

T.C.
ONDOKUZ MAYIS ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ



SİLİSYUM - AZOT İTERAKSİYONUNUN KIVIRCIK MARULDA (*Lactuca sativa var. crisp*a) GELİŞİM, NİTRAT VE NİTRİT AKÜMÜLASYONUNA ETKİSİ

Ali KONAŞ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

T.C.
ONDOKUZ MAYIS ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

SİLİSYUM - AZOT İNTERAKSİYONUNUN KIVIRCIK MARULDA (*Lactuca sativa* var. *crispa*) GELİŞİM, NİTRAT VE NİTRİT AKÜMÜLASYONUNA ETKİSİ

ALİ KONAŞ

TOPRAK BİLİMİ VE BİTKİ BESLEME ANABİLİM DALI

SAMSUN

2019

Her hakkı saklıdır.

TEZ ONAYI

Ali KONAŞ tarafından hazırlanan “Silisyum - Azot İnteraksiyonunun Kıvırcık Marulda (*Lactuca sativa* var. *crispa*) Gelişim, Nitrat ve Nitrit Akümülayonuna Etkisi” adlı tez çalışması 22/02/2019 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından Ondokuz Mayıs Üniversitesi Fen Bilimleri, Enstitüsü Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Anabilim Dalı’nda Yüksek Lisans Tezi olarak kabul edilmiştir.

Danışman **Doç. Dr. Ayhan HORUZ**
Toprak Bilimi ve Bitki Besleme
Anabilim Dalı

Jüri Üyeleri

Başkan **Doç. Dr. Ayhan HORUZ** **İmza**
Ondokuz Mayıs Üniversitesi
Toprak Bilimi ve Bitki Besleme
Anabilim Dalı

Üye **Doç. Dr. Mustafa SAĞLAM** **İmza**
Ondokuz Mayıs Üniversitesi
Toprak Bilimi ve Bitki Besleme
Anabilim Dalı

Üye **Doç. Dr. Sezer ŞAHİN** **İmza**
Gaziosmanpaşa Üniversitesi
Toprak Bilimi ve Bitki Besleme
Anabilim Dalı

Yukarıdaki sonucu onaylarım / /2019

İmza

Prof. Dr. Bahtiyar ÖZTÜRK

Enstitü Müdürü

ETİK BEYAN

Ondokuz Mayıs Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü tez yazım kurallarına uygun olarak hazırladığım bu tez içindeki bütün bilgilerin doğru ve tam olduğunu, bilgilerin üretilmesi aşamasında bilimsel etiğe uygun davrandığımı, yararlandığım bütün kaynakları atıf yaparak belirttiğimi beyan ederim.

Tarih

Ali KONAŞ



ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

SİLİSYUM - AZOT İNTERAKSİYONUNUN KIVIRCIK MARULDA (*Lactuca sativa* var. *crispa*) GELİŞİM, NİTRAT VE NİTRİT AKÜMÜLASYONUNA ETKİSİ

Ali KONAŞ

Ondokuz Mayıs Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Anabilim Dalı

Danışman: Doç. Dr. Ayhan HORUZ

Yenilebilir sebzelerde azot kaynaklı nitrat ve nitrit akümülayonu insan sağlığını tehdit etmeye hala devam etmektedir. Akümülayonun giderilmesinde farklı yöntemler bulunmakla birlikte silisyumun kullanıldığı çalışmalar oldukça sınırlıdır. Bu çalışmanın amacı silisyumun (Si) - azot (N) interaksyonunun kıvırcık marulun (*Lactuca sativa* var. *crispa*) gelişim(taze ağırlık, kuru ağırlık, kuru madde (KM), klorofil kapsamı ve bitki boyu), nitrat ve nitrit akümülayonuna etkilerini belirlemektir. Bu amaçla 2017 yılı sera şartlarında % 33 N içeren amonyum nitrat kaynaklı (50:50 NH₄-N:NO₃-N) 5 azot dozu (0, 75, 150, 300 ve 450 mg kg⁻¹) ve silis asidi [Si₄(OH)₄] kaynaklı 5 silisyum dozu (0, 50, 100, 200 ve 400 mg kg⁻¹) tesadüf parsellerinde faktöriyel deneme desenine göre 3 tekerrürlü olarak uygulanmıştır. Taze marul ağırlığında N dozları ve Si uygulamaları (P<0.01); NO₃⁻ ve NO₂⁻ içeriği üzerine Si, N ve Si-N interaksyonu; KM, klorofil kapsamında N dozları, bitki boyunda N dozları ve Si-N interaksyonu önemli (P<0.01) bulunmuştur. Artan N dozları taze marul ağırlığını kontrole göre 43.21g'dan 102.01g'a (150 mg kg⁻¹ N), kuru ağırlığı 3.40 g'dan 4.64 g'a (75 mg kg⁻¹ N) artırırken; KM miktarını % 7.97'den % 5.29'a önemli (P<0.01) derecede azaltmıştır. Taze ağırlık üzerine 200 mg kg⁻¹ Si (85.66 g), kuru ağırlıkta 100 mg kg⁻¹ Si (4.35 g) önemli bulunurken, KM üzerine Si uygulamaları önemli bulunmamıştır. Marul NO₃⁻ ve NO₂⁻ içeriği 450 mg kg⁻¹ N, klorofil kapsamı 150 mg kg⁻¹ N ve bitki boyu 300 mg kg⁻¹ N dozuna kadar artmıştır. Nitrat kontrole göre 2057.90 mg kg⁻¹,dan 1374.84 mg kg⁻¹'a (200 mg kg⁻¹ Si), nitrit 1.42 mg kg⁻¹,dan 1.12 mg kg⁻¹'a (100 mg kg⁻¹ Si) önemli derecede düşmüştür. Klorofil ve bitki boyunun 150 mg kg⁻¹ N dozundan sonra azaldığı,400 mg kg⁻¹ Si uygulamaları ile klorofil kapsamının, 200 mg kg⁻¹ Si ile bitki boyunun arttığı bulunmuştur. Elde edilen verilerden marul bitkisine uygulanan N dozları arttıkça, bitki gelişiminin artarken KM miktarının azaldığı bitkide NO₃⁻ ve NO₂⁻'in akümüle olduğu, bu zararın silisyum ile azaltılabildiği, buna bağlı olarak bitki gelişiminin arttığı ve en uygun Si dozunun bitki gelişim ve kalite kriterlerine göre değişmekle birlikte 200 ile 400 mg kg⁻¹ arasında değiştiği sonucuna varılmıştır.

Şubat 2019, 66 sayfa

Anahtar kelimeler: Kıvırcık marul, azot, silisyum, taze ağırlık, nitrat, nitrit, akümülayon



ABSTRACT

Master's Thesis

EFFECT OF SILICON - NITROGEN INTERACTIONS ON CURLY LETTUCE (*Lactuca sativa* var. *crispa*) GROWTH, NITRATE AND NITRITE ACCUMULATIONS

Ali KONAŞ

Ondokuz Mayıs University
Institute of Science
Department of Soil Science and Plant Nutrition
Supervisor: Assoc. Prof. Dr. Ayhan HORUZ

Nitrate and nitrite accumulation of nitrogen in edible vegetables still threaten human health. Although there are different methods in the removal of accumulations, the studies where silicon is used are very limited. The aim of this study was to determine the effects of silicon - nitrogen (N) interaction on the development of curly lettuce (*Lactuca sativa* var. *crispa*) (fresh weight, dry weight, dry matter (KM), chlorophyll content and plant height), nitrate - nitrite accumulations. For this purpose, 5 nitrogen doses (0, 75, 150, 300 and 450 mg kg⁻¹) of ammonium nitrate (50:50 NH₄-N:NO₃-N) containing % 33 N, 5 silicon doses (0, 50, 100, 200 and 400 mg kg⁻¹) of derived silica acid [Si₄ (OH)₄] were applied in 3 replicates according to the factorial trial pattern in random plots in the greenhouse conditions of 2017. N doses and Si applications on fresh lettuce weight (P <0.01); Si, N and Si-N interaction on NO₃⁻ and NO₂⁻ content; N doses on dry matter and chlorophyll content, N doses and Si-N interaction was found to be significant (P <0.01). Increasing N doses increased fresh lettuce weight from 43.21g to 102.01g 'a (150 mg kg⁻¹ N), dry weight from 3.40 g to 4.64 g'a (75 mg kg⁻¹ N); The amount of KM decreased from % 7.97 to % 5.29 (P <0.01). While 200 mg kg⁻¹ Si (85.66 g) on fresh weight, 100 mg kg⁻¹ Si (4.35 g) on dry weight were important, Si applications weren't important found on KM. The contents of lettuce NO₃⁻ and NO₂⁻ have increased up to 450 mg kg⁻¹ N, chlorophyll content up to 150 mg kg⁻¹ N and plant-length up to 300 mg kg⁻¹ N dose. According to the control, nitrate decreased significantly from 2057.90 mg kg⁻¹ to 137.484 mg kg⁻¹ (200 mg kg⁻¹ Si), nitrate decreased significantly from 1.42 mg kg⁻¹ to 1.12 mg kg⁻¹ (100 mg kg⁻¹ Si). Chlorophyll content and plant height decreased after 150 mg kg⁻¹ N dose, 400 mg kg⁻¹ Si application increased chlorophyll content, 200 mg kg⁻¹ Si application increased plant height was determined. According to the data obtained, it was concluded that as the N doses applied to the lettuce plant increased, the amount of KM decreased while the plant development increased, NO₃⁻ and NO₂⁻ were accumulating in the plant, this damage could be reduced with silicon, hence the plant development increased and according to plant development and quality criteria, the optimum Si dose applied to the plant ranged from 200 to 400 mg kg⁻¹.

February 2019, 66 page

Key words: *Lactuca sativa* var. *crispa*, nitrogen, silicon, fresh weight, nitrate, nitrite, accumulation



TEŞEKKÜR

Tez çalışmamın her aşamasında benden yardımlarını esirgemeyen, her koşulda beni destekleyen, bilgi ve tecrübesini benimle paylaşan çok kıymetli danışmanım Sayın Doç. Dr. Ayhan HORUZ hocama teşekkürlerimi bir borç bilirim.

Çalışmanın serada kurulmasında ve laboratuvar analizleri esnasında yardımlarını esirgemeyen değerli arkadaşlarım Ziraat Mühendisi Muharrem SÖKMEN, Ziraat Mühendisi Taner NOGAY, Ziraat Mühendisi Emine ERİŞGİN ve yüksek lisans öğrencisi Burhan ŞİT'e teşekkür ederim.

Hayatımın her aşamasında maddi, manevi her daim yanımda olan çok kıymetli annem ve çok kıymetli babama ayrıca benden sabrını ve desteğini hiçbir zaman esirgemeyen sevgili eşim Ayşe KONAŞ ve oğlum Yusuf Ziya KONAŞ'a sonsuz sevgi ve saygılarımı sunarım.

Bu çalışma, Ondokuz Mayıs Üniversitesi tarafından PYO.ZRT.1904.17.046 proje numarası ile desteklenmiştir

Şubat 2019, Samsun

Ali KONAŞ



İÇİNDEKİLER DİZİNİ

ÖZET.....	i
ABSTRACT.....	iii
TEŞEKKÜR.....	v
İÇİNDEKİLER DİZİNİ	vii
SİMGELER ve KISALTMALAR	xi
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	xvii
ÇİZELGELER DİZİNİ	xxi
1. GİRİŞ	1
2. GENEL BİLGİLER ve KAYNAK ÖZETLERİ	6
2.1. Azot (N).....	6
2.1.1. Azot döngüsü	6
2.1.2. Bitkilerin azot kullanımı	7
2.1.3. Bitkilerde azot asimilasyonu.....	7
2.1.4. Nitrat ve nitrit akümülayonu	9
2.1.5. Nitrat ve nitrit akümülayonunu etkileyen faktörler.....	10
2.1.5.1. Azot kaynağı ve miktarı.....	10
2.1.5.2. Azot uygulama zamanı	12
2.1.5.3. Toprak özellikleri ve iklimin etkisi.....	12
2.1.5.4. Hasat zamanı ve sonrası uygulamalar.....	13
2.1.5.5. Türler ve çeşitler arası NO ₃ birikim farklılığı	14
2.1.5.6. Enzim faaliyetlerinin engellenmesi ve diğer elementlerin etkisi	15
2.2. Silisyum (Si).....	17
2.2.1. Bitkilerde silisyum	17
2.2.2. Abiyotik streslerde silisyumun rolü	18
2.2.2.1. Fiziksel stresler	18
2.2.2.2. Kimyasal stresler.....	19
2.2.3. Biyotik streslerde silisyumun rolü	22
3. MATERYAL ve YÖNTEM.....	25
3.1. Materyal.....	25
3.2. Yöntem	26
3.2.1. Toprak tekstürü	26
3.2.2. Organik madde.....	27
3.2.3. Toprak reaksiyonu (pH).....	27



3.2.4. Elektriksel iletkenlik (EC)	27
3.2.5. Yarayırlı fosfor (P ₂ O ₅).....	27
3.2.6. Katyon değişim kapasitesi	27
3.2.7. Toplam azot	27
3.2.8. Kireç içeriği	28
3.2.9. Yarayırlı mikro elementler	28
3.2.10. Değişebilir katyonlar.....	28
3.3. Zararlılarla Mücadele ve Marul Hasadı.....	28
3.3.1. Zararlılarla Mücadele.....	28
3.3.2. Marul Hasadı	28
3.3.2.1. Taze marul ağırlığı.....	28
3.3.2.2. Kuru marul ağırlığı	28
3.3.2.3. Kuru madde (%).....	29
3.3.2.4. Bitki boyu (cm).....	29
3.4. Bitki Analizleri	29
3.4.1. Klorofil tayini	29
3.4.2. Nitrat ve nitrit analizleri.....	29
3.5. İstatistiki Analizler	30
4. BULGULAR ve TARTIşMA.....	31
4.1. Kıvırcık Marulun Verim Unsurları.....	31
4.2. Kıvırcık Marulun Kalite zellikleri	35
4.2.1. Marul nitrat içeriği	36
4.2.2. Marul nitrit içeriği.....	41
4.2.3. Marul klorofil kapsamı	44
4.2.4. Marul bitki boyu	45
4.3. Marul Verim Unsurlarıyla Kalite Kriterleri Arasındaki İlişkiler	49
5. SONUÇ ve ÖNERİLER.....	53
KAYNAKLAR	55
ZGEMİř	67

SİMGELER ve KISALTMALAR

C	:	Karbon
P	:	Fosfor
K	:	Potasyum
Ca	:	Kalsiyum
Mg	:	Magnezyum
Fe	:	Demir
Mn	:	Mangan
Zn	:	Çinko
Cu	:	Bakır
Al	:	Alüminyum
B	:	Bor
S	:	Kükürt
Si	:	Silisyum
%	:	Yüzde
AAS	:	Atomic absorpsiyon spektrofotometresi
pH	:	Hidrojen iyonu konsantrasyonunun eksi logaritması
mg/lt	:	Litredeki miligram
mg/kg	:	Kilogramdaki miligram
mg	:	Miligram
ml	:	Mililitre
mm	:	Milimetre
°C	:	Santigrat Derece
kg/da	:	Bir dekadaki kilogram
kg	:	Kilogram
ton/da	:	Dekardaki ton
ha ⁻¹	:	Hektar
da ⁻¹	:	Dekar
L/da	:	Dekara litre
g	:	gram
g/lt	:	Litredeki gram
m ²	:	Metrekare
IU	:	Uluslararası birim



TK	:	Tarla kapasitesi
P ₂ O ₅	:	Fosfor penta oksit
H ₂ SO ₄	:	Sülfürik asit
NH ₄	:	Amonyum
NaOH	:	Sodyum hidroksit
HCl	:	Hidroklorik asit
Cr ₂ O ₇ ⁻²	:	Kromat
K ₂ O	:	Potasyum oksit
SiO ₂	:	Silisyum dioksit
CaCO ₃	:	Kalsiyum Karbonat
CaCl ₂	:	Kalsiyum klorür
Ca(NO ₃) ₂	:	Kalsiyum nitrat
CaCO ₃	:	Kalsit
CaCO ₃ .MgCO ₃	:	Dolomit
MgCO ₃	:	Magnezit
CO ₂	:	Karbondioksit
NO ₃ ⁻	:	Nitrat
NO ₂ ⁻	:	Nitrit
NH ₃	:	Amonyak
N ₂	:	Serbest azot
H ₂ O ₂	:	Hidrojen peroksit
¹ O ₂	:	Singlet oksijen
O ₃	:	Ozon
NR	:	Nitrat Redüktaz
NiR	:	Nitrit Redüktaz
NADH	:	Nikotin adenindinükleotid
NADPH	:	Nikotin adenindinükleotid fosfat
EDTA	:	Etilen daimin tetra asetik asit
NaOAc	:	Amonyum asetat
Si(OH) ₄	:	Monosilisik asit
B(OH) ₃	:	Borik asit
MHb	:	Methemoglobin
M	:	Molarite
mM	:	Mili molar



KM	:	Kuru madde
EC	:	Elektriksel iletkenlik
HPLC	:	Yüksek Basınçlı Sıvı Kromatografisi
DAD	:	Diode Array Dedector
SPSS	:	Statistical Packages for the Social Science
SDA	:	Süperoksit dismutaz aktivitesini
SCL	:	Sandy clay loam (Kumlu killi tın)
*	:	Önemli (% 5)
**	:	Çok önemli (% 1)
Öd	:	Önemsiz



ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1.1. Türkiye marul üretimi	2
Şekil 1.2. Türkiye marul tüketimi	2
Şekil 1.3. Türkiye'de 2009-2017 yılları arasında kullanılan gübre çeşitleri oranları ...	3
Şekil 1.4. Türkiye'de 2009-2017 yılları arasında kullanılan gübre miktarları	3
Şekil 2.1. Azot döngüsü şematik.....	7
Şekil 2.2. Ispanağın NO_3^- kapsamının (mg kg^{-1}) zamana göre değişimi	14
Şekil 2.3. Ayçiçeği bitkisinde tuzlu ortamda, farklı azot kaynakları ve Si'un taze ağırlığa etkisi	22
Şekil 4.1. Artan N dozlarının taze marul gelişimine etkisi	33
Şekil 4.2. Artan Si dozlarının taze marul gelişimine etkisi.....	33
Şekil 4.3. Azot ve Si dozları ile taze ağırlık arasındaki ilişkiler	33
Şekil 4.4. Azot ve Si dozları ile marul kuru ağırlığı arasındaki ilişkiler.....	34
Şekil 4.5. Azot ve Si dozları ile KM arasındaki ilişkiler	35
Şekil 4.6. Marul NO_3^- içeriği ile N ve Si dozları arasındaki ilişkiler.....	38
Şekil 4. 7. Marul NO_3^- içeriğinde Si - N interaksiyonu.....	39
Şekil 4. 8. Marul NO_3^- içeriğine Si - N interaksiyonunun etkisi	40
Şekil 4.9. Silisyum - N interaksiyonunun marul nitrat kapsamı değişimine etkisi....	41
Şekil 4.10. Azot ve Si dozları ile NO_2^- içeriği arasındaki ilişkiler.....	41
Şekil 4. 11. Marul NO_2^- içeriğine Si - N interaksiyonu.....	42
Şekil 4. 12. Marul NO_2^- içeriğine Si - N interaksiyonunun etkisi	43
Şekil 4.13. Silisyum - N interaksiyonunun marul nitrit kapsamı değişimine etkisi... 44	
Şekil 4.14. Marul klorofil kapsamı ile N ve Si dozları arasındaki ilişkiler.....	45
Şekil 4.15. Marul bitki boyu ile N ve Si dozları arasındaki ilişkiler.....	46
Şekil 4. 16. Marul bitki boyunda Si - N interaksiyonu	47
Şekil 4. 17. Marul bitki boyuna Si - N interaksiyonunun etkisi.....	48
Şekil 4.18. Silisyum - N interaksiyonunun marul bitki boyu değişimine etkisi	49



Şekil 4.19. Taze marul ağırlığı ile kuru ağırlık, KM, klorofil ve bitki boyu arasındaki ilişkiler	50
Şekil 4.20. Kuru marul ağırlığı ile NO_3^- kapsamı ve bitki boyu arasındaki ilişkiler..	51
Şekil 4.21. Marul KM miktarı ile klorofil kapsamı $\mu\text{mol/m}^2$ arasındaki ilişkiler.....	51
Şekil 4.22. Marul NO_3^- kapsamı ile nitrit kapsamı ve bitki boyu arasındaki ilişkiler	52
Şekil 4.23. Marul NO_2^- kapsamı ile klorofil kapsamı arasındaki ilişki.....	52





ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 2.1.	Taze marul ve aysberg tipi marulda NO_3^- için maksimum limitler.....	10
Çizelge 2.2.	Kışlık sebzelere farklı azotlu gübre uygulamasıyla nitrat birikimi ilişkisi.....	11
Çizelge 2.3.	Mısır bitkisinde nitrat düzeylerilen $\text{NO}_3^- \text{N}$ (mg kg^{-1}) düzeyleri.....	13
Çizelge 2.4.	Taze sebze örneklerinde belirtilen $\text{NO}_3^- \text{N}$ (mg kg^{-1}) düzeyleri.....	14
Çizelge 2.5.	Amonyum sülfat, CaCl_2 ve $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ uygulamalarının ıspanakta nitrat akümülyasyonuna etkileri.....	16
Çizelge 2.6.	Amonyum konsantrasyonuna bağımlı olarak mısır bitkisi kök ve sürgünlerinde kuru madde, N ve Si miktarı.....	20
Çizelge 3.1.	Deneme deseni planı.....	25
Çizelge 3.2.	Deneme toprağının fiziksel ve kimyasal özellikleri.....	26
Çizelge 4.1.	Silisyum - azot interaksiyonunun kıvırcık marulun verim unsurlarına etkisi.....	31
Çizelge 4.2.	Silisyum - azot interaksiyonunun kıvırcık marulun kalite özelliklerine etkisi.....	36
Çizelge 4.3.	Marul verim unsurları ile kalite kriterleri arasındaki korelasyon katsayıları.....	50

1. GİRİŞ

Salata olarak da bilinen ve Latince adı *Lactuca sativa* olan marul, Asteraceae familyasına dâhil olup tek yıllık bir kültür sebzesidir. Bugün kültür sebzesi olarak yetiştirilen marulun anavatanının Avrupa, Asya ve Kuzey Afrika ülkelerini içine alan geniş bir alan olduğu kabul edilmektedir. Dünyada geniş alanlarda yetiştirilen marulun en yaygın yetiştirilen üç botanik varyetesi vardır. Bunlar yaprak karakterine göre 3 grup hâlinde incelenirler (Anonim, 2011):

1. *Lactuca sativa* var. *capitata* (göbekli (baş) marullar)

2. *Lactuca sativa* var. *crispa* (kıvrıkcık yapraklı marullar)

3. *Lactuca sativa* var. *angustana* (yapraklı marullar)

100 gr yenilebilir salata veya marulda 10-15 kalori, 0.9-1.2 gr protein, 0.2 gr yağ, 1.2 -2.9 gr karbonhidrat, 0.9 gr kül, 95 gr su, 22-26 mg Ca, 0.5-2 mg Fe, 9 mg Na, 175-264 mg K, 330-1900 IU A, 0.04-0.06 mg B1, 0.07 mg B2, 0.2-0.4 mg niacin, 6-18 mg C vitamini bulunur (Aybak, 2002; Günay, 2005).

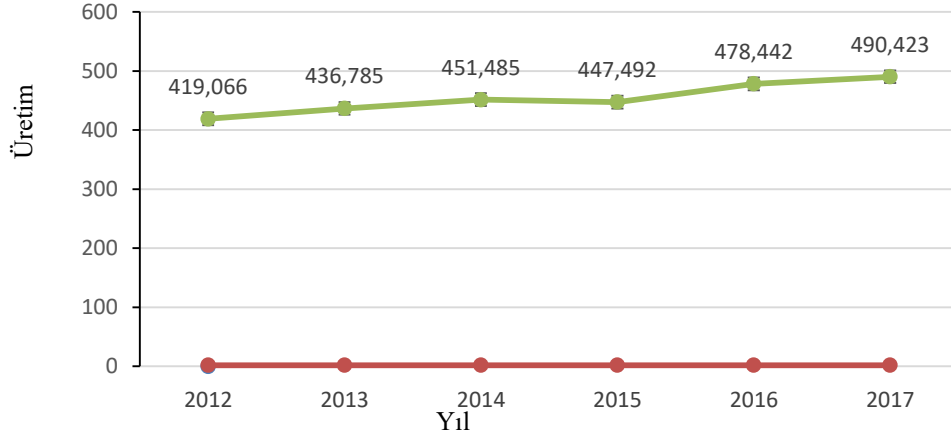
Marul soğuğa dayanıklı, nemli hava koşullarına gereksinim duyan serin iklim sebzesidir. Vejetasyon süresi kısa olduğundan Türkiye'nin tüm bölgelerinde yetiştirilebilir ve ekonomik değeri yüksektir (Yıldırım vd, 2015).

Türkiye İstatistik Kurumu verilerine göre 2017 yılında Türkiye genelinde kapalı ve açık alanda toplam 30.825.569 ton sebze yetiştirilmiş ve bu üretimin 490.423 tonunu marul bitkisi oluşturmuştur (Şekil 1.1). Ülkemizde 2016 yılında tüketilen toplam sebze miktarı 22.426.889 ton olarak hesaplanmıştır. Bu miktarın 416.125 tonunu ise marul tüketimi oluşturmuştur (Şekil 1.2). Gerek üretim ve gerekse tüketim oranlarındaki yıllara göre gerçekleşen artışa bakıldığında ülkemiz insanların marul sebzesine olan ilgisinin arttığını söylemek mümkündür.

Marul, özellikle yapraklarda nitrat birikiminin en yüksek olduğu sebzelerden biridir (Santamaria, 2006). Azot, sebzelerin en çok ihtiyaç duyduğu ikinci besin maddesidir. Bu element esas olarak nitrat veya amonyum şeklinde emilir ve amino asitleri, proteinleri ve enzimleri oluşturur (Viciedo vd, 2017). Winsor ve Schwarz, (1990), başarılı bir üretim için salata-marul yapraklarında N elementi konsantrasyonunun % 3.5-5.0 arasında değişmesi gerektiği, eksiklik sınırının ise

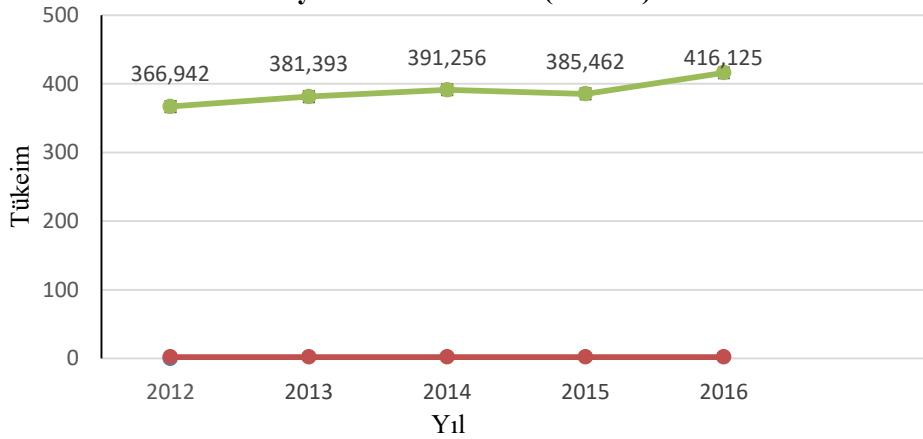
% 2.5 olduğunu bildirmişlerdir. Gereğinden fazla kullanılan gübreler ise yetiştiriciye ek bir maliyet getirmekle beraber hem bitki hem de çevre de istenmeyen durumların oluşmasına neden olmaktadır.

Türkiye Marul Üretimi (bin ton)



Şekil 1.1. Türkiye marul üretimi (Anonim,2018a)

Türkiye Marul Tüketimi (bin ton)

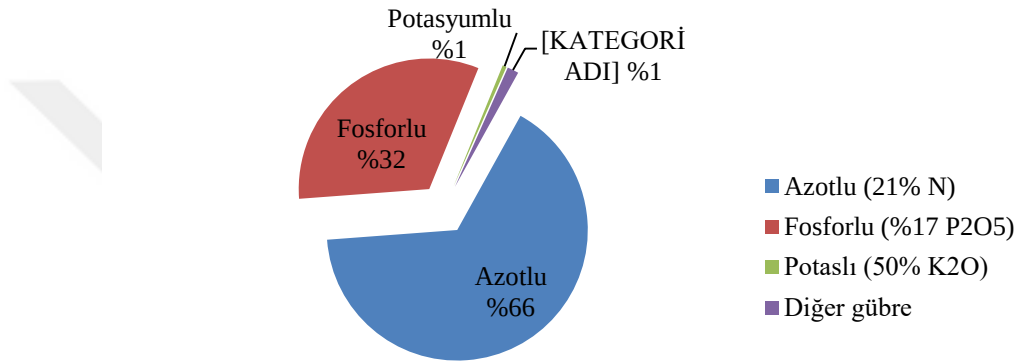


Şekil 1.2. Türkiye marul tüketimi (Anonim,2018b)

Kimyasal gübrelerin yetiştiricilikte, yanlış ve gereğinden fazla kullanımları sonucunda topraklarda ve sularda kirlilik problemleri oluşmaya başlamıştır. Bu problemlerin başında toprak tuzluluğu, topraklarda ağır metal birikimleri, erozyonla toprak kaybı, sularda ötrofikasyon ve nitrat birikimi, içme sularının kalite sorunları, bitkilerde toksik bileşiklerin oluşması vb. sorunlardır. Bu sorunların tek başına etkileri yanında birlikte etkileri de söz konusudur.

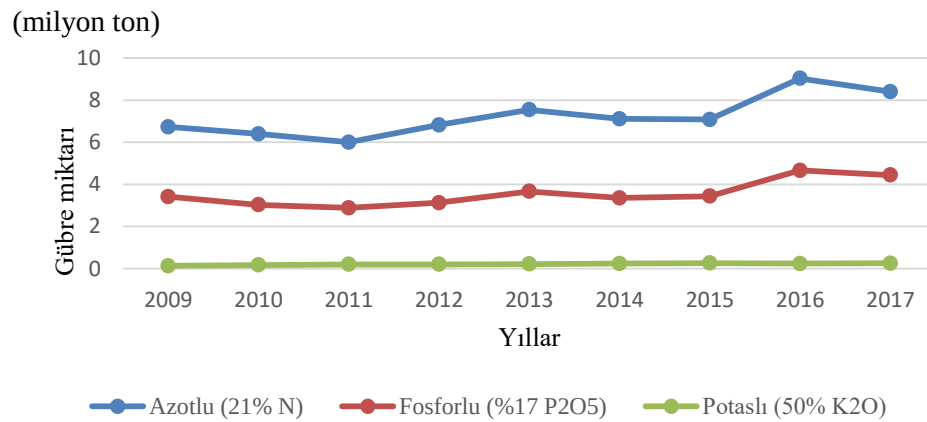
Yapılan çok sayıdaki araştırmalar hafif bünyeli topraklarda özellikle nitrat formundaki azotlu gübrelerin kolayca yıkanmak suretiyle taban suyu ve içme sularına karıştığını ve potansiyel tehlikeler oluşturduğunu ortaya koymuştur (Karaman vd, 2000). Bu nedenle azotun neden olduğu sorunların başında nitrat kirliliği gelmektedir ve nitrat kirliliği suda, toprakta ve bitkide olmak üzere ayrı ayrı incelenmelidir (Sönmez ve Demir, 2011).

Türkiye'de 2009-2017 yılları arasında kullanılan gübre çeşitlerinin oranlarına bakıldığında azotlu gübre oranının % 66 ile en yüksek olduğu görülmektedir (Şekil 1.3).



Şekil 1.3. Türkiye'de 2009-2017 yılları arasında kullanılan gübre çeşitlerinin oranları (Anonim, 2018c)

Türkiye'de 2009-2017 yılları arasında kullanılan gübrelerdeki değişim seviyesine bakıldığında ise yine azotlu gübrelerde diğer gübre formlarına göre daha yüksek bir artış görülmektedir (Şekil 1.4).



Şekil 1.4. Türkiye'de 2009-2017 yılları arasında kullanılan gübre miktarları (Anonim, 2018d)

Yaprağı yenen bir kısım sebzelerde koyu yeşil yaprak renginin sağlanması ve yüksek verim için aşırı gübreleme (özellikle azotlu gübreleme) yapılmaktadır. Bitki besin elementleri içinde azot alınımının gereğinden fazla olması veya alınan azotun proteine kadar olan dönüşümünün engellenmesi bitkide azot birikimine neden olmaktadır (Maynard vd, 1976). Bu durum verimi düşürdüğü gibi ürün kalitesinin de düşmesine neden olur, sebzelerin dayanıklılığı ve lezzeti azalır.

Yiyeceklerin yüksek miktarda nitrat içeriklerinin insan sağlığını olumsuz etkilediğinin ortaya çıkması ile bu konu üzerindeki araştırmalar yoğunluk kazanmıştır (Craddock, 1983). Bu maddelerin toksik olmalarının nedeni kansızlığa yol açmaları ve insan vücudunda bulunan sekonderaminlerle tepkimeye girerek kanserojen olan nitrozaminleri oluşturmalarıdır (Özdestan ve Üren, 2010).

Gıdalarla alınan nitrat daha ağız boşluğunda iken ağız florasını oluşturan bakteriler tarafından kısmen nitrite indirgenir. Bu mekanizma ile vücuda alınan nitratın % 20'sinin nitrite dönüştürüldüğü bildirilmektedir (Karakaya, 1981; Croll ve Hayes, 1988). Nitratlar, nitritlere indirgenebildikleri oranda toksik olur. İnsanlarda ve hayvanlarda diyetle alınan nitratın nitrite çevrilmesiyle veya doğrudan fazla miktarlarda alınan nitritin kan dolaşımına geçmesiyle methemoglobin (MHb) oluşumu artmakta ve eritrositlerin oksijen taşıma kapasitesi azalmaktadır (Virgil, 1976; Osweiler vd, 1985).

Çiftlik hayvanlarında en sık rastlanan zehirlenme kaynağı yem bitkileridir. Bursa'da sığırların yemlerinde ve içme sularında nitrat ve nitrit düzeylerinin araştırıldığı bir çalışmada, çiftliklerin % 25'inde kullanılan bazı yemlerin nitrat içeriğinin subakut veya kronik bir zehirlenmeye neden olabileceği; insanlar tarafından içme suyu olarak da kullanılabilen bu çiftliklerin sularının % 21'inin insan sağlığını tehdit edebilecek konsantrasyonlarda nitrat içerdiği belirtilmektedir (Oruç, 1999).

Azot fazlalığı bitkinin vejetatif gelişme periyodunu uzatır, çiçeklenmeyi geciktirir ve şeker sentezini azaltır. Meyvelerde geç olgunlaşmaya neden olur. (Aktaş ve Ateş, 1998; Boşgelmez vd, 2001; Fageria vd, 2011).

Aşırı azot kullanımı hücre genişlemesine, parankima hücrelerinin sklerankima hücrelerine göre artmasına sebep olur. Bu durum ise dokularda yumuşamalara, enfeksiyonlara karşı direncin azalmasına ve dona karşı hassasiyetin artmasına neden

olur. Bitkiler koyu mavimsi yeşil renk alırlar. Bitkide karbonhidrat ve azotlu bileşikler arası denge bozulduğundan mekanik destek sağlayan dokular zayıflar. Köklerde uzun, cılız ve az dallanma görülür. Aşırı azot alınması bazı bitkilerde bitkinin kendi gövdesi üzerine eğilme durumu şeklinde de etkisini gösterebilir. Bu durum bitkide silisyum birikimi ile azaltılabilir (Ma ve Takahashi, 2002). Özellikle molibden noksanlığı durumunda aşırı nitratin uç yanıklığı etkisi daha belirgin olur (Anonim, 2018e).

Son yıllarda bitki besin elementlerinin, özellikle mikro elementlerin eksikliklerinin sebep olduğu sorunlar ve fazlalıklarının bitki, insan ve hayvan sağlığı üzerine etkileri giderek önemini artırmaktadır, bu önemini artıran elementlerden biri de silisyumdur.

Silisyum, bitki besin elementleri arasında makro element olarak yer almamaktadır. Buna rağmen son zamanlarda yapılan araştırmaların silisyumun özellikle bitki hastalık ve zararlıların ortaya çıkmasını azalttığını ve bazı bitki türlerinin direnç ve dayanıklılığını arttırdığını; bazı hayvanların gelişimi için mutlak gerekli element olduğunu, insan sağlığı için de önemli olduğunu ispatlamasından dolayı silisyum ile ilgili yapılan araştırmalar giderek önemini artırmıştır.

Özellikle bilinçli tüketiciler artık kaliteyi ön planda görmektedirler. Buna bağlı olarak sebze üretiminin öncelikli hedefi kalitenin artırılması olmalıdır. Uluslararası ve ulusal düzeydeki sebze ticaretinde de kalite unsurlarının önemi gittikçe artmakta, hatta gıda güvenliği ve gıda kalitesi ticaret yapabilmenin ön koşulu haline gelmektedir. Bu gelişmeler, ülkemiz yaş meyve ve sebze sektörünü de yakından ilgilendirmektedir. Bu bağlamda, sebzelerin güvenli üretimi ve tüketiciye güvenli ulaşımı, gıda güvenliği ile ilgili alınan önlemler, uygulanan sistem ve standartlar büyük önem taşımaktadır. Gıda güvenliği açısından özellikle nitrat ve nitrit üzerinde durulan bir konudur. Bu durum günümüz tarımında yeni çalışmalar yapılarak daha konvansiyonel çözümler üretilmesi gerekliliğini ortaya koymaktadır.

Bu tez çalışmasının amacı insan beslenmesinde önemli yer tutan, ticari önemi giderek artan ve üretiminde nitrat/nitrit birikimi riski taşıyan kıvrıkcık marulda (*Lactuca sativa* var. *crispa*) silisyum - azot interaksiyonunun bitki gelişimi, nitrat (NO_3^-) ve nitrit (NO_2^-) akümüülasyonuna etkilerinin incelenmesidir.

2. GENEL BİLGİLER ve KAYNAK ÖZETLERİ

2.1. Azot (N)

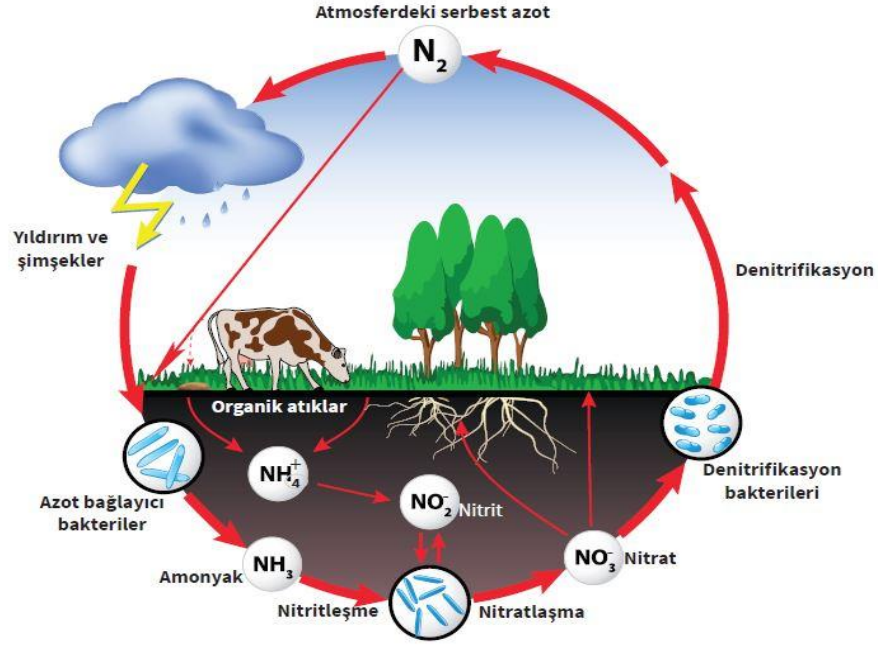
Dünyada bulunan azotun (N) yaklaşık % 98'i litosferdedir (taş küre). Atmosferin % 78'i N' dan oluşmaktadır. Toprakların toplam N içerikleri % 0.02 ile % 0.5 arasında değişmekte olup ortalama miktar % 0.15'dir (Turan ve Horuz, 2012).

Toprakta bulunan N'un büyük kısmı organik şekildedir. Normal şartlar altında her yıl organik-N'in % 2-3 mineralize olur. Toprakta bulunan $\text{NO}_3\text{-N}$ ve $\text{NH}_4\text{-N}$ miktarı (inorganik form) toplam N'un yaklaşık % 1-2'sini oluşturmaktadır (Anonim, 2018f).

Bitki kuru ağırlığının % 1.5-5'ini meydana getiren azot, miktar olarak çok düşük bir oranda bulunmasına rağmen yapısına katıldığı organik bileşiklerin, bitki hayatı ve biyokimyasal olaylardaki rolünden dolayı temel besin elementlerinin başında gelir (Haynes, 1986; Gebauer ve Schulze, 1997). Bitkilerdeki azotlu bileşiklerin en önemlileri aminoasitler, dolayısıyla proteinlerdir. Azot, bitkilerde sadece proteinlerin yapısına değil, kalıtım materyali olan nükleik asitlerin yapısına da girer ve çeşitli enzimlerin koenzim kısmını oluşturan bazı vitaminlerde de bulunur.

2.1.1. Azot döngüsü

Bitkilerin yapı ve fonksiyonlarında çok önemli rol oynayan azot, doğada bir döngü halindedir (Şekil 2.1). Bu döngüde azotun temel kaynağı atmosferde gaz halinde bulunan serbest azot (N_2) ve organik maddenin yapısında bulunan bağlı azottur. Doğada azot döngüsü üç ana kademeyi kapsar; (1) serbest azotun yüksek enerji fiksasyonu (atmosferik fiksasyon) ile oluşan amonyak ve nitratların yağmur suyu ile yeryüzüne taşınması, simbiyotik yolla veya serbest yaşayan organizmalarca (maviyeşil algler ve serbest bakteriler) biyokimyasal olarak organik forma indirgenmesi, (2) organik maddenin veya sentetik gübrelerin parçalanarak mineralleşmesi (amonifikasyon, nitrifikasyon ve denitrifikasyon) ile mineral azotun (NO_3^- ve NH_4^+) oluşumu, (3) mineral azotun bitkilerce alınıp tekrar organik yapıya katılması ve tüketicilere aktarılmasıdır (Arslan ve Güler, 2002).



Şekil 2.1. Azot döngüsü şematik (Anonim, 2018g)

2.1.2. Bitkilerin azot kullanımı

Yüksek bitkiler topraktan azotu inorganik formda (NO_3^- ve NH_4^+) alabilirler. Christy vd (1973) tarafından gerçekleştirilen bir çalışmada bitkiler tarafından alınan azotun % 90 oranında NO_3^- formunda, % 10 oranında ise NH_4^+ olduğu belirtilmiştir. İnorganik azotun kaynağı mineralizasyondur. Mineralizasyonda organik bağlı azot, amonyak ve nitrit üzerinden amonyum ve nitrata dönüşerek yüksek bitkiler için azot kaynaklarını oluşturur.

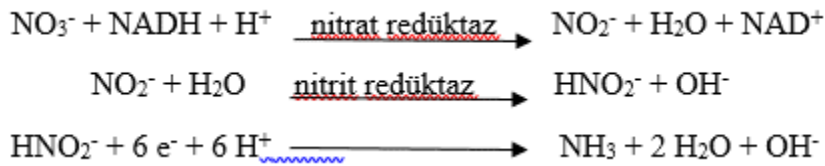
Azot alım etkinliği, üretim yönetim uygulamaları ve ürün çeşitlerine göre değişmekle birlikte dünya ortalaması % 50 civarındadır. Bitkisel üretimde verim artışı sağlayarak gıda güvenliğine olumlu katkıları ile birlikte inorganik azotlu gübreler toplam insan kaynaklı reaktif azotun % 63'ünü oluşturmaktadırlar. Reaktif azotun çevre üzerine olumsuz etkilerini minimize edecek ve bitkisel üretimde karlılığı artıracak en anlamlı yapılması gereken azot alım etkinliğini artırmaktır (Karaşahin, 2014).

2.1.3. Bitkilerde azot asimilasyonu

Yüksek bitkilerce azotun asimilasyonunda temel olan molekül amonyaktır. Amonyak molekülü ise çeşitli kaynaklar tarafından sağlanır (Marschner, 1995);

1. Simbiyotik azot (N₂) fiksasyonu,
2. Kökler tarafından topraktan alınan amonyum (NH₄⁺),
3. Kökler tarafından topraktan alınan ve indirgenen nitrat (NO₃⁻),
4. Fotorespirasyon (ışıkta solunum) ile açığa çıkan amonyak (NH₃)

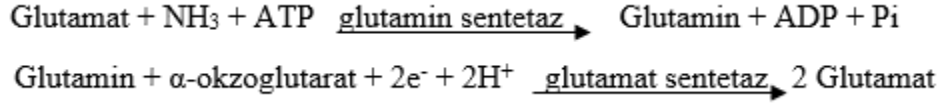
NH₄⁺'ün tamamına yakını bitki köklerinde, NO₃⁻ ise bitki kök ve gövdesinde asimile edilir. İnorganik yapıda alınan azot, bitkide çeşitli reaksiyonlar ile amonyağa indirgendikten sonra organik yapılara katılır. NO₃⁻ azotu, fotosentez reaksiyonu sonucu ortama verilen enerjinin kullanılmasıyla birinci aşaması hücre sitoplazmasında, ikinci aşaması kloroplastlarda cereyan eden indirgenme reaksiyonları sonucunda, NH₃'a dönüştürülmektedir. Nitrat, bitki besini olarak organik yapılara girmek ve bitkideki temel fonksiyonlarını yerine getirmek için öncelikle amonyağa indirgenmek zorundadır. Bitki hayatı için nitratin amonyağa indirgenmesi ve özümlemesinin önemi, karbondioksitin indirgenmesi ve özümlemesine eşdeğerdedir. Nitrat indirgenmesi iki enzim tarafından katalizlenir. Bunlardan ilki Nitrat Redüktaz olup, nitratin nitrite indirgenmesini katalizler. Diğeri ise, Nitrit Redüktaz olup, nitratin amonyağa indirgenmesinden sorumludur (Beevers ve Hageman, 1983; Haynes, 1986; Solomonson ve Barber, 1990; Marschner, 1995; Pilbeam ve Jan, 1999).



Alınan NH₄⁺ azotu ise bitkiler tarafından $\text{NH}_4^+ \longrightarrow \text{NH}_3 + \text{H}^+$ şeklinde NH₃ formuna dönüştürülmektedir. Daha sonra oluşan amonyak organik asitlerle birleşmek suretiyle redüktifaminasyon ve transaminasyon yoluyla amino asitlerin yapısına girerek asimile olur (Aktaş, 1994). Bazı bitki türleri indirgeyebilecekleri miktarın üzerinde nitrat azotu almaları sonucu NO₃⁻ iyonunu akümüle ederler (Schrader, 1978). Bitki bünyesinde fazlalaşan nitrat genellikle kök ve gövde kısımlarında depolanır (Turan ve Horuz, 2012).

Yüksek bitkilerde, kökler tarafından amonyumun alınması, nitratin alınması ve indirgenmesi ile oluşan amonyak, bitki dokusu için zehirli olması nedeniyle hemen

organik yapılara girmek zorundadır. Amonyum asimilasyonunda görev alan temel enzimler glutamin sentetaz ve glutamat sentetaz'dır (Britto ve Kronzucker, 2001; Kacar ve Katkat, 2009; Turan ve Horuz, 2012).



Glutamat ve glutamine organik olarak bağlanan azot amino asitler, aminler ve peptitler gibi diğer amidlerin sentezlenmesi için kullanılmaktadır (Turan ve Horuz, 2012).

2.1.4. Nitrat ve nitrit akümülayonu

Bitkinin gerçek ihtiyacı ve toprak değerleri dikkate alınmadan aşırı N'lu gübreleme yapılması durumunda, bazı bitkiler tarafından aşırı azot alımı gerçekleşebilir. Alınan azot, proteine kadar olan dönüşüm aşamalarının bazı faktörlerce engellenmesi nedeniyle yeşil bitki dokularının hücre vakuollerinde NO_3^- ya da NO_2^- şeklinde akümüle edilir (birikir). Bu durum özellikle yetiştirme ortamında nitrat azotunun çok fazla olması halinde gerçekleşir (Aktaş, 1994; Kacar ve Katkat, 2009).

Genel olarak kuru madde üzerinden % 1.5 oranında nitrat içeren bitkiler toksik olarak değerlendirilir. Amerika Birleşik Devletleri'nde (ABD) yetişkin bir insanın günde ortalama 75 mg nitrat aldığı (yaklaşık $0.2\text{-}0.3 \text{ mg kg}^{-1}$ nitrat nitrojen/kg/gün) kabul edilmekte; bu miktarın % 85'inin sebzelerden geldiği belirtilmektedir (Anonymous, 1981). Avrupa Birliği'nin besin maddelerinin kontrolü için oluşturduğu bilimsel komitenin belirlediği günlük kabul edilebilir nitrat alımı, nitrat iyonu olarak 3.7 mg kg^{-1} (0.85 mg kg^{-1} nitrat azotu) vücut ağırlığı; nitrit ise 0.06 mg kg^{-1} vücut ağırlığı nitrit iyonudur (Anonymous, 1995). 2011 yılında yayınlanan Türk Gıda Kodeksi Yönetmeliği'ne göre taze marul ve aysberg tipi marulda NO_3^- için maksimum limitler Çizelge 2.1' de belirtilmiştir;

Çizelge 2.1. Taze marul ve aysberg tipi marulda NO₃⁻ için maksimum limitler

Gıda	Maksimum Limit (NO ₃ ⁻ mg kg ⁻¹)	
Taze marul (<i>Lactuca sativa</i>) (açıkta yetişen ve korunan marul)	1 Ekim – 31 Mart arasında hasat edilmiş ise;	
	-Örtü altında yetiştirilen marul	5000
	-Açık havada yetiştirilen marul	4000
	1 Nisan – 30 Eylül arasında hasat edilmiş ise;	
	-Örtü altında yetiştirilen marul	4000
	-Açık havada yetiştirilen marul	3000
Aysberg tipi marul	-Örtü altında yetiştirilen marul	2500
	-Açık havada yetiştirilen marul	2000

2.1.5. Nitrat ve nitrit akümülayonunu etkileyen faktörler

Başlıca şu faktörlerin nitrat ve nitrit akümülayonunu etkilediği görülmüştür;

- Azot kaynağı ve miktarı
- Azot uygulama zamanı
- Toprak özellikleri ve iklimin etkisi
- Hasat zamanı ve sonrası uygulamaları
- Türler ve çeşitler arası farklılıklar
- Enzim faaliyetlerinin engellenmesi ve diğer elementlerin etkisi

2.1.5.1. Azot kaynağı ve miktarı

İnorganik azotlu gübrelerin kullanımı sebzelerin nitrat içeriğinin artmasına neden olmaktadır. Ispanak ile yapılan bir çalışmada % 50 amonyak azotu ile % 50 nitrat azotu, % 100 nitrat azotu yerine gübre olarak kullanılmıştır. Ispanağın nitrat içeriğinde % 34 azalma görülmüştür (Mills vd, 1976). Organik gübre kaynakları kullanılarak yapılan üretimde nitrat birikimi konvansiyonel üretime göre daha düşük olmaktadır (Raupp, 1996).

Gardner ve Pew (1979) yaptıkları çalışmada, kışlık marul bitkisinin verim ve nitrat içeriği üzerine amonyum nitrat, amonyum sülfat, kalsiyum nitrat ve üre

gübrelerinin etkisini belirlemişlerdir. Azot kaynaklarının ürün, toplam azot içeriği ve bazı kalite özellikleri üzerine etkilerinin benzer olduğunu, nitrat azotu içeren gübrelerin, diğer gübrelere oranla bitkilerin nitrat konsantrasyonunda daha yüksek artışa sebep olduğunu saptamışlardır.

Bitkilerin nitrat içeriği üzerine uygulanan gübre formu da etkilidir. Aktaş ve Kaplan, (1993) mısır bitkisi üzerinde yürüttükleri bir araştırmada, amonyum nitrat uygulamasının amonyum sülfat uygulamasına göre daha fazla nitrat birikimine neden olduğunu bildirmişlerdir. Aktaş vd (1993), sera koşullarında yetiştirilen arpa bitkilerine azotu 0, 50, 100, ve 200 mg kg⁻¹ düzeyinde ve amonyum nitrat, amonyum sülfat, üre ve proteinat formlarında uygulamışlardır. Amaçları, azotlu gübrelerin ürün, nitrat, nitrit ve oksalik asit içeriğine etkisini belirlemektir. Araştırma sonuçlarına göre bitkilerin yaş ve kuru ağırlıkları gübre çeşitlerine bakılmaksızın artan düzeyde uygulanan azot ile artmıştır. Bitkilerin nitrat içeriği de artan azot uygulamasına bağlı olarak artış göstermiş, bu artışlar en yüksek amonyum nitrat uygulamasında ve en düşük proteinat uygulamasında ortaya çıkmıştır.

Kışlık sebzelerde yapılan bir çalışmada amonyum nitrat formundaki azotlu gübrelerin uygulandığı alanlarda yetiştirilen sebzelerin nitrat kapsamının daha yüksek olduğu Çizelge 2.2’de görülmüştür (Karaman vd, 2000).

Çizelge 2.2. Kışlık sebzelere farklı azotlu gübre uygulamasıyla nitrat birikimi ilişkisi (mg kg⁻¹)

Gübre çeşidi	Ispanak	Lahana	Pırasa	Marul	Ortalama
Amonyum nitrat	1936	1573	1631	1937	1769
Amonyumsülfat	1273	1072	1203	1731	1320
Üre	1225	1414	1525	1764	1482
DAP	1470	1025	-	1813	1436
DAP-Üre	1250	1145	-	-	1198

2.1.5.2. Azot uygulama zamanı

Bitkilerdeki nitrat içerikleri ışık yoğunluğu, fotoperyot ve fotoperyot sırasındaki ışık süresine göre de etkilenmektedir. Yapılan araştırmalar ile kış mevsimi gibi ışık yoğunluğunun düşük olduğu şartlarda nitrat akümülyasyonunun arttığı, yüksek ışık yoğunluklarında ise, nitrat içeriğinin azaldığı tespit edilmiştir (Cantliffe, 1972a).

Fotoperyotla ilişkili olarak da günün değişik saatlerinde nitrat içerikleri değişmektedir. Ispanak ve marulun nitrat içerikleri öğleden sonra, sabahkinden daha düşük olmaktadır (Cantliffe, 1972b).

Gaudreau vd (1995), marul bitkilerini ilave ışıklandırma ile 3 ışık düzeyinde (0, 50 ve 100 $\mu\text{mol/m}^2 \text{s}^{-1}$) yetiştirmişlerdir. Beş sera denemesi boyunca fotoperyotlar: 16 h, 20 h, 24 h ve 24/16 h uzatılmış ve doğal ışık kıyaslanmıştır. İlave ışık kullanımı kış boyunca yapraklardaki nitrat konsantrasyonunu önemli derecede azaltmıştır.

Tronickova ve Vit (1972), birkaç ıspanak çeşidiyle yapmış oldukları çalışmada, sonbaharda ekilen ıspanakların, ilkbaharda ekilenlere göre, önemli derecede daha az nitrat biriktirdiğini bildirmişlerdir.

2.1.5.3. Toprak özellikleri ve iklimin etkisi

Azot yönünden zengin olan topraklarda yetişen bitkiler azotça fakir topraklarda yetişenlere göre daha fazla nitrat içermektedirler.

Genel olarak bitkilerin nitrat içerikleri sıcaklık artışı ile artmakta, yaklaşık 30 °C'nin üzerindeki sıcaklıkta ise bitkilerin nitrat alımı kuvvetli şekilde engellenmektedir (Cantliffe, 1972c).

Atmosferdeki düşük nem, transpirasyonu ve buna bağlı olarak da bitkilerde su taşınmasını hızlandırmaktadır. Bu yolla bitkide nitrat daha hızlı taşınabilmekte ve indirgenebilmektedir. Bitki içinde su taşınması az olduğunda nitrat akümülyasyonu artmaktadır (Corre ve Breimer, 1979).

Sebzelerin nitrat miktarı üzerine tekstürün etkileri konusunda yapılan araştırma sonucunda organik madde miktarı az olan kumlu toprakta yetişen marul, havuç ve beyaz lahanada nitrat miktarlarının diğer topraklarda yetişenlere göre daha az olduğu bildirilmektedir (Geyer, 1978).

Sebzelerin nitrat ve nitrit kapsamı üzerinde etkili faktörlerden biri de yetiştiricilik yapılan arazinin topoğrafyasıdır. Topoğrafya, yağış miktarını, erozyon miktarını, drenaj, yıkanma ve çökmeyi etkileyerek toprak profili üzerinde etkili olmaktadır (Yıldırım vd, 2012). Gülser vd (1999), Samsun yöresinde toprakların topoğrafyasına bağlı olarak bazı sebzelerin nitrat kapsamlarının değiştiğini, sebzelerin NO_3^- içeriklerinin tarla eğimi boyunca yukarıdan aşağıya doğru arttığını, tarlanın etek ve teras pozisyonlarında yetişen sebzelerin NO_3^- içeriklerinin sırt ve yamaç pozisyonlarda yetişen sebzelerin NO_3^- içeriklerinden yüksek olduğunu belirtmişlerdir.

2.1.5.4. Hasat zamanı ve sonrası uygulamalar

Bitkilerin hasat edildikleri dönemdeki olgunluk durumları ve yaprak tipleride nitrat içeriklerini etkilemektedir (Corre ve Breimer,1979).

Bakowski vd (1996), taze hasat edilmiş ıspanakta nitriti ölçülebilir düzeyde bulamamışlardır. Depolama süresince nitrat artışı düşük düzeyde olmuştur. Polietilen plastik torbalarda ambalajlanan ıspanağın 6 ve 20 °C' de depolanması sırasında ise nitrit, 4 gün sonra birikmeye başlamıştır.

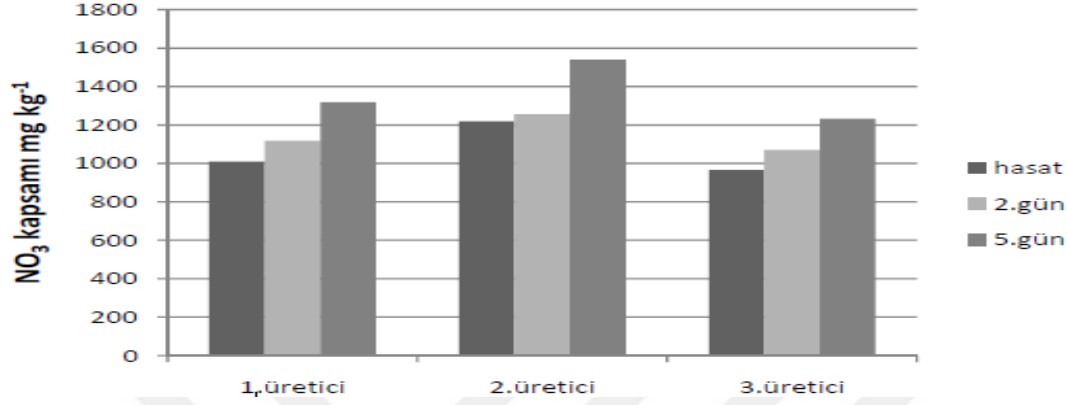
Olgunlaşmaya bağlı olarak bitkilerin nitrat içeriği azalır. Ancak yüksek düzeyde nitrat içeren yeşil yemlerin kurutulması ile bu yemlerin nitrat düzeyi azalmaz (Seay, 1996). Buna karşın silaj yapılan yeşil yemlerin nitrat içeriği % 30-60 arasında azalır. Smith ve Guthrie (2004), mısırdaki yaptıkları çalışmada Çizelge 2.3' de gösterilen sonuçlara ulaşmıştır.

Çizelge 2.3. Mısır bitkisinde nitrat düzeyleri (mg kg^{-1})

Materyal	Azot dozları (kg da^{-1})		
	0	20	40
Yeşil ürün	602	2319	4438
Silaj	380	1468	2861

İspanakta nitrat içerikleri, hasattan hemen sonra ve 2. gün yapılan analizlerde farklılık göstermiştir. Analiz sonuçlarına göre tüm üreticilerde 2. gün nitrat içeriği, hasattan sonraki nitrat içeriğinden yüksek bulunmuştur. İspanakların nitrat

içeriklerindeki bu artış istatistiki açıdan t-testine göre değerlendirildiğinde; 1 ve 2 numaralı üreticilerde önemsiz, 3 numaralı üreticide ise önemli ($p<0.05$) bulunmuştur. Tüm üreticilerde ıspanağın 5. gün nitrat içeriği, hasattan sonraki nitrat içeriğine göre artış göstermiştir. Bu artış istatistiki açıdan 1 numaralı üretici de % 1, 2 ve 3 numaralı üreticilerde ise % 5 düzeyinde önemli bulunmuştur (Şekil 2.2).



Şekil 2.2. Ispanağın NO₃⁻ kapsamının (mg kg⁻¹) zamana göre değişimi (Kardeş, 2012).

2.1.5.5. Türler ve çeşitler arasında NO₃⁻ birikim farklılığı

Bitkilerin nitrat içerikleri tür ve çeşitlere göre farklılık göstermektedir (Çizelge 2.4). Bitki kısımlarına göre de nitrat içeriğinde farklılıklar bulunmaktadır. Çiçekte en az miktarda bulunan nitrat, sırayla meyve, tane yapraklar, kökler ve gövdelerde artış göstermektedir (Maynard vd, 1976).

Çizelge 2.4. Taze sebze örneklerinde belirtilen NO₃⁻N (mg kg⁻¹) düzeyleri (Oruç ve Ceylan, 2001).

Sebze türü	n	Ortalama	Minimum	Maksimum
Brokoli (üst yenilen kısım)	6	13.50±5.32	2	30
Brokoli (yaprak kısmı)	6	12.16±6.36	1	42
Ispanak	13	61.07±11.40	5	151
Pırasa	6	3.25±1.30	1	9
Marul	7	70.57±23.54	19	193
Beyaz lahana	8	10.81±4.49	0.50	40
Roka	5	104.00±31.44	46	206

n: Örnek sayısı

2.1.5.6. Enzim faaliyetlerinin engellenmesi ve diğer elementlerin etkisi

Nitrat, bitkilerdeki nitrat redüktaz enzimi ile nitrite indirgenmektedir, bu enzimin aktivitesi inhibe edildiğinde nitrat birikimi artmaktadır. Nitrat redüktaz, substratı tarafından uyarılabilen bir enzim olup, aktivitesinin bitkinin dış ortamındaki nitrat varlığını yansıttığı ifade edilmektedir (Stadler ve Gebauer, 1992). Nitrat redüktaz enzimi filavinadenindinükleotid (FAD), Sitokrom (Cyt.) ve molibden içeren prostetik gruplara sahiptir (Marschner, 1995).

Birkaç saatlik yarılanma süresine sahip olan enzim (Marschner, 1995; Gebauer ve Schulze, 1997), yüksek bitkilerin sitoplazmasında lokalize olmuştur ve elektron verici olarak ya nikotin adenindinükleotid (NADH) veya nikotin adenindinükleotid fosfat [NAD(P)H]'a ihtiyaç gösterir.

Nitrat Redüktaz aktivitesini etkileyen faktörler

Işık: Nitrat redüktaz enzimi aktivitesi üzerine ışığın olumlu etki yaptığı ve karanlıkta aktivite azalarak nitrat birikimine yol açtığı saptanmıştır. NADPH fotosentez yoluyla sağlanarak nitrat redüktazı uyarır (Marschner, 1995).

Kasyon etkisi: K^+ un eşlik etmesiyle bitki kökünde nitratin indirgenmesi azalmakta. Ca^{++} ya da Na^+ 'un eşlik etmesi durumunda ise nitratin bitki kökünde indirgenmesi artmaktadır.

Sıcaklık etkisi: Artan sıcaklıklar (20 °C'tan 40 °C'ye) nitrat redüktaz aktivitesini arttırabilir.

Diğer elementlerin etkisi: Mo ve S nitrat redüktazın yapısında yer aldığı için aktif nitrat redüktaz sentezi için elzem elementlerdir. Ayrıca Fe ve Mn gibi elementlerinde kısıtlayıcı etkileri gözlenmiştir. Aminoasitler, su stresi ve amonyum konsantrasyonu nitrat redüktaz enziminin aktivitesini olumsuz yönde etkiler.

Fazla mineral azot uygulaması nedeniyle sebzelerin yüksek olan nitrat içerikleri uygun dozda klor ilavesi ile düşürülebilmektedir. Klor gübrelmesi ile nitrat içeriği % 50'den fazla azalmaktadır. Bunun nedeni ise klor alımının nitrat için antagonistik olmasıdır (Cantliffe ve Goodwin, 1974).

Fosforun nitrat birikimi üzerine çok az veya hiçbir etkisinin olmadığı, sodyum, kalsiyum ve magnezyumun nitrat akümülyasyonuna direkt etkilerinin olmadığı görülmüştür (Barker ve Maynard,1971).

Tan ve Falcon (1987), nitrat üretiminin 0-320 mg hümk ve fulvik asit ilave edildiği durumlarda doğrusal bir şekilde azaldığını ayrıca hümk asitin maksimum nitrifikasyon oranına ulaşmak için gerekli olduğunu ifade etmişlerdir.

Topçuoğlu (1996) ıspanak bitkisine yapraktan N1, N2 ve N3 sırasıyla 50, 100 ve 200 mg N kg⁻¹ amonyum sülfat - kalsiyum klorür ve kalsiyum nitrat – kalsiyum klorür gübre kombinasyonu uygulanması ile ıspanak yapraklarında nitrat bağlı azot içeriğinin her iki azotlu gübrenin artan miktarlarıyla arttığını bildirmiştir. Ayrıca yapraktan CaCl₂ uygulamalarıyla ilgili olarak (NH₄)₂SO₄ - CaCl₂ kombinasyonunda nitrat içeriği azalırken, Ca(NO₃)₂ - CaCl₂ kombinasyonunda önemli değişiklik olmadığını belirtmiştir (Çizelge 2.5).

Çizelge 2.5. Amonyum sülfat, CaCl₂ ve Ca(NO₃)₂ uygulamalarının ıspanakta nitrat akümülyasyonuna etkileri (Topçuoğlu, 1996)

(NH ₄) ₂ SO ₄	CaCl ₂	KM g/saksı	NO ₃ -N mg kg ⁻¹		Ca(NO ₃) ₂	CaCl ₂	KM g/saksı	NO ₃ -N mg kg ⁻¹
N1	Ca0	2.92a	2892b		N1	Ca0	3.35a	3000c
	Ca1	3.26a	3367b			Ca1	3.76a	4167b
	Ca2	3.01a	2567b			Ca2	3.35a	3425c
	Ca3	3.16a	2458b			Ca3	3.32a	5000a
N2	Ca0	4.66b	10500a		N2	Ca0	4.86b	7050ab
	Ca1	4.36b	5833b			Ca1	5.18b	5142bc
	Ca2	4.86b	3258c			Ca2	5.06b	7750a
	Ca3	6.85a	2833c			Ca3	6.20a	4242c
N3	Ca0	4.24b	22842a		N3	Ca0	5.65a	18950a
	Ca1	4.39b	18500a			Ca1	5.59a	19767a
	Ca2	4.26b	21650a			Ca2	4.39b	20452a
	Ca3	6.49a	4425b			Ca3	5.79a	22167a

Öner (1998), tarafından Trakya bölgesinde bulunan asit topraklardan alınan bir örnekle laboratuvar koşullarında saksılarda kıvrıcık baş salata bitkisi yetiştirilmiş ve farklı dozlarda azot ve molibden uygulaması ile farklı iki zamanda yapılan hasadın yaprak örneklerindeki NO₃-N'u derişimi üzerine etkisi araştırılmıştır. Birinci ve ikinci gübreleme olarak 0, 10, 20 kg da⁻¹ N ile 0, 0.5, 1 kg da⁻¹ Mo dozları

uygulanarak elde edilen sonuçlara göre, denemede artan dozlarda azot uygulaması bitki yapraklarında nitrat birikimine neden olmuştur. Ancak molibdenin nitrat birikimi üzerindeki etkisi ters orantılıdır. Başka bir ifade ile toprağa molibden ilavesi, bitki yapraklarındaki nitrat miktarını düşürdüğü saptanmıştır.

2.2. Silisyum (Si)

Silisyum yeryüzünde bolluk bakımından oksijenden sonra en çok bulunan ikinci elementtir ve yer kabuğunun silisyum içeriği ortalama % 27.6'dır (Raven, 1983; Werner ve Roth, 1983; Kim vd, 2002).

Silisyum, insan vücudunun normal gelişimi ve beslenmesi için gerekli olan 25 element arasında yer almaktadır ve en çok bulunan üçüncü elementtir (Sripanyakorn vd, 2005). İnsan vücudunda çok küçük miktarlarda ve deri, tendon, kemik episisi, aort duvarları, bağ dokusu gibi belirli organlarda bulunur (Aksoy, 2000). İnsanlarda silisyum eksikliği açıkça gösterilmiş değildir. Kemik ve bağ dokusunun gelişiminde etkin olduğu sanılmaktadır. Eksikliğinde yaşlanma, hipertansiyon, kalp hastalığı ve damar sertliği olabildiği rapor edilmiştir (Nielsen, 1988).

2.2.1. Bitkilerde silisyum

Tek çenekli bitkiler (Graminea) genellikle baklagillerden ve diğer çift çenekli bitkilerden 10-20 kat daha fazla Si içermektedirler (Cheng, 1982). Metabolizma ve transpirasyon gibi faktörler temel alındığında bitki dokusu içinde silisyum dağılımına rağmen daha fazla Si sıklıkla genç yaprak ile karşılaştırıldığında olgun yaprakta, kökler ile karşılaştırıldığında yaprak saplarında bulunmaktadır. Yaprakların ve sapların daha alttaki bölümleri genellikle üstteki bölümlerden daha fazla Si içermektedir (Clark ve Gourley, 1987).

Bitki biyolojisinde silisyumun rolü az anlaşılır ve yüksek bitkilerin gelişimi için gerekli elementler arasında yer almaz ve kural dışı bitki besin elementi olarak kabul edilir (Epstein, 1999; Meunier, 2003). Silisyumun bitki gelişiminde temel element olup olmadığını saptamak için pek çok önemli çalışma yürütülmüştür (Miyake ve Takahashi, 1978; 1983 a,b; 1985; 1986; Takahashi vd, 1990).

Bitki bünyesinde makro elementler kadar yüksek konsantrasyonlarda biriktirilmesine rağmen ancak fonksiyonel olarak kabul edilen silisyum, gelişmeyi

artırıcı etkide bulunmaktadır ve yeterince silisyum alan bitkilerin su kaybının azaldığı, bitki gövdesinin kuvvetlendiği bilinmektedir. Ayrıca silisyum fizyolojiksel pH ve polimerizasyonda ayrılmama özelliği yüzünden aşırı biriktirildiği zaman bitkiye zarar vermeyen tek elementtir (Ma vd, 2001).

Bitkilerdeki silisyum konsantrasyonu yaygın olarak, özellikle tahıl türlerinde, 1-100 g kg⁻¹ arasında değişiklik göstermektedir (Epstein, 1994). Çoğu bitkilerde silisyum konsantrasyonu, fosfor (P), kükürt (S), kalsiyum (Ca) ve magnezyum (Mg) ile benzer miktarlardadır ve bazen azot (N) ve potasyum (K) konsantrasyonu kadar yüksek olabilir (Casey vd, 2003).

Silisyum bitkilerin kök ve sürgün dokuları (yaprak, dal vs) tarafından alınmakla birlikte biyodegradasyona (metabolik yıkıma) uğramayan bir elementtir. Silisyum bitki hücresinde DNA ve RNA moleküllerine bağlanabildiği gibi, kloroplastik membranlarda ve sitoplazmada da bulunabildiği keşfedilmiştir. Bu bulgu bitki hastalıklarına direnç mekanizmaların geliştirilmesinde bitkilerin uyarılmalarına ilişkin streslerde çok önemli bir yere sahiptir. Silisyumun bazı bitki türlerinin gelişimi için gerekliliği, büyümeye ve verim artışına yararı, biyokimyasal reaksiyonları düzenlediği, tuz, ağır metaller (Mn, Fe, Al) ve patojenik mantar hastalıklarına karşı bitki direncini arttırdığı bir çok bilim adamı tarafından onaylanmıştır (İnanaga vd, 2002; Datnoff vd, 2005; Datnoff ve Rutherford, 2004; Rodrigues vd, 2003; Epstein, 2009). Bu etki, Si birikimiyle yaprak kütikulasının kalınlaşması ve bunun sonucunda su ekonomisi ve bitki büyümesindeki artışla ilişkilendirilebilir (Gao, 2006).

2.2.2. Abiyotik streslerde silisyumun rolü

Bitkilerde gelişen abiyotik stres şartları fiziksel ve kimyasal olmak üzere 2'ye ayrılmaktadır (Ma, 2004; Horuz vd, 2012).

2.2.2.1. Fiziksel stresler

Silisyum kuraklık ve su stresi, rüzgar zararı, düşük ve yüksek ışık intensitesi, aşırı radyasyon, yatma ve don gibi fiziksel stres şartlarında bitkileri korur. Kuraklık ve aşırı sıcaklığın sebep olduğu yüksek transpirasyon şartlarında ksilemin epidermal hücre dokularında silisyum-selüloz membran şeklinde birikmek suretiyle transpirasyonu

azaltarak su kaybını önlediği gibi aşırı transpirasyonun ksilem iletim demetlerinde oluşturacağı sıkıştırma basıncına da mani olur (Ma, 2004). Yaprakların aksine çeltik kavuzu stoma içermediği için transpirasyon sadece kütikula vasıtasıyla gerçekleşir. Silisyum kavuzun kütikülünde birikmek suretiyle transpirasyonla su kaybını azaltarak bitkinin kuraklıktan zarar görmesini önler (Ma vd, 2001; Gong vd, 2005).

Ayrıca Si çeltik ve buğday gibi tahılların sap hücrelerinin kalınlığını ve damar hacmini artırmak suretiyle rüzgarlı havalarda bitkilerin yatmaya karşı direncini artırdığı gibi başaktan su kaybını önleyerek sterilitiyi sağlar. Silisyum yaprakları dik tutarak ışıktan yararlanma oranını artırır (Hamayun, 2010). Silisyumlu ve silisyumsuz çeltik fideleri farklı seviyelerde γ -ışınına maruz bırakıldığında Si uygulanan fidelerin diğer fidelere göre daha iyi geliştikleri ve çok daha az ağırlık kaybı gösterdikleri belirlenmiştir (Takahashi, 1995). Burada silisyumun hücre membranlarındaki lipidlerin termal stabilitesini artırarak yüksek ısılarda bitkilerin zarar görmelerinin önleniği düşünülmektedir (Ageria vd, 1998).

2.2.2.2. Kimyasal stresler

Kimyasal stres şartlarından fosforun noksanlığı, fosfor toksitesi, aşırı azot zararı, ağır metal toksitesi (Al, Cd, As, Pb, Mn, Fe, Cu vs), tuzluluk zararı ve Na toksitesi gibi faktörler sayılabilir.

Topraklara uygulanan monosilisilik asit Si(OH)_3^- Ca, Mg, Al ve Fe fosfatlardaki HPO_4^{2-} anyonu ile yer değiştirmek suretiyle P fiksasyonunu azaltmaktadır (Voronkov vd, 1978). Ortamda aşırı P bulunması durumunda ise köklerin endodermal hücrelerinde fosforun kökten ksileme olan radyal taşınımına karşı apoplastik bariyer oluşturarak veya ksilemde polimerize olarak fosfor alımını azaltır (Lux vd, 2003).

Çeşitli sebeplerle bitki kök hücrelerinde biriken NH_4^+ bir yandan hücre içi asitliği (H^+) artırarak pH'yı düşürürken diğer yandan iyonik dengeyi (anyon-katyon) bozmak suretiyle hücre hemoostazisini bozar. Bu şartlarda fotosentezle üretilen karbonhidrat ve organik asitlerin oksidasyonu ve amino olmayan dikarboksilik asitlerin (malik, oksalik, glutarik asit vs.) miktarı azalarak bitkide toksisite belirtileri gelişir. Amonyum toksisitesi altında bitkilerde genel olarak aşağıdaki belirtiler ortaya çıkar (Britto ve Kronzucker, 2001).

- a) Yapraklarda kloroz
- b) Bitki büyümesi sınırlanır. Amonyuma hassas bitkilerde % 15-60 verim kaybı yaşanır
- c) Kök/sürgün oranı azalır
- d) Kök dallanması azalır
- e) Mikorizal simbiyotik oluşumda azalma
- f) Tohum çimlenmesi ve filiz çıkışlarında azalma görülür.

Bitkilerde amonyum toksisitesini azaltmak için silisyum (Si) gibi fonksiyonel faydalı elementlerin kullanılması önerilmektedir. Burada silisyumun etkisi antioksidan enzimlerin aktivitesini artırarak hücre membranlarının fiziksel bütünlüğünü sağlamak suretiyle NH_4^+ toksitesinin azaltılması (Gao vd, 2014), fotosentetik aktivite (Vaculíková vd, 2014) ve bitki büyümesinin artmasına neden olmak şeklinde gerçekleşmektedir.

Silva vd (2015) tarafından yapılan çalışma sonucunda silisyumun, mısır bitkilerinde amonyum fazlasının neden olduğu toksisitenin etkisini azaltarak (Çizelge 2.6) daha fazla büyüme ve kuru madde birikimi (Çizelge 2.7) sağladığı görülmüştür.

Çizelge 2.6. Amonyum konsantrasyonuna bağımlı olarak mısır bitkisi kök ve sürgünlerinde kuru madde, N ve Si miktarı

	Sürgünde kuru madde (g)		Kökte kuru madde (g)	
NH_4^+ konsantr.	Silisyumsuz	Silisyumlu	Silisyumsuz	Silisyumlu
NH_4^+ (30 mmol-L ⁻¹)	1.667 aB	2.878 aA	0.298 aB	1.057 aA
NH_4^+ (60 mmol-L ⁻¹)	1.409 bB	2.011 bA	0.265 bB	0.414 ba
	Sürgünde N akümülayonu (mg)		Sürgünde Si akümülayonu (mg)	
NH_4^+ konsantr.	Silisyumsuz	Silisyumlu	Silisyumsuz	Silisyumlu
NH_4^+ (30 mmol-L ⁻¹)	52.49 bB	104.08 aA	7.86 bB	19.22 aA
NH_4^+ (60 mmol-L ⁻¹)	60.91 aB	86.38 bA	9.31 aB	16.15 bA

Aşırı azot bitkilerin fazla su almaları nedeniyle hücre duvarlarını sucul yapar. Bu durum bitkilerin yatmalarına neden olur. Silisyum SiO_2 formunda gövdede, çeltik gibi bitkilerin kavuzunda depolanması hücre duvarının kalınlığını ve dolayısıyla gövdenin dayanıklılığını artırarak yatmayı ve su kaybını önler. Ayrıca silisyum yaprakların açılma açısını iyileştirerek de bitkinin dik durmasını sağlar (Muad vd, 2003).

Silisyum hücre duvarının ağır metallerle katyon köprüleri oluşturma özelliklerini değiştirerek ve silisyumla kompleksler oluşturmalarını sağlayarak metabolizmaya verdiği zararları azaltmak suretiyle klorofil, kloroplast gibi hücre organelciklerinin stabilite ve aktivitesini artırır (Horst ve Marschner, 1978).

Silisyumun mangan (Shi vd, 2005), alüminyum (Soldos vd, 2003) ve kadmiyuma (Liang vd, 2005) karşı bitki direncini veya toleransını arttırdığı ispatlanmıştır.

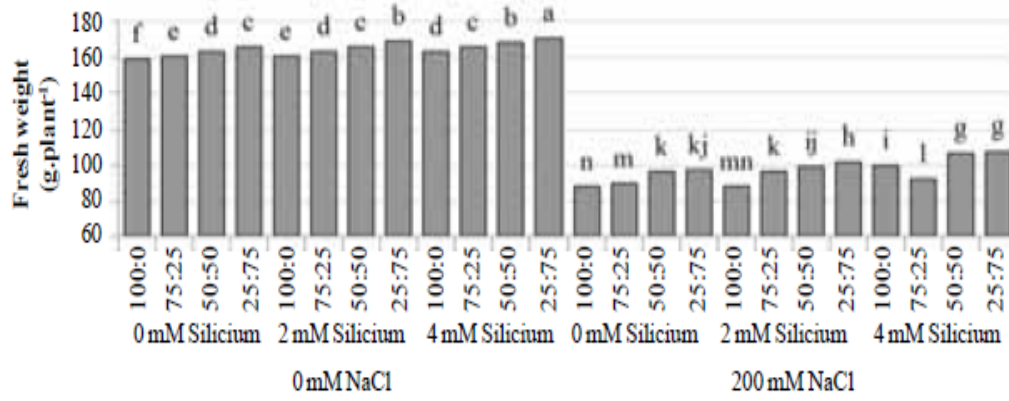
Toprakta aşırı tuz bulunması durumunda, toprağa verilen silisyum Na-silikat oluşturmak suretiyle bitki tarından alınan Na miktarını azaltarak bitkilerde oluşacak tuz zararını önler. Bu etki, i) fotosentetik aktiviteyi artırarak ii) K/Na oranını artırarak iii) enzim aktivitesini artırarak iv) ksilemde çözünebilir maddelerin konantrasyonunu artırarak gerçekleştirilir (Matichenkov ve Bocharnikova, 2001).

Ayrıca silisyum tuz stresi şartlarında etileni (C_2H_4) uyarmak suretiyle yaprakların süperoksit dismutaz aktivitesini (SDA) artırarak hücrede lipidlerin peroksidasyonuna sebep olan reaktif oksijen türlerini (H_2O_2 , $^1\text{O}_2$ ve O_3) baskılamaktadır (Alexieva vd 2003). Bu olay süperoksit olarak adlandırılan reaktif oksijen türlerinin H^+ -ATPaz (H^+ pompası) tarafından protonlanarak H_2O 'ya indirgenmesiyle gerçekleştirilmektedir. Bu sayede bitkiler için hayati öneme sahip plazma membranlarının fonksiyonu, strüktürel yapısı ve hemeostasisi (denge hali) korunmaktadır (Liang ve Ding, 2002). Ayrıca Aleshin (1982) tarafından DNA ve RNA molekülündeki fosfat anyonlarının yerine geçmek suretiyle DNA ve RNA moleküllerinin stabilitelerini artırdığı bildirilmiştir.

Tuzlu toprakta yetişen *Prosopis juliflora*'nın büyümesi üzerine silisyumun etkisini belirlemek için yapılan çalışmada, sulama suyuna 0.47 mM SiO_2 ilavesi ile tuzlu sulama suyu bitkiye 24 gün verildiğinde öğütülmemiş bitki kuru ağırlığında bir artma olduğu gözlenmiştir. Yüksek tuz ve SiO_2 verilen bitkiler, kontrol bitkileri ile

karşılaştırıldığında kök ve gövde yapraklarına daha fazla kuru materyal dağılımı göstermiştir. Yüksek toprak tuzluluğu olan alanlarda SiO_2 kullanımı yararlı olabilmektedir (Bradbury ve Ahmad, 1990).

Silisyum ayçiçeğinde sodyum birikimini engelleyerek tuzlu şartlar altında daha iyi bitki gelişimi için hayati önem taşır (Şekil 2.3). Azotun nitrat yerine amonyum olarak sağlanması şeker kamışı içindeki silisyum alımını artırır (Keeping ve Rutherford . 2014).



Şekil 2.3. Ayçiçeği bitkisinde tuzlu ortamda, farklı azot kaynakları ve Si'un taze ağırlığa etkisi (Ebrahimian, 2011)

2.2.3. Biyotik streslerde silisyumun rolü

Silisyumun bitki hastalıklarının meydana gelme sıklığı ve şiddetini azaltmadaki faydalı etkisi Fauteux vd, (2005) tarafından detaylı bir şekilde rapor edilmiştir. Silisyumun koruyucu etkisini gösterme yolu şimdiye kadar tam olarak anlaşılabilmiş değildir (Currie ve Perry, 2007). Ancak silisyum uygulamasına bağlı bazı bitkilerde belirli fungal hastalıkların etkilerinin azaldığı rapor edilmiştir. Bunlardan bazıları gül bitkisinde *Diplocarpen rosae* (Gillman vd, 2003), hıyarda *Colletotrichum orbiculare* (Sun vd, 2002), mısırdaki *Pythium aphanidermatum* ve *Fusarium moniliforme* (Sun vd, 1994), çeltikte *Magnoprote grisea* (Seebol vd, 2000) örnek olarak verilebilir.

Silisyum biyotik streslerde i) bitki büyümesini ve gelişimini uyararak verimi artırır ii) bakteri ve mantarların sebep olduğu hastalıkları baskılar (hıyar, bal kabağı, buğday, arpada gibi bazı bitkilerde toz mildiyö, çok yıllık çimlerde ve bermuda çiminde gri yaprak lekesi) iii) koçan kurdu, sap tırtılı, yaprak örümcek böceği ve değişik yaprak yiyicilerin zararlarını baskılayarak zararlarını azaltır veya önler iv)

hücre duvarında birikmek suretiyle bitkiyi dış etkenlere karşı güçlendirir v) hastalıklara neden olan mikroorganizmalar ile zararlanmalara yol açan böceklerle karşı koruyucu etki gösterir.

Biyotik etkilerin epidermal dokuda absorbe edilen Si akümülyasyonunun patojenlerin sebep olduğu konukçulara savunma tepkisi şeklinde ortaya çıktığı düşünülür. Hücre duvarında polimerize olan silisyumun meydan getirdiğı çift kutikula tabakası (bir nevi kalkan) mekanik olarak bitkiyi güçlendirir ve koruyarak zararlıların neden olduğu etkileri azaltır. Silisyum aynı zamanda epidermal hücrelerin hücre duvarlarındaki organik bileşiklerle kompleksler oluşturarak; funguslar tarafından salgılanan enzimler ile hücre duvarlarının parçalanmaya karşı direncini de artırır (Hodson ve Sangster 1988). Ayrıca Mauad vd, (2003) silisyumun hücre duvarı kalınlığını artırarak patojen fungusların girişine mekanik direnç sağladığını bildirmişlerdir.

Araştırmalar aktif olarak bitkide Si'un rolü ve bu elementin bitki hastalıklarına karşı savunma reaksiyonlarının sebepleri üzerinde durmaktadır. Silisyumun kitinaz aktivitesini uyardığı ve fungus enfeksiyonundan sonra peroksidaz ve polipenoksidazın aktivasyonunu hızlandırdığı gösterilmiştir (Belanger vd, 1995). Silisyumla iyileştirilmiş bitkilerden ekstrakte edilen fenolik bağılı glikozitlerden β -glukosidaz enziminin hidrolizini sağlayarak kuvvetli bir fungustatik aktivite oluşturduğu gözlenmiştir. Si gübrelemesi uygulanan bitkiler Si uygulanmayan bitkilere göre inoküle edilen patojenlere karşı dayanıklı bulunmuşlardır. Bu durumun Si uygulaması sonucu oluşan antifungal bileşiklerin bitki hastalıklarını azaltmadaki aktif rolünden kaynaklandığı düşünülmüştür (Rodrigues vd, 2004).

Hıyar bitkisinin büyümesi üzerine silisyumun etkisini belirlemek için yapılan çalışmada; çözeltiye Si ilavesinin Si konsantrasyonunu artırdığı buna bağılı olarak yaprakların Si içeriğinin ve bitki gelişiminin arttığı gözlenmiştir (Miyake ve Takahashi, 1983a). Silisyumlu çözeltilerde yetişen bitkilerin polen/verimlilik oranı diğer bitkilerinkine göre daha yüksektir (Li vd, 2005).

Silisyum ilavesi bitkilerin fotosentez, transpirasyon, su kullanım verimliliği ve vejetatif dönemden üretken büyüme dönemlerine daha hızlı geçmesini artırmaktadır (Savant vd, 1997). Düşük silisyumlu ortamda yetişen çeltik kötü dış kabuk kalitesine

ve sütlü-beyaz çekirdeklere sahiptir (Mizuno, 1987). Silisyumlu yetişen bitkiler genellikle silisyumsuz yetişen bitkilerden daha erken olgunlaır (Deren, 1997).

Silisyum fonksiyonlarının çoğu yapraklar, gövde ve tane kabuklarında biriktirilen silisyumla ilikilendirilmitir. Bu yüzden silisyumun bitkiler üzerindeki fonksiyonları fizyolojiksel değil mekanikseldir (Ma ve Takahashi, 2001).



3. MATERYAL ve YÖNTEM

3.1. Materyal

Araştırma materyali toprak örneği 19 Mayıs ilçesi Dikencik köyünden 0-30 cm derinlikten alınmıştır. Araştırmada kıvırcık salata marul çeşidi (*Lactuca sativa* var. *crispa*) fidesi kullanılmıştır. Deneme Ondokuz Mayıs Üniversitesi Ziraat Fakültesi Bahçe Bitkileri Bölümü seralarında 20 Ekim 2017 ile 20 Aralık 2017 tarihleri arasında üst çap 20 cm, boy 17 cm ve taban çap 12 cm olan saksılar içerisine 2 kg fırın kuru toprak konularak yürütülmüştür. Deneme süreci boyunca saksılar tartılarak çeşme suyu ile tarla kapasitesi seviyesinde tutulmuştur.

Araştırmada azot, amonyum nitrat gübresi ile (% 33 N) 0, 75, 150, 300 ve 450 mg N kg⁻¹ dozlarında; silisyum, silisik asit ile [Si(OH)₄] 0, 50, 100 ve 200 mg Si kg⁻¹ dozlarında verilmiştir. Araştırma tam şansa bağlı bloklarda faktöriyel deneme desenine göre 3 tekerrürlü olarak (4x4x3) yürütülmüştür. Deneme deseni planı aşağıda verilmiştir (Çizelge 3.1). Denemede toprak analiz sonuçlarına göre optimum bitki gelişmesi için gerekli fosforlu ve potasyumlu gübreler verilmiştir. Bu amaçla Triple Süper Fosfat (% 42 P₂O₅) ve Potasyum Sülfat gübreleri (% 50 K₂O) kullanılmıştır. Çalışma sonunda kıvırcık marul çeşidinde taze ağırlık, kuru ağırlık, % kuru madde (KM), NO₃ ve NO₂⁻ içeriği, klorofil kapsamı (µmol/m²) ve bitki boyu (cm) belirlenmiştir.

Çizelge 3.1. Deneme deseni planı

Azot, mg kg ⁻¹	Si, mg kg ⁻¹				
	0	50	100	200	400
0	X*	X	X	X	X
75	X	X	X	X	X
150	X	X	X	X	X
300	X	X	X	X	X
450	X	X	X	X	X

*: 3 tekerrürün ortalaması

3.2. Yöntem

Denemede kullanılan toprağın fiziksel ve kimyasal özelliklerini belirlemek için alt örnek alınarak analizler için hazırlanmıştır (Kacar, 1994). Toprak örneklerinde aşağıdaki fiziksel ve kimyasal özellikler belirlenmiştir. Deneme toprağının fiziksel ve kimyasal özellikleri Çizelge 3.2’de verilmiştir.

Çizelge 3.2. Deneme toprağının fiziksel ve kimyasal özellikleri

Toprak Özellikleri	Değer	Değerlendirme	Kaynak
pH _{1:1}	7.55	Hafif alkali(7.4-7.8)	Soil Survey Staff, 1992
EC, mS cm ⁻¹	0.975	Düşük (0-2 mS/cm)	Soil Survey Staff, 1992
Kireç, %	7.85	Orta(% 5-15)	Ülgen ve Yurtsever, 1995
KDK, me 100g ⁻¹	32.84	-	Sağlam, 2006
Organik madde, %	1.63	Orta (% 1.0-2.0)	Kacar ve İnal, 2008
Kum, %	42.16		
Silt, %	31.50	Killi kumlu tınlı	Bouyoucos, 1951
Kil, %	26.34		
Toplam N, %	0.082	Fakir(% 0.070-0.090)	Bremner, 1965
Yarayışlı P, mg kg ⁻¹	3.15	Az (4 mg kg ⁻¹ > Az)	Kacar, 2009
K, mek 100g ⁻¹	62.87	İyi (0.6-2 mek 100g ⁻¹)	Kacar, 2009
Ca, mek 100g ⁻¹	25.42	Yüksek(>10 mek 100g ⁻¹)	Kacar, 2009
Mg, mek 100g ⁻¹	6.75	Yüksek(>2 mek 100g ⁻¹)	Kacar, 2009
Yarayışlı Fe, mg kg ⁻¹	8.43	Yüksek (> 4.5 mg kg ⁻¹)	Lindsay ve Norvell, 1978
Yarayışlı Mn, mg kg ⁻¹	6.50	İyi (> 1 mg kg ⁻¹)	Lindsay ve Norvell, 1978
Yarayışlı Zn, mg kg ⁻¹	0.86	Kritik (0.6-1 mg kg ⁻¹)	Lindsay ve Norvell, 1978
Yarayışlı Cu, mg kg ⁻¹	1.10	Yüksek (> 0.2 mg kg ⁻¹)	Lindsay ve Norvell, 1978

3.2.1. Toprak tekstürü

Bouyoucos (1951)’un geliştirmiş olduğu hidrometre metoduna göre toprağın içerdiği kum, kil ve silt fraksiyonlarının oransal yüzde dağılımı belirlenmiştir.

3.2.2. Organik madde

Modifiye edilmiş Walkley-Black metoduna göre, toprak C'unun kromat ($\text{Cr}_2\text{O}_7^{-2}$) ve sülfirik asit ile oksitlenmesini sağlayarak standart demir sülfat ile titre edilmesi ile belirlenmiştir (Kacar ve İnal, 2008).

3.2.3. Toprak reaksiyonu (pH)

Toprak reaksiyonu, su ile doymuş hale getirilmiş toprakta oluşan iyon aktivitesi pH metre ile ölçülmüştür (Soil Survey Staff, 1992).

3.2.4. Elektriksel iletkenlik (EC)

Toprağın saturasyon ekstratının 25 °C de milimhos olarak ifade edilen elektrik kondaktivitesi, EC metre yardımıyla ölçülerek toprağın tuz konsantrasyonu belirlenmiştir (Soil Survey Staff, 1992).

3.2.5. Yarıyışlı fosfor (P)

Asit topraklar için geliştirilen Bray ve Kurtz No. 1 metoduna göre belirlenmiştir (Kacar, 2009).

3.2.6. Katyon değişim kapasitesi (KDK)

Sodyum ile saturasyon yöntemine göre, toprağın değişim komplekslerindeki negatif yüklerin 1 N amonyum asetat (NaOAc) ile doyurulmasından ve çözeltideki fazla sodyum'un etil alkol ile yıkanmasından sonra, toprağın değişim komplekslerindeki sodyumun 1N NH_4OAc ile doyurularak sodyumun çözeltiye alınması ile konsantrasyonunun fleym fotometrede ölçülmesiyle belirlenmiştir (Sağlam, 2006).

3.2.7. Toplam azot

Bremner (1965), tarafından bildirildiği şekilde; toprak örnekleri salisilik + sülfirik asit + tuz karışımı ile yaş yakmaya tabi tutulduktan sonra mikro kjheldahl yöntemiyle belirlenmiştir.

3.2.8. Kireç kapsamı

Toprağın Scheibler kalsimetresinde seyreltik hidroklorik asitle işleme tabi tutulması ile karbonatlardan (CaCO_3 , MgCO_3 ve $\text{CaCO}_3.\text{MgCO}_3$) çıkan CO_2 gazının kapalı bir ortamda tutulması ve hacminin ölçülmesi belirlenmiştir (Sağlam, 2006).

3.2.9. Yarayışlı mikro elementler

Yarayışlı demir (Fe), mangan (Mn), bakır (Cu) ve çinko (Zn) 0.005 M DTPA ile ekstraksiyon yöntemine göre belirlenmiştir (Lindsay ve Norvell, 1978).

3.2.10. Değişebilir katyonlar

Toprak örneği 1 N NH_4OAc ile ekstrakte edildikten sonra Ca ve Mg 0.01 N EDTA ile titrimetrik olarak, K ise fleym fotometrede belirlenmiştir (Kacar, 2009).

3.3. Zararlılarla Mücadele ve Marul Hasadı

3.3.1. Zararlılarla Mücadele

Marul bitkisinin dikiminden 30 gün sonra 20 ve 25 Kasım 2017 tarihlerinde görülen beyazsineğe karşı imidacloprid ilacı 350 mg/L dozunda spreyleme yöntemi ile uygulanmıştır.

3.3.2. Marul Hasadı

Olgunlaşan marul bitkileri 20.12.2017 tarihinde saksı toprak yüzeyinden kesilerek hasat edilmiştir. Hasat edilen bitkilerde aşağıdaki verim unsurları belirlenmiştir.

3.3.2.1. Taze marul ağırlığı

Hasat edilen marul bitkisi serada tartılarak taze ağırlıkları (g) belirlenmiştir.

3.3.2.2. Kuru marul ağırlığı

Hasat sonrası marul bitkisi 65 °C’de kurutularak kuru ağırlıklar (g) belirlenmiştir.

3.3.2.3. Kuru madde (%)

Marulda kuru madde (KM) yaş ağırlığın kuru ağırlığa bölünerek yüz ile çarpılması ile hesaplanmıştır.

3.3.3.4. Bitki boyu (cm)

Hasat öncesi saksıda yetişen marul bitkileri ölçülmek suretiyle belirlenmiştir.

3.4. Bitki Analizleri

3.4.1. Klorofil tayini

Marul yaprağında klorofil SPAD 502 Plus klorofil ölçme cihazı ile belirlenmiştir.

3.4.2. Nitrat ve nitrit tayini

Alınan örnekler laboratuara götürülmüş olup çeşme suyu ve saf sudan geçirildikten sonra hızlı bir şekilde kurumasını sağlamak amacıyla kurutma kağıdı ile hafifçe temas ettirilmek suretiyle havada kurutulmuştur. Havada kuruyan marul örnekleri ekstraksiyon aşamasını takip eden HPLC (Yüksek Basıncılı Sıvı Kromatografisi) cihazı ile analizi yapılarak nitrat-nitrit içeriği belirlenmiştir.

Ekstraksiyon;

Marul örnekleri blender ile iyice öğütölüp homojenize hale getirildi. 250 ml'lik mezüre öğütölüp homojenize edilmiş numuneden 10 g tartıldı. Üzerine 50 ml sıcak su (50-60 °C) eklenerek çalkalama cihazında 10-15 dakika karıştırıldı. 50 ml asetonitril eklendi ve 5 dk daha karıştırıldı. Oda sıcaklığına gelince, balon iyice yıkanacak şekilde 200 ml'lik mezüre aktarıldı ve saf su ile hacim çizgisine tamamlandı. Önce kaba filtre kağıdından süzöldü. Elde edilen süzöntü, 0.45 µm'lik filtreden geçirilerek vialle alındı. Vialler HPLC cihazında okutuldu.

Kromatografik Şartlar;

Mobil Faz: 500 ml saf suya, 17 ml Lityum borat glukonat buffer çözeltisi ve 125 ml Asetonitril ilave edilerek iyice karıştırılır. Çözeltinin pH'ı 6.5 ± 0.1 olacak şekilde

0.1 mol/L'lik HCl çözeltisi ile ayarlanır ve saf suyla 1 litreye tamamlanır. 0.22 µm'lik membran filtreden süzülür.

Dedektör: DAD (Diode Array Dedector), kolon: IC-Pak Anion HC, 10 µm por çaplı, (4.6 x 150 mm) ebatlarında, dalga boyu: 210 nm, akış hızı: 2 mL/dk, enjeksiyon hacmi: 20 µL, kolon sıcaklığı: 25 °C (NMKL, 2000).

3.5. İstatistiki Analizler

Marul bitkisinin taze ağırlık, kuru ağırlık, kuru madde, klorofil, bitki boyu, nitrat ve nitrit içeriğine ait veriler verilere SPSS 19.0 paket programında tek yönlü varyans (ANOVA) analizi uygulanmıştır. Ortalamaların karşılaştırılmasında LSD testi ($P<0.01$) kullanılmıştır. Önem testi % 1 (**) ve % 5 (*) seviyelerinde değerlendirilmiştir (Düzgüneş vd, 1987).

4. BULGULAR ve TARTIŞMA

Silisyum - azot interaksiyonunun kıvırcık marulun verim unsurlarından taze ağırlık, kuru ağırlık, kuru madde (KM) ve kalite özelliklerinden nitrat (NO_3^- içeriği, nitrit (NO_2^-) içeriği, klorofil kapsamı ve bitki boyuna etkileri aşağıda verilmiştir.

4.1. Kıvırcık Marulun Verim Unsurları

Silisyum - azot interaksiyonunun kıvırcık marulun verim unsurlarından taze ağırlık, kuru ağırlık ve kuru madde miktarına etkileri Çizelge 4.1’de verilmiştir. Varyans analizlerine göre taze marul ağırlığı üzerine Si uygulamaları ve N dozları önemli ($P<0.01$) bulunurken, Si - N interaksiyonu istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır. Kuru marul ağırlığında N ve Si dozları ($P<0.01$) önemli bulunurken Si-N interaksiyonu önemli bulunmamıştır. Kuru madde miktarında N dozları önemli ($P<0.01$) bulunurken Si dozları ve Si - N interaksiyonu önemli bulunmamıştır.

Çizelge 4.1. Silisyum - azot interaksiyonunun kıvırcık marulun verim unsurlarına etkisi

Verim unsurları	N, mg kg^{-1}	Si, mg kg^{-1}					Ort.
		0	50	100	200	400	
Taze ağırlık, g	0	40.01	42.71	44.24	45.21	43.88	43.21E ⁺
	75	81.23	79.29	83.32	96.45	97.32	87.52B
	150	90.96	95.87	107.44	112.72	103.08	102.01A
	300	67.97	73.75	78.27	97.26	81.04	79.66C
	450	45.37	48.80	66.38	76.67	56.37	58.72D
	Ort.	65.11B	68.09B	75.93B	85.66A	76.34B	
<i>P</i>		<i>Si:0.01, N:0.01</i>					
Kuru ağırlık, g	0	2.95	3.18	3.77	4.37	2.71	3.40C
	75	4.05	3.99	4.00	6.03	5.13	4.64AB
	150	4.30	4.67	6.41	5.50	4.55	5.09A
	300	2.96	4.09	4.63	5.10	4.08	4.17B
	450	2.51	2.59	3.12	4.13	3.31	3.13C
	Ort.	3.35C	3.71BC	4.39AB	5.02A	3.95BC	
<i>P</i>		<i>Si:0.01, N:0.01</i>					
Kuru madde, %	0	7.41	7.58	8.53	10.11	6.21	7.97A
	75	4.97	5.15	4.80	6.22	5.33	5.29B
	150	4.77	4.87	6.16	4.88	4.39	5.01B
	300	4.41	5.59	6.03	5.24	5.02	5.26B
	450	5.52	5.15	4.68	5.42	5.89	5.33B
	Ort.	5.42	5.67	6.04	6.37	5.37	
<i>P</i>		<i>N:0.01</i>					

⁺: Aynı harfle gösterilen ortalamalar arasında % 5 düzeyinde fark yoktur

Kıvırcık marulun ortalama taze ağırlığı artan N dozları (0, 75, 150, 300 ve 450 mg kg⁻¹) ile kontrole göre (43.21 g) sırasıyla, 87.52, 102.01, 79.66 ve 58.72 g ağırlığına kadar istatistiksel olarak önemli (P<0.01) derecede artırmıştır (Çizelge 4.1). Elde edilen verilere göre tüm N dozlarının kontrole göre taze marul ağırlığını artırdığı, ancak en yüksek artışın 150 mg kg⁻¹ N dozunda olduğu bulunmuştur. Daha yüksek N dozlarının ise marul taze ağırlığını giderek azalttığı tespit edilmiştir. Aşağıda silisyumsuz (kontrol) artan N dozları ile marul gelişimi arasındaki ilişki verilmiştir (Şekil 4.1). Benzer şekilde Rincon vd (1998) 0, 25, 50, 100, 150 ve 200 kg ha⁻¹ N uygulamasında en yüksek marul ağırlığının 100 kg ha⁻¹ N uygulamasından elde edildiğini daha yüksek seviyede azot uygulamalarının taze marul ağırlığını giderek azalttığını bildirmişlerdir.

Artan Si dozları (0, 50, 100, 200 ve 400 mg kg⁻¹) ortalama taze marul ağırlığını kontrole göre (65.11 g) tüm Si dozlarında sırasıyla 68.09, 75.93, 85.66 ve 76.34 g/saksı'ya artırmıştır. En yüksek taze ağırlığın elde edildiği 200 mg kg⁻¹ Si dozunun istatistiksel olarak önemli (P<0.01) olduğu bulunmuştur. Diğer Si dozları kontrole göre önemli bulunmamıştır. Elde edilen verilerden en yüksek taze marul ağırlığının 150 mg N kg⁻¹ ve 200 mg Si kg⁻¹ dozlarından elde edildiği tespit edilmiştir (Şekil 4.2). Marul taze ağırlığı ile azot dozları arasında (R²= 0.7819) ve silisyum dozları arasında (R²= 0.9367) yüksek ilişkiler elde edilmiştir (Şekil 4.3).

Mordoğan vd (2001) azotlu gübrelemenin (0, 10, 20, 30 ve 40 kg da⁻¹ NH₄NO₃) Yedikule marul çeşidinde azot birikimine etkisi çalışmasında taze marul ağırlığının kontrole göre (5052 kg da⁻¹) 10 ve 20 kg N da⁻¹ dozlarında arttığını (9035 ve 10339 kg da⁻¹) 30 ve 40 kg N da⁻¹ dozlarında azaldığını (10118 ve 9656 kg da⁻¹) bildirmişlerdir. Ayrıca araştırmacılar en yüksek verimin 20 kg N da⁻¹ dozunda önemli (% 1) olduğunu tespit etmişlerdir.

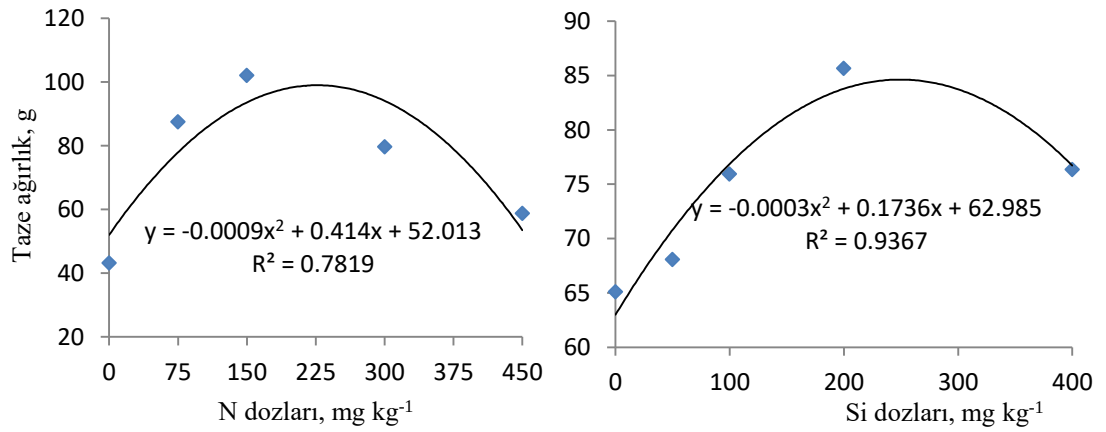


Şekil 4.1. Artan N dozlarının taze marul gelişimine etkisi

Marsic vd (2002) topraksız kültürde yetiştirilen salata marul (*Lactuca sativa* var. *capita* L.) çeşidine 5 ve 13 mM NO₃-N uygulamasının taze ağırlığı 80.3 g/bitkiden 43.3 g/bitkiye düşürdüğünü bildirmişlerdir.

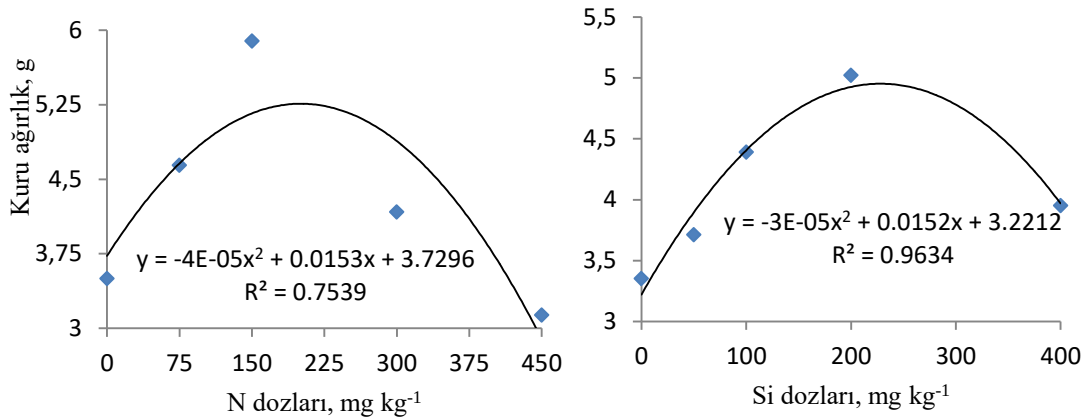


Şekil 4.2. Artan Si dozlarının taze marul gelişimine etkisi



Şekil 4.3. Azot ve Si dozları ile taze ağırlık arasındaki ilişkiler

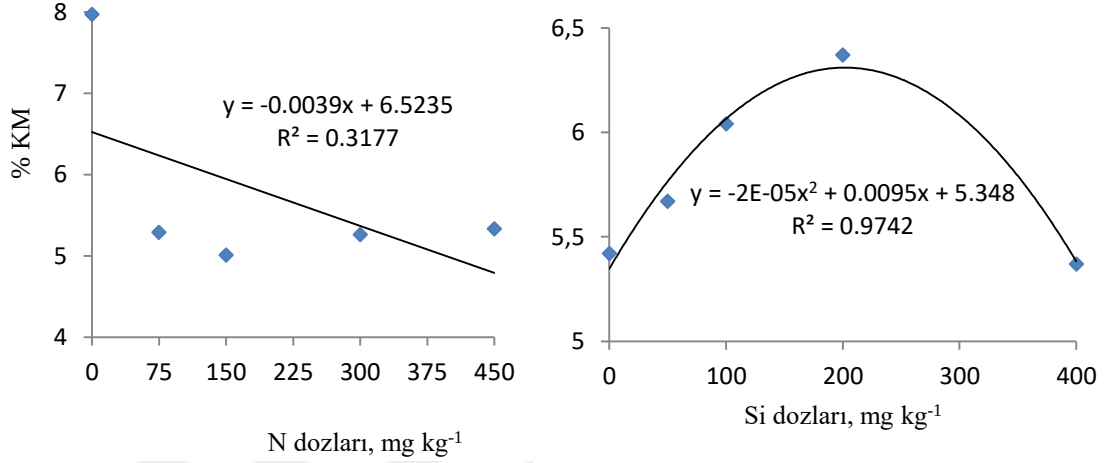
Marul kuru ağırlığı artan N dozlarına bağlı olarak kontrole göre (3.40 g) 75, 150 ve 300 mg kg⁻¹ N dozlarında sırasıyla, 4.64, 5.09 ve 4.17 g ağırlığa kadar istatistiksel olarak önemli derecede ($P<0.01$) artarken; 450 mg kg⁻¹ N dozunda 3.13 g ağırlığına düşmüştür ($P<0.05$). Elde edilen verilere göre en yüksek marul kuru ağırlığı 150 mg kg⁻¹ N dozunda gerçekleştiği, istatistiksel olarak 75 mg kg⁻¹ N dozunun önemli olduğu, 300 ve 450 mg kg⁻¹ N dozlarının maksimum marul kuru ağırlığında azalmalara sebep olduğu bulunmuştur. Marul kuru ağırlığındaki azalmanın sebebinin 150 mg kg⁻¹ N'den sonra başlayan 300 mg kg⁻¹ N seviyesinde artan ve 450 mg kg⁻¹ N seviyelerinde ciddi azalmaya neden olan N toksitesinden kaynaklanmıştır. Artan Si dozları ise marul kuru ağırlığını kontrole göre (3.35 g) sırasıyla, 3.71, 4.39, 5.02 ve 3.95 g ağırlığa kadar artırmıştır. Kuru marul ağırlığı kontrole göre sırasıyla, % 10.39, 31.75, 50.15 ve 17.80 oranında artmıştır. En yüksek kuru ağırlığın 200 mg kg⁻¹ Si dozunda elde edilmesine rağmen istatistiksel olarak 100 mg kg⁻¹ Si dozu önemli ($P<0.01$) bulunmuştur. Marul kuru ağırlığı ile azot dozları arasında ($R^2=0.7539$) ve silisyum dozları arasında ($R^2=0.9634$) yüksek ilişkiler elde edilmiştir (Şekil 4.4).



Şekil 4.4. Azot ve Si dozları ile marul kuru ağırlığı arasındaki ilişkiler

Marul kuru madde (KM) miktarı artan N dozlarına bağlı olarak kontrole göre (% 7.97) sırasıyla, % 5.29, 5.01, 5.26 ve 5.33 oranında azalma göstermiştir. Artan N dozlarının marul KM miktarını önemli derecede ($P<0.01$) azalttığı tespit edilmiştir. En fazla azalma 150 mg kg⁻¹ N dozunda görülmüştür. Artan Si dozları marul KM miktarını kontrole göre (% 5.42) sırasıyla, % 5.67, 6.04, 6.37 oranında artırdığı 400 mg kg⁻¹ Si dozunda ise % 5.37 oranında azalttığı tespit edilmiştir. En yüksek KM 200 mg kg⁻¹ Si dozunda elde edilmiştir. Marul KM miktarı ile azot dozları arasında

($R^2= 0.317$) ve silisyum dozları arasında ($R^2= 0.974$) yüksek ilişkiler elde edilmiştir (Şekil 4.5). Korkmaz vd (2004) sera şartlarında harç ortamında yetiştirilen marul çeşitlerinin ürün miktarları NO_3^- , NO_2^- ve mineral madde kapsamı üzerine yaptıkları çalışmada kıvrıcık marulun taze ağırlığını 57.10 g/bitki (228.41 g/4 bitki), KM miktarını 3.33 g/bitki (13.33 g/4 bitki) olarak bildirmişlerdir.



Şekil 4.5. Azot ve Si dozları ile KM arasındaki ilişkiler

4.2. Kıvrıcık Marulun Kalite Özellikleri

Silisyum - azot interaksiyonunun kıvrıcık marulun kalite özelliklerine etkileri Çizelge 4.2'de verilmiştir. Varyans analizlerine göre marul NO_3^- ve NO_2^- içeriği üzerine Si, N ve Si-N interaksiyonu önemli ($P<0.01$) bulunmuştur. Klorofil kapsamında N dozları, bitki boyunda N dozları ve Si-N interaksiyonu önemli ($P<0.01$) bulunmuştur.

Çizelge 4.2. Silisyum - azot interaksiyonunun kıvırcık marulun kalite özelliklerine etkisi

Kalite özellikleri	N, mg kg ⁻¹	Si, mg kg ⁻¹					Ort.
		0	50	100	200	400	
NO ₃ ⁻ , mg kg ⁻¹	0	209.62h	212.59h	196.08h	213.45h	239.40h	214.23D
	75	295.06h	300.74h	316.45h	290.71h	221.73h	284.94D
	150	823.77f	943.30f	751.51fg	433.39gh	394.57gh	669.31C
	300	3798.40c	3532.33c	2741.86d	2262.29e	2120.84e	2891.14B
	450	5162.67a	5160.00a	4513.33b	3709.00c	3902.67c	4489.53A
	Ort.	2057.90A	2029.79A	1703.85B	1381.77C	1375.84C	
<i>P</i> Si:0.01, N:0.01, Si-N:0.01							
NO ₂ ⁻ , mg kg ⁻¹	0	0.22ı	0.18ı	0.19ı	0.21ı	0.18ı	0.20D
	75	0.25ı	0.25ı	0.30ı	0.27ı	0.24ı	0.26D
	150	1.06g	0.85gh	0.81h	0.74h	0.73h	0.84C
	300	2.54bc	2.45c	2.16de	1.86f	2.14de	2.23B
	450	3.02a	2.76b	2.13de	1.95ef	2.23d	2.42A
	Ort.	1.42A	1.30B	1.12D	1.00D	1.11D	
<i>P</i> Si:0.01, N:0.01, Si-N:0.01							
Klorofil, µmol/m ²	0	4.07	4.04	3.57	4.07	3.96	3.94B
	75	6.17	6.18	6.17	7.12	7.27	6.58A
	150	6.73	6.77	7.02	7.01	6.47	6.80A
	300	7.39	7.48	5.97	6.50	6.59	6.79A
	450	6.53	5.88	6.88	5.65	7.74	6.54A
	Ort.	6.18	6.07	5.92	6.07	6.41	
<i>P</i> N:0.01							
Bitki boyu, cm	0	11.77ı-j	13.97f-ı	13.73f-ı	11.73ı-j	12.03h-j	12.65C
	75	14.57c-h	16.33a-f	15.20b-g	14.83b-g	13.97f-ı	14.98B
	150	16.97a-e	18.73a	17.20a-d	17.30a-c	17.53ab	17.55A
	300	14.80b-g	14.50d-h	15.77b-f	14.33e-ı	14.63c-h	14.81B
	450	10.83ij	7.33k	10.17j	14.93b-g	12.83g-i	11.22D
	Ort.	13.79	14.17	14.41	14.63	14.20	14.24
<i>P</i> N:0.01, Si-N:0.01							

⁺: Aynı harfle gösterilen ortalamalar arasında % 5 düzeyinde fark yoktur

4.2.1. Marul nitrat içeriği

Taze marulun NO₃⁻ içeriği artan N dozları ile kontrole göre (214.23 mg kg⁻¹) sırasıyla, 284.94, 666.31, 2891.14 ve 4489.53 mg kg⁻¹'a artmıştır. Azotun 150, 300 ve 450 mg kg⁻¹ dozlarının marul NO₃⁻ içeriğini önemli derecede (P<0.01) artırdığı tespit edilmiştir. En yüksek NO₃⁻ içeriği 450 mg kg⁻¹ N dozunda bulunmuştur. Artan Si dozları ise marul NO₃⁻ içeriğini kontrole göre (2057.90 mg kg⁻¹) sırasıyla 2029.79, 1703.85, 1381.77 ve 1375.84 mg kg⁻¹'a düşürdüğü tespit edilmiştir. Artan Si uygulamaları marul nitrat kapsamını 100, 200 ve 400 mg kg⁻¹ uygulamalarında önemli derecede azalttığı, en düşük nitrat içeriğinin 400 mg kg⁻¹ Si uygulamasında olduğu, ancak istatistiksel olarak 200 mg kg⁻¹ Si uygulamasının önemli olduğu bulunmuştur. Marul NO₃⁻ içeriği ile azot dozları arasında (R²= 0.954) pozitif,

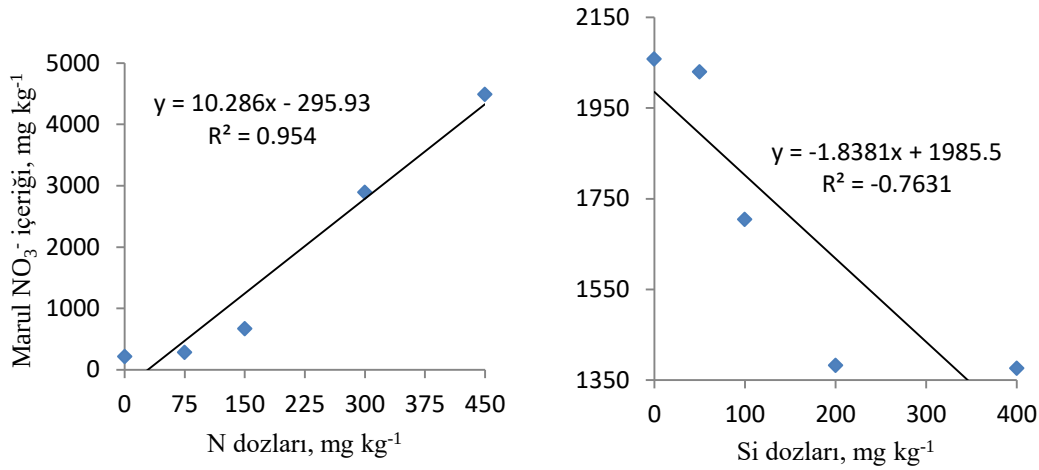
silisyum dozları arasında ($R^2 = -0.7631$) negatif ilişkiler elde edilmiştir (Şekil 4.6). Marula uygulanan amonyum nitrat azotu arttıkça (0, 75, 150, 300 ve 450 mg kg⁻¹ N) taze marulun NO₃⁻ kapsamı kontrole göre % 33.01, 212.43, 1249.5 ve 1995.69 oranında artış göstermiştir. En yüksek artış 450 mg kg⁻¹ N uygulamasında bulunmuştur. Silisyum uygulamaları ise marul NO₃⁻ kapsamını kontrole göre , % -1.37, -17.20, -32.86 ve -33.86 oranında azalttığı tespit edilmiştir. En yüksek azalmanın 400 mg kg⁻¹ Si uygulamasında gerçekleştiği tespit edilmiştir.

Türkmen vd (2004), tarafından yapılan saksı denemesinde Yedikule marul çeşidine 0, 250, 500 ve 750 mg kg⁻¹ N dozlarının marul nitrat içeriğini önemli ölçüde arttırdığını bildirmişlerdir. Bitkilerin gereğinden fazla azot almasının azot birikimine neden olduğu ve aynı zamanda azotun proteine dönüşümünün engellenmesi ile birlikte önce NO₃⁻ daha sonra NO₃⁻ ve NO₂⁻ şeklinde akümüle olacağı ifade edilmiştir (Maynard vd, 1976).

Birçok araştırmacı marulun NO₃-N’u bakımından zengin olduğunu ve nitratın çok geniş bir aralıkta akümüle (621 - 12336 mg kg⁻¹) edildiğini bildirmişlerdir (Hlavsova vd, 1969; Hansen 1976).

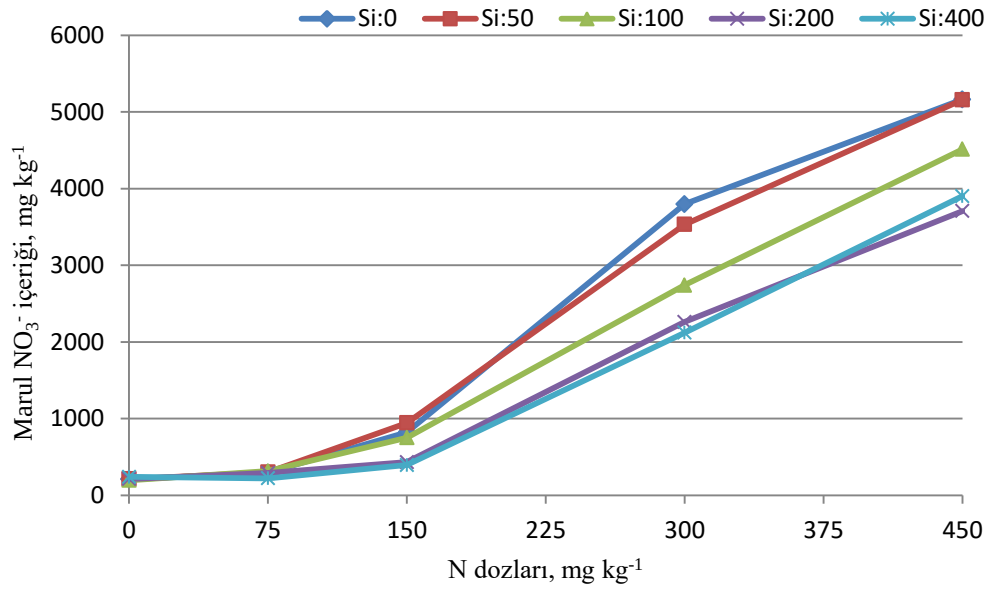
Yıldırım vd (2012) Giresun iline bağlı Merkez ve Bulancak ilçe köylerinde arazi topografyasına bağlı olarak bazı sebzelerin NO₃⁻ ve NO₂⁻ kapsamlarındaki değişimi inceledikleri çalışmada 27 taze marul örneğinde NO₃⁻ içeriğinin 150.30-3007.50 mg kg⁻¹ arasında değiştiğini bildirmişlerdir.

Türk Gıda Kodeksi’ne (2011) göre 1 Ekim – 31 Mart arasında hasat edilmiş örtü altında yetiştirilen marul için kabul edilebilir en yüksek nitrat değeri 5000 mg kg⁻¹’dır. Araştırmada incelenen marul örneklerinin nitrat kapsamı 193.4 – 5162.7 mg kg⁻¹ arasında değişim göstermiş ve bu değerlere göre sadece 450 mg kg⁻¹ N uygulamasında Si’un kontrol ve 50 mg kg⁻¹ dozlarında sırasıyla 5162.7 ve 5160.0 mg kg⁻¹ nitrat bulunarak sınır değeri aştığı tespit edilmiştir.



Şekil 4.6. Marul NO₃⁻ içeriği ile N ve Si dozları arasındaki ilişkiler

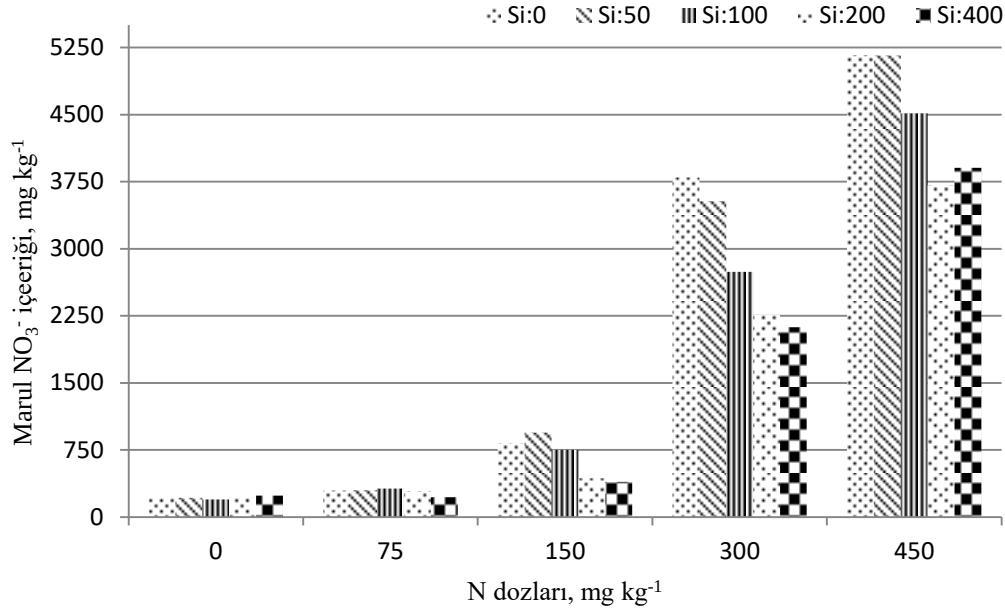
Marulun NO₃⁻ içeriği üzerine Si - N interaksiyonunun etkisinin, uygulanan her bir N dozunda artan Si uygulamalarına bağlı olarak azaldığı bulunmuştur (Şekil 4.7). Marul NO₃⁻ içeriği 196.08-5162.67 mg kg⁻¹ arasında (N0Si100 - N450Si0) değişmiştir. Azotun kontrol (0 mg kg⁻¹) ve 75 mg kg⁻¹ dozlarında marul NO₃⁻ içeriğine Si uygulamalarının etkisi istatistiksel olarak önemli bulunmazken; 150 mg kg⁻¹ N dozunda uygulanan 200 ve 400 mg kg⁻¹ Si dozlarının; 300 ve 450 mg kg⁻¹ N dozunda 100, 200 ve 400 mg kg⁻¹ Si uygulamalarının marul NO₃⁻ içeriğini önemli derecede azalttığı bulunmuştur. Marul nitrat kapsamı üzerine istatistiksel olarak 200 mg kg⁻¹ Si dozunun önemli olduğu bulunmuştur. Elde edilen verilere göre silisyumun marul NO₃⁻ içeriği üzerine azaltıcı etkisinin olduğu bulunmuştur. Bu etkinin düşük N dozlarında (0 ve 75 mg kg⁻¹ N) önemsiz olduğu ancak azotun bitkide stres oluşturmaya başladığı 150 mg kg⁻¹ üstü dozlarda (150 mg kg⁻¹ ≤) silisyumun 200 mg kg⁻¹ uygulama dozu ile marul NO₃⁻ içeriğini istatistiksel olarak önemli derecede azalttığı tespit edilmiştir.



Şekil 4. 7. Marul NO₃⁻ içeriğinde Si - N interaksyonu

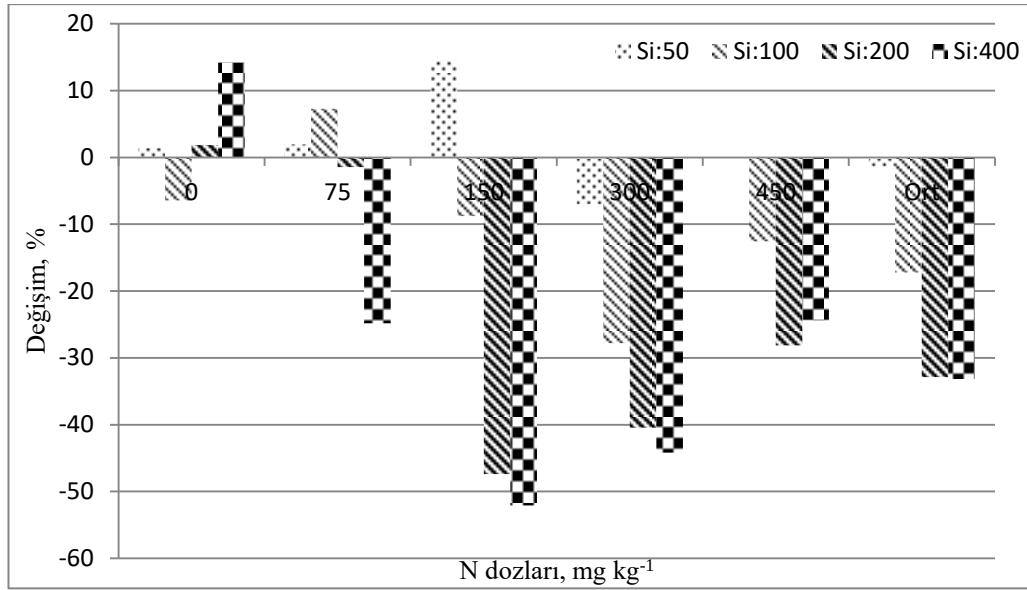
Marul NO₃⁻ içeriğine Si-N interaksyonunun etkisi Şekil 4.8’da verilmiştir. Marul NO₃⁻ içeriği azotun kontrol dozunda değişmediği artan N dozlarına bağlı olarak arttığı en fazla artışın 450 mg kg⁻¹ N dozunda olduğu bunu 300 ve 150 mg kg⁻¹ N dozlarının izlediği tespit edilmiştir. Silisyum uygulamalarının ise marul nitrat içeriğini azalttığı, özellikle 150, 300 ve 450 mg kg⁻¹ N dozlarında önemli derecede azalttığı tespit edilmiştir. En fazla azalma 200 ve 400 mg kg⁻¹ Si uygulamalarında gerçekleşmiştir. Elde edilen verilerden marul bitkisine uygulanan N dozları arttıkça NO₃⁻ içeriğinin arttığı ve bitkide akümüle olduğu ve buna paralel olarak nitrat akümülyasyonun azaltılması için kullanılması gerekli Si uygulama dozlarının da artması gerektiği sonucuna varılmıştır. Marul nitrat içeriğindeki artmanın amonyum nitrat gübresindeki NO₃-N’undan kaynaklandığı, bitkide artan NO₃⁻ içeriğinin azaltılmasında ise silisyumun amonyum nitrat gübresinin NH₄-N’unun kullanımını artırmasından yani asimilasyonu teşvik etmesinden kaynaklandığı değerlendirilmektedir (Zhong vd, 2018).

Öndeş ve Zabunoğlu (1990), kıvırcık (Iceberg) salata ile yaptıkları araştırmalarında artan N dozları ile NO₃-N miktarının arttığını saptamışlardır. Zabunoğlu ve Karaçal (1982), marul bitkisinde NH₄NO₃ uygulamaları ile nitrat miktarının arttığını belirlemişlerdir. Güneş ve Post (1995), Berlo çeşidinde artan N dozları ile nitrat miktarlarının arttığını belirlemişlerdir.



Şekil 4. 8. Marul NO₃⁻ içeriğine Si - N interaksyonunun etkisi

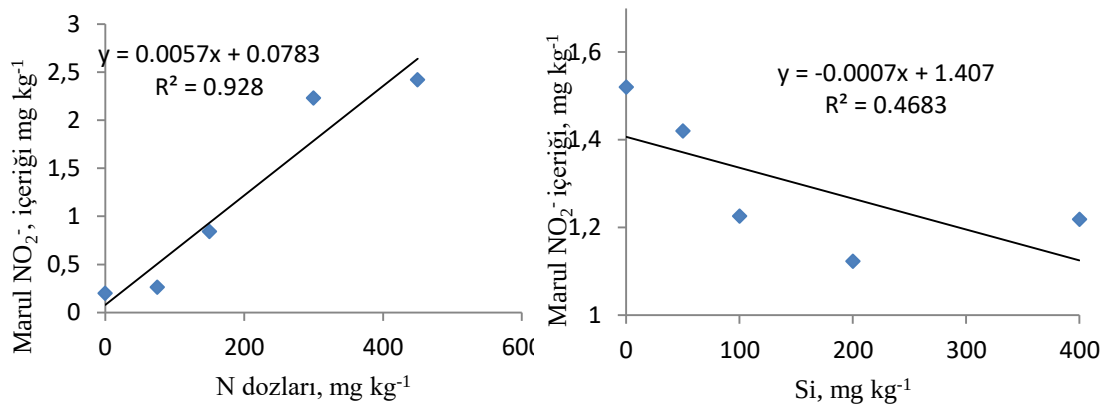
Artan dozlarda uygulanan Si uygulamaları marul nitrat kapsamını en fazla kontrol, 75, 150, 300 ve 450 mg kg⁻¹ N doz sırasına göre % -6.46, -24.85, -52.10, -44.16 ve -28.16 oranında azalttığı bulunmuştur (Şekil 4.9). En yüksek azalma 150 mg kg⁻¹ N dozunda gerçekleşmiştir. En yüksek azalmanın gerçekleştiği N dozlarından kontrolde 100 mg kg⁻¹ Si, 450 mg kg⁻¹ N dozunda 200 mg kg⁻¹ Si bulunurken; 75, 150 ve 300 mg kg⁻¹ N dozlarındaki azalmalar 400 mg kg⁻¹ Si uygulamasıyla gerçekleştiği tespit edilmiştir. Marul nitrat kapsamı üzerine 0, 50, 100, 200 ve 400 mg kg⁻¹ Si uygulamalarının ortalaması olarak % -1.37, -17.20, -32.86 ve -33.14 oranında bir azalma gerçekleştirdiği tespit edilmiştir. Elde edilen verilerden uygulanan N dozları arttıkça marulda NO₃⁻ kapsamının artarak akümülyasyon zararı oluşturduğu ve bu zararın azaltılmasında veya önlenmesinde kullanılması gerekli Si uygulama dozunun 200 mg kg⁻¹ olduğu sonucuna varılmıştır.



Şekil 4.9. Silisyum - N interaksiyonunun marul nitrat kapsamı değişimine etkisi

4.2.2. Marul nitrit içeriği

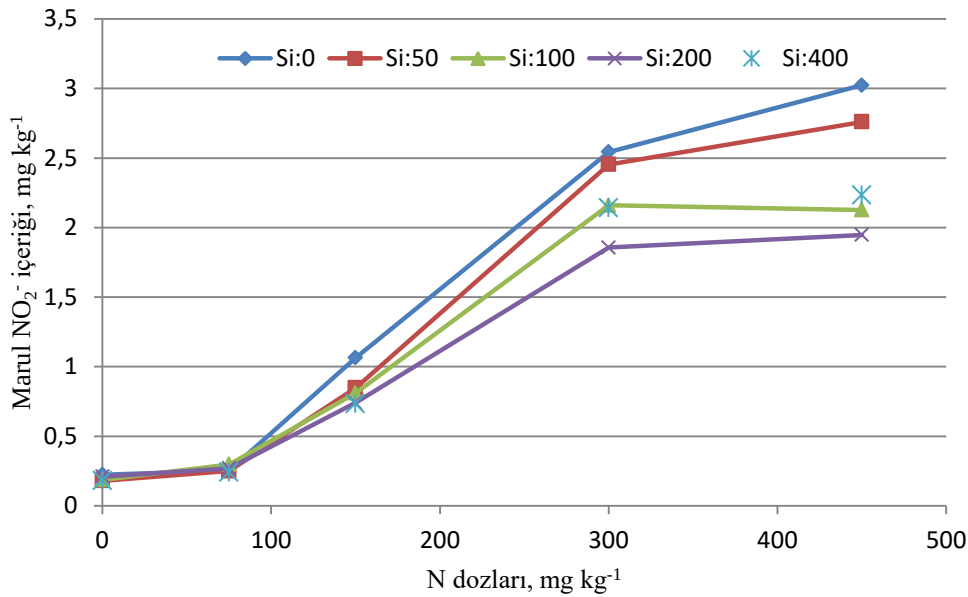
Taze marulun NO_2^- içeriği artan N dozları ile kontrole göre (0.20 mg kg^{-1}) sırasıyla, 0.26 , 0.84 , 2.23 ve 2.42 mg kg^{-1} 'e artmıştır. Tüm N dozlarının marul NO_2^- içeriğini önemli derecede ($P < 0.01$) artırdığı tespit edilmiştir. En yüksek NO_2^- içeriği 450 mg kg^{-1} N dozunda bulunmuştur. Artan Si dozlarının marul NO_2^- içeriğini genelde azaltmıştır. Marul NO_2^- içeriği kontrole göre (1.42 mg kg^{-1}) sırasıyla, 1.30 , 1.12 , 1.00 ve 1.11 mg kg^{-1} şeklinde değişmiştir. En fazla azalmanın 200 mg kg^{-1} Si dozunda olduğu bulunmuştur. Marul NO_2^- içeriği ile azot dozları arasında ($R^2 = 0.928$) ve silisyum dozları arasında ($R^2 = 0.4683$) ilişkiler elde edilmiştir (Şekil 4.10).



Şekil 4.10. Azot ve Si dozları ile NO_2^- içeriği arasındaki ilişkiler

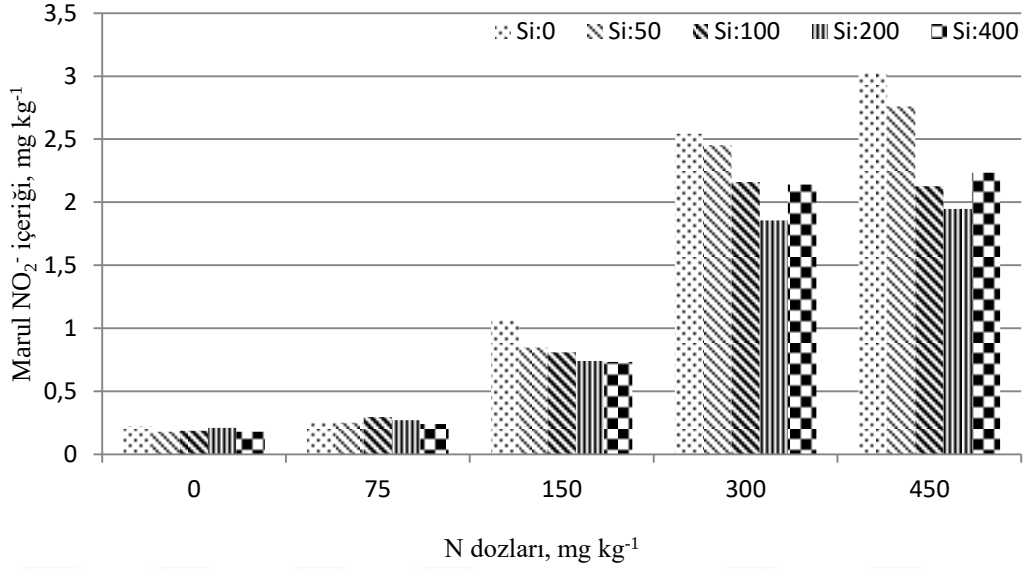
Mordoğan vd (2001) yaptıkları deneme sonucunda fazla azotlu gübrelemenin marul bitkisinde nitrat ve nitrit birikimine neden olduğunu, en yüksek, $\text{NO}_3\text{-N}$ ve $\text{NO}_2\text{-N}$ değerlerinin 40 kg da^{-1} N dozunda sırasıyla 1924 mg kg^{-1} ve 3.39 mg kg^{-1} ile tespit edildiğini, marul bitkisinin verim ve kalite kriterleri için 20 kg da^{-1} N dozunun en uygun azot dozu olduğunu belirtmişlerdir. Yıldırım vd (2012) Giresun iline bağlı Merkez ve Bulancak ilçe köylerinde arazi topografyasına bağlı olarak bazı sebzelerin NO_3^- ve NO_2^- kapsamlarındaki değişimi inceledikleri çalışmada 27 taze marul örneğinde NO_2^- içeriğinin $0.20\text{-}19.07 \text{ mg kg}^{-1}$ arasında değiştiğini bildirmişlerdir.

Marulun NO_2^- içeriği üzerine Si - N interaksiyonunun etkisi her bir N dozunda uygulanan artan Si uygulamalarına bağlı olarak genellikle azaldığı bulunmuştur (Şekil 4.11). Marul NO_2^- içeriği $0.18 - 3.02 \text{ mg kg}^{-1}$ arasında ($\text{N0:Si50} - \text{N450:Si0}$) değişmiştir. Azotun kontrol (0 mg kg^{-1}) ve 75 mg kg^{-1} dozlarında marul NO_2^- içeriğine Si uygulamalarının etkisi istatistiksel olarak önemli bulunmazken; 150 mg kg^{-1} N ve 300 mg kg^{-1} N dozunda $100, 200$ ve 400 mg kg^{-1} Si dozlarının ve 450 mg kg^{-1} N dozunda ise uygulanan $50, 100, 200$ ve 400 mg kg^{-1} Si dozlarının marul NO_2^- içeriğini önemli derecede ($P<0.01$) azalttığı bulunmuştur. Elde edilen verilere göre silisyumun marul NO_2^- içeriği üzerine 0 ve 75 mg kg^{-1} N dozlarının önemsiz olduğu ancak azotun bitkide stres oluşturmaya başladığı 150 mg kg^{-1} üstü dozlarda ($150 \text{ mg kg}^{-1} \leq$) silisyumun marul NO_2^- içeriğini istatistiksel olarak önemli derecede azalttığı tespit edilmiştir.



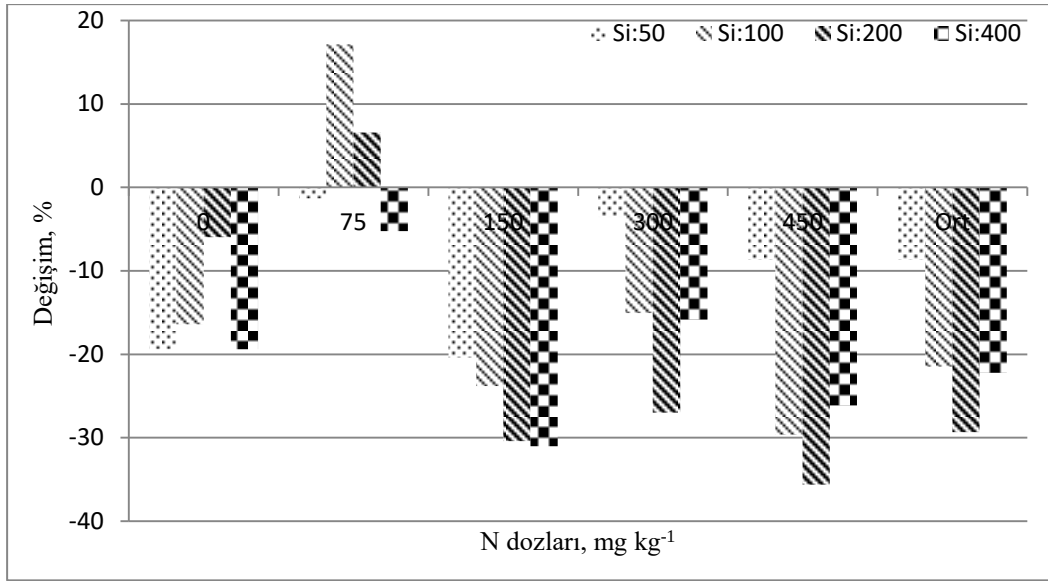
Şekil 4. 11. Marul NO_2^- içeriğine Si - N interaksiyonu

Marul NO_2^- içeriğine Si-N interaksiyonunu etkisi Şekil 4.12’da verilmiştir. Marul NO_2^- içeriği azotun kontrol ve 75 mg kg^{-1} dozlarında değişmediği, artan N dozlarına bağlı olarak arttığı en fazla artışın 450 mg kg^{-1} N dozunda olduğu bunu 300 ve 150 mg kg^{-1} N dozlarının izlediği tespit edilmiştir. Silisyum uygulamalarının ise marul nitrit içeriğini kontrole göre azalttığı, özellikle 150 , 300 ve 450 mg kg^{-1} N dozlarında önemli derecede azalttığı tespit edilmiştir. En fazla azalma 200 mg kg^{-1} Si uygulamasında gerçekleşmiştir.



Şekil 4. 12. Marul NO_2^- içeriğine Si - N interaksiyonunun etkisi

Artan dozlarda uygulanan Si uygulamaları marul nitrit kapsamını en fazla kontrol, 75 , 150 , 300 ve 450 mg kg^{-1} N doz sırasına göre, % -19.40 , -5.26 , -31.03 , -27.0 ve -35.61 oranında azalttığı bulunmuştur (Şekil 4.13). En yüksek azalmanın 450 mg kg^{-1} N dozundaki 400 mg kg^{-1} Si uygulamasından (% -35.61) gerçekleştiği tespit edilmiştir. Silisyumun ortalamaları ise 0 , 50 , 100 , 200 ve 400 mg kg^{-1} Si uygulamalarında sırasıyla, % -8.68 , -21.48 , -29.32 ve -22.23 oranında bir azalma gerçekleştirmiştir. Elde edilen verilerden uygulanan N dozları arttıkça marulda NO_2^- kapsamının artarak akümülyasyon zararı oluşturduğu ve bu zararın azaltılmasında veya önlenmesinde kullanılması gerekli Si uygulama dozunun 200 mg kg^{-1} olduğu sonucuna varılmıştır.

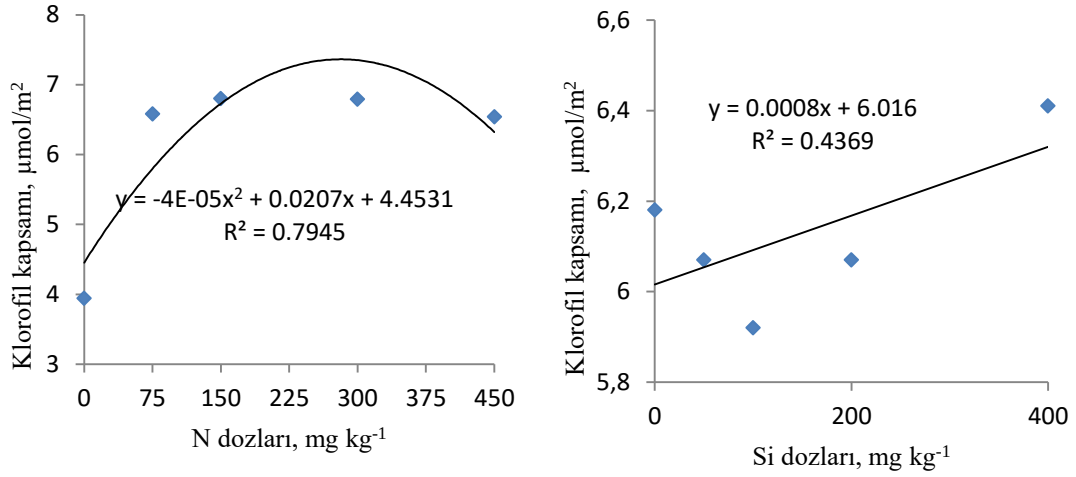


Şekil 4.13. Silisyum - N interaksiyonunun marul nitrit kapsamı değişimine etkisi

4.2.3. Marul klorofil kapsamı

Marul klorofil kapsamı $3.57 - 7.48 \mu\text{mol/m}^2$ arasında değişmiştir (Çizelge 4.2). Klorofil kapsamı artan N dozları ile kontrole göre $3.94 \mu\text{mol/m}^2$ 'den sırasıyla, 6.58, 6.80, 6.79 ve $6.54 \mu\text{mol/m}^2$ 'ye artmıştır. Klorofil kapsam üzerine azotun 75 mg kg^{-1} dozu önemli ($P < 0.05$) bulunurken, diğer N dozları arasında istatistiksel olarak fark bulunmamıştır. En yüksek klorofil içeriği 150 mg kg^{-1} N dozunda bulunmuştur. Artan Si dozlarının marul klorofil kapsamına etkisi değişken bulunmuştur. Marul klorofil kapsamı kontrole göre ($6.18 \mu\text{mol/m}^2$) 50, 100 ve 200 mg kg^{-1} Si uygulamalarında sırasıyla, 6.07, 5.92 ve $6.07 \mu\text{mol/m}^2$ 'e azalırken, 400 mg kg^{-1} Si uygulamasında $6.41 \mu\text{mol/m}^2$ 'ye yükselmiştir. Ancak bu artış veya azalışlar istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır. Marul klorofil kapsamı ile azot dozları arasında ($R^2 = 0.7945$) ve silisyum dozları arasında ($R^2 = 0.4369$) pozitif ilişkiler elde edilmiştir (Şekil 4.14).

Adatia ve Besford (1986), gelişen bitkilerin silisyum ilavesi ile yaprak kalınlığını ve kuru ağırlığını, kök tazeliğini ve kuru ağırlığını, daha az yaprak solmasını, alttaki yaprakların yeşilliğini (yüksek klorofil) ve bazı fotosentetik enzimlerin aktivitelerini artırdığını belirtmiştir.

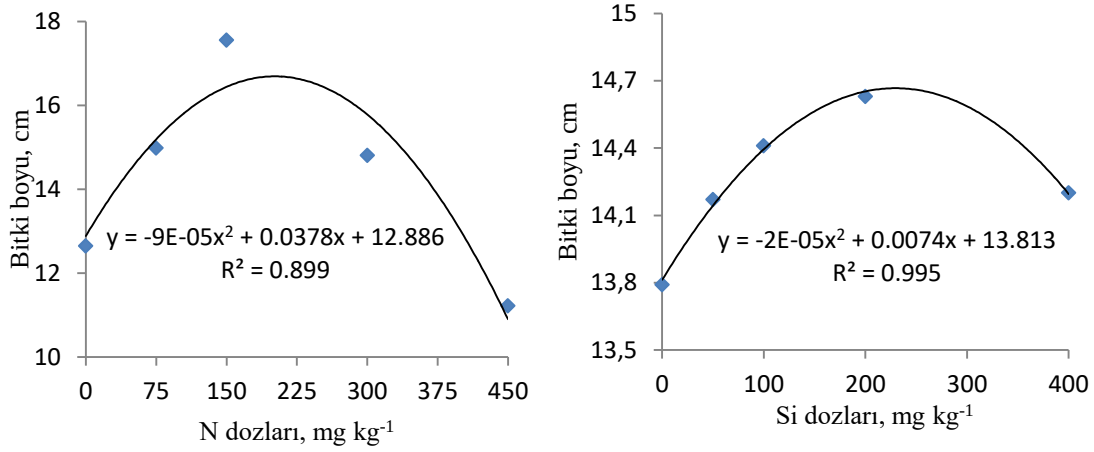


Şekil 4.14. Marul klorofil kapsamı ile N ve Si dozları arasındaki ilişkiler

Silisyum uygulamaları marul klorofil kapsamını azotun kontrol dozunda ($4.07 \mu\text{mol/m}^2$) 3.57 ile $4.07 \mu\text{mol/m}^2$ arasında azaltırken, 75 mg kg^{-1} N dozunda 200 ve 400 mg kg^{-1} Si uygulamalarında sırasıyla, 7.12 ve $7.27 \mu\text{mol/m}^2$ 'ye artırmıştır. Klorofil kapsamı 150 mg kg^{-1} N dozunda 100 mg kg^{-1} Si uygulaması ile $7.02 \mu\text{mol/m}^2$ 'ye, 300 mg kg^{-1} N dozunda 50 mg kg^{-1} Si uygulaması ile $7.48 \mu\text{mol/m}^2$ 'ye ve 450 mg kg^{-1} N dozunda 400 mg kg^{-1} Si uygulaması ile $7.74 \mu\text{mol/m}^2$ 'e yükseltmiştir (Çizelge 4.2).

4.2.4. Marul bitki boyu

Taze marulun ortalama bitki boyu artan N dozları ile kontrole göre 12.65 cm 'den sırasıyla, 14.98 , 17.55 , 14.81 ve 11.22 cm olmuştur (Çizelge 4.2). Azotun 75 , 150 ve 300 mg kg^{-1} dozları marul bitki boyunu kontrole göre önemli ($P < 0.01$) derecede artırırken 450 mg kg^{-1} N dozu önemli ($P < 0.01$) derecede azaltmıştır. En yüksek artış 150 mg kg^{-1} N dozunda bulunmuştur. Artan Si dozları ise marul ortalama bitki boyunu kontrole göre 13.79 cm 'den sırasıyla, 14.17 , 14.41 , 14.63 ve 14.20 cm 'e artmıştır. Ancak bu artışlar istatistiksel olarak önemli olmamıştır. En fazla artış 200 mg kg^{-1} Si uygulamasında gerçekleşmiştir. Marul bitki boyu ile azot dozları arasında ($R^2 = 0.899$) önemli ilişki bulunurken, silisyum dozları arasında ($R^2 = 0.995$) önemli bulunmamıştır (Şekil 4.15).



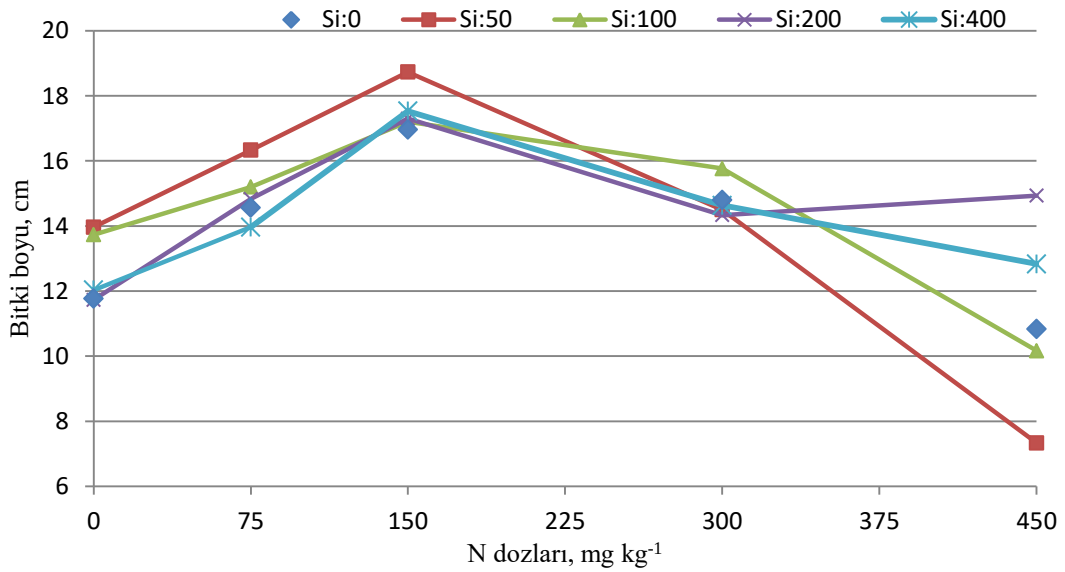
Şekil 4.15. Marul bitki boyu ile N ve Si dozları arasındaki ilişkiler

Marulun bitki boyu üzerine Si - N interaksiyonunun etkisi her bir N dozunda uygulanan artan Si uygulamalarına bağlı olarak değişken bulunmuştur (Şekil 4.16). Marul bitki boyu 7.33–18.73 cm arasında (N450Si50 – N150Si50) değişmiştir. Azotun kontrol dozunda (11.77 cm) 50 mg kg⁻¹ Si uygulaması (13.97 cm), 75 mg kg⁻¹ dozunda (14.57 cm) 50 mg kg⁻¹ Si uygulaması (16.33 cm) ve 150 mg kg⁻¹ dozunda (16.97 cm) 50 mg kg⁻¹ Si uygulamasında (18.73 cm) istatistiksel olarak önemli artışlar elde edilmiştir. Azotun 300 mg kg⁻¹ N dozunda (14.80 cm) 100 mg kg⁻¹ Si uygulamasında (15.77 cm) önemli artış elde edilmiştir. Azotun 450 mg kg⁻¹ N dozunda (10.83 cm) uygulanan 50 mg kg⁻¹ Si (7.33 cm) önemli azalma elde sağlarken; 200 mg kg⁻¹ Si uygulamasında önemli derecede artmaya (14.93 cm) neden olmuştur. Elde edilen verilere göre azotun 0, 75 ve 150 mg kg⁻¹ dozlarında uygulanan 50 mg kg⁻¹ Si uygulamasının, 300 mg kg⁻¹ N dozunda 100 mg kg⁻¹ Si uygulamasının ve 450 mg kg⁻¹ N dozunda 200 mg kg⁻¹ Si uygulamasının marul boyunu önemli derecede artırdığı tespit edilmiştir. Ayrıca N dozu arttıkça uygulanması gerekli Si uygulama dozunun da arttığı tespit edilmiştir.

Olle (2014), Zhu ve Gong (2014), aynı şekilde silisyum uygulamasının ürünün büyümesi üzerindeki faydalı etkilerini değerlendirmiş ve buna göre, Heckman (2013) ve Smith (2011), Si'nin en önemli etkilerinden birinin, daha dik bir büyüme ve bitki sertliği yoluyla bitki büyümesinin ve veriminin doğrudan bir uyarılması olduğu sonucuna varmıştır.

Mordoğan vd (2001), Yedi Kule çeşidinde azot gübresi olarak % 26'lık NH_4NO_3 kullanmış ve 0, 10, 20, 30 ve 40 kg da^{-1} N olacak şekilde uygulamıştır. Denemede marul bitkisinin boyları 10 kg da^{-1} ve 40 kg da^{-1} N dozlarında 35.4 cm ile yüksek değerlerde saptanmıştır.

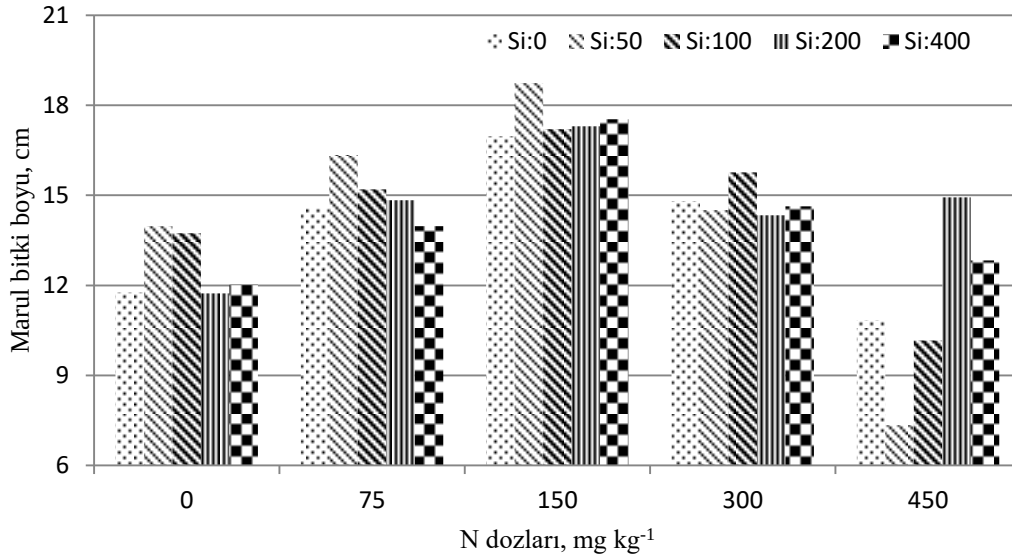
Marsic vd (2002) topraksız kültürde yetiştirilen salata marul (*Lactuca sativa* var. *capita* L.) çeşidine 5 ve 13 mM $\text{NO}_3\text{-N}$ uygulamasının bitki boyunu 20.8 cm'den 25.8 cm'ye artırdığını bildirmişlerdir.



Şekil 4. 16. Marul bitki boyunda Si - N interaksyonu

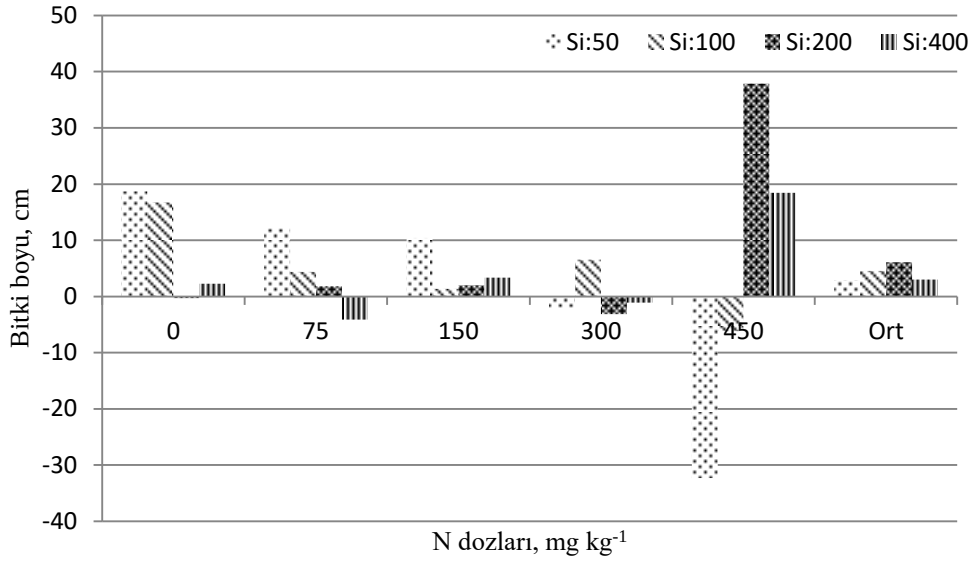
Marul bitki boyu üzerine Si-N interaksyonunun etkisi Şekil 4.17'de verilmiştir. Marul bitki boyunun azotun kontrol dozunda 50 ve 100 mg kg^{-1} Si uygulamalarında arttığı, 200 ve 400 Si uygulamalarında değişmediği, 75 mg kg^{-1} N dozunda 50, 100 ve 200 Si uygulamalarında arttığı, 400 mg kg^{-1} Si uygulamasında azaldığı tespit edilmiştir. Azotun 150 mg kg^{-1} dozunda tüm Si uygulamalarında bitki boyunun arttığı; 300 mg kg^{-1} N dozunda 50, 200 ve 400 Si uygulamalarında azaldığı, 100 mg kg^{-1} Si uygulamasında arttığı tespit edilmiştir. Azotun 450 mg kg^{-1} dozunda 50 ve 100 Si uygulamalarında azalma 200 ve 400 mg kg^{-1} Si uygulamalarında artış tespit edilmiştir. En yüksek artış 0, 50 ve 75 mg kg^{-1} N dozlarında 50 mg kg^{-1} Si; 300 mg kg^{-1} N dozunda 100 mg kg^{-1} Si ve 450 mg kg^{-1} N dozunda 200 mg kg^{-1} Si uygulamasında elde edilmiştir. Marul bitki boyunun 150 mg kg^{-1} N dozuna kadar arttığı, 300 ve 450 mg kg^{-1} N dozlarında azaldığı, 300 mg kg^{-1} N dozunda 100 mg kg^{-1} Si uygulamasının 450 mg kg^{-1} N dozunda da 200 mg kg^{-1} Si

uygulamasının marul boyunu artırdığı tespit edilmişti. Elde edilen verilerden azot dozu arttıkça marul bitki boyunun azaldığı azotun menfi etkisinin giderilmesinde kullanılması gerekli silisyum uygulama dozunun artması gerektiği tespit edilmiştir.



Şekil 4. 17. Marul bitki boyuna Si - N interaksyonunun etkisi

Artan dozlarda uygulanan Si uygulamaları marul bitki boyunu en fazla kontrol, 75, 150, 300 ve 450 mg kg⁻¹ N doz sırasına göre, % 18.70, 12.13, 10.41, 6.53 ve 37.85 oranında artırdığı (Şekil 4.18). En yüksek artışın 450 mg kg⁻¹ N dozundaki 200 mg kg⁻¹ Si uygulamasından (% 37.85) gerçekleştiği tespit edilmiştir. Diğer N dozlarında gerçekleşen en fazla artma kontrol, 75 ve 150 mg kg⁻¹ N dozlarında 50 mg kg⁻¹ Si uygulaması ile sağlanırken, 300 mg kg⁻¹ N dozunda 100 mg kg⁻¹ Si uygulaması ile sağlanmıştır. Silisyumun ortalamaları ise 0, 50, 100 200 ve 400 mg kg⁻¹ Si uygulamalarında sırasıyla, % 2.80, 4.55, 6.09, 3.00 oranında bir artış gerçekleştirmiştir. Ortalama Si uygulamalarında en fazla artışın 200 mg kg⁻¹ Si ile sağlandığı tespit edilmiştir. Elde edilen verilerden marula uygulanan N dozları arttıkça bitki boyunun 150 mg kg⁻¹ N dozuna kadar arttığı 300 ve 450 mg kg⁻¹ N dozlarında azaldığı ve bu azalmanın 100 ve 200 mg kg⁻¹ Si uygulamaları ile kısmen artırılabilirdiği sonucuna varılmıştır. En fazla azalma 450 mg kg⁻¹ N dozunda uygulanan 50 mg kg⁻¹ Si ile % -32.31 oranında gerçekleşirken; en fazla artış yine 450 mg kg⁻¹ N dozunda uygulanan 200 mg kg⁻¹ Si uygulamasıyla gerçekleştiği bulunmuştur.



Şekil 4.18. Silisyum - N interaksiyonunun marul bitki boyu değişimine etkisi

4.3. Marul Verim Unsurlarıyla Kalite Kriterleri Arasındaki İlişkiler

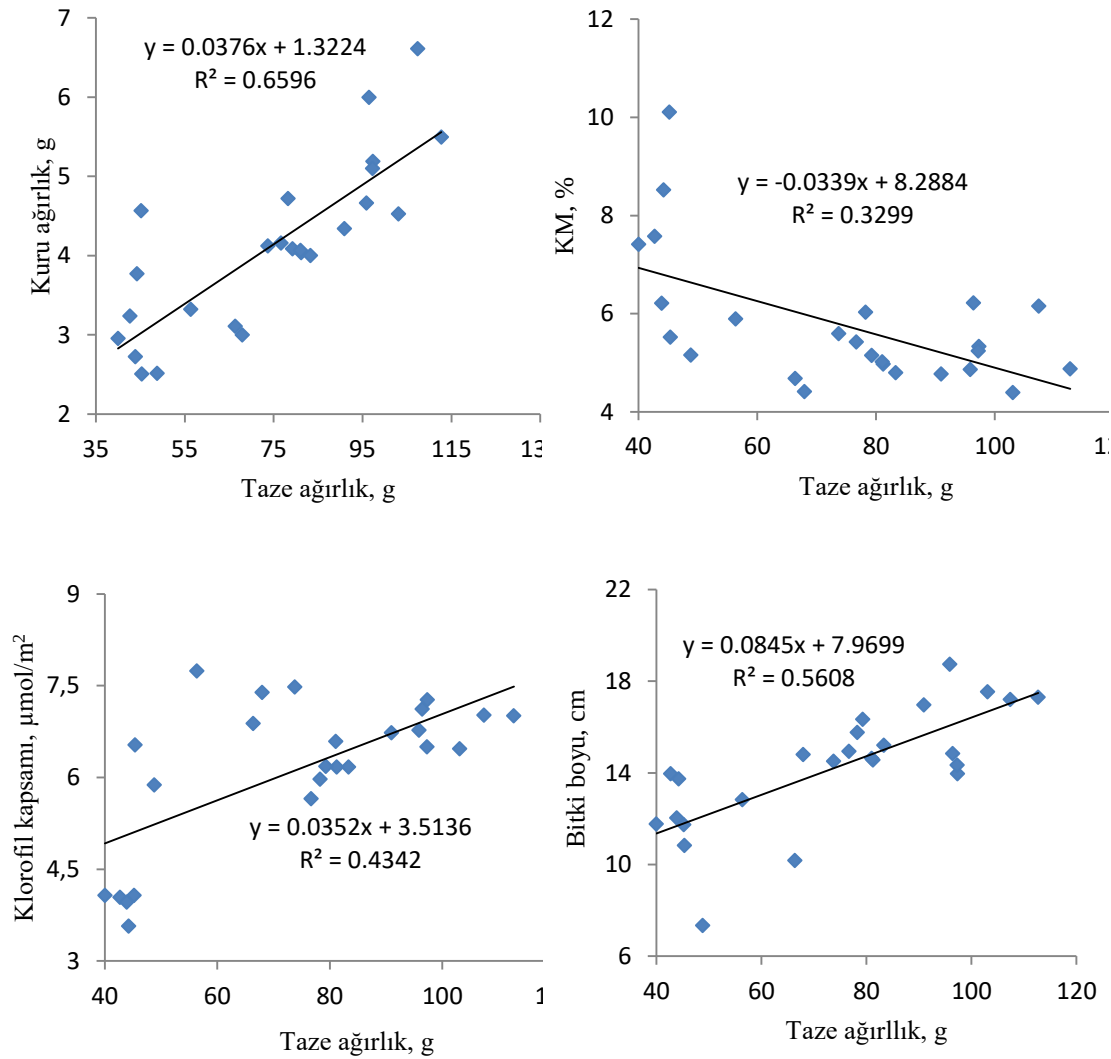
Marulun verim unsurları üzerine kalite kriterlerinin etkisini tespit etmek amacıyla korelasyon katsayıları belirlenmiştir (Çizelge 4.3). Marul taze ağırlık ile kuru ağırlık, klorofil ve bitki boyu arasında pozitif ilişkiler (sırasıyla, 0.812**, 0.659** ve 0.749**) belirlenirken; KM arasında negatif ilişki (-0.574**) belirlenmiştir (Şekil 4.19). Marul kuru ağırlığı ile klorofil kapsamı ve bitki boyu arasında pozitif ilişkiler (sırasıyla, 0.347* ve 0.666**), NO_3^- içeriği arasında negatif ilişki (-0.461*) belirlenmiştir (Şekil 4.20). Kuru madde (KM) ile NO_3^- , NO_2^- ve klorofil kapsamı arasında negatif ilişkiler (sırasıyla, -0.325*, -0.394 ve -0.732**) belirlenmiştir (Şekil 4.21). Marul NO_3^- içeriği ile NO_2^- ve klorofil kapsamı arasında pozitif ilişkiler (sırasıyla, 0.956** ve 0.382**), bitki boyu arasında negatif ilişki (-0.499*) belirlenmiştir (Şekil 4.22). Marul NO_2^- içeriği ile klorofil kapsamı arasında pozitif (0.470**) bitki boyu arasında negatif ilişki (-0.326*) ilişki belirlenmiştir (Şekil 4.23).

Çizelge 4.3. Marul verim unsurları ile kalite kriterleri arasındaki korelasyon katsayıları (r)

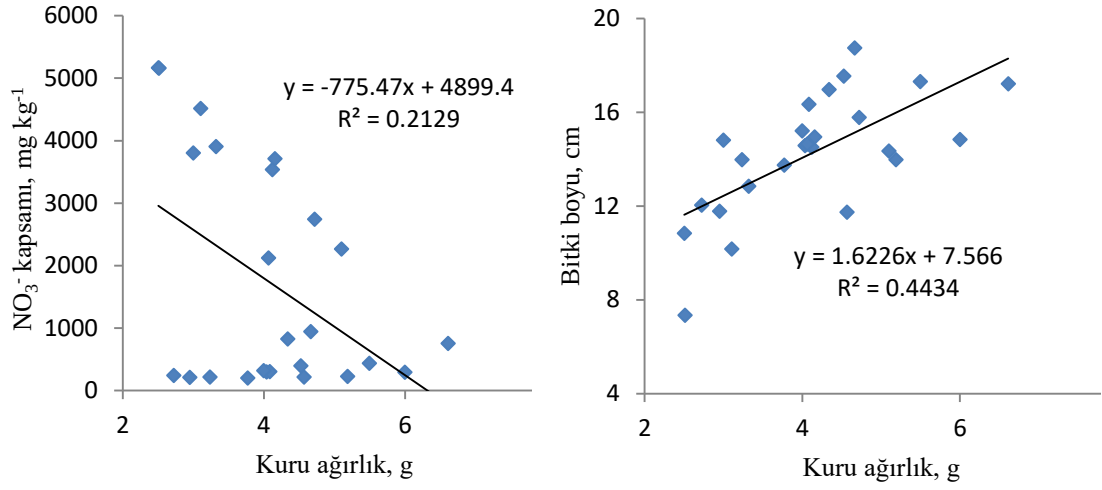
Özellik	KA	KM	NO ₃ ⁻	NO ₂ ⁻	Klorofil	Bitki Boyu
TA	0.812**	-0.574**	-0.255	-0.109	0.659**	0.749**
KA		-0.015	-0.461*	-0.341*	0.347*	0.666**
KM			-0.325	-0.394	-0.732**	-0.289
NO ₃ ⁻				0.956**	0.382	-0.499*
NO ₂ ⁻					0.470**	-0.326*
Klorofil						0.315

TA: Taze ağırlık, KA: Kuru ağırlık, KM: Kuru madde

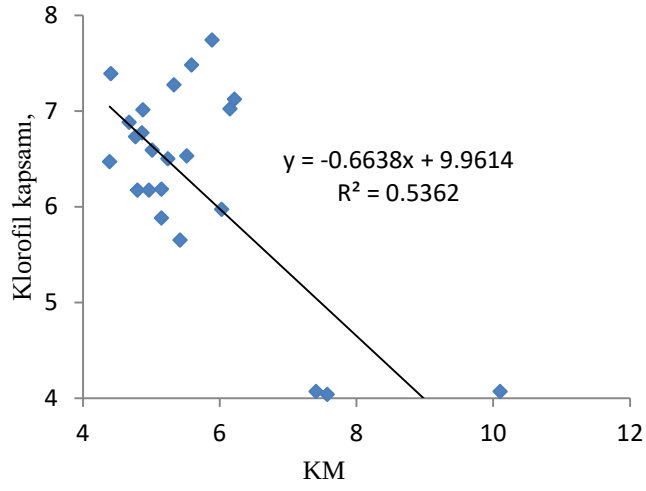
* : Önemli (% 5), ** : Çok önemli (% 1)



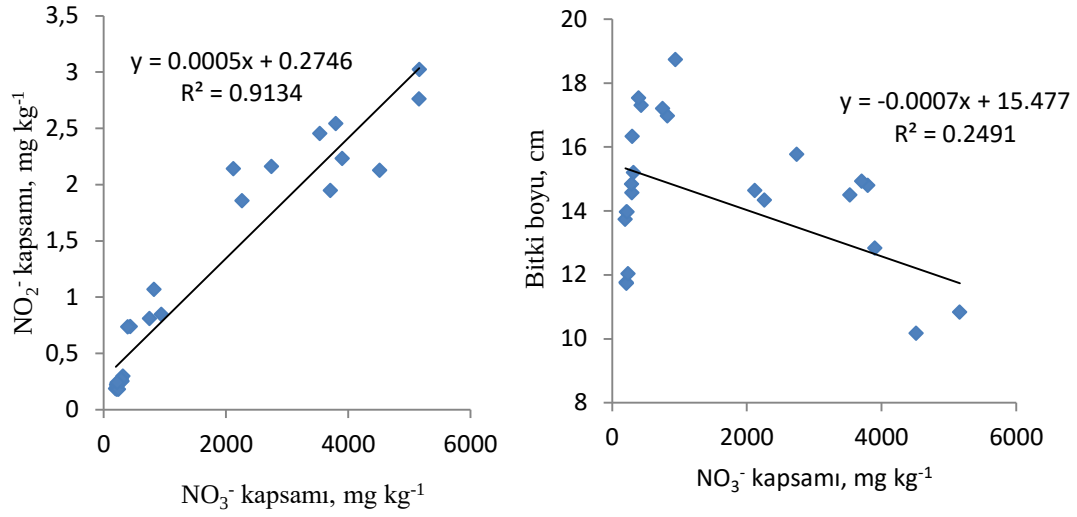
Şekil 4.19. Taze marul ağırlığı ile kuru ağırlık, KM, klorofil ve bitki boyu arasındaki ilişkiler



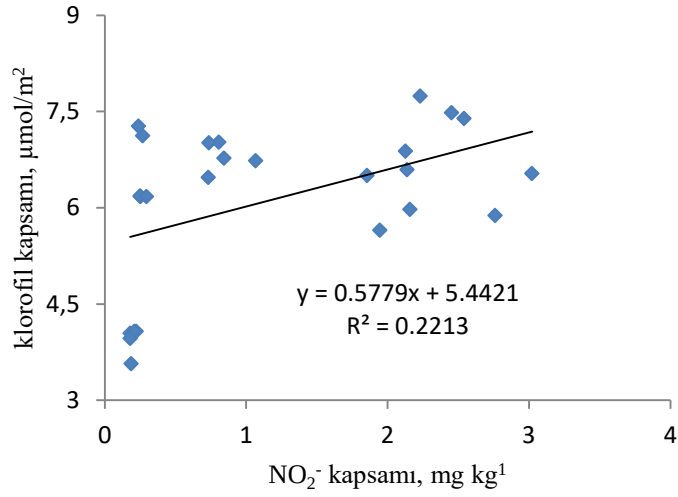
Şekil 4.20. Kuru marul ağırlığı ile NO₃⁻ kapsamı ve bitki boyu arasındaki ilişkiler



Şekil 4.21. Marul KM miktarı ile klorofil kapsamı µmol/m² arasındaki ilişkiler



Şekil 4.22. Marul NO_3^- kapsamı ile nitrit kapsamı ve bitki boyu arasındaki ilişkiler



Şekil 4.23. Marul NO_2^- kapsamı ile klorofil kapsamı arasındaki ilişki

5. SONUÇ ve ÖNERİLER

Elde edilen verilere göre kıvırcık marulun, taze ve kuru ağırlığı 150 mg kg^{-1} N'a kadar arttığı daha yüksek N dozlarının (300 ve 450 mg kg^{-1}) marul gelişimini azalttığı, taze ağırlıkta 200 mg kg^{-1} Si, kuru ağırlıkta 100 ve 200 mg kg^{-1} Si uygulamasının marul gelişimini olumlu etkilediği bulunmuştur. Kuru madde (KM) miktarının tüm N dozlarında azaldığı, artan N dozları arasında fark bulunmadığı ve Si uygulamalarının marul KM miktarını etkilemediği bulunmuştur. Taze, kuru marul ağırlıklarıyla N dozları ve Si uygulamaları arasında önemli pozitif ilişkiler belirlenirken; KM miktarı ile N arasında negatif, Si uygulaması arasında pozitif ilişkiler tespit edilmiştir.

Marul kalite özelliklerinden nitrat ve nitrit kapsamının artan azot dozları ile 450 mg kg^{-1} N dozuna kadar arttığı, marul nitrat kapsamının 200 mg kg^{-1} Si, nitrit kapsamının ise 100 mg kg^{-1} Si uygulamalarında istatistiksel olarak önemli seviyede azaldığı tespit edilmiştir.

Marul nitrat kapsamında en yüksek azalmanın 150 mg kg^{-1} N dozunda ($823.77 \text{ mg kg}^{-1}$ 'dan $394.57 \text{ mg kg}^{-1}$ 'a) uygulanan 400 mg kg^{-1} Si ile ($\% -52.10$) gerçekleştiği tespit edilmiştir. Diğer N dozlarında gerçekleşen azalma kontrolde 100 mg kg^{-1} N, 75 ve 450 mg kg^{-1} N dozlarında 200 mg kg^{-1} Si uygulamaları ile sağlanırken, 300 mg kg^{-1} N dozunda 400 mg kg^{-1} Si uygulaması ile sağlanmıştır. Benzer şekilde nitrit kapsamında da en yüksek azalmanın 150 mg kg^{-1} N dozunda 400 mg kg^{-1} Si uygulamasında ($\% -31.13$) gerçekleştiği tespit edilmiştir. Diğer N dozlarında gerçekleşen en fazla azalma kontrolde 50 mg kg^{-1} Si, 150 mg kg^{-1} N dozunda 400 mg kg^{-1} Si uygulaması ile 300 ve 450 mg kg^{-1} N dozlarında 200 mg kg^{-1} uygulaması ile sağlanmıştır.

Araştırmada incelenen marul örneklerinin nitrat kapsamı $193.4 - 5162.7 \text{ mg kg}^{-1}$ arasında değişim göstermiş ve bu değerlere göre sadece 450 mg kg^{-1} N uygulamasında Si'un kontrol ve 50 mg kg^{-1} dozlarında sırasıyla 5162.7 ve $5160.0 \text{ mg kg}^{-1}$ nitrat bulunarak sınır değeri (5000 mg kg^{-1}) aştığı tespit edilmiştir. Si'un 100 , 200 ve 400 mg kg^{-1} dozlarında ise azot uygulamasının olumsuz etkilerinin azaldığı görülmüştür.

Marul klorofil kapsamının 150 mg kg^{-1} N dozuna kadar arttığı ancak 75 mg kg^{-1} N dozunun istatistiksel olarak önemli olduğu, klorofil kapsamının 400 mg kg^{-1} Si uygulamasında, bitki boyunun tüm 200 mg kg^{-1} Si uygulamalarında arttığı ancak bu artışların istatistiksel olarak önemsiz olduğu belirlenmiştir. Azot dozu arttıkça 150 mg kg^{-1} dozuna kadar marul bitki boyunun arttığı bu dozdan sonra giderek azaldığı, azotun menfi etkisinin giderilmesinde kullanılması gerekli silisyum uygulama dozunun artması gerektiği tespit edilmiştir.

Elde edilen verilerden marul bitkisine uygulanan amonyum nitrat kaynaklı N dozları arttıkça NO_3^- ve NO_2^- içeriğinin artarak bitkide akümüle olduğu ve buna paralel olarak akümülyasyonun azaltılması için marul bitkisine uygulanması gerekli Si dozlarının da artması gerektiği sonucuna varılmıştır. Silisyumun marul gelişimine etkisinin $\text{NH}_4\text{-N}$ 'unun asimilasyonunu teşvik etmek suretiyle NO_3^- ve dolayısıyla NO_2^- akümülyasyonunun oluşturduğu olumsuz etkileri azalttığı şeklinde olduğu düşünülmüştür.

Marul taze ve kuru ağırlığı ile NO_3^- ve NO_2^- arasında negatif, klorofil ve bitki boyu arasında pozitif, KM ile NO_3^- , NO_2^- , klorofil ve bitki boyu arasında negatif, klorofil kapsamı ile NO_2^- kapsamı arasında negatif, bitki boyu arasında pozitif ilişkiler elde edilmiştir.

Araştırma sonunda sebzelerde meydana gelen nitrat ve nitrit akümülyasyonuna karşı farklı $\text{NH}_4\text{:NO}_3$ azotu oranlarında silisyumun etkisini gözlemek amacıyla yeni çalışmaların yapılması önerilmiştir.

KAYNAKLAR

- Adatia, M.H., and Besford, R.T. 1986. The effect of silicon on cucumber plants grown in recirculating nutrient solution. *Ann. Bot.*, 58:343-351.
- Anonim, 2011. *Bileşik çiçekli sebzeler yetiştiriciliği*. T.C. Millî Eğitim Bakanlığı <http://www.megep.meb.gov.tr> (Erişim: Ekim 2018).
- Anonim, 2018a. Türkiye İstatistik Kurumu. Bitkisel üretim istatistikleri. <https://biruni.tuik.gov.tr/medas/?kn=92&locale=tr>. [Erişim: 10 Eylül 2018].
- Anonim, 2018b. Türkiye İstatistik Kurumu. Bitkisel tüketim istatistikleri. <https://biruni.tuik.gov.tr/medas/?kn=92&locale=tr>. [Erişim: 10 Eylül 2018].
- Anonim, 2018c. Türkiye İstatistik Kurumu. Kullanılan gübre çeşitlerinin oranı. http://tuik.gov.tr/PreTablo.do?alt_id=1001 [Erişim: 10 Eylül 2018].
- Anonim, 2018d. Türkiye İstatistik Kurumu. Gübre kullanım miktarı. http://tuik.gov.tr/PreTablo.do?alt_id=1001 [Erişim: 10 Eylül 2018].
- Anonim, 2018e. *Azot eksikliği ve fazlalığı bitkileri nasıl etkiler* <http://organikhabitat.blogspot.com/2016/08/azotn-eksikligi-ve-fazlalig-bitkileri> Erişim: Kasım 2018.
- Anonim, 2018f. Azot döngüsü ve azot fiksasyonu <http://www.mku.edu.tr/files/898-d8a17cf1-ed25-43bb-b999-c214b0700d37.pdf> Erişim: Aralık 2018.
- Anonim, 2018g. Azot döngüsü şematik. <https://www.canlibilimi.com/azot-dongusu> Erişim: Kasım 2018.
- Anonim, 2011. Türk Gıda Kodeksi Bulaşanlar Yönetmeliği. Gıdalardaki Bulaşanların Maksimum Limitleri (EK-1) sayfa 1 (29.12.2011 tarihli T.C. Resmi Gazete) Resmi Gazete Sayısı: 28157.
- Anonymous, 1981. The health effects of nitrate, nitrite, and N-nitrosocompounds. Washington, D.C.:*National Academy Press*.<http://www.nasonline.org> Erişim: 10 Ekim 2018.
- Anonymous, 1982. Vaststelling maximaal toelbaar gehalte nitraat in bladgronten. *Nederlandse Staatscourant*.
- Anonymous, 1995. European Commission Scientific Committee For Food (Scf). *Opinion on Nitrate and Nitrite*. Annex 4 to Document III/5611/95.
- Anonymous, 1977. World Health Organization. *Environmental Health Criteria for Nitrates, Nitrites and N-Nitroso Compounds*. Geneva.
- Aksoy, M., 2000. *Beslenme Biyokimyası*. Hatipoğlu Yayınları, No:126, Yüksek Öğrenim Dizisi, No:42 ,Ankara.

- Aktaş, M. 1994. *Bitki besleme ve toprak verimliliği* (2. baskı). Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayın No: 1361, Ankara.
- Aktaş, M. ve Kaplan, M. 1993. Amonyum nitrat ve üre gübrelemesinin hibrit mısırdaki etkinliklerinin karşılaştırılması ve bitkinin azotlu gübre isteğinin belirlenmesi üzerinde bir araştırma. *Türk Tarım ve Ormancılık Dergisi*, 17:649-657.
- Aktaş, M., Günes, A. ve Baltutar, N. 1993. Aminoasit ve diğer formlarda uygulanan azotun arpa bitkisinde nitrat ve nitrit akümüasyonu ile oksalik asit kapsamına etkisi. *Doğa Türk Journal of Agricultural and Forestry*, 17(4): 1113-1121.
- Aktaş, M. ve Ateş, A. 1998. *Bitkilerde beslenme bozuklukları nedenleri tanınmaları*. Nurol Matbaacılık A.Ş. Ostim-Ankara.
- Aleshin, N.E. 1982. Silicon content in rice RNA. *Soviet Agr. Science*. Vol.6. p 6-7. in Russian.
- Alexieva, V., Ivanov, S., Sergiev, I. and Karanov, E. 2003. Interaction Between Stress Bulg. *Journal Plant Physiol*, Special Issue 1-17.
- Arslan H. ve Gülerüz G. 2002. Yüksek bitkilerde azotun asimilasyonu. *Anadolu Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 3 (1).
- Aybak, H.Ç. 2002. *Salata/Marul Yetiştiriciliği*, Hasat Yayıncılık, 96 s. Ankara
- Bakowski, J., Michalik, H. and Horbwiez, M. 1996. Effect of package and storage conditions on the some quality factors of spinach. *Biuletyn Warzywniczy(Poland)*. *Bulletin of Vegetable Crops Research Work*, 45: 91-103.
- Barker, A.V. and Maynard, D.N. 1971. Nutritional factors affecting nitrate accumulation in spinach. *communications in soil. Science and Plant Analysis*. 2:470-478.
- Beevers, L. and Hageman, R.H. 1983. Uptake and reduction of nitrate; bacteria and higher plants. *In Inorganic Plant Nutrition*. Springer-Verlag, Vienna, pp. 351-375.
- Belanger, R.R., Bowen, P.A., Ehret, D.L. and Menzies, J.G. 1995. Soluble silicon: Its role in crop and disease management of greenhouse crops. *Plant Dis*. 79: 329-336.
- Boşgelmez A, Boşgelmez İ. İ, Savaşçı S. ve Paslı N. 2001. *Ekoloji – II (Toprak)*, Başkent Kiliş Matbaacılık, Kızılay-Ankara.
- Bouyocous, G.J. 1951. A recalibration of the hydrometer method for making mechanical analysis of soils. *Agronomy Journal*, 43; (435-438).
- Bradbury, M., and Ahmad, R. 1990. The effect of silicon on the growth of *Prosopis Juliflora* growing in saline soil. *Plant Soil*, 125:71-74.

- Bremner, J.M and Mulvaney, C.S. 1982. Nitrogen-Total. In: Page, A.L., Miller, R.H., Keeney, D.R (Eds.), *Methods of Soil Analysis, Part 2. Chemical and Microbiological Properties*. 2 nd ed. *Agronomy* 9: 595-624.
- Britto, D.T. and Kronzucker, H.J. 2001. Constancy of nitrogen turn:- over kinetics in the plant cell: *Insights into the integration of subcellular N fluxes*. *Planta*, 213: 175–181.
- Cantliffe, D.J., 1972a. Nitrate accumulation in vegetable crops as affected by photoperiod and light duration. *Journal of the American Society for Horticultural Science* 97: 414-418.
- Cantliffe, D.J., 1972b. Nitrate accumulation in spinach grown under different light intensities. *Journal of the American Society for Horticultural Science*. 97: 152-154.
- Cantliffe, D.J., 1972c. Nitrate accumulation in spinach grown at different temperatures. *Journal of the American Society for Horticultural Science* 97: 674-676.
- Cantliffe, D.J. and Goodwin P.R. 1974. Effects of nitrogen rate source and various anions and cations on nitrate accumulation and nutrient constituents of table beets. *Agronomy Journal* 66:779-783.
- Casey, W.H., Kinrade, S.D., Knight, C.T.G., Rains, D.W., and Epstein, E. 2003. Aqueous silicate complexes in wheat (*Triticum Aestivum* L .). *Plant Cell Environ.*, 27:51–54.
- Cheng, B.T., 1982. Some significant functions of silicon to higher plants. *Journal Plant. Nutr.*, 5:1345-1353.
- Christy, M., Brown, J.R. and Smith, G.E., 1973. Nitrate in soils and plants, *Science & Technology Guide, University of Missouri, Columbia Extension Division*.
- Clark, R.B., and Gourley L.M. 1987. Leaf position and genotype differences formineral element concentrations in sorghum grown on tropical acid soil. *Journal Plant Nutr.*, 10: 921-935.
- Corre, W.J. and Breimer, T., 1979. Nitrate and nitrite in vegetables. dept. of soils and fertilizers agricultural university. *Centre for Agricultural publishing and Documentation* Lit. Sur. 39 wageningen, The Netherlands.
- Craddock, W.M. 1983: Nitrosamines and human cancer. *Proof of an Association. Nation* (London) 306-608.
- Croll, B.T., Hayes, C.R., 1988. Nitrate and water supplies in the United Kingdom. *Enviromental Pollution*, 50: 163-187.
- Currie, H., and Perry, C. 2007. Silica in plants: biological, biochemical and chemical studies. *Ann. Bot.* 100: 1383-1389.

- Datnoff, L.E. and Rutherford, B.A. 2004. Effects of silicon of leaf spot and melting out in Bermuda Grass. *Golf Cours Manage.*, 5(1):89-92.
- Datnoff, L.E., and Rodrigues, F.A., 2005. The role of silicon in suppressing rice diseases. Feb. APS net Feature. *American Phytopathological Society*, St. Paul.
- Demiralay, İ., 1993. Toprak Fiziksel Analiz Yöntemleri. Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları, s. 111-120, Erzurum.
- Deren, C.W. 1997. Changes in nitrogen and phosphorus concentrations of silicon fertilized rice grown on organic soil. *Journal Plant Nutr.*, 20:765-771.
- Düzgüneş, O., Kesici, T., Kavuncu, O., Gürbüz, F., 1987. Araştırma ve Deneme Metotları (İstatistik Metotları-II). Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları, 1021, 381s., Ankara.
- Ebrahimian, E. 2011. Influence of different ratios of nitrate and ammonium and silicon on growth, nitrate reductase activity and fatty acid composition of sunflower under salt stres. *Journal of Food, Agriculture & Environment* Vol.9 (1): 438 – 443.
- Epstein, E. 1999. Silicon. *Annu. Rev. Plant Physiol Plant Mol. Bi.* I. 50:641-644.
- Epstein, E. 1994. The anomaly of silicon in plant biology. *Proc. natl. Acad. Science. USA* 91:11-17.
- Epstein, E. 2009. Silicon: its manifold roles in plants. *Ann Appl Biol.* 155:155-160.
- Fageria, N. K., Baligar, V. C. and Jones, C. A. 2011. *Growth and Mineral Nutrition of Field Crops*. 3rd Edition, CRC Pres, Boca Raton, FL, USA.
- Fauteux, F., Rémus-Borel, W., Menzies, J. and Bélanger, R. 2005. Silicon and plant disease resistance against pathogenic fungi. *FEMS Microbiol. Lett.* 249: 1-6.
- Fidan, F., Sürmeli, N. ve Genç, Ç. 1993. *Ispanaklarda nitrat birikimi üzerinde çeşitli azot dozu ve ekim zamanının etkisinin araştırılması*. Atatürk Bahçe Kül. Merk. Araş. Ens., Yalova.
- Gao, Q., Wang, Y. and Lu, X. 2014. Effects of exogenous silicon on physiological characteristics of cucumber seedlings under ammonium stres. *Journal Apple Ecol.* 25, 1395-1400.
- Gao, X., Zou, C., Wang, L. and Zhang, F. 2006. Silicon decreases transpiration rate and conductance from stomata of maize plants. *Journal Plant. Nutr.* 29:1637-1647.
- Gardner, B.R. and Pew, W.D. 1979. Comparison of various nitrogen source. Journal of the fertilization of winter-grown head lettuce. *Journal of The American Soc. For. Hort. Science.* 104(4): 534-536.
- Gaudreau, L., Charbonneau, J., Vezins, L.P. and Gosseln, A. 1995. Effects of photoperiod and photosynthetic photon flux on nitrate content and nitrate

- reductase Activity in Greenhouse Grown Lettuce. *Journal of Plant Nutrition*(USA), 18(3): 437-453.
- Gebauer, G. and Schulze E.-D. 1997. Nitrate nutrition of central european forest trees. *Trees-Contributionsto Modern Tree Physiology*. Eds.: H. Rennenberg, W. Eschrich, H. Ziegler, ss.273-291.
- Geyer, B., 1978. Untersuchungen zur wirkung hoher stickstoffgabenauf den nitratgenalt von freiland gemüse arch. *Gartenbau* 26, 1-13.
- Gillman, J., Zlesak, D. and Smith, J. 2003. Applications of potassium silicate decrease black spot infection of *Rosa hybrida* 'Meilpelta'. *HortScience* 38: 1144-1147.
- Gong, H., Chen, G., Chen, G., Wang, S., and Zhang, C. 2005. Silicon alleviates oxidative damage of wheat plants in pots under drought. *Plant Science*. 169:313–321.
- Gök, M., Özbek, H. ve Çolak, A.K., 1991. İçel bölgesi sera koşullarında yapılan aşırı nitrat gübrelemesinin hıyarda nitrat birikimi üzerine etkisi. *Ç.Ü.Z.F. Dergisi*. 6, (3):47-58.
- Gülser, C., Korkmaz, A., and Horuz, A. 1999. Nitrate accumulation in some vegetables sampled from different parts of hillside fields in Samsun. *Proceedings of the Fifth Baku 9. international Congress Ecoenergy Academy*, Baku.
- Günay, A. 2005. *Özel Sebze Yetiştiriciliği*, Cilt-2, Nadir Kitap Yayıncılık, 531 s., İzmir
- Güneş, A. and Post, H.K. 1995: The Effect various levels and combinations of molybdenum and tungsten on the growth and nitrate accumulation in lettuce (*Lactuca sativa* l.) grown in nutrient solution. *Agrochimica*, Vol. 915.
- Hamayun, M, Sohn, E.Y, Khan, S.H, Shinwari, Z.K., Khan, A.L. and Lee, I.J. 2010. Silicon alleviates the adverse effects of salinity and drought stress on growth and endogenous plant growth hormones of soybean (*Glycine max* L.). *Pak. J. Bot.*, 42(3): 1713-1722.
- Hansen, H., 1976. The content of nitrate and protein in lettuce (*Lactuca Sativa* var. Capitata) grown under different conditions. *Qualitas Plantarum*. 28, 11.
- Haynes, R.J.1986. Uptake and assimilation of mineral nitrogen by plants. *Physiological Ecology*. A series of Monographs, Texts and Treatises. Mineral Nitrogen in the plant-soil system. Ed.: R.J. Haynes, ss.303-362, Academic Press. London and Orlando.
- Heckman, J. 2013. Silicon: A beneficial substance. – *Better crops*, 97(4):14–16.
- Hlavsova, D., Tucek, Z. and Turek, B. 1969. On the content of nitrates and nitrites in some sorts of (zechoslovak vegetables. *Ceskoslovenska hygiena*, 14, 207.

- Hodson, M.J. and Sangster, A.G. 1988. Silica deposition in the influence bracts of wheat (*Triticum aestivum*). Scanning electron microscopy and light microscopy. *Can. Journal Botany*. 66: 829-837.
- Horuz, A., Akınoğlu G. ve Korkmaz, A. 2012. Abiyotik ve biyotik stres şartlarında silisyumun rolü. *Y.Y.Ü. Tar. Bil. Derg.* doi: 10.29133/yyutbd.309632.
- Horst, W.J. and Marschner, H. 1978. Effect of silicon on manganese tolerance of bean plants (*Phaseolus vulgaris* L.). *Plant Soil*. 50: 287-303.
- İnanaga, S., Higuchi, Y., and Chishalci, N., 2002. Effect of silicon application on reproductive growth of rice plant. *Soil Science Plant Nutr.* 48(3):341-345.
- Kacar, B. 1994. Toprak Analizleri. Bitki ve Toprağın Kimyasal Analizleri III. A.Ü. Zir. Fak. Eğitim, Araştırma ve Geliştirme Vakfı Yayınları No:3-705 Ankara.
- Kacar, B., 2009. Toprak Analizleri. Nobel Yayın Dağıtım (Genişletilmiş II. Baskı) No: 1387. 467 s. Ankara.
- Kacar, B. ve İnal, A. 2008. Bitki Analizleri. Nobel Yayınları. 892 s., Ankara.
- Kacar, B., Katkat, A.V. 2009. Bitki Besleme. 4. Baskı, Nobel Yayınları, 659 s. Ankara.
- Karakaya, E.A., 1981. Dimetilamin grubu içeren bazı antibiyotiklerden, mide şartlarında nitrit etkileşmesi ile dimetilnitrozamin şekillenmesinin araştırılması. Doçentlik tezi, Ankara Üniversitesi Ecz. Fak. Ankara.
- Karaman, M.R., Brohi, A.R., Güneş, A., İnal, A. ve Alpaslan, M., 2000. “Yöresel azotlu gübre uygulamalarının tokat bölgesinde yetiştirilen bazı kışlık sebzelerin nitrat akümülyasyonuna etkisi”. *Turk Journal Agriculture For.* 24:1-9, TÜBİTAK.
- Karaşahin, M. 2014. Bitkisel üretimde azot alım etkinliği ve reaktif azotun çevre üzerine olumsuz etkileri. *Academic Platform Journal of Engineering and Science*, 2(3):15-21.
- Kardeş, T.A. 2012. Azotlu ve organik gübrelemenin Beypazarı yöresinde yetiştirilen bazı sebzelerin nitrat kapsamına etkisi. Yüksek Lisans Tezi. Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 68 s., Ankara.
- Keeping, M. G. R. and Rutherford, C. S. 2014. Provision of nitrogen as ammonium rather than nitrate increases silicon uptake in sugarcane. *Aob Plants* www.aobplants.oxfordjournals.org.
- Kim, S. G., Kim, K. W., Park, E. W., and Choi, D., 2002. Silicon-induced cell wall fortification of rice leaves: A possible cellular mechanism of enhanced host resistance to blast. *Phytopathology* 92:1095-1103.
- Korkmaz, A., Horuz, A. ve Çolak, B. 2004. Sera şartlarında harç ortamında yetiştirilen marul çeşitlerinin ürün miktarları, NO_3^- , NO_2^- ve mineral madde kapsamı. *Ondokuz Mayıs Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 19(3):50-56.

- Li, Q., Ma, C., Li, H., Xiao, Y., and Liu, X. 2005. Effects of soil available silicon on growth, development and physiological functions of soybean. *Ying Yong Sheng Tai Xue Bao*. 15(1):73-6.
- Liang, Y.C., Zhang, W.H., Chen, Q., and Ding, R. 2005. Effects of silicon on H⁺-ATPase and H⁺-Pase activity, fatty acid composition and fluidity of tonoplast vesicles from roots of salt-stressed barley (*Hordeum vulgare* L.). *Environmental and Experimental Botany*. 53:29–37.
- Liang, Y.C. and Ding, R.X. 2002. Influence of silicon on microdistribution of mineral ions in roots of salt-stressed barley as associated with salt tolerance in plants. *Science China (Series C)*, 45: 298-308.
- Lindsay, W.L., and Norwell, W.A. 1978. Development of a DTPA soil test for Zn, Fe, Mn and Cu. *Soils Science Society America Journal*., 42:421-428.
- Lux, A., Luxová, M., Abe, J., Morita, S. and Inanaga, S. 2003. Silicification of bamboo root and leaf. *Plant and Soil*. 255(1): 85–91.
- Ma, J.F. and Takahashi E., 2002. Soil, fertilizer, and plant silicon research in Japan, *Elsevier Science*, Amsterdam, 1-294.DOI: 10.12691/wjar-5-1-6.
- Ma, J.F., Goto, S., Tama, K., and Ichi, M., 2001. Role of root hairs and lateral roots in silicon uptake by rice. *Plant Physiology*. Vol. 127, p.1773-1780.
- Ma, J.F. 2004. Role of silicon in enhancing the resistance of plants to biotic and abiotic stresses, *Soil Science and Plant Nutrition*, 50(1): 11-18.
- Ma, J.F., Miyake, Y. and Takahashi, E. 2001. Silicon as a beneficial element for crop plants. In: Datnoff, L., Korndorfer, G., Snyder, G. (Eds.), *Silicon in Agriculture*. Elsevier Science Publishing, New York, pp. 17-39.
- Marschner, H., 1984: Einfluß von Standort und wirtschafstbedingungen auf die Nitratgehalte in verschiedenen pflanzenarten. *Landwirtschaftliche Forschung Sonderheft* 41 Kongressband.
- Marschner, H. 1995. Mineral nutrition of higher plants. 2nd Print, *Academic Press*. London.
- Marsic, N.K. and Osvald J. 2002. Effects of Different Nitrogen Levels on Lettuce Growth and Nitrate Accumulation in Iceberg Lettuce (*Lactuca sativa* var. *capitata* L.) Grown Hydroponically under Greenhouse Conditions. *Gartenbauwissenschaft*, 67 (4):128-134
- Matichenkov, V.V. and Bocharnikova, E.A. 2001. The relationship between silicon and soil physical and chemical properties. In: L.E. Datnoff, G.H. Snyder, H. Korndorfer, eds. *Silicon in Agriculture*. Amsterdam: Elsevier, pp. 209–219.
- Mauad, M., Crusciol, C.A.C., Filho, H.G. and Correa, J.C. 2003. Nitrogen and silicon fertilization of upland rice. *Science Agriculture (Piracicaba, Braz.)* 60:4.

- Maynard, D.N., Barker, A.Y., Minotti, P.L. and Peck, N.H. 1976: Nitrate accumulation in vegetables. *Analysis in Agronomy*, 28, 71.
- Meunier, J., 2003. The role of plants in the transfer of silicon from the plant surface into the cytosol. *C.R. Geoscience* 335:1199-1206.
- Mills, H.A., Barker A.V. and Maynard D.N., 1976. Effects of nitrapyrin on nitrate accumulation in spinach. *Journal of the American Society for Horticultural Science* 101: 202-204.
- Miyake, Y., and Takahashi, E. 1978. Silicon deficiency of tomato plant. *Soil Science. Plant Nutr.* 24:175-189.
- Miyake, Y., and Takahashi, E. 1983a. Effect of silicon on the growth of solution cultured cucumber plant. *Plant Nutr.* 29:71-83. Tokyo.
- Miyake, Y., and Takahashi, E. 1983b. Effect of silicon on the growth of cucumber plant in soil culture. *Soil Science. Plant Nutr.* 29:463-471. Tokyo.
- Miyake, Y., and Takahashi, E. 1985. Effect of silicon on the growth and of soybean plants in a solution culture. *Soil Science Plant Nutr.* 31:625-636. Tokyo.
- Miyake, Y., and Takahashi, E. 1986. Effect of silicon on the growth and fruit production of strawberry plants in a solution culture. *Soil Science. Plant Nutr.* 33:321-326. Tokyo.
- Mizuno, N. 1987. Effects of silicon on hull weight and ripening of rice plants. *Journal Plant Nutr.* 10:2159.
- Mordoğan, N., Ceylan, Ş., Çakıcı, H. ve Yoldaş, F. 2001. Azotlu gübrelemenin marul bitkisindeki azot birikimine etkisi. *Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi. Dergisi.*, 38 (1): 85-92 ISSN 1018-8851.
- Nielsen, F.H., 1988. Trace elements in human and animal nutrition. Vol.2, *Academic Press*, p.245, New York.
- NMKL (Nordic Committee of Food Analysis). 2000. Nitrite and nitrate in foodstuffs by ion chromatography. NMKL No. 165. Available from: <http://www.nmkl.org>.
- Olle, M. 2014. The effect of Silicon on the organically grown cucumber transplants growth and quality. – *Proceedings of 16th World Fertilizer Congress of CIEC*, Rio de Janeiro: CIEC, pp. 90–92.
- Oruç, H.H. 1999. Bursa yöresinde sığırların yemlerinde, içme sularında ve rumen içeriğinde nitrat, nitrit ve kanda methemoglobin düzeylerinin araştırılması. Doktora tezi. U.Ü. Sağ. Bil. Enst., Bursa.
- Oruç, H.H. ve Ceylan, S. 2001. Bursa’da tüketilen bazı sebzelerde nitrat ve nitrit. *Journal Faculty Vet. Med.* 20 17-21.

- Osweiler, G., Carsoni T., Bucki W. and Van Gelder, G.,1985. *Clinical and diagnostic veterinary toxicology*, 3rd ed., Kendall- Hunt Publishing Company, Dubuque, Iowa, 460-466.
- Öndeş, D. ve Zabunoğlu, S. 1990: Çeşitli azotlu gübrelerin sebzelerde nitrat birikimine etkisi. Doğa Tr. *Journal of Agriculture and Forestry* 15(1991), 445-460.
- Öner, N. 1998. Asit bir toprağa çeşitli dozlarda azot-molibden uygulamasının ve farklı zamanda hasadın kıvırcık baş salatada (*Lactuca sativa* c.) nitrat birikimi üzerine etkisi. Yüksek Lisans Tezi, Trakya Üniversitesi Fen Bil. Enst. Toprak Anabilim Dalı, Edirne.
- Özdestan, Ö. ve Üren, A.2010. Gıdalarda nitrat ve nitrit. *Akademik Gıda* 8(6) 35-43.
- Pilbeam, DJ. and Jan, A.U. 1999. Root absorption and assimilation of inorganic nitrogen. *Nitrogen Nutrition and Plant Growth*. Eds. RS. SrivastavaRP. Singh, ss.23-43, Science Publishers, Inc,
- Raupp, J. 1996. Fertilization effect on product quality and examination of parameters and methods for quality assessment, In: Raupp Journal (Ed.). *Quality of plant products grown with manurefertilization*, Darmstadt, 4448p.
- Raven, J.A. 1983. The transport and function of silicon in plants. *Biology Reviews*58:179-207.
- Rincon, L., Pellicer, C. and Saez, J. 1998. Effect of different nitrogen rates on yield and nitrate concentration in lettuce crops (*Lactuca sativa* L.). *Agrochimica*, 42(6): 304- 312.
- Rodrigues, F.A., Vale, F.X., Datnoff, L.E., and Prabhu, A.S. 2003. Effect of rice growth stages and silicon on sheath blight development. *Phytopathology*. 93(5):256-261.
- Rodrigues, F.A., McNally, D.J., Datnoff, L.E., Jones, J.B., Labbe, C., Benhamou, N., Menzies, J.G. and Belanger, R.R. 2004. Silicon enhances the accumulation of diterpenoid phytoalexins in rice: A biochemical mechanism for blast resistance. *Phytopathology* 94: 177-183.
- Sağlam, T., 2006. Toprak ve suyun kimyasal analiz yöntemleri. Namık Kemal Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Yayın No:2, s. 184 Tekirdağ.
- Santamaria P. 2006. Nitrate in vegetables: toxicity, content, intake and EC regulation. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 86:1071.
- Savant, N.K., Snyder, G.H., and Datnoff, L.E. 1997. Silicon management and sustainable rice production. *Adv. Agron. Academic Press*, San Diego, CA, USA 58:151-199.
- Schrader, L.E. 1978. Uptake, accumulation, assimilation, and transport of nitrogen in higher plants. Nitrogen in the Environment. *Academic Press*. Vol 2. London.

- Seay, R.L. 1996. Forage nitrate levels in greenfield bermudagrass as affected by nitrogen applications. *Arkansas Agricultural Experiment Station* No. 450, 94-100.
- Seebold, K., Datnoff, L., Correa-Victoria, F., Kucharek, T. and Snyder, G. 2000. Effect of silicon rate and host resistance on blast, scald, and yield of upland rice. *Plant Dis.* 84: 871-876.
- Shi, Q., Bao, Z., Zhu, Z., He, Y., Qian, Q., and Yu, J. 2005. Silicon-mediated alleviation of Mn toxicity in *Cucumis sativus* in relation to activities of super oxide dismutase and ascorbate peroxidase. *Phytochemistry*.66:1551–1559.
- Silva, E.S.,Prado, R.M. and Santos, D.M. 2015. *Nitrogen components, growth and gas exchange in spring wheat plants grown under interaction of silicon (Si) and nitrogen (N)*.AJCS 9(9):790-798.
- Smith, J.W. and Guthrie, L.D., 2004. Extension dairy scientists nitrate toxicity and prussicacid poisning in dairy cattle.www.ces.uga.edu/pubcd/b1153-w.html.
- Smith, A. 2011. Silicons key role in plant growth. – *Australian Grain*, March-April, pp. 35.
- Soldos, F.Z., Vashegyi, A., Pecsvaradi, A., and Bona, L. 2003. Influence of silicon on aluminum toxicity in common and durum wheats. *Agronomie*. 23: 349–354.
- Solomonson, L.P. and Barber, MJ. 1990. Assimilatory nitrate reductase: functional properties and regulation.*Annu. Rev. Plant Physiol. Plant Mol. Biol.* 41, 225-253.
- Soil Survey Staff. (1992). Procedures for collecting soil samples and methods of analysis for soil survey. *Soil Survey Invest. Rep. I*. U.S. Gov. Print. Office, Washington D.C. USA.
- Sönmez, İ. ve Demir, H. 2011.Tarımsal kaynaklı nitrat kirliliği ve olumsuz etkileri. Uluslararası Katılımlı I. Ali Numan Kıraç Tarım Kongresi ve Fuarı 27-30 Nisan.
- Sripanyakorn, S., Ravin, J., Thompson, R.P.H., and Powell, J.J., 2005. Dietary silicon and bone health. *Nutrition Bulletin*. 30(3):222-230.
- Stadler, J. and Gebauer, G. 1992. Nitrate reduction and nitrate content in ash trees (*Fraxinus excelsior* L.): distribution between compartments, site comparison and seasonal variation. *Trees* 6, 236-240.
- Sun, W., Liang, Y. and Yang, Y. 2002. Influences if silicon and inoculation with *Colletotrichum lagenarium* on peroxidase activity in leaves of cucumber and their relation to resistance to anthracnose. *Science Agric. Sin.* 35: 1560-1564.
- Tan, K.H. and Falcon, R.A.L.1987. Effect of fulvic and humic acids in nitrification, *Part 1: in Vitro Production of Nitrite and Nitrate*. Communications in Soil Science and Plant Analysis 18(8):835-853).

- Takahashi, E., Ma, J.F., and Miyake, Y. 1990. The possibility of silicon as an essential for higher plants. *Comments Agriculture Food Chem.* 2:99-122.
- Tronickova, E. and Vit, V. 1972. The effect of fertilizers on the nitrate content in several cultivars of spinach. *Praze-Ruzyni*, 17: 273-280.
- Topçuoğlu, B.1996. Yapraktan CaCl_2 uygulamasının değişik formlarda azotla gübrelenen ıspanak bitkisinde oksalik asit, nitrat ve organik bağlı azot ile kalsiyum içerikleri üzerine etkileri. *Tarım Bilimleri Dergisi*, 2 (3) 11-16.
- Turan, M. ve Horuz, A., 2012. Bitki Besleme. Bölüm 3. *Bitki Beslemenin Temel İlkeleri*. Ed: Karaman, M.R., Dumat Ofset Matbaacılık, Ankara, s. 123-347.
- Türkmen, O., Bozkurt, M.A., Yıldız, M. and Cimrin, K.M. 2004. Effect of nitrogen and humic acid applications on the head weight, nutrient and nitrate contents in lettuce. *Adv. Food Sci.* 26: 1-6
- Ülgen, N. ve Yurtsever, N., 1995. Türkiye Gübre ve Gübreleme Rehberi (4. Baskı). T.C. Başbakanlık Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğü Toprak ve Gübre Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü Yayınları, Genel Yayın No: 209, Teknik Yayınlar No: T.66, 230 s., Ankara.
- Winsor, G. W. and Schwarz, M.1990. Soilless culture for horticultural crop production. *FAO Plant Production and Protection*. Paper No:101, Rome.
- Werner, D., and Roth, R. 1983. Silica metabolism In: Eds. Lauchli, A., and Bielecki, R.L. *Inorganic Plant Nutrition*, Vol.15b. In: Eds. Pison, A. and Zimmermann, M.H. *Encyclopedia of plant Physiology New Series*. Springer Verlag, New York. p. 682-694.
- Vaculíková, M. Vaculík, M. Šimková, L. Fialová, I. Kochanová, Z. Sedláková, B. and Luxová, M. 2014. Influence of silicon on maize roots exposed to antimony - growth and antioxidative response. *Plant Physiology and Biochemistry*. Volume 83, Pages 279-284.
- Viciedo D. O., Prado R. d. M., Toledo R. L., Luiz Cláudio Nascimento dos Santos L. C. N. d., and Calzada K. P., 2017. Response of radish seedlings (*Raphanus sativus* L.) to different concentrations of ammoniacal nitrogen in absence and presence of silicon. *Agronomía Colombiana* 35(2), 198-204.
- Virgil, F.F. 1976. Hemoglobin, hemoglobin derivatives, and myoglobin, in Norbert W.T.: *Fundamentals of Clinical Chemistry*. 2nd ed., Philadelphia: W.B. Saunders Company, 409-418.
- Voronkov, M.G., Zelchan, G.I. and Lukevits, A.Y. 1978. Silicon and life, Zinatne, Riga, p. 578. in Russian.
- Yıldırım, Ç.D., Korkmaz, A. ve Horuz, A. 2012. Arazi topografyasına bağlı olarak bazı sebzelerde NO_3^- ve NO_2^- kapsamının değişimi. *Anadolu Tarım Bilim. Dergisi*, 27(3):152-157.

- Yıldırım, M., Bahar, E. ve Demirel, K., 2015. Farklı sulama suyu seviyelerinin serada yetiştirilen kıvırcık marulun (*Lactuca sativa* var. *campania*) verimi ve gelişimi üzerine etkileri. *ÇOMÜ Ziraat. Fakültesi Dergisi*. 3 (1): 29–34.
- Zabunoğlu, S. ve Karaçal, İ. 1982. Azotlu gübrelemenin marul ve ıspanakta nitrat ve nitrit birikimine etkisi. *Tübitak VII. Bilim Kongresi*, Adana.
- Zhong F., Wang S., Lin J., Roansf, Lin B., Zhou X., Chen IZ, Lin Y., Pang J. and Wu S. 2018. Characterization of nitrateassimilation in *Lactucasativa*L. Under different nitrogen sources. *Plant Growth Regulation*, 86:1-10.
- Zhu, Y. and Gong, H. 2014. Beneficial effects of silicon on salt and drought tolerance in plants. – *Agronomy for Sustainable Development*, 34(2):455–472.



ÖZGEÇMİŞ

Ad Soyadı : Ali KONAŞ

Doğum Yeri : ORDU

Doğum Tarihi :13.03.1980

Yabancı Dili : İngilizce

E-posta: akonas52@msn.com

Eğitim Durumu

Lise : Ankara Laborant Meslek Lisesi (1997)

Lisans : Ondokuz Mayıs Üniversitesi Biyoloji Bölümü (2002),

Ondokuz Mayıs Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarımsal Biyoteknoloji Bölümü (2013)

Yüksek Lisans : Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Anabilim Dalı (Eylül 2014-2019)

Çalıştığı Kurum ve Yıl

Samsun Gıda Kontrol Laboratuvar Müdürlüğü (1998 – devam ediyor)