

**T.C.
ERCIYES ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
TOPRAK BİLİMİ VE BİTKİ BESLEME ANABİLİM DALI**

**SU KÜLTÜRÜNDE AMONYUM BESLEMESİ ÜZERİNE
GLUTAMİK ASİTİN ETKİSİ**

**Hazırlayan
Büşra ORUÇ**

**Danışman
Dr. Öğr. Üyesi Oğuzhan UZUN**

Yüksek Lisans Tezi

**Kasım 2022
KAYSERİ**

**T.C.
ERCIYES ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
TOPRAK BİLİMİ VE BİTKİ BESLEME ANABİLİM DALI**

**SU KÜLTÜRÜNDE AMONYUM BESLEMESİ ÜZERİNE
GLUTAMİK ASİTİN ETKİSİ
(Yüksek Lisans Tezi)**

**Hazırlayan
Büşra ORUÇ**

**Danışman
Dr. Öğr. Üyesi Oğuzhan UZUN**

**KASIM 2022
KAYSERİ**

BİLİMSEL ETİĞE UYGUNLUK

Bu çalışmadaki tüm bilgilerin, akademik ve etik kurallara uygun bir şekilde elde edildiğini beyan ederim. Aynı zamanda bu kural ve davranışların gerektirdiği gibi, bu çalışmanın özünde olmayan tüm materyal ve sonuçları tam olarak aktardığımı ve referans gösterdiğimi belirtirim.

Büşra ORUÇ

“Su Kùltüründe Amonyum Beslemesi Üzerine Glutamik Asitin Etkisi” adlı Yüksek Lisans Tezi, Erciyes Üniversitesi Lisansüstü Tez Önerisi ve Tez Yazma Yönergesi’ ne uygun olarak hazırlanmıştır.

Hazırlayan

Büşra ORUÇ

Danışman

Dr. Öğr. Üyesi Oğuzhan UZUN

Toprak Bilimi ve Bitki Besleme ABD Başkanı

Prof. Dr. Osman SÖNMEZ

TEŞEKKÜR

Yüksek lisans eğitimim süresince bilgi ve tecrübeleri ile beni yönlendiren, öğrencisi olmaktan gurur duyduğum saygıdeğer danışmanım Dr. Öğr. Üyesi Oğuzhan UZUN'a, tezimin her aşamasında tecrübelerinden faydalandığım ve yönlendirmelerde bulunan Dr. Öğr. Üyesi Hamdi ÖZAKTAN'a, Dr. Furkan Ömer KANARYA'ya, Ziraat Yüksek Mühendisi Sultan GÜNEŞ'e, Ziraat Yüksek Mühendisi Mücahit Yusuf İslam ERCAN'a, yüksek lisans eğitimim boyunca beraber eğitim aldığım Ziraat Mühendisi Zeynep PESEN'e ve geride bıraktığım zorlu süreçte her zaman yanımda olan desteklerini hiç esirgemeyen kıymetli annem Antika ORUÇ'a ve kıymetli babam Yalçın ORUÇ'a teşekkürü bir borç bilirim.

Büşra ORUÇ

Kasım 2022, Kayseri

SU KÜLTÜRÜNDE AMONYUM BESLEMESİ ÜZERİNE GLUTAMİK ASİTİN ETKİSİ

Büşra ORUÇ

Erciyes Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü
Yüksek Lisans Tezi, Kasım, 2022
Danışman: Dr. Öğr. Üyesi Oğuzhan UZUN

ÖZET

Bu çalışmada durgun su kültüründe farklı $\text{NO}_3^-:\text{NH}_4^+$ (% 100:0, 75:25 ve 50:50) besin oranlarında yetiştirilen marul bitkisine yapraktan ve besin solüsyonuna glutamik asit uygulamalarının amonyum alımı, bitki verim ve kalite parametrelerine etkisi araştırılmıştır. Yapraktan dört farklı L-Glutamik Asit (GA) dozu (0, 100, 250 ve 500 mg L^{-1}) ve besin solüsyonuna ise dört farklı L-Glutamik Asit doz (0, 1, 10 ve 100 mg L^{-1}) uygulaması yapılmıştır. Deneme tesadüf parseller deneme desenine göre 3 tekerrürlü olarak kontrollü koşullar altındaki serada yürütülmüştür.

Besin solüsyona GA uygulaması denemesinde en yüksek bitki yaş ağırlığı, bitki kuru ağırlığı ve kök yaş ağırlığı 100:0 $\text{NO}_3^-:\text{NH}_4^+$ oranına ait besin solüsyonuna 100 mg L^{-1} GA uygulamasından elde edilirken belirlenirken, yapraktan GA uygulamalarında ise 100:0 $\text{NO}_3^-:\text{NH}_4^+$ oranına ait besin solüsyonunda yetiştirilen bitkilere yapraktan 250 mg L^{-1} GA uygulamasından elde edilmiştir. Klorofil miktarı ve kök protein oranı hariç incelenen bütün parametrelerde 100:0 $\text{NO}_3^-:\text{NH}_4^+$ oranına sahip besin solüsyonunun diğer besin solüsyonlarına göre artışa neden olduğu belirlenmiştir.

Sonuç olarak durgun su kültüründe yetiştirilen marul bitkisi için en yüksek verim 100:0 $\text{NO}_3^-:\text{NH}_4^+$ oranındaki besin solüsyonundan elde edilmiş, yapraktan 250 mg L^{-1} GA ve besin solüsyonuna 100 mg L^{-1} GA uygulamalarının bitkinin verimini artırdığı belirlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: $\text{NO}_3^-:\text{NH}_4^+$ oranı, Glutamik asit, Hidroponik Sistem, Marul

EFFECT OF GLUTAMIC ACID ON AMMONIUM FEED IN HYDROPHONIC SYSTEM

Büşra ORUÇ

Erciyes University, Graduate School of Natural and Applied Sciences

Master Thesis, November, 2022

Supervisor: Dr. Oğuzhan UZUN

ABSTRACT

In this study, the effects of foliar and into the nutrient solution glutamic acid applications on ammonium uptake, plant yield and quality parameters of lettuce plant grown at different $\text{NO}_3^-:\text{NH}_4^+$ (100:0, 75:25 and 50:50) nutrient ratios in hydroponic were investigated. Four doses of L-Glutamic Acid (GA) (0, 100, 250 and 500 mg L⁻¹) were applied from the leaf and four doses of L-Glutamic Acid (0, 1, 10 and 100 mg L⁻¹) were applied to the nutrient solution. The experiment was carried out in a greenhouse under controlled conditions with 3 replications according to the randomized plot design.

In the experiment of GA application to the nutrient solution, the highest plant fresh weight, plant dry weight and root fresh weight were determined when 100 mg L⁻¹ GA was applied to the nutrient solution of 100:0 $\text{NO}_3^-:\text{NH}_4^+$ ratio, while in foliar GA applications it was obtained from the application of 250 mg L⁻¹ GA from the leaves to the plants grown in the nutrient solution of the 100:0 $\text{NO}_3^-:\text{NH}_4^+$ ratio. It was determined that the nutrient solution with 100:0 $\text{NO}_3^-:\text{NH}_4^+$ ratio caused an increase compared to other nutrient solutions in all parameters except chlorophyll amount and root protein ratio.

As a result, the highest yield for the lettuce plant grown in hydroponic was obtained from the nutrient solution at the ratio of 100:0 $\text{NO}_3^-:\text{NH}_4^+$. It was determined that the applications of 250 mg L⁻¹ GA from the leaf and 100 mg L⁻¹ GA into the nutrient solution increased yield of the plant.

Keywords: $\text{NO}_3^-:\text{NH}_4^+$ ratio, Glutamic acid, Hydroponic, Lettuce,

İÇİNDEKİLER

SU KÜLTÜRÜNDE AMONYUM BESLEMESİ ÜZERİNE GLUTAMİK ASİTİN ETKİSİ

BİLİMSEL ETİĞE UYGUNLUK.....	ii
YÖNERGEYE UYGUNLUK.....	iii
TEŞEKKÜR.....	v
ÖZET	vi
ABSTRACT.....	vii
KISALTMA VE SİMGELER.....	x
TABLolar LİSTESİ.....	xii
ŞEKİLLER LİSTESİ	xv
GİRİŞ	1

1. BÖLÜM

GENEL BİLGİLER ve LİTERATÜR ÇALIŞMASI

1.1. Genel Bilgiler	4
1.2. Literatür Çalışması.....	7

2. BÖLÜM

MATERYAL VE METOT

2.1. Materyal.....	13
2.1.1. Bitki Materyali	13
2.1.2. Araştırma Yeri	14
2.1.3. Araştırmada Kullanılan Solüsyon Özellikleri.....	14
2.2. Metot	15
2.2.1. Yapılan Gözlem ve Ölçümler.....	16
2.2.1.1. Bitki Yaş ve Kuru Ağırlığı.....	16
2.2.1.2. Kök Uzunluğu, Yaş ve Kuru Ağırlıkları.....	16
2.2.1.3. Yaprak Eni, Boyu, Sayısı, Alanı ve Klorofil Miktarı.....	17
2.2.1.4. Gövde Çapı	17
2.2.1.5. Yaprak ve Kök Bölgesinde Protein	17
2.2.1.6. İstatistiksel Analizler	17

3. BÖLÜM

BULGULAR VE TARTIŞMA

3.1. Bitki Yaş ve Kuru Ağırlıkları	18
3.2. Kök Uzunluğu, Yaş ve Kuru Ağırlıkları.....	21
3.3. Yaprak Eni, Boyu, Sayısı, Alanı ve Klorofil Miktarı, Gövde Çapı.....	27
3.5. Yaprak ve Kök Bölgesinde Protein Miktarı.....	39

4. BÖLÜM

SONUÇ ve ÖNERİLER

4.1. Sonuçlar ve Öneriler	43
KAYNAKÇA	45
ÖZGEÇMİŞ.....	53

KISALTMA VE SİMGELER

mg	: miligram
g	: gram
kg	: kilogram
l	: litre
t	: ton
cm	: santimetre
m ²	: metre kare
da	: dekar
ha	: hektar
dm ³	: desi metre küp
m ³	: metre küp
%	: yüzde
ppm	: milyonda bir
μ	: mikro
°C	: celsius degree
mM	: milimolar
pH	: hidrojenin gücü (power of hydrogen)
GA	: glutamik asit
B	: bor
Ca	: kalsiyum
Cu	: bakır
Fe	: demir
H	: hidrojen
K	: potasyum
Mg	: magnezyum
Mn	: mangan
N	: azot
Na	: sodyum
NH ₄ ⁺	: amonyum
NO ₃ ⁻	: nitrat
O	: oksijen
P	: fosfor

PO ₄	: fosfat
SO ₄	: sülfat
Zn	: çinko
EDTA	: etilen diamin tetra asetik asit
OH	: hidroksil
TÜİK	: Türkiye İstatistik Kurumu



TABLOLAR LİSTESİ

Tablo 2.1.	Besin Solüsyonunda Kullanılan Stok Çözeltilerin Hazırlanışı	15
Tablo 2.2.	Besin solüsyonunun kimyasal ve besin elementi içeriği (6 mM)	15
Tablo 3.1.	Yapraktan ve besin solüsyonuna GA uygulanan, farklı $\text{NO}_3^-:\text{NH}_4^+$ oranlarında yetiştirilen marul bitkisinin yaş ağırlığına ait varyans analiz sonuçları.....	18
Tablo 3.2.	Yapraktan ve besin solüsyonuna GA uygulanan, farklı $\text{NO}_3^-:\text{NH}_4^+$ oranlarında yetiştirilen marul bitkisinin yaş ağırlığına (g) ait ortalama değerler	19
Tablo 3.3.	Yapraktan ve besin solüsyonuna GA uygulanan, farklı $\text{NO}_3^-:\text{NH}_4^+$ oranlarında yetiştirilen marul bitkisinin kuru ağırlığına ait varyans analiz sonuçları.....	20
Tablo 3.4.	Yapraktan ve besin solüsyonuna GA uygulanan, farklı $\text{NO}_3^-:\text{NH}_4^+$ oranlarında yetiştirilen marul bitkisinin kuru ağırlığına (g) ait ortalama değerler	21
Tablo 3.5.	Yapraktan ve besin solüsyonuna GA uygulanan, farklı $\text{NO}_3^-:\text{NH}_4^+$ oranlarında yetiştirilen marul bitkisinin kök uzunluğuna ait varyans analiz sonuçları	22
Tablo 3.6.	Yapraktan ve besin solüsyonuna GA uygulanan, farklı $\text{NO}_3^-:\text{NH}_4^+$ oranlarında yetiştirilen marul bitkisinin kök uzunluğuna (cm) ait ortalama değerler	23
Tablo 3.7.	Yapraktan ve besin solüsyonuna GA uygulanan, farklı $\text{NO}_3^-:\text{NH}_4^+$ oranlarında yetiştirilen marul bitkisinin kök yaş ağırlığına ait varyans analiz sonuçları	23
Tablo 3.8.	Yapraktan ve besin solüsyonuna GA uygulanan, farklı $\text{NO}_3^-:\text{NH}_4^+$ oranlarında yetiştirilen marul bitkisinin kök yaş ağırlığına (g) ait ortalama değerler	25
Tablo 3.9.	Yapraktan ve besin solüsyonuna GA uygulanan, farklı $\text{NO}_3^-:\text{NH}_4^+$ oranlarında yetiştirilen marul bitkisinin kök kuru ağırlığına ait varyans analiz sonuçları	25

Tablo 3.10. Yapraktan ve besin solüsyonuna GA uygulanan, farklı $\text{NO}_3^-:\text{NH}_4^+$ oranlarında yetiştirilen marul bitkisinin kök kuru ağırlığına (g) ait ortalama değerler	26
Tablo 3.11. Yapraktan ve besin solüsyonuna GA uygulanan, farklı $\text{NO}_3^-:\text{NH}_4^+$ oranlarında yetiştirilen marul bitkisinin yaprak enine ait varyans analiz sonuçları.....	27
Tablo 3.12. Yapraktan ve besin solüsyonuna GA uygulanan, farklı $\text{NO}_3^-:\text{NH}_4^+$ oranlarında yetiştirilen marul bitkisinin yaprak enine (cm) ait ortalama değerler	28
Tablo 3.13. Yapraktan ve besin solüsyonuna GA uygulanan, farklı $\text{NO}_3^-:\text{NH}_4^+$ oranlarında yetiştirilen marul bitkisinin yaprak boyuna ait varyans analiz sonuçları.....	29
Tablo 3.14. Yapraktan ve besin solüsyonuna GA uygulanan, farklı $\text{NO}_3^-:\text{NH}_4^+$ oranlarında yetiştirilen marul bitkisinin yaprak boyuna (cm) ait ortalama değerler	30
Tablo 3.15. Yapraktan ve besin solüsyonuna GA uygulanan, farklı $\text{NO}_3^-:\text{NH}_4^+$ oranlarında yetiştirilen marul bitkisinin yaprak sayısına ait varyans analiz sonuçları	31
Tablo 3.16. Yapraktan ve besin solüsyonuna GA uygulanan, farklı $\text{NO}_3^-:\text{NH}_4^+$ oranlarında yetiştirilen marul bitkisinin yaprak sayısına (adet) ait ortalama değerler	32
Tablo 3.17. Yapraktan ve besin solüsyonuna GA uygulanan, farklı $\text{NO}_3^-:\text{NH}_4^+$ oranlarında yetiştirilen marul bitkisinin yaprak alanına ait varyans analiz sonuçları.....	32
Tablo 3.18. Yapraktan ve besin solüsyonuna GA uygulanan, farklı $\text{NO}_3^-:\text{NH}_4^+$ oranlarında yetiştirilen marul bitkisinin yaprak alanına (cm^2) ait ortalama değerler	34
Tablo 3.19. Yapraktan ve besin solüsyonuna GA uygulanan, farklı $\text{NO}_3^-:\text{NH}_4^+$ oranlarında yetiştirilen marul bitkisinin klorofil miktarına ait varyans analiz sonuçları	35
Tablo 3.20. Yapraktan ve besin solüsyonuna GA uygulanan, farklı $\text{NO}_3^-:\text{NH}_4^+$ oranlarında yetiştirilen marul bitkisinin klorofil miktarına (spad/bitki) ait ortalama değerler	36

Tablo 3.21. Yapraktan ve besin solüsyonuna GA uygulanan, farklı $\text{NO}_3^-:\text{NH}_4^+$ oranlarında yetiştirilen marul bitkisinin gövde çapına ait varyans analiz sonuçları.....	36
Tablo 3.22. Yapraktan ve besin solüsyonuna GA uygulanan, farklı $\text{NO}_3^-:\text{NH}_4^+$ oranlarında yetiştirilen marul bitkisinin gövde çapına (cm) ait ortalama değerler	38
Tablo 3.23. Yapraktan ve besin solüsyonuna GA uygulanan, farklı $\text{NO}_3^-:\text{NH}_4^+$ oranlarında yetiştirilen marul bitkisinin yaprak protein miktarına ait varyans analiz sonuçları.....	39
Tablo 3.24. Yapraktan ve besin solüsyonuna GA uygulanan, farklı $\text{NO}_3^-:\text{NH}_4^+$ oranlarında yetiştirilen marul bitkisinin yaprak protein miktarına (%) ait ortalama değerler	40
Tablo 3.25. Yapraktan ve besin solüsyonuna GA uygulanan, farklı $\text{NO}_3^-:\text{NH}_4^+$ oranlarında yetiştirilen marul bitkisinin kök protein miktarına ait varyans analiz sonuçları.....	41
Tablo 3.26. Yapraktan ve besin solüsyonuna GA uygulanan, farklı $\text{NO}_3^-:\text{NH}_4^+$ oranlarında yetiştirilen marul bitkisinin kök protein miktarına (%) ait ortalama değerler	41

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 2.1.	Syngenta-Kanaryole F1 Marul Çeşidi	13
Şekil 2.2.	Denemeye ait genel görünüm	14
Şekil.2.3.	Kök hasatına ait görünüm	16



GİRİŞ

İnsanoğlunun en eski uğraşlarından biri olan sebzecilik, insanların besin ihtiyacını karşılayabilmek için zamanla sosyo-ekonomik koşullarla birlikte önemli bir boyut kazanmıştır. Dünya üzerinde çoğu ülkede yaygın olarak yetiştiriciliği yapılan sebzeler, canlıların beslenmesi için önemli bir unsurdur. Sebzeler, içerdikleri vitamin ve mineral maddelerden dolayı canlıların hastalıklara karşı vücut direncini artırır (Akday vd., 2005; Yücel ve Halkman, 2009).

Çiğ olarak tüketilebilen ve yaprağı yenilen sebzeler arasında marul ilk sırayı almaktadır. Sebzelerin ve özellikle de marulun canlı beslenmesindeki öneminin fark edilmesinin ardından birçok ülke tarafından sebzelere yönelik araştırmalar artış göstermiştir. Dünya nüfusu hızla artmaktadır ve buna paralel olarak tarım alanlarında birim alanda istenen verim ve kalite doğru oranda artmaktadır. Çin, dünya genelinde marul üreten ülkeler içinde birinci sırada yer almaktadır. Ülkemizde ise 2021 yılı verilerine göre 500.151 ton marul üretimi yapılmış ve bunun 5.747 tonu ihraç edilmiştir (TÜİK, 2021).

Bitkisel üretim yapabilmek amacıyla geçmişten beri kullanılan ve yetiştirme ortamı olan toprağın gün geçtikçe işlevini kaybedip bozulmaya başladığı kaçınılmaz bir gerçektir. Devamlı aynı bitki üretiminin yapılması, azalan veya artan sulama suyu miktarları, bilinçsiz gübre kullanımı bu bozulmanın ortaya çıkmasının temel sebeplerindendir (Putra ve Yuliando, 2015).

Tarım alanlarındaki kötü arazi yönetimi, iklim değişiklikleri, bitki verim ve kalitesindeki azalma, dünya genelinde artan sebze ve meyve ihtiyacı, toprak kaynaklı hastalık ve zararlıların kontrolünün güçleşmesi ve topraktaki besin elementi azlığı günümüzde geleneksel tarıma alternatif olarak üretim sistemlerinin gereksinimini artırmıştır. Bu gereksinimleri karşılamak için alternatif bir üretim şekli olan topraksız tarım geliştirilmiştir. Son yıllara baktığımızda üretimde gübre gibi girdi maliyetlerini en aza

indirmek amacıyla topraksız tarım başarılı bir şekilde yapılmaktadır. (Maloupa vd., 1992).

Bitki gelişimi için elzem olan su ve besin elementlerinin gerektiği kadar kök ortamına verilmesi ile yapılan üretim biçimine topraksız tarım denilmektedir (Gül, 2008). Topraksız tarım, toprak olmadan bitki üretimi şeklinde ifade edildiği gibi hidroponik kültür şeklinde de ifade edilir (Olympios, 1993).

Topraksız tarım yapılarak domates, tatlı biber, marul, nane, fesleğen, biberiye, lale, zambak, kauçuk gibi birçok bitki yetiştirilebilmektedir (Hazar vd. 2013).

Topraksız tarım durgun veya akan besin çözeltilerinde ve beslenmiş katı ortamlarda gerçekleştirildiğinden, topraksız tarımda bitki besleme tekniği önemli bir faktördür. Bu nedenle marul bitkisinde yüksek verim ve kalite hedeflendiğinde yapılacak bitki besleme tekniği ve gübreleme oldukça önemlidir. Çünkü kısa zamanda hasat olgunluğuna erişen marul gibi sebzelerde gübreleme, verim ve kaliteyi etkileyen başlıca unsurlardan biridir. Bitkilerde verimi artırmak için kullanılan gübrelerden en önemlisi azotlu gübrelerdir. (Kılıç ve Korkmaz, 2012).

Azot tüm bitkiler ve dolayısıyla marul bitkisinde de mutlak gerekli bir besin elementidir. Marulda yüksek verim ve pazarlanabilir baş ağırlığı, bitkinin gereksinimi olan dozda azot ile doğrudan ilişkilidir (Hosseney ve Ahmed, 2009).

Bitki bünyesine alınan azot miktarı ve formu, bitki türüne, bitki gelişme aşamasına ve çevresel büyüme koşullarına bağlı olarak değişir. Azot esas olarak bitkiler tarafından amonyum (NH_4^+) ve nitrat (NO_3^-) şeklinde alınır. İşlevsel olarak NH_4^+ ve NO_3^- bitki fizyolojisi, bitki biyokütlesi, kök ve sürgün uzunluğu, tohum çimlenmesi, kök ve yaprakların büyümesi, köklerin yapısı, çiçeklenme zamanı, yaşlanma ve verim dahil olmak üzere büyüme ve gelişme süreçlerinin düzenlenmesinde rol oynar (Du vd., 2021). Bitkilerde yüksek NO_3^- ve NH_4^+ konsantrasyonları çiçeklenme süresini geciktirir (Hachiya vd., 2021- Wang vd., 2021).

Bitki hücresinde azotun depolanması ve taşınması için glutamik asit önemli bir faktördür. Glutamik asit proteinleri oluşturan 20 aminoasitten birisidir. Bitki metabolizmasında

önemli bir rol oynar ve marul için nitrojen dengesinde önemli bir yere sahiptir (Dwayyeh, 2022).

Glutamik asit, büyüme materyali olarak özel sinyaller yayar. Bitki dokuları yoluyla besin maddelerinin dengelenmesinde önemli bir rol oynar ve bitkide karbonhidrat ile protein oluşturmanın ve fizyolojik özellikleri geliştirmenin yanı sıra besin elementlerinin tüketimini ve emilimini artırır (Forde ve Lea, 2007).

Bu çalışmada istenilen kriterler doğrultusunda bitkideki amonyum toksisitesinin hangi oranlarda azaldığı, amonyum alımının hangi oranlarda arttığı ve glutamik asidin amonyum alımına etkisi araştırılmıştır.

1. BÖLÜM

GENEL BİLGİLER ve LİTERATÜR ÇALIŞMASI

1.1. Genel Bilgiler

Bilimsel adı *Lactuca sativa L. Romana Gars* olan Marul, *Astaraceae (Compositeae)* familyasının üyesidir. Morfolojik özellikleri açısından marul bitkisinin en önemli kısmı yapraklarıdır. Yaprak şekli, yaprak kalınlığı, gevrekliği, yaprakların düz veya kıvrıkcık oluşu önemli agronomik özellikler arasında sayılabilir (Vural vd., 2000).

Marul bitkisinin anavatanı ve yayılışı hakkında farklı görüşler bulunmaktadır. İlk olarak M.Ö. 4500'lü yıllarda yapılan marul kültürü çalışmaları, yabani form olarak ise Güney ve Orta Avrupa'da, Kanarya Adalarında, Habeşistan ve Cezayir ile Mezopotamya'ya kadar uzanan, Kafkasya, Keşmir, Batı Asya ve Nepal gibi Kuzey Hindistan bölgelerine kadar yayıldığı tespit edilmiştir. Anavatanının Asya, Avrupa ve Kuzey Afrika ülkelerini de kapsayan geniş bir alan olduğu sonucuna varılmıştır (Vural vd., 2000).

Marul, sebzeler içinde ticari önem taşıyan türler arasında bulunmaktadır (Eşiyok, 2012). Ülkemizin hemen hemen her yerinde örtü altı ve açık olarak üretimi yapılmaktadır. Yetiştirme süresi çok kısa olmakla beraber (2-3 ay), tüm yıl boyunca arka arkaya üretimi yapılabilir. Hasada gelme süresi kısa olduğundan üreticiye yüksek ekonomik gelir sağlayabilmektedir (Yıldırım vd., 2015). Önemli miktarlarda A ve C vitamini, potasyum, kalsiyum ve demir içeren marul bitkisi insan beslenmesi açısından oldukça önemli bir yere sahiptir. Yağ oranı ve kalori oranları çok düşük olduğundan ve nişasta içermediğinden önemli bir diyet yiyeceğidir. Antioksidan özellikleri fazla olan bir sebze türüdür (Şalk vd., 2008).

Araştırmalara göre dünya genelinde, marul üretiminin tahmini 29.1 milyon ton olduğu, bu üretimin hemen hemen 16.3 milyon ton kısmının, yani yarısından fazlasının Çin'de

yapıldığı görülmüştür. Türkiye ise 23.335 ha ekim alanında üretilen 499.766 ton marul üretimi ile dünyada 10. sırada yer almaktadır (FAO, 2021).

Artan dünya nüfusuyla beraber gıda ve üretim ihtiyacı da hızla artmaktadır. Bu ihtiyaçları karşılarken tarım üretimi yapılan toprakların verim ve kalitesindeki düşüş kaçınılmaz olmaktadır. Ayrıca artan dünya nüfusuyla birlikte toprak yapısındaki bozulma, mevcut olan üretim sistemlerinin yetersiz kaldığını göstermektedir (Pardossi vd., 2011).

Topraktan üretim yönteminin yetersiz olduğu noktada alternatif bir üretim yöntemi olan topraksız tarım devreye girmiştir. Bu yöntem ilk olarak 1930'lu yıllarda Amerika'da ve 1960'lı yıllarda Avrupa'da uygulanmıştır. 1970'li yılların başlangıcında baş gösteren enerji krizi sonucunda buharla toprak dezenfeksiyonun maliyetli olması sebebi ve toprak dezenfektanlarının kullanımına kısıtlama getirilmesiyle, toprak dezenfeksiyonuna alternatif bir arayış ile topraksız tarımın ticari sera üretiminde uygulanması artmıştır (Gül, 2008). Topraksız tarım yetiştiriciliği toprak kökenli hastalıkların önlenmesini sağlarken iş gücü gereksinimini de azaltmaktadır (Akat, 2008).

Ülkemizde ise ilk olarak 1995 yılında topraksız tarımın ticari üretimde kullanımına Antalya'da başlanmıştır. İlk olarak iki işletmede 10 hektar alanda yapılan topraksız tarım üretimi 2004 yılından itibaren önemli bir artış göstermiştir (Örs, 2004).

Günümüzde yaygın olarak iki ana başlığa ayrılan topraksız üretim sistemi kullanılmaktadır. Bunlar su kültürü (hidroponik) ve katı ortam kültürü olarak adlandırılmaktadır. Su kültürü, hidroponik sistem olarakta bilinir. Su temel esasına dayanan bir yetiştirme şekli olup dörde ayrılır. Bunlar aeroponik sistem, durgun su kültürü, akan su kültürü ve akuaponik sistemdir (Talaz ve Nas, 2019).

Su kültüründe, yetiştirme ortamı olan besin solüsyonunun bitkinin ihtiyacı olan tüm besin elementlerini içermesi önemlidir. Besin çözeltileri hazırlanırken çözeltinin pH değeri optimuma ayarlanmalı ve anyon katyon konsantrasyonları dengelenmelidir. Su kültüründe birçok besin çözeltisi formülasyonları geliştirilmiştir. Bunlar; Hoagland, Copper, Larsen, Harris ve Douglas besin solüsyonlarıdır (Özgümüş, 1985).

Azot, bitki büyüme ve gelişmesinde temel olan bir elementtir. Amino asitler, enzimler, DNA, RNA ve klorofil gibi önemli maddelerin sentezinde yardımcı olur. Fakat yüksek

dozlarda ve bilinçsizce yapılan azotlu gübreleme bitki, insan ve çevre sağlığı için önemli bir tehdit oluşturmaktadır. Bu sebeple uygun dozlarda ve yeteri kadar azotlu gübreleme yapılmalıdır (Korkmaz vd., 2008; Liu vd., 2014)

Marul bitkisi azotu NH_4^+ (amonyum) ve NO_3^- (nitrat) formunda alır (Santamaria, 2006). Marul çok kısa bir vejetasyon süresine sahip olmasına karşın marul gibi yaprağı tüketilen sebzeler bünyelerinde yüksek oranda nitrat biriktirirler (Wojcienchowska ve Kowalska, 2011).

Bitkiye ihtiyacından fazla yapılan azotlu gübrelemeler, aşırı azot alımı sonucunda bitkide nitrat birikimine neden olur. Marul gibi doğrudan tüketimi yapılan bitkilerde nitrat birikimi istenmeyen bir durumdur (Özen vd., 2017). Marul yetiştiriciliğinde insan sağlığı için zararlı ve tehlikeli olan nitrat birikimi yetiştirildiği döneme, iklim şartlarına ve yetiştirme yöntemine göre değişiklik göstermektedir (Pavlou vd., 2007; Wojcienchowska ve Kowalska, 2011). Bitkiye yapılan fazla azotlu gübrelemenin ve bitkinin yetiştirildiği ortamdaki fazla amonyum iyonunun, nitrat alımı ve işlevi üzerinde olumsuz etkisi vardır (Rao ve Rains, 1976; Ayling, 1993). Ayrıca su stresine bağlı olarak, ihtiyacı olan suyu alamayan bitkilerde nitrat birikimi görülür. Düşük sıcaklığa sahip olan ortamlarda yetiştirilen bitkilerde, alınan azot, nitrat olarak bitkide birikime sebep olur (Sulak vd., 2005).

Azot hem anyonik (NO_3^-) hem de katyonik (NH_4^+) formda fertigasyon yoluyla bitkilere sağlanabilen tek besin elementi iken, her iki N formunun alım oranları dış konsantrasyonlarından etkilenir (Forde ve Clarkson, 1999). Bununla birlikte, bitkilere sağlanan besin solüsyonunda NO_3^- -N/ NH_4^+ -N bitki tarafından alınabilen toplam anyon/kasyon oranını önemli ölçüde değiştirebilir. Toplam anyon-kasyon alım oranındaki değişiklikler, kök bölgesindeki pH üzerinde derin bir etkiye sahiptir (Imas vd., 1997; Lea-Cox vd., 1996). Bitkilerin sadece nitrat veya amonyum kaynaklı azotla beslenmesi yerine hem nitrat hem de amonyum ile beslendiğinde büyümelerinin geliştiği belirtilmiştir (Cox ve Reisenauer, 1973; Haynes ve Goh, 1978).

Sadece NH_4^+ ile beslenen bitkilerin dokularında kalsiyum ve magnezyum seviyelerinin düşük kalması nedeniyle NH_4^+ toksisitesi meydana gelmektedir (Roosta ve Schjoerring, 2007.) Bitkilerin amonyuma toleransı, türlere, çevresel faktörlere ve bitki gelişim dönemine göre değişir (Castro, 1999; Kotsiras vd., 2002). Amonyum toksisitesi birçok

bitki türünde çeşitli büyüme bozukluklarına sebep olur. Amonyum toksisitesinin en belirgin etkilerinden biri yaprak alanını azaltmasıdır (Walch-Liu vd., 2000). Topraksız kültür için mevcut öneri, $\text{NH}_4^+\text{-N}$ 'nin toplam N arzının %25'ini geçmemesi gerektiğidir (Sonneveld, 2002).

Bitkideki azot dengesi önemli bir faktördür ve bu açıdan glutamik asit, azotlu gübreler için bir anahtar görevi yapar. Glutamik asit ve aminoasitlerin diğer formları 19. yüzyılın başlarında, 1866'da Alman kimyager Carl Heinrich Reithausen tarafından bilimsel olarak tanımlandı. Aminoasitler proteinin ana bileşenidir. Bitkinin sıcaklık, kuraklık, tuzluluk ve don gibi olumsuz ve zor koşullara karşı bağışıklığını artırır. L-Glutamik asit formunda serbest halde bulunan aminoasit olan "glutamik asit", bitkilerin birçok stres koşuluna direnmesine yardımcı olur (Farid vd., 2020).

Aminoasitler özellikle de glutamik asit klorofil molekülünün oluşumuna etki etmekte ve glutamik asit kullanımı bitkide fotosentez hızını artırmaktadır. Glutamik asit püskürtülerek kullanıldığında ise bitkideki koruyucu hücrelerin sitoplazmasında ozmotik bir denge sağlar, stomaların açılıp kapanma sürecini iyileştirir. Bitki bağışıklığı ve canlılığını artırır. Bitkide karmaşık bir formda biriken besin elementlerini şelatlar, taşınmasını kolaylaştırır (Meister, 2012).

Yapılan bu denemede durgun su kültürü ortamında farklı $\text{NO}_3^-:\text{NH}_4^+$ oranlarındaki besin solüsyonlarında yetiştirilen marul bitkisine besin solüsyonuna ve bitki yapraklarına yapılan glutamik asit uygulamalarının bitkideki azot alımı üzerine etkisi araştırılmıştır.

1.2. Literatür Çalışması

Alak vd. (2016), ayçiçeği (*Helianthus annuus* L.) bitkisine iki sezon boyunca farklı sulama uygulamaları ile çeşitli glutamik asit konsantrasyonları (0, 30, 60 ve 90 mg L⁻¹) uygulanmıştır. Uygulama sonucunda bitkilerin fenotipik özelliklerinde, verim ve büyüme parametrelerinde artış bulunmuştur. Her iki mevsimde de en yüksek doğurganlık yüzdesi (%70.20 - %81.45), 100 tohum ağırlığı (7.52 g - 7.12 g) ve tohum verimi (3.75 t ha⁻¹ – 2.21 t ha⁻¹) değerleri 60 mg L⁻¹ amino asit konsantrasyonu uygulamasından elde edilmiştir.

Palaniswamy vd. (2004), hidroponik sistemde semiz otu bitkisinde $\text{NO}_3^-:\text{N}:\text{NH}_4^+\text{-N}$ oranı ve bitki yapraklarındaki oksalik asit (OA) derişimini düşürerek hasat zamanını tayin etmek amacıyla semizotu bitkilerini 8 ve 16 gerçek yapraklı aşamada hasatını

gerçekleştirmişlerdir. Amonyum bulunmayan besin solüsyonunda yetişen bitkilerdeki yapraklarda OA konsantrasyonu, amonyum bulunan besin solüsyonunda yetiştirilen bitkilere göre %40-50 oranında daha düşük görülmüştür. Semiz otu bitkisi 16 gerçek yapraklı aşamasındayken hasat edildiğinde yapraklarındaki OA derişimi, 8 gerçek yapraklı aşamasında hasat yapılanlara göre %36-45 oranında daha düşük olduğu, 16 yapraklı semiz otu bitkisinde ise kuru ağırlık, yaprak alanı, taze ağırlık oranları daha fazla olduğu belirlenmiştir.

Kim vd. (1989), çilek bitkisinde hidroponik ortamda farklı $\text{NO}_3^-:\text{NH}_4^+$ oranlarının bitki büyümesi üzerine etkilerini incelemişlerdir. Farklı $\text{NO}_3^-:\text{NH}_4^+$ oranındaki (75:25, 50:50 ve 25:75. 75:25) bitki büyümesi, 50:50 $\text{NO}_3^-:\text{NH}_4^+$ oranlarına göre daha iyi olduğunu bildirmişlerdir. Özellikle 75:25 $\text{NO}_3^-:\text{NH}_4^+$ oranındaki taze ağırlık ve kuru ağırlık değerlerini diğer $\text{NO}_3^-:\text{NH}_4^+$ oranlarına göre daha yüksek bulmuşlardır.

Shattuck ve Wang (1993), Çin lahanasında nitrojen dioksit fumigasyonunun bitkideki glukosinolat ve nitrat azotu oranlarına tesirini araştırmışlardır. Fideler ve yetişkin bitkiler hidroponik sistemde yetiştirilirken 1, 3 ve 5 gün süresince artan azot dioksit derişimleri (0.6, 1.2 ve 1.8 $\mu\text{l L}^{-1}$) uygulanmıştır. Uygulanan azot dozları bitkideki kuru madde birikimini, toplam glukosinolat derişimini ayrıca bitkilerdeki nitrat konsantrasyonlarını değiştirmiştir. Çalışma sonucunda fidelerde ve yetişkin bitkilerde artan azot oranlarına eş olarak indolil-glukosinolatların oranları da artmıştır. Fidelere uygulanan azot dioksit nitrat konsantrasyonunu %21'e çıkarmıştır, yetişkin bitkilerde ise %89'a çıkarmıştır.

Franzoni vd. (2021), marul bitkisinde su stresine karşı glutamik asidin olası etkinliğini değerlendirmek için bitkileri substratla doldurulmuş saksılarda büyütmüş ve su yoksunluğuna tabi tutmuştur. Bir glutamik asit çözeltisi kullanılarak (1.9 mM), hem su stresi olan hem de su stresi olmayan bitkilerde glutamik asit yaprak uygulaması olarak uygulamıştır. Uygulamanın etkisi, moleküler, fizyolojik, biyokimyasal ve agronomik seviyedeki değişiklikleri değerlendirmek için deney sırasında farklı zaman noktalarında değerlendirilmiştir. Su stresi altındaki bitkilerde verim %35 azalırken, su stresi altında artan nitrat içeriği uygulanan bitkiler dışında kalite parametrelerinde önemli bir değişiklik belirlenmemiştir. Yapılan gözlemler sonucunda glutamik asit, bitkinin su stresine karşı tepkisini önemli ölçüde engellememiştir. Nitrat ve prolin içerikleri için glutamik asit uygulamasından kaynaklanan olumlu etkiler bulunmuştur. Bu da glutamik asidin olası bir

etki şeklinin bu moleküller için bir rol içereceğini düşündürmektedir. Çalışmalar sonucu glutamik asitin, klorofil ve prolin biyosentezinde önemli bir rol oynayarak bitki gelişiminde farklı biyolojik süreçlerde yer aldığı bildirilmiştir.

Zhang vd. (2019) biber bitkisinde $\text{NO}_3^-:\text{NO}_4^+$ oranlarının etkisini belirlemek için yürüttükleri çalışmada bitki büyümesi, besin elementlerinin birikimi ve dağılımı, meyve kalitesi, enzim aktivitesi ve azot metabolizması üzerinde yer alan genleri tespit etmeye çalışmışlardır. Uygulamalar arasındaki farkları tespit edebilmek için 100:0, 87.5:12.5, 75:25, 62.5:37.5 ve 50:50 oranlarında dozları kullanmışlardır. Çalışma neticesinde elde ettikleri bulgulara göre 75:25 oranındaki uygulamalarda en yüksek kuru madde, azot, fosfor ve potasyum birikimi, kök uzunluğu, yüzey alanı genişliği, C vitamini, şeker ve protein oranları ile yüksek enzim aktivitesini tespit etmişlerdir.

Yıldız ve Aydemir (1995), su kültüründe domates yetiştiriciliğinde vejetatif gelişme, kuru madde verimi, N, P, K, Ca, Fe, Mg, Mn ve Zn içeriklerindeki değişimi belirleyebilmek amacıyla farklı oranlarda $\text{NO}_3^-:\text{NO}_4^+$ dozlarını bitkiye uygulamışlardır. Yürütülen çalışma sonuçlarına göre yalnızca NO_3^- olmayan uygulamaların neredeyse hiç etki etmediğini, bitki beslemede nitratin mutlaka olması gerektiğini bildirmişlerdir.

Xing vd. (2015), hidroponik sistemlerde ıspanak yetiştiriciliğinde farklı $\text{NO}_3^-:\text{NO}_4^+$ oranlarının klorofil miktarı, stoma iletkenliği, fotosentez hızı, kuru madde verimi ve bitkideki nitrat birikimi araştırmışlardır. Çalışma 5 farklı $\text{NO}_3^-:\text{NO}_4^+$ oranı (100:0, 75:25, 50:50, 25:75 ve 0:100) kullanılarak yürütülmüştür. Çalışma neticesinde elde ettikleri bulgulara göre 75:25 ila 0:100 uygulamaları arasında kuru madde açısından istatistiksel bir farklılık ortaya çıkmadığını, 100:0 uygulamasında klorofil miktarının arttığını ayrıca 75:25 uygulamasının 100:0 uygulamasına göre %38 oranında nitrat birikimini azalttığını bildirmişlerdir.

Song vd. (2017), hidroponik sistemde yetiştirdiği Çin lahanasının büyümesi, nitrat konsantrasyonu ve besin alımı üzerine etkilerini incelemek amacıyla yürüttükleri çalışmada 4 farklı $\text{NO}_3^-:\text{NO}_4^+$ oranı (100:0, 75:25, 50:50 ve 25:75) kullanmışlardır. Çalışma neticesinde elde ettikleri bulgulara göre 75:25 oranının hem bitkinin çiçeklenmesi için uygun olduğunu hem de bitkide bulunan klorofil miktarını arttırdığını tespit etmişlerdir.

Hameed vd. (2022), hidroponik sistemlerde marul yetiştiriciliği yaptıkları çalışmada metabolik aktivitedeki değişimleri gözlemleyebilmek amacıyla farklı $\text{NO}_3^-:\text{NH}_4^+$ oranları (100:0, 75:25, 50:50, 25:75, 0:100) uygulamışlardır. Elde ettikleri sonuçlara göre 75:25 $\text{NO}_3^-:\text{NH}_4^+$ oranındaki uygulamanın hem marul biyokütlesini artırdığını hem de klorofil miktarını artırdığını tespit etmişlerdir.

Abdel-Aal vd., (2016) azot (N) kaynaklarının marulun (*Lactuca sativa*) büyümesi ve nitrat (NO_3^-) birikimi üzerindeki etkisini inceledikleri çalışmada bitkilere 3 farklı NO_3^- (1) 100:0, (2) 80:20 ve (3) 60:40 ve 6 farklı amino asit uygulaması, glutamik asit, glutamin, alanin, glisin, aspartik asit ve arginin yapmışlardır. Çalışma sonucunda nitrat dozları azaldıkça tüm amino asit uygulamalarında, %100 NO_3^- işlemine kıyasla bitki büyümesi azalmıştır. NO_3^- -N/AA-N oranları 80:20 ve 60:40 olduğunda, glutamik asit uygulamasında sürgün ve kökün taze ve kuru ağırlığı diğer tüm uygulamalardan önemli ölçüde daha düşük belirlenmiştir. Azalan NO_3^- -N/AA-N oranları, aminoasit kaynaklarından bağımsız olarak taze sürgündeki NO_3^- -N konsantrasyonlarını azaltmıştır. Glutamik asit uygulamasında yetiştirilen bitkiler, NO_3^- -N/AA-N oranı sadece 80:20 olduğunda diğer tüm uygulamalarda yetiştirilenlere göre taze sürgünde daha düşük NO_3^- konsantrasyonlarına sahip olduğu görülmüştür.

Barickman ve Kopsell (2016), pazı yaprağı dokusunda azot (N) formunun ve oranının karotenoid ve klorofil miktarları üzerindeki etkilerini belirlemeyi amaçladıkları çalışmada bitkiler hidroponik ortamda farklı amonyum ve nitrat oranlarında yetiştirilmiştir. Sonuç olarak klorofil miktarlarının %25 NH_4^+ -N : %75 NO_3^- -N uygulamalarında arttığını bildirmişlerdir.

Bonasia vd. (2008), 8 mM NH_4^+ -N ve 8 mM NO_3^- -N besin çözeltilerinin iki çeşit hindiba bitkisindeki etkilerini araştırmışlardır. Çalışmada büyüme (yaprak sayısı ve alan), verim (baş ve taze kütle), kalite (yaprakların kuru madde, renk ve nitrat içeriği) ile bazı kimyasal ve fizyolojik özellikleri değerlendirilmiştir. Çalışma sonucunda amonyum ile beslenen bitkilerde klorofil miktarının arttığı belirtilmiştir. Amonyum içeren besin çözeltisinde yetiştirilen bitkilerde verim ve kalite ölçümlerinde daha iyi sonuçlar elde edilmiş olup, ticari olarak daha çok pazarlanabilir olduğu bildirilmiştir.

Cao vd. (2006), yaptıkları çalışmada Çin frenk soğanında glutamik asidin (GA), bitki yapraklarına püskürtülmesi yoluyla nitrat birikimi üzerine etkilerini araştırmışlardır.

Çalışma sonucunda $0.5-10 \text{ mmol L}^{-1}$ konsantrasyon seviyesindeki glutamik asit çözeltisinin Çin frenk soğanı yapraklarında nitrat birikimini azalttığı ve nitrat asimilasyonunu hızlandırdığı belirtilmiştir. Bununla birlikte, Çin frenk soğanı yapraklarında $0.5-10 \text{ mmol L}^{-1}$ glutamik asit konsantrasyonunda toplam-N (azot) içeriği ve klorofil miktarını arttırdığını da bildirmişlerdir.

Farahmandi vd. (2022), yaptıkları çalışmada hidroponik sistemde glutamik asitin marul yapraklarında verim ve kalite üzerindeki etkisini araştırmışlardır. Deneme sonucunda glutamik asit uygulamalarının 12-16 gün boyunca marul yapraklarında taze ağırlık, protein oranı ve kaliteyi arttırmada etkili olduğu belirtilmiştir. Ayrıca glutamik asitin marul bitkisi yetiştiriciliğinde nitrojen kaynağı olarak kullanılabileceğini ortaya koymuşlardır.

Gao vd. (2010), yaptıkları çalışmada hidroponik sistemde, glutamik asitin marul yapraklarında verim ve kalite üzerindeki etkisini araştırmışlardır. Glutamik asit uygulamalarının bitkideki nitrat toksisitesini azalttığını, klorofil miktarı ve protein oranını önemli ölçüde arttırdığını bildirmiştir. Bununla birlikte büyümeyi teşvik etme ve kaliteyi iyileştirme üzerinde olumlu etkileri olduğunu bildirmişlerdir.

Gunes vd. (1996), yaptıkları çalışmada soğan bitkisi (*Allium cepa* L.), 20.25 mM N konsantrasyonunda olan ($\%93.8 \text{ NO}_3^-$, $\%6.2 \text{ NH}_4^+$) perlit içinde yetiştirilmiştir. Nitratın $\%20$ 'sinin üre, glisin veya karışık amino asitlerle değiştirilmesi durumunda bitki taze ve kuru ağırlığını etkilemediğini bildirmişlerdir. Ancak NO_3^- içeriğinin azaldığını ve soğanların toplam N içeriğinin önemli ölçüde arttığını bildirmişlerdir.

Haghighi (2012), yürüttüğü çalışmada hidroponik sistemde yetiştirilen marul bitkisinde yetiştirme ortamı olarak kullanılan bir besin çözeltisindeki azot (N) kaynağının kısmen amino asitler ve humik asit ile değiştirilmesinin maruldaki fizyolojik ve antioksidan aktiviteler ile N metabolizması üzerindeki etkisini araştırmıştır. Besin çözeltilerindeki azotun $\%25$ ve $\%50$ 'sini glutamik asit (GA) ve humik asit (HA) ile değiştirerek bitkideki büyüme, nitrat (NO_3^-) asimilasyonu, protein oranı, nitrat redüktaz üzerindeki etkilerini değerlendirmişlerdir. Çalışma sonucunda N'nin bir kısmı glutamik asit ve humik asit ile değiştirildiğinde, marul sürgünlerinin taze ve kuru ağırlıklarının önemli ölçüde değişmediğini bildirmişlerdir. Aynı zamanda glutamik asitin, bitki büyümesini teşvik ettiğini, bitkideki NO_3^- alımını ve protein oranını artırdığını tespit etmişlerdir.

Haghighi ve Teixeira Da Silva (2013), yürüttüğü çalışmada hidroponik bir sistemde yetiştirilen domates bitkisinin yetiştirildiği besin çözeltisine humik asit (HA) ve glutamik asit (GA) ilavesinin bitki büyümesine etkisini incelemiştir. Domates fideleri altı farklı besin solüsyonunda büyütülmüştür: (1) kontrol (C), (2) C + 25 mg L⁻¹ HA (HA1); (3) C + 50 mg L⁻¹ HA (HA2); (4) C + 100 mg L⁻¹ GA; (5) HA1 + GA; (6) HA2 + GA. Çalışmalar sonucu çeşitli biyokimyasal ve fizyolojik parametreler ölçülmüştür. Humik asitin, fotosentez hızını ve buna bağlı olarak klorofil miktarının arttığını belirtmişlerdir. Ayrıca glutamik asitin, protein ve şeker içeriğini olumlu etkilediğini bildirmiştir.

Lasa vd. (2001), ıspanak (*Spinacea oleracea* L.), ayçiçeği (*Helianthus annuus* L.) ve bezelye (*Pisum sativum* L.) bitkisinde amonyum ve nitrat olarak farklı N formlarının bitkilerdeki büyüme, fotosentez etkinliği ve N toksisitesine etkilerini araştırmışlardır. Çalışma sonucunda bezelye bitkisinin amonyumlu beslenmeye karşı toleranslı, ıspanak bitkisinin oldukça duyarlı olduğunu ve ayçiçeği bitkisinin ise kısmen duyarlı olduğu belirlenmiştir. Bunun sonucunda ise amonyum toksisitesi ile azot dozu artışının doğru orantıda olduğu belirtilmiştir.

Santamaria vd. (1998), hidroponik sistemde besin solüsyonundaki farklı NO₃⁻:NH₄⁺ (100:0, 50:50 ve 0:100) oranlarının Hindiba (*Cichorium intybus* L.) ve roka (*Eruca vesicaria* L.) bitkisinde bitki büyüme parametreleri üzerine etkisini incelemiştir. Yüksek oranlardaki amonyum beslemesi roka bitkisinin büyümesini engellerken 50:50 NO₃⁻:NH₄⁺ oranında en yüksek değerlere ulaştığını ve besin çözeltisindeki NO₃⁻ içeriği arttıkça rokada su alımının arttığını bildirmişlerdir. Hindiba bitkisinde ise roka bitkisinden farklı olarak 100:0 NO₃⁻:NH₄⁺ oranı uygulamasında bitki büyümesinde artışa neden olduğunu belirtmişlerdir.

Tabatabaei vd. (2008), hidroponik ortamda yetiştirilen çilek bitkisinde farklı NO₃⁻:NH₄⁺ oranlarının (0:100, 75:25, 50:50 ve 25:75) bitki üzerindeki büyüme, verim, kalite ve N metabolizması üzerine etkilerini incelemiştir. 75:25 ve 50:50 NO₃⁻:NH₄⁺ uygulamalarında bitkinin taze ve kuru ağırlıklarında artış olduğu görülmüştür. Meyve büyüklüğü değerleri incelendiğinde ise 75:25 ve 50:50 NO₃⁻:NH₄⁺ uygulamalarında en yüksek sonuçlar elde edilmiştir. Yüksek amonyum konsantrasyonlarının hasat sonrası meyve ömrünü azalttığı görülmüştür.

2. BÖLÜM

MATERYAL VE METOT

2.1. Materyal

2.1.1. Bitki Materyali

Denemede Syngenta-Kanaryole F1 kıvırcık marul çeşidi kullanılmıştır. Kanaryole F1 kıvırcık marul çeşidi tekdüze bir gelişim gösterir. Albenili bir renge sahiptir. Açık tarla üretimine elverişlidir. Taze tüketim hedefli üretilir. Uzun gün şartlarında geç sapa kalkma özelliği gösterir. *Bremia lactucae* race 16-18, 20-28, 30-32 hastalıklarına karşı dirençlidir (Anonim, 2022b).



Şekil 2.1. Syngenta-Kanaryole F1 Marul Çeşidi

2.1.2. Araştırma Yeri

Deneme 2021 yılı Mart- Mayıs aylarında Kayseri ili, Erciyes Üniversitesi Ziraat Fakóltesi'ne ait, kontrollü koşullar altındaki serada yapılmıştır.



şekil 2.2. Denemeye ait genel görünüm

2.1.3. Araştırmada Kullanılan Solüsyon Özellikleri

Denemede kullanılan besin solüsyonları Erciyes Üniversitesi Ziraat Fakóltesi Toprak Bilimi ve Bitki Besleme laboratuvarında hazırlanmıştır. Tablo 2.1'de verilen içeriklere göre stok besin solüsyonu hazırlanmıştır.

Tablo 2.1. Besin Solüsyonunda Kullanılan Stok Çözeltilerin Hazırlanışı (1 litre için)

Çözelti	Kullanılan Kimyasal	1 Litre için alınan tartım miktarı (g)
2M KNO ₃	KNO ₃	202.2064
2M Ca(NO ₃) ₂	Ca(NO ₃) ₂	328.176
2M MgSO ₄	MgSO ₄	260.732
1M KH ₂ PO ₄	KH ₂ PO ₄	136.08
0,5M K ₂ SO ₄	K ₂ SO ₄	87.1295
1M NH ₄ SO ₄	NH ₄ SO ₄	132.14
0,01M CaSO ₄ .2H ₂ O	CaSO ₄ .2H ₂ O	1.7217
Fe-EDTA (15g/L)	Ferrik EDTA	15
1 M NaOH	NaOH	40
	H ₃ BO ₃	2.86
	MnCl ₂ .4H ₂ O	1.81
Mikro Elementler	ZnSO ₄ .5H ₂ O	0.22
	Na ₂ MoO ₄	0.02
	CuSO ₄ .5H ₂ O	0.08

Hazırlanan stok çözeltilerinden 3 farklı NO₃⁻:NH₄⁺ oranlarına ait besin solüsyonları Tablo 2.2 de belirtildiği şekilde ayarlanmıştır. Besin solüsyonları fide dikiminden hasada kadar her hafta yenilenmiştir.

Tablo 2.2. Besin solüsyonunun kimyasal ve besin elementi içeriği (6 mM)

NO ₃ :NH ₄ oranları	Kimyasal içerik (mM)									
	KNO ₃	NH ₄ NO ₃	Ca(NO ₃) ₂	CaCl ₂	(NH ₄) ₂ SO ₄	Na ₂ SO ₄	K ₂ SO ₄	KH ₂ PO ₄	KCl	MgSO ₄
100:0	2.5	0	1.75	0	0	1.25	0	2.5	0	0.5
75:25	0	1.5	1.5	0	0	0	1.25	2.5	0	0.5
50:50	0	3	0	1.5	0	0	1.25	2.5	0	0.5
	Besin elementi içeriği (mM)									
	N	NO ₃ ⁻	NH ₄ ⁺	PO ₄ ⁻³	K ⁺	Ca ⁺²	Mg ⁺²	Na ⁺	SO ₄ ⁻²	Cl ⁻
100:0	6	6	0	2.5	5	1.75	0.5	2.5	1.25	0
75:25	6	4.5	1.5	2.5	5	1.5	0.5	0	1.25	0
50:50	6	3	3	2.5	5	1.5	0.5	0	1.25	3

2.2. Metot

Durgun su kültüründe yetiştirilen marul bitkisinde farklı oranlarda NO₃⁻:N:NH₄⁺:N uygulamaları ve glutamik asit ilavesinin bitki gelişmesi, besin elementi alımı ve amonyum toksisitesine etkisi araştırılmıştır. Bitkiler, 10 litrelik 72 adet plastik saksılarda yetiştirilmiştir. Bitkileri su yüzünde tutmak maksadıyla bitki gövdesinin solüsyonla birleştiği bölgelerde sünger kullanılmıştır ve 3 tekerrürle yürütülmüştür. Marul bitkisinin yetiştirildiği farklı oranlarda (100:0, 75:25, 50:50) NO₃⁻:NH₄⁺ içeren besin solüsyonuna 1, 10 ve 100 mg L⁻¹ glutamik asit ilave edilmiştir. Yapraktan uygulamalarda ise 100, 250 ve 500 mg L⁻¹ glutamik asit, dikimden hasada kadar her hafta toplamda 5 defa

uygulanmıştır. Çalışma süresince besin solüsyonunun pH ve EC değerleri düzenli olarak ölçülmüştür. Besin solüsyonlarının pH değerleri HNO₃ ve NaOH kullanılarak ortalama 6.0 – 6.5 seviyesinde tutulmuştur. Her hafta saksılardaki besin solüsyonları yenilenmiştir. Bitkilere hava motoru ile O₂ verilerek bitkilerin ihtiyacı sağlanmıştır. Bitkiler 37. günün sonunda hasada gelmişlerdir. Hasada gelen bitkilerin bitki yaş ve kuru ağırlıkları, kök uzunluğu ile yaş ve kuru ağırlıkları, yaprak eni, boyu, sayısı, alanı ve klorofil miktarı ile gövde çapı ölçümleri yapılmıştır. Ayrıca marul bitkisinin yaprak ve köklerinin protein analizleri yapılmıştır.

2.2.1. Yapılan Gözlem ve Ölçümler

Hasat sonucunda elde edilen materyallerin bitki ve köklerde ayrı ayrı yaş ve kuru ağırlıklar, kök uzunluğu, yaprağın eni, boyu, sayısı, alanı ve klorofil miktarının yanı sıra gövde çapı ve yaprak ve kökteki protein oranları belirlenmiştir.

2.2.1.1. Bitki Yaş ve Kuru Ağırlığı

Hasada gelen bitkiler kök boğazından kesilerek bitki üst aksamı ve kök kısmı ayrılmış, bitki yaş ağırlıkları belirlendikten sonra 70 °C'ye ayarlanmış etüvde ağırlık sabitlenene kadar kurutulmuş ve bitki kuru ağırlıkları hassas terazi yardımıyla belirlenmiştir.

2.2.1.2. Kök Uzunluğu, Yaş ve Kuru Ağırlıkları

Hasat edilen bitki kök uzunlukları cetvel yardımıyla ölçülmüştür. Kök yaş ağırlıkları belirlendikten sonra 70 °C'ye ayarlanmış etüvde ağırlık sabitlenene kadar kurutulmuş ve bitki kök kuru ağırlıkları hassas terazi yardımıyla belirlenmiştir.



Şekil.2.3. Kök hasadına ait görünüm

2.2.1.3. Yaprak Eni, Boyu, Sayısı, Alanı ve Klorofil Miktarı

Yaprak sayısı değerleri ölçülürken hasat edilen bitkiler kök boğazından kesildikten sonra sağlıklı yapraklar sayılmış, yaprak eni ve yaprak boyu cetvel yardımıyla ölçülmüştür. Hasat edilen sağlıklı bitkilerin klorofil miktarları SPAD-502 (SPAD-502, Konica Minolta corporation, Ltd., Osaka, Japan) klorofil ölçer cihazı ile ölçülmüştür. Sağlıklı yaprakların tüm yaprak alanı LI 3100 C Model Yaprak Alanı Ölçme Cihazı kullanılarak ölçülmüştür. Sonuçlar cm^2 olarak kaydedilmiştir.

2.2.1.4. Gövde Çapı

Hasada gelen bitkilerin gövdeleri bir kumpas yardımıyla mm cinsinden ölçülmüştür.

2.2.1.5. Yaprak ve Kök Protein Oranı (%)

Kök ve yaprakları ayrı ayrı kurutulan ($70\text{ }^{\circ}\text{C}$) bitki örnekleri laboratuvar ortamında öğütölüp, Kjeldahl azot analizi metoduna göre azot değerleri elde edilmiştir (Kirk, 1950). Analiz sonucunda bulunan azot değerleri 6.25 katsayı değeri ile çarpılarak protein oranları % cinsinden belirlenmiştir.

2.2.1.6. İstatistiksel Analizler

Çalışmada elde edilen verilerin değerlendirilmesinde SPSS 23 istatistik paket programı kullanılmıştır, ortalamaların arasındaki farklılıkların karşılaştırılması ise Duncan çoklu karşılaştırma testine göre yapılmıştır

3. BÖLÜM

BULGULAR VE TARTIŞMA

3.1. Bitki Yaş ve Kuru Ağırlıkları

Farklı $\text{NO}_3^-:\text{NH}_4^+$ oranlarındaki besin solüsyonunda yetiştirilen marul bitkisine yapraktan ve besin solüsyonuna GA uygulamalarının bitki yaş ağırlığına ait varyans analiz sonuçları Tablo 3.1’de verilmiştir. Tablo 3.1 incelendiğinde yapraktan ve besin solüsyonuna GA uygulamalarında, $\text{NO}_3^-:\text{NH}_4^+$ oranları, GA uygulamaları ve bunların interaksyonlarından elde edilen bitki yaş ağırlık değerleri arasındaki farklılıkların etkisi istatistiksel olarak ($p<0.01$) önemli bulunmuştur.

Tablo 3.1. Yapraktan ve besin solüsyonuna GA uygulanan, farklı $\text{NO}_3^-:\text{NH}_4^+$ oranlarında yetiştirilen marul bitkisinin yaş ağırlığına ait varyans analiz sonuçları

Varyasyon Kaynağı	Yaprak			Besin Solüsyonu	
	Serbestlik Derecesi	Kareler Toplamı	F Değeri	Kareler Toplamı	F Değeri
$\text{NO}_3^-:\text{NH}_4^+$ oranı	2	107569.7	2476.884**	129219.5	704.4694**
GA Dozları (GAD)	3	2759.36	42.3577**	11668.59	42.4093**
$\text{NO}_3^-:\text{NH}_4^+ * \text{GAD}$	6	3138.72	24.0906**	6540.44	11.8856**
Hata	24	521.15		2201.14	
Genel Toplam	35			149629.7	

**:%1, *:%5 düzeyinde önemlidir.

Tablo 3.2’de farklı $\text{NO}_3^-:\text{NH}_4^+$ oranlarındaki besin solüsyonunda yetiştirilen marul bitkisine yapraktan ve besin solüsyonuna GA uygulamalarında bitki yaş ağırlığına ait ortalama değerler verilmiştir. Yapraktan yapılan uygulamalar sonucu elde edilen ortalama bitki yaş ağırlığı değerleri incelendiğinde en yüksek bitki yaş ağırlığı (262.6 g/bitki) 100:0 $\text{NO}_3^-:\text{NH}_4^+$ ve 250 mg L⁻¹ GA uygulamasından, en düşük değer ise (104.5 g/bitki) ile 50:50 $\text{NO}_3^-:\text{NH}_4^+$ oranı ve 500 mg L⁻¹ GA uygulamasından elde edilmiştir.

Dozların genel ortalamaları incelendiğinde bitki yaş ağırlıkları 250 mg L⁻¹ GA uygulamasına kadar artış göstermiş olup, 500 mg L⁻¹ GA uygulamasında düştüğü tespit edilmiştir.

Besin solüsyonuna yapılan GA uygulamaları ve farklı NO₃⁻:NH₄⁺ dozlarının etkisi sonucu elde edilen bitki yaş ağırlığı değerleri incelendiğinde en yüksek değer (279.1 g/bitki) 100:0 NO₃⁻:NH₄⁺ ve 100 mg L⁻¹ GA uygulamasından elde edilmiş, 100:0 NO₃⁻:NH₄⁺ oranında 1 mg L⁻¹ ve 10 mg L⁻¹ GA uygulamaları ise istatistiksel olarak aynı grupta yer almışlardır. En düşük değer ise (111.2 g/bitki) 50:50 NO₃⁻:NH₄⁺ ve 0 mg L⁻¹ GA uygulamasından elde edilmiştir.

Glutamik asit uygulamalarının genel ortalamaları incelendiğinde ise dozlar arttıkça bitki yaş ağırlıkları önemli seviyede artış göstermiştir. Çalışmanın tamamında NO₃⁻:NH₄⁺ oranlarının genel ortalaması incelendiğinde ise 100:0 NO₃⁻:NH₄⁺ oranında en yüksek bitki yaş ağırlığı elde edilmiş olup, amonyum oranı arttıkça bitki yaş ağırlığının azaldığı tespit edilmiştir.

Tablo 3.2. Yapraktan ve besin solüsyonuna GA uygulanan, farklı NO₃⁻:NH₄⁺ oranlarında yetiştirilen marul bitkisinin yaş ağırlığına (g) ait ortalama değerler

Glutamik Asit Dozları						
Yaprak	NO ₃ ⁻ :NH ₄ ⁺	0	100	250	500	Ort
	100:0	202.4 ^c	230.7 ^b	262.6 ^a	235.8 ^b	232.9 ^a
	75:25	119.3 ^{efg}	129.1 ^{de}	133.7 ^d	124.6 ^{def}	126.7 ^b
	50:50	111.2 ^{fgh}	110.4 ^{gh}	110.6 ^{gh}	104.5 ^h	109.2 ^c
	Ort	144.3 ^c	156.7 ^b	169.0 ^a	154.9 ^b	
	Glutamik Asit Dozları					
Besin Solüsyonu	NO ₃ ⁻ :NH ₄ ⁺	0	1	10	100	Ort
	100:0	195.8 ^b	273.5 ^a	276.2 ^a	279.1 ^a	256.1 ^a
	75:25	119.3 ^{de}	122.9 ^{de}	124.7 ^{de}	140.3 ^{cd}	126.8 ^b
	50:50	111.2 ^e	133.4 ^{cde}	127.2 ^{cde}	153.9 ^c	131.4 ^b
	Ort	142.1 ^c	176.6 ^b	176.0 ^b	191.1 ^a	

Yapraktan ve besin solüsyonuna GA uygulanan, aynı zamanda farklı NO₃⁻:NH₄⁺ oranlarındaki besin solüsyonunda yetiştirilen marul bitkisi kuru ağırlığına ait varyans analiz sonuçları Tablo 3.3'te verilmiştir. Tablo 3.3 incelendiğinde bitki kuru ağırlık değerleri arasındaki farklılıkların etkisi, NO₃⁻:NH₄⁺ oranlarında ($p<0.01$), GA uygulamalarında ($p<0.05$) ve bunların etkileşimlerinden elde edilen bitki kuru ağırlık değerleri arasındaki farklılıklar istatistiksel olarak önemli bulunmuştur.

Tablo 3.3. Yapraktan ve besin solüsyonuna GA uygulanan, farklı $\text{NO}_3^-:\text{NH}_4^+$ oranlarında yetiştirilen marul bitkisinin kuru ağırlığına ait varyans analiz sonuçları

Varyasyon Kaynağı	Yaprak			Besin Solüsyonu	
	Serbestlik Derecesi	Kareler Toplamı	F Değeri	Kareler Toplamı	F Değeri
$\text{NO}_3^-:\text{NH}_4^+$ oranı	2	91.690956	159.5982**	135.71282	58.341**
GA Dozları	3	7.840456	9.0981*	19.56863	5.6082*
$\text{NO}_3^-:\text{NH}_4^+$ *GAD	6	8.887178	5.1564*	22.37105	3.2057*
Hata	24	6.89413		27.9144	
Genel Toplam	35	115.3127		205.5669	

**:%1, *:%5 düzeyinde önemlidir.

Yapraktan ve besin solüsyonuna GA uygulanan, aynı zamanda farklı $\text{NO}_3^-:\text{NH}_4^+$ oranlarındaki besin solüsyonunda yetiştirilen marul bitkisinin kuru ağırlık ortalama değerleri Tablo 3.4'te verilmiştir. Yapraktan yapılan GA uygulamalarına ait bitki kuru ağırlık değerleri incelendiğinde en yüksek bitki kuru ağırlığı (15.9 g/bitki) 100:0 $\text{NO}_3^-:\text{NH}_4^+$ ve 250 mg L⁻¹ GA uygulamasından elde edilmiştir. En düşük değer ise (10.4 g/bitki) 50:50 $\text{NO}_3^-:\text{NH}_4^+$ ve 500 mg L⁻¹ GA uygulamasından elde edilmiştir.

Dozların genel ortalamaları incelendiğinde bitki kuru ağırlıkları 250 mg L⁻¹ GA uygulamasına kadar artış göstermiş olup 500 mg L⁻¹ GA uygulamasında azalmıştır. $\text{NO}_3^-:\text{NH}_4^+$ oranlarının genel ortalaması incelendiğinde ise en yüksek bitki kuru ağırlığı 100:0 $\text{NO}_3^-:\text{NH}_4^+$ uygulamasından elde edilmiş olup amonyum oranı arttıkça bitki kuru ağırlığı azalmıştır.

Besin solüsyonuna yapılan GA uygulamaları ve farklı $\text{NO}_3^-:\text{NH}_4^+$ dozlarının etkisi sonucu elde edilen bitki kuru ağırlık değerleri incelendiğinde en yüksek değer (19.4 g/bitki) 100:0 $\text{NO}_3^-:\text{NH}_4^+$ ve 100 mg L⁻¹ GA uygulamasından elde edilmiştir. En düşük değer ise (11.6 g/bitki) 75:25 $\text{NO}_3^-:\text{NH}_4^+$ ve 0 mg L⁻¹ GA uygulamasında tespit edilmiştir.

Glutamik asit dozlarının genel ortalamaları incelendiğinde ise dozlar arttıkça bitki kuru ağırlıkları önemli seviyede artış göstermiştir. $\text{NO}_3^-:\text{NH}_4^+$ oranlarının genel ortalaması incelendiğinde en yüksek bitki kuru ağırlığı 100:0 $\text{NO}_3^-:\text{NH}_4^+$ uygulamasından elde edilmiştir.

Tablo 3.4. Yapraktan ve besin solüsyonuna GA uygulanan, farklı $\text{NO}_3^-:\text{NH}_4^+$ oranlarında yetiştirilen marul bitkisinin kuru ağırlığına (g) ait ortalama değerler

	Glutamik Asit Dozları					
	$\text{NO}_3^-:\text{NH}_4^+$	0	100	250	500	Ort
Yaprak	100:0	15.0 ^a	15.8 ^a	15.9 ^a	15.8 ^a	15.6 ^a
	75:25	11.6 ^{bc}	12.9 ^b	12.9 ^b	12.0 ^b	12.4 ^b
	50:50	12.7 ^b	12.7 ^b	12.7 ^b	10.4 ^c	12.1 ^b
	Ort	13.1 ^b	13.8 ^a	13.8 ^a	12.7 ^b	
	Glutamik Asit Dozları					
	$\text{NO}_3^-:\text{NH}_4^+$	0	1	10	100	Ort
Besin Solüsyonu	100:0	15.0 ^{bc}	15.4 ^{bc}	17.5 ^{ab}	19.4 ^a	16.8 ^a
	75:25	11.6 ^d	13.0 ^{cd}	13.2 ^{cd}	13.0 ^{cd}	12.7 ^b
	50:50	12.7 ^{cd}	12.7 ^{cd}	12.7 ^{cd}	12.8 ^{cd}	12.7 ^b
	Ort	13.1 ^b	13.7 ^{ab}	14.5 ^{ab}	15.0 ^a	

Yapılan diğer çalışmalarda bitki kuru ve yaş ağırlıklarını GA uygulamalarının artırdığı belirtilmiştir (Haghighi, 2012; Uğur vd., 2014). Aynı zamanda $\text{NO}_3^-:\text{NH}_4^+$ oranları arttıkça bitki yaş ağırlıklarının da arttığı belirtilmiştir (Hameed vd., 2022). Gunes vd., (1996) ise $\text{NO}_3^-:\text{NH}_4^+$ uygulamaları değiştikçe bitki kuru ağırlıklarında herhangi bir değişim olmadığını belirlemişlerdir. Oseyko vd. (2020), glutamik asidin bitkilerin besin elementleri alımını hızlandırdığı ve yarayışlılığını arttırdığını, nitrat uygulamasının glutamik asit ile bitkilere uygulanmasının verim ve verim parametrelerini iyileştirdiğini belirtmişlerdir. Ayrıca nitrat uygulaması ile yeşil aksamın gelişmesi hız kazandığından su alımı da artmakta ve bununda bitki yaş ağırlıklarının artmasına sebep olduğunu bildirmişlerdir.

3.2. Kök Uzunluğu, Yaş ve Kuru Ağırlıkları

Farklı $\text{NO}_3^-:\text{NH}_4^+$ oranlarındaki besin solüsyonunda yetiştirilen marul bitkisine yapraktan ve besin solüsyonuna GA uygulamalarının bitki kök uzunluğuna ait varyans analiz sonuçları Tablo 3.5'te verilmiştir. Tablo 3.5 incelendiğinde yapraktan ve besin solüsyonuna yapılan uygulamalarda, $\text{NO}_3^-:\text{NH}_4^+$ oranları arasındaki farklılıkların etkisi ($p<0.01$) istatistiksel olarak önemli bulunmuştur. Ayrıca yapraktan GA uygulamaları değerleri arasındaki farklılıkların etkisi ($p<0.01$), besin solüsyonuna yapılan uygulamalarda ($p<0.05$) ve bunların interaksiyonlarından elde edilen bitki kök uzunluğu değerleri arasındaki farklılıkların etkisi istatistiksel olarak önemli bulunmuştur.

Tablo 3.5. Yapraktan ve besin solüsyonuna GA uygulanan, farklı $\text{NO}_3^-:\text{NH}_4^+$ oranlarında yetiştirilen marul bitkisinin kök uzunluğuna ait varyans analiz sonuçları

Varyasyon Kaynağı	Yaprak			Besin Solüsyonu	
	Serbestlik Derecesi	Kareler Toplamı	F Değeri	Kareler Toplamı	F Değeri
$\text{NO}_3^-:\text{NH}_4^+$ oranı	2	1840.3889	241.8029**	3466.5	123.3142**
GA Dozları	3	221.1111	19.3674**	142.4444	3.3781*
$\text{NO}_3^-:\text{NH}_4^+$ *GAD	6	200.7222	8.7908**	533.7222	6.3287*
Hata	24	91.3333		337.3333	
Genel Toplam	35	2353.5556		4480	

**:%1, *:%5 düzeyinde önemlidir.

Tablo 3.6'da farklı $\text{NO}_3^-:\text{NH}_4^+$ oranlarındaki besin solüsyonunda yetiştirilen marul bitkisine yapraktan ve besin solüsyonuna GA uygulamalarının bitki kök uzunluğuna ait ortalama değerler verilmiştir. Yapraktan yapılan GA uygulamaları ve farklı $\text{NO}_3^-:\text{NH}_4^+$ uygulamalarının etkisi sonucu elde edilen ortalama kök uzunluğu değerleri incelendiğinde en yüksek değer (53.3 cm) 100:0 $\text{NO}_3^-:\text{NH}_4^+$ ve 250 mg L⁻¹ GA uygulamasından elde edilirken, en düşük değer ise (24.3 cm) 75:25 $\text{NO}_3^-:\text{NH}_4^+$ ve 0 mg L⁻¹ GA uygulamasından elde edilmiştir. Glutamik asit uygulamalarının genel ortalamaları incelendiğinde bitki kök uzunluğu 250 mg L⁻¹ GA uygulamasına kadar artış göstermiş olup 500 mg L⁻¹ GA uygulamasında bitki kök uzunluğunun daha düşük olduğu tespit edilmiştir.

Besin solüsyonuna yapılan GA uygulamaları ve farklı $\text{NO}_3^-:\text{NH}_4^+$ oranlarının etkisi sonucu elde edilen ortalama bitki kök uzunluğu değerleri incelendiğinde en yüksek değer (59.0 cm) 100:0 $\text{NO}_3^-:\text{NH}_4^+$ ve 10 mg L⁻¹ GA uygulamasından elde edilirken, en düşük değer ise (23.7 cm) 75:25 $\text{NO}_3^-:\text{NH}_4^+$ ve 1 mg L⁻¹ GA uygulamasından elde edilmiştir. Glutamik asit dozlarının genel ortalamaları incelendiğinde bitki kök uzunluğu 10 mg L⁻¹ GA uygulamasına kadar artış göstermiş olup 100 mg L⁻¹ GA uygulamasında azalmıştır.

Çalışmanın tamamında $\text{NO}_3^-:\text{NH}_4^+$ uygulamalarının genel ortalaması incelendiğinde 100:0 $\text{NO}_3^-:\text{NH}_4^+$ uygulamasında en yüksek bitki kök uzunluğu değeri elde edilmiş olup 75:25 $\text{NO}_3^-:\text{NH}_4^+$ uygulamasından itibaren azalırken 50:50 $\text{NO}_3^-:\text{NH}_4^+$ oranı uygulamasında ise kök uzunluğunda artış tespit edilmiştir.

Tablo 3.6. Yapraktan ve besin solüsyonuna GA uygulanan, farklı $\text{NO}_3^-:\text{NH}_4^+$ oranlarında yetiştirilen marul bitkisinin kök uzunluğuna (cm) ait ortalama değerler

Yaprak	Glutamik Asit Dozları					
	NO ₃ ⁻ :NH ₄ ⁺	0	100	250	500	Ort
	100:0	41.3 ^b	42.3 ^b	53.3 ^a	42.7 ^b	44.9 ^a
	75:25	24.3 ^d	30.0 ^{cd}	29.3 ^{cd}	31.3 ^c	28.8 ^c
	50:50	29.7 ^{cd}	32.7 ^c	33.3 ^c	28.3 ^{cd}	31.0 ^b
	Ort	31.8 ^c	35.0 ^b	38.7 ^a	34.1 ^{bc}	
Besin Solüsyonu	Glutamik Asit Dozları					
	NO ₃ ⁻ :NH ₄ ⁺	0	1	10	100	Ort
	100:0	51.0 ^{ab}	49.7 ^{ab}	59.0 ^a	43.3 ^{bc}	50.8 ^a
	75:25	26.7 ^{de}	23.7 ^e	29.3 ^{de}	34.3 ^{cde}	28.5 ^b
	50:50	27.0 ^{de}	33.0 ^{cde}	31.3 ^{de}	35.7 ^{cd}	31.8 ^b
	Ort	34.9 ^b	35.4 ^{ab}	39.9 ^a	37.8 ^{ab}	

Farklı $\text{NO}_3^-:\text{NH}_4^+$ oranlarındaki besin solüsyonunda yetiştirilen marul bitkisine yapraktan ve besin solüsyonuna GA uygulamalarının kök yaş ağırlığına ait varyans analiz sonuçları Tablo 3.7’de verilmiştir. Tablo 3.7 incelendiğinde yapraktan ve besin solüsyonuna uygulamalarda, $\text{NO}_3^-:\text{NH}_4^+$ oranlarından elde edilen kök yaş ağırlığı değerleri arasındaki farklılıkların etkisi ($p<0.01$), GA uygulamalarında yaprakta ($p<0.05$) ve suda ($p<0.01$) istatistiksel olarak önemli bulunmuştur. Aynı zamanda bunların interaksiyonlarından elde edilen kök yaş ağırlık değerleri arasındaki farklılıkların etkisi, istatistiksel olarak yapraktan ve besin solüsyonuna yapılan uygulamalarda ($p<0.05$) önemli bulunmuştur.

Tablo 3.7. Yapraktan ve besin solüsyonuna GA uygulanan, farklı $\text{NO}_3^-:\text{NH}_4^+$ oranlarında yetiştirilen marul bitkisinin kök yaş ağırlığına ait varyans analiz sonuçları

Varyasyon Kaynağı	Yaprak			Besin Solüsyonu	
	Serbestlik Derecesi	Kareler Toplamı	F Değeri	Kareler Toplamı	F Değeri
$\text{NO}_3^-:\text{NH}_4^+$ oranı	2	7574.2399	1983.925**	12287.275	432.8336**
GA Dozları	3	56.831	9.9239*	742.373	17.434**
$\text{NO}_3^-:\text{NH}_4^+$ *GAD	6	43.0103	3.7552*	427.904	5.0245*
Hata	24	45.8137		340.656	
Genel Toplam	35	7719.8949		13798.208	

**:%1, *:%5 düzeyinde önemlidir.

Yapraktan ve besin solüsyonuna GA uygulanan, aynı zamanda farklı $\text{NO}_3^-:\text{NH}_4^+$ oranlarındaki besin solüsyonunda yetiştirilen marul bitkisinde kök yaş ağırlığına ait ortalama değerler Tablo 3.8’de verilmiştir. Yapraktan yapılan GA uygulamaları ve farklı $\text{NO}_3^-:\text{NH}_4^+$ uygulamalarının interaksyonu sonucu elde edilen ortalama kök yaş ağırlık değerleri incelendiğinde en yüksek değer (50.9 g/bitki) 100:0 $\text{NO}_3^-:\text{NH}_4^+$ ve 250 mg L⁻¹ GA uygulamasından elde edilirken en düşük değer ise (14.3 g/bitki) 50:50 $\text{NO}_3^-:\text{NH}_4^+$ ve 500 mg L⁻¹ GA uygulamasından elde edilmiştir. 75:25 $\text{NO}_3^-:\text{NH}_4^+$ besin solüsyonuna 0, 100, 250 ve 500 mg L⁻¹ GA uygulaması ve 50:50 $\text{NO}_3^-:\text{NH}_4^+$ besin solüsyonunda yapraktan 0, 100 ve 250 mg L⁻¹ GA uygulaması istatistiksel olarak en düşük değere sahip olduğu sınıfla aynı grupta yer almışlardır. GA uygulamasının genel ortalamaları incelendiğinde kök yaş ağırlıkları 250 mg L⁻¹ GA uygulamasına kadar artış göstermiş olup 500 mg L⁻¹ GA uygulamasında azalmaya başlamıştır.

Besin solüsyonuna yapılan GA uygulamaları ve farklı $\text{NO}_3^-:\text{NH}_4^+$ uygulamalarının interaksyonu sonucu elde edilen ortalama kök yaş ağırlığı değerleri incelendiğinde en yüksek değer (64.0 g/bitki) 100:0 $\text{NO}_3^-:\text{NH}_4^+$ ve 100 mg L⁻¹ GA uygulamasından elde edilirken, 100:0 $\text{NO}_3^-:\text{NH}_4^+$ oranında 1 ve 10 mg L⁻¹ GA uygulamalarından elde edilen değerler istatistiksel olarak en yüksek değerlerin sahip olduğu sınıfla aynı grupta yer almışlardır. En düşük değer ise (14.6 g/bitki) 50:50 $\text{NO}_3^-:\text{NH}_4^+$ oranında 0 mg L⁻¹ GA uygulamasından elde edilmiştir. 50:50 $\text{NO}_3^-:\text{NH}_4^+$ oranında 1, 10 ve 100 mg L⁻¹ GA uygulamalarından ve 75:25 $\text{NO}_3^-:\text{NH}_4^+$ oranında 0, 1, 10 ve 100 mg L⁻¹ GA uygulamalarından elde edilen değerler istatistiksel olarak en düşük değerlerin sahip olduğu sınıfla aynı grupta yer almışlardır.

Glutamik asit uygulamalarının genel ortalamaları incelendiğinde dozlar arttıkça kök yaş ağırlıkları önemli seviyede artış göstermiştir. Çalışmanın tamamında $\text{NO}_3^-:\text{NH}_4^+$ oranlarının genel ortalaması incelendiğinde ise 100:0 $\text{NO}_3^-:\text{NH}_4^+$ oranında en yüksek kök yaş ağırlığı elde edilmiş olup amonyum oranı arttıkça kök yaş ağırlığı azalmıştır.

Tablo 3.8. Yapraktan ve besin solüsyonuna GA uygulanan, farklı $\text{NO}_3^-:\text{NH}_4^+$ oranlarında yetiştirilen marul bitkisinin kök yaş ağırlığına (g) ait ortalama değerler

	Glutamik Asit Dozları					
	$\text{NO}_3^-:\text{NH}_4^+$	0	100	250	500	Ort
Yaprak	100:0	43.7 ^b	46.3 ^b	50.9 ^a	45.5 ^b	46.6 ^a
	75:25	16.2 ^c	17.8 ^c	17.4 ^c	15.5 ^c	16.7 ^b
	50:50	14.6 ^c	15.8 ^c	15.4 ^c	14.3 ^c	15.0 ^c
	Ort	24.8 ^c	26.7 ^{ab}	27.9 ^a	25.1 ^{bc}	
	Glutamik Asit Dozları					
	$\text{NO}_3^-:\text{NH}_4^+$	0	1	10	100	Ort
Besin Solüsyonu	100:0	42.4 ^b	62.4 ^a	63.2 ^a	64.0 ^a	58.0 ^a
	75:25	16.2 ^c	18.7 ^c	18.9 ^c	21.7 ^c	18.9 ^b
	50:50	14.6 ^c	17.9 ^c	18.0 ^c	24.4 ^c	18.7 ^b
	Ort	24.4 ^b	33.0 ^a	33.3 ^a	36.7 ^a	

Farklı $\text{NO}_3^-:\text{NH}_4^+$ oranlarındaki besin solüsyonunda yetiştirilen marul bitkisine yapraktan ve besin solüsyonuna GA uygulamalarının kök kuru ağırlığına ait varyans analiz sonuçları Tablo 3.9’da verilmiştir. Tablo 3.9 incelendiğinde yapraktan ve besin solüsyonuna yapılan uygulamalarda, $\text{NO}_3^-:\text{NH}_4^+$ oranlarından elde edilen kök kuru ağırlık değerleri arasındaki farklılıkların etkisi istatistiksel olarak $p<0.01$, GA uygulamaları ise $p<0.05$ seviyesinde önemli bulunmuştur. Ayrıca bunların interaksiyonlarından elde edilen kök kuru ağırlık değerleri arasındaki farklılıklar istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur.

Tablo 3.9. Yapraktan ve besin solüsyonuna GA uygulanan, farklı $\text{NO}_3^-:\text{NH}_4^+$ oranlarında yetiştirilen marul bitkisinin kök kuru ağırlığına ait varyans analiz sonuçları

Varyasyon Kaynağı	Yaprak			Besin Solüsyonu	
	Serbestlik Derecesi	Kareler Toplamı	F Değeri	Kareler Toplamı	F Değeri
$\text{NO}_3^-:\text{NH}_4^+$ oranı	2	4.2642389	451.7734**	9.0232722	126.4255**
GA Dozları	3	0.0863667	6.1001*	0.53	4.9506*
$\text{NO}_3^-:\text{NH}_4^+$ *GAD	6	0.0609833	2.1536	0.26055	1.2169
Hata	24	0.1132667		0.856467	
Genel Toplam	35	4.5248556		10.670289	

**:%1, *:%5 düzeyinde önemlidir.

Yapraktan ve besin solüsyonuna GA uygulanan, aynı zamanda farklı $\text{NO}_3^-:\text{NH}_4^+$ oranlarındaki besin solüsyonunda yetiştirilen marul bitkisine ait ortalama kök kuru ağırlık değerleri Tablo 3.10'da verilmiştir. Yapraktan yapılan GA uygulamaları ve farklı $\text{NO}_3^-:\text{NH}_4^+$ oranlarının interaksyonu sonucu elde edilen kök kuru ağırlık değerlerinin 0.9 g/bitki ile 1.9 g/bitki arasında değiştiği görülmüştür. GA uygulamalarının genel ortalamaları incelendiğinde kök kuru ağırlıkları 100 mg L⁻¹ uygulamasına kadar artış göstermiştir ve sonraki uygulamalarda ise sabit kalmıştır.

Besin solüsyonuna yapılan GA uygulamaları ve farklı $\text{NO}_3^-:\text{NH}_4^+$ oranlarının interaksyonu sonucu elde edilen ortalama kök kuru ağırlık değerleri incelendiğinde 1.0 g/bitki ile 2.5 g/bitki arasında değişmiştir. Glutamik asit uygulamalarının genel ortalamaları incelendiğinde ise dozlar arttıkça kök kuru ağırlıkları 10 mg L⁻¹'e kadar önemli seviyede artış göstererek artan dozlarda sabit kalmıştır.

$\text{NO}_3^-:\text{NH}_4^+$ oranlarının genel ortalaması incelendiğinde ise tamamen nitrat uygulamasında en yüksek kök kuru ağırlığı elde edilmiş olup amonyum oranı arttıkça kök kuru ağırlığı azalmıştır.

Tablo 3.10. Yapraktan ve besin solüsyonuna GA uygulanan, farklı $\text{NO}_3^-:\text{NH}_4^+$ oranlarında yetiştirilen marul bitkisinin kök kuru ağırlığına (g) ait ortalama değerler

		Glutamik Asit Dozları				
Yaprak	$\text{NO}_3^-:\text{NH}_4^+$	0	100	250	500	Ort
	100:0	1.9	1.9	1.9	1.8	1.9 ^a
	75:25	1.2	1.2	1.3	1.2	1.2 ^b
	50:50	0.9	1.2	1.1	1.0	1.1 ^c
	Ort	1.3 ^c	1.4 ^{ab}	1.4 ^a	1.4 ^{bc}	
		Glutamik Asit Dozları				
Besin Solüsyonu	$\text{NO}_3^-:\text{NH}_4^+$	0	1	10	100	Ort
	100:0	1.9	2.2	2.4	2.5	2.2 ^a
	75:25	1.2	1.4	1.4	1.4	1.3 ^b
	50:50	1.0	1.1	1.1	1.1	1.0 ^c
	Ort	1.3 ^b	1.5 ^{ab}	1.6 ^a	1.6 ^a	

Yürütülen diğer çalışmalarda GA uygulamaları ve $\text{NO}_3^-:\text{NH}_4^+$ oranları arttıkça kök yaş ve kuru ağırlıklarının da arttığı belirlenmiştir (Haghighi, 2012; Noroozlo vd., 2019). Yürütülen bir diğer çalışmada ise $\text{NO}_3^-:\text{NH}_4^+$ oranları arttıkça kök kuru ağırlıklarının ve kök uzunluğunun da arttığı belirlenmiştir (Yıldız ve Aydemir, 1995). Benzer çalışmalarda da bitkilerin nitrat uygulamaları sonucu azottan daha fazla faydalanmaları ile kök

bölgesinin gelişmesi hızlandığı belirtilmiştir. Bu nedenle gelişen kökler ağırlık olarak artış göstermiş olup, aynı zamanda GA uygulamasının da kök yaş ve kuru ağırlıklarını artırdığını fakat artan dozlarda ise toksisite meydana getirip kök gelişimini durdurduğu rapor edilmiştir (Noroozlo vd., 2019; Souri ve Hatamian, 2019).

3.3. Yaprak Eni, Boyu, Sayısı, Alanı ve Klorofil Miktarı ile Gövde Çapı

Farklı $\text{NO}_3^-:\text{NH}_4^+$ oranlarındaki besin solüsyonunda yetiştirilen marul bitkisine yapraktan ve besin solüsyonuna GA uygulamalarının bitki yaprak enine ait varyans analiz sonuçları Tablo 3.11’de verilmiştir. Tablo 3.11 incelendiğinde yapraktan ve besin solüsyonuna yapılan uygulamalarda, $\text{NO}_3^-:\text{NH}_4^+$ oranları arasındaki farklılıkların etkisi istatistiksel olarak $p<0.01$ seviyesinde önemli bulunmuştur. Yapraktan yapılan uygulamalarda GA uygulamaları değerleri arasındaki farklılıkların etkisi istatistiksel olarak önemsiz çıkmakla beraber, besin solüsyonuna yapılan uygulamalarda GA uygulamaları değerleri arasındaki farklılıkların etkisi istatistiksel olarak $p<0.05$ seviyesinde önemli görülmüştür. Bunların interaksiyonlarından elde edilen bitki yaprak eni değerleri arasındaki farklılıkların etkisi yapraktan yapılan uygulamalarda istatistiksel olarak önemsiz bulunup, besin solüsyonuna yapılan uygulamalarda $p<0.05$ seviyesinde önemli bulunmuştur.

Tablo 3.11. Yapraktan ve besin solüsyonuna GA uygulanan, farklı $\text{NO}_3^-:\text{NH}_4^+$ oranlarında yetiştirilen marul bitkisinin yaprak enine ait varyans analiz sonuçları

Varyasyon Kaynağı	Yaprak			Besin Solüsyonu	
	Serbestlik Derecesi	Kareler Toplamı	F Değeri	Kareler Toplamı	F Değeri
$\text{NO}_3^-:\text{NH}_4^+$ oranı	2	342.16667	78.9615**	347.38889	72.7093**
GA Dozları	3	9.88889	1.5214	38.33333	5.3488*
$\text{NO}_3^-:\text{NH}_4^+ * \text{GD}$	6	24.94444	1.9188	57.5	4.0116*
Hata	24	52		57.33333	
Genel Toplam	35	429		500.55556	

**:%1, *:%5 düzeyinde önemlidir.

Tablo 3.12’de farklı $\text{NO}_3^-:\text{NH}_4^+$ oranlarındaki besin solüsyonunda yetiştirilen marul bitkisine yapraktan ve besin solüsyonuna GA uygulamalarının bitki yaprak enine ait ortalama değerler verilmiştir. Yapraktan yapılan GA uygulamaları ve farklı $\text{NO}_3^-:\text{NH}_4^+$ oranlarının interaksiyonu sonucu elde edilen ortalama yaprak eni değerleri incelendiğinde 31.3 cm ile en yüksek değer elde edilirken en düşük değer 22.0 cm olarak belirlenmiştir.

Glutamik asit uygulamalarının genel ortalamaları incelendiğinde bitki yaprak eni 250 mg L⁻¹ uygulamasına kadar artış göstermiş olup 500 mg L⁻¹ uygulamasında bitki yaprak eninin daha düşük kaldığı belirlenmiştir.

Besin solüsyonuna yapılan GA uygulamaları ve farklı NO₃⁻:NH₄⁺ oranlarının etkisi sonucu elde edilen yaprak eni değerleri incelendiğinde en yüksek değer (32.7 cm) 100:0 NO₃⁻:NH₄⁺ oranı ve 10 mg L⁻¹ GA uygulamasından elde edilirken, en düşük değer ise (22.0 cm) 50:50 NO₃⁻:NH₄⁺ oranı ve 0 mg L⁻¹ GA uygulamasından elde edilmiştir. GA dozlarının genel ortalamaları incelendiğinde yaprak eni değerlerinin GA uygulamalarıyla birlikte arttığı tespit edilmiştir.

Yapraktan yapılan GA uygulamalarında NO₃⁻:NH₄⁺ oranlarının genel ortalaması incelendiğinde 100:0 NO₃⁻:NH₄⁺ oranı uygulamalarında en yüksek yaprak eni değeri elde edilmiş olup 75:25 NO₃⁻:NH₄⁺ uygulamalarından itibaren azalış meydana gelmiştir.

Besin solüsyonuna yapılan GA uygulamalarında NO₃⁻:NH₄⁺ oranlarının genel ortalaması incelendiğinde ise 100:0 uygulamasında en yüksek yaprak eni değeri elde edilmiştir.

Tablo 3.12. Yapraktan ve besin solüsyonuna GA uygulanan, farklı NO₃⁻:NH₄⁺ oranlarında yetiştirilen marul bitkisinin yaprak enine (cm) ait ortalama değerler

Glutamik Asit Dozları						
Yaprak	NO ₃ ⁻ :NH ₄ ⁺	0	100	250	500	Ort
	100:0	28.0	31.3	29.3	30.7	29.8 ^a
	75:25	24.0	22.7	24.7	23.7	23.8 ^b
	50:50	22.0	22.7	24.3	22.7	22.9 ^b
	Ort	24.7	25.6	26.1	25.7	
Glutamik Asit Dozları						
Besin Solüsyonu	NO ₃ ⁻ :NH ₄ ⁺	0	1	10	100	Ort
	100:0	28.0 ^{bcd}	32.3 ^{ab}	32.7 ^a	30.0 ^{abc}	30.8 ^a
	75:25	24.0 ^{de}	23.7 ^{de}	23.0 ^e	24.3 ^{de}	23.8 ^b
	50:50	22.0 ^e	25.0 ^{de}	24.0 ^{de}	27.7 ^{cd}	24.7 ^b
	Ort	24.7 ^b	27.0 ^a	26.6 ^{ab}	27.3 ^a	

Tablo 3.13. Yapraktan ve besin solüsyonuna GA uygulanan, farklı $\text{NO}_3^-:\text{NH}_4^+$ oranlarında yetiştirilen marul bitkisinin yaprak boyuna ait varyans analiz sonuçları

Varyasyon Kaynağı	Yaprak			Besin Solüsyonu	
	Serbestlik Derecesi	Kareler Toplamı	F Değeri	Kareler Toplamı	F Değeri
$\text{NO}_3^-:\text{NH}_4^+$ oranı	2	46.055556	16.9184**	10.888889	6.5333*
GA Dozları	3	1	0.2449	3.222222	1.2889
$\text{NO}_3^-:\text{NH}_4^+ * \text{GD}$	6	16.166667	1.9796	9.777778	1.9556
Hata	24	32.666667		20	
Genel Toplam	35	95.888889		43.888889	

**:%1, *:%5 düzeyinde önemlidir.

Farklı $\text{NO}_3^-:\text{NH}_4^+$ oranlarındaki besin solüsyonunda yetiştirilen marul bitkisine yapraktan ve besin solüsyonuna GA uygulamalarının bitki yaprak boyuna ait varyans analiz sonuçları Tablo 3.13'te verilmiştir. Tablo 3.13 incelendiğinde yapraktan yapılan uygulamalarda, $\text{NO}_3^-:\text{NH}_4^+$ oranları arasındaki farklılıklar ($p<0.01$) ve besin solüsyonuna yapılan uygulamalar ($p<0.05$) istatistiksel olarak önemli bulunmuştur. Yapraktan ve besin solüsyonuna yapılan GA uygulamaları ve bunların interaksiyonlarından elde edilen bitki yaprak boyu değerleri arasındaki farklılıkların etkisi istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur.

Tablo 3.14'te farklı $\text{NO}_3^-:\text{NH}_4^+$ oranlarındaki besin solüsyonunda yetiştirilen marul bitkisine yapraktan ve besin solüsyonuna GA uygulamalarının bitki yaprak boyuna ait ortalama değerler verilmiştir. Yapraktan yapılan GA uygulamaları ve farklı $\text{NO}_3^-:\text{NH}_4^+$ oranlarının interaksiyonu sonucu elde edilen ortalama yaprak boyu değerleri incelendiğinde 17.7 cm ile en yüksek değer ve 13.3 cm ile en düşük değer elde edilmiştir. Glutamik asit uygulamalarının genel ortalamaları incelendiğinde bitki yaprak boyu 100 mg L^{-1} uygulamasına kadar artış göstermiş olup sonraki uygulamalarda değişim göstermemiştir.

Besin solüsyonuna yapılan GA uygulamaları ve farklı $\text{NO}_3^-:\text{NH}_4^+$ oranlarının interaksiyonu sonucu elde edilen yaprak boyu değerleri incelendiğinde 16.7 cm ile en yüksek değer elde edilirken 13.7 cm ile en düşük değer elde edilmiştir. Glutamik asit uygulamalarının genel ortalamaları incelendiğinde yaprak boyu değerlerinde 10 mg L^{-1} GA uygulamasına kadar artışa neden olmuş, 100 mg L^{-1} GA uygulamasında azalış meydana gelmiştir.

Yapraktan yapılan GA uygulamalarında $\text{NO}_3^-:\text{NH}_4^+$ oranlarının genel ortalaması incelendiğinde 100:0 $\text{NO}_3^-:\text{NH}_4^+$ oranında en yüksek yaprak boyu değeri elde edilmiş olup amonyum oranı arttıkça yaprak boyunun azaldığı belirlenmiştir. Besin solüsyonuna yapılan GA uygulamalarında $\text{NO}_3^-:\text{NH}_4^+$ oranlarının genel ortalaması incelendiğinde ise 100:0 oranında en yüksek yaprak boyu değeri elde edilmiştir.

Farklı $\text{NO}_3^-:\text{NH}_4^+$ oranlarındaki besin solüsyonunda yetiştirilen marul bitkisine yapraktan ve besin solüsyonuna GA uygulamalarının yaprak sayısına ait varyans analiz sonuçları Tablo 3.15'te verilmiştir. Tablo 3.15 incelendiğinde, $\text{NO}_3^-:\text{NH}_4^+$ oranları değerleri arasındaki farklılıkların etkisi istatistiksel olarak yapraktan yapılan uygulamalarda ($p<0.05$) ve besin solüsyonuna yapılan uygulamalarda ($p<0.01$) önemli bulunmuştur. Glutamik asit uygulamalarında ise yapraktan ve besin solüsyonuna yapılan uygulamalarda $p<0.01$ ve bunların etkileşimlerinden elde edilen değerler arasındaki farklılıkların etkisi istatistiksel olarak yapraktan yapılan uygulamalarda $p<0.05$ seviyesinde önemli olup, besin solüsyonuna yapılan uygulamalarda önemsiz bulunmuştur.

Tablo 3.14. Yapraktan ve besin solüsyonuna GA uygulanan, farklı $\text{NO}_3^-:\text{NH}_4^+$ oranlarında yetiştirilen marul bitkisinin yaprak boyuna (cm) ait ortalama değerler

		Glutamik Asit Dozları				
Yaprak	$\text{NO}_3^-:\text{NH}_4^+$	0	100	250	500	Ort
	100:0	15.0	17.7	17.0	16.0	16.4 ^a
	75:25	15.3	14.3	14.0	15.3	14.8 ^b
	50:50	14.0	13.7	13.7	13.3	13.7 ^b
	Ort	14.8	15.2	14.9	14.9	
		Glutamik Asit Dozları				
Besin Solüsyonu	$\text{NO}_3^-:\text{NH}_4^+$	0	1	10	100	Ort
	100:0	15.0	15.7	16.7	15.3	15.7 ^a
	75:25	15.3	14.3	14.0	13.7	14.3 ^b
	50:50	14.0	15.3	15.3	14.7	14.8 ^{ab}
	Ort	14.8	15.1	15.3	14.6	

Tablo 3.16'da farklı $\text{NO}_3^-:\text{NH}_4^+$ oranlarındaki besin solüsyonunda yetiştirilen marul bitkisine yapraktan ve besin solüsyonuna GA uygulamalarının yaprak sayısına ait ortalama değerler verilmiştir. Yapraktan yapılan GA uygulamaları ve farklı $\text{NO}_3^-:\text{NH}_4^+$ oranlarının etkileşimi sonucu elde edilen ortalama yaprak sayısı değerleri

incelendiğinde 30.3 adet/bitki ile en yüksek değer 100:0 $\text{NO}_3^-:\text{NH}_4^+$ ve 250 mg L^{-1} GA uygulamasından elde edilirken en düşük değer 21.7 adet/bitki ile 50/50 $\text{NO}_3^-:\text{NH}_4^+$, 500 mg L^{-1} GA uygulamasından elde edilmiştir.

Glutamik asit dozlarının genel ortalamaları incelendiğinde 250 mg L^{-1} uygulamasına kadar bitki yaprak sayısı artmış, 500 mg L^{-1} uygulamasında azalma meydana gelmiştir. Yapraktan yapılan GA uygulamalarında $\text{NO}_3^-:\text{NH}_4^+$ oranlarının genel ortalaması incelendiğinde ise 100:0 $\text{NO}_3^-:\text{NH}_4^+$ uygulamasında en yüksek bitki yaprak sayısı elde edilmiştir.

Tablo 3.15. Yapraktan ve besin solüsyonuna GA uygulanan, farklı $\text{NO}_3^-:\text{NH}_4^+$ oranlarında yetiştirilen marul bitkisinin yaprak sayısına ait varyans analiz sonuçları

Varyasyon Kaynağı	Yaprak			Besin Solüsyonu	
	Serbestlik Derecesi	Kareler Toplamı	F Değeri	Kareler Toplamı	F Değeri
$\text{NO}_3^-:\text{NH}_4^+$ oranı	2	56.722222	11.7356*	72.222222	11.9266**
GA Dozları	3	61.638889	8.5019*	60.444444	6.6544*
$\text{NO}_3^-:\text{NH}_4^+$ *GD	6	55.944444	3.8582*	25.555556	1.4067
Hata	24	58		72.66667	
Genel Toplam	35	232.30556		230.88889	

**: %1, *: %5 düzeyinde önemlidir.

Besin solüsyonuna yapılan uygulamalar sonucu GA uygulamaları ve farklı $\text{NO}_3^-:\text{NH}_4^+$ oranlarının interaksiyonu sonucu elde edilen ortalama bitki yaprak sayısı değerleri incelendiğinde (Tablo 3.16) 32.7 ile 25.7 adet/bitki arasında değişmiştir. Glutamik asit uygulamalarının genel ortalamaları incelendiğinde bitki yaprak sayısı 100 mg L^{-1} GA uygulamasında yüksek bulunmuştur. Glutamik asit uygulamalarında $\text{NO}_3^-:\text{NH}_4^+$ oranlarının genel ortalaması incelendiğinde 100:0 $\text{NO}_3^-:\text{NH}_4^+$ uygulamasında en yüksek bitki yaprak sayısı elde edilmiştir.

Tablo 3.16. Yapraktan ve besin solüsyonuna GA uygulanan, farklı $\text{NO}_3^-:\text{NH}_4^+$ oranlarında yetiştirilen marul bitkisinin yaprak sayısına (adet) ait ortalama değerler

	Glutamik Asit Dozları					
	$\text{NO}_3^-:\text{NH}_4^+$	0	100	250	500	Ort
Yaprak	100:0	27.0 ^{ab}	28.0 ^{ab}	30.3 ^a	28.0 ^{ab}	28.3 ^a
	75:25	26.3 ^{ab}	28.3 ^{ab}	28.7 ^{ab}	21.7 ^c	26.3 ^b
	50:50	24.3 ^{bc}	25.3 ^{bc}	26.3 ^{ab}	25.3 ^{bc}	25.3 ^b
	Ort	25.9 ^{bc}	27.2 ^{ab}	28.4 ^a	25.0 ^c	
	Glutamik Asit Dozları					
	$\text{NO}_3^-:\text{NH}_4^+$	0	1	10	100	Ort
Besin Solüsyonu	100:0	28.7	28.3	28.3	32.7	29.5 ^a
	75:25	26.3	26.0	26.0	26.3	26.2 ^b
	50:50	26.3	25.7	25.7	30.3	27.0 ^b
	Ort	27.1 ^b	26.7 ^b	26.7 ^b	29.8 ^a	

Farklı $\text{NO}_3^-:\text{NH}_4^+$ oranlarındaki besin solüsyonunda yetiştirilen marul bitkisine yapraktan ve besin solüsyonuna GA uygulamalarının bitki yaprak alanına ait varyans analiz sonuçları Tablo 3.17’de verilmiştir.

Tablo 3.17 incelendiğinde yapraktan yapılan uygulamalarda, $\text{NO}_3^-:\text{NH}_4^+$ oranları arasındaki farklılıkların etkisi istatistiksel olarak $p<0.01$, GA uygulamalarında ise yapraktan yapılan uygulamalarda $p<0.05$, besin solüsyonuna yapılan uygulamalarda $p<0.01$ seviyesinde önemli bulunmuştur. Bunların interaksiyonlarından elde edilen bitki yaprak alanı değerleri arasındaki farklılıkların etkisi istatistiksel olarak hem yaprak hem besin solüsyonuna yapılan uygulamalarda $p<0.01$ seviyesinde önemli bulunmuştur.

Tablo 3.17. Yapraktan ve besin solüsyonuna GA uygulanan, farklı $\text{NO}_3^-:\text{NH}_4^+$ oranlarında yetiştirilen marul bitkisinin yaprak alanına ait varyans analiz sonuçları

Varyasyon Kaynağı	Yaprak			Besin Solüsyonu	
	Serbestlik Derecesi	Kareler Toplamı	F Değeri	Kareler Toplamı	F Değeri
$\text{NO}_3^-:\text{NH}_4^+$ oranı	2	10353020	331.1668**	11013960	609.8408**
GA Dozları	3	452658	9.6529*	1171974	43.2613**
$\text{NO}_3^-:\text{NH}_4^+ * \text{GD}$	6	886037	9.4474**	1415817	26.1312**
Hata	24	375147		216725	
Genel Toplam	35	12066862		13818475	

**:%1 *:%5 düzeyinde önemlidir.

Tablo 3.18’de farklı $\text{NO}_3^-:\text{NH}_4^+$ oranlarındaki besin solüsyonunda yetiştirilen marul bitkisine yapraktan ve besin solüsyonuna GA uygulamalarının bitki yaprak alanına ait ortalama değerler verilmiştir. Yapraktan yapılan GA uygulamaları ve farklı $\text{NO}_3^-:\text{NH}_4^+$ oranlarının interaksyonu sonucu elde edilen ortalama yaprak alanı değerleri incelendiğinde en yüksek değer (2881.4 cm^2) $100:0 \text{ NO}_3^-:\text{NH}_4^+$ oranı ve 250 mg L^{-1} GA uygulamasından elde edilmiştir. $100:0 \text{ NO}_3^-:\text{NH}_4^+$ oranı ve $100, 500 \text{ mg L}^{-1}$ GA uygulamaları istatistiksel olarak en yüksek değerlerin sahip olduğu sınıfla aynı grupta yer almışlardır. En düşük değer ise (1223.7 cm^2) $75:25 \text{ NO}_3^-:\text{NH}_4^+$ oranı ve 500 mg L^{-1} GA uygulamasından elde edilmiştir. $75:25 \text{ NO}_3^-:\text{NH}_4^+$ oranı ve $0, 100$ ve 250 mg L^{-1} GA dozunun verildiği, $50:50 \text{ NO}_3^-:\text{NH}_4^+$ oranı ve $0, 100, 250$ ve 500 mg L^{-1} GA uygulamaları istatistiksel olarak en düşük değerlerin sahip olduğu sınıfla aynı grupta yer almışlardır.

Glutamik asit dozlarının genel ortalamaları incelendiğinde bitki yaprak alanı 250 mg/l uygulamasına kadar artış göstermiş olup 500 mg L^{-1} uygulamasında azalmıştır. Uygulamalarda $\text{NO}_3^-:\text{NH}_4^+$ oranlarının genel ortalaması incelendiğinde $100:0 \text{ NO}_3^-:\text{NH}_4^+$ oranında en yüksek yaprak alanı değeri elde edilmiş olup amonyum oranı arttıkça yaprak alanı değerlerinde azalış tespit edilmiştir.

Besin solüsyonuna yapılan GA uygulamaları ve farklı $\text{NO}_3^-:\text{NH}_4^+$ oranlarının interaksiyonlarının yaprak alanı üzerine etkileri incelendiğinde en yüksek değer (3068.9 cm^2) $100:0 \text{ NO}_3^-:\text{NH}_4^+$ oranı ve 10 mg L^{-1} GA uygulamasından elde edilmiştir. $100:0 \text{ NO}_3^-:\text{NH}_4^+$ oranı ve $0, 1$ ve 100 mg L^{-1} GA uygulamaları istatistiksel olarak en yüksek değerlerin sahip olduğu sınıfla aynı grupta yer almışlardır. En düşük değer ise (1379.2 cm^2) $50:50 \text{ NO}_3^-:\text{NH}_4^+$ oranı ve 0 mg L^{-1} GA uygulamasından elde edilmiştir. Glutamik asit dozlarının genel ortalamaları incelendiğinde yaprak alanı değerleri bütün GA uygulamaları artışa neden olmuştur. $\text{NO}_3^-:\text{NH}_4^+$ oranlarının genel ortalaması incelendiğinde ise $100:0 \text{ NO}_3^-:\text{NH}_4^+$ oranında en yüksek yaprak alanı değeri elde edilmiş, $75:25 \text{ NO}_3^-:\text{NH}_4^+$ ve $50:50 \text{ NO}_3^-:\text{NH}_4^+$ oranlarında ise daha düşük değerler tespit edilmiştir.

Tablo 3.18. Yapraktan ve besin solüsyonuna GA uygulanan, farklı $\text{NO}_3^-:\text{NH}_4^+$ oranlarında yetiştirilen marul bitkisinin yaprak alanına (cm^2) ait ortalama değerler

	Glutamik Asit Dozları					
	$\text{NO}_3^-:\text{NH}_4^+$	0	100	250	500	Ort
Yaprak	100:0	2039.2 ^b	2616.0 ^a	2881.4 ^a	2546.6 ^a	2520.8 ^a
	75:25	1497.5 ^c	1490.3 ^c	1447.5 ^c	1223.7 ^c	1414.7 ^b
	50:50	1379.2 ^c	1445.8 ^c	1361.4 ^c	1230.2 ^c	1354.1 ^b
	Ort	1638.6 ^b	1850.7 ^a	1896.8 ^a	1666.9 ^b	
	Glutamik Asit Dozları					
	$\text{NO}_3^-:\text{NH}_4^+$	0	1	10	100	Ort
Besin Solüsyonu	100:0	2039.2 ^b	3020.4 ^a	3068.9 ^a	2899.4 ^a	2757.0 ^a
	75:25	1597.5 ^{cde}	1463.7 ^{de}	1402.1 ^{de}	1674.8 ^{cd}	1534.5 ^c
	50:50	1379.2 ^e	1679.4 ^{cd}	1649.8 ^{cde}	1851.1 ^{bc}	1639.9 ^b
	Ort	1672.0 ^b	2054.5 ^a	2040.3 ^a	2141.8 ^a	

Farklı $\text{NO}_3^-:\text{NH}_4^+$ oranlarındaki besin solüsyonunda yetiştirilen marul bitkisine yapraktan ve besin solüsyonuna GA uygulamalarının bitki klorofil miktarına ait varyans analiz sonuçları Tablo 3.19’da verilmiştir. Tablo 3.19 incelendiğinde yapraktan yapılan uygulamalarda, $\text{NO}_3^-:\text{NH}_4^+$ oranları arasındaki farklılıkların etkisi istatistiksel olarak $p<0.01$, besin solüsyonuna yapılan uygulamalarda ise $p<0.05$ ’dir. Yapraktan yapılan uygulamalarda GA uygulamaları değerleri arasındaki farklılıkların etkisi istatistiksel olarak $p<0.05$ seviyesinde önemli bulunup, besin solüsyonuna yapılan uygulamalarda önemsiz bulunmuştur. İnteraksiyonlardan elde edilen bitki klorofil miktarı değerleri arasındaki farklılıkların etkisi istatistiksel olarak yapraktan ve besin solüsyonuna yapılan uygulamalarda önemsiz bulunmuştur.

Tablo 3.20’de farklı $\text{NO}_3^-:\text{NH}_4^+$ oranlarındaki besin solüsyonunda yetiştirilen marul bitkisine yapraktan ve besin solüsyonuna yapılan GA uygulamalarının bitki klorofil miktarına ait ortalama değerler verilmiştir.

Tablo 3.19. Yapraktan ve besin solüsyonuna GA uygulanan, farklı $\text{NO}_3^-:\text{NH}_4^+$ oranlarında yetiştirilen marul bitkisinin klorofil miktarına ait varyans analiz sonuçları

Varyasyon Kaynağı	Yaprak			Besin Solüsyonu	
	Serbestlik Derecesi	Kareler Toplamı	F Değeri	Kareler Toplamı	F Değeri
$\text{NO}_3^-:\text{NH}_4^+$ oranı	2	195.455	20.0102**	160.785	5.2998*
GA Dozları	3	103.24556	7.0467*	49.75222	1.0933
$\text{NO}_3^-:\text{NH}_4^+ * \text{GD}$	6	62.89611	2.1464	153.25944	1.6839
Hata	24	117.21333		364.05333	
Genel Toplam	35	478.81		727.85	

**:%1, *:%5 düzeyinde önemlidir.

Yapraktan yapılan GA uygulamaları ve farklı $\text{NO}_3^-:\text{NH}_4^+$ oranlarının interaksyonu sonucu elde edilen ortalama klorofil miktarı değerleri incelendiğinde 42.7 spad/bitki ile 33.1 spad/bitki arasında değiştiği belirlenmiştir. $\text{NO}_3^-:\text{NH}_4^+$ oranı genel ortalamaları incelendiğinde ise 75:25 $\text{NO}_3^-:\text{NH}_4^+$ oranında 41.2 spad/bitki ile en yüksek değer elde edilmiş olup, 100:0 $\text{NO}_3^-:\text{NH}_4^+$ oranında 35.8 spad/bitki ile en düşük değer elde edilmiştir. Glutamik asit uygulamalarının genel ortalamaları incelendiğinde klorofil miktarı 100 mg L^{-1} uygulamasına kadar artış göstermiş olup 250 mg L^{-1} uygulamasından sonra azalmaya başlamıştır.

Besin solüsyonuna yapılan GA uygulamaları ve farklı $\text{NO}_3^-:\text{NH}_4^+$ oranlarının interaksyonu sonucu elde edilen ortalama bitki klorofil miktarı değerleri incelendiğinde 43.1 spad/bitki ile 33.1 spad/bitki arasında değiştiği tespit edilmiştir. $\text{NO}_3^-:\text{NH}_4^+$ oranı genel ortalamaları incelendiğinde ise 75:25 $\text{NO}_3^-:\text{NH}_4^+$ oranında 40.5 spad/bitki ile en yüksek değer elde edilmiş olup, 100:0 $\text{NO}_3^-:\text{NH}_4^+$ oranında 35.5 spad/bitki ile en düşük değer elde edilmiştir.

Tablo 3.20. Yapraktan ve besin solüsyonuna GA uygulanan, farklı $\text{NO}_3^-:\text{NH}_4^+$ oranlarında yetiştirilen marul bitkisinin klorofil miktarına (spad/bitki) ait ortalama değerler

	Glutamik Asit Dozları					
	$\text{NO}_3^-:\text{NH}_4^+$	0	100	250	500	ort
Yaprak	100:0	33.1	40.5	36.4	33.3	35.8 ^b
	75:25	40.5	40.9	42.7	40.8	41.2 ^a
	50:50	36.9	41.6	42.0	40.3	40.2 ^a
	Ort	36.8 ^c	41.0 ^a	40.4 ^{ab}	38.1 ^{bc}	
	Glutamik Asit Dozları					
	$\text{NO}_3^-:\text{NH}_4^+$	0	1	10	100	ort
Besin Solüsyonu	100:0	33.1	38.8	34.8	34.6	35.3 ^b
	75:25	40.5	43.1	42.7	35.8	40.5 ^a
	50:50	37.9	34.9	40.3	39.0	38.0 ^{ab}
	Ort	37.1	38.9	39.3	36.5	

Farklı $\text{NO}_3^-:\text{NH}_4^+$ oranlarındaki besin solüsyonunda yetiştirilen marul bitkisine yapraktan ve besin solüsyonuna GA uygulamalarının bitki gövde çapına ait varyans analiz sonuçları Tablo 3.21’de verilmiştir. Tablo 3.21 incelendiğinde yapraktan yapılan uygulamalarda, $\text{NO}_3^-:\text{NH}_4^+$ oranları arasındaki farklılıkların etkisi istatistiksel olarak $p<0.01$, GA uygulamalarında ise yapraktan ve besin solüsyonuna yapılan uygulamalarda $p<0.05$, bunların interaksiyonlarından yapraktan yapılan uygulamalarda elde edilen bitki gövde çapı değerleri arasındaki farklılıkların etkisi istatistiksel olarak $p<0.05$, besin solüsyonuna yapılan uygulamalarda ise $p<0.01$ seviyesinde önemli bulunmuştur.

Yapraktan ve besin solüsyonuna GA uygulanan, farklı $\text{NO}_3^-:\text{NH}_4^+$ oranlarında yetiştirilen marul bitkisinin kuru ağırlığına (g) ait ortalama değerler

Tablo 3.21. Yapraktan ve besin solüsyonuna GA uygulanan, farklı $\text{NO}_3^-:\text{NH}_4^+$ oranlarında yetiştirilen marul bitkisinin gövde çapına ait varyans analiz sonuçları

Varyasyon Kaynağı	Yaprak			Besin Solüsyonu	
	Serbestlik Derecesi	Kareler Toplamı	F Değeri	Kareler Toplamı	F Değeri
$\text{NO}_3^-:\text{NH}_4^+$ oranı	2	272.32776	102.8637**	316.64687	158.0122**
GA Dozları	3	12.13112	3.0548*	11.43048	3.8027*
$\text{NO}_3^-:\text{NH}_4^+ * \text{GD}$	6	61.23644	7.7101*	69.95587	11.6364**
Hata	24	31.76953		24.04727	
Genel Toplam	35	377.46486		422.08048	

**:%1 *:%5 düzeyinde önemlidir.

Tablo 3.22’de farklı $\text{NO}_3^-:\text{NH}_4^+$ oranlarındaki besin solüsyonunda yetiştirilen marul bitkisine yapraktan ve besin solüsyonuna GA uygulamalarının bitki gövde çapına ait ortalama değerler verilmiştir. Yapraktan yapılan GA uygulamaları ve farklı $\text{NO}_3^-:\text{NH}_4^+$ oranlarının interaksyonu sonucu elde edilen ortalama gövde çapı değerleri incelendiğinde en yüksek değer (23.6 mm) 100:0 $\text{NO}_3^-:\text{NH}_4^+$ oranı ve 500 mg L⁻¹ GA uygulamasından elde edilirken en düşük değer (13.9 mm) 50:50 $\text{NO}_3^-:\text{NH}_4^+$ oranı ve 0 mg L⁻¹ GA uygulamasından elde edilmiştir. GA uygulamalarının genel ortalamaları incelendiğinde bitki gövde çapı 100 mg L⁻¹ uygulamasına kadar artış göstermiştir.

Yapraktan yapılan GA uygulamalarında $\text{NO}_3^-:\text{NH}_4^+$ oranlarının genel ortalaması incelendiğinde 100:0 uygulamasında en yüksek gövde çapı değeri elde edilmiş olup 50:50 $\text{NO}_3^-:\text{NH}_4^+$ oranından itibaren azalmaya başlamıştır.

Besin solüsyonuna yapılan GA uygulamaları ve farklı $\text{NO}_3^-:\text{NH}_4^+$ oranlarının interaksyonu sonucu elde edilen ortalama gövde çapı değerleri incelendiğinde 24.1 mm ile en yüksek değer 100:0 $\text{NO}_3^-:\text{NH}_4^+$ oranı ve 1 mg L⁻¹ GA uygulamalarından elde edilmiştir. 100:0 0 $\text{NO}_3^-:\text{NH}_4^+$ oranı ve 10 mg L⁻¹ GA uygulaması istatistiksel olarak en yüksek değerlerin sahip olduğu sınıfla aynı grupta yer almışlardır. En düşük değer ise 13.9 mm gövde çapı değeri ile 0 mg L⁻¹ GA uygulaması ve 50:50 $\text{NO}_3^-:\text{NH}_4^+$ oranının verildiği uygulamadan elde edilmiştir. GA dozlarının genel ortalamaları incelendiğinde gövde çapı değerleri en yüksek 10 mg L⁻¹ GA dozunda belirlenmiş, diğer GA uygulamalarındaki değerlerle istatistiksel olarak aynı sınıfta yer almıştır.

Besin solüsyonuna yapılan GA uygulamalarında $\text{NO}_3^-:\text{NH}_4^+$ oranlarının genel ortalaması incelendiğinde ise 100:0 oranında en yüksek gövde çapı değeri elde edilmiş olup amonyum oranı arttıkça gövde çapı değerlerinin düştüğü tespit edilmiştir.

Tablo 3.22. Yapraktan ve besin solüsyonuna GA uygulanan, farklı $\text{NO}_3^-:\text{NH}_4^+$ oranlarında yetiştirilen marul bitkisinin gövde çapına (cm) ait ortalama değerler

	Glutamik Asit Dozları					
	$\text{NO}_3^-:\text{NH}_4^+$	0	100	250	500	Ort
Yaprak	100:0	19.6 ^{bc}	20.8 ^{abc}	21.9 ^{ab}	23.6 ^a	21.5 ^a
	75:25	18.1 ^{cd}	17.5 ^{cd}	14.0 ^e	18.3 ^{cd}	17.0 ^b
	50:50	13.9 ^e	15.8 ^{de}	15.9 ^{de}	14.0 ^e	14.9 ^c
	Ort	17.2 ^a	18.0 ^a	17.3 ^a	18.6 ^a	
	Glutamik Asit Dozları					
	$\text{NO}_3^-:\text{NH}_4^+$	0	1	10	100	Ort
Besin Solüsyonu	100:0	19.6 ^b	24.1 ^a	23.9 ^a	19.7 ^b	21.8 ^a
	75:25	18.1 ^{bc}	14.8 ^{de}	17.4 ^{bcd}	17.3 ^{bcd}	16.9 ^b
	50:50	13.9 ^e	15.1 ^{de}	14.7 ^{de}	15.3 ^{cde}	14.7 ^c
	Ort	17.2 ^b	18.0 ^{ab}	18.7 ^a	17.5 ^{ab}	

Al-Kaisi vd. (2016)'nin yürüttüğü çalışmada, fasulye bitkisinde GA uygulamalarının bizim çalışmamızda da olduğu gibi yaprak sayısını artırdığını tespit etmişlerdir. Yapılan bir diğer çalışmada ise GA uygulamaları arttıkça yaprak alanlarını artırdığı belirtilmiştir. Araştırmacılar yaprak alanının artmasında GA uygulamalarının yapraktan yapıldığında daha etkili olduğunu belirtmişlerdir. Ayrıca kullanılan aminoasitlerin hücre uzaması ve bölünmesi ile büyümeyi uyarıp yaprak alanını arttırdığını tespit etmişlerdir (Ayas ve Gülser, 2005; Kalaf vd., 2020). Besin solüsyonlarında $\text{NO}_3^-:\text{NH}_4^+$ oranları arttıkça yaprak alanlarının arttığı birçok araştırmacı tarafından tespit edilmiştir (Yıldız ve Aydemir, 1995; Bonasia, 2008; Weigelt vd., 2008; Wang vd., 2021). Deneme sonucunda diğer araştırmacıların çalışmalarına benzer şekilde nitrat oranının artmasıyla yaprak alanının arttığı belirlenmiştir.

Al-Qaisi vd. (2016), 50 ve 100 mg L⁻¹ GA ilavesinin buğday bitkisinin (*Triticum aestivum* L.) verim ve büyüme parametreleri üzerindeki etkilerini incelemiş, GA uygulamaları ile gövde çaplarında, yaprak sayısında ve bitki boyunda artışlar tespit etmişlerdir.

Yapılan benzer çalışmalarda Cao vd. (2006) Çin frenk soğanında, Gao vd. (2010) marulda, Haghighi ve Teixeira Da Silva, (2013) humik asitle birlikte kullanıldığında domatestede, Franzoni vd. (2021) marulda glutamik asit uygulamalarının klorofil miktarını artırdığını bildirmişlerdir. Klorofil miktarının $\text{NO}_3^-:\text{NH}_4^+$ oranları arttıkça Bonasia (2008) hindibada, Weigelt vd. (2008) bezelyede, Xing vd. (2015) ıspanakta, Barickman ve Kopsell, (2016) darıda, Song vd. (2017) çin lahanasında, Zhang vd. (2019) biberde, Wang

vd. (2021) şeker pancarında, Hameed vd. (2022) ise marulda arttığını belirlemişlerdir. Marschner (2012) amonyum oranının artmasının klorofil sentezini etkilediğini, bitkideki klorofil miktarı ile fotosentez hızını arttırdığını ve sonuç olarak bitki büyüme parametrelerini ve kalitesini doğrudan etkilediğini bildirmiştir.

3.5. Yaprak ve Kök Protein Oranı (%)

Farklı $\text{NO}_3^-:\text{NH}_4^+$ oranlarındaki besin solüsyonunda yetiştirilen marul bitkisine yapraktan ve besin solüsyonuna GA uygulamalarının bitki yaprak protein oranına ait varyans analiz sonuçları Tablo 3.23'te verilmiştir. Tablo 3.23 incelendiğinde yapraktan yapılan uygulamalarda, $\text{NO}_3^-:\text{NH}_4^+$ oranları arasındaki farklılıkların etkisi, GA uygulamalarının etkisi ve bunların interaksiyonlarından elde edilen bitki yaprak protein oranı değerleri arasındaki farklılıkların etkisi istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur.

Tablo 3.23. Yapraktan ve besin solüsyonuna GA uygulanan, farklı $\text{NO}_3^-:\text{NH}_4^+$ oranlarında yetiştirilen marul bitkisinin yaprak protein miktarına ait varyans analiz sonuçları

Varyasyon Kaynağı	Yaprak			Besin Solüsyonu	
	Serbestlik Derecesi	Kareler Toplamı	F Değeri	Kareler Toplamı	F Değeri
$\text{NO}_3^-:\text{NH}_4^+$ oranı	2	0.237439	0.891	0.016872	0.0656
GA Dozları	3	0.081667	0.2043	0.157808	0.4093
$\text{NO}_3^-:\text{NH}_4^+ * \text{GD}$	6	0.369783	0.4625	0.782883	1.0152
Hata	24	3.197933		3.08473	
Genel Toplam	35	3.886822		4.04230	

**:%1, *:%5 düzeyinde önemlidir.

Tablo 3.24'te farklı $\text{NO}_3^-:\text{NH}_4^+$ oranlarındaki besin solüsyonunda yetiştirilen marul bitkisine yapraktan ve besin solüsyonuna GA uygulamalarının bitki yaprak protein oranına ait ortalama değerler verilmiştir. Yapraktan yapılan GA uygulamaları ve farklı $\text{NO}_3^-:\text{NH}_4^+$ oranlarının interaksiyonu sonucu elde edilen ortalama yaprak protein oranı değerleri incelendiğinde %3.76 ile en yüksek değer elde edilirken %3.21 ile en düşük değer elde edilmiştir. GA uygulamalarının genel ortalamaları incelendiğinde bitki yaprak protein oranında 250 mg L^{-1} uygulamasına kadar arttığı ve 500 mg L^{-1} uygulamasında düşüş meydana gelmiştir. Glutamik asit uygulamalarında $\text{NO}_3^-:\text{NH}_4^+$ oranlarının genel ortalaması incelendiğinde yaprakta $100:0 \text{ NO}_3^-:\text{NH}_4^+$ oranında en yüksek protein oranı belirlenmiş olup amonyum oranı arttıkça bitki yapraklarının protein oranlarında azalış tespit edilmiştir.

Besin solüsyonuna yapılan GA uygulamaları ve farklı $\text{NO}_3^-:\text{NH}_4^+$ oranlarının interaksiyonu sonucu elde edilen ortalama yaprak protein oranı değerleri incelendiğinde %3.75 ile en yüksek değer elde edilirken %3.11 ile en düşük değer belirlenmiştir. GA uygulamalarının genel ortalamaları incelendiğinde yaprak protein oranı değerleri 100 mg L^{-1} GA uygulamasına kadar artış göstermiştir.

Besin solüsyonuna yapılan GA uygulamalarında $\text{NO}_3^-:\text{NH}_4^+$ oranlarının bitki yaprağı protein oranlarının genel ortalaması incelendiğinde ise nitrat oranı arttıkça protein oranında artış belirlenmiştir.

Tablo 3.24. Yapraktan ve besin solüsyonuna GA uygulanan, farklı $\text{NO}_3^-:\text{NH}_4^+$ oranlarında yetiştirilen marul bitkisinin yaprak protein miktarına (%) ait ortalama değerler

	Glutamik Dozları					
	$\text{NO}_3^-:\text{NH}_4^+$	0	100	250	500	Ort
Yaprak	100:0	3.41	3.32	3.33	3.76	3.46
	75:25	3.33	3.22	3.37	3.28	3.30
	50:50	3.23	3.30	3.34	3.21	3.27
	Ort	3.32	3.28	3.35	3.41	
	Glutamik Dozları					
	$\text{NO}_3^-:\text{NH}_4^+$	0	1	10	100	Ort
Besin Solüsyonu	100:0	3.41	3.11	3.53	3.38	3.36
	75:25	3.33	3.59	3.32	3.37	3.40
	50:50	3.23	3.41	3.24	3.75	3.41
	Ort	3.32	3.37	3.37	3.50	

**:%1 *:%5 düzeyinde önemlidir.

Farklı $\text{NO}_3^-:\text{NH}_4^+$ oranlarındaki besin solüsyonunda yetiştirilen marul bitkisine yapraktan ve besin solüsyonuna GA uygulamalarının bitki kök protein oranlarına ait varyans analiz sonuçları Tablo 3.25'te verilmiştir. Tablo 3.25 incelendiğinde yapraktan ve besin solüsyonuna uygulamalarda, $\text{NO}_3^-:\text{NH}_4^+$ oranları ($p<0.01$) ve yapraktan yapılan GA uygulamaları ($p<0.05$) istatistiksel olarak önemli bulunmuştur. Besin solüsyonuna yapılan uygulamalarda, GA uygulamaları istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur. Besin solüsyonuna ve yapraktan yapılan uygulamalarda bunların interaksyonlarından elde edilen bitki kökü protein oranları arasındaki farklılık istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur.

Tablo 3.26’da farklı $\text{NO}_3^-:\text{NH}_4^+$ oranlarındaki besin solüsyonunda yetiştirilen marul bitkisine yapraktan ve besin solüsyonuna GA uygulamalarının bitki kökü protein oranına ait ortalama değerler verilmiştir. Yapraktan yapılan GA uygulamaları ve farklı $\text{NO}_3^-:\text{NH}_4^+$ oranlarının interaksiyonu sonucu elde edilen ortalama bitki kökü protein oranlarının %5.65 ve %3.50 arasında olduğu belirlenmiştir. $\text{NO}_3^-:\text{NH}_4^+$ oranı genel ortalamaları incelendiğinde ise 75:25 $\text{NO}_3^-:\text{NH}_4^+$ oranında %4.82 ile en yüksek bitki kökü protein oranı elde edilmiş olup, 100:0 $\text{NO}_3^-:\text{NH}_4^+$ oranında %3.59 ile en düşük bitki kökü protein oranı belirlenmiştir. Glutamik asit dozlarının genel ortalamaları incelendiğinde bitki kökü protein oranı 500 mg L^{-1} uygulamasına kadar artış göstermiştir.

Tablo 3.25. Yapraktan ve besin solüsyonuna GA uygulanan, farklı $\text{NO}_3^-:\text{NH}_4^+$ oranlarında yetiştirilen marul bitkisinin kök protein miktarına ait varyans analiz sonuçları

Varyasyon Kaynağı	Yaprak			Besin Solüsyonu	
	Serbestlik Derecesi	Kareler Toplamı	F Değeri	Kareler Toplamı	F Değeri
$\text{NO}_3^-:\text{NH}_4^+$ oranı	2	9.089772	15.7202**	15.85574	30.7766**
GA Dozları	3	4.702867	5.4222*	1.496119	1.936
$\text{NO}_3^-:\text{NH}_4^+$ *GD	6	2.13265	1.2294	0.521306	0.3373
Hata	24	6.93867		6.18227	
Genel Toplam	35	22.86396		24.05543	

**: %1, *: %5 düzeyinde önemlidir.

Tablo 3.26. Yapraktan ve besin solüsyonuna GA uygulanan, farklı $\text{NO}_3^-:\text{NH}_4^+$ oranlarında yetiştirilen marul bitkisinin kök protein miktarına (%) ait ortalama değerler

Yaprak	Glutamik Dozları					
	NO ₃ ⁻ :NH ₄ ⁺	0	100	250	500	Ort
	100:0	3.53	3.50	3.70	3.65	3.59 ^c
	75:25	4.15	4.33	5.16	5.65	4.82 ^a
	50:50	3.87	3.90	4.12	4.94	4.21 ^b
	Ort	3.85 ^b	3.91 ^b	4.33 ^{ab}	4.75 ^a	
Besin Solüsyonu	Glutamik Dozları					
	NO ₃ ⁻ :NH ₄ ⁺	0	1	10	100	Ort
	100:0	3.03	2.77	2.83	3.19	2.96 ^b
	75:25	4.15	4.55	4.53	4.88	4.53 ^a
	50:50	3.87	3.88	4.10	4.54	4.10 ^a
	Ort	3.69	3.73	3.82	4.20	

**: %1, *: %5 düzeyinde önemlidir.

Besin solüsyonuna yapılan GA uygulamaları ve farklı $\text{NO}_3^-:\text{NH}_4^+$ oranlarının interaksiyonu sonucu elde edilen ortalama bitki kökü protein oranı değerleri incelendiğinde %4.88 ile %2.77 arasında değiştiği tespit edilmiştir. $\text{NO}_3^-:\text{NH}_4^+$ oranı genel ortalamaları incelendiğinde ise 50:50 $\text{NO}_3^-:\text{NH}_4^+$ oranında %4.53 ile en yüksek bitki kökü protein oranı elde edilmiş olup, 100:0 $\text{NO}_3^-:\text{NH}_4^+$ oranında %2.96 ile en düşük bitki kökü protein oranı elde edilmiştir.

Yapılan diğer çalışmalarda artan GA uygulamaları sonucunda Weigelt vd. (2008) bezelyede, Gao vd. (2010) marulda, Haghighi ve Teixeira Da Silva, (2013) hem domateste hem de marulda protein oranının arttığını tespit etmişlerdir. Bu çalışmalarda GA uygulamalarının azot asimilasyonunu artırdığını ve bu durumun protein birikiminde önemli rol oynadığını belirtmişlerdir.

4. BÖLÜM

SONUÇ ve ÖNERİLER

4.1. Sonuçlar ve Öneriler

Topraksız tarım koşullarında farklı $\text{NO}_3^-:\text{NH}_4^+$ dozlu (%100:0, 75:25, 50:50) besin solüsyonlarında durgun su kültüründe yetiştirilen Syngenta-Kanaryole F1 kıvırcık marul çeşidine, besin solüsyonuna ve yapraktan glutamik asit uygulamalarının etkisi incelenmiştir. Besin solüsyonuna 1, 10 ve 100 mg L^{-1} dozlarında glutamik asit, yapraktan ise 100, 250 ve 500 mg L^{-1} glutamik asit haftada bir defa toplamda 5 kez püskürtülerek uygulanmıştır. Her uygulama 3 tekerrürlü olarak kontrollü koşullar altındaki serada gerçekleştirilmiştir.

Araştırma sonucu elde edilen bulgular aşağıda özetlenmiştir:

Bitki yaş ve kuru ağırlığı sonuçları incelendiğinde, yapraktan uygulamalarda en yüksek bitki yaş ve kuru ağırlıkları (262.6-15.9 g/bitki) 100:0 $\text{NO}_3^-:\text{NH}_4^+$ besin solüsyonu ve 250 mg L^{-1} GA uygulamasından elde edilmiştir. Besin solüsyonuna GA uygulamalarında ise en yüksek bitki yaş ve kuru ağırlıkları (279.1-19.4 g/bitki) 100:0 $\text{NO}_3^-:\text{NH}_4^+$ besin solüsyonu ve 100 mg L^{-1} GA uygulamasından elde edilmiştir.

Marul bitkisine yapraktan GA uygulamalarında en yüksek kök yaş ağırlığı 50.9 g/bitki ile 100:0 $\text{NO}_3^-:\text{NH}_4^+$ besin solüsyonunda yetiştirilen bitkilere 250 mg L^{-1} GA uygulamasında belirlenirken, besin solüsyonuna GA uygulamasında ise en yüksek değer 64.0 g/bitki ile 100:0 $\text{NO}_3^-:\text{NH}_4^+$ besin solüsyonuna 100 mg L^{-1} GA uygulamasından elde edilmiştir. En yüksek kök uzunlukları, yapraktan uygulamalarda 100:0 $\text{NO}_3^-:\text{NH}_4^+$ besin solüsyonu ve 250 mg L^{-1} GA uygulamasında, besin solüsyonuna uygulamada ise 100:0 $\text{NO}_3^-:\text{NH}_4^+$ besin solüsyonu ve 10 mg L^{-1} GA uygulamasında tespit edilmiştir. Besin solüsyonlarının genel ortalamaları dikkate alındığında 100:0 $\text{NO}_3^-:\text{NH}_4^+$ oranına ait besin solüsyonlarında yetiştirilen marul bitkisinin kök uzunlukları, kök yaş ve kuru ağırlıkları diğer besin solüsyonlarında yetiştirilen bitkilere göre daha yüksek bulunmuştur.

Yapraktan uygulamalarda en yüksek yaprak alanı değerleri 100:0 $\text{NO}_3^-:\text{NH}_4^+$ besin solüsyonu ve 250 mg L^{-1} GA uygulamasında elde edilirken, besin solüsyonuna GA uygulamalarında ise 100:0 $\text{NO}_3^-:\text{NH}_4^+$ oranı ve 10 mg L^{-1} GA uygulamasında elde edilmiştir. Yaprak sayısı, gövde çapı, yaprak alanı, yaprak eni ve yaprak boyu değerleri 100:0 $\text{NO}_3^-:\text{NH}_4^+$ oranına ait besin solüsyonlarında yetiştirilen marul bitkisinin diğer besin solüsyonlarında yetiştirilen bitkilere göre daha yüksek bulunmuştur. Yapraktan GA uygulamalarında ise 100 ve 250 mg L^{-1} GA uygulaması yaprak alanını artırırken, besin solüsyonuna GA uygulamalarında ise bütün GA uygulamaları yaprak alanını artırdığı belirlenmiştir.

Marul bitkisinin klorofil miktarlarını incelendiğinde, yapraktan GA uygulamalarında daha yüksek klorofil miktarları elde edilirken, besin solüsyonuna GA uygulamalarının yaprak klorofil miktarı üzerine herhangi bir etkisi belirlenmemiştir. Besin solüsyonlarında ise en yüksek klorofil miktarları 75:25 $\text{NO}_3^-:\text{NH}_4^+$ oranında tespit edilmiştir. Gerek GA uygulamaları gerekse besin solüsyonlarının yaprak protein oranına etkisi tespit edilmemiştir. Kök protein oranına bakıldığında en yüksek protein oranları 75:25 $\text{NO}_3^-:\text{NH}_4^+$ besin solüsyonu uygulamalarında belirlenmiştir.

Sonuç olarak durgun su kültüründe yetiştirilen marul bitkisinin verim parametrelerini $\text{NO}_3^-:\text{NH}_4^+$ oranlarının ve GA uygulamalarının etkilediği belirlenmiştir. En yüksek marul verimi 100:0 $\text{NO}_3^-:\text{NH}_4^+$ oranındaki besin solüsyonundan elde edilmiş, yapraktan 250 mg L^{-1} GA ve besin solüsyonuna 100 mg L^{-1} GA uygulamalarıyla ise bu verimin daha fazla arttığı tespit edilmiştir.

KAYNAKÇA

- Abdel-Aal, Y., Abou-Zeid, S., El-Latif, A., El-Sapagh, S., 2016. Effect of amino acids replacing nitrate on growth and nitrate accumulation in lettuce. **Journal of Soil Sciences and Agricultural Engineering**, 7(3), 237-241.
- Akat, Ö., 2008. Farklı tuzluluk düzeyleri ve yıkama oranlarının gerbera bitkisinde gelişim, verim, kalite ve su tüketimi üzerine etkileri, Doktora Tezi, Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Akbay, C., Candemir, S., Orhan, E., 2005. Türkiye’de yaş meyve ve sebze ürünleri üretim ve pazarlaması. **KSÜ Fen ve Mühendislik Dergisi**, 8(2), 96-107.
- Alak, H.A., 2016. Role of proline acid in improving sunflower yield and yield components under deficit conditions water. **Iraqi Journal of Agricultural Science**, 2.
- Anonim, 2022. <https://www.syngenta.com.tr/kanaryole> (Erişim Tarihi: 21.07.2022).
- Ayas, H., Gulser, F., 2005. The effects of sulfur and humic acid on yied components and macronutrient contents of spianci Oleracea Var. Spinoz). **Journal of Biological Sciences**, 5(6), 801–804).
- Barickman, T.C., Kopsell, D.A., 2016. Nitrogen form and ratio impact Swiss chard (Beta vulgaris subsp. cicla) shoot tissue carotenoid and chlorophyll concentrations. **Scientia Horticulturae**, 204, 99-105.
- Bonasia, A., Conversa, G., Gonnella, M., Serio, F., Santamaria, P., 2008. Effects of ammonium and nitrate nutrition on yield and quality in endive. **The Journal of Horticultural Science and Biotechnology**, 83(1), 64-70.
- Cao, Y.P., Gao, Z.K., Li, J.T., Xu, G.H., Wang, M., 2006. Effects of extraneous glutamic acid on nitrate contents and quality of chinese chive. *In International Symposium on Vegetable Safety and Human Health*, 28 February 2010, Beijing, China, 856, (pp. 91-98).
- Castro, A.A., 1999. Solución nutritiva: principios básicos. Comportamento e interacción de los distintos elementos. In: MILAGROS MF; GÓMEZ IMC (eds). Cultivos sin suelo. II. Curso Superior de Especialización. Almería: DGIFA-FIAPA-Caja Rural de Almería. 2. ed. p. 229-246.
- Cox, W.J., Reisenauer, H.M., 1973. Growth and ion uptake by wheat supplied nitrogen as nitrate, or ammonium, or both. **Plant and soil**, 38(2), 363-380.

- Du, K., Han, Y., Hao, J., Qin, X., Liu, C., Fan, S., 2021. Effects of different NO_3^- : NH_4^+ ratios on the ultrastructure and ion flux rate of lettuce roots. **Journal of Plant Nutrition**, **44**(17), 2528-2545.
- Dwayyeh, R.T., 2022. The effect of glutamic acid spraying on growth and yield of sunflower (*Helianthus Annuus* L.) Varieties, Erciyes University, Master Thesis, Kayseri.
- Eşiyok, D., 2012. Kışlık ve Yazlık Sebze Yetiştiriciliği. Meta Basım. Bornova/İzmir.
- FAO, 2021. Birleşmiş Milletler Gıda ve Tarım Örgütü. Bitkisel Üretim İstatistikleri. <http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC>. (Erişim tarihi: 26 Kasım 2021)
- Farid, M., Farid, S., Zubair, M., Ghani, M.A., Rizwan, M., Ishaq, H.K., Alkahtani, S., Abdel-Daim, M.M., Ali, S., 2020. Glutamic acid-assisted phytomanagement of chromium contaminated soil by sunflower (*Helianthus annuus* L.): **Morphophysiological and Biochemical Alterations. Frontiers in Plant Science**, **11**, 1–14. <https://doi.org/10.3389/fpls.2020.01297>
- Feil, B., 1994. Growth and ammonium: nitrate uptake ratio of spring wheat cultivars under a homogeneous and a spatially separated supply of ammonium and nitrate. **J. Plant Nutr.** **17**, 717–728.
- Forde, B.G., Clarkson, D.T., 1999. Nitrate and ammonium nutrition of plant: Physiological and molecular perspectives. **Adv. Bot. Res.** **30**:97-100
- Forde, B.G., Lea, P.J., 2007. Glutamate in plants: metabolism, regulation, and signalling. **Journal of Experimental Botany**, **58**(9), 2339–2358.
- Francke, A., 2005. The effect of cultivation term and kind of soil on accumulation of nitrates and heavy metals in garden rocket (*Eruca sativa* L. DC.). **Zeszyty Problemowe Postepow Nauk Rolniczych**, **507**: 135-141
- Franzoni, Cocetta, Ferrante, 2021. Effect of glutamic acid foliar applications on lettuce under water stress. **Physiol Mol Biol Plants**, **27**(5):1059–1072
- Gao, H., Li, J., Zhang, T., Gong, B., Li, S., 2010. Glycine, glutamic acid and molybdenum application for quality improvement of lettuce leaves. **Acta Botanica Boreali-Occidentalia Sinica**, **30**(5), 968-973.
- Guo, S., Brück, H., Sattelmacher, B., 2002. Effect of nitrogen forms on the growth and water uptake of French bean (*Phaseolus vulgaris* L.) plants. **Plant Soil** **239**, 267–275.
- Gül, A., 2008. Topraksız Tarım, Hasad Yayıncılık, İstanbul.

- Güneş, A., İnal, A., Aktaş, M., 1996. Reducing nitrate content of NFT grown winter onion plants (*Allium cepa* L.) by partial replacement of NO₃ with amino acid in nutrient solution. **Scientia Horticulturae**, **65**(2-3), 203-208.
- Hachiya, T., Inaba, J., Wakazaki, M., Sato, M., Toyooka, K., Miyagi, A., Kawai-Yamada, M., Sugiura, D., Nakagawa, T., Kiba, T., 2021. Excessive ammonium assimilation by plastidic glutamine synthetase causes ammonium toxicity in *Arabidopsis thaliana*. **Nat. Commun.**, **12**, 4944.
- Haghighi, M., 2012. The effect of humic and glutamic acids in nutrient solution on the N metabolism in lettuce. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, **92**(15), 3023-3028.
- Haghighi, M., Teixeira Da Silva, J.A., 2013. Amendment of hydroponic nutrient solution with humic acid and glutamic acid in tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.) culture. **Soil Science and Plant Nutrition**, **59**(4), 642-648.
- Hameed, M.K., Umar, W., Razzaq, A., Aziz, T., Maqsood, M.A., Wei, S., ... Chang, L., 2022. Differential Metabolic Responses of Lettuce Grown in Soil, Substrate and Hydroponic Cultivation Systems under NH₄⁺/NO₃⁻ Application. **Metabolites**, **12**(5), 444.
- Haynes, R.J., Goh, K.M., 1978. Ammonium and nitrate nutrition of plants. **Biological Reviews**, **53**(4), 465-510.
- Hazar, D., Baktır, İ., 2013. Topraksız tarım kesme gül yetiştiriciliği. **Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi**, **17**(2), 21-27.
- Hosseney, M.H., Ahmed, M.M.M., 2009. Effect of nitrogen, organic and bio fertilization on productivity of lettuce (cv. Romaine) in sandy soil under Assiut conditions. **Ass Univ Bull Environ Res**, **12**: 7993
- Imas, P., Bar- Yosef, B., Kafkafi, U., Ganmore-Neumann, R., 1997. Release of carboxylic anions and protons by tomato roots in response to ammonium nitrate ratio and pH in nutrient solution. **Plant Soil**, **191**:27-34.
- Kalaf Mahidi, O., 2020. Effect of potassium fertilization and salicylic acid on growth, yield and quality of soybean crop (*Glycine max* L.). *Journal of Educational and Scientific Studies - College of Education - Iraqi University*, 23–36.
- Kılıç, R., Korkmaz, K., 2012. Kimyasal gübrelerin tarım topraklarında artık etkileri. **Biyoloji Bilimleri Araştırma Dergisi**, **5**: 87-90.

- Kim, K.Y., Park, S.K., Lee, E.H., 1989. The effect of NO₃: NH₄ ratio on the growth of several garden fruits in hydroponics., 1; the effect of NO₃: NH₄ ratio on the growth, mineral content and yield of strawberry (*Fragaria grandiflora* Ehrh.). The Research Reports of the Rural Development Administration-Horticulture (Korea R.).
- Kirk, P.L., 1950. Kjeldahl method for total nitrogen. **Analytical chemistry**, **22**(2), 354-358.
- Korkmaz, K, Ibrikci, H., Ryan, J., Buyuk, G., Guzel, N., Karnez, E., Yagbasanlar, T., 2008. Optimizing nitrogen fertilizer–use recommendations for winter wheat in a mediterranean-type environment using tissue nitrate testing. **Comm Soil Sci Plant Anal**, **39**: 1352-1366.
- Kotsiras, A., Olympios, C.M., Drosopoulos, J., Passam, H.C., 2002. Effects of nitrogen form and concentration on the distribution of ions within cucumber fruits. **Scientia Horticulturae**, **95**: 175–183
- Lasa, B., Frechilla, S., Lamsfus, C., Aparicio-Tejo, P.M., 2001. The sensitivity to ammonium nutrition is related to nitrogen accumulation. **Scientia Horticulturae**, **91**: 143-152.
- Lea-Cos, J.D., G.W.Stutte, W.L., Berry, R.M., Wheeler, 1996. Charge balance: A theoretical basis for modulating pH fluctuations in plant nutrient delivery systems. **Life Support Biosph Sci**. **3**:53-59.
- Liu, C.W., Sung, Y., Chen, B.C., Lai, H.Y., 2014. Effects on nitrogen fertilizers on the growth and nitrate content of lettuce (*Lactuca sativa* L.). **International J.of Environmental Research and Public Health**, **11**, 4427-4440.
- Maloupa, E., Mitsios, I., Martinez, P. F. Bladenopoulou, S., 1992. Study of substrate use in gerbera soilless culture grown in plastic greenhouses, **Acta Hort**. **323**, 139–144
- Meister, A., 2012. Biochemistry of the amino acids. Elsevier.
- Noroozlo, Y.A., Souri, M.K., Delshad, M., 2019. Stimulation effects of foliar applied glycine and glutamine amino acids on lettuce growth. **Open Agriculture**, **4**(1), 164-172.
- Olympios, C.M., 1993. Soilless media under protected cultivation rockwool, peat, perlite and other substrates. **Acta Horticulturae** **323**: 215-234.
- Oseyko, M., Romanovska, T., Shevchyk, V., 2020. Justification of the amino acid composition of sunflower proteins for dietary and functional products. **Ukrainian Food Journal**, **9**(2), 394–403. <https://doi.org/10.24263/2304-974x-2020-9-2-11>

- Örs, S., 2004. Perlit ve Toprak Karışımlarının Bazı Fiziksel Özellikleri ve Bu Karışımların Çilekte Vejetatif Gelişme Üzerine Olan Etkileri. Atatürk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tarımsal Yapılar ve Sulama Anabilim Dalı Yüksek Lisans Tezi, Erzurum.
- Özenç, D.B., Şenlikoğlu, G., 2017. Organik ve kimyasal azot kaynağının ıspanak bitkisinin bazı besin içeriği ve nitrat birikimi üzerine etkileri. **Anadolu Tarım Bilimleri Dergisi**, 32(3), 398-406.
- Özgümüş, A., 1985. Topraksız kültürde bitkilerin beslenmesi. **Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi**, 4:93-101
- Palaniswamy, U.R., Bible, B.B., McAvoy, R.J., 2004. Oxalic acid concentrations in purslane (*Portulaca oleraceae* L.) is altered by the stage of harvest and the nitrate to ammonium ratios in hydroponics. **Scientia Horticulturae**. 102(2): 267-275.
- Pardossi, A., Carmassi, G., Diara, C., Incrocci, L., Maggini, R., Massa, D., 2011. Efficient use of inputs in protected horticulture. Department of Biological Agriculture, University of Pisa, Italy, 260 p.
- Pavlou G.C., Ehaliotis C.D., Kawadias, V.A., 2007. Effect of organic and inorganic fertilizers applied during successive crop seasons on growth and nitrate accumulation in lettuce. **Sci Hortic**, 111: 319-325.
- Putra, P.A., Yuliando, H., 2015. Soilless culture system to support water use efficiency and product quality: A review, **Agriculture and Agricultural Science Procedia**, 3: 283-288.
- Roosta, H.R., Schjoerring, J.K., 2007. Effects of ammonium toxicity on nitrogen metabolism and elemental profile of cucumber plants. **Journal of Plant Nutrition**, 30(11), 1933-1951.
- Santamaria, P., 2006. Nitrate in vegetables, toxicity, content, intake and EC regulation. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, 86(1), 10-17.
- Santamaria, P., Elia, A., Papa, G., Serio, F., 1998. Nitrate and ammonium nutrition in chicory and rocket salad plants. **Journal of plant nutrition**, 21(9), 1779-1789.
- Shattuck, V.I., Wang, W., 1993. Nitrogen dioxide fumigation alters the glucosinolate and nitrate levels in pak choy (*Brassica campestris* ssp. *chinensis*). **Scientia Horticulturae**. 56(2): 87-100.

- Song, S., Yi, L., Zhu, Y., Liu, H., Sun, G., Chen, R., 2017. Effects of ammonium and nitrate ratios on plant growth, nitrate concentration and nutrient uptake in flowering Chinese cabbage. **Bangladesh Journal of Botany**, **46**(4), 1259-1267.
- Sonneveld, C., 2002. Composition of nutrient solutions, p. 179-210. In: D. Savvas, and H.C. Passam (eds.) Hydroponic production of vegetables and ornamentals. Embryo Publishers, Athens, Greece.
- Souri, M.K., Hatamian, M., 2019. Aminochelates in plant nutrition: a review. **Journal of Plant Nutrition**, **42**(1), 67-78.
- Sulak, M., Aydın, İ., 2005. Yem bitkilerinde nitrat birikmesi. **Anadolu Tarım Bilimleri Dergisi**, **20**(2), 106-109.
- Şalk, A., Arın, L., Deveci, M., Polat, S., 2008. Özel Sebzeçilik. Sevil Cilt Evi ve Matbaası, Tekirdağ.
- Tabatabaei, S.J., Yusefi, M., Hajiloo, J., 2008. Effects of shading and NO₃: NH₄ ratio on the yield, quality and N metabolism in strawberry. **Scientia horticulturae**, **116**(3), 264-272.
- Talaz, A., Nas, E., 2019. Investigation of the feasibility of tomato production in soilless culture in bafra plain. **Erciyes Journal of Agriculture and Animal Sciences**, **2**(1), 11-19.
- TUİK, 2021. Türkiye İstatistik Kurumu. www.tuik.gov.tr. (Erişim tarihi: 24.04.2021)
- Tuncay, Ö., 2011. Relationships between nitrate, chlorophyll and chromaticity values in rocket salad and parsley. **African Journal of Biotechnology**, **10**(75): 17152-17159.
- Uğur, A., Ekbiç, E., Zambı, O., Uyar, M., Aksoy, R., 2014. Azot ve humik asit uygulamalarının marulda verim ve kalite üzerine etkisi. *10. Sebze Tarımı Sempozyumu Bildiriler Kitabı*, Eylül, 2014, Tekirdağ, s. 402-407.
- Vural, H., Eşiyok, D., Duman, D., 2000. Kültür Sebzeleri (Sebze yetiştiriciliği). Ege Üniversitesi. Ziraat Fakültesi, Bahçe Bitkileri Bölümü. s.378-393, İzmir.
- Walch-Liu, P., Neumann, G., Bangerth, F., Engels, C., 2000: Rapid effects of nitrogen form on leaf morphogenesis in tobacco. **J. Exp. Bot.** **51**, 227-237.
- Wang, N., Fu, F., Wang, H., Wang, P., He, S., Shao, H., ... Zhang, X., 2021. Effects of irrigation and nitrogen on chlorophyll content, dry matter and nitrogen accumulation in sugar beet (*Beta vulgaris* L.). **Scientific Reports**, **11**(1), 1-9.

- Wang, Y., Chen, L., Su, W., Hao, Y., Liu, H., Sun, G., Chen, R., Song, S., 2021. Effect of nitrate concentration on the growth, bolting and related gene expression in flowering chinese cabbage. **Agronomy**, **11**, 936.
- Weigelt, K., Küster, H., Radchuk, R., Müller, M., Weichert, H., Fait, A., Fernie, A.R., Saalbach, I., Weber, H., 2008. Increasing amino acid supply in pea embryos reveals specific interactions of N and C metabolism, and highlights the importance of mitochondrial metabolism. **Plant J.**, **55**, 909–926.
- Wojciechowska, R., Kowalska, I., 2011. The effect of foliar application of urea, Mo and BA on nitrate metabolism in lettuce leaves in the spring and summer-autumn seasons. **Folia Horti**, **23**: 119-123.
- Wu, C., Wang, Z.Q., Fan, Z.Q., Sun, H.L., 2003. Effects of different concentrations and form ratios of nitrogen on chlorophyll biosynthesis, photosynthesis, and biomass partitioning in *Fraxinus mandshurica* seedlings. **Acta Phytoecol. Sin.** **27**: 771779.
- Xing, S., Wang, J., Zhou, Y., Bloszies, S.A., Tu, C., Hu, S., 2015. Effects of NH_4^+ – N/NO_3^- – N ratios on photosynthetic characteristics, dry matter yield and nitrate concentration of spinach. **Experimental Agriculture**, **51**(1), 151-160.
- Yıldırım, M., Bahar, E., Demirel, K., 2015. Farklı sulama suyu seviyelerinin serada yetiştirilen kıvırcık marulun (*Lactuca sativa* var. *campania*) verimi ve gelişimi üzerine etkileri. **Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi**, **3**(1), 29-34
- Yıldız, N., Aydemir, O., 1995. NH_4 ve NO_3 beslenmesinin su kültüründe yetiştirilen domates bitkisinin gelişme ve mineral içeriğine etkisi. **Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi**, **26**(4).
- Yücel, P.K., Halkman, H.B.D., 2009. Minimal İşlem Görmüş Meyve ve Sebzelerin Işınlama ile Kalitesinin Arttırılması. *Ulusal Nükleer Bilimler ve Teknolojileri Kongresi*, Ekim, 2009, Muğla, 291-301.
- Zhang, J., Lv, J., Dawuda, M.M., Xie, J., Yu, J., Li, J., ... Gan, Y., 2019. Appropriate ammonium-nitrate ratio improves nutrient accumulation and fruit quality in pepper (*Capsicum annuum* L.). **Agronomy**, **9**(11), 683.
- Zhang, Y., Xiao, Z., Ager, E., Kong, L., Tan, L., 2021. Nutritional quality and health benefits of microgreens, a crop of modern agriculture. **J. Futur. Foods**, **1**, 58–66.

Zhao, X.Q., Guo, S.W., Shinmachi, F., Sunairi, M., Noguchi, A., Hasegawa, I., Shen, R.F., 2012. Aluminium tolerance in rice is antagonistic with nitrate preference and synergistic with ammonium preference. **Ann. Bot.**, **111**, 69–77.



ÖZGEÇMİŞ

KİŞİSEL BİLGİLER

Adı Soyadı: Büşra ORUÇ

EĞİTİM

Derece	Kurum	Mezuniyet Tarihi
Yüksek Lisans	Erciyes Üniversitesi, Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü	2022
Lisans	Erciyes Üniversitesi, Biyosistem Mühendisliği	2018
Lise	Fatih Sultan Mehmet Lisesi, Ankara	2013

İŞ DENEYİMLERİ

Yıl	Kurum
2021-Halen	Meka Çevre Analiz laboratuvarı

YABANCI DİL

İngilizce (Orta)