

**ÇUKUROVA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Dilek YILMAZ

**SU KÜLTÜRÜ MARUL YETİŞTİRİCİLİĞİNDE MİKORİZA
BAKTERİ VE MİKROALG İLE MİNERAL GÜBRELERİN
AZALTILMASI**

BAHÇE BİTKİLERİ ANABİLİM DALI

ADANA-2020

ÖZ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

SU KÜLTÜRÜ MARUL YETİŞTİRİCİLİĞİNDE MİKORİZA BAKTERİ VE MİKROALG İLE MİNERAL GÜBRELERİN AZALTI LMASI

Dilek YILMAZ

ÇUKUROVA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
BAHÇE BİTKİLERİ ANABİLİM DALI

Danışman : Prof. Dr. H. Yıldız DAŞGAN
Year: 2020, Sayfa: 85
Jüri : Prof. Dr. H. Yıldız DAŞGAN
: Doç. Dr. Sebnem KUŞVURAN
: Doç. Dr. Özlem ALTUNTAŞ

Bu tez çalışmasında hedef, serada su kültüründe kıvırcık marul yetiştiriciliğinde mineral gübre miktarını yarı yarıya azaltmaktır. Mineral gübreler %50 azaltılınca, bitki büyümesi, verim ve ürün kalitesinin düşmemesi ve korunması biyo-gübreler sayesinde gerçekleştirilmiştir. Çalışmada mikroalg, bakteri ve mikoriza biyo-gübreleri kullanılmıştır. Bakteri (Rhizofill) ve mikoriza (Endo Root Soluble) biyo-gübreleri kolay bulunabilen ticari ürünlerden seçilmiştir. Mikroalg ise Ç.Ü. Su ürünleri Fakültesi'nde üretilen mikroalg *Chlorella vulgaris* kullanılmıştır. Azaltılan mineral gübrelerin verimi biyo-gübrelerin tamamlaması, bitki büyümesi, verim, ürün kalitesi ve bitki besleme yönlerinden incelenmiştir. Verim değerleri uygulamalara göre istatistik olarak farklı bulunmuştur. En yüksek verim değerleri 16.51 kg/m² ile %100 mineral gübreleme olan kontrol grubundan elde edilirken bunu 16.24 kg/m² ile %50 Besin+Bakteri izlemektedir ve bu ikisi istatistiksel olarak aynı grupta yer almıştır. Sonraki 3. ve 4. sıradaki verim sıralamasında 13.87 kg/m² mikoriza ve 13.08 kg/m² ile mikroalg uygulamaları gelmektedir. Mineral gübreler %50 azaltılıp bunun yerine bakteri, mikoriza ve mikroalg biyo-gübreleri eklendiğinde, birim alana verim, sırasıyla %50 gübreye göre %42, %20 ve %13.6 artmıştır. Bitki boyu, çevresi, marul ağırlığı, yaprak alanı, yaprakta kuru madde oranı, yaprak sayısı gibi parametrelerde biyo-gübre uygulamaları, sadece %50 mineral gübre kullanılan uygulamadan her zaman daha yüksek değerler göstermiştir. Biyo-gübreler içerisinde bitki gelişmesi bakımından bakterinin biraz daha ön plana çıktığı bunu mikorizanın takip ettiği görülmektedir. En yüksek vitamin C değeri Bakteri uygulamasından alınırken, bunu takip eden mikoriza ve mikroalg uygulamaları gelmektedir. Denemede kullanılan mikorizabiyo-gübresinde toplam fenol ve toplam flavonoid içeriği bakımından fark yaratan tek biyo-gübre olmuştur. Denemede marul yapraklarındaki nitrat miktarları en yüksek biyo-gübrelerden bakteride kaydedilmiştir. Bu durum Bakteri biyo-gübresinde havanın azotunun nitrat olarak bağlandığını gösterebilir çünkü %100 Besin uygulamasının içerdiği nitrattan bile fazla çıkmıştır. Bu tez çalışmasında elde edilen marullardaki nitrat miktarları Türk Gıda Kodeksinin izin verdiği sınır değerlerin oldukça altında kalmaktadır ve insan sağlığı için tehlike içermemektedir.

Anahtar Kelimeler: *Lactuca sativa* var. *crispa*, topraksız yetiştiricilik, biyo-gübre, verim, bitki besleme, ürün kalitesi

ABSTRACT

MSc THESIS

REDUCING MINERAL FERTILIZERS WITH MYCHRRIZA, BACTERIA AND MİKROALG IN HYDROPONIC CULTURE LETTUCE GROWING

Dilek YILMAZ

ÇUKUROVA UNIVERSITY INSTITUTE OF NATURAL AND APPLIED SCIENCES DEPARTMENT OF HORTICULTURE

Supervisor : Prof. Dr. H. Yıldız DAŞGAN
Year: 2020, Pages: 85
Jury : Prof. Dr. H. Yıldız DAŞGAN
: Assoc Prof. Dr. Sebnem KUŞVURAN
: Assoc Prof. Dr. Özlem ALTUNTAŞ

In this thesis, the aim is to reduce the amount of mineral fertilizer in half in the greenhouse cultivation of curly lettuce in the greenhouse. When mineral fertilizers were reduced by 50%, plant growth, yield and product quality did not decrease, due to the bio-fertilizers. Micromikroalgae, bacteria and mycorrhiza bio-fertilizers were used in the study. Bacteria (Rhizofill) and mycorrhiza (Endo Root Soluble) are selected from commercial products with easy-to-find bio-fertilizers. Micromikroalgae *Chlorella vulgaris* produced by Cukurova University Faculty of Fisheries was used for mikroalgae application. Completion of bio-fertilizers instead of reduced mineral fertilizers was examined in terms of plant growth, yield, product quality and plant nutrition. Lettuce yield was statistically different compared to the applications. The highest yield was obtained from the control group, which was 100% mineral fertilization with 16.51 kg / m², followed by 50% Nutrient + Bacteria with 16.24 kg / m², and these two were statistically in the same group. Mikroalgae applications come with 13.87 kg / m² mycorrhiza and 13.08 kg / m² in the next 3rd and 4th row yield. When mineral fertilizers were reduced by 50% and bacteria, mycorrhiza and micromikroalgae bio-fertilizers were added instead, yield per unit area increased by 42%, 20% and 13.6%, respectively, compared to 50% fertilizer. Bio-fertilizer applications in parameters such as plant height, circumference, lettuce weight, leaf area, dry matter ratio, number of leaves have always shown higher values than the application using only 50% mineral fertilizer. It can be said that the bacteria comes to the fore in terms of plant development in bio-fertilizers, followed by mycorrhiza. While the highest vitamin C was taken from the application of bacteria, mycorrhiza and mikroalgae applications were followed, respectively. The nitrate amounts in the lettuce leaves in the experiment were recorded at the highest in bacteria bio-fertiliser. This may indicate that nitrogen of the air can be bound as nitrate in the Bacterial bio-fertilizer because it is even more than the nitrate contained in 100% Nutrient application. The nitrate amounts in the lettuce obtained in this thesis work are well below the limit values allowed by the Turkish Food Codex and are not dangerous for human health.

Keywords: *Lactuca sativa* var. *crispa*, batavia lettuce, soilless culture, bio-fertiliser, yield, plant nutrition, crop quality

GELİŞTİRİLMİŞ ÖZET

Kıvırcık marul yetiştiriciliğinde, mineral gübre kullanımının azaltılması amaçlanan bu çalışma serada ve su kültüründe gerçekleştirilmiştir. Mineral gübre kullanımı %50 oranında azaltılırken; bitki büyümesi, verim ve ürün kalitesinin düşmemesi ve korunması biyo-gübreler sayesinde gerçekleştirilmiştir. Bu doğrultuda çalışmada; mikroalg, bakteri ve mikoriza biyo-gübreleri kullanılmıştır. Bakteri (Rhizofill) ve mikoriza (Endo Root Soluble) biyo-gübreleri kolay bulunabilen ticari ürünlerden seçilmiştir. Mikroalg ise Ç.Ü. Su ürünleri Fakültesi'nde üretilen *Chlorella vulgaris* türü kullanılmıştır. Azaltılan mineral gübrelerin verimi biyo-gübrelerin tamamlaması, bitki büyümesi, verim, ürün kalitesi ve bitki besleme yönlerinden incelenmiştir.

Verim değerleri uygulamalara göre istatistik olarak farklı bulunmuştur. En yüksek verim değerleri, 16.51 kg/m² ile %100 mineral gübreleme olan kontrol grubundan elde edilirken bunu 16.24 kg/m² ile aynı istatistiksel grupta yer alan %50 Besin+Bakteri uygulaması izlemiştir. Verim bakımından diğer uygulamalar ise 13.87 kg/m² mikoriza ve 13.08 kg/m² ile mikroalg olarak sıralanmıştır. Mineral gübreler %50 azaltılıp bunun yerine bakteri, mikoriza veya mikroalg biyo-gübreleri eklendiğinde, birim alana verim, sırasıyla %50 gübreye göre %42, %20 ve %13.6 artmıştır. Bitki boyu, çevresi, marul ağırlığı, yaprak alanı, yaprakta kuru madde oranı, yaprak sayısı gibi parametrelerde biyo-gübre uygulamaları, sadece %50 mineral gübre kullanılan uygulamadan her zaman daha yüksek değerler göstermiştir. Biyo-gübreler içerisinde bitki gelişmesi bakımından bakterinin biraz daha ön plana çıktığı bunu mikorizanın takip ettiği söylenebilir.

İnsan beslenmesi bakımından son yıllarda öne çıkan değerli besin öğeleri bakımından su kültüründe yetiştirilen kıvırcık marul bitkilerinde vitamin C bakımından önemli etkiler yarattığı görülmektedir. En yüksek vitamin C değeri 13.20 mg/100 g marul olmak üzere Bakteri uygulamasından alınırken, bunu 10.58 mg/100 g ile mikoriza uygulaması ve 9.70 mg/100 g ile mikroalg uygulaması takip

etmiştir. Buna karşın mineral gübre kullanımının %100 ve %50 düzeylerinde vitamin C değerleri sırasıyla 7.80 ve 7.00 mg/100 g vitamin C olarak kaydedilmiştir.

Denemede kullanılan Mikorizabiyo-gübreleri toplam fenol içeriği bakımından fark yaratan tek biyo-gübre olmuştur; 78.28 mgGA/100 g ile uygulamalar içerisinde istatistiksel olarak en yüksek toplam fenol içeriğine sahip olurken, diğer tüm uygulamalar 61.39 ile 64.69 mgGA/100 g aynı istatistik grupta ve birbirine yakın değerlerde toplam fenolik madde oluşturmuşlardır.

Toplam flavanoid içeriği bakımından, fenolik maddelerde olduğu gibi yine Mikorizabiyo-gübreleri fark yaratan biyo-gübre olmuştur. İstatistiksel olarak en yüksek toplam flavanoid içeriği 182.37 mgRU/100 g ile Mikoriza uygulamasında, sonra 144.90 ve 139.97 mgRU/100 g ile sırası ile Bakteri ve Mikroalg biyo-gübrelerinden elde edilirken en düşük toplam flavanoid ise 96.70 mgRU/100 g ile %100 Besin uygulamasında kaydedilmiştir.

Denemedeki marul yapraklarındaki nitrat miktarları en düşük beklendiği gibi %50 Besin içeren uygulamada 168 mg/kg alınırken, en yüksek nitrat miktarı biyo-gübrelerden Bakteride 536 mg/kg olarak kaydedilmiştir. Bu durum Bakteri biyo-gübresinde havanın azotunun nitrat olarak bağlandığını gösterebilir çünkü %100 Besin uygulamasının içerdiği 462 mg/kg nitrattan bile fazla çıkmıştır. Bakteri uygulaması marul yapraklarında nitrata artırırken, Mikroalg (320 mg/kg) ve Mikoriza (345 mg/kg) uygulamaları ise %50 Besin uygulamasından çok, ancak %100 Besin uygulamasından az Nitrat içeriği meydana getirmiştir. Bu tez çalışmasında elde edilen marullardaki nitrat miktarları Türk Gıda Kodeksinin izin verdiği sınır değerlerin oldukça altında kalmaktadır ve insan sağlığı için tehlike içermemektedir.

Çukurova Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri (BAP) Ofisi tarafından desteklenen bu projede, su kültürü topraksız sisteminde mineral gübrelerin %50'ye kadar başarılı bir şekilde azaltılabileceği, sırası ile bakteri, mikoriza ve mikroalg biyo-gübreleri ile başarılı sonuçların alınabildiği gösterilmiştir.

TEŞEKKÜR

Heyecanla, ilgi ve merakla çalıştığım bu tez konusunun seçiminde, uygulamasında ve çalışmalarında yardımlarını esirgemeyen danışmanım sayın Prof. Dr. Hayriye Yıldız DAŞĞAN hocama şükranlarımı sunarım

Doç. Dr. Şebnem KUŞVURAN ve Doç. Dr. Özlem ALTUNTAŞ sayın jüri hocalarıma tezimin değerlendirilmesi sırasında yaptıkları katkılar için teşekkür ederim. Tez çalışmalarım sırasında bölüm sera ve labaratuvar olanaklarından faydalanmamı sağlayan Anabilim Dalı Başkanımız Sayın Prof. Dr. Sevgi PAYDAŞ KARGI'ya teşekkürlerimi sunarım.

Sera ve labaratuvar çalışmalarında desteklerini gördüğüm Arş. Gör. Boran İKİZ, Yüksek Lisans arkadaşlarım Zir. Müh. Emine DAŞ ve Zir. Müh. Elife CEYLAN'a teşekkürlerimi sunarım. Yüksek Lisans tez çalışmamı finansal olarak destekleyen Ç.Ü. Bilimsel Araştırma Projeleri Birimi'ne teşekkürü borç bilirim. Eğitim hayatımın başından itibaren her zaman yanımda olan, her daim büyük güç veren, bana her zaman büyük bir sabır, hoşgörü ve sevgi ile destek olan maddi ve manevi yardımlarını benden esirgemeyen aileme özellikle annem Fadime YILMAZ'a sonsuz teşekkür ediyorum.

İÇİNDEKİLER

SAYFA

ÖZ	I
ABSTRACT.....	II
GELİŞTİRİLMİŞ ÖZET	III
TEŞEKKÜR.....	V
İÇİNDEKİLER	VI
ÇİZELGELER DİZİNİ	X
ŞEKİLLER DİZİNİ	XII
1. GİRİŞ	1
2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR	13
3. MATERYAL VE YÖNTEM.....	21
3.1. Bitkisel Materyal.....	21
3.2. Biyo-gübre Materyalleri.....	21
3.2.1. Mikroalg Biyo-gübresini	21
3.2.2. Bakteri Biyo-gübresini	21
3.2.3. Mikoriza Biyo-gübresini	22
3.3. Denemede Gerçekleştirilen Uygulamalar	22
3.4. Yöntem.....	23
3.4.1 Bitki Besleme	26
3.4.2. Hasat.....	27
3.4.3. Denemede Yapılan Ölçüm ve Analizler.....	31
3.4.3.1. Bitki Boyu Ölçümü (cm)	31
3.4.3.2. Bitkilerin çevre ve taç genişliği ölçümü (cm)	31
3.4.3.3. Marul bitkilerinde kök boğazı çapı ölçümü (mm).....	33
3.4.3.4. Marul Taç Sertlik Ölçümü (kg)	33
3.4.3.5. Marulda Yaprak Sayısı (adet/bitki)	34
3.4.3.6. Marulda Yaprak Alanı (cm ² / bitki)	34
3.4.3.7. Yaprak Taze Ağırlığı (g/bitki).....	34

3.4.3.8. Yaprak Kuru Ağırlıkları (g/bitki)	35
3.4.3.9. Yaprakta Kuru Madde Üretimi (%).....	35
3.4.3.10. Marul yapraklarında L a b renk parametreleri ölçümü.....	35
3.4.3.11. Yaprakta klorofil SPAD metre Ölçümü	36
3.4.3.12. Toplam Verim (kg/m ²)	37
3.4.3.13. Marul Yapraklarında SÇKM (Suda Çözünebilir Kuru Madde Miktarı) Tayini (%)	37
3.4.3.14. Marul Yapraklarında EC ve pH Ölçülmesi	38
3.4.3.15. Marul Yapraklarında C vitamini (L-Askorbik Asit) içeriği (mg/100g)	39
3.4.3.16. Marul Yapraklarında Toplam Fenolik Madde Tayini (mg GAE/100 g TA)	39
3.4.3.17. Marul Yapraklarında Toplam Flavonoid Tayini (mg RUT/g TA).....	40
3.4.3.18. Marul Yapraklarında Nitrat Analizleri	40
3.4.3.19. Yaprakta Mineral Besin Maddeleri Analizleri	41
3.4.3.20. Kök Taze ve Kuru Ağırlığı (g /bitki).....	43
3.4.3.21. Kökte Kuru Madde Üretimi (%).....	44
3.4.3.22. En Uzun Kök Boyu (cm).....	44
3.4.3.23. Besin Çözeltisi Analizleri.....	44
3.5. Verilerin Analizleri	45
4. BULGULAR VE TARTIŞMA	47
4.1. Bitki Büyüme Parametreleri Üzerine Biyo-gübrelerin Etkileri.....	47
4.1.1. Bitki Boyu	47
4.1.2. Bitki Çevresi.....	48
4.1.3. Taç Genişliği veya Çapı	48
4.1.4. 1 Kök Boğazı Çapı	49
4.1.5. Taç Sertliği	49
4.1.6. Yaprak Taze Ağırlığı.....	50

4.1.7. Yaprak Alanı	51
4.1.8. Yaprakta Kuru Madde Oranı	52
4.1.9. Yaprak Sayısı	53
4.1.10. Yaprak Rengi.....	54
4.2. Toplam Verim.....	56
4.3. Yaprak Kalite Özellikleri ve İnsan Sağlığı Bakımından Besin Öğeleri	
İçerikleri	58
4.3.1. Marul Yapraklarında Suda Çözülebilir Kuru Madde (SÇKM)	58
4.3.2. Marul Yapraklarında pH	59
4.3.3. Marul Yapraklarında Toplam Mineral İçeriği EC	59
4.3.4. Marul Yapraklarında Vitamin C.....	60
4.3.5. Marul Yapraklarında Toplam Fenol.....	61
4.3.6. Marul Yapraklarında Toplam Flavanoid	62
4.3.7. Marul Yapraklarında Nitrat Konsantrasyonu	63
4.3.8. Marul Yapraklarında Makro Mineral Besin Elementleri Analizleri ..	66
4.3.9. Deneme Sonunda Besin Çözeltisinde Mineral Besin Elementleri	
Analizleri.....	69
5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER	73
KAYNAKLAR	77
ÖZGEÇMİŞ	85



ÇİZELGELER DİZİNİ

SAYFA

Çizelge 3.1.	Mikrobiyal gübre Rhizofill'in içeriğindeki bakteri türleri ve konsantrasyonları	22
Çizelge 3.2.	Denemede kullanılacak olan mineral gübrelerin isimleri ve besleme sisteminde stok çözeltilerde yer alma şekilleri	26
Çizelge 3.3.	Denemede %100 mineral besleme kontrol uygulamasında kullanılan olan besin maddeleri konsantrasyonları.....	27
Çizelge 4.1.	Mineral besin maddeleri %50 azaltıldığında farklı biyo-gübrelerin marul bitkisi büyüme parametreleri üzerine etkileri-I.....	50
Çizelge 4.2.	Mineral besin maddeleri %50 azaltıldığında farklı biyo-gübrelerin marul bitkisi büyüme parametreleri üzerine etkileri-II.....	54
Çizelge 4.3.	Su kültürü ortamında yetiştirilen Dragon marul çeşidinde yaprak renk özellikleri üzerine biyo-gübrelerin etkileri	55
Çizelge 4.4.	Su kültüründe yetiştirilen Dragon kıvrıkcık marul yapraklarının bazı kalite özellikleri üzerine biyo-gübrelerin etkileri-I	60
Çizelge 4.5.	Su kültüründe yetiştirilen Dragon kıvrıkcık marul yapraklarının besin ve antioksidan içeriği üzerine biyo-gübrelerin etkileri-II.....	63
Çizelge 4.6.	Su kültüründe farklı biyo-gübreler ile yetiştirilen Dragon kıvrıkcık marul yapraklarının makro besin elementi konsantrasyonları (%).....	67
Çizelge 4.7.	Topraksız yetiştirilen marul bitkilerinde mineral besin elementleri bakımından yeterli beslenme referans aralık değerleri ile eksiklik sınır değerleri (Bergmann,1992; Savvas ve Passam, 2002; Jones 2005,)	68

Çizelge 4.8. Su kültüründe farklı biyo-gübreler ile yetiştirilen Dragon kıvırcık marul yapraklarının mikro besin elementi konsantrasyonları (ppm)	69
Çizelge 4.9. Deneme sona erdiğinde su kültüründe marul bitkileri 40 gün boyunca yetiştirilip hasat yapıldığında besin çözeltisinden alınan örneklerde nitrat azotu, amonyum azotu ve fosfor konsantrasyonları (ppm)	70
Çizelge 4.10. Deneme sona erdiğinde su kültüründe marul bitkileri 40 gün boyunca yetiştirilip hasat yapıldığında besin çözeltisinden alınan örneklerde potasyum, kalsiyum ve magnezyum konsantrasyonları (ppm)	72
Çizelge 4.11. Deneme sona erdiğinde su kültüründe marul bitkileri 40 gün boyunca yetiştirilip hasat yapıldığında besin çözeltisinden alınan örneklerde demir, çinko ve mangan konsantrasyonları (ppm).....	72

ŞEKİLLER DİZİNİ

SAYFA

Şekil 3.1.	Fide yetiştirmek üzere kıvırcık marul tohumlarının serada viyollere torf:perlit karışım ortamına ekilmesi (sol) ve tohum çukuruna ekim sırasında mikoriza aşılması(sağ).....	24
Şekil 3.2.	Dikim aşamasındaki fidelerin görüntüsü.....	24
Şekil 3.3.	Bitkilerin su kültürü ortamına transfer edilmesi.....	25
Şekil 3.4.	Serada marul bitkileri su kültüründe büyürken genel görüntüler	25
Şekil 3.4.a.	Hasat aşamasında farklı biyo-gübre uygulamalarının etkisi; yetiştirme kuvvetlerinde marulların yandan görüntüsü.....	28
Şekil 3.4.b.	Hasat aşamasında farklı biyo-gübre uygulamalarının etkisi; yetiştirme kuvvetlerinde marulların tepeden kuşbakışı görüntüsü	29
Şekil 3.5.	Hasat edilen marul bitkilerinin farklı uygulamalarda kök görüntüleri	30
Şekil 3.6.	Marul bitki boyu ölçülmesi	31
Şekil 3.7.	Marul bitkisinde çevre (yukarıda) ve taç genişliği (aşağıda) ölçümü.....	32
Şekil 3.8.	Kıvırcık marul bitkisinde kök boğazı çapının kumpas ile ölçülmesi (sol) ve digital penetrometre ile bitkide dıştan sertlik ölçülmesi (sağ).	33
Şekil 3.9.	Marul yapraklarının taranarak alan ölçülmesi.....	34
Şekil 3.10.	Marul yaprakları yüzey renginde Hunter cihazı ile parlaklık ve diğer parametrelerin (L, a, b) ölçülmesi	36
Şekil 3.11.	Marul yapraklarında SPAD metre cihazı ile klorofil ölçümü.....	37
Şekil 3.12.	Marul yapraklarında suda çözülebilir kuru madde (SÇKM) ölçülen digital refraktometre	38
Şekil 3.13.	Marul suyunda pH ve EC ölçülmesi	39

Şekil 3.14. Marul yapraklarında C vitamini, toplam fenolik madde, flavanoid, nitrat analizleri ve fosfor tayini yapılan spektrofotometre cihazı	41
Şekil 3.15. Azot (N) analizi aşamaları; yakma, destilasyon ve titrasyon (sağdan sola ve yukarıdan aşağıya)	42
Şekil 3.16. Marul yapraklarında mineral besin maddelerinden K, Ca, Mg, Fe, Mn, Zn, Cu analizleri yapım aşamaları ve atomik absorbiyon spektrofotometre cihazı (soldan sağa yukarıdan aşağıya sırasıyla). ...	43
Şekil 4.1. Su kültüründe mineral gübreler %50 azaltıldığında biyo-gübrelerin marul verimi üzerine etkileri	58
Şekil 4.2. Biyo-gübre uygulamalarının marul yapraklarında nitrat içeriği üzerine etkileri. İstatistik analizde $P<0.0001$ $LSD_{0.05}$ 81.651.....	64

1. GİRİŞ

Ülkemizde örtüaltı yetiştiriciliği meyve ve sebze üretiminde önemli yere sahiptir. Türkiye’de 2019 yılında 31 milyon ton sebze üretimi yapılmıştır. Bunun 22 milyon tonu açıkta, 8 milyon tonu ise örtüaltında üretilmiştir. Türkiye’de toplam 772.091 dekarla sahip örtüaltı alanı bulunmaktadır. Antalya ili %47’lik payla (3.8 milyon ton) örtüaltı üretiminde ülkemizde ilk sırada yer almaktadır. Bu ili sırasıyla, Mersin %20 (1.6 milyon ton), Adana %12 (970 bin ton), Muğla %8 (657 bin ton) takip etmektedir. Örtüaltı yıllık sebze üretimi 7.535.511 ton, meyve üretimi 535.515 ton ve süs bitkisi ise 1.211.202.223 adettir (TÜİK, 2019).

Topraksız Yetiştiricilik

Topraksız yetiştiricilik, çoğunlukla seralarda kullanılmakla birlikte, son yıllarda kapalı mekanlarda (indor farming), bitki fabrikalarında (plant factory) çok katlı raflı sistemlerde (vertical farming) ve açık alanda da kullanılan bir bitki yetiştiricilik teknolojisidir. Bitki yaşamı için gerekli olan su, besin elementleri ve oksijenin gereken miktarlarda kök ortamına verilmesi esasına dayalı olup su kültürü ve substrat kültürü (katı ortam kültürü) şeklinde iki farklı teknikle yapılabilmektedir. Su kültüründe bitkiler besin çözeltisi içinde yetiştirilirken (Winsor ve Schwarz, 1990; Resh, 1991; Burrage, 1999), katı ortam kültüründe bitki kökleri organik, inorganik veya sentetik ortamlar içindedir (Schwarz, 1995; Sevgican, 1999). Başka bir tanımda, “Topraksız tarım”, bitkilerin durgun veya akan besin çözeltisi içerisinde, besin çözeltisi püskürtülmesi ile ya da besin çözeltisi ile sulanarak katı yetiştirme ortamlarında yetiştirilmesidir (Daşgan, 2020).

Topraksız bitki yetiştiriciliğine çok eski tarihlerde Babil’in asma bahçeleri Aztekler ve Çinlilerin yüzen bahçelerinde rastlanmaktadır. Bazı kaynaklara göre Mısırlıların suda bitki yetiştiriciliği ile ilgili yapmış oldukları çalışmaların M.Ö. olduğu anlatılmaktadır. Topraksız tarımla ilgili bitki gelişimini destekleyen ilk adımlar 1600’lü yıllara dayanmaktadır. 1800’lü yıllarda bitki besin çözeltisi ile bitkinin geliştiği ortaya atılmış ve 1860’lı yıllarda Sachs ve Knop

tarafından besin çözeltisi ile yetiştiricilik yapılmıştır. 1930 yılında Kaliforniya Üniversitesinde Gericke isimli bilim insanı ilk defa besin çözeltisi ile domates yetiştirmiş ve bu sisteme ‘hidroponik’ adını vermiş. 1970’li yıllardan sonra ise ticari anlamda topraksız tarım kullanımı yaygınlaşmıştır (Gül, 2012).

Hidroponik (hydroponics) ve topraksız tarım (soilless culture) terimleri bazı yabancı yayınlarda eş anlamlı olarak kullanılmaktadır. Bazı yazarlar ise, hidroponiği topraksız tarımın özel bir şekli olarak kabul etmektedir. Bu fikri savunanlar da ikiye ayrılmakta, bir grup hidroponiği sadece besin çözeltisi içinde yetiştiricilik (su kültürü) olarak tanımlamakta, diğer grup ise hidroponik teriminin su kültürü ve inert (kimyasal olarak aktif olmayan, besin çözeltisi ile kimyasal reaksiyona girmeyen) ortamlarda yapılan yetiştiriciliği tanımlamak için uygun olduğunu bildirmektedir.

Topraksız tarımdaki substratlar; organik, inorganik ve sentetik substratlar olarak ayrılır. Organik substratlar; torf, hindistan cevizi lifi (cocopeat), saman, çeltik kavuzu, üzüm küspesi vs. kullanılmaktadır. İnorganik substratları ise işlenmiş ve doğal olarak ikiye ayırmaktayız. Doğal olanlar; kum, çakıl, volkanik tüf. İşlenmiş olanlar; perlit, vermikulit, kaya yünü, genleştirilmiş kil vb olabilir.

Yetiştiricilerin topraksız tarımı tercih etme sebepleri arasında; toprak işleme, dikim yeri hazırlama gibi işlemlerin olmaması, yabancı ot sorunundan dolayı oluşan işçilik maliyetinin ortadan kalkması, seralarda toprak yorgunluğu, ekim nöbeti, hastalık parazit popülasyonunun artması, tuzluluk, pH gibi sorunların önüne geçilmesi ve bu sistemde yapılan yetiştiricilikte kontrolün tamamen üreticide olması, bitki için en iyi ortamı sağlaması gibi durumlardan dolayı yetiştiricilerin tercih ettiği sistemdir. Bu tür avantajlara rağmen, geri dönüşümlü kapalı sistemlerde bitki besleme kontrolü için teknik bilgi ve tecrübeye sahip teknik personel ihtiyacı, hastalık riskinin kapalı sistemlerde yüksek olması ve sürekli enerji ihtiyacı gibi dezavantajları olabilir.

Topraksız Yetiştiriciliğin Üstünlükleri (Daşgan, 2020)

- a) İleri teknoloji kullanılarak “topraksız yetiştirme” tekniklerinin uygulandığı modern seralar, bitki fabrikaları bacasız birer fabrika gibi üretim yapmakta doğal mevsiminin dışında yılın her zamanında kaliteli, yüksek verimli sebzelerin, tıbbi, aromatik ve kozmetik sanayi bitkilerinin elde edilmesini sağlamaktadır. Topraksız tekniklerle üretilen “Kaliteli ve pestisit içermeyen sürdürülebilir tekniklerle üretilen sebzeler” iç ve dış pazarlarda tüketici tarafından artan oranlarda ve “iyi fiyatlarla” talep görmekte, bu durum da girişimcinin gelir düzeyini artırmaktadır,
- b) “İyi tarım uygulamaları” (GAP) ve sürdürülebilir tekniklerle yetiştirilen temiz, kaliteli ve “markalı” ürünler ile insan sağlığına verilen değer ortaya konmaktadır. Tüketicide geleneksel sera ürünlerine karşı şüpheli yaklaşım, özellikle pestisit kullanımı konusunda, kaldırılmakta ve azalan güven sağlanarak artırılmaktadır,
- c) Diğer bitkisel üretim dallarına göre “birim alandan” sağlanan gelir çok daha yüksek olduğu için, tarım alanı geniş olmayan veya toprak özellikleri bitki yetiştiriciliği için uygun olmayan alanların, topraksız yetiştiricilik yapılarak değerlendirilmesi gelir artırıcı olmaktadır. Özellikle su kültürleri sistemlerinin katlı olarak kullanıldığı yetiştiricilik modellerinde, kitlesel, seri, yılın her zamanında, temiz ve yüksek besin içeriğine sahip yeşil yapraklı sebzeler, aromatik bitkiler ve çilek yetiştiriciliği oldukça yüksek gelir getirici olabilmektedir.

Topraksız Yetiştiriciliğin Zayıflıkları (Daşgan, 2020)

- a) Teknoloji kullanımını gerektiren “topraksız yetiştiricilik seralarının veya bitki fabrikalarının” ilk yatırım maliyetleri yüksek olabilir. Bununla birlikte küçük işletmeler için düşük maliyetli sistemlerin optimize edilmesi çözüm getirici bir yaklaşım tarzı olacaktır,
- b) İşletmede “topraksız yetiştiricilik” konusunda uzman Ziraat Mühendislerinin çalıştırılması ve mutlaka bir Danışman ile üretim

sürdürülmesi gerekmektedir, bu konuda iyi yetişmiş uzman eleman bulmak kolay olmamaktadır.

- c) Bitkilerin fertigasyonla beslenmesi ve sera içerisinde iklim kontrolünün yapılması, sürekli elektrik enerjisini gerektirmektedir. Enerji maliyetleri yüksek olabilir ve kesintisiz enerji sistemleri gerektirmektedir.

Dünya’da nüfus artışı her geçen gün devam etmektedir. 2020 yılında 7.8 milyar olan nüfusun 2050 yılında 9.7 milyar olacağı beklenmektedir. Bununla beraber en büyük artışın gelişmekte olan ülkelerde gerçekleşeceği öngörülmektedir. Artan bu nüfus %70 daha fazla gıda ihtiyacını meydana getirmektedir (Birleşmiş Milletler, 2020). İnsanların temel ihtiyaçları arasında yer alan barınma ve beslenme doğrudan ya da dolaylı olarak tarımsal üretimi etkilemektedir. Bu ihtiyaçların karşılanabilmesi için tarım toprakları gereği dışında kullanılmaktadır. Ayrıca insan beslenmesi için gerekli olan besin miktarını karşılamak için yüksek verim gerekmektedir ve bunu elde etmek için gübre ve pestisit gibi yoğun kimyasal girdiler kullanılmaktadır, bu da insan sağlığını olumsuz etkileyebilmektedir. Tarımsal üretimde kullanılan bu kimyasal girdiler nedeniyle yeraltı ve yer üstü su kaynakları kirlenebilmektedir. Yaşam için elzem olan su, geleneksel tarımda fazla kullanılmaktadır. Oysa topraksız üretim sistemlerinde su ve gübre kullanımı çok tasarruflu ve sürdürülebilir sınırlardadır.

Topraksız yetiştiricilikte bitkilerin tek ve en önemli beslenme kaynağı mineral gübrelerdir. Sistemde bitki besleme için kullanılan mineral gübre miktarlarını azaltmak ve hem de gübrelerin çevreye olası olumsuz etkilerini ortadan kaldırmak üzere son yıllarda biyo-gübrelerin topraksız yetiştiricilik sistemlerine entegrasyonu ön plana çıkmıştır.

Gelecek yıllarda tarım, iki zorlukla karşı karşıya kalarak çözüm üretmek ile yüzleşecektir; gübre, pestisit vb kullanımları ile tarımın insan sağlığına ve çevreye olan kümülatif olumsuz etkisini en aza indirmek için uğraşırken, diğer yandan büyüyen küresel nüfusu beslemenin zorluğunu aşmaya uğraşacaktır (Searchinger, 2013). Küresel talebi karşılamak için, daha fazla verim potansiyeline sahip yeni

bitki çeşitleri geliştirilmiş ancak odaklanan bu çözüm, pek çok tarımsal ürün türünün genetik potansiyelinin sınırlarına neredeyse erişilebildiği göz önüne alındığında sınırlı faydalar sağlamaktadır. Alternatif olarak tarımsal ürün veriminin güvenilirliğini ve istikrarını arttırmak, ürün yönetimini optimize etmek ve farklı tarımsal ekolojik şartlar altında kaynak kullanım verimliliğini (yani, gübreler ve su) geliştirmek farklı ortamlardaki verimi sürdürülebilir bir şekilde artırmanın anahtarı olduğu varsayılmıştır. Bu kritik zorluklarla yüzleşmek için umut verici uygulama potansiyeline sahip yenilikçi, çeşitlilikte zengin, canlı, doğa ve çevre dostu, sürdürülebilir ve çok çeşitli teknolojileri de içeren, “Biyo-stimülantların ve biyogübrelerin kullanımının” devreye girmesi gerektiği düşünülmektedir (Colla ark. 2017).

Biyogübreler

Biyogübre veya mikrobiyal gübre olarak adlandırılan canlı organizmalar, havada ve topraktaki yarayışlı besin maddelerinin bitkiler tarafından faydalanılmasına yardımcı olur ve bu nedenle kimyasal gübrelerin daha az kullanılmasına olanak sağlar. Biyogübreler mineral gübrelerin bitkiye yarayışlılığını artırmakta, kullanılan mineral gübre miktarının azalmasını sağlamakta ve kök bölgesinde pH ve EC seviyelerinde iyileştirmeleri sağlamaktadır. Çeşitli funguslar, mikoriza türleri, bakteriler ve mikroalgler önemli mikroorganizma gruplarıdır.

Mikrobiyologlar ve mikrobiyal ekologlar, mikroorganizmaları faydalı ve zararlı diye sınıflandırmaya çalışmışlardır. Bu sınıflandırmada, mikroorganizmaların işlevleri ve toprak kalitesine, bitki gelişimi ve verimine, bitki sağlığına olan etkileri değerlendirilmiştir.

Yararlı mikroorganizmaların çalışması:

1. Atmosfer azotunu fıkse etmek,
2. Organik atıklar ve kalıntıları parçalamak (Dekompozisyon),
3. Toprak kökenli patojenleri baskılamak,

4. Bitki besin maddelerinin yararlılığını arttırmak ve dönüşümlerini sağlamak,
5. Bitki gelişimini teşvik eden hormon ve enzim gibi biyoaktif maddeleri üretmek,
6. Pestisitler de dahil olmak üzere toksik etki yapan bileşiklerin bozunumunu sağlamak,
7. Antibiyotik ve diğer biyoaktif maddeleri üretmek,
8. Bitkilerin alabileceği basit organik molekülleri üretmek,
9. Ağır metalleri bağlayarak bitkilerce daha az alımını sağlamak,
10. Çözünemeyen besin kaynaklarını çözünür hale getirmek,
11. Polisakkarit üreterek toprak agregasyonunu artırmak.

Tarımda kullanılan mikrobiyal inokulantlar; biyopestisitler ve biyolojik gübreler olmak üzere iki grupta toplanmaktadır. Özellikle biyolojik gübreler biyostimülant grubuna girmektedir. Biyolojik gübreler; içerisinde canlı mikroorganizmalar bulunduran tarımsal girdiler olup, tohumla, bitkilerin farklı yüzeylerine ve toprağa uygulanabilmektedirler. Sözü edilen girdilerin kullanımı durumunda bitkilerde besin elementi alımında, kök biyo-kütlesinde, kök alanında ve bitkilerin besin elementlerini topraktan kaldırma kapasitelerinde artış gözlenmektedir (Vessey, 2003). Anılan biyostimülant grubunun içeriğinde yararlı bakteriler, mantarlar, mikoriza mantarları bulunmaktadır. Bu mikroorganizmalar toprak, bitki artıkları, su ve kompostlaştırılmış organik gübrelerden izole edilmektedirler.

Biyo-gübre Bakteriler: Rizosferde yaşayan bazı bakterilerin farklı etki mekanizmaları ile bitki gelişimini birçok yönden desteklediği yapılan araştırmalar sonucu ortaya konmuştur. Bu faydalı bakteriler Kloepper ark.(1989) tarafından PGPR (Plant Growth Promoting Rhizobacteria) olarak adlandırılmıştır ve bitkiye sağladıkları pek çok faydadan dolayı "Probiyotik Rizobakteriler" olarak da

bilinmektedir. PGPR'ler azotu bağlayabilmesi, fosforu ve ağır metalleri çözebilmesi, hormon üretmesi, su ve mineral alımını artırması, kök gelişimini desteklemesi, bitkide enzim aktivitesini artırması, gibi etki mekanizmaları ile bitki gelişimini teşvik etmektedirler. Rizobakterilerin geniş kullanım alanlarına yönelik araştırmalar pek çok araştırmacı tarafından yapılmaktadır. Bu çalışmalar, rizobakterilerin ağır metallerin detoksifikasyonu, pestisitlerin parçalanması, tuzluluk toleransı, bitki hastalık ve zararlılarının biyolojik mücadelesi, bitki tarafından besin elementleri ve minerallerin kullanımının artırılması, fito hormon ve enzim üreterek bitki gelişimini desteklemesi gibi etkiler üzerinde yoğunlaşmıştır.

Faydalı bakteriler, N fiksasyonu, P ve K mineralizasyonu yoluyla bitki besin elementleri ile zenginleştirirken; bitki büyüme düzenleyicileri ile bitki gelişimini teşvik etmektedirler (Sinha ark. 2014). Mikroorganizmaların aktivatör olarak çalışması; asimbiyotik N fiksasyonu, bitki besin elementi çözünürlüğündeki artış, siderofor üretimi ile Fe'in alınımındaki artış ve uçucu organik bileşiklerin üretimi şeklindedir. Bu bakterilerin ait oldukları cinsler daha çok *Acetobacter*, *Acinetobacter*, *Achromobacter*, *Aereobacter*, *Agrobacterium*, *Alcaligenes*, *Artrobacter*, *Azospirillum*, *Azotobacter*, *Bacillus*, *Burkholderia*, *Clostridium*, *Enterobacter*, *Erwinia*, *Flavobacterium*, *Klebsiella*, *Micrococcus*, *Pseudomonas*, *Rhizobium*, *Serratia* ve *Xanthomonas*'tır (Çakmakçı 2005).

Bitki büyümesini teşvik edici etkileri olan ve tarımda mikrobiyal gübre olarak bilinen bakteriler genel olarak bitki büyümesi, besin elementi alımı, kimyasal gübre kullanımına karşı talebin azalması, bitki bünyesinde IAA ve Sitokinin üretimi, bitki bünyesinde gibberelinlerin teşvik edilmesi gibi daha pek çok etkilerinin olduğu bildirilmektedir (Çakmakçı ark., 2001; Öztürk ark., 2003; Eşitken ark., 2006; Orhan ark., 2006).

Tarımda sürdürülebilirlik için biyolojik gübrelemenin önemi ve enerji fiyatlarındaki artışa bağlı olarak kimyasal gübrelemenin maliyetinin artması yanında çevreye olan zararlı etkilerinin anlaşılması, sentetik gübrelere karşı

biyolojik alternatiflerin kullanımını gündeme getirmiştir. Bu bağlamda fosfor çözücü bakteriler kimyasal gübrelerle beraber kullanılabileceği gibi kimyasal gübre kullanımına bir alternatif olarak da kullanılmaktadır (Çakmakçı ark. 1999).

Tarımda bitkilerin ihtiyaç duyduğu azotun sağlanması azot içeren gübreler ile sağlanmaktadır. Bununla birlikte *Azotobacter*, *Rhizobium*, *Bacillus*, Mavi-yeşil mikroalg (*Anabaena*, *Nostoc*, *Oscillatoria*, *Cyanobacteria*), aktinomiset gibi bazı mikroorganizmalar nitrojenaz enzimini kullanarak, atmosferde %78 oranında bulunan fakat bitkilerin kullanmadığı atmosfer azotu, amonyuma dönüştürerek bağlarlar. Böylece bitkiye, protein sentezinde kullanabileceği azotu verirler; büyüme, gelişmeyi ve verimi artırırlar (Arcak ve Güder, 2004). Uygun azot bakterileri ile yapılan biyo-gübreleme çalışmaları, tahıllar ve şeker pancarında verimin %4.9-44 arasında artabileceği gösterilmiştir (Gurfinkel ve Perticari, 2000; Bayrak ve Ökmen, 2014).

Toprakta bulunan ve bitki köklerinde simbiyotik olarak yaşayan kök fungusları (mikoriza) ile birçok bakteri çözünemez durumda bulunan fosfatı metabolik işlevleri sonucunda çözünebilir hale getirebilmektedir. Özellikle *Pseudomonas*, *Bacillus*, *Rhizobium* ve *Burkholderia* cinsine bağlı olan bakteriler ürettikleri organik asitler yardımı ile inorganik fosfatı, fosfataz enzimleri yardımıyla organik fosfatı çözünebilir hale getirebilmektedirler (Nautiyal ark. 2000). Büyük bir kısmı bitkinin kökü ve/veya yakın çevresinde bulunan (rizosfer) bu bakteriler, besin elementi alımını artırarak ve aynı zamanda indol asetik asit ve antibiyotik gibi metabolitler üreterek de bitki gelişimini teşvik etmektedirler (Yolcu ark. 2012; Whitelaw 2000; Vassilev ark. 2006). Söz konusu bakterilerin bitki hastalıklarına karşı da biyokontrol ajanı olarak görev yaptığı belirtilmektedir (Vassilev ark. 2006).

Biyo-gübre Mikoriza Mantarları: Bazı bitkilerin köklerinde yoğun bir şekilde bulunan fakat hastalık oluşturmeyen mantarlar saptanmış ve bitki kökleri ile uyumlu bir ilişki ile yaşayan bu mantarlara “mikoriza” ismi verilmiştir. Mikorizal funguslar doğada yaygındır ve bitkilerin çoğu yaşamlarını beraber

sürdürürler. Mikorizal funguslar bitki köklerine besin maddelerini uzaklardan taşırlar. Köklerde fizyolojik ve morfolojik değişiklikler ile bitki gelişimine katkıda bulunur. Mikorizal ilişkinin olduğu bitkiler toprak kökenli mantar patojenlere ve nematodlara dayanıklı hale gelebilmektedir (Yıldız, 2009). Mikorizal funguslar besin ve su alımında destek oldukları gibi abiyotik streslere karşı dayanıklılıklarını artırır (Ortaş ark. 1999). Sürdürülebilir tarım araştırmalarının odağını bu faydalı mikroorganizmalarının işletilmesi oluşturmaktadır. Bitki kökleriyle ortak yaşam kuran mikoriza mantarları, ticari önemi olan birçok bitki türünü kolonize edebilmektedir. Bu mantarlar başta fosfor olmak üzere azot dahil bitkiler için gerekli mineralleri mikorizaladıkları enzimler yoluyla çeşitli rezervlerden çözünür hale getirerek bitkiye taşırlar.

Biyo-gübre Mikroalgler: Mikroalgler, fotosentez yoluyla ışığı soğurup bunu inorganik maddeleri organik maddelere dönüştüren; oldukça basit yapıda, ökaryotik, canlı sucul organizmalardır. Mikroalgler pek çok ortamda bulunan fotosentetik organizmalardır. Küçük tek hücreli türlerden karmaşık çok hücreli yapılara kadar çeşitlilik gösterirler. Tüm mikroalglerin siyanobakterilerden türemiş fotosentez mekanizmaları vardır ve siyanobakteri türevi olmayan fotosentetik bakterilerin tersine fotosentez yan ürünü olarak oksijen üretirler. Mikroalglerin insan ve hayvan solunumu için gerekli olan global oksijen üretiminin %73 ila 87'sinden sorumlu oldukları tahmin edilmektedir. Mikroalgler genelde nemli yerlerde ya da sulak alanlarda bulunurlar ve karada olduğu kadar akuatik çevrede de yaygındırlar. Karadaki mikroalgler daha ziyade nemli yerlerde ve tropik bölgelerde bulunurlar çünkü karada yaşamaya elverişli olabilecek vasküler dokuları yoktur. Mikroalgler fungus simbiyotik yaşantısıyla beraber kuraklığa ve diğer şartlara dayanıklı olabilirler. Mikroalglerin birçok türü akuatik ekolojide önemli rol oynarlar. Mikroskopik çeşitleri su kolonunda süspanse halde bulunur – fitoplankton diye adlandırılırlar- ve birçok denizel besin zincirinde temel besini oluştururlar. Çok yüksek konsantrasyonlarda (mikroalgal patlama diye adlandırılır) bu mikroalgler suyun rengini bozarlar ve diğer canlılar için toksik etkiye neden

olabilirler. Deniz yosunları genelde sığ deniz sularında yetişirler. Bazıları insan diyetinde kullanılır ya da hasat edilip agar veya gübre olarak değerlendirilirler.

Son yıllarda adı sıkça duyulmaya başlayan “*Chlorella*” bilinen en eski (2.5 milyar yıl) canlılardan ve besin kaynaklarından biridir. Aynı zamanda çekirdeği tam oluşmuş en eski tek hücreli organizmadır. *Chlorella*, yeşil bir tatlı su alg'idir. İsmi Latince yaprak/yeşil ve küçük anlamına gelen iki kelimeden üretilmiştir. Koyu yeşil renkte olan *Chlorella*'nın yeşilliği içindeki çok yüksek orandaki (bütün bitkiler içinde en yüksek) klorofil maddesinden gelmektedir. *Chlorella*'daki klorofil bilinen diğer alg türlerinden 5-10 misli fazla olup klorofil, oksin ve sitokininleri üretmektedir.

Marul

Yaprağı tüketilen sebzeler arasında yer alan marul (*Lactuca sativa* L.) tek yıllık serin iklim sebzesidir. Papatyagiller (*Asteraceae*) familyasının bir üyesidir. Marulun anavatanı hakkında farklı görüşler vardır. Günümüzde kültür sebzesi olarak yetiştirilen marulun anavatanı Avrupa, Asya ve Kuzey Afrika ülkelerini de içinde barındıran geniş bir alan olduğu kabul edilmektedir.

Serin iklim sebzelerinden salata ve marul tüm dünyada en çok tercih edilen salata grubu sebzeleri arasındadır. Bu nedenle yılın on iki ayı pazarlar ve marketlerde yerini alan tek yıllık serin iklim sebzesidir. Marul, yıl boyunca hidroponik yetiştiriciliğe uygundur. Taze olarak tüketilen salata ve marullar, besin değeri yüksek ve iştah açıcı özelliğinin yanında vitaminler ve mineral maddeler bakımından oldukça zengindir (Aybak, 2002).

Marul sebzesi, içerdiği farklı tipler ile tüketicilere oldukça zengin bir çeşitlilik sunmaktadır. Buna göre Yeidkule (*Cos lettuce* veya *Romaine lettuce*), Ayberk veya baş salata (*Iceberg lettuce*), Kıvrıcık (*Batavia lettuce*), yaşlı baş marul (*Butter head lettuce*), Palamut Yapraklı (*Oak Leaf lettuce*), İğne-ince yapraklı (*Crispy lettuce*), Kırmızı Yapraklı marul (*Lolo rosso lettuce*) tipleri topraklı ve topraksız marul yetiştiriciliğinde tüm dünyada talep edilen farklı marul çeşit tipleridir.

Birleşmiş Milletler Gıda ve Tarım Örgütü (FAO) verilerine göre dünyada, 2018 yılında, 1 milyon 270 bin 138 hektar alanda, 27 milyon 256 bin 487 ton marul üretilmiştir. Marul üretilimi son 25 yılda %100'den fazla artış göstermiştir. Dünyada en fazla marul üretilen ülke Çin'dir. 15 milyon 541 bin 717 ton üretimi bulunan Çin, dünya marul üretiminin %57'sini tek başına karşılamaktadır. Bu ülkeyi; 3 milyon 677 bin 323 ton ile ABD, 1 milyon 222 bin 323 ton ile de Hindistan takip etmektedir. İspanya (934.670 ton), İtalya (768.055 ton), Japonya (578.829 ton), İran (525.483 ton), Türkiye (487.543 ton) ve Meksika (486.440 ton) diğer önde gelen marul üreticisi ülkeler şeklinde sıralanmaktadır. Türkiye, dünya marul üretiminde 8. sıradadır.

Marul yaprağının 100 gramı %94-95 su, 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 ve 1,5 mg demir içermektedir.

Farklı marul tipleri ve diğer yeşillik grubu aromatik sebzeler (maydonoz, tere, roka, nane, fesleğen, dere otu, kişniş vb) yılın her döneminde yeşil salata yapmak amacı ile tüketiciler tarafından talep edilmektedir. Yeşil yapraklı ve aromatik sebzelerin beslenme kalitesi, hasat öncesi ve sonrası birçok faktörden etkilenebilir. Bu açıdan, topraksız kültür önemli bir yetiştirme tekniğini temsil eder, çünkü bitki beslemesinin hassas bir şekilde kontrol edilmesine izin vermektedir. Topraksız su kültürü sistemlerinde marul ve diğer yeşillik grubu sebzelerinin yetiştiriciliği, birim alana yüksek verimlilik, üründe kalite ve yıl boyunca pazara sürekli taze yeşil sebze sağlabilmesi avantajları ile son yıllarda ülkemizde popüler bir yetiştiricilik olarak öne çıkmakta ve büyük ilgi görmektedir. Su kültürü, sadece su ve çözünmüş besinler kullanarak marulda daha hızlı büyüme, erkencilik, yüksek verimlilik, yetiştiricilikte pratiklik, toprak ve pestisitlerden temiz ürün ve su kullanımında daha fazla verimlilik gibi birçok avantaj sunmaktadır. Nüfusun yoğun olduğu kentlerde ekonomik, sürdürülebilir ve uygulanabilir gıda üretimine duyulan ihtiyacın hızla karşılanmasında su kültürü tarımı sera veya kapalı mekanlarda bitki fabrikalarında önerilmektedir.

Yapılan bu tez çalışmasının amacı, su kültüründe marul yetiştiriciliğinde mikoriza, mikroalg ve bakteri biyo-gübreleri kullanılması ile daha az kimyasal gübre kullanımı böylece gübre tasarrufu ve çevreyi koruma, bunun yanında mikoriza, mikroalg ve bakteri gübreleri, su kültürü topraksız sisteminde marulun bitki gelişimi, verim, ürün kalitesi ve marulun besin içeriği üzerine etkilerini ortaya koymayı amaçlamaktadır.



2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

Boehme ark. (2005), biyo-stimülanları topraksız yetiştiricilik sistemlerinde kullanılmıştır. Substrat kültüründe yetiştirilen hıyar bitkisinde laktik asit (LACTOFOL O), K-Humate ve *Bacillus subtilis* isimli bakterinin biyostimülant olarak etkisi araştırılmıştır. Tüm maddeler ayrı ayrı veya kombinasyon halinde yaprak ve kökler üzerinde uygulanmıştır. Biyostimülanların uygulanması ile sürgünlerin ve yaprakların biyokütlesi artmıştır. Ayrıca kuru madde içeriği, muamele edilen bitkilerde kontroldekinden daha yüksek olmuştur. K-Humate uygulaması ayrıca, hıyarların kuru madde içeriğini de arttırmıştır. Kök uygulaması, yapraklardaki uygulamadan daha güçlü bir etkiye sahip olmuştur ve tercih edilmesi önerilmiştir.

Faheed ve ark. (2008)'nın yaptığı çalışmada mikroalg içeren kültür ortamında marul tohumları çimlendirilmiştir. Gelişme ve tohum çimlenmesi üzerine mikroalg etkisini çalışmak için 3, 6, 9, 12 ve 15 gün büyütülmüştür. Genellikle tohum çimlenmesi kontrol ile karşılaştırıldığı zaman mikroalg uygulaması, çözünebilir karbonhidrat, çözünebilir protein ve toplam aminoasitlerin önemli derecede düşmesiyle büyümenin arttığını tespit etmişlerdir. Kültür ortamına veya toprağa mikroalg eklenmesi pigment içeriğinin yanında fidelerin yaş ve kuru ağırlığını önemli derecede arttırdığı tespit edilmiş ve en iyi uygulama toprağa 2 ve 3 g kuru mikroalg/kg olduğu belirlenmiştir.

Daşgan ve ark., (2008), açık ve kapalı (geri dönüşümlü) topraksız yetiştiricilik sistemlerinde perlit ortamında *Glomus fasciculatum* mikoriza türünün kök ortamına 1000 spor bitki⁻¹ olarak aşılmasının etkilerini incelenmiştir. Mikoriza domates bitkilerinde vegetatif gelişmeyi mikoriza kullanılmayan kontrol bitkilerinden farklı etkilememiş ancak verim ve meyve iriliği mikoriza kullanılan açık ve kapalı sistemlerde sırasıyla %5.5 ve %6.5 artmıştır. Kapalı sistemde kök bölgesinde iyon birikiminden kaynaklanan EC yükselmesi etkileri mikoriza ile

aşılırken, bitki yaprak analiz sonuçları mikorizanın bitki beslemedeki etkinliğini ortaya koymuştur.

Yılmaz ve ark. (2009)'nın yaptıkları çalışmalarda topraksız tarımda mikoriza aşılmasının patlıcan yetiştiriciliğini araştırmışlar. Kurdukları denemede mikoriza (+ mikoriza, - mikoriza) ve fosfor uygulamasının (15, 30 ve 45 ppm) etkilerini incelemişler. Sonuç olarak pomzada patlıcan yetiştiriciliği için “+ mikoriza uygulaması” ile birlikte 15 ppm P dozunun yeterli olduğu sonucuna ulaşılmıştır. “+ Mikoriza uygulaması” ile 15 ppm P dozunda kontrole (sadece 15 ppm P) kıyasla verim artışının %23'e çıkabileceği saptanmıştır. Diğer yandan “+ mikoriza uygulaması”nın yüksek P dozunda atılan element miktarını azaltarak olumlu katkı sağlayabildiği ortaya konmuştur.

Falovo ve ark. (2009) ilkbahar ve yaz mevsimlerinde yetiştirdikleri palamut yaprak tipinde (oak leaf) (*Lactuca sativa* L. var. *acephala*) “Green Salad Bowl” marul çeşidini su kültürü ortamında yetiştirmiş, mevsimin kalite üzerine etkisini incelemişlerdir. Marul yapraklarında L, a ve b renk değerleri baharda sırası ile 57.0, -13.6 ve 41.0 olurken yaz mevsiminde ise sırası ile 56.9, -16.4 ve 39.5 olarak bildirilmiştir. Klorofil miktarı ise baharda 558.9 mg/kg iken yazın ise yüksek 679.3 mg/kg olarak daha yüksek bildirilmiştir.

Miceli ve ark. (2019)'da yüzen su kültürü yetiştiriciliğinde kontrol, 10^{-8} M ve 10^{-6} M GA_3 uygulamışlardır. Marul yapraklarında SÇKM sırası ile %2.9, %3.1 ve %2.5 olarak rapor edilmiştir.

Daşgan ve ark., (2012), sakız kabağının serada topraksız yetiştiriciliğinde besin çözeltisi hazırlamada kullanılan gübreler %20 ve %40 oranlarında azaltarak beslemeyi Mikoriza, bakteri ve mikroalg biyogübreleri ile desteklenmiştir. Yazarlar biyo-gübrelerin verim ve ürün kalitesini desteklediğini ve mineral gübrelerin azaltılmasında önemli rol oynayabileceğini bildirmiştir.

Samuolienė ve ark. (2012) serada topraksız ortamda torf ile yetiştirilen marul bitkisinde ek mavi ve yeşil LED aydınlatmanın marulun antioksidan ve besin

özelliklerine etkisini araştırdıkları çalışmada vitamin C içeriği 1.31 ile 2.91 mg/g olarak bildirilmiştir.

Buchanan ve Omaye (2013), su kültürü ve topraklı yetiştiricilikte 4 marul çeşidinde vitamin C karşılaştırmıştır. Kıvırcık marul Waldman's Dark Green çeşidinde sırası ile su kültürü ve toprakta 3.38 ve 1.75 mg/100g, kırmızı lollo marul Red Lollo Antago çeşidinde sırası ile su kültürü ve toprakta 5.08 ve 1.87 mg/100g, kırmızı Yedikule marul Red Romaine Anapolis çeşidinde sırası ile su kültürü ve toprakta 7.41 ve 2.35 mg/100g ve son olarak yağlı baş marul Butterleaf çeşidinde sırası ile su kültürü ve toprakta 1.36 ve 0.48 mg/100g olarak rapor edilmiştir.

Colla ark.(2014) yaptıkları bir çalışmada, sebzelerde biyositmulant *Glomus intraradices* BEG72 (G) ve *Trichoderma atroviride* MUCL 45632 (T) 'nin tek başına veya beraber kullanıldığında bitki büyüme parametreleri, verim, klorofil içeriğini (SPAD) değerlendirmişlerdir. *Trichoderma atroviride* geniş bir pH aralığında (5.5-8.0) oksin benzeri bileşikler üretmiştir. En yüksek sürgünler, kök kuru ağırlığı, SPAD ve klorofil değeri marul, domates ve kabaktaki G + T kombinasyonunda gözlemlenmiştir. Bu deneyde ayrıca G ve T'nin tek uygulamaları yapılmıştır. En düşük değerler aşılammış bitkilerde kaydedilmiştir. Bitki kuru ağırlığı, kontrol ile karşılaştırıldığında yararlı mikroorganizmalarla birlikte marul, kavun, biber, domates ve kabakta sırasıyla % 167,% 56,% 115,% 68 ve% 58 oranında artmıştır. Sürgün ağırlığı, besin alımı düzeyi ile ilişkili bulunmuştur. Açık alan koşullarında, marul verimi ve kök kuru ağırlığı, % 61 ve% 57 oranında mikroorganizma uygulaması ile artmıştır.

Ekici ve ark. (2014) bitki gelişimini teşvik eden rizobakterilerin (Plant Growth Promoting Rhizobacteria-PGPR) brokkolide (*Brassica oleracea* L. var. *italica*) fide gelişimi ve fide kalitesi üzerine etkilerinin belirlenmesi amacıyla bir çalışma yapmışlardır. Çalışmada, *Bacillus megaterium* TV-3D, *Bacillus megaterium* TV-91C, *Pantoea agglomerans* RK- 92 ve *Bacillus megaterium* KBA-10 bakteri ırkları kullanılmıştır. Uygulamalar brokkoli fidelerine tohum çimlenmesinden sonra süspansiyon şeklinde birer hafta aralıklarla iki kez olacak

şekilde yapılmıştır. Araştırmada, PGPR uygulamalarının kontrol uygulamasına göre fide boyunu % 7.85, gövde çapını % 42.56, yaprak alanını % 18.12 yaprak kuru madde miktarını ise % 41.98 oranlarına kadar artırdığı saptanmıştır. Çalışmada, PGPR uygulamalarının fide besin elementi içeriğini Na hariç artırdığı belirlenmiştir. PGPR uygulamalarının brokkoli fidelerinde aminoasit içerikleri üzerine etkileri istatistiksel olarak önemli (treonin, methionin, fenilalanin ve hidroksiprolin hariç) bulunmuştur. Fide organik asit içerikleri ise PGPR uygulamalar ile genellikle önemli bir artış göstermiştir. En yüksek giberallik asit (GA), salisilik asit (SA) ve absisik asit (ABA) içeriği *P. agglomerans* RK-92 uygulamasından elde edilmiştir. Araştırma sonucunda kullanılan PGPR uygulamalarının brokkoli fidelerinde mineral madde, aminoasit, organik asit ve hormon içeriklerini etkileyerek fide gelişimi ve kalitesini olumlu etkilediği belirlenmiştir.

Okudur ve ark. (2016) Hogland çözeltilisindeki besin maddelerini üç farklı şekilde yetiştirme zamanını bölerek uygulamıştır ; 1) bir kerede tamamını, 2) iki eşit parçaya bölerek yetiştirme süresince, 3) üç eşit parçaya bölerek yetiştirme süresince durgun su kültüründe Carmesi kırmızı kıvrıcık marul çeşidi yetiştiriciliğinde verim ve kaliteye etkisini araştırmışlardır. Çalışmada bitki uzunluğu, bitki köksüz ağırlığı, yaprak sayısı ve parsel verim bakımından gübre uygulamaları arasında $\alpha=0,05$ seviyesinde fark önemli bulunmuş, bitki kök ağırlığı, gövde ağırlığı, bitkinin gövde çapı, gövde uzunluğu, yaprak boyu ve yaprak eni bakımından ise istatistiki önemde bir farklılık gözlenmemiştir. Sonuç olarak verimlilik; 1. uygulamada 2421 g/m² 3.uygulamada 2531 g/m² 2. uygulamada 2804,54 g/m² elde edilmiştir. Çalışma sonucunda durgun su kültüründe yetiştiricilik yapılacak bitki için gerekli olan bitki besin elementlerinin tamamını birden fazla zamanda verilmesi önerilmiştir.

Khalid ve ark. (2017)'nın gerçekleştirdiği çalışmada yararlı mikroroganizma içeren biogübre uygulamasının ıspanağın sağlık özellikleri üzerinde uyarıcı bir etkiye sahip olduğu sonucuna varmışlardır. Yapılan çalışmada rhizobacterial inokülasyonu, arbusküler mikorhizal mantarlar tarafından kök

enfeksiyonunun artmasına neden olmuş, ıspanak yapraklarında, toplam fenolik bileşikler, antioksidan aktivitesi ve klorofil içeriği biyo gübre işlemleriyle belirgin şekilde arttırılmıştır. Çalışma sonucuna göre, mikroorganizmaların araştırılmasının, taze sebzelerin besleyici özelliklerinin geliştirilmesinde, geleneksel yaklaşımlara potansiyel bir alternatif olabilecek yüksek bir potansiyel gösterdiğini ortaya konmuştur.

Biyogübre olarak bakterilerin marul yetiştiriciliğinde etkilerini görmek için kıvırcık marullarda *Lactobacillus casei*, *Lactobacillus plantarum*, *Rhodopseudomonas palustris* türlerini içeren bakteri karışımı kullanılmıştır. Marul ağırlığı, çapı, yüksekliği, pazarlanabilir verim, yaprak sayısı, yaprak rengi L*, a* ve b* değerlerinin artırdığı belirlenmiştir. Pazarlanabilir verim %12 artmıştır (Türk ve ark. 2017).

Bitki sekonder metabolitleri sağlıklı bir diyet için anahtar biyoaktif bileşikler olarak kabul edilir. Arbusküler mikorizal mantarlar (AM), bitki metabolizmasıyla etkileşime girerek, insan sağlığını destekleyen fitokimyasalların ve antioksidan moleküllerin birikimini indükleyebilmektedir. *Capitata* başsalatalar ve *longifolia* göbekli marulların AMF ile etkileşime girdiği ve sekonder metabolitleri ve doğal antioksidan moleküllerini değiştirdiği bildirilmiştir (Avioa ve ark., 2017).

Yapılan bir çalışmada, kıvırcık yapraklı marulun (crispa) yeşil ve kırmızı çeşitlerinde Arbusküler Mikoriza (AM) türlerinden *Rhizoglossus irregulare* ve *Funneliformis mosseae*, toplam fenolik ve antosiyanin içeriği ve yaprak dokusunun antioksidan aktivitesini artırmıştır. Öneri olarak, *R. irregulare* mikoriza türü, bitki metabolizmasını etkilemede *F. mosseae*'den daha güçlü bir kabiliyet göstermiştir ve uygun bir AM'nin seçilmesi, marullarda sekonder metabolitlerin arttırılması için mikorizal inokülasyonun kullanılabileceği gösterilmiştir (Avioa ve ark., 2017).

Su kültürü tekniği ile marul yetiştiriciliğinde farklı besin dozlarında mikroalg *Chlorella vulgaris* kullanımının etkileri araştırılmıştır. Uygulamalar olarak; (1) Kontrol %100 mineral gübreler ile tam doz besin çözeltisi vermiştir. (2)

%100 mineral gübreler+mikroalg uygulamıştır, (3) %80 mineral gübreler (4) %80 mineral gübreler+mikroalg (5) %60 mineral gübreler (6) %60 mineral gübreler+mikroalg (7) %40 mineral gübreler (8) %40 mineral gübreler +mikroalg uygulanmıştır. Su Kültürü yetiştiriciliğinde mikroalg *Chlorella vulgaris* kullanımının, marul bitkisinde büyüme ve gelişme, verim ve bitki besin maddeleri üzerine etkilerini araştırılmıştır. Denemede bitki boyu, yaprak sayısı, yaprak taze ağırlığı, kök taze ağırlığı, yaprak kuru ağırlığı, kök kuru ağırlığı, kuru ağırlık oluşturma yüzdesi, bitki çevresi, Vitamin C, klorofil ve nitrat içeriği mikroalg uygulamalarında önemli bulunmuştur. Yaprak alanı ve suda çözünebilir kuru madde (SÇKM) miktarı uygulamalardan etkilenmediğini belirtmiştir. Yaprak analizlerinde *Chlorella vulgaris* eklenen azaltılmış besin dozlarında mikroalgin marul bitkilerine N, P, Ca, Mg, Na, Mn, Cu ve Zn beslenmesi bakımından artırıcı katkılar sağladığı belirtmiştir (Ergün ve ark., 2020).

Topraksız domates yetiştiriciliğinde farklı besin dozlarında mikroalg *Chlorella vulgaris* kullanımının etkilerini araştırılmıştır. Uygulamalar: (1) Kontrol uygulamasında %100 tam doz mineral gübreler bitkilerin beslenmesinde kullanılmıştır: (2) %100 tam doz mineral gübreler +Mikroalg , (3) %80 mineral gübreler (4) %80 mineral gübreler +Mikroalg (5) %60 mineral gübreler, (6) %60 mineral gübreler+Mikroalg (7) %40 mineral gübreler (8) %40 mineral gübreler +Mikroalg uygulanmıştır. Denemede ki toplam verim en yüksek %80 mineral gübreler+mikroalg ve %60 mineral gübreler+mikroalg uygulamalarından elde edilmiştir. Yaprak analizinde aynı besin dozunda *Chlorella vulgaris* kullanılan uygulamalarda, kontrollerine göre daha yüksek besin maddeleri belirlemiştir. Substrat analizlerinde azaltılmış besin uygulamalarında aynı besin dozunun *Chlorella vulgaris* eklenmiş olan uygulamalarında iyon akümü lasyonunun daha az olduğu ve özellikle de Na, Cl, SO₄, PO₄ ve NO₃ birikiminin mikroalgi uygulamalarda daha düşük olduğu tespit edilmiştir (Aydöner-Çoban ve ark., 2020).

Aćamović-Djoković ve ark., (2011), bahar mevsiminde topraklı yetiştiricilikte 5 farklı marul tipini yetiştirmişlerdir; Yağlı baş (butterhead) tipinde

Plenti çeşidi, Palamut yaprak (oakleaf) tipinde Murai ve Kibou çeşitleri, Kıvırcık (batavia) tipinde Temptation çeşidi ve Yeşil lollo tipinde Levistro çeşidinde vitamin C değerleri ölçülmüştür. Buna göre Plenti 3.85 mg/100 g, Murai 3.50 mg/100 g, Kibou 5.25 mg/100 g, Temptation 4.99 mg/100 g ve Levistro çeşidi 9.60 mg/100 g olarak rapor edilmiştir.

Zdravković ve ar., (2014) marulda fenoller, askorbik asit, β -karoten, likopen ve antioksidan kapasitesinin araştırıldığı çalışmada, vitamin C miktarı 7.3 ile 10.9 mg/100 g arasında bildirilmiştir.

Güneş ışığına ek olarak LED aydınlatmanın kış döneminde topraksız torf ortamında serada yetişen marulun bazı kalite parametreleri üzerine etkilerinin incelendiği çalışmada fenol içeriği 90.75 ile 131.51 mgGA/100 g arasında rapor edilmiştir (Wojciechowska ve ark., 2015).

Samuolienė ve ark. (2012) serada topraksız ortamda torf ile yetiştirilen marul bitkisinde güneş ışığına ek olarak mavi ve yeşil LED aydınlatmanın marulun antioksidan ve besin özelliklerine etkisini araştırdıkları çalışmada fenol içeriğini 60 ile 123 mgGA/100 g arasında bildirmişlerdir.

Zdravković ve ark., (2014) marulda fenoller, askorbik asit, β -karoten, likopen ve antioksidan kapasitesinin araştırıldığı çalışmada, fenol içeriği 68.87 ile 78.98 mgGA/g, flavanoid içeriği 27.87 ile 35.75 mgRU/g arasında rapor etmiştir.

LED ek aydınlatmanın kış döneminde topraksız torf ortamında serada yetişen marulun bazı kalite parametreleri üzerine etkilerinin incelendiği çalışmada toplam flavanoid içeriği 19.84 ve 31.58 mgRU/100g arasında rapor edilmiştir (Wojciechowska ve ark., 2015).

Dünya Sağlık Teşkilatı bir insanın her kg vücut ağırlığı için zararsız nitrat miktarını 5 mg ve nitrit miktarını 0,4 mg olarak belirtmektedir. Buna göre 70 kg ağırlığındaki bir insanın günlük zararsız dozları nitrat için 350 mg, nitrit içinse 28 mg'dır (Gökalp, 1984).

Sebzeler nitrat içerikleri bakımından farklılıklar göstermektedir. Sebzeler taze ağırlıklarının nitrat içeriği bakımından şu şekilde sınıflandırılmıştır (Blom-Zandstra, 1989; Walter, 1991).

- a) 200 mg/kg' dan daha az nitrat içeren sebzeler; kuşkonmaz, hindiba, fasulye, bezelye, mantar, patates, tatlı biber, tatlı patates, domates.
- b) 500 mg/kg' dan daha az nitrat içeren sebzeler; karnabahar, salatalık, patlıcan, kavun, soğan, şmikroalgam, brokoli.
- c) 1000 mg/kg' dan daha az nitrat içeren sebzeler; beyaz ve kırmızı lahana, havuç, maydanoz ve bal kabağı.
- d) 2500 mg/kg ve daha çok nitrat içeren sebzeler; kereviz, tere, pırasa, maydanoz yaprağı, ıspanak, şeker pancarı, marul, kıvırcık.

Türk Gıda Kodeksi 2008 yılı verilerine göre marulda nitrat için kabul edilebilir en yüksek değerler yetiştirme sezonu ile örtü altı veya açıkta olmasına göre değişmektedir. Buna göre, hasat tarihi 1 Ekim-31 Mart arasında örtü altında yetişen marullar için 4500 mg/kg, aynı dönemde açıkta yetişen marullar için ise 4000 mg/kg'dır. Hasat tarihi 1 Nisan ile 30 Eylül arasında örtü altında yetişen marullar için 3500 mg/kg ve açıkta yetişenler için ise 2500 mg/kg olarak bildirilmektedir (Türk Gıda Kodeksi Yönetmeliği, 2008).

Zhang ve ark. (2018)'nın bitki fabrikasında su kültürüyle marul yetiştiriciliği yapılan bir çalışmada; flörösan ve LED lamba olmak üzere iki farklı aydınlatma tekniği, 150, 200, 250 ve 300 $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$ olmak üzere dört farklı ışık şiddeti, LED lambalarda 1:1 ve 1:2 gibi iki farklı Kırmızı:Mavi ışık oranı ve 12 ile 16 saat olmak üzere iki farklı aydınlatma süresi çalışılmıştır. Flörösan lambada ışık şiddeti 150'den 300 $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$ 'e çıktıkça ve ışıklandırma süresi 16 saate uzadıkça nitrat içeriği 783'den 359mg/kg'a düşmüştür. LED lambalarda da ışıklandırma süresi uzadıkça nitrat düşmüş ancak Kırmızı:Mavi oranlarına göre LED 1:1 ve 1:2 Kırmızı:Mavi ışık oranlarında sırasıyla 667-506 ve 810-456 mg/kg olmuştur. Işıklanmayla ilgili olarak nitratin düşmesine paralel olarak vitamin C, şeker ve antosyanin içeriklerinin arttığı gösterilmiştir.

3. MATERYAL VE YÖNTEM

Bu deneme Çukurova Üniversitesi Ziraat Fakültesi Bahçe Bitkileri Bölümü'ne ait "Topraksız yetiştiricilik" için belirlenen 500 m² cam seranın belirli bir bölümünde 2019 kış-ilkbahar sezonunda gerçekleştirilmiştir.

3.1. Bitkisel Materyal

Bitkisel materyal olarak Vilmorin firmasına ait Dragone kıvrıkcık marul çeşidi (Batavia tipi) kullanılmıştır. Denemede kullanılan Dragone marul orta erkenci, topraklı yetiştiricilikte uygun sıcaklık koşullarında 55-60 gün derim süresine sahip, albenisi yüksek, mildiyö ve yaprak bitine dayanıklı bir çeşittir.

3.2. Biyo-gübre Materyalleri

3.2.1. Mikroalg Biyo-gübresesi

Çalışmada kullanılan *Chlorella vulgaris* mikroalg biyogübresesi, Ç.Ü. Su Ürünleri Fakültesi'nde üretilmiştir. İçerisinde 2×10^7 mikroalg ml⁻¹ bulunan biyo-gübreden, su kültüründe bitki köklerinde 40 kez seyreltilmiş halde kullanılmıştır (Ergün ve ark., 2020). Bitki kökü seviyesinde son doz olarak, 1 L besin çözeltisi için 25 ml 2×10^7 mikroalg ml⁻¹ bulunan biyo-gübreden kullanılmıştır.

3.2.2. Bakteri Biyo-gübresesi

Araştırmada kullanılan bakteri biyo-gübresesi, NGB (Next Generation Biotechnology) firmasına ait ticari ismi "Rhizofill" olan ve içeriği Çizelge 1'de gösterilen 3 bakteri türü karışımı olan ürün kullanılmıştır. Bu amaçla 50 ml Rhizofill biyo-gübresesi, 50 L besin çözeltisi içerisinde olacak şekilde (1 ml bakteri 1 L besin) her 10 günde bir sisteme bakteri aşılması yapılmıştır (Yılmaz, 2020).

Çizelge 3.1. Mikrobiyal gübre Rhizofill'in içeriğindeki bakteri türleri ve konsantrasyonları

Bakteri tür ismi	Koloni oluşturan birim (KOB*/ml)
<i>Bacillus subtilis</i>	1×10^9
<i>Bacillus megaterium</i>	1×10^9
<i>Pseudomonas fluorescens</i>	1×10^{10}

*: KOB: Koloni Oluşturma Birimi

3.2.3. Mikoriza Biyo-gübre

Mikoriza uygulamasında Bioglobal Anonim Şirketinin ERS (Endo Root Soluble) ticari gübresi kullanılmıştır. ERS bio-gübresinin içeriği toplam canlı organizma olarak 1×10^4 (w/w) konsantrasyonda şu mikorizaları kokteyl (karışım) şeklinde içermektedir: *Glomus intraradices*, *Glomus aggregatum*, *Glomus mosseae*, *Glomus clarum*, *Glomus monosporus*, *Glomus deserticola*, *Glomus brasilianum*, *Glomus etunicatum*, *Gigaspora margarita*. Mikoriza aşılması, tohum ekimi sırasında bitki başına 1000 adet spor olacak şekilde gerçekleştirilmiştir.

3.3. Denemede Gerçekleştirilen Uygulamalar

Tez çalışmasında aşağıda listelenen 5 uygulama gerçekleştirilmiştir. Çalışmanın amacı, su kültürü kıvırcık marul yetiştiriciliğinde mineral gübreleri azaltmak ve onun yerine çeşitli biyo-gübreleri yetiştiricilik sistemine entegre etmektir. Böylece mineral gübreler %50 azaltılarak biyo-gübrelerin bitki büyüme ve gelişmesi, marul kalite öğeleri ve insan sağlığı için önemli olan bileşenler üzerine etkisi görülmesi hedeflenmiştir. Bu amaçla ideal mineral gübre konsantrasyonlarını ve miktarlarını içeren “%100 Besin çözeltisi” uygulaması, klasik su kültürü bitki besleme uygulaması olarak kontrol amacı ile kullanılmıştır. Bunun tam yarısı “%50 Besin çözeltisi” uygulaması yukarıda belirtilen tam besleme uygulamasının yarısı kadar mineral içeren azaltılmış mineral gübreleri içeren bir uygulama oluşturmuştur. Bu azaltılmış mineral gübreli uygulamada, bütün mineral gübreler eşit oranda %50 azaltılmıştır. Daha sonra %50 azaltılmış

mineral gübrelemeye sırası ile mikro mikroalg, bakteri ve mikoriza biyo-gübreleri eklenmiştir.

1. %100 Besin Çözeltisi
2. % 50 Besin Çözeltisi
3. %50 Besin Çözeltisi + Mikroalg
4. %50 Besin Çözeltisi + Bakteri
5. %50 Besin Çözeltisi + Mikoriza

3.4. Yöntem

Bitki materyali olarak kullanılan Dragon kıvrıcık marul tohumları torf:perlit (2:1) karışımı içeren viyollere, 29 Ocak 2019 tarihinde ekilmiştir. Mikoriza tohum ekimi sırasında ekim çukurlarına uygulanarak aşılama gerçekleştirilmiştir (Şekil 3.1). Fideler cam serada yetiştirilmiştir (Şekil 3.2). Dikim aşamasına gelen Dragon kıvrıcık marul fideleri 07 Mart 2019 tarihinde su kültürüne farklı uygulamalara transfer edilmiştir (Şekil 3.3). Denemede marul bitkileri sıra arası ve üzeri mesafe 15 cm x 15cm olarak kullanılmıştır. Bir bitki başına 225 cm² veya 0.0225 m² alan kullanılmıştır. Bitki yoğunluğu 44.44 bitki/m² olmuştur. Denemede yer alan farklı uygulamalar için, 4 tekerrür ve her tekerrürde 15 bitki olacak şekilde (60 bitki/uygulama) tesadüf blokları deneme desenine göre bitkiler su kültürü sisteminde yetiştirilmiştir (Şekil 3.4). Bir tekerrür için kullanılan alan 0.3375 m² olmuştur.

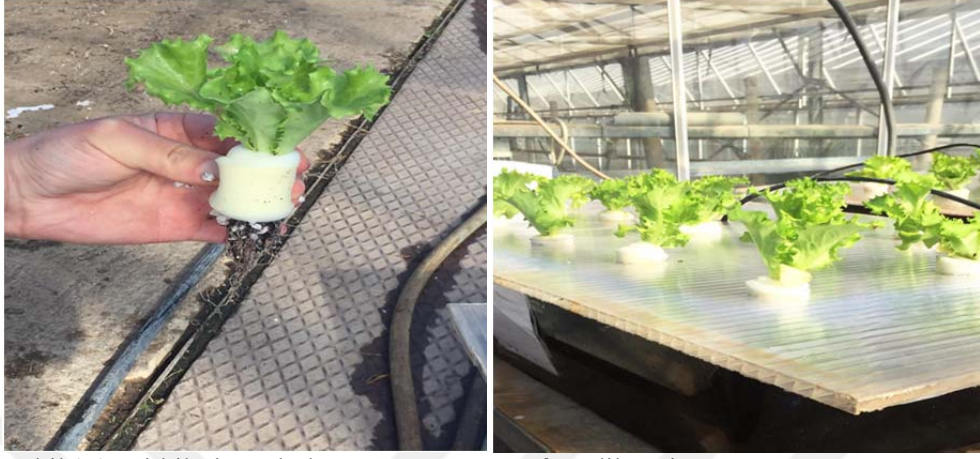
Marul fideleri 3-5 yapraklı olduğunda su kültürüne transfer edilmiştir. Transfer ile %50 azaltılmış mineral besleme, mikroalg ve bakteri biyo-gübre uygulamalarına başlanmıştır (Şekil 3.3). Bitkiler 50 litre hacimdeki sert plastikten yapılmış ışık geçirmeyen koyu renkli malzemeden oluşturulmuş kaplarda, bitki kökleri suda erimiş oksijen sağlamak üzere havalandırılan besin çözeltisi içerisinde bütünüyle olacak şekilde “Derin durgun su kültürü” (Deep water culture-DWC) veya “Yüzey su kültürü” (Floating Culture-FC) yöntemi ile yetiştirilmiştir. Her kap bir tekerrür olarak gerçekleştirilmiştir (Şekil 3.4).



Şekil 3.1. Fide yetiştirmek üzere kıvrıcık marul tohumlarının serada viyollere torf:perlit karışım ortamına ekilmesi (sol) ve tohum çukuruna ekim sırasında mikoriza aşılması(sağ).



Şekil 3.2. Dikim aşamasındaki fidelerin görüntüsü



Şekil 3.3. Bitkilerin su kültürü ortamına transfer edilmesi



Şekil 3.4. Serada marul bitkileri su kültüründe büyürken genel görüntüler

3.4.1 Bitki Besleme

Denemede bitki gübrelemesi için stok çözeltiler hazırlanmıştır. Stoklarda çökelme olmaması için kalsiyumlu gübrenin ayrıldığı iki ayrı stok çözelti tankı kullanılmıştır (Çizelge 2). Marul bitkisi için su kültürü besin çözeltisi element konsantrasyonları Çizelge 3.2’de verilmektedir. Ergün ve ark. (2020)’nin kullandığı su kültürü marul reçetesinde mikro elementler için modifiye edilerek kullanılmıştır. Marul bitkileri 40 gün su kültürü sisteminde yetiştirilmiştir. Bu sürede yetiştiricilik yapılan özel küvetlerde besin çözeltisi seviyesi eksildikçe biyo-gübreler uygulamaları dikkate alınarak besin çözeltisi tamamlaması yapılmıştır. Kaplarda su seviyesi 50 Litre altına düşürülmemiş sabit tutulmuştur. Hasada son 1 hafta kala besin çözeltisi tamamlama kesilmiştir. Günlük pH ve EC ölçümleri yapılarak çözelti pH seviyesi 5.7-6.0 civarında tutulmuştur. Besin çözeltisi EC değerleri %100 mineral gübre kontrol uygulamasında 1.5, 2.0 ve 2.4 dS/m olarak bitki büyümesi ile beraber kademeli artırılmıştır. Mineral gübrelerin %50 azaltıldığı diğer uygulamalarda ise, %100 mineral gübre kontrol uygulamasına göre yarı yarıya azaltılarak işlemler yapılmıştır.

Çizelge 3.2. Denemede kullanılacak olan mineral gübrelerin isimleri ve besleme sisteminde stok çözeltilerde yer alma şekilleri

STOK A	STOK B
Kalsiyum Nitrat	Potasyum sülfat
Fe – EDDHA (sequestrene)	Mono potasyum fosfat
	Magnezyum sülfat
	Potasyum Nitrat
	Mikro elementler
	Çinko sülfat yerli
	Borik asit yerli
	Mangan sülfat yerli
	Bakır sülfat yerli
	Amonyum molibdat

Çizelge 3.3. Denemede %100 mineral besleme kontrol uygulamasında kullanılan olan besin maddeleri konsantrasyon aralıkları

Element	mg/L
N	150-220
P	30-40*
K	270-312
Ca	170-210
Mg	50-65
Fe	3.00-5.00
Zn	0.30-0.55
B	0.70-0.97
Cu	0.20-0.30
Mo	0.10-0.20
Mn	0.55-0.96

*: Mikoriza çalışması için düşük tutulmuştur

3.4.2. Hasat

Hasat aşamasında gelen Dragone çeşidi kıvırcık marul bitkileri dikimden 40 gün sonra 16.04.2019 tarihinde hasat edilmiş her tekerrürdeki marul ağırlıklarına göre toplam verim değerleri ve bitkilerin yeşil aksam ve kök ağırlıkları bireysel olarak kaydedilmiştir (Şekil 3.4 a ve b, Şekil 3.5). Aşağıda hasat sonrasında gerçekleştirilen; yaprak ve kökte bitki ölçümleri, marulda bazı kalite ve insan beslenmesinde öne çıkan bazı besin öğeleri analizleri ile bitki besin maddeleri analizleri anlatılmaktadır.



Şekil 3.4 a. Hasat aşamasında farklı biyo-gübre uygulamalarının etkisi, yetiştirme kütvetlerinde marulların yan profilden görüntüsü



Şekil 3.4 b. Hasat aşamasında farklı biyo-gübre uygulamalarının etkisi, yetiştirme kütetlerinde marulların tepeden kuşbakışı görüntüsü



Şekil 3.5. Hasat edilen marul bitkilerinin farklı uygulamalarda kök görüntüleri

3.4.3. Denemede Yapılan Ölçüm ve Analizler**3.4.3.1. Bitki Boyu Ölçümü (cm)**

Hasat edilen marul bitkilerinin boyu 1cm duyarlılıkta metre ile cm cinsinden ölçülmüştür ve ortalaması alınmıştır (Şekil 3.6).



Şekil 3.6. Marul bitki boyu ölçülmesi

3.4.3.2. Bitkilerin çevre ve taç genişliği ölçümü (cm)

Marul bitkilerinin çevresi ve taç genişliği 1cm duyarlılıkta bükülebilir esnek bir metre ile cm cinsinden ölçülmüştür (Şekil 3.7).



Şekil 3.7. Marul bitkisinde çevre (yukarıda) ve taç genişliği (aşağıda) ölçümü

3.4.3.3. Marul bitkilerinde kök boğazı çapı ölçümü (mm)

Marul bitkilerinde kökün hemen üzerinde yaprakların çıktığı gövdenin genişliği kumpas ile ölçülerek kök boğazı çapı olarak mm cinsinden belirlenmiştir (Şekil 3.8).

3.4.3.4. Marul Taç Sertlik Ölçümü (kg)

Hasat edilen marul bitkilerinde biyo-gübrelerin bitkide sertlik üzerine etkisini incelemek üzere digital bir penetrometre ile Şekil 3.8’da görüldüğü gibi yaprakların oluşturduğu taç yapısının dış kısmından kg cinsinden sertlik ölçümü yapılmıştır. Kıvırcık marul baş yapmamakla birlikte bu sertlik ölçümü yaprak yoğunluğu hakkında bilgi verirken, ayrıca yapraklarda gevreklik ve çıtırılık hakkında fikir vermektedir.



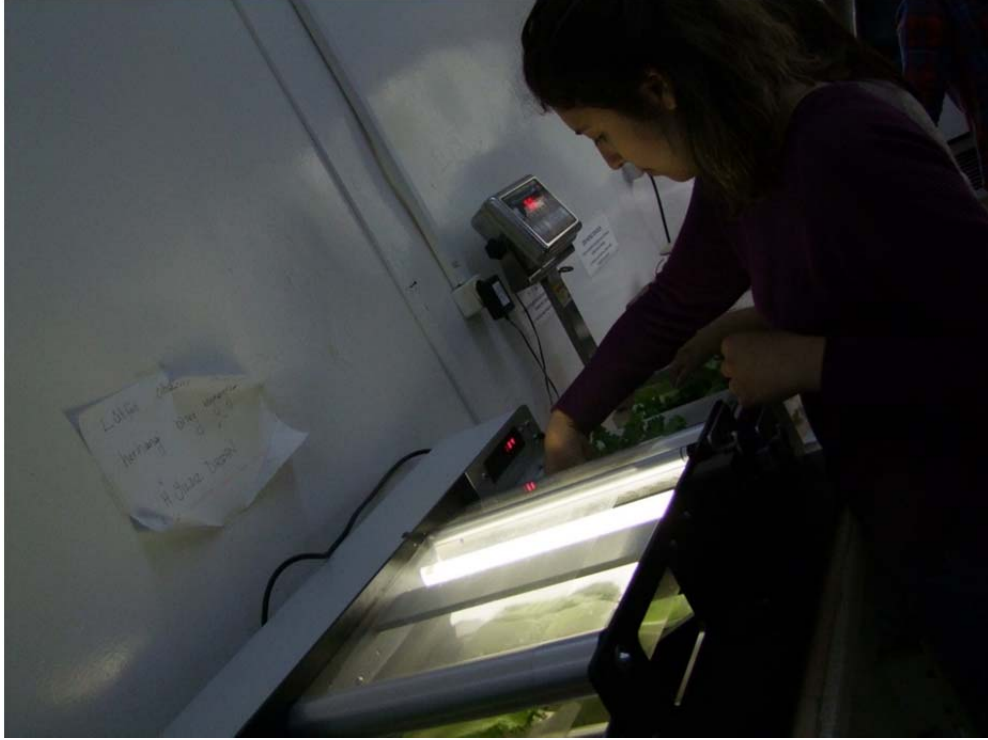
Şekil 3.8. Kıvırcık marul bitkisinde kök boğazı çapının kumpas ile ölçülmesi (sol) ve digital penetrometre ile bitkide dıştan sertlik ölçülmesi (sağ).

3.4.3.5. Marulda Yaprak Sayısı (adet/bitki)

Hasatı yapılan Dragone kıvrıkcık marul bitkisinin yaprak sayısı tek tek sayılarak belirlenmiştir.

3.4.3.6. Marulda Yaprak Alanı (cm² / bitki)

Marul bitkilerinde yapraklar fotosentez alanı olarak önem arz etmektedir. Licor marka LI3100C model “yaprak alan ölçer” cihaz ile yapraklar teker teker taranarak bitki başına yaprak alanı cm² olarak ölçülmüştür (Şekil 3.9).



Şekil 3.9. Marul yapraklarının taranarak alan ölçülmesi

3.4.3.7. Yaprak Taze Ağırlığı (g/bitki)

Hasat edilen marul bitkileri bireysel olarak 0.1 hassasiyetteki bir terazide tartılarak bitki başına yaprak taze ağırlığı kaydedilmiştir.

3.4.3.8. Yaprak Kuru Ağırlıkları (g/bitki)

Yukarıda taze yaprak ağırlığı kaydedilen marul bitkileri 70°C fanlı etüvde 48 saat kurutularak kuru ağırlıkları 0.01 hassasiyetteki bir terazide tartılmış ve bitki başına yaprak kuru ağırlığı kaydedilmiştir.

3.4.3.9. Yaprakta Kuru Madde Üretimi (%)

Farklı biyo-gübreler ile yetiştirilen marul bitkilerinin kaydedilen bitki taze ve kuru ağırlıklarından % kuru madde oluşturma oranları hesaplanmıştır.

3.4.3.10. Marul yapraklarında L a b renk parametreleri ölçümü

Marul bitkilerinde %50 azaltılan mineral gübre yerine eklenen biyo-gübrelerin yapraklardaki renk parametreleri üzerine etkisini görmek üzere hasat edilen marullarda, Hunter renk parametreleri ölçüm cihazı ile digital olarak L*, a* ve b* değerleri Şekil 3.10.'da görüldüğü gibi marul bitkisi üst seviyesinden ölçülmüştür. Cihazı her ölçüm öncesinde beyaz renkteki (L=96.96, a=0.08 ve b=1.83) seramik tablaya göre kalibre edilmiştir. *L değeri 0 ile 100 arasında aydınlık ve parlaklık değerini ifade etmektedir. a* değeri gıdanın kırmızı veya yeşilliğini: +a*kırmızıyı, -a* yeşili belirtir. B* değeri ise sarı ve maviliğini ifade etmektedir: +b* sarıyı, -b* ise maviyi belirtir (Gould, 1977).



Şekil 3.10. Marul yaprakları yüzey renginde Hunter cihazı ile parlaklık ve diğer parametrelerin (L, a, b) ölçülmesi

3.4.3.11. Yaprakta klorofil SPAD metre Ölçümü

Marul yapraklarında yeşil rengin değişen tonunu belirleyen ve yapraktaki kloril miktarı ile doğrusal ilişkisi olan SPAD metre ölçümleri yapılmıştır. Bu amaçla Minolta marka cihaz ile marul yapraklarında dıştan itibaren 5. Yapraklarda üç noktadan ölçüm yapılarak ortalama alınmıştır (Şekil 3.11).



Şekil 3.11. Marul yapraklarında SPAD metre cihazı ile klorofil ölçümü

3.4.3.12. Toplam Verim (kg/m²)

Deneme tamamlanınca fide transferinden 40 gün sonra hasat edilen marulların her tekerrürdeki 15 bitkinin toplam ağırlığı alınarak birim alana verim kg/m² olarak hesaplanmıştır.

3.4.3.13. Marul Yapraklarında SÇKM (Suda Çözünebilir Kuru Madde Miktarı) Tayini (%)

Hasatı yapılan Dragon kıvrıkcık marul bitkileri 4 parçaya bölünerek her marulun ¼ kısmı alınıp örnekleme yapılarak katı meyve suyu sıkacağına suyu çıkarılmıştır ve SÇKM digital bir refraktometre ile ölçülmüştür (Şekil 3.12).



Şekil 3.12. Marul yapraklarında suda çözülebilir kuru madde (SÇKM) ölçülen digital refraktometre

3.4.3.14. Marul Yapraklarında EC ve pH Ölçülmesi

Marulun pH değeri ve içerdiği toplam mineral madde miktarı hakkında bilgiler veren EC (dS m⁻¹) değeri için 100 ml marul yaprak suyu içerisine pH ve EC metre elektrotları daldırılarak okunmuştur (Şekil 3.13).



Şekil 3.13. Marul suyunda pH ve EC ölçülmesi

3.4.3.15. Marul Yapraklarında C vitamini (L-Askorbik Asit) içeriği (mg/100g)

Marul yaprakları katı meyve sıkacağından geçirilerek suyu çıkarılmıştır. 1 ml marul ekstraktı üzerine 45 ml % 0.4 oksalik asit eklenip filtre kâğıdından süzölmüştür. Elde edilen süzöntüden 1 ml alınarak üzerine 9 ml boya çözöltisi eklenmiş ve Perkin Elmer marka ve Lambda EZ201UV/VIS model spektrofotometre cihazında 502 nm dmikroalga boyunda okuma yapılmıştır (Şekil 3.14) (Özkan ve ark., 2007).

3.4.3.16. Marul Yapraklarında Toplam Fenolik Madde Tayini (mg GAE/100 g TA)

Toplam fenolik madde, Spanos ve Wrolstad, (1990) tarafından tanımlanan spektrofotometrik yöntem modifiye edilerek yapılmış ve okumalar

spektrofotometrede (Perkin Elmer marka ve Lambda EZ201UV/VIS model) 765 nm dmikroalga boyunda okunan absorbans değerinden ve gallik asit ile hazırlanmış kalibrasyon eğrisinden yararlanılarak hesaplanmıştır (Şekil 3.14).

3.4.3.17. Marul Yapraklarında Toplam Flavonoid Tayini (mg RUT/100 gTA)

Marul yapraklarında Quettier-Deleu ve ark (2000)'nın geliştirmiş oldukları yöneme göre 415 nm dmikroalga boyunda spektrofotometre (Perkin Elmer marka ve Lambda EZ201 UV/VIS model) ile okunmuştur (Şekil 3.14). Rütün ile hazırlanmış olan kalibrasyon eğrisinden yararlanılarak, toplam flavonoid madde miktarı hesaplanmıştır.

3.4.3.18. Marul Yapraklarında Nitrat Analizleri

Kuru marul yaprak örneklerinde salisilik asit yöntemi ile belirlenmiştir (Cataldo ve ark., 1975). Kurutulmuş öğütülmüş yaprak örneğinden 0.100 g alınıp üzerine 10 ml saf su eklenerek, homojenize edilmiş örnekler sıcak su banyosunda 45 °C sıcaklıkta 1 saat bekletilmiş, daha sonra 10000 rpm devirde 15 dakika santrifüj edilerek katı kısım dibe çöktürülmüştür. Süzükten 100µl alınarak 15 ml'lik falkon tüpüne konulup, üzerine 400 mikrolitre sülfirik asitle hazırlanmış salisilik asit eklenir ve 20 dakika beklenir. Daha sonra 9.5 ml 2 N NaOH çözeltisi hafif çalkalanarak konulmuş ve örnekler oda sıcaklığına gelinceye kadar beklenildikten sonra 410 nm dmikroalga boyuna ayarlı Perkin Elmer marka ve Lambda EZ201 UV/VIS model spektrofotometresinde okunmuştur (Şekil 3.14). Standart nitrat stok çözeltisinden bir seri 50 ml' lik ölçü balonuna konularak 0, 2, 4, 6, 8, 10 ve 12 mg/L NO₃-N içeren standartlar hazırlanmış ve örneklerle aynı işlemlere tabi tutulmuştur. Nitrat konsantrasyonu uygulamalara göre yaprakta kuru madde oluşturma oranı dikkate alınarak, yaş marul yaprağında nitrat konsantrasyonu olarak tezde sunulmuştur.



Şekil 3.14. Marul yapraklarında C vitamini, toplam fenolik madde, flavanoid, nitrat analizleri ve fosfor tayini yapılan spektrofotometre cihazı

3.4.3.19. Yaprakta Mineral Besin Maddeleri Analizleri

Farklı uygulamaların kıvırcık marul bitkilerinde beslenme üzerine etkilerini ortaya koymak için hasat zamanında her tekerrürden 10 bitkide $\frac{1}{4}$ kısım alınarak makro ve mikro element analizleri yapılmıştır (Jones, 2001). Azot (N), fosfor (P), potasyum (K), magnezyum (Mg), kalsiyum (Ca), sodyum (Na), demir (Fe), mangan (Mn), bakır (Cu) ve çinko (Zn) için analizler yapılmıştır. Seradan alınan yapraklar kontaminasyona karşı %0.1 lik deterjan ile yıkanmış ve durulandıktan sonra 3 kez saf su ile yıkanmış etüvde 48 saat 65°C'de kurutulmuştur. Kurutulan örnekler yaprak öğütme değirmeninde öğütülmüştür. Kıvırcık salata yapraklarındaki azot konsantrasyonları ise Khjeldal yöntemine göre yaş yakma ile belirlenmiştir (Şekil 3.15). Öğütülmüş örnekler 550°C'de 8 saat süreyle yakılmış ve oluşan kül % 3.3'lük (hacim/hacim) HCl asitte çözülerek Varian marka FS220 model Atomik Absorbsiyon Spektrofotometre cihazında K, Ca, Mg ve Na okumaları emisyon modunda, Fe, Mn, Zn ve Cu okumaları ise absorbans modunda okunmuştur (Şekil 3.16). Fosfor analizleri yukarda hazırlanan ekstrakt kullanılarak Barton yöntemine göre spektrofotometre ile gerçekleştirilmiştir.



Şekil 3.15. Azot (N) analizi aşamaları; yakma, destilasyon ve titrasyon (sağdan sola ve yukarıdan aşağıya)



Şekil 3.16. Marul yapraklarında mineral besin maddelerinden K, Ca, Mg, Fe, Mn, Zn, Cu analizleri yapım aşamaları ve atomik absorbiyon spektrofotometre cihazı (soldan sağa yukarıdan aşağıya sırasıyla).

3.4.3.20. Kök Taze ve Kuru Ağırlığı (g /bitki)

Deneme sona erdirilip marul bitkileri hasat edilince kök ve yeşil aksam olarak ayrılmış 0.01 hassasiyetteki terazide köklerin fazla suyu kağıt mendil ile

alınarak taze ağırlıkları kaydedilmiştir. Kese kağıdına konan kökler fanlı etüvde 70°C’de 48 saat kurutularak kuru ağırlıkları kaydedilmiştir.

3.4.3.21. Kökte Kuru Madde Üretimi (%)

Farklı biyo-gübreler ile yetiştirilen marul bitkileri köklerinde kuru madde üretim farklarını görmek için taze ve kuru ağırlıklardan % olarak kuru madde üretimi hesaplanmıştır.

3.4.3.22. En Uzun Kök Boyu (cm)

Hasat edilen marul bitkilerinin en uzun kökleri cm cinsinden ölçülerek kaydedilmiştir.

3.4.3.23. Besin Çözeltisi Analizleri

Deneme tamamlanınca bitki köklerinin içerisinde olduğu besin çözeltisi örnekleri alınarak bunlarda NO₃-N, NH₄-N, P, K, Ca, Mg, Fe, Mn, Zn ve Cu analizleri yapılmıştır. Bitkilerin P ile beslenmesinde sadece PO₄ kökenli gübreler kullanıldığı için (inorganik fosfor) P analizi besin çözeltisinden alınan örnek ile spektrofotometrede sarı renk esasına göre (Barton yöntemi) 430 nm d mikrolga boyunda yapılmıştır (Şekil 3.14). Amonyum azotu (NH₄-N) analizi için besin çözeltisinden 25 ml alınarak üzerine 0.5 g MgO eklendikten sonra 35 ml % 33’lük NaOH ilave edilmiş ve 15 ml % 4’lük borik asit ile destile edilmiştir. Ardından da 0.01 N sülfirik asit ile titrasyon yapılmıştır. Nitrat azotu (NO₃-N) analizi için NH₄ destilasyonu yapılan aynı örnek alınmış üzerine 0.5 g “Devarda Alloy” karışımı eklendikten sonra tekrar benzer şekilde destilasyon ve titrasyon işlemleri yapılmıştır (Şekil 3.15). Titrasyon sonucunda sarf edilen sülfirik asit miktarı ile NH₄ ve NO₃ konsantrasyonları hesaplanmıştır. Besin çözeltisi örneklerinde K, Ca ve Mg konsantrasyonları Varian marka ve 220 FS model atomik absorpsiyon spektrofotometre cihazında emisyon modunda lambasız olarak ve Fe, Mn, Zn, Cu

mikro element konsantrasyonları ise özel katot lambalar ile aynı cihazda okunmuştur (Şekil 3.16).

3.5. Verilerin Analizleri

Deneme verileri JMP *istatistik paket programı* (Version 7.0, Statistical Software, 2007) kullanılarak varyans *analizi yapılmıştır*. İstatistiki açıdan $p < 0.05$ seviyesinde önemli bulunan parametreler için, Asgari Önemli Fark (AÖF) (Least Significant Difference, LSD) çoklu karşılaştırma testi ile uygulamalar arasındaki farklar incelenmiş ve buna göre değerlendirmeler yapılmıştır.



4. BULGULAR VE TARTIŞMA

4.1. Bitki Büyüme Parametreleri Üzerine Biyo-gübrelerin Etkileri

4.1.1. Bitki Boyu

Hasat edilen kıvırcık marul bitkilerinde biyo-gübrelerin büyüme ve gelişme üzerine etkilerini görmek için bir seri ölçümler ve analizler yapılmıştır. Marul bitki boyu üzerine uygulamaların etkileri istatistiksel olarak farklı olmuştur; en yüksek boylu bitkiler, “%50 Besin+Bakteri” uygulamasında 29.35 cm ile ilk sırada yer almıştır (Çizelge 4.1). “%50 Besin+Bakteri” biyo-gübresini ile “%100 Besin” ve “%50 Besin+Mikoriza” uygulamaları aynı istatistik sınıfta ve sırası ile 29.05 cm ve 27.30 cm bitki boyu göstermişlerdir. Daha kısa bitkiler, “%50 Besin” (26.81 cm) ve “%50 Besin+Mikroalg” (25.86 cm) uygulamalarında kaydedilmiştir (Çizelge 4.1).

Ergün ve ark. (2020), su kültüründe kıvırcık marul yetiştiriciliğinde mineral gübreleri %100 (kontrol), %80, %60 ve %40 oranlarında kullanmış ve azaltılmış mineral gübreler yerine bitki beslemeyi ikame etmek üzere mikroalgi-biyo-gübresini *Chlorela vulgaris*’i eklemiştir. Çalışmada, en yüksek bitki boyu %100 Besin+Mikroalg uygulamasında elde edilmiştir. %100 Besin+Mikroalg uygulamasında bitki boyu kendi kontrolü olan mikroalgsiz %100 Besin uygulamasına göre %13.75 oranında artış göstermiştir. Benze şekilde; marul bitki boylarında %80 Besin+Mikroalg uygulaması kendi kontrolü mikroalgsiz %80 Besin uygulamasına göre %15.49 artış, %60 Besin+Mikroalg uygulaması kendi kontrolü mikroalgsiz %60 Besin uygulamasına göre %13.54 artış ve %40 Besin+Mikroalg uygulaması mikroalgsiz %40 Besine göre % 19.58 artış göstermiştir.

Miceli ve ark. (2019), yüzen su kültürü yetiştiriciliğinde kontrol, 10^{-8} M ve 10^{-6} M GA_3 uygulamışlardır. Marul bitki boyları sırası ile 25.0cm, 25.2 cm ve 31.8 cm olarak bildirilmiştir. 10^{-6} M GA_3 uygulaması boy artışı sağlamıştır.

Aydöner Çoban ve ark. (2020), kokopit paketlerinde topraksız domates yetiştiriciliğinde mineral gübreleri %100 (kontrol), %80, %60 ve %40 oranlarında azaltarak kullanmış ve bitki beslemeyi ikame etmek üzere mikroalgbiyo-gübresi *Chlorelavulgaris*'i eklemiştir. Domates bitkisi boyu bakımından uygulalar arasında önemli bir farklılık kaydedilmemiştir.

4.1.2. Bitki Çevresi

Marul bitkileri çevresi üzerine uygulamaların etkileri istatistiksel olarak farklı bulunmuştur. Bakteri (51.76 cm) ve mikoriza (50.66 cm) uygulamaları bitki çevresi bakımından olumlu etkiler ortaya koymuş kontrol uygulaması “%100 Besin” (50.66 cm) ile aynı istatistiksel grupta yer almışlardır. Mikroalg uygulaması ise marul bitki çevresi üzerine artırıcı etki yapmamış hatta aynı istatistik grupta olmakla birlikte “%50 Besin” (47.81 cm) bitkilerinden daha küçük çevreye sahip bitkiler oluşturmuştur (Çizelge 4.1).

Ergün ve ark., (2018), su kültüründe kıvrıcık marul yetiştiriciliğinde mineral gübreleri %100 (kontrol), %80, %60 ve %40 oranlarında kullanmış ve bunun yerine bitki beslemeyi ikame etmek üzere mikroalgbiyo-gübresi *Chlorelavulgaris*'i eklemiştir. Kıvrıcık marul çevresi üzerine mikroalg uygulamaları, uygulanmayan azaltılmış besin uygulamalarına göre hep artırıcı etki yapmıştır.

Serada topraklı organik kıvrıcık marul yetiştiriciliğinde dört farklı bakteriyi (*Basillus subtilis*, *Bacillus licheniformis*, *Bacillus megaterium*, *Pseudomonas putida*) içeren biyo-gübre Medbio, damlamadan ve yapraktan kullanılmıştır. Kontrole (91 cm) göre bitki çevresi bakteri ile beslenen bitkilerde (108 cm) %19 istatistiksel olarak daha yüksek bildirilmiştir (Daşgan ve ark., 2017).

4.1.3. Taç Genişliği

Kıvrıcık marul çeşidi Dragon'un taç genişliği üzerine biyo-gübrelerin etkileri istatistik olarak farklı bulunmamıştır. Bununla birlikte, taç genişliği en az

“%50 Besin+Mikroalg” bitkilerinde 29.10 cm ve en fazla “%100 Besin” bitkilerinde 34.56 cm olarak kaydedilmiştir (Çizelge 4.1).

Serada topraklı organik kıvrıcık marul yetiştiriciliğinde dört farklı bakteri (*Bacillus subtilis*, *Bacillus licheniformis*, *Bacillus megaterium*, *Pseudomonas putida*) içeren Medbiobio-gübreleri damlamadan ve yapraktan kullanılmıştır. Taç genişliği kontrole (40.6 cm) göre bakteri ile beslenen bitkilerde (50.4 cm) %24 istatistiksel olarak daha yüksek bildirilmiştir (Daşgan ve ark., 2017).

4.1.4. Kök Boğaz Çapı

Marul bitkilerinde kök boğaz çapı 20.19 mm ile 24.61 mm arasında değişmiştir. Kök boğazı, istatistiksel olarak en ince “%50 Besin+Alg” ve en kalın ise “%100 Besin” uygulamalarında kaydedilmiştir (Çizelge 4.1).

Serada topraklı organik kıvrıcık marul yetiştiriciliğinde dört farklı bakteriyi (*Bacillus subtilis*, *Bacillus licheniformis*, *Bacillus megaterium*, *Pseudomonas putida*) içeren Medbiobiyo-gübresinin damlamadan ve yapraktan kullanıldığı yetiştiricilikte, marul genişliği kontrole (30.50 mm) göre bakteri ile beslenen bitkilerde (34.16) %12 istatistiksel olarak daha yüksek bildirilmiştir (Daşgan ve ark., 2017).

4.1.5. Taç Sertliği

Marul bitkilerinde yaprakların oluşturduğu taç kısmın sertliği bitkinin yan taraftan en dıştan digital bir penetre metre ile ölçülmüştür. Bu özellik bakımından uygulamaların etkileri istatistik olarak farklı bulunmazken sertlik değerlerinin 0.477 kg ile 0.654 kg arasında değiştiği ve sırası ile en yumuşak taçlı marullar “%50 Besin” uygulamasından alınırken en sert taç oluşturan marullar “%50 Besin+Bakteri” uygulamasında kaydedilmiştir (Çizelge 4.1).

Çizelge 4.1. Mineral besin maddeleri %50 azaltıldığında farklı biyo-gübrelerin marul bitkisi büyüme parametreleri üzerine etkileri-I

Uygulamalar	Bitki Boyu (cm)	Bitki Çevresi (cm)	Taç Genişliği (cm)	Kök Boğazı Çapı (mm)	Taç Sertliği (kg)
%50 Besin	26.81 b	47.81 ab	30.56	22.99 ab	0.477
%100 Besin	29.05 a	50.66 a	34.56	22.48 ab	0.603
%50 Besin+Mikroalg	25.86 b	44.40 b	29.10	20.19 b	0.611
%50 Besin+Bakteri	29.35 a	51.76 a	32.10	24.64 a	0.654
%50 Besin+Mikoriza	27.30 ab	50.66 a	31.15	24.01 a	0.648
LSD _{0.05}	2.110	4.75	Ö.D.	2.923	Ö.D.
P	0.0156	0.0337	0.3156	0.0500	0.1545

4.1.6. Yaprak Taze Ağırlığı

Bitki başına yaprak taze ağırlığı aynı zamanda ortalama marul ağırlığı demektir. Denemedeki marul bitki ağırlığı 257.3 g (%50 Besin) ile 391.6 g (%50 Besin+Bakteri) arasında değişmiştir. Farklar istatistiksel olarak önemli bulunmuştur. Besin uygulamasının %100 düzeyi ile yetiştirilen marul ağırlığı (389.1 g) ile aynı grupta yer alan en ağır marul bitkileri 391.6 g ile “%50 Besin+Bakteri” uygulamasından elde edilmiştir (Çizelge 4.2). Kök ortamına Bakteri eklendiğinde %50 Besin uygulamasına (257.3 g) göre %52.2 daha ağır marullar elde edilmiştir. Mikoriza aşıl原因 marul bitkisi ortalama ağırlığı 321.2 g iken, Alg ile yetiştirilen marulların ortalama ağırlığı 312.4 g olarak kaydedilmiştir (Çizelge 4.2).

Ergün ve ark., (2020), su kültüründe kıvrıcık marul yetiştiriciliğinde mineral gübreleri %100 (kontrol), %80, %60 ve %40 oranlarında kullanmış ve azalan mineral besin maddeleri yerine bitki beslemeyi ikame etmek üzere mikroalgi-biyo-gübresi *Chlorella vulgaris* kullanılmıştır. Kıvrıcık marul ağırlığı üzerine alg uygulamaları, uygulanmayan kontrol gruplarına göre her zaman artırıcı

etki yapmıştır. Kontrol olarak %100 Besin uygulamasında marul ağırlığı 242.35 g iken, %80 Besinde 222.77 g, %80 Besin+Alg'de 243.31 g, %60 Besin'de 211.81 g, %60 Besin+Alg'de 237.56 g, %40 Besinde 205.82 g ve %40 Besin+Alg uygulamasında 239.01 g olarak bildirilmiştir. Azalan mineral gübre seviyelerinde algin devreye girmesi ile marul ağırlığı önemli bir şekilde artmıştır.

Miceli ve ark. (2019)'da yüzen su kültürü yetiştiriciliğinde kontrol, 10^{-8} M ve 10^{-6} M GA_3 uygulamışlardır. Marul başına ağırlık sırası ile 12.0 g, 13.2 g ve 17.3 g cm olarak bildirilmiştir. 10^{-6} M GA_3 uygulaması ortalama marul ağırlığında %44 artış sağlamıştır.

4.1.7. Yaprak Alanı

Marul başına yaprak alanı 4445 cm²/bitki (%50 Besin) ile 5969 cm²/bitki (%100 Besin) arasında değişmiştir. Bu iki değer arasında mineral gübreler azaltılarak biyo-gübre eklenen uygulamalar yer almıştır. Biyo-gübreler içerisinde Bakteri 5882 cm²/bitki ile ilk sırada yer almıştır. Bunu 5321 cm²/bitki ile Mikoriza ve 5064 cm²/bitki ile Mikroalg takip etmiştir (Çizelge 4.2). Yaprak alanı fotosentez alanı demektir. Denemede kullanılan biyo-gübrelerden bakteri ve mikoriza, marul bitkisi fotosentez alanını %50 Besin uygulamasına göre istatistiksel olarak fark yaratacak şekilde olumlu arttırmıştır. Yaprak alanının artırılması sözü edilen biyo-gübrelerin besin maddesi sağlaması, bazı hormon ve enzimleri üretmesi ile bitkinin büyümesine teşvik edici destek vermesi şeklinde açıklanabilir.

Ergün ve ark., (2020), su kültüründe kıvırcık marul yetiştiriciliğinde mineral gübreleri %100 (kontrol), %80, %60 ve %40 oranlarında kullandığı bitki beslemeyi mikroalgiyo-gübre *Chlorella vulgaris* ile destekledikleri çalışmada, kıvırcık marul yaprak alanı üzerine mikroalg uygulamaları, uygulanmayan kontrol gruplarına göre her zaman artırıcı etki yapmıştır.

Topraksız kabak yetiştiriciliğinde mineral beslemenin %100, %80 ve %60 oranlarında kullanılması ve bunlara farklı biyo-gübrelerin eklenmesi gerçekleştirilmiştir. %60 Besin uygulamasında yaprak alanı 25268 cm² iken %60

Besin+*Chlorella mikroalg* eklendiğinde yaprak alanı 35046 cm², %60 Besin+kokteyl mikoriza uygulamasında 24736 cm², %60 Besin+*Basillus subtilis* bakteri uygulamasında 24700 cm² ve %60 Besin+Azot Bakterileri (*Azotobacter vinelandi* ve *Clostridium pasteurianum*) uygulamasında 26271 cm² olarak rapor edilmiştir (Daşgan ve ark., 2012).

4.1.8. Yaprakta Kuru Madde Oranı

Farklı uygulamalar ile beslenerek yetiştirilen marul bitkilerinde yaprakta kuru madde oluşturma oranı %4.92 (%50 Besin+Bakteri) ile %4.27 (%100 Besin) arasında değişmektedir. Kuru madde bakımından istatistiksel olarak önemli bir fark görülmesi de Bakteri ile yetiştirilen marullar daha yüksek kuru madde oluşturmuştur. %100 Besin (kontrol) uygulamasında marul bitkileri daha hızlı büyüdüğü için düşük kuru madde üretimi gerçekleştirmiş olabilir (Çizelge 4.2).

Miceli ve ark. (2019)'da yüzen su kültürü yetiştiriciliğinde kontrol, 10⁻⁸M ve 10⁻⁶ M GA₃uygulamışlardır. Marul yapraklarında kuru madde oranı sırası ile %3.3, %3.7 ve %3.8 olarak bildirilmiştir. 10⁻⁶ M GA₃uygulaması kuru madde üretiminde %15 artış sağlamıştır.

Ergün ve ark., (2020), su kültüründe kıvrıcık marul yetiştiriciliğinde mineral gübreleri %100 (kontrol), %80, %60 ve %40 oranlarında azaltarak kullanmış ve bitki beslemeyi ikame etmek üzere mikroalgbiyo-gübbresi *Chlorelavulgaris*'i eklemiştir. Kontrol olarak %100 Besin uygulamasında marul yapraklarında kuru madde üretimi %7.58 iken, %40 Besin uygulamasında %7.62 ve %40 Besin+Mikroalg uygulamasında ise %7.49 olarak bildirilmiştir.

Kowalczyk ve ark., (2016) topraksız yetiştiricilik sistemlerinden NFT (Nutrient Film Technique) ile kayayünü ve kokopit katı ortamlarını iki adet başsalata ve bir adet kıvrıcık marul yetiştiriciliğinde karşılaştırmışlardır. Yaprakta kuru madde oranı kayayününde %4.7, kokopitte %3.8 ve NFT'de yetişen marullarda ise %4.2 olarak bildirilmiştir.

Serada topraklı organik kıvırcık marul yetiştiriciliğinde dört farklı bakteriyi (*Bacillus subtilis*, *Bacillus licheniformis*, *Bacillus megaterium*, *Pseudomonas putida*) içeren bir biyo-gübreyi damlamadan ve yapraktan kullanılmıştır; kontrol bitkilerinde yaprakta kuru madde üretim oranı %5.12 iken bakteri uygulamasında ortalama %5.11 olarak bildirilmiştir (Daşgan ve ark., 2017).

4.1.9. Yaprak Sayısı

Marullarda bitki başına yaprak sayısı 38.76 adet ile 34.50 arasında değişmiştir. İstatistiksel olarak farklı görülen yaprak sayısı bakımından; en fazla yaprak “%100 Besin” uygulamasında elde edilirken en az yaprak ise “%50 Besin” uygulamasında görülmüştür. Diğer biyo-gübreler bu ikisi arasında değişmiştir (Çizelge 4.2).

Ergün ve ark., (2020), su kültüründe kıvırcık marul yetiştiriciliğinde mineral gübreleri %100 (kontrol), %80, %60 ve %40 oranlarında azaltarak kullanmış ve bunun yerine bitki beslemeyi ikame etmek üzere mikroalg biyo-gübresi *Chlorela vulgaris*’i eklemiştir. Kıvırcık marul bitkisinde yaprak sayısı üzerine mikroalg uygulamaları, uygulanmayan kontrol gruplarına göre her zaman artırıcı etki yapmıştır. Kontrol olarak %100 Besin uygulamasında marul ağırlığı 17.75 adet/bitki iken, %80 Besinde 15.75 adet/bitki, %80 Besin+Mikroalg’de 18.75 adet/bitki %60 Besinde 16.0 adet/bitki %60 Besin+Mikroalg’de 18.0 adet/bitki, %40 Besinde 16.25 adet/bitki ve %40 Besin+Mikroalg uygulamasında 17.75 adet/bitki olarak bildirilmiştir. Azalan mineral gübre seviyelerinde mikroalgin devreye girmesi ile marul bitkisinde ortalama yaprak sayısı önemli bir şekilde artmıştır.

Serada topraklı organik kıvırcık marul yetiştiriciliğinde dört farklı bakteriyi (*Bacillus subtilis*, *Bacillus licheniformis*, *Bacillus megaterium*, *Pseudomonas putida*) içeren Medbio isimli biyo-gübre damlamadan ve yapraktan kullanılmıştır; kontrol bitkilerinde bitki başına yaprak sayısı 41.1 adet/bitki iken bakteri uygulamasında ortalama 46.4 adet/bitki olarak bildirilmiştir (Daşgan ve ark., 2017).

Çizelge 4.2. Mineral besin maddeleri %50 azaltıldığında farklı biyo-gübrelerin marul bitkisi büyüme parametreleri üzerine etkileri-II

Uygulamalar	Yaprak Taze Ağırlığı (g/bitki)	Yaprak Alanı (cm ² /bitki)	Yaprakta Kuru Madde Oranı (%)	Yaprak Sayısı (adet/bitki)
%50 Besin	257.3 c	4445 c	4.51	34.30 c
%100 Besin	389.1 a	5969 a	4.27	38.76 a
%50 Besin+Mikroalg	312.4 b	5064 bc	4.53	35.90 bc
%50 Besin+Bakteri	391.6 a	5882 ab	4.92	37.10 ab
%50 Besin+Mikoriza	321.2 b	5321 ab	4.63	36.10 bc
LSD _{0.05}	51.108	829.86	Ö.D.	2.531
P	0.0004	0.0101	0.100	0.0278

4.1.10. Yaprak Rengi Özellikleri

Marul yapraklarında renk ile ilgili özellikler denemedeki uygulamalardan istatistiksel olarak farklı etkilenmemiştir. Bununla birlikte bitki beslemenin marulda renk özellikleri üzerine bir etkisi olduğu söylenebilir. Çünkü %50 mineral gübrelemede renklenme ile ilgili en düşük değerler kaydedilmiştir (Çizelge 4.4). Marul yapraklarında rengin parlaklık ve aydınlığı için L* değeri, yeşil renk için (-) a* değeri ve sarı renk için (+) b* değerleri; en düşük olarak %50 mineral gübrelemede ve en yüksek ise %100 mineral gübrelemede görülürken, biyo-gübreler içerisinde “Bakteri”nin söz konusu renk parametrelerinde daha yüksek değerleri gösterdiği kaydedilmiştir. Toplam klorofil miktarı hakkında bilgi veren SPAD cihazı okuma değerleri bakımından da yukarıda anlatılana benzer durumlar söz konusu olmuştur (Çizelge 4.3).

Kowalczyk ve ark., (2016) topraksız yetiştiricilik sistemlerinden NFT (Nutrient Film Technique) ile kayayünü ve kokopit katı ortamlarını iki adet başsalata ve bir adet kıvrıcık marul yetiştiriciliğinde karşılaştırmışlardır. Aficion isimli (RijkZwaan tohum firması) kıvrıcık marul çeşidinde L, a ve b renk parametreleri

ölçülmüştür. Kayayününde L, a ve b değerleri sırası ile 55.4, -14.8 ve 39.1 olmuştur. Kokopit ortamında L, a ve b değerleri sırası ile 63.2, -15.1 ve 36.0 olmuştur. NFT ortamında ise L, a ve b değerleri sırası ile 57.2, -13.7 ve 37.6 olarak rapor edilmiştir. Bu tez çalışmasındaki L değerleri yukarıdaki Kowalczyk ve ark., (2016)'nın her üç ortamdaki L değerlerinden daha düşük yani daha az aydınlık veya daha az parlak denebilir, a değerleri daha büyük ve b değerleri ise benzer bulunmuştur.

Kowalczyk ve ark., (2016)'nın yaptığı çalışmada . Aficion isimli (RijkZwaan tohum firması) kıvrıcık marul çeşidinde Minolta SPAD klorofil metre cihazı ile okunan yeşilin tonunu gösteren değerler; Kayayününde 19.6, kokopitte 24.2 ve NFT'de ise 19.6 olarak bildirilmiştir. Bu tez çalışmasındaki SPAD klorofil metre değerlerinden epey düşük olduğu görülmektedir (Çizelge 4.3).

Serada topraklı organik kıvrıcık marul yetiştiriciliğinde dört farklı bakteriyi (*Bacillus subtilis*, *Bacillus licheniformis*, *Bacillus megaterium*, *Pseudomonas putida*) içeren bir biyo-gübrenin damlamadan ve yapraktan kullanıldığı çalışmada; kontrol bitkilerinde SPAD klorofil değeri 26.4 iken bakteri uygulamasında 27.5 olarak bildirilmiştir (Daşgan ve ark., 2017).

Çizelge 4.3. Su kültürü ortamında yetiştirilen Dragon marul çeşidinde yaprak renk özellikleri üzerine biyo-gübrelerin etkileri

Uygulamalar	L*	a*	b*	SPAD değeri
%50 Besin	38.06	-10.85	31.44	30.86
%100 Besin	44.04	-11.16	36.29	32.82
%50 Besin+Mikroalg	42.00	-10.99	36.15	31.79
%50 Besin+Bakteri	42.30	-11.11	37.62	32.00
%50 Besin+Mikoriza	42.16	-10.51	34.34	31.82
LSD _{0.05}	Ö.D.	Ö.D.	Ö.D.	Ö.D.
P	0.2190	0.2313	0.0536	2.446

L* – Parlaklık koordinatı (L*=0 siyahı gösterir ve L*=100 beyazdır)

a* – kırmızı/yeşil koordinatıdır, +a* kırmızıyı, - a* ise yeşili belirtir

b* – sarı/mavi koordinatıdır ve +b* sarıyı, -b* ise maviyi belirtir.

4.2. Toplam Verim

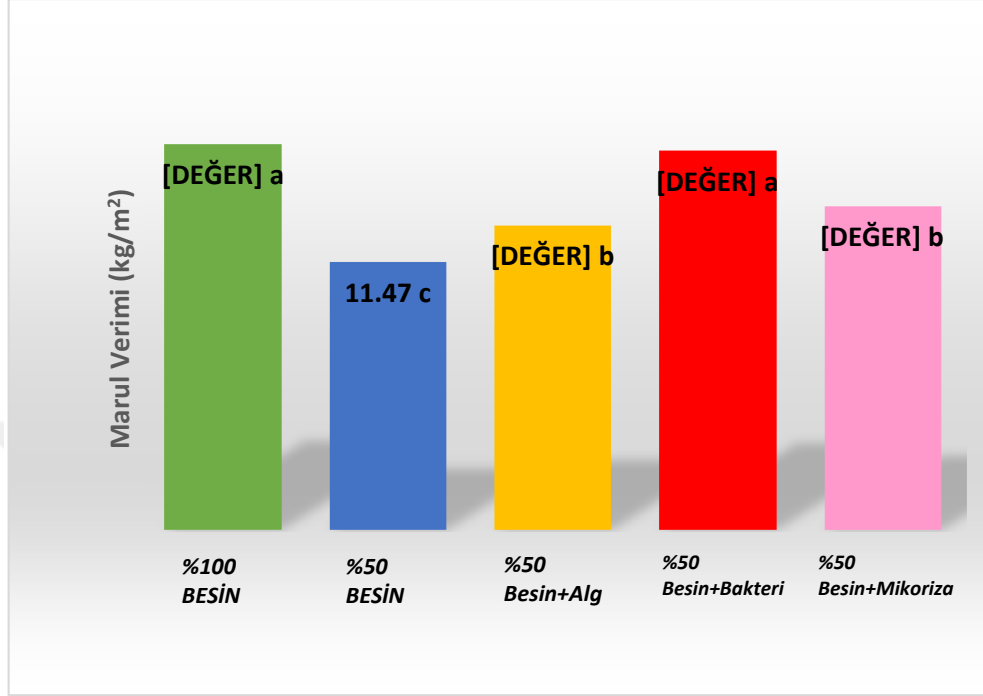
Marul bitkileri mineral besin maddeleri %50 azaltılarak bitki beslemenin farklı biyo-gübreler ile 40 gün yetiştirilmesi sonucunda hasat edilmiştir ve birim alana verimlilik kg/m^2 olarak hesaplanmıştır (Şekil 4.1) Verim değerleri uygulamalara göre istatistiksel olarak farklı bulunmuştur. En yüksek verim $16,51 \text{ kg/m}^2$ ile %100 kontrol grubundan elde edilmiştir. Bunu $16,24$ ile %50 Besin+Bakteri izlemektedir ve bu ikisi istatistiksel olarak aynı grupta yer almaktadır. Üçünü yüksek verim, $13,87 \text{ kg}$ ile %50 Besin+Mikorizabiyo-gübresinden alınırken, %50 Besin+Mikroalg ise dördüncü sırada ve $13,08 \text{ kg/m}^2$ ile mikoriza ile aynı istatistik grupta verimlilik oluşturmuştur. En düşük marul verimi ise $11,47 \text{ kg/m}^2$ ile %50 Besin ortamından kaydedilmiştir (Şekil 4.1). Mineral gübreler %50 azaltılıp bunun yerine bakteri biyo-gübresi eklendiğinde birim alana verim, %50 gübreye göre %41.58 artmıştır. Mineral gübrelerin %100 verildiği kontrol uygulaması ile aynı istatistik grupta yer almıştır ve sadece %1.63 düşük çıkmıştır. %50 Azaltılmış mineral gübrelere mikoriza eklendiğinde verim değeri, % 50 gübre uygulamasına göre %20 artmıştır ve bu verim değeri %100 mineral gübre uygulamasından %16 daha düşük bulunmuştur. Mineral gübreler %50 azaltılıp bunun yerine Mikroalg biyo-gübresi eklendiğinde birim alana verim, %50 gübreye göre %13.6 artmıştır. Azaltılmış mineral gübreye mikroalg eklendiğinde elde edilen verim değeri, %100 mineral gübreye göre %21 düşük bulunmuştur (Şekil 4.1).

Arancon ve ark. (2019), %50 ve %75 azaltılan mineral beslemeyle durgun su kültüründe yetiştirilen marul bitkilerine %1.6 ve %3.2 vermikompost çayı uygulaması yapmışlardır. Marul verimi bakımından %50 besin azaltılan uygulamada her iki vermikompost çayı birbirine yakın (280 g/bitki) ve hiç çay uygulanmayan kontrolden (190 g/bitki) istatistiksel olarak yüksek verim oluşturmuştur. Yazarlar vermikompost çayı içerisinde az da olsa mevcut olan oksin, giberellin ve sitokinin gibi hormonlar ve humik asit varlığından olabileceğini bildirmiştir.

Miceli ve ark. (2019) su kültürü marul yetiştiriciliğinde büyüme düzenleyici Gibrellikasitin 0 , 10^{-8} , 10^{-6} , 10^{-4} MGA₃ dozlarını kullanmışlardır. GA₃ hormonunun 10^{-4} M dozu çok yüksek gelip bitkileri öldürürken 10^{-6} M dozunun bitki büyümesini teşvik ederek; yaprak büyümesi, biyomas artması, stoma iletkenliği artması, su ve azot kullanma etkinliği artması gibi fizyolojik özellikleri olumlu etkileyerek sonuçta marul verimini ve kalitesini artırdığı bildirilmiştir.

Souza ve ark., (2019) toprakta ve su kültüründe yetiştirilen marul bitkilerini pek çok özellik bakımından karşılaştırmışlardır. Marul bitkileri tohum ekiminden itibaren 59 gün sonra ve fide dikiminden 37 gün sonra hasat edilmiştir. Marul bitkisi yeşil aksam ağırlığı toprakta 35.25 g/bitki iken su kültüründe 305.85 g/bitki bildirilmiştir.

Ergün ve Daşgan (2020), su kültürü tekniği ile marul yetiştiriciliğinde %100'den %20'ye kadar azalan mineral gübre dozlarında mikroalg *Chlorellavulgaris* kullanımının etkilerini araştırmıştır. Denemede marul verimi bakımından %60 ve %40 mineral gübre kullanılarak buna mikroalg eklendiği durumda verim sırası ile 238 g/bitki ve 249 g/bitki iken, marul bitkileri %100 mineral gübre ile beslendiğinde ağırlığı 242 g/bitki olarak istatistik anlamda aynı değerlendirme grubunda bildirilmiştir.



Şekil 4.1. Su kültüründe mineral gübreler %50 azaltıldığında biyo-gübrelerin marul verimi üzerine etkileri

4.3. Yaprak Kalite Özellikleri ve İnsan Sağlığı Bakımından Besin Öğeleri İçerikleri

4.3.1. Marul Yapraklarında Suda Çözülebilir Kuru Madde (SÇKM)

Marul yapraklarında SÇKM değerleri istatistiksel olarak farklı bulunmuştur. En yüksek Mikroalg sonra Mikoriza ve en düşük Bakteri biyo-gübresi oluşturmuştur (Çizelge 4.4). %50 Besin+Mikroalg uygulaması ile %100 Besin uygulaması sırası ile %3.23 ve %3.18 olarak daha yüksek değerler göstermiştir. Mikoriza uygulaması %2.97 ile üçüncü sırada gelirken, Bakteri ve %50 Besin uygulamaları sırası ile %2.70 ve %2.50 SÇKM değerleri göstermiştir (Çizelge 4.4).

Kowalczyk ve ark., (2016) topraksız yetiştiricilik sistemlerinden NFT (NutrientFilmTechnique) ile kayayünü ve kokopit katı ortamlarını, iki adet

başsalata ve bir adet kıvırcık marul yetiştiriciliğinde karşılaştırmışlardır. Marul yapraklarında SÇKM miktarı, kayayününde %2.1, kokopitte %3.5 ve NFT sisteminde yetişen marullarda ise %2.1 olarak bildirilmiştir.

Ergün ve ark., (2020), su kültüründe kıvırcık marul yetiştiriciliğinde mineral gübreleri %100 (kontrol), %80, %60 ve %40 oranlarında azaltarak bitki beslemeyi ikame etmek üzere mikroalgiyo-gübre *Chlorella vulgaris*'i eklediği çalışmada, kıvırcık marul yapraklarında SÇKM üzerine mikroalg uygulamaları, uygulanmayan kontrol gruplarına göre her zaman artırıcı etki yapmıştır. Kontrol olarak %100 Besin uygulamasında SÇKM %3.83 iken, %80 Besinde %3.73, %80 Besin+Mikroalg'de %3.96 %60 Besin'de % 4.0, %60 Besin+Mikroalg'de %4.15, %40 Besinde %3.98 ve %40 Besin+Mikroalg uygulamasında %4.17 olarak bildirilmiştir. Azalan mineral gübre seviyelerinde mikroalgin devreye girmesi ile marul yapraklarında ortalama SÇKM artmıştır.

Serada topraklı organik kıvırcık marul yetiştiriciliğinde dört farklı bakteriyi (*Bacillus subtilis*, *Bacillus licheniformis*, *Bacillus megaterium*, *Pseudomonas putida*) içeren biyo-gübreği damlamadan ve yapraktan kullanıldığı çalışmada, kontrol bitkilerinde SÇKM %4.38 iken bakteri uygulamasında %4.58 olarak bildirilmiştir (Daşgan ve ark., 2017).

4.3.2. Marul Yapraklarında pH

Marul yapraklarının suyu çıkarılarak pH ölçülmüştür yaklaşık 6.0 civarında tespit edilmiştir ve uygulamaların pH üzerine farklı bir etkisi görülmemiştir (Çizelge 4.4).

4.3.3. Marul Yapraklarında Toplam Mineral İçeriği EC

Marul yapraklarında EC değeri istatistiksel olarak farklı bulunmuştur, beklendiği gibi en yüksek olarak %100 mineral gübre ile beslenen bitkilerde ve sonra Mikroalg uygulamasında sırası ile 8.52 ve 8.49 dS/m olarak kaydedilmiştir. Bakteri ve Mikorizabiyo-gübreleri ise sırasıyla 7.91 ve 7.83 dS/m ile takip ederken

mineral içeriği en az olan %50 mineral gübre uygulaması 7.71 dS/m ile sıralamada en sonda yer almıştır (Çizelge 4.4).

Serada topraklı organik kıvırcık marul yetiştiriciliğinde dört farklı bakteriyi (*Bacillus subtilis*, *Bacillus licheniformis*, *Bacillus megaterium*, *Pseudomonas putida*) içeren biyo-gübre uygulamasında, kontrol bitkileri yapraklarında EC değeri 12.16 dSm⁻¹ iken bakteri uygulamasında 12.61 dSm⁻¹ olarak bildirilmiştir (Daşgan ve ark., 2017). Toprakda yapılan bu çalışma yaprak EC değerleri Çizelge 4.4'deki tez çalışması EC değerlerinden daha yüksek olduğu görülmüştür.

Çizelge 4.4. Su kültüründe yetiştirilen Dragon kıvırcık marul yapraklarının bazı kalite özellikleri üzerine biyo-gübrelerin etkileri-I

Uygulamalar	SÇKM (%)	pH	EC (dS/m)
%50 Besin	2.50 c	5.99	7.71 c
%100 Besin	3.18 ab	6.09	8.52 a
%50 Besin+Mikroalg	3.23 a	6.05	8.49 ab
%50 Besin+Bakteri	2.70 c	6.04	7.91bc
%50 Besin+Mikoriza	2.97 b	6.05	7.83 c
LSD _{0.05}	0.258	Ö.D.	0.669
P	0.0002	0.109	2.623

4.3.4. Marul Yapraklarında Vitamin C

İnsan beslenmesi bakımından son yıllarda öne çıkan değerli besin öğeleri bakımından su kültüründe yetiştirilen kıvırcık marul bitkilerinde vitamin C bakımından önemli etkiler yarattığı görülmektedir (Çizelge 4.5). Biyo-gübre ile beraber %50 mineral gübre uygulamaları, sadece mineral gübreler ile beslenen bitkilerden istatistiksel olarak daha yüksek vitamin C oluşturmuşlardır. En yüksek vitamin C değeri 13.20 mg/100 g marul olmak üzere bakteri uygulamasından alınırken, bunu mikoriza (10.58 mg/100 g) ve mikroalg (9.70 mg/100 g) uygulamaları izlemiştir. Buna karşılık, %100 ve %50 mineral gübre

uygulamalarından daha düşük vitamin C değerleri (7.80 ve 7.00 mg/100 g) kaydedilmiştir.

Ergün ve ark., (2020)'nın su kültüründe kıvırcık marul yetiştiriciliğinde mineral gübreleri %100 (kontrol), %80, %60 ve %40 oranlarında azaltarak mikroalgiyo-gübre *Chlorelavulgaris*'i kullandığı çalışmada, marul yapraklarında C vitamini üzerine mikroalg uygulamaları, uygulanmayan kontrol gruplarına göre biraz artırıcı etki yapmıştır. Kontrol olarak %100 Besin uygulamasında C vitamini 6.25 mg/100g iken, %80 Besinde 6.13 mg/100g, %80 Besin+Mikroalg'de 6.18 mg/100g, %60 Besin'de 5.75 mg/100g, %60 Besin+Mikroalg'de 5.93 mg/100g, %40 Besinde 4.50 mg/100g ve %40 Besin+Mikroalg uygulamasında 5.0 mg/100g olarak bildirilmiştir. Azalan mineral gübre seviyelerinde mikroalgin devreye girmesi ile marul bitkisinde C vitamini biraz artırılmıştır.

Aćamović-Djoković ve ark., (2011), bahar mevsiminde topraklı yetiştiricilikte 5 farklı marul tipini yetiştirmişlerdir; Yağlı baş (*butterhead*) tipinde Plenti çeşidi, Palamut yaprak (*oakleaf*) tipinde Murai ve Kibou çeşitleri, Kıvırcık (*batavia*) tipinde Temptation çeşidi ve Yeşil lollo tipinde Levistro çeşidinde vitamin C değerleri ölçülmüştür. Buna göre Plenti 3.85 mg/100 g, Murai 3.50 mg/100 g, Kibou 5.25 mg/100 g, Temptation 4.99 mg/100 g ve Levistro çeşidi 9.60 mg/100 g olarak rapor edilmiştir.

Zdravković ve ar., (2014) marulda fenoller, askorbik asit, β -karoten, likopen ve antioksidan kapasitesinin araştırıldığı çalışmada, vitamin C miktarı 7.3 ile 10.9 mg/100 g arasında bildirilmiştir.

4.3.5. Marul Yapraklarında Toplam Fenol

Toplam fenol içeriği bakımından en yüksek değer mikoriza uygulamasında (78.28 mgGA/100 g) belirlenmiştir. Diğer tüm uygulamalar ise 61.39 - 64.69 mgGA/100 g toplam fenolik içeriği ile aynı istatistik grupta yer almıştır (Çizelge 4.5).

Güneş ışığına ek olarak LED aydınlatmanın kış döneminde topraksız torf ortamında serada yetişen marulun bazı kalite parametreleri üzerine etkilerinin incelendiği çalışmada fenol içeriği 90.75 ile 131.51 mgGA/100 g arasında rapor edilmiştir (Wojciechowska ve ark., 2015).

Samuolienė ve ark. (2012) serada topraksız ortamda torf ile yetiştirilen marul bitkisinde güneş ışığına ek olarak mavi ve yeşil LED aydınlatmanın marulun antioksidan ve besin özelliklerine etkisini araştırdıkları çalışmada fenol içeriğini 60 ile 123 mgGA/100 g arasında bildirmişlerdir.

Zdravković ve ark., (2014) marulda fenoller, askorbik asit, β -karoten, likopen ve antioksidan kapasitesinin araştırıldığı çalışmada, fenol içeriği 68.87 ile 78.98 mgGA/g arasında rapor etmiştir.

4.3.6. Marul Yapraklarında Toplam Flavanoid

Toplam flavanoid içeriği bakımından, en yüksek değer Mikorizabiyo-gübresinde (182.37 mgRU/100 g)belirlenmiştir (Çizelge 4.5).Bu uygulamayı sırasıyla bakteri (144.90 mgRU/100 g) ve mikroalg 1(39.97 mgRU/100 g) uygulamaları izlemiştir. En düşük toplam flavanoid ise 96.70 mgRU/100 g ile %100 Besin uygulamasında kaydedilmiştir (Çizelge 4.5).

LED ek aydınlatmanın kış döneminde topraksız torf ortamında serada yetişen marulun bazı kalite parametreleri üzerine etkilerinin incelendiği çalışmada toplam flavanoid içeriği19.84 ve 31.58 mgRU/100g arasında rapor edilmiştir (Wojciechowska ve ark., 2015).

Zdravković ve ar., (2014) marulda fenoller, askorbik asit, β -karoten, likopen ve antioksidan kapasitesinin araştırıldığı çalışmada, flavanoid içeriği 27.87 ile 35.75 mgRU/g arasında bildirilmiştir.

Çizelge 4.5. Su kültüründe yetiştirilen Dragon kıvrıkcık marul yapraklarının besin ve antioksidan içeriği üzerine biyo-gübrelerin etkileri-II

Uygulamalar	C Vitamini (mg/100g TA*)	Toplam Fenol (mg GA**/100 g TA)	Topalm Flavanoid (mg RU***/100g TA)
%50 Besin	7.00 c	61.39 b	134.81 b
%100 Besin	7.80 c	62.45 b	96.70 c
%50 Besin+Mikroalg	9.70 b	64.69 b	139.97 b
%50 Besin+Bakteri	13.20 a	61.81 b	144.90 b
%50 Besin+Mikoriza	10.58 b	78.28 a	182.37 a
LSD _{0.05}	1.307	8.249	22.802
P	<0.0001	0.0036	< 0.0001

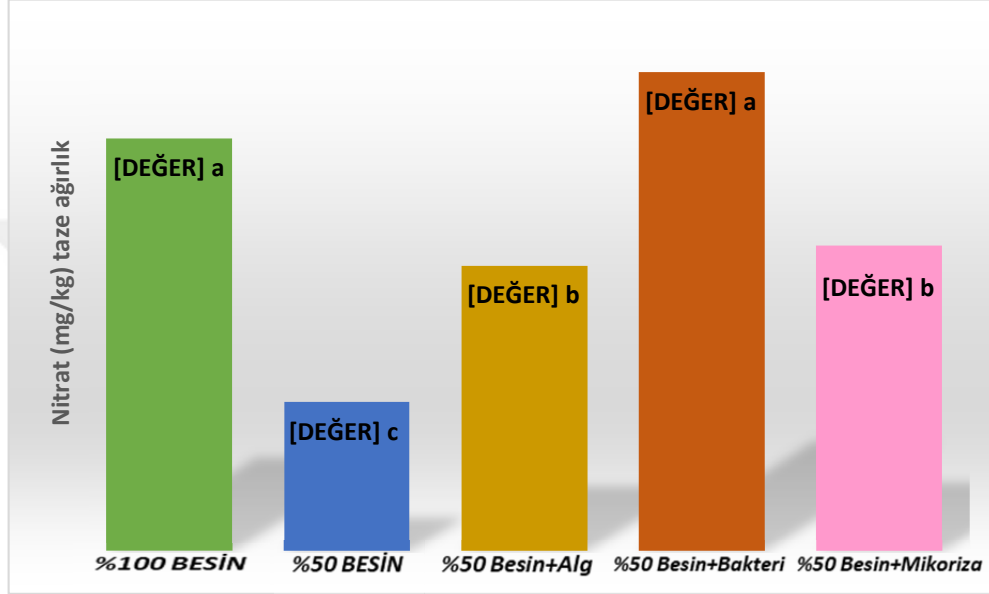
TA*: Marul yaprakları taze ağırlık, GA**: Gallik asit, RU***: Rutin

4.3.7. Marul Yapraklarında Nitrat Konsantrasyonu

Denemedeki marul yapraklarındaki nitrat miktarları en düşük beklendiği gibi %50 Besin içeren uygulamada 168 mg/kg alınırken, en yüksek nitrat miktarı biyo-gübrelerden Bakteride 536 mg/kg olarak kaydedilmiştir. Bu durum Bakteri biyo-gübresinde havanın azotunun nitrat olarak bağlandığını gösterebilir çünkü %100 Besin uygulamasının içerdiği 462 mg/kg nitrattan bile fazla çıkmıştır. Bakteri uygulaması marul yapraklarında nitrata artırırken, Mikroalg (320 mg/kg) ve Mikoriza (345 mg/kg) uygulamaları ise %50 Besin uygulamasından çok, ancak %100 Besin uygulamasından az Nitrat içeriği meydana getirmiştir (Şekil 4.2).

Türk Gıda Kodeksi 2008 yılı verilerine göre marulda nitrat için kabul edilebilir en yüksek değerler yetiştirme sezonu ile örtüaltı veya açıkta olmasına göre değişmektedir. Buna göre, hasat tarihi 1 Ekim-31 Mart arasında örtü altında yetişen marullar için 4500 mg/kg, aynı dönemde açıkta yetişen marullar için ise 4000 mg/kg'dır. Hasat tarihi 1 Nisan ile 30 Eylül arasında örtüaltında yetişen marullar için 3500 mg/kg ve açıkta yetişenler için ise 2500 mg/kg olarak bildirilmektedir. Buna göre bu tez çalışmasında elde edilen maruldaki nitrat

miktarları Türk Gıda Kodeksinin izin verdiği sınır değerlerin oldukça altında kalmaktadır ve insan sağlığı için tehlike içermemektedir (Türk Gıda Kodeksi Yönetmeliği, 2008).



Şekil 4.2. Biyo-gübre uygulamalarının marul yapraklarında nitrat içeriği üzerine etkileri. İstatistik analizde $P < 0.0001$ $LSD_{0.05}$ 81.651.

Birleşik Krallık'ta (İngiltere) yapılan bir çalışmada 2014-2019 yılları arasında ülkede üretilen ve dış ülkelere (İspanya, İtalya, Hollanda, ABD) getirilen marullarda nitrat miktarı durumu 1000 adet örnek ile analiz edilmiştir. Buradaki marul bitkisindeki nitrat miktarları yılın dönemine göre değişmiştir: 1 Ekim-31 Mart arasında serada yetişen marullarda en yüksek 5000 mg/kg ve aynı dönemde açıkta yetişen marullarda ise 4000 mg/kg olmuştur. Bahar döneminde üst sınır değerleri ışık şiddetine bağlı olarak düşürülmüştür; 1 Nisan ile 30 Eylül arasında sera marulunda 4000 mg/kg ve açıkta yetişen marulda ise 3000 mg/kg olarak bildirilmektedir (Nitrate-surveillance-programmes-report-2014-2019). Bu çalışmadaki marul nitrat değerleri sunulan tezdeki marul nitrat değerlerinden çok

yüksektir. Türk Gıda Kodeksi 2008 yılı üst sınır değerlerinden de yüksek olduğu görülmektedir.

Zhang ve ark. (2018)'nın bitki fabrikasında su kültürüyle marul yetiştiriciliği yapılan bir çalışmada; flörösan ve LED lamba olmak üzere iki farklı aydınlatma tekniği, 150, 200, 250 ve 300 $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$ olmak üzere dört farklı ışık şiddeti, LED lambalarda 1:1 ve 1:2 gibi iki farklı Kırmızı:Mavi ışık oranı ve 12 ile 16 saat olmak üzere iki farklı aydınlatma süresi çalışılmıştır. Flörösan lambada ışık şiddeti 150'den 300 $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$ 'e çıktıkça ve ışıklandırma süresi 16 saate uzadıkça nitrat içeriği 783'den 359 mg/kg'a düşmüştür. LED lambalarda da ışıklandırma süresi uzadıkça nitrat düşmüş ancak Kırmızı:Mavi oranlarına göre LED 1:1 ve 1:2 Kırmızı:Mavi ışık oranlarında sırasıyla 667-506 ve 810-456 mg/kg olmuştur. Işıklanmayla ilgili olarak nitratın düşmesine paralel olarak vitamin C, şeker ve antosyanin içeriklerinin arttığı gösterilmiştir. Bu çalışmadaki marul nitrat değerleri de sunulan tezdeki marul nitrat değerlerinden yüksektir.

Qui ve ark., (2014)'nın yaptığı bir çalışmada 10 mmol/L nitrat azotu, 5 mmol/L nitrat azotu, 5 mmol nitrat azotu+5 mmol amonyum azotu, 2.5 mmol nitrat azotu+2.5 mmol amonyum azotu şeklinde dört farklı azot formu beslemesi ile marul yetiştirilmiştir. Marul yapraklarında nitrat konsantrasyonu, 10 mmol/L nitrat-azotu ve 5 mmol nitrat azotu azotu ile beslenen marul bitkilerinde diğer iki uygulamaya göre nitrat miktarı 450 mg/100 g civarında daha yüksek bulunurken, diğer uygulamalarda; 5 mmol nitrat azotu+5 mmol amonyum azotu ile beslenen marullarda 350 mg/100 g nitrat belirlenirken, 2.5 mmol nitrat azotu+2.5 mmol amonyum azotu ile beslenen marul yapraklarında nitrat miktarı ise 200 mg/100 g olarak belirlenmiştir.

Guadagnin ve ark. (2005)'nin Brezilya'nın Sao Paulo şehrinde organik, geleneksel ve su kültürü olmak üzere üç farklı sistem ile yetiştirilen marulları 1 Haziran-2 Temmuz periyodunda hasat etmişler ve nitrat içeriğini karşılaştırmışlardır. Organik yetişen marulda nitrat miktarı 115-1852 arasında ortalama 818 mg/kg, geleneksel yetiştirilen marulda 677-2179 arasında ortalama

1303 mg/kg ve su kültüründe yetiştirilem marulda ise 1842-4022 arasında ortalama 2983 mg/kg olarak belirlenmiştir. En yüksek su kültüründe bulunmuştur. Bu çalışmadaki marul nitrat değerleri de sunulan tezdeki marul nitrat değerlerinden yüksektir.

4.3.8. Marul Yapraklarında Makro Mineral Besin Elementleri Analizleri

Kıvırcık marul çeşidi Dragon'un yapraklarında N analiz sonuçları en düşük %3.65 (%50 Besin) ile en yüksek %6.46 (%50 Besin+Bakteri) arasında değişmiştir. Azot marul yetiştiriciliğinde en önemli besin maddesidir (Çizelge 4.6). Bakteri ve mikorizabiyo-gübreleri istatistik olarak aynı sınıfta ve %100 mineral beslenen bitkilerden (%5.37) daha yüksek N değerleri gösterirken, Mikroalg (%5.24) ise %100 besin ile aynı sınıfta yer almış diğer iki biyo-gübreyi takip etmiştir. Azot analiz değerleri bakımından denemedeki bitkiler referans aralıkta kalmıştır (Çizelge 4.7), en düşük %3.65 N içeren %50 mineral gübre ile beslenen marul bitkileri bile eksiklik belirtisi göstermemiştir. Bunla birlikte %50 mineral beslenen marullar verimlilik ve bazı marul kalite özellikleri bakımından arkada geri kaldığı görülmüştür.

Yaprakta fosfor analiz sonuçları %0.20 (%50 Besin) ile % 0.25 (%50 Besin+Bakteri) arasında değişmiştir (Çizelge 4.6). Her ne kadar %50 Besin en düşük değeri gösterse de uygulamalar arasında istatistiksel olarak bir fark görülmemiştir. Deneme, mikorizanın raht çalışabilmesi ve çoğalması için P konsantrasyonu tam %100 çözeltide 30 ppm ve %50 azaldılan mineral besin uygulamalarında 15ppm'e kadar düşük kullanıldığından olabilir, P değerleri %0.2 olan eksiklik sınırına yakın bulunmuştur (Çizelge 4.7). Biyo-gübreler (mikoriza dahil) yukarıda N da olduğu gibi P için önemli bir farklılık göstermemiştir.

Marul yapraklarında K analiz sonuçları %7.46 (%50 Besin) ile %9.70 (%50 Besin+Bakteri) arasında değişmiştir. Biyo-gübrelerin K konsantrasyonunu artırdığı görülmektedir (Çizelge 4.6). Bakteri (%9.70) ve Mikroalg (%9.38) bu konuda daha yüksek performans gösterip %100 Besin uygulaması K içeriğini

(%8.42) geçerken, Mikoriza uygulaması K içeriği %8.29 ile biyo-gübreler içerisinde en düşük kalmıştır. Denemedeki bütün uygulamalarda marul bitkilerinin K bakımından referans sınırlar aralığında kaldığı ve yeterli beslendiği görülmektedir (Çizelge 4.7).

Kalsiyum bakımından yaprak analiz sonuçları %0.74 (%50 Besin) ile %1.06 (%50 Besin+Mikroalg) arasında değişmiştir. Biyo-gübrelerin her üçünün de %50 Besine göre istatistiksel olarak fark yaratan Ca artırıcı etkileri görülmektedir (Çizelge 4.6). Marul bitkileri yeterli beslenme referans değerlerine (%1) göre biyo-gübreler ile oldukça yaklaştığı görülmektedir (Çizelge 4.7).

Denemedeki marul bitkilerinin Mg bakımından %50 Besin grubuna göre bir miktar yükseltici etki yaptığı görülmektedir (Çizelge 4.6). Marul bitkileri Mg bakımından tüm uygulamalarda referans değerler içerisinde yeterli beslendiği görülmüştür (Çizelge 4.7).

Çizelge 4.6. Su kültüründe farklı biyo-gübreler ile yetiştirilen Dragon kıvrıcık marul yapraklarının makro besin elementi konsantrasyonları (%)

Uygulamalar	N	P	K	Ca	Mg
%50 Besin	3.65 c	0.20	7.46 d	0.74 c	1.00 c
%100 Besin	5.37 b	0.23	8.42 bc	0.83 bc	1.20 ab
%50 Besin+Mikroalg	5.24 b	0.24	9.38 ab	1.06 a	1.28 a
%50 Besin+Bakteri	6.46 a	0.25	9.70 a	0.97 ab	1.21 ab
%50 Besin+Mikoriza	6.12 a	0.24	8.29 cd	0.96 ab	1.10 bc
LSD _{0.05}	0.720	Ö.D.	0.964	0.1960	0.1564
P	< 0.0001	0.0592	0.0020	0.0275	0.0195

Çizelge 4.7. Topraksız yetiştirilen marul bitkilerinde mineral besin elementleri bakımından yeterli beslenme referans aralık değerleri ile eksiklik sınır değerleri (Bergmann,1992; Savvas ve Passam, 2002; Jones 2005,)

	N (%)	P (%)	K (%)	Mg(%)	Fe (mgL ⁻¹)	Mn (mgL ⁻¹)	Zn (mgL ⁻¹)	Cu (mgL ⁻¹)
Yeterli	3.5-5.5	0.2-0.9	4-10	0.2-0.9	50-300	15-250	20-300	5-25
Eksik	< 3.5	< 0.2	< 4	< 0.2	< 50	< 15	< 20	< 5

Marul yapraklarında Fe konsantrasyonu 69.23 ppm ile 101.42 ppm arasında değişmiştir. Uygulamalar içerisinde istatistiksel olarak en yüksek Fe Bakteri biyo-gübresinde 101.42 ppm ile görülmüştür, diğerlerinin hepsi bundan daha düşük ve 69.23 ile 80.71 ppm arasında aynı istatistik grupta görülmektedir (Çizelge 4.8). Marul bitkileri Fe beslenmesi bakımından tüm uygulamalarda referans yeterlilik aralığında görülmektedir (Çizelge 4.7).

Mangan analiz sonuçları 21.52 ppm (%50 Besin) ile 33.38 ppm (%50 Besin+Mikroalg) arasında değişmiştir. Biyo-gübreler Mn içeriğini artırma eğilimindedir. Daha yüksek Mn konsantrasyonları Mikroalg ve Bakteride görülmektedir. Mikoriza uygulamasında da %100 Besin kadar Mn içeriği görülmüştür (Çizelge 4.8). Marul bitkileri Mn beslenmesi bakımından tüm uygulamalarda referans yeterlilik aralığında görülmektedir (Çizelge 4.7).

Marul yapraklarında Zn analizi sonuçları, 51 ppm (%50 Besin) ile 70 ppm (%50 Besin+Bakteri) arasında değişmiştir. Çinko beslenmesi bakımından biyo-gübrelerin artırıcı etkileri görülmektedir, özellikle Bakteri uygulaması fark yaratan bir artış göstermiştir (Çizelge 4.8). Marul bitkileri Zn beslenmesi bakımından tüm uygulamalarda referans yeterlilik aralığında görülmektedir (Çizelge 4.7).

Denemedeki marul yapraklarında Cu analiz sonuçları 3.99 ppm (%50 Besin+Mikoriza) ile 5.99 ppm (%100 Besin) arasında değişmiştir. Bakteri biyo-gübresinin %50 Besin uygulamasına göre istatistiksel olarak Cu'ı artırdığı, diğer biyo-gübrelerin ise buna yakın olduğu görülmektedir.

Çizelge 4.8. Su kültüründe farklı biyo-gübreler ile yetiştirilen Dragon kıvrıkcık marul yapraklarının mikro besin elementi konsantrasyonları (ppm)

Uygulamalar	Fe	Mn	Zn	Cu
%50 Besin	69.23 b	21.52 c	51.00 c	4.29 bc
%100 Besin	78.77 b	26.87 bc	65.80 ab	5.99 a
%50 Besin+Mikroalg	74.29 b	33.38 a	55.44 bc	4.72 b
%50 Besin+Bakteri	101.42 a	31.52 ab	70.94 a	5.71 a
%50 Besin+Mikoriza	80.71 b	26.03 bc	56.12 bc	3.99 c
LSD _{0.05}	12.91	6.083	11.921	0.667
P	0.0016	0.0084	0.0188	<0.0001

4.3.9. Deneme Sonunda Besin Çözeltisinde Mineral Besin Elementleri Analizleri

Deneme sona erdiğinde fideler su kültürüne transfer edildikten 40 gün sonra besin çözeltisinden alınan su örneklerinde makro ve mikro besin maddeleri analizleri yapılmıştır.

Fosfor bakımından teorik olarak, başlangıç konsantrasyonu %100 besin uygulamasında 50 ppm ve %50 azalmış uygulamalarda ise 25 ppm olarak düzenlenmişken deneme tamamlanınca 40 gün sonra fosfor konsantrasyonlarının besin çözeltisinde düşük olduğu görülmüştür (Çizelge 4.9). Bu düşüklüğün nedeni hasada yakın son bir hafta besin tamamlanması yapılmamıştır bu yüzden olabileceği düşünülmektedir. Ancak deneme son günü fosforda görülen bu düşüklük, yukarıda görüldüğü üzere bitkilerin yapraklarında fosfor konsantrasyonunun sınır değerinin biraz altında seyretmesi ile ilişkili olduğu söylenebilir (Çizelge 4.6 ve Çizelge 4.7). Besin çözeltisi P analizinde %100 ve %50 Besin uygulamalarında sırası ile 11.6 ve 5.01 ppm P olarak belirlenmiştir. Burada dikkati çeken Mikroalg biyo-gübresinin ortama fosfor sağlama durumu 9.32 ppm ile %100 Besin kontrol uygulamasını takip etmesidir (Çizelge 4.9). Biyo-gübrelerden Bakteri 3.69 ppm ve en düşük olarak Mikoriza ise 2.81 ppm fosfor içeriği göstermiştir (Çizelge 4.9). Mikorizanın köklere enfeksiyonu su kültüründe düşük olduğundan bu nedenle P düşük olmasına sebep gösterilebilir.

Deneme sona erdiğinde besin çözeltisinden alınan su örneklerinde azot bakımından nitrat azotu ve amonyum azotu ayrı olarak belirlenmiştir. Genel olarak biyo-gübrelerin olduğu uygulamalarda nitrat azotu amonyum azotundan daha fazla iken sadece mineral beslemenin yapıldığı %50 ve %100 Besin uygulamalarında amonyum azotunun nitrat azotundan daha fazla olduğu görülmektedir (Çizelge 4.9). Bitkilerin nitrat formunda azotu daha hızlı aldığı düşünüldüğünde biyo-gübrelerin önemli bir avantaj sağladığı görülmektedir. Nitrat konsantrasyonu bakımından sırası mikroalg ve mikorizanın istatistiksel olarak %100 mineral besin uygulamasından daha yüksek nitrat içerdiği görülmüştür. Bakteri biyo-gübresi de %100 mineral besin ve diğer iki biyo-gübre arasında nitrat değeri verirken istatistiksel olarak %50 mineral besinden oldukça yüksek nitrat bulundurmıştır. Çizelge 4.9'da veriler biyo-gübrelerin azot nitrifikasyonunda rol oynadığını ve ortama nitrat azotu desteği verdiği, bakterinin belki de havanın azotunu bağlayabildiği söylenebilir. Amonyum azotu bakımından sadece mineral gübrelerin olduğu uygulamaların daha yüksek olduğu dikkat çekmiştir. Denemede kullanılan gübreler nitrat azotu olduğu halde bu iki uygulamada amonyum azotunun daha yüksek çıkması dikkat çekmiştir (Çizelge 4.9).

Çizelge 4.9. Deneme sona erdiğinde su kültüründe marul bitkileri 40 günboyunca yetiştirilip hasat yapıldığında besin çözeltisinden alınan örneklerde nitrat azotu, amonyum azotu ve fosfor konsantrasyonları (ppm)

Uygulamalar	NO ₃ -N	NH ₄ -N	P
%50 Besin	60.72 c	103.36 b	5.01 c
%100 Besin	98.67 b	170.72 a	11.60 a
%50 Besin+Mikroalg	136.02 a	68.44 cd	9.32 b
%50 Besin+Bakteri	121.44 ab	59.23 d	3.69 cd
%50 Besin+Mikoriza	135.68 a	80.72 c	2.81 d
LSD _{0.05}	28.51	17.635	1.939
P	0.0014	<0.0001	<0.0001

Deneme sonunda besin çözeltilisinden alınan su örneklerinde K konsantrasyonu teorik olarak %100 ve %50 Besin uygulamalarında sırası ile 300 ppm ve 150 ppm olması gerekirken epey düşük bulunmuştur. Bununla birlikte, yapraklarda K analiz sonuçları ve referans K değerleri bakımından bitkilerin beslenmesinde bir eksiklik belirlenmemiştir (Çizelge 4.6 ve Çizelge 4.7). Dikkat çekici durum, besin çözeltisi analizlerinde K bakımından Bakteri ve Mikroalg biyo-gübrelerinin %100 Besin kontrol uygulamasından bile yüksek K desteği yaptığı söylenebilir (Çizelge 4.10). Mikorizanın köklere enfeksiyonu su kültüründe düşük olduğundanbu nedenle K düşük olmasına sebep gösterilebilir.

Deneme sonundaki besin çözeltisi analizlerinde Ca bakımından her üç biyo-gübrenin de %100 Besin kontrol uygulamasından az ve fakat %50 Besin uygulamasından daha yüksek ve biyo-gübreler olarak üçünün de birbirine yakın Ca içerdiği belirlenmiştir (Çizelge 4.10). Diğer besin maddelerinde olduğu gibi son gün sudaki Ca dozu %100 ve %50 mineral gübre uygulamalarında teorik olarak sırasıyla 200 ve 100 ppm olması gereken miktarlardan oldukça düşük görülmüştür.

Besin çözeltisi Mg analizleri biyo-gübrelerin besin çözeltilisine Mg katkılarının diğer yukarıda anlatılan makro besin maddelerine göre nispeten daha az olduğu söylenebilir. Biyo-gübrelerin sudaki Mg içerikleri %50 Besin uygulaması gibidir sadece Bakteri diğer iki biyo-gübre Mikroalg ve Mikorizaya göre biraz daha yüksek bulunmuştur (Çizelge 4.10).

Çizelge 4.10. Deneme sona erdiğinde su kültüründe marul bitkileri 40 gün boyunca yetiştirilip hasat yapıldığında besin çözeltisinden alınan örneklerde potasyum, kalsiyum ve magnezyum konsantrasyonları (ppm)

Uygulamalar	K	Ca	Mg
%50 Besin	1.24 b	25.33 d	33.45 b
%100 Besin	2.52 b	43.50 a	65.35 a
%50 Besin+Mikroalg	34.13 a	34.67 b	33.13 b
%50 Besin+Bakteri	38.46 a	31.50 c	40.13 b
%50 Besin+Mikoriza	0.30 b	34.66 b	33.10 b
LSD _{0.05}	0.0001	≤0.0001	≤0.0001
P	12.23	1.937	8.439

Deneme tamamlandığında yapılan besin çözeltisi analizlerinde mikro besin maddeleri bakımından; Fe için Bakteri, Zn ve Cu için Mikroalg biyo-gübresinin etkin olduğu ve bu mikro elementlerin %50 Besin uygulamasından daha yüksek konsantrasyonlar oluşturarak fark yarattığı görülmüştür (Çizelge 4.11). Mangan mikro besin maddesi analizlerde çok düşük konsantrasyonlarda olduğu için belirlenememiştir.

Çizelge 4.11. Deneme sona erdiğinde su kültüründe marul bitkileri 40 gün boyunca yetiştirilip hasat yapıldığında besin çözeltisinden alınan örneklerde demir, çinko ve mangan konsantrasyonları (ppm)

Uygulamalar	Fe	Zn	Cu	Mn
%50 Besin	1.190 b	Belirlenemedi	Belirlenemedi	Belirlenemedi
%100 Besin	1.195 b	0.075 b	0.02 b	Belirlenemedi
%50 Besin+Mikroalg	1.107 b	0.280 a	0.67 a	Belirlenemedi
%50 Besin+Bakteri	1.795 a	0.015 c	Belirlenemedi	Belirlenemedi
%50 Besin+Mikoriza	1.097 b	0.010 d	Belirlenemedi	Belirlenemedi
LSD _{0.05}	0.0027	0.0003	≤0.0001	Belirlenemedi
P	0.292	0.086	0.087	

5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Su kültürü marul yetiştiriciliğinde bitkilerin beslenmesi için kullanılan besin çözeltisindeki mineral gübre miktarı biyo-gübreler ile %50 azaltılarak bunun yerine mikroalg, bakteri ve mikoriza biyo-gübreleri kullanıldığı bu tez çalışmasında aşağıdaki sonuçlar elde edilmiştir.

Marul bitkisi gelişimi bakımından, bitki boyu, bitki çevresi, taç genişliği, kök boğazı çapı, marul ağırlığı, yaprak alanı, yaprakta kuru madde oranı gibi büyüme ve gelişme parametrelerinde biyo-gübrere uygulamaları, sadece %50 mineral gübre kullanılan uygulamadan her zaman daha yüksek değerler göstermiştir. Biyo-gübreler içerisinde bitki gelişmesi bakımından bakterinin biraz daha ön plana çıktığı bunu mikorizanın takip ettiği söylenebilir.

Verim değerleri uygulamalara göre istatistik olarak farklı bulunmuştur. En yüksek verim değerleri, 16.51 kg/m² ile %100 mineral gübreleme olan kontrol grubundan elde edilirken bunu 16.24 kg/m² ile %50 Besin+Bakteri izlemektedir ve bu ikisi istatistiksel olarak aynı grupta yer almıştır. Sonraki 3. ve 4. sıradaki verim sıralamasında 13.87 kg/m² mikoriza ve 13.08 kg/m² ile mikroalg uygulamaları gelmektedir. Mineral gübreler %50 azaltılıp bunun yerine bakteri, mikoriza ve mikroalg biyo-gübreleri eklendiğinde, birim alana verim, sırasıyla %50 gübreye göre %42, %20 ve %13.6 artmıştır.

İnsan beslenmesi bakımından son yıllarda öne çıkan değerli besin öğeleri bakımından su kültüründe yetiştirilen kıvrıcık marul bitkilerinde vitamin C bakımından önemli etkiler yarattığı görülmektedir. En yüksek vitamin C değeri 13.20 mg/100 g marul olmak üzere Bakteri uygulamasından alınırken, bunu takip eden 10.58 ve 9.70 mg/100 g olmak üzere sırasıyla Mikoriza ve Mikroalg uygulamaları gelmektedir. %100 ve %50 mineral gübre uygulamalarından daha düşük sırasıyla 7.80 ve 7.00 mg/100 g vitamin C kaydedilmiştir.

Denemede kullanılan Mikorizabiyo-gübresi toplam fenol içeriği bakımından fark yaratan tek biyo-gübre olmuştur; 78.28 mgGA/100 g ile

uygulamalar içerisinde istatistiksel olarak en yüksek toplam fenol içeriğine sahip olurken, diğer tüm uygulamalar 61.39 ile 64.69 mgGA/100 g aynı istatistik grupta ve birbirine yakın değerlerde toplam fenolik madde oluşturmuşlardır

Toplam flavanoid içeriği bakımından, fenolik maddelerde olduğu gibi yine Mikorizabiyo-gübreleri fark yaratan biyo-gübre olmuştur. İstatistiksel olarak en yüksek toplam flavanoid içeriği 182.37 mgRU/100 g ile Mikoriza uygulamasında, sonra 144.90 ve 139.97 mgRU/100 g ile sırası ile Bakteri ve Mikroalg biyo-gübrelerinden elde edilirken en düşük toplam flavanoid ise 96.70 mgRU/100 g ile %100 Besin uygulamasında kaydedilmiştir.

Denemedeki marul yapraklarındaki nitrat miktarları en düşük beklendiği gibi %50 Besin içeren uygulamada 168 mg/kg alınırken, en yüksek nitrat miktarı biyo-gübrelerden Bakteride 536 mg/kg olarak kaydedilmiştir. Bu durum Bakteri biyo-gübresinde havanın azotunun nitrat olarak bağlandığını gösterebilir çünkü %100 Besin uygulamasının içerdiği 462 mg/kg nitrattan bile fazla çıkmıştır. Bakteri uygulaması marul yapraklarında nitrata artırırken, Mikroalg (320 mg/kg) ve Mikoriza (345 mg/kg) uygulamaları ise %50 Besin uygulamasından çok, ancak %100 Besin uygulamasından az Nitrat içeriği meydana getirmiştir. Bu tez çalışmasında elde edilen marullardaki nitrat miktarları Türk Gıda Kodeksinin izin verdiği sınır değerlerin oldukça altında kalmaktadır ve insan sağlığı için tehlike içermemektedir.

Marul yapraklarında bitki beslemeyi değerlendirmek üzere besin maddeleri analizleri yapılmıştır. Kıvırcık marul çeşidi Dragon'un yapraklarında N analiz sonuçları en düşük %3.65 (%50 Besin) ile en yüksek %6.46 (%50 Besin+Bakteri) arasında değişmiştir. Azot marul yetiştiriciliğinde en önemli besin maddesidir (Çizelge 4.6). Bakteri ve mikorizabiyo-gübreleri istatistik olarak aynı sınıfta ve %100 mineral beslenen bitkilerden (%5.37) daha yüksek N değerleri gösterirken, Mikroalg (%5.24) ise %100 besin ile aynı sınıfta yer almış diğer iki biyo-gübreyi takip etmiştir. Azot analiz değerleri bakımından denemedeki bitkiler referans aralıkta kalmıştır.

Yaprakta fosfor analiz sonuçları %0.20 (%50 Besin) ile % 0.25 (%50 Besin+Bakteri) arasında değişmiştir. Her ne kadar %50 Besin en düşük değeri gösterse de uygulamalar arasında istatistiksel olarak bir fark görülmemiştir. Denemedeki P değerleri %2 olan eksiklik sınırına yakın bulunmuştur. Biyo-gübreler (mikoriza dahil) P için kendi aralarında önemli bir farklılık göstermemiştir.

Marul yapraklarında K analiz sonuçları %7.46 (%50 Besin) ile %9.70 (%50 Besin+Bakteri) arasında değişmiştir. Biyo-gübrelerin K konsantrasyonunu artırdığı görülmektedir. Bakteri (%9.70) ve Mikroalg (%9.38) bu konuda daha yüksek performans gösterip %100 Besin uygulaması K içeriğini (%8.42) geçerken, Mikoriza uygulaması K içeriği %8.29 ile biyo-gübreler içerisinde en düşük kalmıştır.

Kalsiyum bakımından yaprak analiz sonuçları %0.74 (%50 Besin) ile % 1.06 (%50 Besin+Mikroalg) arasında değişmiştir. Biyo-gübrelerin her üçünün de %50 Besine göre istatistiksel olarak fark yaratan Ca artırıcı etkileri görülmektedir.

Denemedeki marul bitkilerinin yaprak analiz sonucunda Mg bakımından %50 Besin grubuna göre diğer elementlere göre daha az miktar yükseltici etki yaptığı görülmektedir.

Mikro elementler için yaprak analizlerinde, uygulamalar içerisinde istatistiksel olarak en yüksek Fe Bakteri biyo-gübresinde 101.42 ppm ile görülmüştür. Biyo-gübreler Mn içeriğini artırma eğilimindedir. Daha yüksek Mn konsantrasyonları Mikroalg ve Bakteride görülmektedir. Çinko beslenmesi bakımından biyo-gübrelerin artırıcı etkileri görülmektedir, özellikle Bakteri uygulaması fark yaratan bir artış göstermiştir.

Deneme sona erdiğinde besin çözeltilisinden alınan su örneklerinde azot bakımından nitrat azotu ve amonyum azotu ayrı olarak belirlenmiştir. Genel olarak biyo-gübrelerin olduğu uygulamalarda nitrat azotu amonyum azotundan daha fazla olduğu görülmüştür. Nitrat konsantrasyonu bakımından sırası mikroalg ve mikorizanın istatistiksel olarak %100 mineral besin uygulamasından daha yüksek

nitrat içerdiği görülmüştür. Bakteri biyo-gübre de %100 mineral besin ve diğer iki biyo-gübre arasında nitrat değeri verirken istatistiksel olarak %50 mineral besinden oldukça yüksek nitrat bulundurmıştır.

Dikkat çekici durum, besin çözeltisi analizlerinde K bakımından Bakteri ve Mikroalg biyo-gübrelerinin %100 Besin kontrol uygulamasından bile yüksek K desteği yaptığı söylenebilir.

Deneme sonundaki besin çözeltisi analizlerinde Ca bakımından her üç biyo-gübrenin de %100 Besin kontrol uygulamasından az ve fakat %50 Besin uygulamasından daha yüksek ve biyo-gübreler olarak üçünün de birbirine yakın Ca içerdiği belirlenmiştir.

Besin çözeltisi Mg analizleri biyo-gübrelerin besin çözeltisine Mg katkılarının diğer yukarıda anlatılan makro besin maddelerine göre nispeten daha az olduğu söylenebilir. Biyo-gübrelerin sudaki Mg içerikleri %50 Besin uygulaması gibidir sadece Bakteri diğer iki biyo-gübre Mikroalg ve Mikorizaya göre biraz daha yüksek bulunmuştur.

Deneme tamamlandığında yapılan besin çözeltisi analizlerinde mikro besin maddeleri bakımından; Fe için Bakteri, Zn ve Cu için Mikroalg biyo-gübresinin etkin olduğu ve bu mikro elementlerin %50 Besin uygulamasından daha yüksek konsantrasyonlar oluşturarak fark yarattığı görülmüştür. Mangan mikro besin maddesi analizlerde çok düşük konsantrasyonlarda olduğu için belirlenememiştir.

Sonuç olarak bu projede, su kültürü topraksız sisteminde mineral gübrelerin %50'ye kadar başarılı bir şekilde azaltılabileceği, sırası ile bakteri, mikoriza ve mikroalg biyo-gübreleri ile başarılı sonuçların alınabildiği gösterilmiştir. Bundan sonra yapılan çalışmalarda mineral gübrelerin %50'den daha fazla azaltıldığı oranlarda biyo-gübrelerin katkısı incelenmektedir. Bu tez çalışmasında bakteri biyo-gübresinden en dikkat çekici sonuçlar alındığı için öncelikte bakteri ile böyle bir çalışma başlatılmıştır ve devam etmektedir.

KAYNAKLAR

- Aćamović-Djoković, G., Pavlović, R., Mladenović, J., Djurić, M., 2011. Vitamin C content of different types of lettuce varieties. *Acta Agriculturae Serbica*, 16(32): 83-89.
- Akdağ, C., 1990. Bakteri (*Rhizobium* spp.) Aşılama, azot dozları ve ekim sıklığı nohut (*Cicer arietinum* L.) 'un verim ve verim unsurlarına etkileri. Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi.
- Arancon, N.Q., Owens, J.D., Converse, C., 2019. The effects of vermicompost tea on the growth and yield of lettuce and tomato in a non-circulating hydroponics system. *Journal of Plant Nutrition* : 42(19): 2447–2458. <https://doi.org/10.1080/01904167.2019.1655049>
- Avivo, L., Sbrana, C., Giovannetti, M., Frassinetti, S., 2017. Arbuscular mycorrhizal fungi affect total phenolics content and antioxidant activity in leaves of oak leaf lettuce varieties. *Scientia Horticulturae* 224: 265-271.
- Aybak, Ç.H., 2002. Salata Ve Marul Yetiştiriciliği (Hasad Yayıncılık)
- Aydöner Çoban, G., Daşgan, H.Y., Akhoundnejad, Y., Işık, O., 2020. Use of micromikroalgae (*Chlorella vulgaris*) to save mineral nutrients in soilless grown tomato. *Acta Horticulturae* 1273: 161-168. ISHS 2020. DOI 10.17660/ActaHortic.2020.1273.22 XXX IHC – Proc. II International Symposium on Soilless Culture
- Bayrak, D., Ökmen, G. 2014. Bitki gelişimini uyaran kök bakterileri. *Anadolu Doğa Bilimleri Dergisi*, 5(1):1-13.
- Bergmann, W., 1992. Nutritional disorders of plants: development, visual and analytical diagnosis. ISBN-13: 978-1560813576, ISBN-10: 1560813571, Gustav Fischer Press.
- Birleşmiş milletler, 2020. <https://www.un.org/en/sections/issues-depth/population/index.html>.

- Blom-Zandstra, M. (1989). Nitrate accumulation in vegetables and its relationship to quality. *Ann. Appl. Biol.*, 115: 553-561.
- Boehme, M., Schevtschenko, J., Pinker, I., 2005. Effect of biostimulators on growth of vegetables in hydroponical systems. *Acta Hort.* 697: 337-344.
- Buchanan, D.N., Omaye, S.T., 2013. Comparative study of ascorbic acid and tocopherol concentrations in hydroponic- and soil-grown lettuces. *Food and Nutrition Sciences* 4: 1047-1053
<http://dx.doi.org/10.4236/fns.2013.410136>
- Burrage, S.W. 1999. The nutrient film technique (NFT) for crop production in the Mediterranean Region. *Acta Hort.* 491:301-306.
- Cataldo, D.A., Haroon, M., Schrader, L.E., Youngs, V.L. 1975. Rapid colorimetric determination of nitrate in plant tissue by nitration of salicylic acid. *commun. Soil. Sci and Plant Analysis*, 6(1): 71-80.
- Colla G., Rouphael Y., Di Mattia E., El-Nakhel C., Cardarelli M.T., 2014. Co-inoculation of *Glomus intraradices* and *Trichoderma atroviride* acts as a biostimulant to promote growth, yield and nutrient uptake of vegetable crops. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 2015;95:1706–1715.
- Colla, C., Cardarelli, M., Bonini, P., Rouphael, Y., 2017. Foliar applications of protein hydrolysate, plant and seaweed extracts increase yield but differentially modulate fruit quality of greenhouse tomato. *Hortscience* 52(9): 1214– 1220.
- Çakmakçı, R. 2005. Bitki gelişimini teşvik eden rizobakterilerin tarımda kullanımı. *Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi* 36 (1), 97-107, 2005 ISSN 1300-9036.
- Çakmakçı, R., Kantar, F., Mikroalgur, Ö. F. 1999. Sugar beet and barley yields in relation to *Bacillus polymyxa* and *Bacillus megaterium* var. *phosphaticum* Inoculation. *Journal of Plant Nutrition and Soil Science*, 162, 437- 442.

- Çakmakçı, R., Kantar, F., Şahin, F. 2001. Effect of N₂-fixing bacterial inoculations on yield of sugar beet and barley. *Journal of Plant Nutrition and Soil Science*, 164, 527-531.
- Daşgan H.Y., Kusvuran S., Ortas I. 2008. Responses of soilless grown tomato plants to arbuscular mycorrhizal fungal (*Glomus fasciculatum*) colonization in re-cycling and open systems, *African Journal of Biotechnology* 7(20):3606-3613
- Daşgan, H.Y., 2020. Topraksız Bitki Yetiştirme Teknikleri, Yüksek Lisans Ders Sunumları, Çukurova Üniversitesi Ziraat Fakültesi Bahçe Bitkileri Bölümü
- Daşgan, H.Y., Aydoğan, G., Akyol, M., 2012. Use of Some Microorganisms as Bio-Fertilizers in Soilless Grown Squash for Saving Chemical Nutrients. *Acta Horticulturae* 927: 155-162. Proc . XXVIIIth IHC – IS on Greenhouse 2010 and Soilless Cultivation
- Daşgan, H.Y., Eser, E., Çoban, A., Yıldız, S., 2017. Serada organik marul yetiştiriciliğinde Medbio mikrobiyal sıvı organik gübresinin kullanımı. Ç.Ü.Z.F. çeşit tescil raporu (Henüz yayınlanmadı) 26 sayfa.
- Ekici, M., Yıldırım E., Kotan R. 2014. Bazı bitki gelişimini teşvik eden rizobakterilerin brokkoli (*Brassica oleraceae* L. var. *italica*) fide gelişimi ve fide kalitesi üzerine etkileri. *Akdeniz Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 28(2):53-59
- Ergün, O., Daşgan, H.Y., Işık, O., 2020. Effects of micromikroalgae *Chlorella vulgaris* on hydroponically grown lettuce. *Acta Horticulturae* 1273: 169-176. XXX IHC – Proc. II International Symposium on Soilless Culture, DOI 10.17660/ActaHortic.2020.1273.23
- Eşitken, A., Pırlak, L., Turan, M., Sahin, F. 2006. Effects of floral and foliar application of plant growth promoting rhizobacteria (PGPR) on yield, growth and nutrition of sweet cherry. *Scientia Horticulturae*, 110, 324-327.

- Faheed, A.F. and Abd-El Fattah, Z. 2008. Effect of *Chlorella vulgaris* as biofertilizer on growth parameters and metabolic aspects of lettuce plant. *Journal of Agriculture and Social Science*, 4(4), 165–169
- Falovo, C., Roupheal, Y., Cardarelli, M., Rea, E., Battistelli, A., Giuseppe Colla, G., 2009. Yield and quality of leafy lettuce in response to nutrient solution composition and growing season. *Journal of Food, Agriculture & Environment* 7 (2) : 456 - 462.
- Gould, W. A., 1977. Food Quality Assurance. AVI Publishing Co. Westport CT.
- Guadagnin, S.G., Rath, S., Reyes, F.G.R., 2005. Evaluation of the nitrate content in leaf vegetables produced through different agricultural systems. *Food Additives and Contaminants* 22(12): 1203–1208.
- Gurfinkel, B.S., Petricari, A. 2000. Nitrogen fixing rhizobacteria and their relationship with soilborne fungi. Vth International PGPR Workshop, 29 October- 3 November 2000, Cordoba Argentina
- Gül, A., 2012. Topraksız Tarım. SBN NO: 9789758377831 Hasat Yayıncılık. İstanbul
- JMP istatistik paket programı. Version 7.0, Statistical Software, 2007.
- Jones, J.B. **2005**. Hydroponics: A practical guide for the soilless grower. 2nd Edition. ISBN-13: 978-0849331671, ISBN-10: 0849331676, CRC Press USA
- Jones, J.B. 2001. Laboratory guide for conducting soil tests and plant analysis, CRC Press, 384 Pages, ISBN 9780849302060.
- Khalid, M., Hassni, D., Bilal, M., Asad, F., Huang, D., 2017. Influence of bio-fertilizer containing beneficial fungi and rhizospheric bacteria on health promoting compounds and antioxidant activity of *Spinacia oleracea* L. *Botanical studies*, 58:35, open Access, DOI 10.1186/s40529-017-0189-3.
- Kloepper, J.W., Leong, J., Teintze, M., Scroth, M.N. 1980. Enhanced plant growth by siderophores produced by plant growth-promoting rhizobacteria. *Nature* 286, 885-886.

- Kloepper, J.W., Lifshitz, R., Zablotowicz, R.M. 1989. Free-living bacterial inocula for enhancing crop productivity. Trends in Biotechnology, 7: 38-44.
- Kowalczyk, K., Mirgos, M., Bączek, K., Niedzińska, M., Gajewski, M., 2016. Effect of different growing media in hydroponic culture on the yield and biological quality of lettuce (*Lactuca sativa* var. *capitata*). Acta Hort. 1142: 105-110.
- Miceli, A., Moncada, A., Sabatino, L., Vetrano, F., 2019. Effect of Gibberellic Acid on Growth, Yield, and Quality of Leaf Lettuce and Rocket Grown in a Floating System. Agronomy: 9, 382; doi:10.3390/agronomy9070382
- Nautiyal, C.S., Bhadauria, S., Kumar, P., Lal, H., Mondal, R., Verma, D. 2000. Stress induced phosphate solubilization in bacteria isolated from alkaline soils. FEMS Microbiology Letters 182:291-296.
- Nitrate-surveillance-programmes-report-2014-2019. Final Report to food standards agency nitrate surveillance programme: May 2014 – April 2019 contract number FS513408.
- Okudur, E., Ercan, N., 2016. Farklı Gübre Uygulamalarının durgun su kültüründe yetiştirilen marullarda verim ve kaliteye etkileri. Nevşehir Bilim ve Teknoloji Dergisi TARGİD Özel Sayı 69-78. DOI: 10.17100/nevbiltek.210967 URL: <http://dx.doi.org/10.17100/nevbiltek.210967>.
- Orhan, E., Esikten, A., Ercilsı, S., Turan, M., Sahin, F. 2006. Effects of plant growth promoting rhizobacteria (PGPR) on yield growth and nutrient contents in organically growing raspberry. Scientia Horticulturae, 111, 38-43.
- Ortaş, İ., Ergün, B., Ortakçı, D., Ercan, S., Köse, Ö. 1999. Mikoriza sporlarının üretilmesi ve tarımda kullanım olanakları. Turkish Journal of Agriculture and Forestry 23(4): 959-968.

- Özkan, M., Kırca, A., Cemeroğlu, B., 2007. Gıdalarda Uygulanan Bazı Özel Analiz Yöntemleri. Cemeroğlu, B., (Ed), Gıda Analizleri, kitabında sayfa 129-186. Bizim Büro Basımevi, Ankara
- Öztürk, A., Caglar, Ö., Şahin, F. 2003. Yield response of wheat and barley to inoculation of plant growth promoting rhizobacteria at various levels of nitrogen fertilization. Journal of Plant Nutrition and Soil Science, 166: 262-266.
- Qiu, Z.P., Yang, Q.C., W.K. Liua, W.K., 2014. Effects of nitrogen fertilizer on nutritional quality and root secretion accumulation of hydroponic lettuce. Acta Hort. 1037: 679-686. Proc. International symposium on new technol. for env. control, energy-saving and crop prod. in greenhouse and plant factory – GreenSys 2013.
- Quettier-Deleu, C., Gressier, B., Vasseur, J., Dine, T., Brunet, J., Luyck, M., Cazin, M., Cazin, J. C., Bailleul, F., Trotin, F., 2000. Phenolic compounds and antioxidant activities of buckwheat (*Fagopyrum esculentum* Moench) hulls and flour. Journal of Ethnopharmacology, 72: 35-40.
- Resh, H.M., 1991. Hydroponic food production. Woodbridge press Publishing company. Santa-Barbara, California, 462p.
- Samuolienė, G., Brazaitytė, A., Sirtautas, R., Noviškova, A., Duchovskis, P., 2012. The Effect of supplementary led lighting on the antioxidant and nutritional properties of lettuce. Acta Hort. 952: 835-842.
- Savvas D, Passam, H., 2002, Hydroponic production of vegetables and ornamentals. Embrio Publications, ISBN: 9789608002128, 463 p. Athens
- Schwarz, M., 1995. Soilless culture management, Advanced series in agricultural sciences 24, ISBN 978-3-642-79093-5, 199p. Jerusalem, Israel.
- Searchinger, T., C. Hanson, J. Ranganathan, B. Lipinski, R. Waite, R. Winterbottom, A. Dinshaw and R. Heimlich. 2013. The great balancing act creating a sustainable food future. Washington, DC: World Resources Institute. <https://www.wri.org/publication/great-balancing-act>

- Sevgican, A., 1999. Örtüaltı sebzeciliği (Topraksız Tarım). Ege Üniv. Ziraat Fakültesi Yayınları No: 526, Bornova, İzmir.
- Souza, P., Borghezani, M., Zappelini, J., Carvalho, L., Ree, J., Barcelos-Oliveira, J., Pescador, R. 2019. Physiological differences of ‘crocantela’ lettuce cultivated in conventional and hydroponic systems. Horticultura Brasileira 37: 101-105. DOI - <http://dx.doi.org/10.1590/S010205362190116>.
- Spanos, G. A., Wrolstad, R. E., 1990. Influence of processing and storage on the phenolic composition of Thompson seedless grape juice. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 38:1565-1571.
- TÜİK, Türkiye İstatistik Kurumu, 2019. www.tuik.gov.tr
- Türk Gıda Kodeksi Yönetmeliği, 2008. Gıda maddelerindeki bulaşanların maksimum limitleri hakkında tebliğ (Tebliğ No: 2008/26)17 Mayıs 2008, Sayı: 26879.
- Türk, B., Kaygısız Aşcıoğlu, T., Güleş, A., Okşar, R.E., Alan, Ö., Şen, F., 2017. Effects of plant growth promoting microorganisms on yield and quality parameters of lettuce (*Lactuca sativa* L.). Journal of Applied Biological Sciences, 11 (3): 6-9.
- Vassilev, N., Fenice, M., Federici, F. 2006. Rock phosphate solubilization with gluconic acid produced by immobilized *Penicillium variabile* P16. Biotech Technology, 10:585-588.
- Vessey, J.K. 2003. Plant growth promoting rhizobacteria as biofertilizers. Plant Soil 255:571–586. doi:10.1023/ a:1026037216893.
- Walter, C.L., 1991. Nitrates and Nitrites in Food and Water. Hill M. (ed)., Pages 93-112 in this book. ISBN 978-1-85573-282-7, Woodhead Publishing Limited, Hampshire, UK, 208 p.
- Whitelaw, M.A. 2000. Growth promotion of plants inoculated with phosphate-solubilizing fungi. Advances in Agronomy 69: 99- 151.

- Winsor, G.W. and M. Schwarz. 1990. Soilless culture for horticultural crop production. FAO plant production and protection paper, No: 101, Rome, pages 188.
- Wojciechowska, R., Długosz-Grochowska, O., Kołton, A., Zupnik, 2015. Effects of LED supplemental lighting on yield and some quality parameters of lamb's lettuce grown in two winter cycles. *Scientia Horticulturae* 187: 80–86.
- Yıldız, A. 2009. Mikoriza ve arbusküler mikoriza bitki sağlığı ilişkileri. *Adnan Menderes Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 6(1): 91-101.
- Yılmaz, E., Gül, A., 2009. Topraksız Ortama Arbusküler mikoriza aşılamanın patlıcan (*Solanum melongena* L.) yetiştiriciliği üzerine etkileri. *GOÜ. Ziraat Fakültesi Dergisi*, 26(2), 55-61.
- Yılmaz, M., 2020. Topraksız biber yetiştiriciliğinde mikoriza ve bakteri biyogübreleri kullanılarak mineral gübrelerin azaltılması. Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Bahçe Bitkileri Anabilim Dalı Yüksek Lisans Tezi. Kod no: 5575,
- Yolcu, H., Güneş, A., Güllap, M.K., Çakmakçı, R. 2012. Effects of plant growth-promoting rhizobacteria on some morphologic characteristics, yield and quality contents of Hungarian vetch. *Turkish Journal of Field Crops*, 17 (2) : 208- 214.
- Zdravković, J.M., Aćamović-Djoković, G.S., Mladenović, J.D., Pavlović, R.M., Zdravković, M.S., 2014. Antioxidant capacity and contents of phenols, ascorbic acid, β -carotene and lycopene in lettuce. [Hemijaska industrija](#) 68 (2) 193–198.
- Zhang, X., He, D., Niu, G., Yan, Z., Song, J., 2018. Effects of environment lighting on the growth, photosynthesis, and quality of hydroponic lettuce in a plant factory. *Int J Agric & Biol Eng*, Vol. 11 No.2, 33. Open Access at <https://www.ijabe.org>

ÖZGEÇMİŞ

29.12.1993 Kayseri'nin Pınarbaşı ilçesinde doğdu. 2007 yılında Necdet Kahraman İlköğretim okulu'ndan mezun oldu. 2012 yılında Adana Erkek Lisesini bitirdi. 2013-2017 yıllarında Selçuk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Bahçe Bitkileri Bölümü okudu. 2017 yılında Yaltır Tarım Ürünleri A.Ş.' de 6 ay kalite kontrol biriminde çalışmıştı. 2017 sonbarında Çukurova Üniversitesi Ziraat Fakültesi Bahçe Bitkileri Bölümü'nde Yüksek Lisans eğitimine başladı. 2018 yılında, su kültürleri teknikleri ile topraksız bitkisel üretim yapılan iklim kontrollü “Bitki Fabrikaları” üreten, satan ve Ar-Ge çalışmaları yapan Türkiye'nin ilk bitki fabrikası şirketi Cantek grup Farminova A.Ş.'de burslu Yüksek Lisans öğrencisi olarak ve 2019 yılında da Zir. Müh. olarak çalışmaya başladı ve halen aynı yerde devam etmektedir. Bekardır. Orta düzeyde ingilizce bilmektedir.