemi sadece besin solüsyonu kullanırsa sistem “Su kültürü” veya “Solüsyon kültürü” olarak da adlandırılır. Bu sistemin temel avantajı bitkinin kök sisteminin yüksek hacimli besleyici solüsyon ile daima temas halinde olması dolayısıyla bitkiye yeterli miktarda su ve besin takviyesi sağlamasıdır. Ana dezavantajı ise bitkilerin köklerine iyi destek olmaması ve köklerin havalandırılmasının zorluğudur.

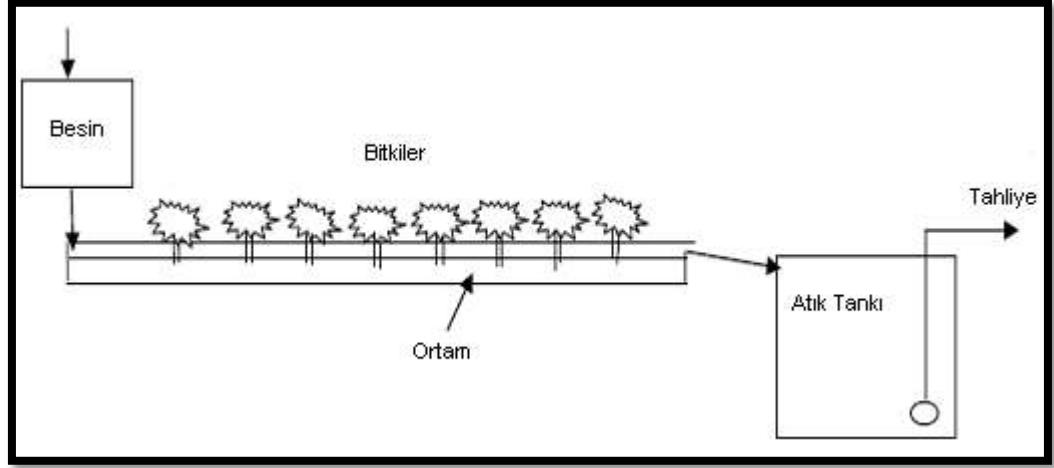
Diver (2006)’e göre; topraksız tarım iki başlık altında toplanmaktadır. Bitkilerin besin solüsyonu içerisinde yetiştiriciliği su kültürü (hidroponik), katı ortamlarda yetiştiriciliği ortam (substrat) kültürü olarak adlandırılmaktadır.

Ortam (substrat) kültürü: Substrat kültürü ülkemizde ve dünyada ticari olarak kullanılan en yaygın kültürdür. Bu kültürde çeşitli organik (torf, kokopit, çeşitli kompostlar, vb.) ve inorganik substratlar (kum, çakıl, kil, perlit, kayayünü, pomza, vb.) kullanılmaktadır (Diver 2006) .

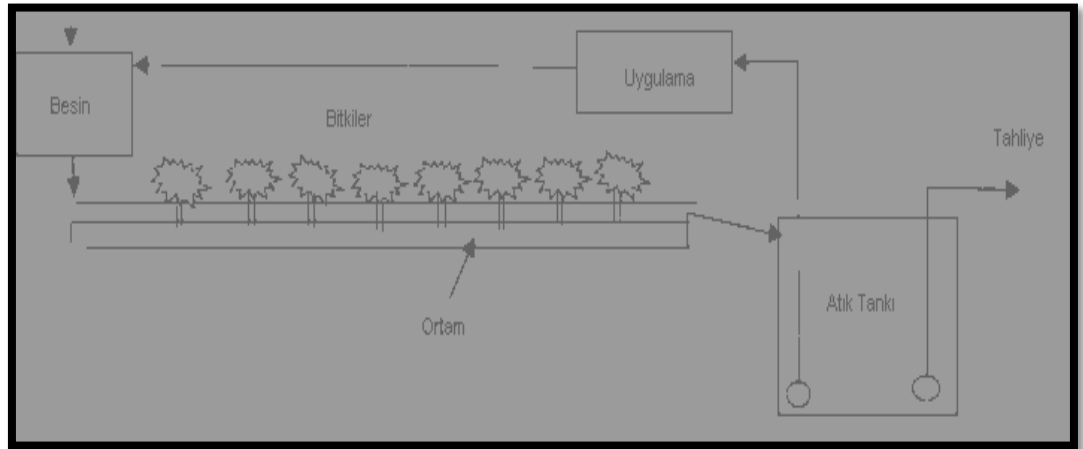
Organik ortam olarak en yaygın kullanılanlar torf ve kokopit, inorganik olarak en yaygın kullanılanlar perlit ve kaya yünüdür. Bu teknikde çeşitli kaplara konulan substratlar üzerinde bitki yetiştiriciliği yapılmaktadır. Kaplardaki bitkiler EC ve pH’ları ayarlanan gübre solüsyonları ile beslenmektedir.

Sevgican (2003), torfun pahalı bir yetiştirme ortamı olduğunu ancak birden fazla, mesela üç kez üst üste kullanılabiliyor olmasının, maliyetinin düşmesine neden olduğunu, fakat dört yıl sonra ortaya çıkan oturma ve sıkışmanın kök gelişimini olumsuz yönde etkilemeye başladığını bildirmiştir. Torfun diğer yetiştirme ortamlarıyla karıştırılarak kullanılmasının çok yaygın olduğunu, ortamın su tutma gücünü yükseltmesi için, inorganik ortamlarla karıştırılarak kullanılabileceğini bildirmiştir.

Kültürde kullanılan gübre solüsyonları Şekil 2.6' daki gibi eğer tek bir sefer kullanılıyor ve kullanıldıktan sonra drene edilip dışarıya atılıyorsa bu şekilde yapılan kültür işlemine açık sistem, eğer gübre solüsyonu tekrar toplanıp Şekil 2.7'deki gibi kullanılıyorsa bu şekilde yapılan kültüre kapalı sistem adı verilir.



Şekil 2.6. Açık sistem



Şekil 2.7. Kapalı sistem

Su (solüsyon) kültürü: Eğer kültürde sadece besin solüsyonu kullanılıyorsa bu sisteme solüsyon veya su kültürü adı verilir (Diver 2006). Bu kültürde uygulanabilen değişik teknikler vardır.

Gelgit tekniği: Bu sistemde bitki besin solüsyonları kaplara konulur ve üzerinde bitkiler yetiştirilir. Günde 3–4 kez kaplar boşaltılarak bitki köklerine oksijen kazandırılır. Bu teknik daha çok ev bahçelerinde ve hobi amaçlı kullanılır.

Durgun su tekniği: Bu sistem yapraklı bitkiler için en ideal sistemdir. Sistemde bitkiler strafor adı verilen dikdörtgen polyesterden imal izolasyon kalıplarının üzerinde sabit olarak dururlar. Besin solüsyonları çeşitli kaplara konur ve kapların dip kısmındaki çeşitli motorlar aracılığıyla besin solüsyonlarının çökmesi önlenir ve kökler için gerekli oksijen solüsyona kazandırılır.

Su havuzuna konulacak suyun miktarı, yatak uzunluğu (m) x yatak genişliği (m) x su derinliği (m) = su miktarı m³ formülü ile hacim olarak belirlenir. Genelde su havuzunun derinliğinin 16–17 cm olması tavsiye edilmektedir. Su havuzunun gübrenmesinde 75–125 ppm azot seviyesi sınırlarında gübre uygulanmalıdır (Hensley ve Fowlkes 2002).

Yapılan çalışmalarda durgun su kültürü tekniğiyle marul yetiştiriciliğinde çözünmüş oksijen konsantrasyonlarının değişik etkileri olduğu saptanmıştır (Goto vd 1996).

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

Akan su tekniği (Nitruent Film Technique): Akan su tekniğinde besin solüsyonu bir tanktan pompa yardımıyla bitki köklerine verilir ve tekrar tankta toplanır. Sistem sürekli bu şekilde köklere oksijen kazandırır.

Sullivan ve Garleb (1999), ABD’de 1999 yılında 400 ha alanda, perlit, çakıl, kum ve NFT’de, domates, hıyar ve marul yetiştirildiğini saptamışlardır.

Şen (1998), su kültüründe akan su tekniğinde yetiştirilen bitkilerin ortalama meyve ağırlıklarının normal yetiştirme metotlarına oranla daha fazla olduğunu saptanmıştır.

Aerasyon (Pulverizasyon) tekniği: Bu sistem de bitki köklerine besin solüsyonu spray şeklinde ince zerrecikler halinde verilir. Bu teknikte köklere optimum oksijen sağlanır.

Entegre su kültürü: Bu tekniklerin yanında su kültürü ve su ürünleri kültürü entegre hale getirilerek yeni bir yetiştiricilik tekniği geliştirilmiştir ve çeşitli faydaları saptanmıştır (McMurty 1990).

Bu teknik son yıllarda popülerlik kazanmasına karşın orijinal entegre sistemler 2500 yıl öncelerinde Çin’deki pirinç tarlalarında kullanılmaktaydı (Fernando 2002). Bu sistemde aynı su kullanılarak hem su ürünleri hem sebze yetiştiriciliği yapılabilmekte, bir biyolojik sistemdeki atık maddeler diğer sistem için besin olarak kullanılabilir. Entegre su kültürü mono kültür yetiştiricilikteki atık birikiminin azalması, verim ve karlılığın artmasında potansiyel bir çözüm anlamına gelmektedir (Martines-Aragon vd 2002).

Bitkiler entegre su kültürü içinde ortak kullanım için idealdirler çünkü yüksek çözünmemiş azot ve fosfor biyolojik filtrasyon verimleri yüksektir (Haugland ve Pedersen 1993, Krom vd 1995, Neori vd 1996, Hermnandez vd 2002).

Rakocy ve Hargreaves (1993)’e göre entegre su kültür sistemleri yapay çevre kontrolünü sağlamak için dizayn edilmiştir, bu sayede su kaynakları korunmuş olur ve balık ve bitki gelişimi sağlanır.

Eğer sistem içerisindeki besin solüsyonu devir daim ediyorsa bu şekilde kurulan sistemlere “Kapalı Sistem”, şayet sistem içerisindeki besin solüsyonu bir sefer kullanıldıktan sonra atılıyor ise bu tip sistemlere “Açık Sistem” adı verilmektedir. Besin solüsyonunun kompozisyonun değişmesi ve hastalıkların hızlı bir şekilde yayılma potansiyeli kapalı sistemin en önemli dezavantajıdır (Marhaba 1998).

Marhaba (1998)’ ya göre modern topraksız kültür teknikleri yedi ayrı sınıfa ayrılmıştır. Buna göre;

Yapay med-cezir tekniği (Ebb and Flow Technique): Şekil 2.2.1.3’de EFT ile gösterildiği gibi besin solüsyonu günde 3-4 kez köklerin hava almasına izin verecek şekilde tahliye edilir. Bu teknik ev bahçeleri için uygundur.

Derin akan su tekniği (Deep Flow Technique): Şekil 2.2.1.3’de DFT ile belirtilen bir kaç cm derinliğe sahip besin solüsyonu içerisinde yüzer vaziyette bulunan kökler etrafında pompa veya yerçekimi etkisiyle devir daim ettirilir. Bu metot Dinamik Kök Yüzdürme (Dynamic Root Floatation) ya da "Raceway Hydroponic" isimleri ile de anılır ve yapraklı sebzeler için idealdir.

Havalandırılmalı akış tekniği (Aerated Flow Technique): Şekil 2.2.1.3’de AFT olarak gösterilen teknik DFT nin geliştirilmiş bir versiyonudur. Bu teknikte besin solüsyonu genel olarak özel bir mekanizmayla havalandırılır. Bütün yapraklı ve meyveli bitkiler için mükemmel bir tekniktir.

Besleyici film tekniği (Nutrient Film Technique): Şekil 2.2.1.3’de NFT ile gösterilmektedir. İnce film halinde besin solüsyonu sürekli olarak meyilli dar bir kanaldan aşağı hareket ederek kökleri ıslatır. Besleyici film tekniği en yaygın sistemlerden biri olup su değişiminin her yerde homojen olmasını sağlayacak şekilde hafifçe eğim (genelde % 1’den az) verilmiş bir tabana sahip (Berry ve Knight 1997) havuz içerisinde bitki köklerinin oksijence zengin besin solüsyonuyla temas halinde olduğu bir şeklidir (Jones 2005).

Bu sistemin diğer hidroponik sistemlere göre temel avantajı bitkinin optimum büyümesine olanak tanıyacak ısıtma-soğutma muamelelerini mümkün kılacak kadar düşük hacimde su ve besin ortamı kullanımıdır (Jones 2005). Ayrıca yapılandırılması kolay ve ekonomik, genellikle 3 mm sıklıkta bitki köküne su, besin ve havalandırma sağlayan sürekli dolaşım halinde olan bir besin solüsyonundan ibarettir (Berry ve Knight 1997). Besin solüsyonu sürekli veya belli aralıklarla bir pompa yardımıyla rezerve tank ile kültür tankı arasında resirküle edilmektedir. Su değişimi kültürü yapılan bitki sayısı ve büyüklüğüne bağlı olsa da genellikle 2 l/dk'dan az değildir (Berry ve Knight 1997). Bitkinin dikili olduğu viyoller, içerisine açılmış olan oyuklarda taşıyan strafor materyal besin solüsyonu yüzeyinde yüzer halde bulunur. Bitki kökleri besin solüsyonu ile temas halindedir (Sheikh 2006). Besleyici film tekniğinde yapılan salata ve marul yetiştiriciliğinde su kalitesi ve besin solüsyonunun bakımı başarı için zorunludur (Alexander 2001).

Schoenstein (2001)'in yaptığı bir çalışmada salata ve marullar organik olarak Besleyici Film Tekniğinde yetiştirilmiştir. Bu çalışmada salata ve marul bitkileri 3.6 m uzunluğundaki bir kanala, 10 cm aralıklarla yerleştirilmiş NFT oluğunun eğimi inorganik bazlı besin solüsyonunkinden daha büyük olmuştur.

Tohumların çimlenmesi genellikle viyollerde yapılır ve çimlendikten sonra, çimlenmiş bitkileri içeren küpler NFT kanalına konulur. Tohumlar aynı zamanda yetiştirme ortamını içeren kaplarda da yetiştirilebilir. Kökler kabın altından görünür hale geldiğinde kaplar NFT kanalına yerleştirilebilir. Köklenme ortamı kokopit gibi çeşitli organik substratların karışımından veya perlit gibi inorganik substratların karışımından herhangi birinden ibaret olabileceği gibi kayayünü benzeri inorganik substratlar yalnız da kullanılabilir. Ayrıca ağaç kabuğu kompostu gibi organik ve perlit ve vermikülit gibi inorganik substratların karışımları da destek ortamı olarak kullanılabilir (Fox 1997, Morgan 2003).

Smith (2002a), yaptığı incelemelerde yetiştirme ortamı olarak % 20 pomza ve % 80 vermikülüt kullanıldığını bildirmiştir.

Fox (1997), Avustralya’da salata ve marul yetiştirilen büyük işletmelerde yetiştirme ortamı olarak %50 perlit ve %50 vermikülit karışımının kullanıldığını bildirmiştir.

Smith (2004) ve Morgan (1999b), salata ve marul yetiştiriciliğine uygun NFT kanallarının dizaynı ve fabrikasyonu hakkında verdikleri bilgilerde NFT yetiştirme sistemlerinde kanalların dizaynı sırasında genişliğin 5 ile 10 cm arasında, derinliğin 4 ile 9 cm arasında, uzunluğun 3 ile 9 m aralığında, eğimin ise % 1 ile % 2 değerleri arasında tutulması gerektiğini belirtmişlerdir. Fox (1997) Avustralya’da 18 m uzunluğunda ve 30 cm derinlikte kanallarda 0.5 l/dk besin solüsyonu akış hızına sahip bir NFT sisteminin kullanıldığını bildirmiştir.

Besin solüsyonu için önerilen formülasyon, yeniden yapılandırılması ve kullanımı, sistem kapalı ise oldukça değişkendir (Jones 2005). Kökler yetiştirme ortamı olarak NFT kanalında yer aldığından besin solüsyonunun akış frekansı kökleri yeteri kadar nemli tutmalı ve bitkilere yeteri kadar su desteği sağlamalıdır. Morgan (2000a) salata, marul, yeşillik ve kokulu otların NFT sisteminde yetiştirilmesi üzerine oldukça önemli ve detaylı bilgiler vermiştir. Buna göre seranın çevresel durumu, uygun değer sıcaklık aralığı, bağıl nem miktarı, yüksek sıcaklık periyodu boyunca gölgeleme, su kalitesi, besin solüsyonu yönetimi ve yetiştiriciler tarafından kullanılan besin elementlerinin hangi aralıkta olması gerektiği Çizelge 2.3’de belirtilmiştir.

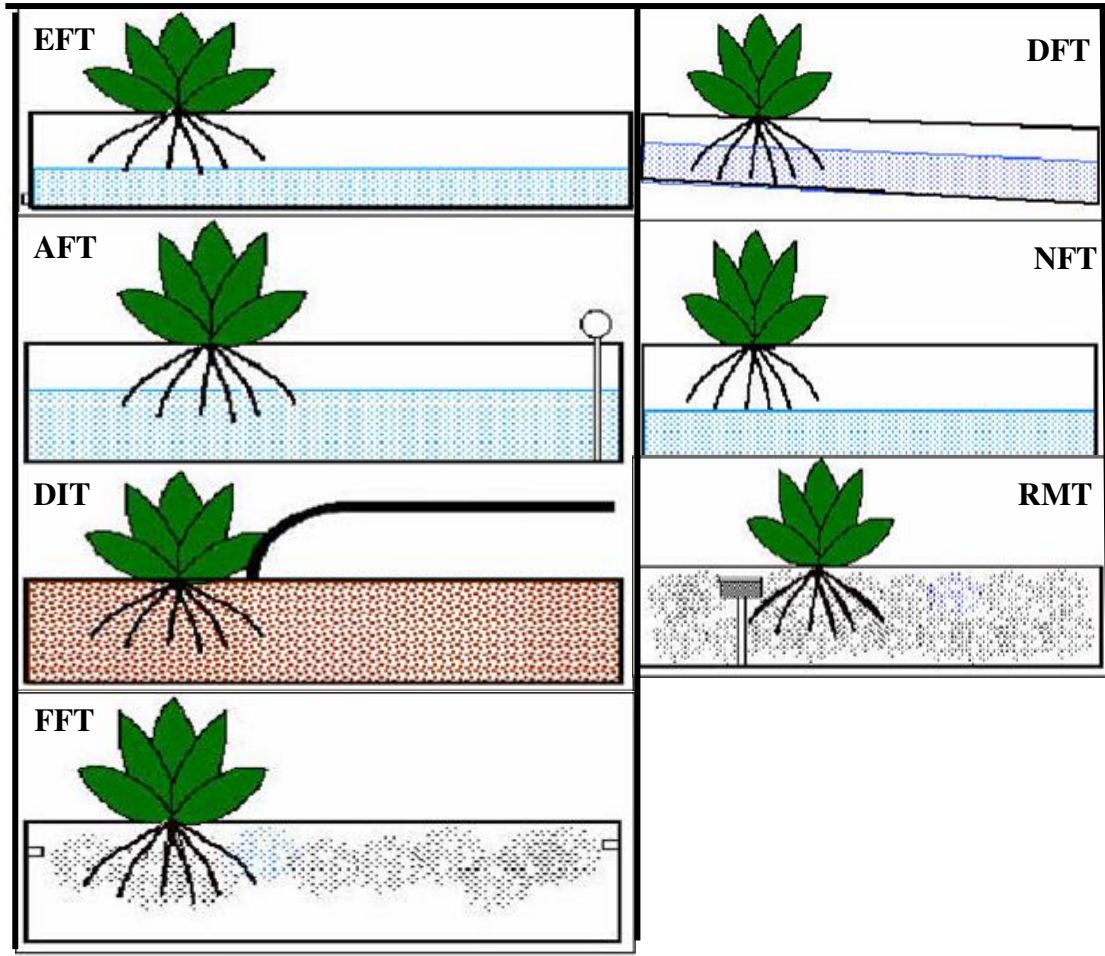
Çizelge 2.3. Salata, marul ve diğer yeşillikleri yetiştiren farklı yetiştiricilerin kullandığı besin solüsyonlarındaki elementlerin konsantrasyon aralıkları (Morgan 2000b)

Elementler	Konsantrasyon aralığı mg l ⁻¹ , ppm
<i>Makro Elementler</i>	
Azot (N)	100-200
Fosfor (P)	15-90
Potasyum (K)	80-350
Kalsiyum (Ca)	122-220
Magnezyum(Mg)	26-96
<i>Mikro Elementler</i>	
Bor (B)	0.14-1.5
Bakır (Cu)	0.07-0.1
Demir(Fe)	4-10
Mangan (Mn)	0.5-1.0
Molibden (Mo)	0.05-0.06
Çinko (Zn)	0.5-2.5

Damlama sulama tekniği (Drip Irrigation Technique): Şekil 2.8’de DIT ile gösterilen bu teknikte bitkiler inorganik veya organik ortamların içinde yetiştirilir. Besin solüsyonu köklerin yakınına günde 6 -7 kere damlatılır veya yavaşça akıtılır. Ortadoğuda yetiştirilen bitkisel ürünler bu teknik sayesinde ihraç edilebilmektedir. Fidelik, meyve bahçesi ve peyzaj endüstrisine uygundur.

Kök misleme tekniği (Root Mist Technique): Şekil 2.8’de RMT olarak gösterilen yöntem askıda olan bitkinin köklerinin üzerine su sisi halindeki besin solüsyonu sürekli olarak püskürtülmesi temeline dayanır. "Aeroponics" olarak da bilinir. Kök bölgesi için optimum oksijen seviyesini sağlar.

Sis besleme tekniği (Fog Feed Technique): Şekil 2.8’de FFT olarak gösterilmektedir. Bu teknik RMT tekniğine benzer fakat bırakılan su zerreciklerinin büyüklükleri farklıdır ve sahip olduğu nem temas ile hissedilemeyecek kadar azdır.



Şekil 2.8. Modern topraksız kültür teknikleri (Marhaba 1998'den modifiye edilmiştir)

2.2.2.Topraksız yetiştiricilik için besin çözeltisi ile ilgili kaynak bildirişleri

Hidroponik yetiştiricilikte besin çözeltisi hazırlanırken bitki büyümesi ve gelişmesi açısından önemli 17 bitki besin elementinden bitki için gerekli olanların çözeltide bulunmasına dikkat edilmelidir. Bu 17 önemli element makro ve mikro veya iz elementler olarak ikiye ayrılmaktadır. Makro elementler bitki gelişimi için daha fazla miktarlarda gerekli iken; mikro elementler daha az miktarda yeterlidir. Makro elementler; karbon (C), Hidrojen (H), oksijen (O), azot(N), fosfor (P), potasyum (K), kalsiyum (Ca), magnezyum (Mg), ve sülfür (S)'dür. Mikro elementler ise; demir(Fe), klor (Cl), bor (B), mangan (Mn), bakır (Cu), çinko (Zn), molibden (Mo) ve nikel (Ni)'dir. Bitki gelişimi için elementlerin konsantrasyonları belirli sınırlar içinde kalmalıdır (Kasım 2004).

Besin çözeltilerini hazırlarken her bitki besin maddesinin ayrı ayrı stok çözeltileri hazırlanır. Kasalara doldurulacak besin çözeltisi miktarı hesaplanarak tank içerisine yeterli miktarda su doldurduktan sonra stok çözeltilerinden alınan besin maddeleri bu tank içine boşaltılarak karıştırılır. Besin maddelerinden ilk önce çabuk çözünen ve asit karakterli (örneğin magnezyum sülfat, mono kalsiyum fosfat, potasyum nitrat ve kalsiyum sülfat gibi) tuzların çözeltisi, en sonra ise mikro elementlerin çözeltisi tanka verilir. Tank seviyesi su ile tamamlandıktan sonra besim çözeltisinin pH'sı kontrol edilerek pH'nın 5-6.5 civarında kalması istenir. Çünkü; besin çözeltisi içindeki elementlerin çözünürlüklerinin sağlanmasında pH'nın bu değerler arasında kalmasındaki payı büyüktür. Mesela pH 8'e çıktığında Fe^{+2} iyonu çözünmeyen $Fe(OH)_3$ 'e dönüşür ve çöker. Sonuç olarak bitkiler bu demirden yararlanamaz. Anyonlardan fosfat, pH değişimlerinden en fazla etkilenmektedir. Ortamın pH'sı 4.0 olduğu zaman H_2PO_4 iyonlarının artmasına karşın pH 8.0'in üzerine çıkınca HPO_4^{-2} iyonları çoğunluktadır. Besin çözeltisi pH'sının, bitki gelişmesi üzerine önemli bir etkisi de ortamda bulunan H^+ ve OH^- iyonlarını dengede tutmasıdır. pH yükseldiği zaman 0,1 N H_2SO_4 ; düştüğü zaman KOH ve ya NaOH ile ayarlanır. Besin çözeltisinin sıcaklığı hava sıcaklığına yakın olmalıdır; genel olarak 20 °C'de tutulmalıdır (Kaptan 1995).

Besin çözeltilerinin pH'sı katyon ve anyonların alım oranını etkilemektedir. Genellikle iyon alımının maksimum olması için pH'nın 5-7 arasında olması gerekir bu nedenle de besin çözeltisindeki pH değerinin 5.5-6.5 arasında tutulması önem kazanmaktadır. pH'ın ayarlanmasında; genellikle yükseltmek için %5'lik KOH, düşürmek için de H₂SO₄, HNO₃, H₃PO₄ ve HCl kullanılmaktadır (Kasım 2004).

Besin çözeltilerinin toplam tuz konsantrasyonu; osmotik basınç, elektriksel kondaktivite (EC), yüzde tuz konsantrasyonu ve ppm olarak ifade edilebilmektedir. Tuz stresi, bitkilerin ölümüne neden olabileceği gibi toleranslara bağlı olarak sadece büyümeyi de engelleyebilir, kloraza ve nekrotik lekelerin oluşmasına neden olabilir, verim ve kaliteyi düşürebilir. Çizelge 2.4'de yer alan tuza orta derecede dayanıklı bitkiler için tuz konsantrasyonu % 0.15- 0.2 (1500-2000 ppm) arasında, tuza dayanıklı bitkiler için % 0.2- 0.4 (2000-4000 ppm) arasında olması önerilir. Çok hassas bitkiler için ise % 0.1 (1000 ppm) civarında olması istenmektedir (Kasım 2004).

Çizelge 2.4. Tuza dayanıklılık durumlarına göre sebzeler

Tuza Dayanıklılar	Orta Derecede Dayanıklılar	Tuza Hassaslar
Marul	Hıyar, domates, kuşkonmaz, kantaloop kavunu, tatlı patates, biber, havuç, ıspanak, kabak, soğan, patates	Fasulye, bezelye, kereviz, lahana, enginar, patlıcan

Yüzde tuz konsantrasyonu (elektriksel kondaktivite) ile besin çözeltisi sıcaklığı arasında bir ilişki vardır. Sıcaklığın her 1⁰C yükselmesi yüzde tuz konsantrasyonunun % 2 artmasına neden olmaktadır. Dolayısıyla sıcaklıktaki her bir 1⁰C'lik artışla bitkinin besin elementlerinden yararlanma oranı da o derecede artmaktadır. Bundan dolayı da çözelti sıcaklığının özellikle ortam sıcaklığının yüksek olduğu dönemlerde hava sıcaklığının altına düşürülmemesi gerekmektedir (Kasım 2004).

Bitki beslenmesi açısından önemli kriterlerden biri de besin çözeltilisinin havalandırılmasıdır. Durgun su kültüründe ise ortama pompalar yardımıyla veya oksijen tüpü kullanılmak suretiyle oksijen verilmelidir. Besin çözeltilisinin dolaştırıldığı kapalı sistemlerde ise besin çözeltilisinin kanallara verilmesi ve besin tankına geri dönüşü sırasında belli bir yükseklikten verilmesi çözeltinin havalandırılmasına yardımcı olur (Kasım 2004).

Kapalı sistemlerde dolaştırılan besin çözeltilisinin başlangıçta 3 haftada bir, daha sonra bitki gelişmesinin ilerlemesiyle birlikte 2 haftada bir ve verim döneminde ise haftada bir değiştirilmesi önerilmiştir (Kasım 2004).

2.2.3. Besin solüsyonundaki O₂ ile ilgili kaynak bildirileri

Morgan (2002b) besin solüsyonunun oksijenlenmesinin ürün miktarını artırdığını ve uç yanıklığının oluş sıklığının azaldığını saptamıştır. Besin solüsyonunun sıcaklığı, derinliği (hacmi) ve havalanma derecesinin solüsyondaki O₂ miktarını belirleyebileceğini açıklayan araştırmacı besin solüsyonu içindeki çözünmüş oksijen miktarının 3 ppm'in altına düşmesi halinde marulun büyümesinin önemli ölçüde olumsuz etkileneceğini ifade etmiştir.

Jones (2005)'un belirttiğine göre oksijen hücre gelişimi ve işlevselliği için zorunlu bir koşul olduğundan havalandırma bitki ve köklerinin gelişimine etki eden bir diğer önemli faktördür. Eğer kök ortamında bulunmazsa bitkide şiddetli zarara sebep olabilir veya bitkiyi öldürebilir. Kök gelişimi ve iyon absorpsiyonu sağlamak için enerjiye kaynak olan O₂'ye solunum sırasında da ihtiyaç duyulur. Solunum için yeterince O₂ desteği olmaz ise su ve iyon absorpsiyonu durur dolayısı ile kökler ölür.

Oksijen seviyesi ve porozite dağılımı, kök ortamında gelişen saçak köklerin de gelişimini etkiler. Aerobik koşullar ile suyun eşit dağılımı ve hava dolmuş gözeneklilik alanı, kök ve saçak kökleri gelişmeye teşvik eder. Eğer ortam ile onu saran atmosfer arasında hava değişimi fazla sulamadan dolayı bozulursa veya gözeneklilik alanı sıkışmadan dolayı düşerse, O₂ verilmesi kısıtlanır ve bu da kök gelişimi ve işlevine zarar verir. Genel bir kural olarak, eğer katı ortamın gözeneklilik alanı, toprak, kum, çakıl veya torf, ağaç kabuğu gibi organik maddeler içeren bir karışım ise eşit miktarda su ve hava ile kaplanır. Bu da köklerin görevini yapıp normal gelişmesi için yeterli O₂'i sağlamış olur (Bruce vd 1980).

Derin Akış Tekniğiyle (DFT) marul yetiştiriciliğinde kullanılan besin solüsyonunun farklı çözünmüş oksijen konsantrasyonlarının incelendiği bir çalışmada Goto ve arkadaşları (1996) marulun yetiştirilmesinde ve gelişiminde optimum çözünmüş oksijen konsantrasyonunun en az 4 mg l^{-1} olması gerektiğini bildirmişlerdir. Araştırmacılar marul bitkilerinin 2 mg l^{-1} 'nin altındaki çözünmüş oksijen konsantrasyonlarında şiddetli strese girdiğini belirtmişlerdir.

Jones (2005), bitki köklerinin besin solüsyonu içerisinde durduğu su kültürü sistemlerinde yetiştiricilerin yüksek sıcaklık periyodu boyunca içinden çıkılması oldukça zor bir problemle karşı karşıya kaldıklarını bildirmiştir. Bu dönemlerde sudaki O₂ çözünürlüğü oldukça düşüktür ve artan sıcaklıkla önemli düzeyde azalmaya devam eder. Bununla birlikte, bitki solunumu artar ve bu yüzden O₂ ihtiyacı da sıcaklıkla birlikte hızla artar. Bu nedenle söz konusu dönemlerde oksijen desteği sağlanması gerekmektedir. Bu yüzden besin solüsyonu, solüsyon içine hava kabarcığı verilerek veya besin solüsyonun yüzey alanını olabildiğince yüksek tutmak için mekanik karıştırma ile havalandırma yapılabilmektedir. Bu konuyla ilgili ayrıntılı bilgi Çizelge 2.5’de gösterilmiştir.

Çizelge 2.5. Su sıcaklığına bağlı olarak tatlı sularda oksijen içeriği değişimi (Nickols 2002)

<i>Sıcaklık °C</i>	<i>Oksijen içeriği mgl^{-1}(ppm)</i>
0	14.6
5	12.8
10	11.3
15	10.1
20	9.1
25	8.2
30	7.5
35	6.9

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

Tesi ve arkadaşları (2003), durgun su kültüründe yaz ve göz periyodunda ıspanak yetiştiriciliğinde farklı oksijen düzeylerinin etkisini araştırmıştır. alışmasında besin solüsyonuna sirkülasyon yöntemiyle ve su içerisine direk hava verilmesiyle oksijen sağlamış, kontrol grubuna ise hiç hava vermemiştir. Bu alışma sonunda; su içerisine direk hava verilmesiyle bitki yaş ve kuru yaprak ağırlığı, yaprak uzunluğu, yaş kök ağırlığı ve uzunluğu gibi parametrelerde diğer uygulamalara göre istatistiksel olarak önemli bir fark elde ettiğini ve sirkülasyon sistemine göre su içerisine direk oksijen verilmesinin daha başarılı bir yöntem olduğunu açıklamıştır.

2.2.4. Uç yanıklığı ile ilgili kaynak bildirışleri

Both (1995), havalandırma fanlarının seradaki hava hareketini artırdığını ve bitkiyi transpirasyon yapmaya teşvik ederek uç yanıklığının başlangıcını geciktirdiğini belirtmiştir. Araştırmacının bildirdiğine göre uç yanıklığı kalsiyum eksikliğinden oluşan fizyolojik bir bozukluk olup marulların gelişen yapraklarının uçlarında meydana gelir. Artırılmış bitki transpirasyonu Ca'un köklerden gelişen yapraklara hareketini sağlar. Uç yanıklığı ürünün önemli derecede satılabilirliğini azalttığından oluşumunun önlenmesi gerekmektedir. Both (1995) salata ve marul bitkilerinde uç yanıklığı oluşmaması için bitkinin kuru ağırlığın her bir gramı için en az 400 ml transpirasyon yapması gerektiğini belirtmiştir. Ciolkosz ve arkadaşları (1998), salata ve marulları uç yanıklığı zararından korumak için transpirasyon oranını mekanik yolla artırmışlar ve sirkülasyon fanlarının havayı bitkilerin üzerine üflemesi gerektiğini belirtmişlerdir.

Jones (2005) kalsiyum eksikliğinin belirtisi olan ve yaprak kenarlarının ölümüyle sonuçlanan uç yanıklığının, hızlı büyümeyi tetikleyen ve bitki bünyesinde su dolaşımını yavaşlatan yüksek sıcaklıkla önemli derecede ilgili olduğunu bildirmiştir. Araştırmacı besin solüsyonunda kalsiyum miktarının arttırılması, Potasyum:Kalsiyum oranının düşürülmesi ve elektriksel iletkenliğin düşük seviyelerde tutulmasıyla uç yanıklığı oluşumunun minimize edilebileceğini belirtmiştir.

2.2.5. Su kalitesi ile ilgili kaynak bildirişleri

Salata-marullar ile diğer bütün yapraklı sebzelerde kaynak suyu kalitesi isteği diğer bütün ürünlerde olduğundan daha fazladır. Örneğin su 35 ppm den fazla Na içeriyorsa bu suyun, Cl elementini de içermesi muhtemeldir (Jones 2005). Alexander (2001) bu tip kaynak sularının marul ve salataların büyüme ve kalitesi üzerine önemli derecede zararlı etkileri olduğunu bildirmişlerdir. Marul ve salatalar Mg'a karşı hassas değillerdir. Fakat yüksek miktarda mikro besin elementlerine Mn, Mo ve Cu'a ihtiyaç duyarlar (Jones 2005). Marulda besin elementleri dengesizliğinin görsel belirtilerine yönelik fotoğraflar Roorda van Eysinga ve Smith (1981) ile Scaife ve Turner (1984)'a ait çalışmalarda, Mo eksikliğinin görsel belirtilerine dair fotoğraflar ise Bould ve arkadaşları (1984)'na ait çalışmada belirtilmiştir.

Sevgican (2003), besin eriyikleri hazırlanmasında kullanılacak suların birinci ve ikinci sınıf sulama suyu olması koşulu bulunduğunu, en idealinin birinci sınıf sulama sularını kullanmak olduğunu, ikinci sınıf sulama sularının NFT gibi bazı topraksız tarım şekillerinde kullanılamayacağını, üçüncü sınıf suların ise hiçbir topraksız tarım şekline uygun olmadığını belirtmiştir. Birinci ve ikinci sınıf sulama sularının, makro ve mikro elementler açısından maksimum içeriklerinin şöyle olmasının istendiğini vurgulamıştır. Azot, fosfor, potasyum, demir, alüminyum 5 ppm, kalsiyum 120 ppm, magnezyum 25 ppm, bor ve çinko 0.5 ppm, manganez ve flor 1 ppm, bakır 0.2 ppm ve molibden 0.02 ppm. Başka bir şekilde ifade edilirse; 1 litre suda 5 mg N, P, K, Fe, ve Al, 120 mg Ca, 25 mg Mg, 0.5 mg B ve Zn, 1 mg Mn ve F, 0.2 mg Cu ve 0.02 mg Mo olmalıdır.

2.3. Salata ve marulların topraksız kültürde yetiştiriciliği ile ilgili kaynak bildirifleri

Spillane (2001) ve Morgan (2002b)'ın bildirdiğine göre salata, marul ve kokulu otlara özel olan “Sal Sistemi” gibi uygulamalar mevcuttur. Bir su kültürü sistemi olan sal sistemi ingilizce literatürlerde “Raft System”, “Floating Raft” gibi isimler ile kullanılmış olup aşağıdaki gibi açıklanmıştır:

Sal sistemi (raft system): Bir çeşit su kültürü metodu olup, bitkiler derin besin solüsyonu üzerinde tabaka halinde yüzen materyalin içine konulduğu ve köklerin besin solüsyonuna uzadığı bir sistemdir. Bu retim metodu salata, marul ve kokulu otlar ile sınırlıdır (Jones 2005).

Havalandırılmış besin çözeltisi üzerinde yüzer strafor tabakalarının kullanımı Spillane (2001) ve Morgan (2002b) tarafından tanımlanmış olan marul yetiştiriciliğine uygun bir başka metottur. Kayayn veya başka bir yetiştirme ortamı içeren kaplarda köklendirilen bitkiler straforlara açılan deliklere şekil 2.9’da belirtildiği gibi yerleştirilir.



şekil 2.9. Kklendirilmış bitkilerin yüzer straforlar içerisinde besin solüsyonu içeren tekneler içerisine yerleştirilmesi (Jones 2005)

Tekne içinde bulunan bitkiler arası mesafe her bir bitkinin yaprakları bir biri üzerine gelmeyecek şekilde ayarlanmalıdır. Sıra arası ve sıra üzeri mesafe sabit olabileceği gibi bitkilerin büyüme miktarına göre yer değişimi de yapılabilir. Mesafe ayarlaması 4 ile 8 günde bir yapılır (Jones 2005).

Cornell Üniversitesi'nde sal sisteminde marul yetiştiriciliğinde bitkiler arası mesafenin belirlenmesi üzerine yapılan bir çalışmada farklı aralıklar denenmiş ve uygulamada 32 gün sonunda yaprakların 17.5 cm aralıkta, 73.5 g ve 25 cm aralıkta ise 87 g taze ağırlığa ulaştığı bildirilmiştir (Goto vd 1994). Durgun su kültüründe, sal tekniği kullanılarak yapılan marul yetiştiriciliğinde kullanılacak besin solüsyonu formülü Çizelge 2.6'da verilmiştir.

Çizelge 2.6. Durgun su kültürü sal sisteminde marul yetiştiriciliği için hidroponik besin solüsyonu formülü (Morgan 2002b)

<i>Bileşen</i>	<i>Gram/100 litre</i>
Tank A	
Kalsiyum nitrat	6254
Potasyum nitrat	729
Demir şelatları	500
Tank B	
Potasyum nitrat	729
Monopotasyum fosfat	992
Magnezyum sülfat	2127
Manganez sülfat	80
Çinko sülfat	11
Borik asit	39
Bakır sülfat	3
Amonyum molibdat	1

1:100 Seyreltim için değerlerdir (ppm).

İçerikteki elementlerin, 1:100 seyreltme sonrasında elde edilecek değerleri aşağıdaki gibidir (ppm): N = 116, P = 21, K=82, Ca = 125, Mg = 21, S = 28, Fe = 6.8, Mn = 1.97, Zn = 0.25, B = 0.70, Cu = 0.07, Mo = 0.05; EC = 1.0 mS/cm

Sal sisteminde besin solüsyonunun derinliği 7.6 cm ile 25 cm arasında olabilmektedir. Son yapılan bazı araştırmalar 7.6 cm'den daha derin besin solüsyonunun, büyüme ve ürün miktarını arttırmamış olduğunu belirtmiş olsa da sonuçlar 12.7 cm derinliğindeki besin solüsyonu çözeltisinin daha tutarlı yetiştiricilik sağladığı yönündedir. Morgan (2002a)'a göre sal sisteminin en önemli avantaj ve dezavantajları aşağıda belirtildiği gibidir.

Avantajlar;

- Elektrik enerjisine ihtiyaç duymaz,
- Yetiştirme alanını maksimum seviyede kullanırır,
- Büyük miktarda besin solüsyonu içerdiği için sıcaklık koşullarını dengeler,
- İçerdiği besin solüsyonu miktarından dolayı tamponlama kapasitesini dengeler,
- Kök gelişimi rahatlıkla gözlenebilmesine olanak tanır,
- Yetiştirme sistemi ile ürün arasında sterilizasyonu sağlar.

Dezavantajlar;

- Ürüne kolaylıkla ulaşma ve bakım yapma zorluğu,
 - Yapay havuz seviyelendirilmiş olmalı ve sızıntı yapmamalı,
 - Başlangıçta büyük hacimde suya ihtiyaç duyulur,
 - Kök hastalıklarının girişi kolaydır ve bütün ürünü hızlı bir şekilde çökertebilir.
- Bu yüzden su dahil bütün yetiştirme sistemi steril olmalıdır.

Miller (1998) de fide yetiştiriciliğinde topraksız tarımda kullanılan durgun su sistemi ile geleneksel sistemi (metil bromit kullanılan) karşılaştırmıştır.

Durgun su sisteminde şu sonuçlar elde edilmiştir;

- Daha az alanda daha fazla bitki yetiştirilir.
- Yüksek imlenme oranı vardır.
- Fideler tepsilerde taşındığından daha az uygulama, iş gücü gerektirir ve fideler daha üniform olmaktadır.
- Köklerin nem işteğinin karşılanması ve fidelerin ortam içinde korunması fidelerin daha az strese girmesini sağlar.
- Büyüme birkaç gün içinde başlar.
- Bitkiler 3–4 gün içinde beslenmeye başlar.
- Yüksek derecede yapraklanma gerçekleşir.

Geleneksel sistemde;

- Daha fazla alan ve yoğun işgücü gerektirir.
- Çimlenme oranı düşüktür.
- Fide organizasyonu ile ilgili problemler yaşanır.
- Kökler fide döneminde güneşe maruz kaldığından dolayı kuru kalır ve strese girer.
- Büyüme başladıktan 10–12 gün sonra gübre uygulama zorunluluğu doğar.
- Standart yaprak oluşumu vardır.

.

3. MATERİYAL ve METOT

3.1. Materyal

Araştırmanın bitki yetiştirme kısmı Akdeniz Üniversitesi Ziraat Fakültesi Araştırma ve Uygulama Arazisi'nde, laboratuvar çalışmaları Akdeniz Üniversitesi Ziraat Fakültesi Bahçe Bitkileri Anabilim Dalı laboratuvarlarında yapılmıştır.

3.1.1. Araştırma yeri

Araştırma 2 Mayıs 2012–25 Mayıs 2012 tarihleri arasında, Akdeniz Üniversitesi Ziraat Fakültesi Araştırma ve Uygulama Arazisi'nde bulunan ve Şekil 3.1' de gösterilmiş olan cam serada yürütülmüştür. Araştırmada 5 m genişliğinde, 6 m uzunluğunda (30 m^2), 2 m yan yüksekliğe sahip camla kaplı, çift taraflı olarak yandan boydan boya havalandırılmalı cam sera kullanılmıştır.



Şekil 3.1. Cam seranın içten görünümü

3.1.2. Araştırmada kullanılan bitki materyali

Bu alışmada Bohemia ve Delight olmak üzere iki marul çeşidi kullanılmıştır.

Bohemia

Bohemia kıvrıcık marul çeşidi örtü altı yetiştiriciliğinde yaygın olarak kullanılmakta olup şekil 3.2’ deki gibi çok kıvrıcık tip bir maruldur. Büyük başlı, lezzetli, geç sapa kalkan bir çeşittir. Yaprak rengi normal yeşil renktedir. Tadı hafif yağlımsı, çok lezzetlidir. Marul mildiysnn 1–5,7–10,17 ırklarına ve Marul Mozaik Virüsüne dayanıklıdır.



şekil 3.2. Bohemia marul eşidi

Delight

Araştırmada şekil 3.3’de gösterilen yağlıbaş (butterhead) grubundan olan Delight marul çeşidi kullanılmıştır. Delight, uniform baş yapısına sahip olan ve yılın 12 ayı üretimi yapılabilen bir marul çeşididir. Hastalığa dayanım açısından da B1:1, 5, 7 (marul mildiyösü) ırklarına ve Me (kök afidine)’ ye dayanıklıdır (Anonim 2012b).



şekil 3.3. Delight marul eşidi

3.1.3. Araştırmada kullanılan su kültürü düzeneği

Araştırmada marul bitkileri sera ortamında 120 x 50 x 30 (boy x en x yükseklik) cm ölçülerinde 180 litre hacme sahip 9 adet plastik kasada yetiştirilmiştir.

Bitkileri yüzdürmek amacıyla 120 x 60 cm 3 mm kalınlığında strafor plakalar kullanılmıştır. Strafor plakalar sıra arası 8 cm ve sıra üzeri 12 cm olacak şekilde 5 cm çaplı daireler biçiminde kesilerek ilerine 5 cm çaplı, 5 cm boyunda, alt ve yan yüzeylerde delikleri bulunan delikli plastik saksılar kullanılmıştır (şekil 3.4).



şekil 3.4. Delikli plastik saksılar

Yapılan çalışmalarda durgun su kültürü tekniğiyle marul yetiştiriciliğinde çözünmüş oksijen konsantrasyonlarının değişik etkileri olduğu saptanmış, optimum marul yetiştiriciliğinin yapılabilmesi için solüsyonda en az 4 mg l^{-1} çözünmüş oksijen bulunması gerektiği bildirilmiştir (Goto vd. 1996). Bu amaçla besin solüsyonlarına oksijen kazandırmak için; akvaryum hava motoru, akvaryum hava motoru + hava taşları ve ozon jeneratörü aracılığıyla solüsyondaki çözünmüş oksijen miktarı 4 mg l^{-1} 'ye ulaşana kadar oksijen verilmiştir (Şekil 3.5.).



a) Hava motoru + hava taşı



b) Ozon jeneratörü



c) Hava motoru

Şekil 3.5. a) Hava motoru + hava taşı, b) Ozon jeneratörü, c) Hava motoru

3.1.4. Araştırmada kullanılan su

Araştırmada üniversitemizin araştırma arazisinde bulunan yeraltı kaynak suyu kullanılarak çözeltiler hazırlanmıştır.

Kullanılacak su örneği kaynağından alınarak BATEM laboratuvarlarına test için gönderilmiş ve sonuçlar analiz edilmiştir. Su analiz sonuçları Çizelge 3.1’ deki gibi çıkmıştır.

Çizelge 3.1. Su analiz sonucu

SUANALİZ SONUCU		
Lab. No.	1696	Değerlendirme
pH	7.24	Nötr
ECµmhos/cm (25 °C)	636	2.sınıf(İyi)
Potasyum (K) meq/Lt	0.06	
Kalsiyum (Ca) meq/Lt	4.63	Yeterli
Magnezyum (Mg) meq/Lt	1.07	Düşük
Sodyum (Na) meq/Lt	0.77	
Karbonat (CO ₃ ⁻²) meq/Lt	Yok	
Bikarbonat (HCO ₃ ⁻) meq/Lt	5.43	Orta
Klor (Cl ⁻) meq/Lt	0.93	1. Sınıf (Çok İyi)
Sülfat (SO ₄ ⁻²) meq/Lt	1.17	1. Sınıf (Çok İyi)
Bor (B) ppm	0.03	1. Sınıf (Çok İyi)
SAR (meq/Lt) ^{1/2}	0.45	Az sodyumlu

Analiz sonucunda araştırmada kullanılan suyun tuzluluk açısından 2. sınıf sulama suyu olduğu, yetiştiriciliğe uygun olduğu; hastalık etmeni taşımadığı, bazı besin miktarlarının düşük olduğu, pH seviyesinin nötr olduğu bildirilmiştir. Bunun yanı sıra kalsiyum yeterli seviyededir, klor, sülfat ve bor iyonları 1. sınıf olarak bulunmuştur. Çalışmada kullanılan besin solüsyonları bu analizler ışığında hazırlanmıştır.

3.2. Metot

Araştırma bölünmüş parseller deneme deseninde hava motoru, hava motoru +hava taşı, ozon jeneratörü uygulamaları ana parselde, çeşitler (Bohemia ve Delight) ise alt parselde olacak şekilde üç tekerrürlü olarak kurulmuştur.

3.2.1. Uygulamalar

3.2.1.1. Hava motoru uygulaması: Yetiştirme kasalarında Bohemia çeşidi ve Delight çeşitlerinin her birinden 3 tekerrürlü ve her tekerrürde 10' ar bitki olmak üzere perlit destek ortamlı saksı kullanılarak toplam 60 adet bitki yerleştirilmiştir. Yetiştirme kasalarına hava motoru ile oksijen uygulamasına solüsyondaki çözünmüş oksijen miktarı 4 mg l⁻¹ civarına ulaşınca kadar devam edilmiştir.

3.2.1.2. Hava motoru + hava taşı uygulaması: Yetiştirme kasalarında Bohemia çeşidi ve Delight çeşitlerinin her birinden 3 tekerrürlü ve her tekerrürde 10' ar bitki olmak üzere perlit destek ortamlı saksı kullanılarak toplam 60 adet bitki yerleştirilmiştir. Yetiştirme kasalarına hava motoru + hava taşı ile solüsyondaki çözünmüş oksijen miktarı 4 mg l⁻¹ civarına ulaşınca kadar oksijen sağlanmıştır.

3.2.1.3. Ozon jeneratörü uygulaması: Yetiştirme kasalarında Bohemia kasalarına ozon jeneratörü ile solüsyondaki çözünmüş oksijen miktarı 4 mg l⁻¹ civarına çeşidi ve Delight çeşitlerinin her birinden 3 tekerrürlü ve her tekerrürde 10' ar bitki olmak üzere perlit destek ortamlı saksı kullanılarak toplam 60 adet bitki yerleştirilmiştir. Yetiştirme ulaşınca kadar oksijen uygulamasına devam edilmiştir.

3.2.2. Araştırmada kullanılan solüsyonlar

Araştırmada kullanılan solüsyonlar yüksek bitkiler için bilinen en iyi solüsyon formülü olan Çizelge 3.2'deki Hoagland solüsyonuna göre hazırlanmıştır (Hoagland ve Armon 1950).

Çizelge 3.2. Yüksek bitkiler için besin solüsyonu kompozisyonu
(Hoagland ve Armon 1950)

Makro Besinler (mol/m ³)	
Nitrat	14
Amonyum	1
Potasyum	6
Kalsiyum	4
Magnezyum	2
Fosfor	1
Kükürt	2
Mikro Besinler (mol/m ³)	
Demir	25
Bor	46
Mangan	9
Çinko	0.8
Molibden	0.3
Klor	18

Araştırmada kullanılan besin solüsyon tankları 180 litre hacimli tanklardır. Durgun su költüründe kullanılacak besin solüsyonları ayrı olarak 100'er litre hacme sahip 2 tankta nitratlı ve sülfatlı gübreler hazırlanarak yapılmıştır. Nitratlı gübrelerin hazırlandığı tanka A, sülfatlı gübrelerin hazırlandığı tanka B kodu verilmiştir (Çizelge 3.3, 3.4 ve şekil 3.6).



şekil 3.6. A ve B tankları

Konulan gübrelerin çökmemesi amacıyla A tankından alınan 2 birim solüsyona, B tankından alınan 1 birim solüsyon yavaşça karıştırılmış solüsyon pH'ları 6.75 civarında nitrik asitle, solüsyon EC'lerini ise 1.96 civarında kalacak şekilde su ile dengelenmiştir.

Çizelge 3.3. Besin solüsyonu tank A

Tank A	g/100 l
Kalsiyum Nitrat ($\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ %15,5-N, %19-Ca)	486
Amonyum Nitrat (NH_4NO_3 %35-N)	640
Potasyum Nitrat (KNO_3 %13,8-N, %37-K)	612
Fe-EDDHA (%6 Fe)	37.25

Çizelge 3.4. Besin solüsyonu tank B

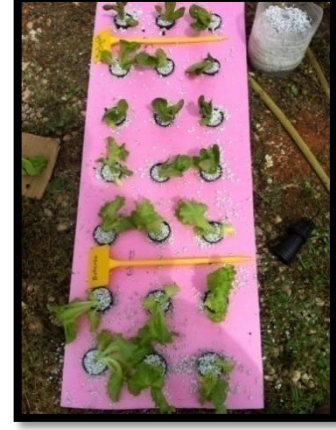
Tank B	g/100 l
Potasyum Sülfat (% 48-50 K_2O)	23
Magnezyum Sülfat ($\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ %10Mg, %13S)	246
Mono Potasyum Sülfat (KH_2PO_4 %52 P_2O_5 % 34 K_2O)	272
Borax ($\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ %11-B)	2.85
Çinko Sülfat ($\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ %23-Zn)	0.1
Bakır Sülfat ($\text{Cu SO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ %25-Cu)	0.19
Sodyum Molibdat (Na_2MoO_4 %Mo ₄)	1.2

3.2.3. Araştırmada kullanılan fidelerin ortama alınması

Araştırmada kullanılan bitkiler torf ortamlarında imlendirilerek elde edilen hazır fideler dikim için yeterli boya geldikten sonra sağlıklı, 3 gerçek yapraklı bitkiler ortamlara alınmıştır (şekil 3.7).



a) Bohemia ve Delight fideleri



b) 3 gerçek yapraklı bitkiler

şekil 3.7. a) Bohemia ve Delight fideleri, b) 3 gerçek yapraklı bitkiler

3.2.4. Denemede incelenen özellikler ve inceleme yöntemleri

Bitki boyu: Bütün bitkilerde kök boğazından itibaren bitki tepe sürgününe kadar olan kısım metre yardımıyla ölçülmüş ve sonuçlar cm olarak kaydedilmiştir (Şekil 3.8).



Şekil 3.8. Bitki boyu ölçümü

Bitki eni: Bütün bitkilerde yatay ekseninde iki ölçüm yapılmış ve ölçüm sonuçlarının ortalaması cm olarak kaydedilmiştir.

Bitki yaş gövde ağırlığı: Denemeye alınan tüm bitkiler deneme sonunda kök boğazının 1 cm üzerinden kesilerek gövde ağırlıkları hassas terazide ölçülerek sonuçlar g olarak kaydedilmiştir (Şekil 3.9).



Şekil 3.9. Bitki yaş gövde ağırlığı ölçümü

Bitki yaş kök ağırlığı: Denemeye alınan tüm bitkiler deneme sonunda kök boğazının 1 cm üzerinden kesildikten sonraki kalan kök kısmı ağırlıkları hassas terazide ölçölerek sonuçlar g olarak kaydedilmiştir (Şekil 3.10).



Şekil 3.10. Bitki yaş kök ağırlığı ölçümü

Bitki yaş kök uzunluğu: Denemeye alınan tüm bitkiler deneme sonunda kök boğazının 1 cm üzerinden kesildikten sonraki kalan kök kısmı kök boğazında son kök noktasına kadar cetvel yardımı ile cm olarak ölçölmüştür.

Bitki yaprak sayısı: Denemeye alınan tüm bitkiler deneme sonunda kök boğazının 1 cm üzerinden kesildikten sonra pazarlama değeri olmayan (çürük, sararmış, kararmış, vb.) yaprakları temizlenmiş kalan yapraklar teker teker sayılmış kaydedilmiştir.

Bitki yaprak renk analizi: Denemeye alınan tüm bitkilerin deneme sonunda en dış pazarlanabilir yapraklarından tesadüfi olarak alınan birer yaprak örneği kromometre (Minolta CHROMA METER CR-400/410) ile ölçülerek yaprakların ortalama L, a, b değerleri tespit edilmiştir (Şekil 3.11). L değeri parlaklığı, a değeri yeşil rengi, b değeri sarı rengi belirlemektedir.



Şekil 3.11. Bitki yaprak renk analizi ölçümü

3.2.5. Verilerin istatistiksel açıdan değerdendirilmesi

İstatistiksel analizler, SPSS paket programında (versiyon 17) ana parselde oksijen uygulamaları, alt parselde ise çeşitler olacak şekilde bölünmüş parseller deneme desenine göre yapılmıştır. Analiz sonucunda $\alpha=0.05$ seviyesinde önemli bulunan parametreler için Duncan testi uygulanarak ortalamalar arasındaki farklılara göre gruptandırmlar yapılmıştır.

4. BULGULAR

Denemede kullanılan farklı oksijen uygulamalarının çeşitlerin ortalama bitki boyu (cm), bitki eni (cm), bitki yaş kök uzunluğu (cm) , bitki yaş gövde ağırlığı (g), bitki yaş kök ağırlığı (g), bitki yaprak sayısı (adet) (Çizelge 4.1) ve renk parametrelerine ait değerleri aşağıda çizelgelerde grafikler halinde verilmiştir.

Çizelge 4.1. Farklı O₂ uygulamalarının ve marul çeşitlerinin bitki parametreleri üzerine etkisi

Farklı O ₂ Uygulamaları	Bitki Boyu (cm)		Bitki Eni (cm)		Bitki Yaş Gövde Ağırlığı (g)		Bitki Yaş Kök Ağırlığı (g)		Bitki Yaş Kök Uzunluğu (cm)		Bitki Yaprak Sayısı	
	Bohemia	Delight	Bohemia	Delight	Bohemia	Delight	Bohemia	Delight	Bohemia	Delight	Bohemia	Delight
Hava motoru	53,43 a**, B***	49,02 b, B	33,32 a, A	22 b, A	198,22 a, B	159,62 b, B	60,78 A	60,96A	23,67 B	23,05 B	21,4 b, B	26,61 a, B
Hava motoru + hava taşı	60,72 A	60,59 A	33,72 a, A	21,16 b, A	225,55 a, A	177,21 b, A	61,04A	58,92A	33,36 a, A	29,31 b, A	21,63 b, B	28,49 a, A
Ozon jeneratörü	50,71 B	49,19 B	29,97 a, B	20,37 b, B	156,48 a, C	127,38 b, C	63,41 a, A	58,83 b, A	26,05 a, B	23,26 b, B	22,23 b, A	26,65 a, B
Ortalama	54,953	52,93	32,337	21,177	193,42	154,74	61,74	59,57	27,69	25,21	21,75	27,25

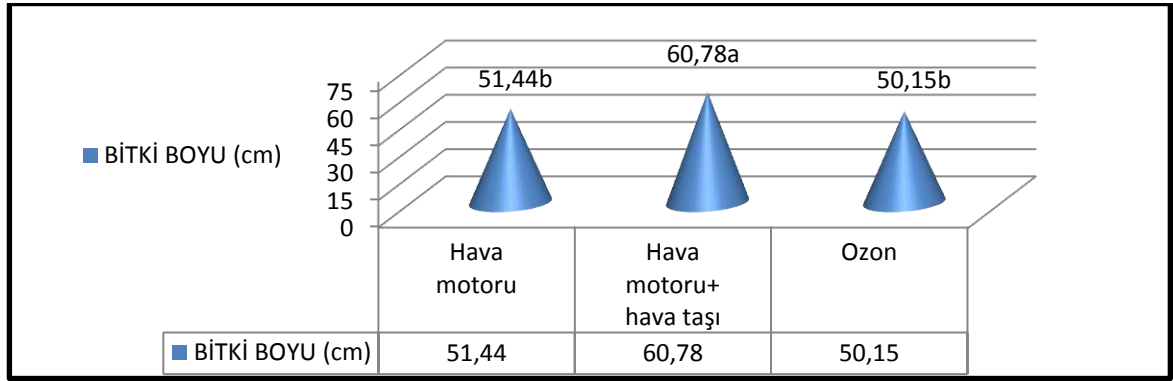
*Aynı sütundaki harfler $\alpha=0.05$ düzeyinde farklı grupları göstermektedir.

** Farklı oksijen uygulamalarındaki marul çeşitlerinin parametreler üzerine etkisini ifade etmektedir.

*** Farklı oksijen uygulamalarının parametreler üzerine etkisini ifade etmektedir.

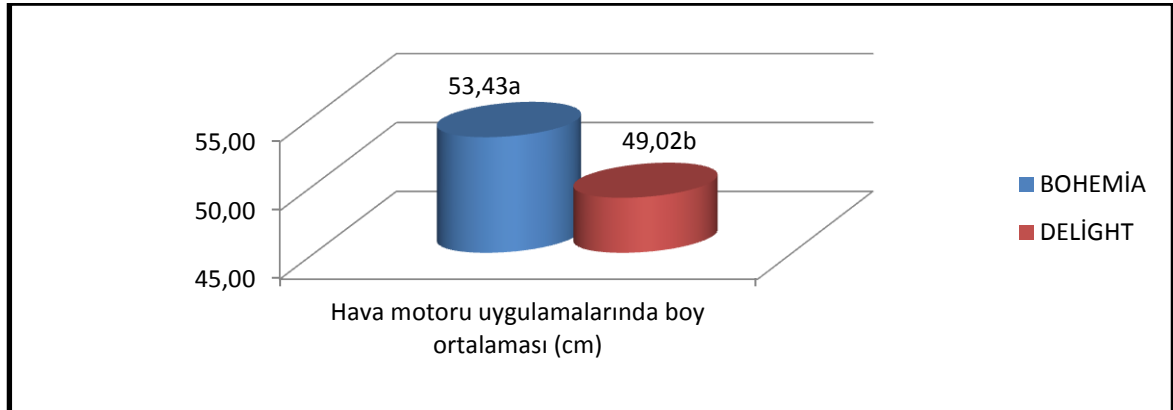
Çalışmada yapılan istatistik analiz sonucunda bitki boyu için farklı oksijen uygulamaları ve çeşit faktörlerinin $\alpha=0.05$ seviyesinde önemli olduğu bulunmuştur. Çizelge 4.2' deki grafikte de görüldüğü bitki boyu parametresi üzerine hava motoru + hava taşı uygulamasının diğer uygulamalara göre daha iyi sonuç verdiği saptanmıştır. En yüksek bitki boyu 60.78 cm değeri ile hava motoru+ hava taşı uygulamasından alınmış olup bunu hava motoru ve ozon jeneratörü uygulamaları birbirinden istatistiksel anlamda farksız olarak takip etmiştir (51.44 ve 50.15 cm).

Çizelge 4.2. Farklı O₂ uygulamalarının bitki boyu parametresi üzerine etkisi



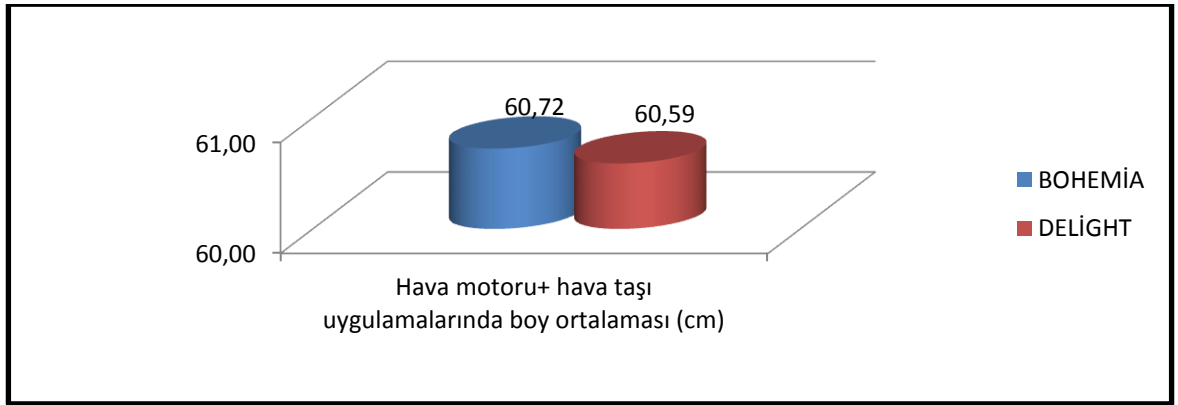
Hava motoru uygulamasında bitki boyu bakımından çeşitler arasındaki fark istatistiksel öneme sahiptir. Çizelge 4.3.'de görüldüğü üzere Bohemia çeşidi 53.43 cm ile Delight çeşidinden daha iyi sonuç vermiştir ($p<0,05$).

Çizelge 4.3. Hava motoru uygulamasında bitki boyu parametresi üzerine çeşitlerin etkisi



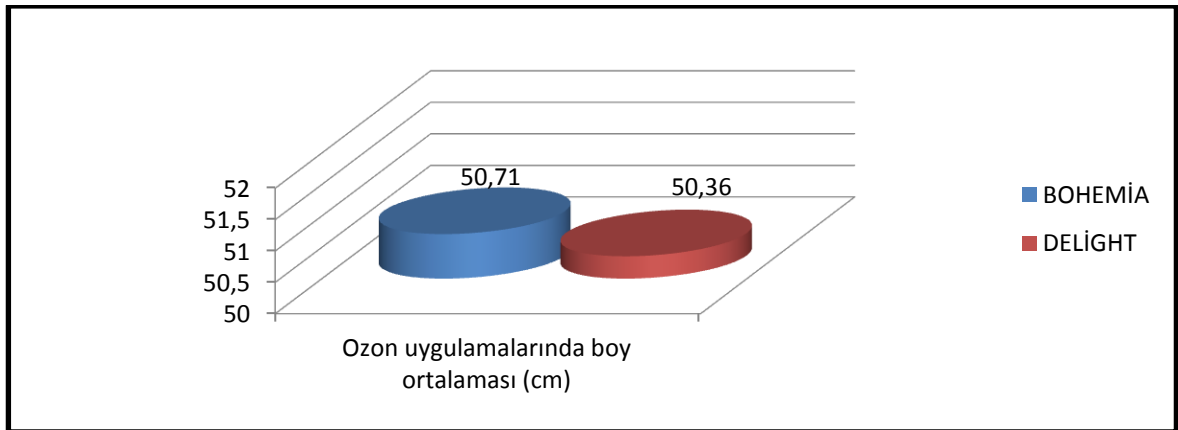
Çizelge 4.4.'de görüldüğü üzere hava motoru + hava taşı uygulamasında yetiştirilen Bohemia çeşidi ile Delight çeşidi arasında bitki boyu parametresi üzerine istatistiksel anlamda bir farklılık gözlenmemiştir ($p>0,05$).

Çizelge 4.4. Hava motoru+ hava taşı uygulamasında bitki boyu parametresi üzerine çeşitlerin etkisi



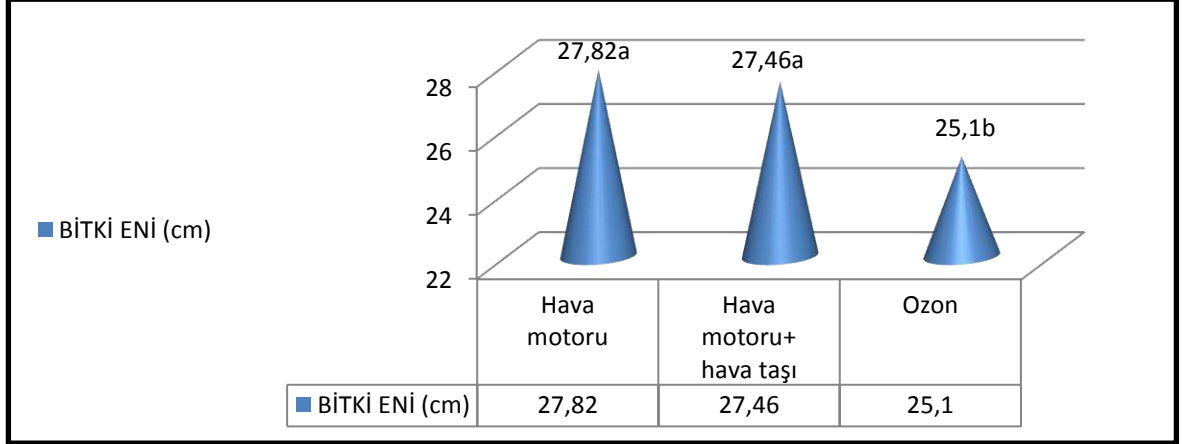
Çizelge 4.5.'de görüldüğü üzere ozon jeneratörü uygulamasında yetiştirilen Bohemia çeşidi ile Delight çeşidi arasında istatistiksel anlamda bir farklılık gözlenmemiştir ($p>0,05$).

Çizelge 4.5. Ozon jeneratörü uygulamasında bitki boyu parametresi üzerine çeşitlerin etkisi



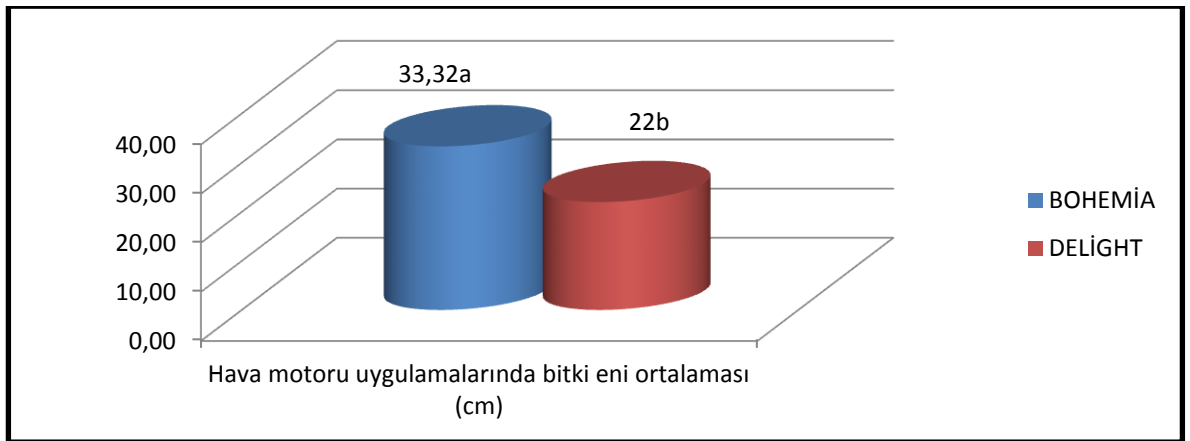
Çizelge 4.6’ daki grafiktede yer aldığı gibi farklı O₂ uygulamalarına ait bitki enleri arasında istatistiksel olarak oksijen uygulamaları ve çeşit önemli çıkmıştır (p<0,05).

Çizelge 4.6. Farklı O₂ uygulamalarının bitki eni parametresi üzerine etkisi



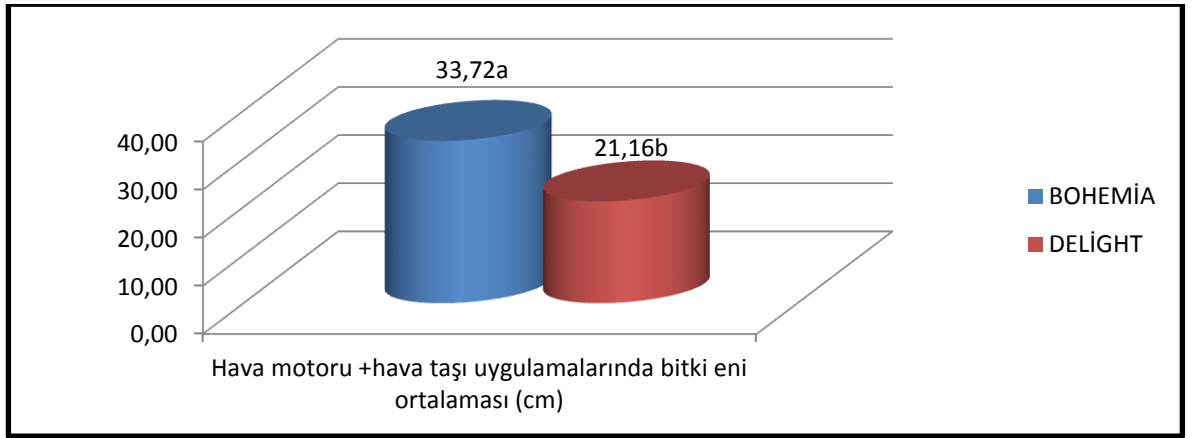
Çizelge 4.7’ deki grafikten de anlaşılabacağı üzere, hava motoru ile oksijen sağlanan uygulamalarda kullanılan Bohemia çeşidinin en ortalaması 33,32 cm ile Delight’a göre daha iyi değere sahip olup istatistiksel olarak önemli bir farklılığın olduğu görülmüştür (p<0,05).

Çizelge 4.7. Hava motoru uygulamasında bitki eni parametresi üzerine çeşitlerin etkisi



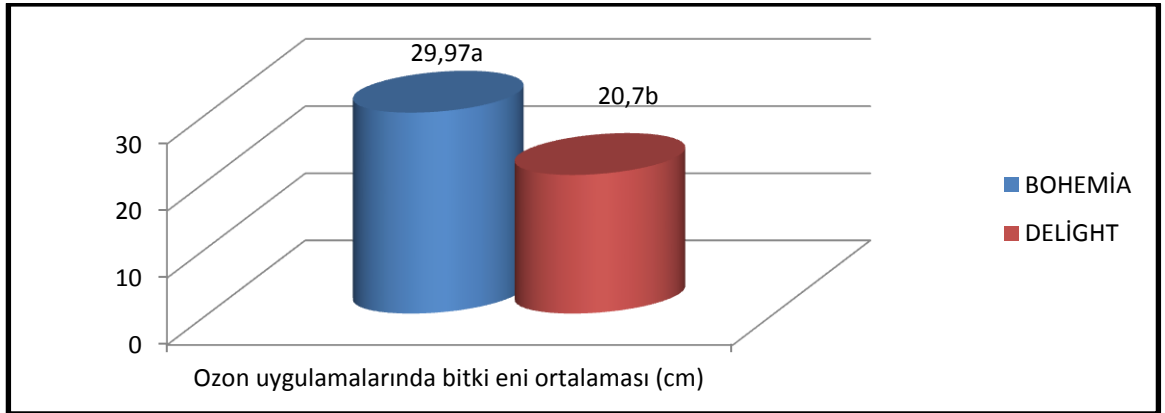
Çizelge 4.8’ deki grafikten de anlaşılacağı üzere, hava motoru + hava taşı ile oksijen sağlanan uygulamalarda Bohemia en ortalaması 33.72 cm ile Delight’a göre daha iyi değerlere sahip olup aralarında istatistiksel olarak önemli bir farklılığın olduğu görülmüştür ($p<0,05$).

Çizelge 4.8. Hava motoru + hava taşı uygulamasında bitki eni parametresi üzerine çeşitlerin etkisi



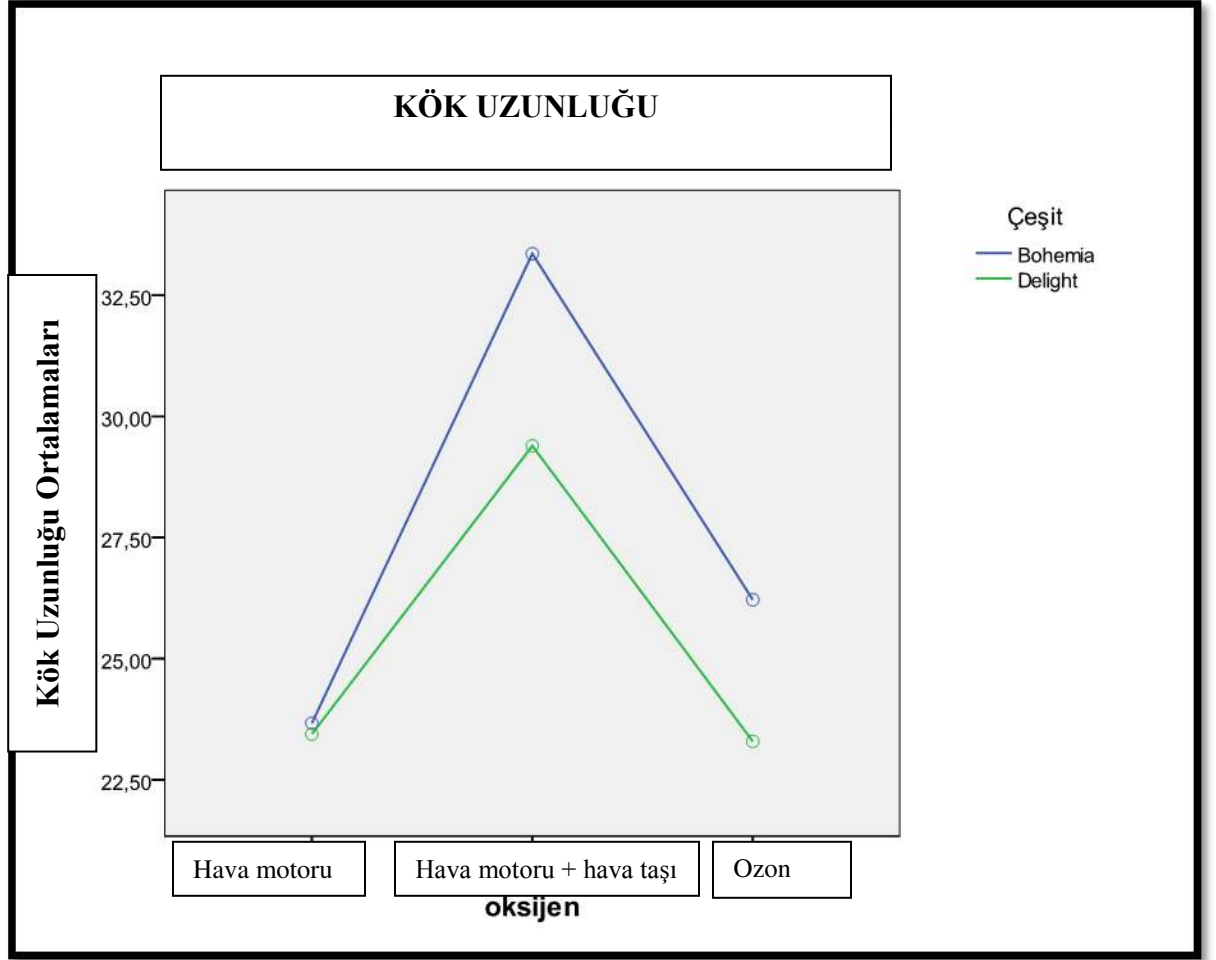
Çizelge 4.9’ daki grafikten de anlaşılacağı üzere, ozon ile oksijen sağlanan uygulamalarda kullanılan Bohemia çeşidinin bitki en ortalaması açısından 29,97 cm ile Delight’a göre daha iyi değerlere sahip olduğu ve istatistiksel olarak önemli bir farklılığın olduğu görülmüştür ($p<0,05$).

Çizelge 4.9. Ozon jeneratörü uygulamasında bitki eni parametresi üzerine çeşitlerin etkisi



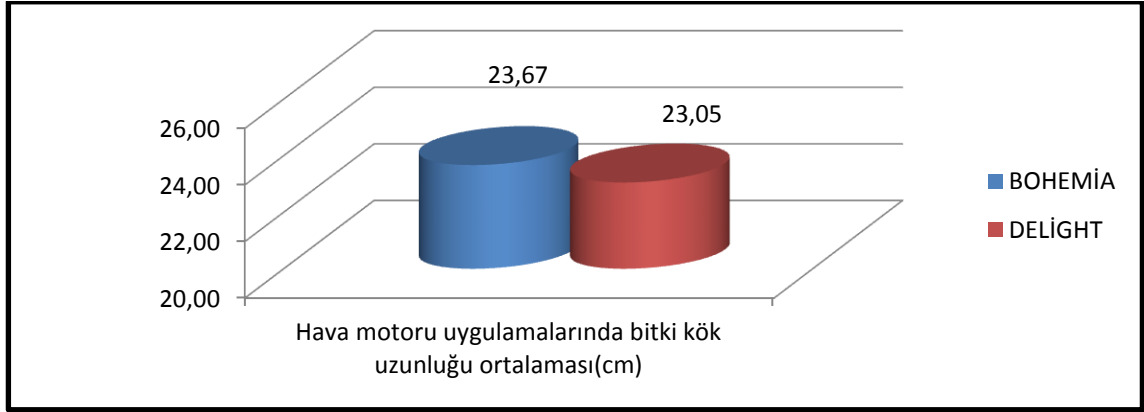
Çizelge 4.10' daki grafikte de görüldüğü üzere farklı O₂ uygulamalarına ait bitki kök uzunlukları arasında istatistiksel olarak çeşit ve farklı oksijen uygulamaları interaksyonu önemli çıkmıştır ($p<0,05$). Bohemia ve Delight çeşitlerinin kök uzunlukları en yüksek değerlerine hava motoru ve hava taşı uygulamasıyla ulaşmıştır.

Çizelge 4.10. Farklı O₂ uygulamalarının kök uzunluğu parametresi üzerine etkisi



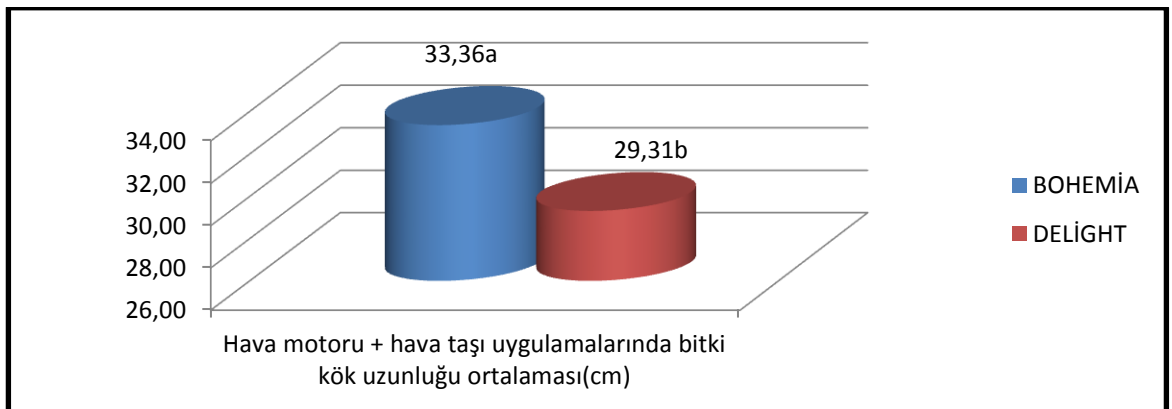
Çizelge 4.11’ de görüldüğü üzere bitki kök uzunluğu ortalamaları arasında istatistiksel olarak önemli bir farklılık gözlenmemiştir ($p>0,05$).

Çizelge 4.11. Hava motoru uygulamasında bitki kök uzunluğu parametresine çeşitlerin etkisi



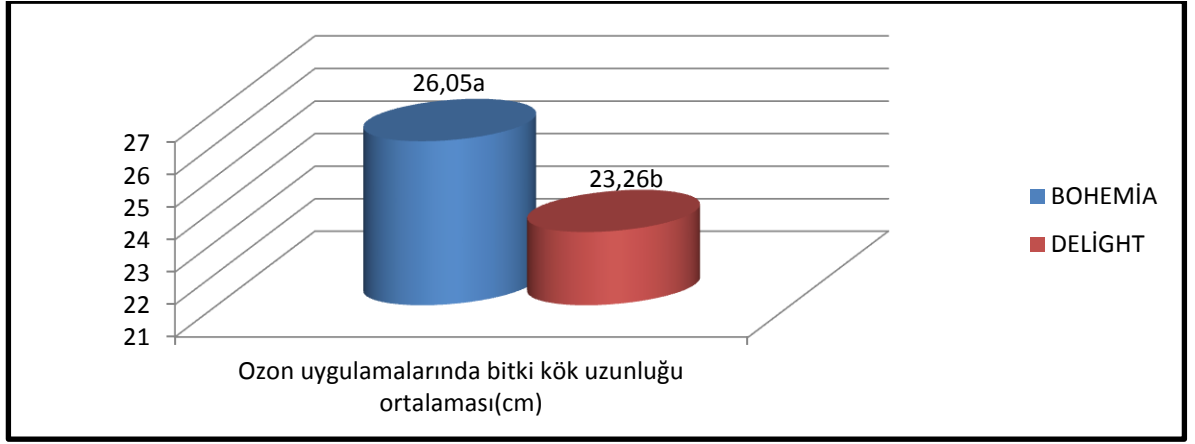
Çizelge 4.12’deki grafikten de anlaşılabacağı üzere, hava motoru + hava taşı ile oksijen sağlanan uygulamalarda kullanılan Bohemia bitki kök uzunluğu ortalaması 33.36 cm ile Delight’a göre daha iyi değerlere sahip olup istatistiksel olarak önemli bir farklılığın olduğu görülmüştür ($p<0,05$).

Çizelge 4.12. Hava motoru + hava taşı uygulamasında bitki kök uzunluğu parametresine çeşitlerin etkisi



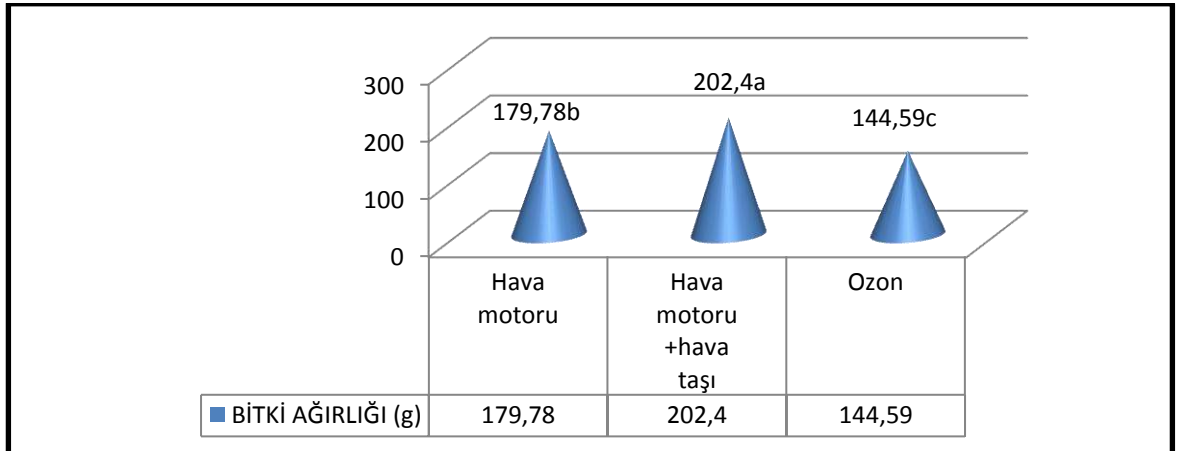
Çizelge 4.13’deki grafikten de anlaşılacağı üzere, ozon ile oksijen sağlanan uygulamalarda kullanılan Bohemia bitki kök uzunluğu ortalaması 26.05 cm ile Delight’a göre daha iyi değerlere sahip olup istatistiksel olarak önemli bir farklılığın olduğu görülmüştür ($p<0,05$).

Çizelge 4.13. Ozon jeneratörü uygulamasında bitki kök uzunluğu parametresine çeşitlerin etkisi



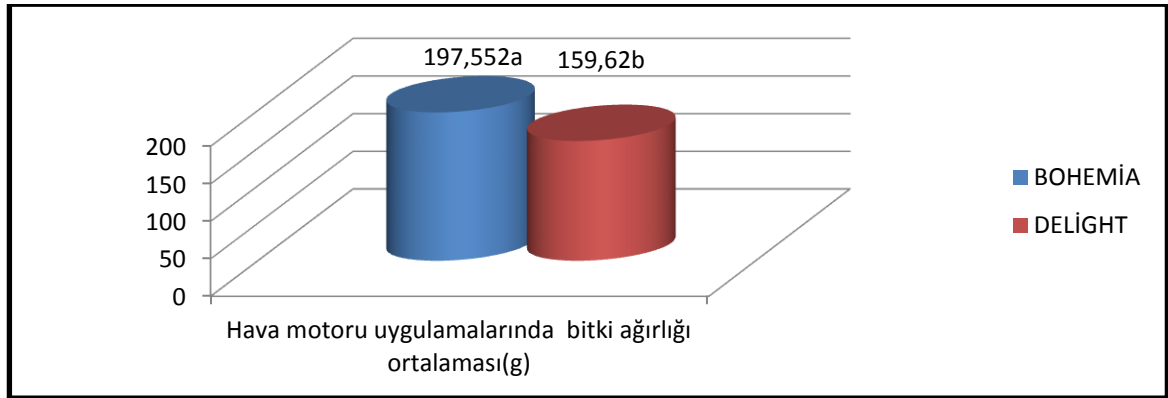
Çizelge 4.14’deki grafikte de görüldüğü üzere farklı O₂ uygulamalarına ait bitki yaş gövde ağırlıkları arasında istatistiksel olarak farklı oksijen uygulamaları ve çeşit önemli çıkmıştır ($p<0,05$).

Çizelge 4.14. Farklı O₂ uygulamalarının bitki yaş gövde ağırlığı parametresi üzerine etkisi



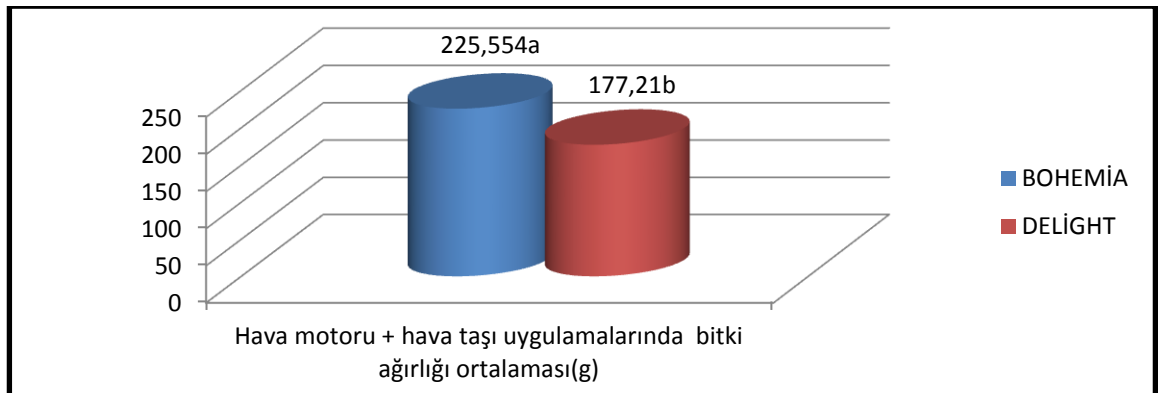
Çizelge 4.15’deki grafikten de anlaşılabacağı üzere, hava motoru ile oksijen sağlanan uygulamalarda kullanılan Bohemia çeşidinin bitki yaş gövde ağırlığı ortalaması 197.552 g ile Delight’a göre daha iyi değerlere sahip olup istatistiksel olarak önemli bir farklılığın olduğu görülmüştür ($p<0,05$).

Çizelge 4.15. Hava motoru uygulamasında bitki yaş gövde ağırlığı parametresine çeşitlerin etkisi



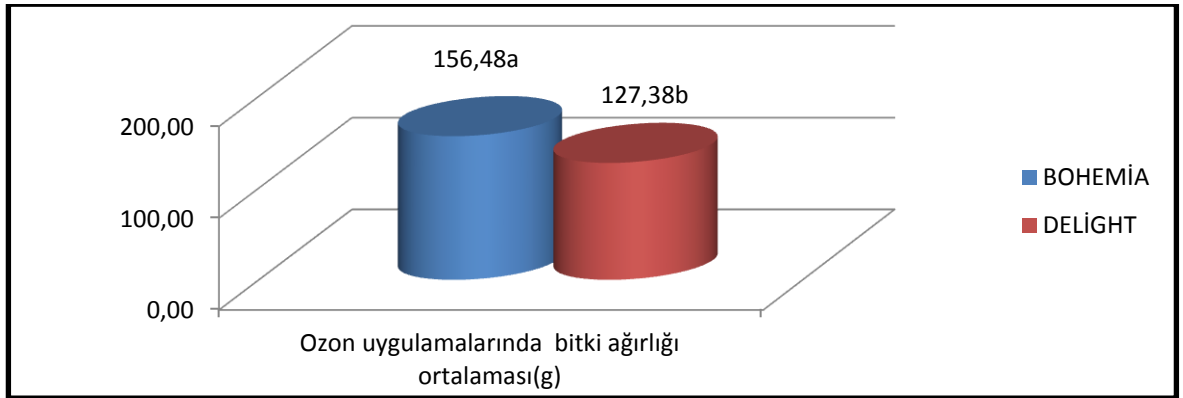
Çizelge 4.16’deki grafikten de anlaşılabacağı üzere, hava motoru + hava taşı ile oksijen sağlanan uygulamalarda kullanılan Bohemia çeşidinin bitki yaş gövde ağırlığı ortalaması 225.554 g ile Delight’a göre daha iyi değerlere sahip olup istatistiksel olarak önemli bir farklılığın olduğu görülmüştür ($p<0,05$).

Çizelge 4.16. Hava motoru + hava taşı uygulamasında bitki yaş gövde ağırlığı parametresine çeşitlerin etkisi



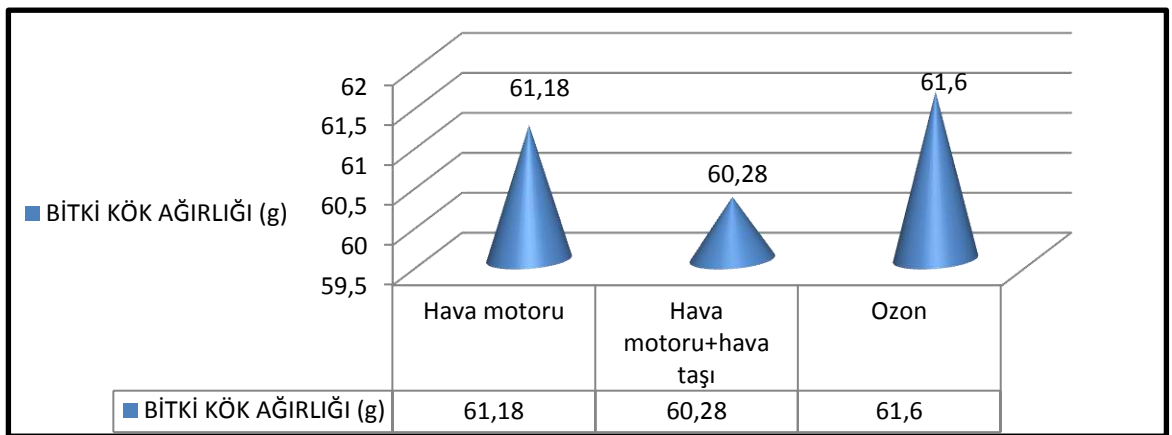
Çizelge 4.17'deki grafikten de görüldüğü üzere, ozon jeneratörüyle ile oksijen sağlanan uygulamalarda kullanılan Bohemia çeşidinin bitki yaş gövde ağırlığı ortalaması 156.48 g ile Delight'a göre daha iyi değerlere sahip olup istatistiksel olarak önemli bir farklılığın olduğu görülmüştür ($p<0,05$).

Çizelge 4.17. Ozon jeneratörü uygulamasında bitki yaş gövde ağırlığı parametresine çeşitlerin etkisi



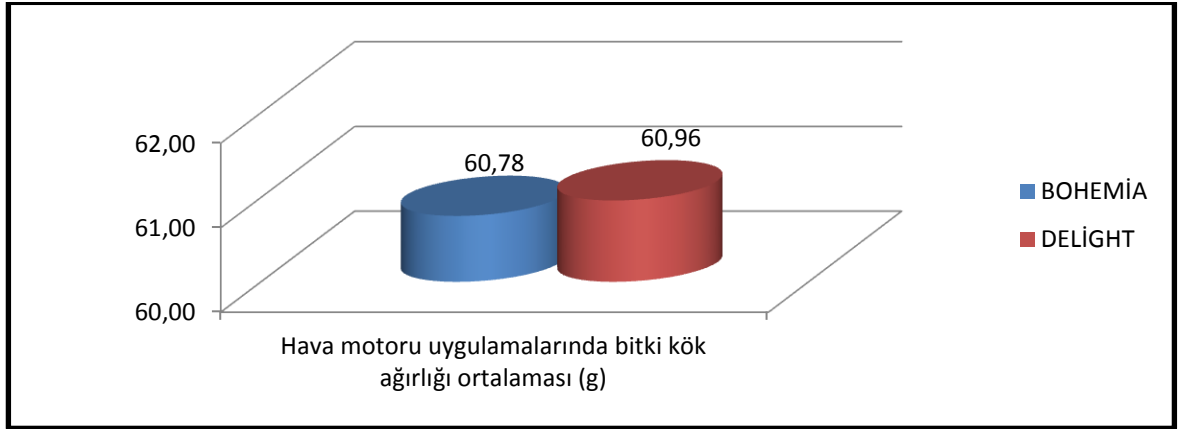
Çizelge 4.18'deki grafikte de görüldüğü gibi farklı O_2 uygulamalarına ait bitki kök ağırlıkları arasında çeşit ve farklı oksijen uygulamaları açısından istatistiksel olarak önemli bir farklılık bulunmamıştır ($p>0,05$).

Çizelge 4.18. Farklı O_2 uygulamalarının bitki kök ağırlığı parametresi üzerine etkisi



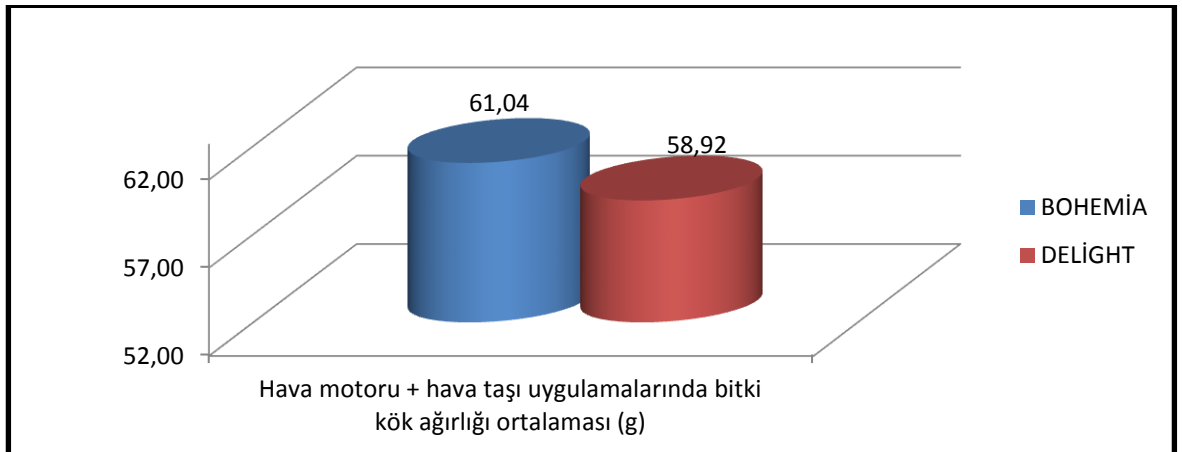
Çizelge 4.19’ da görüldüğü üzere çeşitlerin bitki kök ağırlığı ortalamaları arasında istatistiksel olarak önemli bir farklılığa rastlanmamıştır ($p>0,05$).

Çizelge 4.19. Hava motoru uygulamasında bitki yaş kök ağırlığı parametresine çeşitlerin etkisi



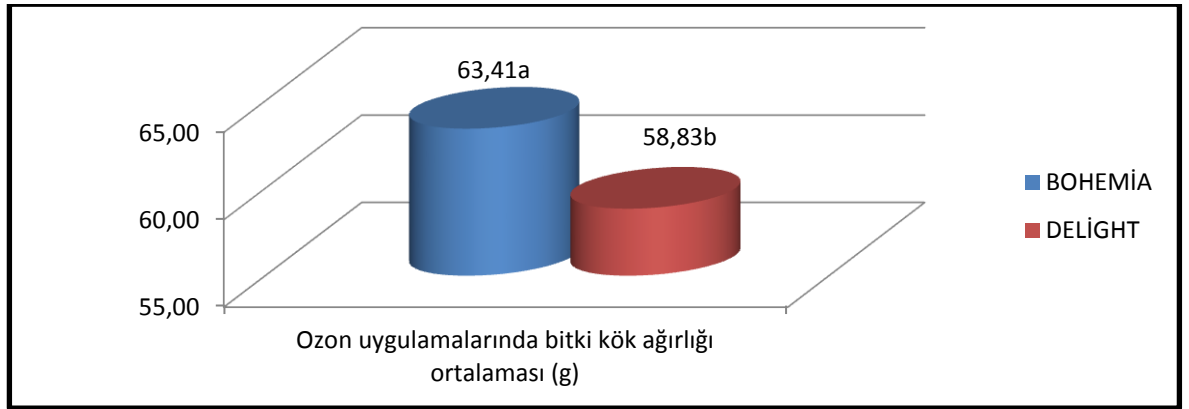
Çizelge 4.20’ de görüldüğü gibi çeşitlerin bitki yaş kök ağırlığı ortalamaları arasında istatistiksel olarak önemli bir farklılığa rastlanmamıştır ($p>0,05$).

Çizelge 4.20. Hava motoru + hava taşı uygulamasında bitki yaş kök ağırlığı parametresine çeşitlerin etkisi



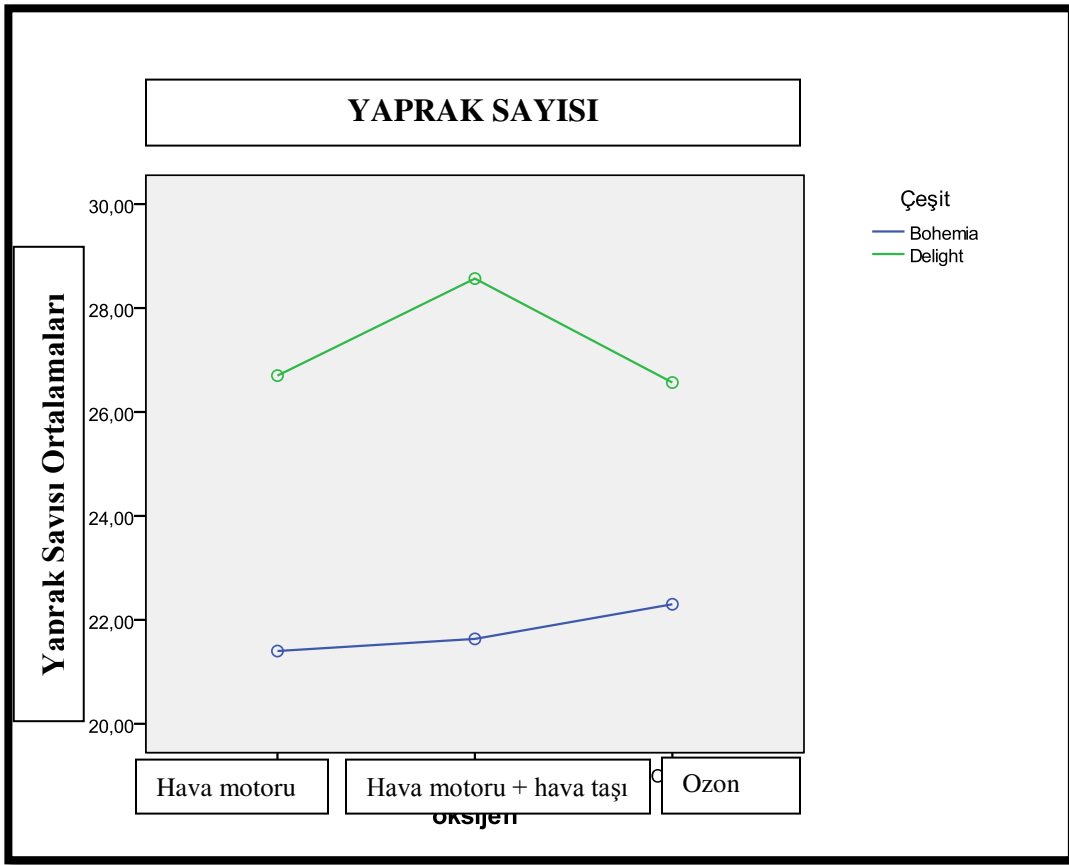
Çizelge 4.21’deki grafikten de görüldüğü üzere, ozon jeneratörü ile oksijen sağlanan uygulamalarda kullanılan Bohemia çeşidinin bitki yaş kök ağırlığı ortalaması 63.41 g ile Delight’a göre daha iyi değerlere sahip olup istatistiksel olarak önemli bir farklılığın olduğu görülmüştür ($p<0,05$).

Çizelge 4.21. Ozon jeneratörü uygulamasında bitki yaş kök ağırlığı parametresine çeşitlerin etkisi



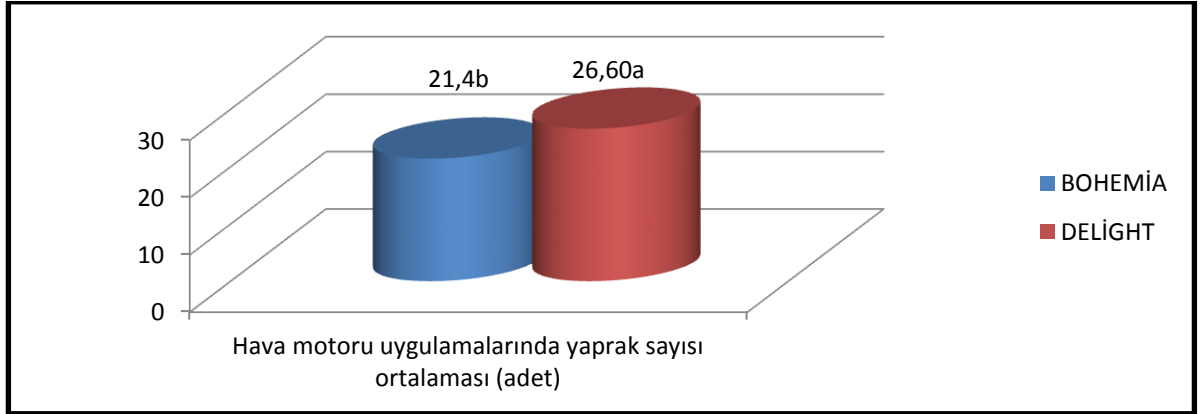
Çizelge 4.22'deki grafikte görüldüğü üzere farklı O₂ uygulamalarına ait bitki yaprak sayıları arasında istatistiksel olarak çeşit ve farklı oksijen uygulamaları x çeşit etkisi önemli çıkmıştır (p<0,05). Farklı oksijen uygulamalarının bitki yaprak sayısı parametresi üzerine etkisine bakılacak olursa; en yüksek değerler Bohemia çeşidi için ozon jeneratörü uygulamasıyla elde edilmişken; Delight çeşidi açısından hava motoru + hava taşı uygulaması daha iyi sonuç vermiştir.

Çizelge 4.22. Farklı O₂ uygulamalarının yaprak sayısı parametresi üzerine etkisi



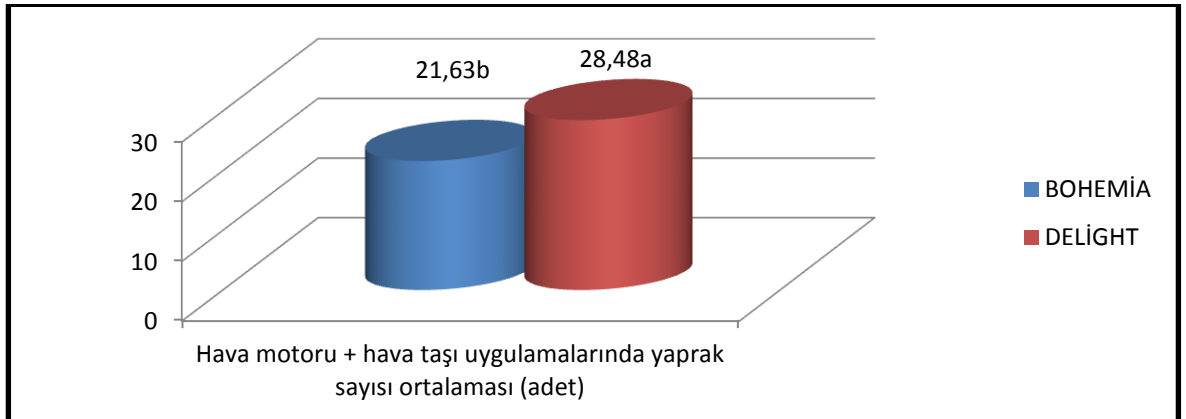
Çizelge 4.23' deki grafikte de görüldüğü üzere hava motoru ile oksijen sağlanan uygulamalarda kullanılan Delight çeşidinin bitki yaprak sayısı ortalaması 26.60 adet ile Bohemia'ya göre daha iyi değerlere sahip olup istatistiksel olarak önemli bir farklılığın olduğu belirlenmiştir ($p<0,05$).

Çizelge 4.23. Hava motoru uygulamasındaki Bohemia ve Delight'ın bitki yaprak sayısı ortalamalarına ilişkin değerler



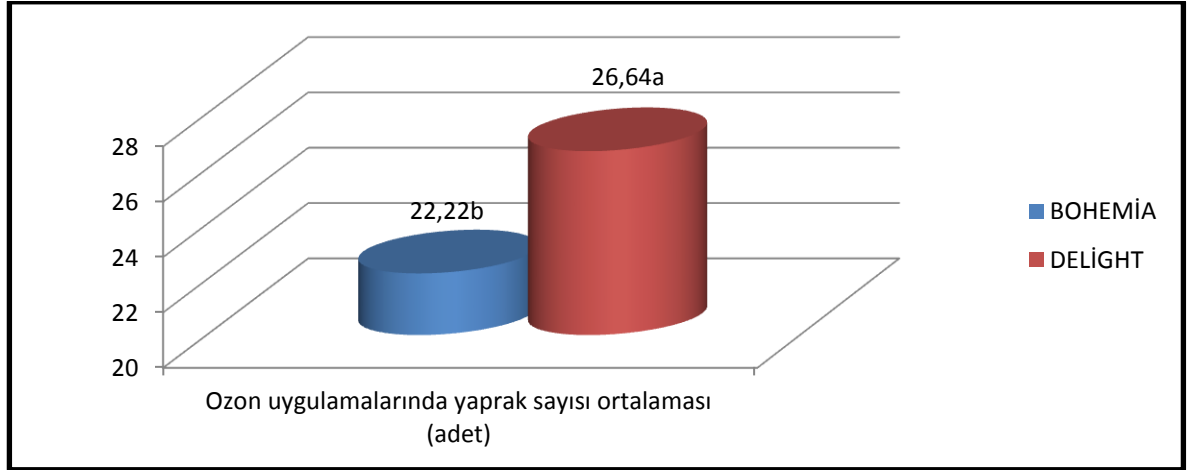
Çizelge 4.24.' deki grafikte de görüldüğü üzere hava motoru + hava taşı ile oksijen sağlanan uygulamalarda kullanılan Delight çeşidinin bitki yaprak sayısı ortalaması 28.48 adet ile Bohemia çeşidine göre daha iyi değerlere sahip olup istatistiksel olarak önemli bir farklılığın olduğu belirlenmiştir ($p<0,05$).

Çizelge 4.24. Hava motoru + hava taşı uygulamasındaki Bohemia ve Delight'ın bitki yaprak sayısı ortalamalarına ilişkin değerler



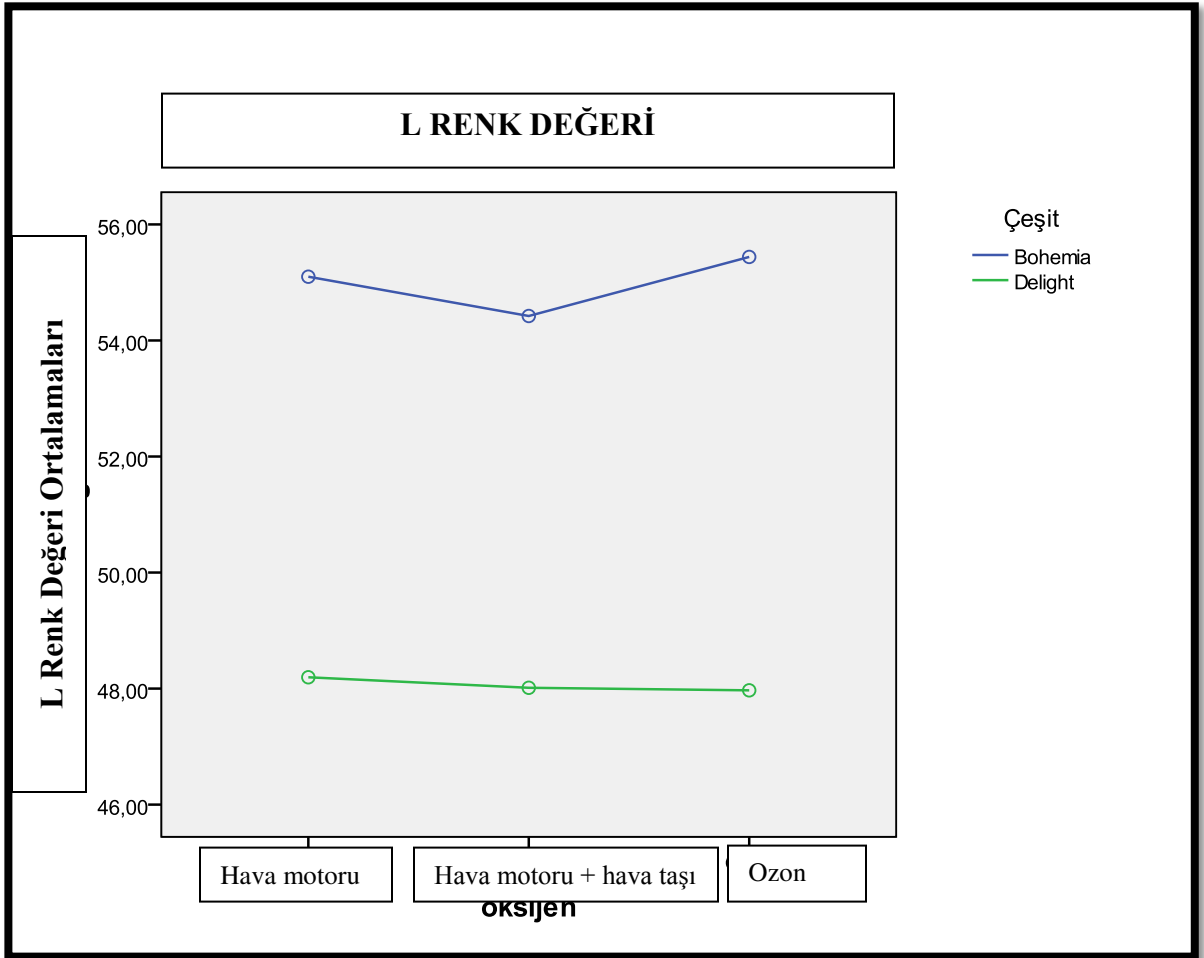
Çizelge 4.25’ deki grafikte de görüldüğü üzere ozon jeneratörü ile oksijen sağlanan uygulamalarda kullanılan Delight çeşidinin bitki yaprak sayısı ortalaması 26.64 adet ile Bohemia’ya göre daha iyi değerlere sahip olup istatistiksel olarak önemli bir farklılığın olduğu gözlemlenmiştir ($p<0,05$).

Çizelge 4.25. Ozon jeneratörü uygulamasındaki Bohemia ve Delight’ın bitki yaprak sayısı ortalamalarına ilişkin değerler



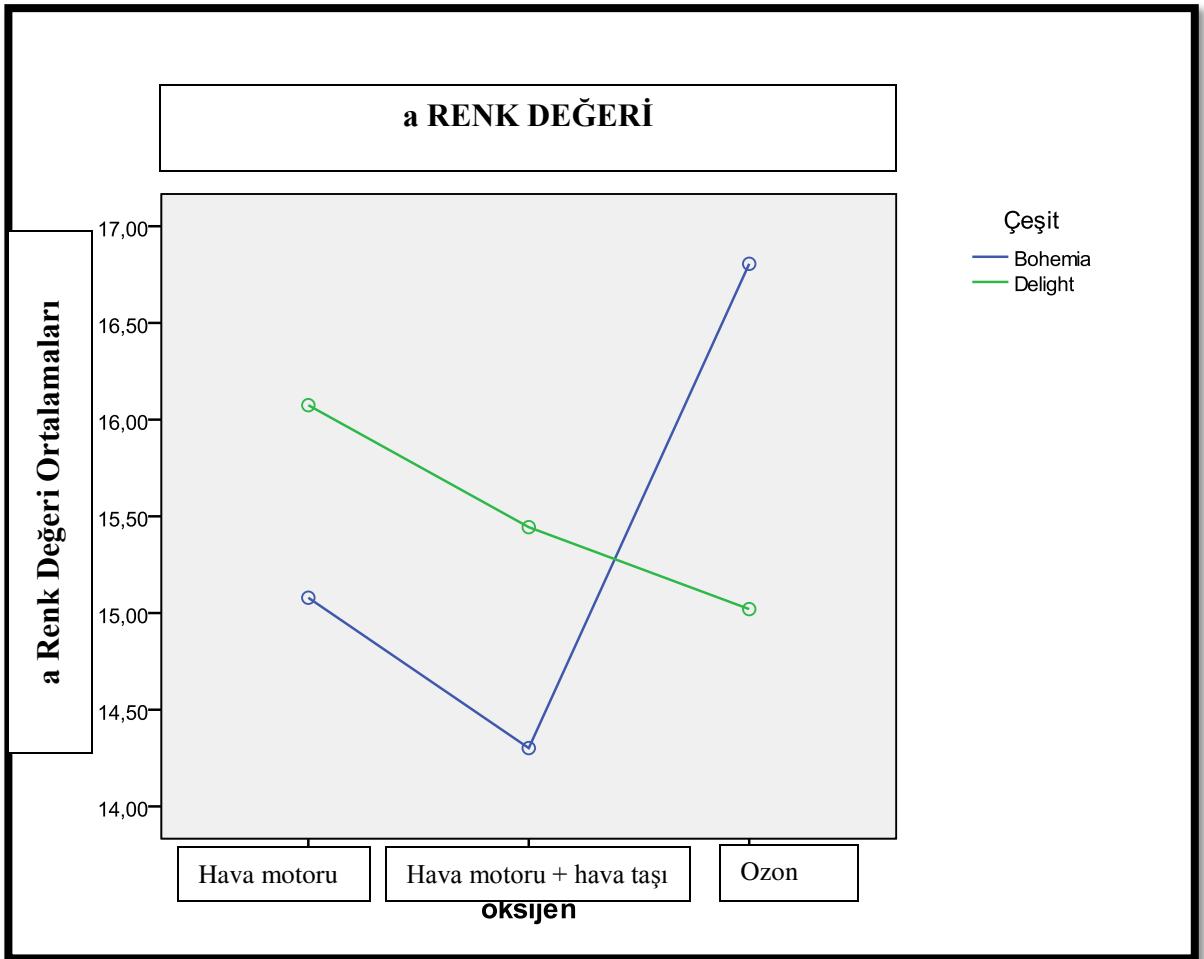
L renk değeri yaprak parlaklığını vermekte olup farklı oksijen uygulamalarının L renk değeri üzerinde istatistiksel olarak önemli bir farklılık yaratmadığı gözlemlenmiştir ($p>0,05$). Ancak çeşitlerin ve oksijen uygulamaları x çeşit interaksiyonunun L renk değeri üzerinde istatistiksel olarak önemli bir farklılık yarattığı görülmüştür ($p<0,05$). L renk değeri bakımından istatistiksel önemde olan farklı oksijen uygulamaları x çeşit interaksiyonu grafiği Çizelge 4.26’da verilmiştir. Grafiğe göre Bohemia çeşidinin yaprak parlaklığı en yüksek değerine sırasıyla ozon jeneratörü, hava motoru ve hava motoru + hava taşı uygulamalarıyla ulaşmışken; Delight çeşidinde uygulamalar arasında bu yönde belirgin bir farklılık saptanmamıştır.

Çizelge 4.26. Farklı O₂ uygulamalarının L renk parametresi üzerine etkisi



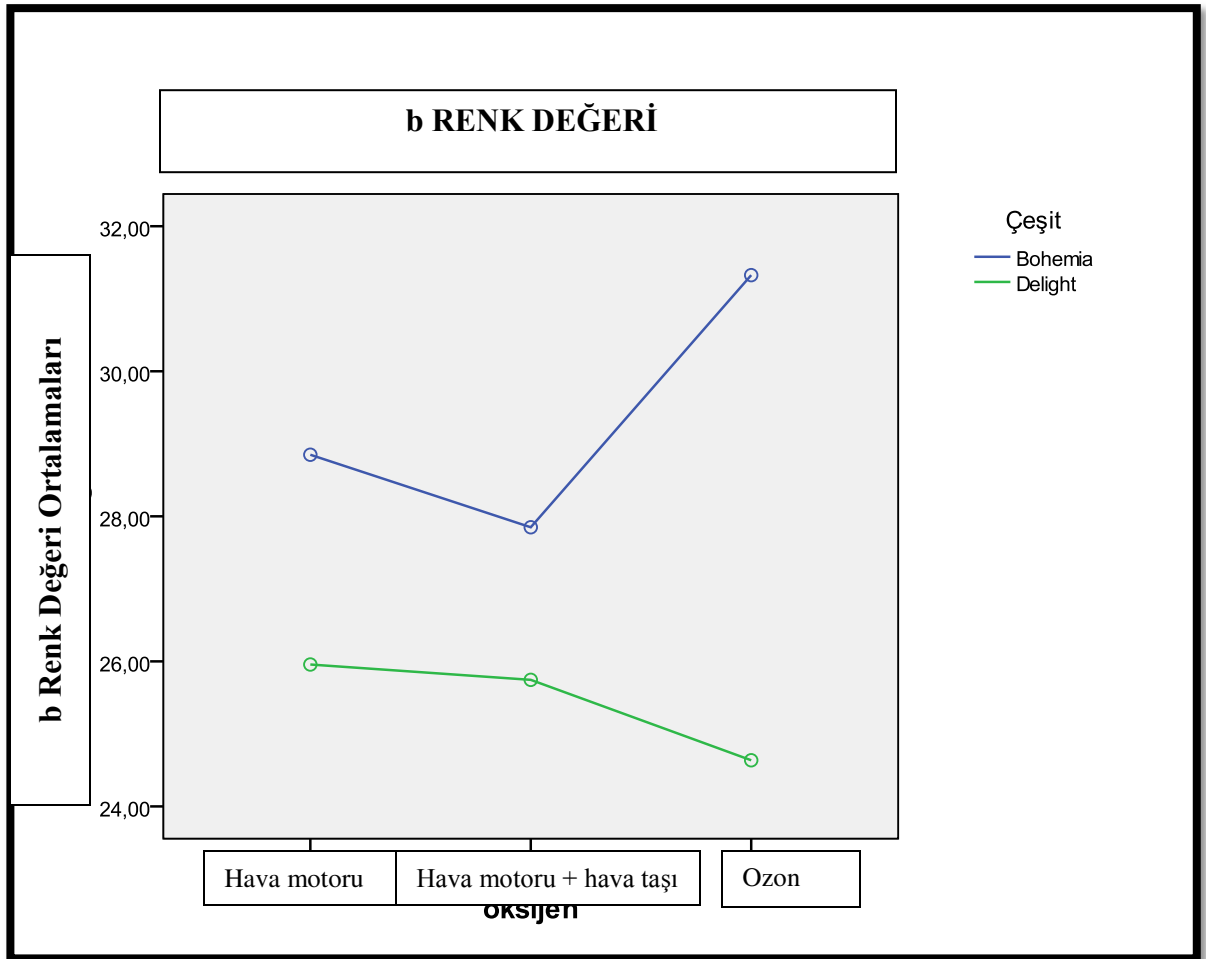
Çizelge 4.27'deki grafikte görüldüğü üzere a renk değeri yeşil renk değerini vermektedir. a renk değerinde 'farklı oksijen uygulamaları x çeşit' interaksyonu istatistiksel olarak önemli çıkmıştır ($p<0,05$). Bu da marul çeşitlerinin O_2 'ine karşı farklı tepkiler verdiğini göstermektedir. Grafiğe göre Bohemia çeşidinin yaprakları en yüksek a değerine sırasıyla ozon jeneratörü, hava motoru ve hava motoru+hava taşı uygulamalarıyla ulaşmışken; Delight çeşidinde bu sıralama; hava motoru, hava motoru + hava taşı, ozon jeneratörü şeklinde olmuştur.

Çizelge 4.27. Farklı O_2 uygulamalarının a renk parametresi üzerine etkisi



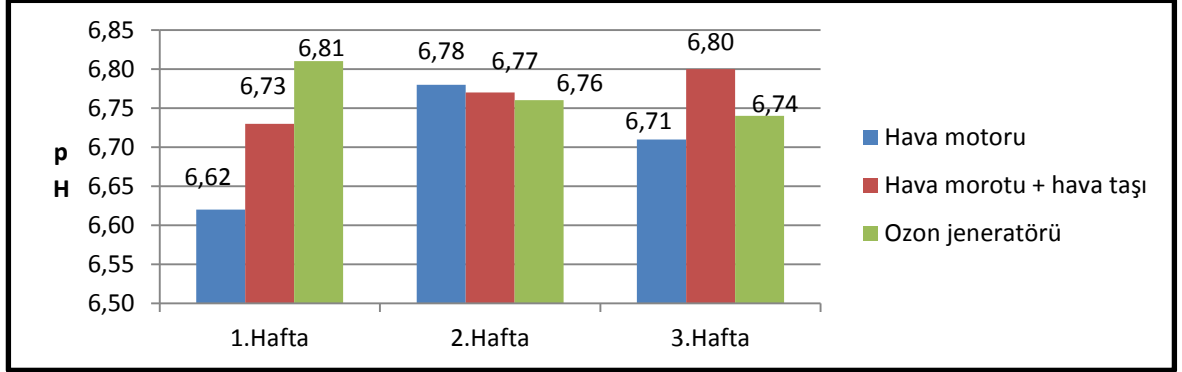
Çizelge 4.28'deki grafikte de belirtildiği üzere b renk değeri sarı renk değerini vermektedir. Farklı oksijen uygulamalarının b renk değeri üzerinde istatistiksel olarak önemi olmadığı belirlenmiştir ($p>0,05$). b renk değeri üzerine çeşitler arasındaki farkın istatistiksel olarak önemli olduğunu göstermiştir ($p<0,05$). Grafiğe göre Bohemia çeşidinin yaprakları en yüksek b değerine sırasıyla ozon jeneratörü, hava motoru ve hava motoru + hava taşı uygulamalarıyla ulaşmışken; Delight çeşidinde bu sıralama; hava motoru, hava motoru + hava taşı, ozon jeneratörü şeklinde olmuştur.

Çizelge 4.28. Farklı O₂ uygulamalarının b renk parametresi üzerine etkisi



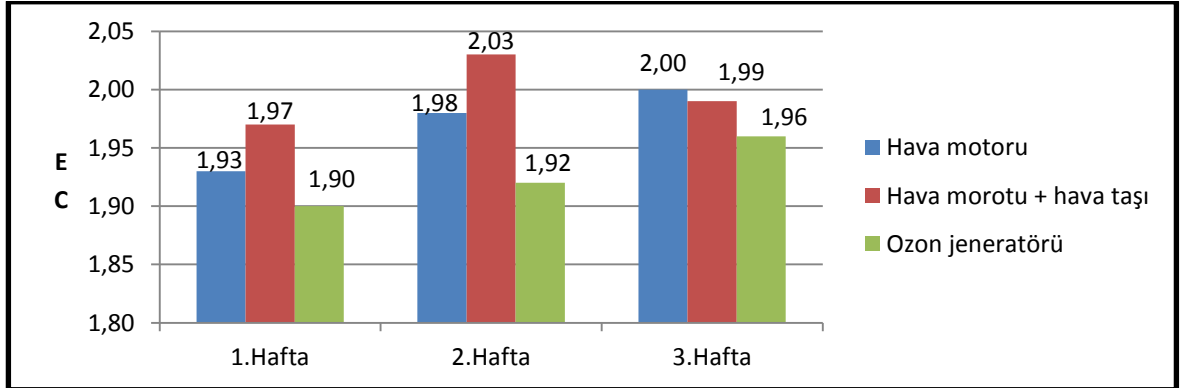
Solüsyon pH değişimleri: Farklı oksijen uygulamalarına ait haftalara göre pH değişimleri denemenin ilk gününden son gününe kadar dijital pH metre ile ölçülmüş ve kaydedilmiştir (Çizelge 4.29).

Çizelge 4.29. Farklı oksijen uygulamalarına ait haftalara göre pH değişimleri



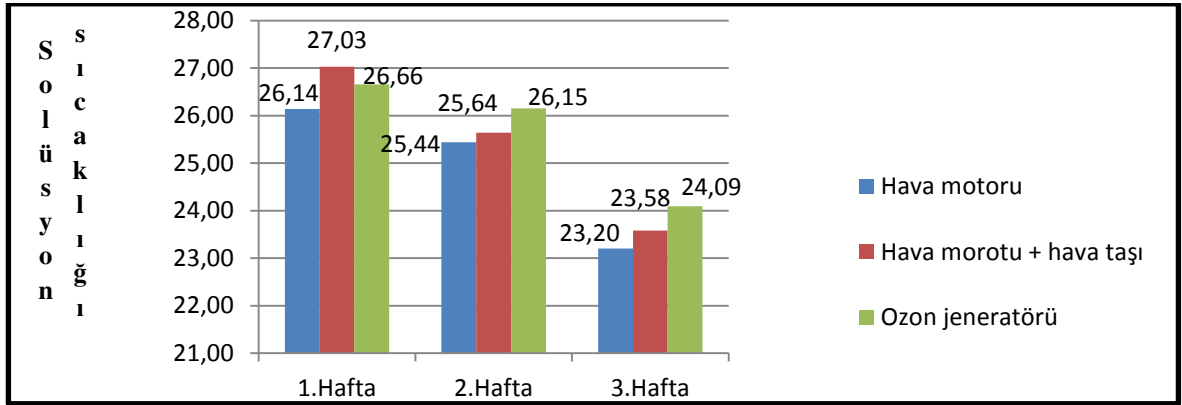
Solüsyon EC değişimleri: Denemenin ilk gününden son güne kadar günlük EC değişimleri dijital EC metre ile ölçülmüş ve kaydedilmiştir (Çizelge 4.30).

Çizelge 4.30. Farklı oksijen uygulamalarına ait haftalara göre EC değişimi



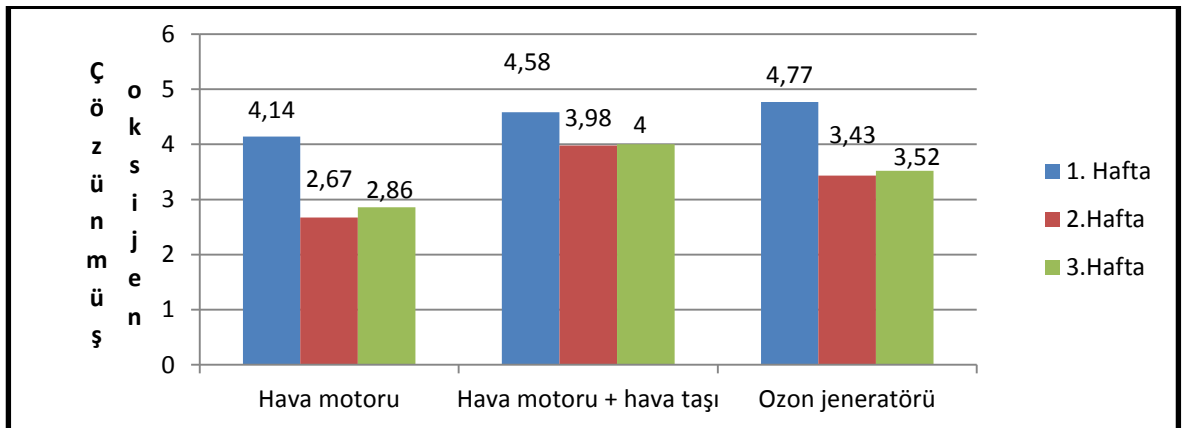
Solüsyon Sıcaklık Değişimleri: Denemenin ilk gününden son güne kadar günlük solüsyon sıcaklık değişimleri havuz termometresi ile ölçülmüş ve kaydedilmiştir (Çizelge 4.31).

Çizelge 4.31. Farklı oksijen uygulamalarına ait haftalara göre besin solüsyonu sıcaklık değişimi



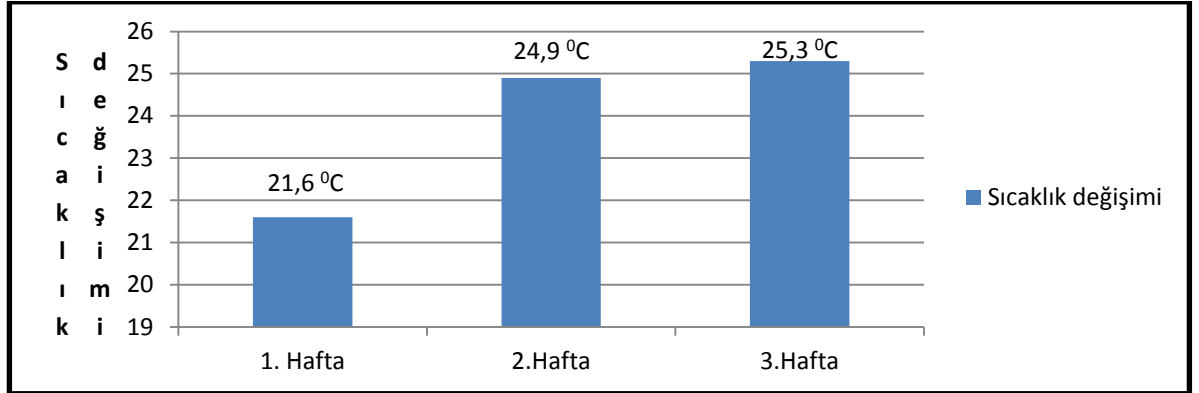
Solüsyondaki çözünmüş oksijen değişimleri: Denemenin ilk gününden son güne kadar günlük solüsyondaki çözünmüş oksijen değişimleri dijital oksijen metre ile ölçülmüş $g\ l^{-1}$ olarak kaydedilmiştir (Çizelge 4.32).

Çizelge 4.32. Farklı oksijen uygulamalarına ait haftalara göre besin solüsyonundaki çözünmüş oksijen değişimi



Sera içi sıcaklık değişimleri: Denemenin ilk gününden son güne kadar günlük sera içi sıcaklık değişimleri termometre ile ölçülmüş ve $^{\circ}\text{C}$ 'e olarak kaydedilmiştir. Çizelge 4.33' deki grafiktede görüldüğü üzere haftalara göre sera içi sıcaklık değerlerinde artış yaşandığı gözlemlenmiştir. Sera içi sıcaklık artışının önüne geçmek amacıyla da 2. haftada sera üzerine gölge tozu atılmıştır.

Çizelge 4.33. Haftalara göre sera içi sıcaklık değişimi



5. TARTIŞMA

Oksijen uygulamaları arasında çalışmada ele alınan bütün kriterler bakımından en iyi sonucu hava motoru + hava taşı uygulaması vermiştir ($p<0,05$). Diğer uygulamalara göre, bu uygulamadaki hava taşının çıkardığı kabarcıklar ile su yüzeyinin geniş bir alanda dalgalandırılması sağlanarak suya daha fazla oksijen kazandırılmıştır. Bunun yanında söz konusu bütün parametreler açısından oksijen uygulamaları arasında en düşük değerleri ozon uygulaması vermiştir.

Çeşitler açısından ise farklı oksijen uygulamalarında Bohemia çeşidinin, Delight çeşidine göre yaprak sayısı parametresi dışında diğer tüm parametrelerde daha iyi sonuç verdiği belirlenmiştir. Bohemia çeşidinin tüm parametreler açısından en iyi sonuçları ise hava motoru + hava taşı uygulamasından elde edilmiştir. Bitki eni, bitki kök uzunluğu ve bitki ağırlığı parametreleri açısından Bohemia marul çeşidinin Delight salata çeşidine göre daha yüksek sonuçlar verdiği belirlenmiştir. Bohemia'nın bitki eni parametresindeki bu farklılığın bu gruba ait bitkilerin fiziksel yapılarından kaynaklı olduğunu Oğul (2009)' da yaptığı çalışmasında vurgulamıştır. Abu-Hamdeh (2003)'de, yürüttüğü bir çalışmada optimum ağırlığın optimum kök gelişimiyle ilgili olduğunu belirtmiştir (Yavari vd 2008). Bu çalışmadan yola çıkarak elde ettiğimiz yüksek gelişme ve büyüme değerlerinin Bohemia'nın iyi bir kök gelişimine sahip olmasından kaynaklandığı söylenebilir.

Çalışmadaki pH ortalamalarını Kasım (2004)'ın bildirdiği gibi iyon alımının maksimum olması için pH 5-7 arasında olmalıdır ibaresini doğrular nitelikte 6.74 civarında tutulmuştur.

Kasım (2004) tuza dayanıklı bitkiler için EC'nin % 0.2-0.4 (2000-4000 ppm) arasında olması gerektiğini ve marul bitkisinin tuza dayanıklı olduğunu bildirmiştir. Yürüttüğümüz bu çalışmadaki ortalama EC değerlerimiz 1.96 μmos civarında olup bu çalışmayı destekler niteliktedir.

Kaptan (1995) tarafından besin çözeltilisinin sıcaklığının hava sıcaklığına yakın olması gerektiği bildirilmiştir. Elde ettiğimiz sera içi hava sıcaklığı ortalaması 32.4⁰C' e iken; besin solüsyonu sıcaklık ortalamamız 25.2⁰C'de tutulmuştur.

Besin solüsyonlarındaki çözünmüş oksijen ortalamalarının 3-4 mg l⁻¹ arasında tutulmasının marulun verim ve kalitesi üzerine olumlu etki yaptığı ve Morgan (2002b) nın yaptığı çalışmada da belirtildiği gibi besin solüsyonu içindeki çözünmüş oksijen miktarının 3 ppm'in altına düşmesi halinde marulun büyümesinin önemli ölçüde olumsuz etkileneceği sonucuna ulaşılmıştır. Goto ve arkadaşları (1996) da marulun yetiştirilmesinde ve gelişiminde optimum çözünmüş oksijen konsantrasyonunun en az 4 mg l⁻¹ olması gerektiğini ve 2 mg l⁻¹'nin altındaki çözünmüş oksijen konsantrasyonlarında marulun şiddetli strese girdiğini belirterek elde ettiğimiz sonucun doğruluğunu bir kere daha kanıtlamıştır.

Lenzi (2008) ise, besin solüsyonundaki oksijen konsantrasyonunun 5-7 mg l⁻¹ arasında olması gerektiğini bildirmiştir. Ancak yaptığımız bu çalışmada özellikle ozon jeneratörünün oksijen çıkış noktasına yakın olan bitkilerin kök ve yapraklarında yanmaların olduğu belirlenmiştir. Bu yüzden de en iyi sonucu veren çözünmüş oksijen miktarı 3-4 mg l⁻¹ arasında tutulmuştur.

6. SONUÇ

Yapılan bu çalışmada durgun su kültüründe yetiştirilen marulda bitkinin verim ve kalitesi üzerine sudaki O₂ miktarını arttırıcı uygulamaların etkileri araştırılmıştır. Verim ve kaliteyi oluşturan parametreler için elde edilen verilerden aşağıdaki sonuçlara varılmıştır:

- Oksijen miktarını arttırıcı uygulamalar arasında marulda verim ve kalite üzerine en iyi sonucu hava motoru + hava taşı uygulamaları vermiştir. Bundan dolayı durgun su kültüründe hava motoru + hava taşı uygulaması ile oksijen sağlanarak yüksek kalite ve verimde salata-marul yetiştiriciliğinin yapılabileceği belirlenmiştir.
- Oksijen miktarını arttırmak üzere kullanılan ozon jeneratörünün ortamı mikroorganizmalardan arındırması diğer uygulamalara göre üstünlüğünü oluşturmaya karşın oksijen çıkış noktasına yakın olan bitkilerde kök ve yaprak yanmaları gözlemlenmiştir. Bunu elimine etmek için ileriki çalışmalarda ozon jeneratörü+hava taşı uygulamasına gidilebileceği kanısına varılmıştır.

7. KAYNAKLAR

- ANONİM, 2012a, TUIK.
<http://www.tuik.gov.tr>
- ANONİM, 2012b.
http://agtohum.com/v2/pdf/Renkli_Marul_09.pdf
- ANONİM, 2012c, ANTALYA TARIM MASTER PLANI 2011 online
http://www.antalya-tarim.gov.tr/index_tr.asp?mn=15&bn=0&in=5640
- ANONİM, 2010a.
http://ciftci.ksu.edu.tr/dokumanlar/topraksiz_tarim.html
- ANONİM, 2010b.
http://www.antalya-tarim.gov.tr/haber_detay.asp?baslik_id=37&ID=299
- ANONİM, 2005. FAO.
<http://www.fao.org/faostat>
- ALEXANDER, T., 2001. The NFT Lettuce and Herb Conference and Workshop, The Growing Edge 12(4):12-15.
- BENOIT, F. and CEUSTERMANS, N., 1995. Horticultural Aspects of Ecological Soilless Growing Methods. *Acta Horticulturae*. 396: 24.
- BERRY, W.L. and KNIGHT, S., 1997. Plant Culture in Hydroponics. In: Langhans, R.W., Tibbitts, T.W. (Eds). Plant Growth Chamber Handbook. North Central Regional Publication No:340. *Iowa Agriculture and Home Economics Experiment Station Report*. No:99. 227pp.
- BOTH, A.J. 1995. Dynamic Simulation of Supplemental Lighting for Greenhouse Hydroponic Lettuce Production. Ph. D. Dissertation. Cornell University Libraries, Ithaca, Ny 14853. 172 pp.
- BOULD, C., HEWITT, E.J., NEEDHAM, P. and JONES, J.B.D. 1984. Diagnosis of Mineral Disorders in Plants, Volume 1: Principles, Chemical Publishing, New York.
- BRUCE, R.R., PALLS, J.E., Jr. HARPER, L.A. and JONES, J.B., Jr. 1980. Water and Nutrient Element Regulation Prescription in Nonsoil Media for Greenhouse Crop Production, Communications in Soil Science and Plant Analysis. 11 (7):677-698.
- BURRAGE, S. W., 1999. The Nutrient Film Technique (NFT) for Crop Production in The Mediterranean Region. *Acta Horticulturae*. 491: 301–306
- CIOLKOSZ, D.E., ALBRIGHT, L.D. and BOTH, A.J. 1998. Characterizing Evapotranspiration in A Greenhouse Lettuce Crop. *Acta Horticulture* 456:255-261.
- DIVER, S., 2006. Aquaponics—Integration of Hydroponics with Aquaculture. A Publication of ATTRA IP163 Slot54
- FERNANDO, C., 2002. Bitter Harvest Rice Fields and Fish Culture, *World Aquaculture Magazine*, 33, 23-24pp
- FOX, R., 1997. Western Lettuce. Practical Hydroponics and Greenhouse Issue 34:41-46.
- 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.
- GOTO, E., ALBRIGHT, L.D., LANGHANS, R.W. and LEED, A.R. 1994. Plant Specing Management in Hydroponic Lettuce Production. Asae Paper No.944574. Asae, 2950 Niles Road, St. Joseph, Mi 49085-9659, USA. 13pp.

- GÜL, A., (2008). Topraksız Tarım. Hasad Yayıncılık. İstanbul 144: 15- 19- 108 ss
- GÜL, A., 2006. Topraksız Tarımda Yetiştirme Ortamı Olarak Kula Tüfünün Kullanımı Olanakları. – Geçmişten Geleceğe Köprü: Yanık Ülke Kula Sempozyumu, 221–231.
- HANAFI, A. and SCNITZLER, W. H., 2004. Integrated Production and Protection in Greenhouse Tomato in Morocco. *Acta Horticulturae*. 659: 295–300.
- HENSLEY, R. A. and FOWLKES, D. J., 2002. Burley Tobacco Production in Tennessee, The Float System for Tobacco Transplant <http://tobaccoinfo.utk.edu/>
- HERNANDEZ, I., MARTINEZ-ARAGON, J. F., PEREZ-LLORENS, J. L., VAZQUEZ R. and VERGARA J. J., 2002. Biofiltering Efficiency in Removal of Dissolved Nutrients by Three Species of Estuarine Macroalgae Cultivated with Sea Bass (*Dicentrarchus Labrax*) Waste Waters 2. Ammonium, *Journal of Applied Phycology*, 14:375-384.
- HOAGLAND, D. R. and ARNON, D. J., 1950. The Water- Culture –Method for Growing Plants without Soil. University of California Berkeley, Circular 347.
- JONES, B.J., 2005. Hydroponics. A Practical Guide for The Soilless Grower. Second Edition. Crc Press. New York., 423 pp.
- JOVICICH, E. and CANTLIFFE, D. J., 2001. Transplant depth, irrigation, and soilless media effect on “Elephant’s Foot” plant disorder in a hydroponic greenhouse sweet pepper crop. *Acta Horticulturae*. 559: 515–520.
- KAPTAN, H., 1995. Toprak Verimliliği ve Bitki Besleme. Harran Üniversitesi, Ziraat Fakültesi Ders Notları No: I.III. Baskı. Harran Üniversitesi Ofset ve Teksir Atölyesi Şanlıurfa. 101:6-9.
- KASIM, R. ve KASIM M., 2004. Topraksız Yetiştiricilik. Kocaeli Üniversitesi Yayınları. Yayın No:130.İsbn-975-8047-31-0. 107.
- LENZI, A., BALDI A. and TESI R., 2008. Effective of Hypoxia on Yield and Quality Of Leafy Vegetables Grown in Floating System. Department of Agronomy and Land Management (DISAT), University of Florence, Italy.
- MARHABA, B.D., 1998. Horticultural Engineering. Volume 13 No.4 July 1998.
- MARR, C.W., 1994. Hydroponic Systems. Greenhouse Vegetable Production. Kansas State University Agricultural Experiment Station and Cooperative Extension Service
- MARTINEZ-ARAGON, J. F., HERNANDEZ, I., PEREZ-LLORENS, J. L., VAZQUEZ, R. and VERGARA, J. J., 2002. Biofiltering Efficiency in Removal of Dissolved Nutrients by Three Species of Estuarine Macroalgae Cultivated with Sea Bass (*Dicentrarchus Labrax*) Waste Waters 1. Phosphate, *Journal of Applied Phycology*, 14:365-374
- MCMURTY, M.R., 1990. Sand Culture of Vegetables Using Recirculating Aquacultural Effluents. *Applied Agricultural Research*. Vol. 5, No. 4.(Fall).. 280–284pp.
- 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 Slin Environment. Pisa (Italy), 9-12 July.
- MILLER, M., 1998. Tobacco Seed-Beds in Argentina: Floating Seed-Trays, <http://res2.agr.ca/winnipeg/storage/pubs/studies.pdf>
- MORGAN, L., 2002b. Raft System Specifics, The Growing Edge 14(2):46-60

- MORGAN, L., 1999a. Hydroponic Lettuce Production: A Comprehensive, Practical and Scientific Guide to Commercial Hydroponic Lettuce Production, Casper Publications Pty Ltd, Narrabeen, Australia.
- MORGAN, L., 1999b. Introduction to Hydroponic Gullies and Channels, *The Growing Edge* 10 (6):67-75.
- MORGAN, L., 2000a. From Sprouts To Salads, *The Growing Edge* 11(5):12-27.
- MORGAN, L., 2000b. Water, Water Everywhere, *The Growing Edge* 11(6):28-37.
- MORGAN, L., 2002a. Hydroponic Classroom Experiments, *The Growing Edge* 13(6):56-70.
- MORGAN, L., 2002b. Raft System Specific, *The Growing Edge* 14(2):46-60
- MORGAN, L., 2003. Hydroponic Substrates, *The Growing Edge* 15(2):54-66.
- NEORI, A., KROM, M. D., ELLNER, S. P., BODY, C. E., PROPPER, D., RABINOVITCH, R., DAVISON, P. J., DVIR, O., ZUBER, D., UCKO, M., ANGEL, D. and GORDIN, H., 1996. Seaweed Biofilters as Regulators of Water Quality in Integrated Fish-Seaweed Culture Units, *Aquaculture*, 141:183-199.
- NICKOLS, M., 2002. Aeroponics: Production Systems and Research Tools, *The Growing Edge* 13(5):30-35.
- OĞUL G., 2009. Durgun Su Kültüründe Kullanılan Farklı Destek Ortamlarının Bazı Salata ve Marul Çeşitlerinde Verim Üzerine Etkileri. Akdeniz Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Bahçe Bitkileri Anabilim Dalı. Yüksek Lisans Tezi, Antalya.
- OLYMPIUS, C.M., 1999. Protected Cultivation in The Mediterranean Region /Cultures Protegees Dans La Region Mediterranee. Proceedings of The Colloquium/Actes Du Colloque, Volume 31.
- PAPADOPOULOS, A. P., 2000. The Status of Soilless Culture in Canada. World Congress on Soilless Culture on Agriculture in the Coming Millenium, 14-18 May, Isreal.
- ROORDA VAN EYSINGA, J.P.N.L. and SMITH, K.W., 1981. Nutritional Disorders in Glasshouse Tomatoes, Cucumbers and Lettuce, Centre for Agricultural Publishing and Documentation, Wageningen, The Netherlands.
- RYDER, E.J., 1999. Lettuce, Endive and Chicory, Crop Production Science in Horticulture Series 7, CABI Publishing, Wallingford, Oxon,UK.
- SCAIFE, A. and TURNER, M., 1984, Diagnosis of Mineral Disorders in Plants: Volume 2, Vegetables, Chemical Publishing Co., Newyork.
- SCHOENSTEIN, G.P., 2001. Hope Through Hydroponics, *The Growing Edge* 13(2):69-79.
- SEVGİCAN, A., 2002. Örtüaltı Sebzeciliği. Cilt I, Ege Ü. Ziraat Fak. Yayınları, No:528, 476 ss Bornova-İzmir
- SEVGİCAN, A., 2003. Örtüaltı Sebzeciliği, Cilt II (Topraksız Tarım). Ege Ü. Ziraat Fak. Yayınları No:526, 168 s. Bornova-İzmir.
- SHEIKH, B.A., 2006. Hydroponics: Key to Sustain Agriculture in Water Stressed and Urban Environment. *Pak.J.Agril., Agril. Eng., Vet.Sc.* 22(2)2.
- SMITH, B., 2002a. The Growing World of Hydroponics, Part Eight: Growing into The Winter, *The Growing Edge* 13(4):75-79.
- SMITH, B., 2004. A Short History of NFT Gully Design, *The Growing Edge* 15(3):79-82.
- SPILLANE, M., 2001. Fresh Greens from Quebec, *The Growing Edge* 12(6):52-59.

- SULLIVAN, G. H. and GARLEB, K. B., 1999. Strategic Planning Key to Future Market Growth and Economic Sustainability in the Greenhouse Vegetable Industry In: Proceedings. International Symposium on Growing Media and Hydroponics, Ontario, Canada 19–26 May 1997, Ed. PAPADOPOULOS A. P. *Acta Horticulture* No. 481.
- 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.
- TESI R., LENZI A. and LOMBARDI P., 2003. Effect of Different O₂ Levels On Spinach (*Spinacia oleracea* L.) Grown in A Floating System. Department of Agronomy and Land Management University of Florence, Italy. *ISHS Acta Horticulturae* 614.
- TOGNONI, F., INCROCCI, L. and PARDOSSI, A., 2004. Use of Substrates for Intensive Production of Vegetables in Europe and Mediterranean Regions. Proc. of Int. Conf. on Alternatives to Methyl Bromide, 27–30 September 2004, Lisbon-Portugal: 177–181
- TÜZEL, Y., GÜL, A., DAŞGAN, H. Y., ÖZGÜR, M., ÖZÇELİK, N., BOYACI, H. F. ve ERSOY, A., 2005. Örtü Altı Yetiştirilmesinde Gelişmeler. TMMOB Ziraat Mühendisleri Odası, Türkiye Ziraat Mühendisliği Teknik Kongresi, 3–7 Ocak 2005, Ankara, 1. Cilt: 607–627.
- VAN OS, E. A., 2000. New Developments in Recirculation Systems and Disinfection Methods for Greenhouse Crops. Proc. of 15th Workshop On Agric. Struc. and Acesys Iv Conf. Environmentally High-Tech Controlled Environment Agriculture: 4–5 December 2000, Japan: 81–91pp.
- VURAL, H., EŞİYOK, D. ve DUMAN İ., 2000. Kültür Sebzeleri (Sebze Yetiştirme). Ege Üniversitesi Basımevi Bornova, İzmir.440 ss.
- WEAVER and BRUNER, 1927. Root Development of Vegetable Crops. First Edition. McGraw-Hill Book Company, Inc. New York.
- YAVARI, S., ESHGHI, S. and TAFAZOLI, E., 2008. Effects of Various Organic Substrates and Nutrient Solution on Productivity and Fruit Quality of Strawberry “Selva” (*Fragaria X Ananassa* DUCH.) Journal of Fruit and Ornamental Plant Research. Vol:16, pages:167-178.

ÖZGEÇMİŞ

Rudil BAYYURT 1985 yılında İstanbul’ da doğdu. İlk, orta ve lise öğrenimini İstanbul’da tamamladı. 2005 yılında girdiği Çanakkale Onsekiz Mart Üniversite’si Ziraat Fakültesi Bahçe Bitkileri Bölümünden 2009 yılında Ziraat Mühendisi olarak mezun oldu. Eylül 2009’da Akdeniz Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Bahçe Bitkileri Ana Bilim Dalında yüksek lisans öğrenimine başladı. Temmuz 2011’den beri de ASTRANOVA TARIM TİC. ve SAN. A.Ş.’de ruhsatlandırma sorumlusu olarak görev almaktadır.