FARKLI BİTKİ BESİN ELEMENTİ KOMPOZİSYONLARININ SU KÜLTÜRÜNDE YETİŞTİRİLEN MARUL BİTKİSİNİN GELİŞİMİ VE KİMİ BİTKİ BESİN ELEMENTİ İÇERİĞİNE ETKİSİ

Betül GÜMÜŞ

T.C.
BURSA ULUDAĞ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

FARKLI BİTKİ BESİN ELEMENTİ KOMPOZİSYONLARININ SU KÜLTÜRÜNDE YETİŞTİRİLEN MARUL BİTKİSİNİN GELİŞİMİ VE KİMİ BİTKİ BESİN ELEMENTİ İÇERİĞİNE ETKİSİ

Betül GÜMÜŞ
0000-0001-6447-0720

Prof. Dr. Hakan ÇELİK
(Danışman)

YÜKSEK LİSANS TEZİ

TOPRAK BİLİMİ ve BİTKİ BESLEME ANABİLİM DALI

BURSA– 2021
Her Hakkı Saklıdır.

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

FARKLI BİTKİ BESİN ELEMENTİ KOMPOZİSYONLARININ SU KÜLTÜRÜNDE YETİŞTİRİLEN MARUL BİTKİSİNİN GELİŞİMİ VE KİMİ BİTKİ BESİN ELEMENTİ İÇERİĞİNE ETKİSİ

Betül GÜMÜŞ

Bursa Uludağ Üniversitesi

Danışman: Prof. Dr. Hakan ÇELİK

Yapılan çalışma; sera koşullarında hidroponik sisteme farklı kombinasyonlarda azot (N), fosfor (P) ve potasyum (K) besin elementleri uygulanarak marul (*Lactuca sativa* L. *var* crispa) bitkisinin gelişimi ve kimi besin elementi içeriklerine etkilerini belirleyebilmek amacıyla yürütülmüştür. Bu amaçla azot (6, 8, 10 mM), fosfor (1, 2 mM) ve potasyum (4, 6, 8 mM) dozlarının yer aldığı 18 farklı besin çözeltisi kombinasyonlarında Maritima marul çeşidi yetiştirilmiştir. 42 günlük deneme dönemi boyunca 3-4 günlük periyotlar halinde besin tanklarındaki çözeltiler değiştirilerek uygulamaların etkileri gözlemlenmiştir. Analiz sonuçlarına göre uygulanan N, P, K çözelti kombinasyonlarının marul bitkisinin gelişiminde istatiksel olarak anlamlı bir etkisinin olduğu gözlemlenmiştir ($p<0,01$). Uygulanan N, P, K dozları bitki büyümesi, kuru madde miktarı ve besin elementlerinin alımı üzerine olumlu etki etmiştir ($p<0,01$). Bununla birlikte marul bitkilerine uygulanan 10 mM N, 2 mM P ve 8 mM K içeren en yüksek çözelti dozunun (10, 2, 8 mM) etkisi negatif bulunurken, marul bitkisinin yapraklarında N, P, K, Mg ve Na birikiminin meydana geldiği gözlemlenmiştir. Köklerde Fe birikiminin yüksek olmasının, Zn ve Mn alımında azalmaya neden olduğu saptanmıştır. Artan fosfor dozları ile marul bitkisinin vejetatif gelişiminde artış görülürken, bitkide hacim artışıyla meydana gelen seyrelme faktörünün etkisi ile besin elementi alımında benzer artış gözlenememiştir. Denememizden elde edilen sonuçlara göre bitkinin büyümesi, besin elementlerinin alımı, verim ve pazar kalitesi üzerine uygulanacak N, P, K dozlarının etkisinin önemli olduğu görülmüştür. Marul bitkisinin hidroponik sistemde yetiştiriciliği için en ideal N, P, K dozunun 6 mM N, 2 mM P ve 6 mM K dozu olduğu saptanmıştır. Yüksek konsantrasyonlarda besin elementi uygulanmasının bitkinin gelişiminde ekstra bir avantaj sağlamadığı görülmüştür. Bu nedenle aşırı gübreleme yerine besin elementleri arasında dengenin sağlandığı daha az gübre kullanımının hem çevre ve insan sağlığı açısından, hem de ekonomik ve kazançlı üretim açısından daha yararlı olacağı sonucuna varılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Marul, besin elementleri, interaksiyon, verim, antogonistik ilişki

2021, ix + 148 sayfa.

ABSTRACT

Master of Science Thesis

EFFECT of DIFFERENT PLANT NUTRIENT COMPOSITION on THE DEVELOPMENT and SOME PLANT NUTRIENT CONTENT of LETTUCE PLANT GROWN in HYDROPONIC CULTURE

Betül GÜMÜŞ

Bursa Uludağ University
Institute of Natural Sciences
Department of Soil Science and Plant Nutrition

Supervisor: Prof. Dr. Hakan ÇELİK

The study was carried out in a hydroponic system under greenhouse conditions in order to investigate the effects of nitrogen (N), phosphorus (P) and potassium (K) nutrient combination applications on the growth and on some nutrient element amounts of lettuce (*Lactuca sativa* L. var crispa) plants. For this purpose, Maritima lettuce variety was grown in 18 different nutrient solution combinations containing nitrogen (6, 8, 10 mM), phosphorus (1, 2 mM) and potassium (4, 6, 8 mM) doses. During the 42-day trial period, the effects of the applications were observed by changing the solutions in the food tanks in 3-4 day intervals. According to the analysis results, it was observed that the applied N, P, K solution combinations had a statistically significant effect on the growth of the lettuce plant ($p < 0.01$). The applied N, P, K doses had a positive effect on plant growth, dry matter amount and the nutrient elements uptake ($p < 0.01$). However, while the effect of the highest solution dose (10, 2, 8 mM) containing 10 mM N, 2 mM P and 8 mM K applied to lettuce plants was negative, it was observed that N, P, K, Mg and Na accumulation occurred in the leaves of the lettuce plant. It was determined that high Fe accumulation in the roots caused a decrease in Zn and Mn uptake. While the vegetative growth of the lettuce plant increased with increasing phosphorus doses, a similar increase in nutrient intake could not be observed with the effect of the dilution factor that occurs with the increase in volume in the plant. According to the results obtained from our experiment, it was seen that the effect of N, P, K doses to be applied on plant growth, nutrient uptake, yield and market quality was significant. It was determined that the ideal N, P, K dose for the cultivation of lettuce plant in hydroponic system is 6 mM N, 2 mM P and 6 mM K doses. It has been observed that the application of high concentrations of nutrients does not provide an extra advantage in the growth of the plant. Therefore, it has been concluded that instead of excessive fertilization, less fertilizer usage, and their balanced nutrient constituents will be more beneficial for both the environment and human health, as well as economic and profitable production.

Keywords: Lettuce, nutrient elements, interaction, yield, antagonistic relationship

2021, ix + 148 pages.

TEŞEKKÜR

Araştırma konusunun seçiminden tezin tamamlanmasına kadar tüm aşamalarda desteğini esirgemeyen, bilgi ve deneyimleri ile bana yardımcı olan değerli tez danışmanı hocam Prof. Dr. Hakan ÇELİK'e, çalışmalarıma maddi manevi anlamda destek veren GÜBRETAŞ'a, laboratuvar çalışmalarında ve deneme süresince emeği geçen yüksek lisans arkadaşlarım Ezgi KESKİN'e, Makbule BAYRAK'a, Rıza FİDAN'a, Mehmet ÖZÇUR'a ve Sita Sanele KUNENE'ye hayatım boyunca maddi ve manevi desteğini esirgemeyen çok değerli aileme teşekkürlerimi sunarım.

Betül GÜMÜŞ

18/08/2021

İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖZET i
ABSTRACT ii
TEŞEKKÜR iii
İÇİNDEKİLER iv
SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ vi
ÇİZELGELER DİZİNİ vii
1. GİRİŞ 1
2. KURAMSAL TEMELLER ve KAYNAK ARAŞTIRMASI 9
2.1. Marul Bitkisi Hakkında Genel Bilgiler 9
2.1.1. Marulun Anavatanı ve Dünya'da Yetiştiriciliği 9
2.1.2. Marulun Botanik Özellikleri 10
2.1.3. Marulun Ekolojik İstekleri 11
2.2. Marulun İnsan Sağlığı Açısından Önemi ve Besleyici Değeri 12
2.3. Marul Bitkisi ile Yapılan Çalışmalar 12
2.4. Topraksız Tarımda Sebze Yetiştiriciliğine İlişkin Çalışmalar 21
3. MATERYAL ve YÖNTEM 24
3.1. Denemenin Kurulumu 24
3.2. Bitki Örneklerinde Yapılan Analizler 26
3.2.1. Bitki örneklerinin yaş yakılması 26
3.2.2. Toplam Azot (N) 26
3.2.3. Toplam Fosfor (P) 26
3.2.4. Toplam Sodyum (Na), Potasyum (K), Kalsiyum (Ca) ve Magnezyum (Mg) 27
3.2.5. Toplam Demir (Fe), Bakır (Cu), Çinko (Zn) ve Mangan (Mn) 27
3.2.6. Toplam Bor (B) 27
3.2.7. Kaldırılan Miktarların Hesaplanması 27
3.2.8. İstatistiksel Analiz 27
4. BULGULAR ve TARTIŞMA 28
4.1. Yaprak Kuru Ağırlık Verimi 28
4.2. Kök Kuru Ağırlık Verim 30
4.3. Yaprakların Kimi Besin Elementi İçerikleri 32
4.3.1. Yaprakların Azot İçerikleri 32
4.3.2. Yaprakların Fosfor İçeriği 35
4.3.3. Yaprakların Potasyum İçeriği 38
4.3.4. Yaprakların Sodyum İçeriği 40
4.3.5. Yaprakların Kalsiyum İçeriği 42
4.3.6. Yaprakların Magnezyum İçeriği 45
4.3.7. Yaprakların Demir İçeriği 48
4.3.8. Yaprakların Bakır İçeriği 49
4.3.9. Yaprakların Çinko İçeriği 52
4.3.10. Yaprakların Mangan İçeriği 54
4.3.11. Yaprakların Bor İçeriği 57
4.4. Köklerin Kimi Besin Elementi İçerikleri 59
4.4.1. Köklerin Azot İçerikleri 60
4.4.2. Köklerin Fosfor İçeriği 62

4.4.3. Köklerin Potasyum İçeriği 65
4.4.4. Köklerin Sodyum İçeriği 68
4.4.5. Köklerin Kalsiyum İçeriği 70
4.4.6. Köklerin Magnezyum İçeriği 72
4.4.7. Köklerin Demir İçeriği 74
4.4.8. Köklerin Bakır İçeriği 77
4.4.9. Köklerin Çinko İçeriği 79
4.4.10. Köklerin Mangan İçeriği 81
4.4.11. Köklerin Bor İçeriği 84
4.5. Yaprakların Kaldırdığı Besin Elementi Miktarları 87
4.5.1. Yaprakların Kaldırdığı Azot Miktarı 87
4.5.2. Yaprakların Kaldırdığı Fosfor Miktarı 89
4.5.3. Yaprakların Kaldırdığı Potasyum Miktarı 92
4.5.4. Yaprakların Kaldırdığı Sodyum Miktarı 94
4.5.5. Yaprakların Kaldırdığı Kalsiyum Miktarı 96
4.5.6. Yaprakların Kaldırdığı Magnezyum Miktarı 98
4.5.7. Yaprakların Kaldırdığı Demir Miktarı 100
4.5.8. Yaprakların Kaldırdığı Bakır Miktarı 102
4.5.9. Yaprakların Kaldırdığı Çinko Miktarı 105
4.5.10. Yaprakların Kaldırdığı Mangan Miktarı 106
4.5.11. Yaprakların Kaldırdığı Bor Miktarı 109
4.6. Köklerin Kaldırdığı Besin Elementi Miktarları 112
4.6.1. Köklerin Kaldırdığı Azot Miktarları 112
4.6.2. Köklerin Kaldırdığı Fosfor Miktarı 114
4.6.3. Köklerin Kaldırdığı Potasyum Miktarı 116
4.6.4. Köklerin Kaldırdığı Sodyum Miktarı 118
4.6.5. Köklerin Kaldırdığı Kalsiyum Miktarı 120
4.6.6. Köklerin Kaldırdığı Magnezyum Miktarı 122
4.6.7. Köklerin Kaldırdığı Demir Miktarı 125
4.6.8. Köklerin Kaldırdığı Bakır Miktarı 127
4.6.9. Köklerin Kaldırdığı Çinko Miktarı 130
4.6.10. Köklerin Kaldırdığı Mangan Miktarı 132
4.6.11. Köklerin Kaldırdığı Bor Miktarı 135
5. SONUÇ… 138
KAYNAKLAR 140
ÖZGEÇMİŞ.. 148

SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ

Simgeler	**Açıklama**
%	Yüzde
°C	Santigrad derece
µS	Mikro Siemens

Kısaltmalar	**Açıklama**
B	Bor
Ca	Kalsiyum
$Ca(NO_3)_2$	Kalsiyum Nitrat
Cl	Klor
Cu	Bakır
$CuSO_4$	Bakır (II) Sülfat
EC	Elektriksel İletkenlik
Fe	Demir
G	Gram
H_2O	Su
H_2O_2	Hidrojen peroksit
H_3BO_3	Borik Asit
HNO_3	Nitrik Asit
ICP-OES	İndüktif Eşleşmiş Plazma
K	Potasyum
K_2HPO_4	Di Potasyum Hidrojen Fosfat
Kg	Kilogram
KH_2PO_4	Potasyum Dihidrojen Fosfat
KNO_3	Potasyum Nitrat
Mg	Miligram
Mg	Magnezyum
MgO	Magnezyum Oksit
$MgSO_4$	Magnezyum Sülfat
mL	Mililitre
Mn	Mangan
$MnSO_4$	Mangan (II) Sülfat
Mo	Molibden
N	Azot
Na	Sodyum
NaCl	Sodyum Klorür
$(NH_4)_6Mo_7O_{24}$	Amonyum Heptamolibdat
NO_3^-	Nitrat
NH_4NO_3	Amonyum nitrat
P	Fosfor
pH	Power of hidrojen
S	Kükürt
tkm^{-1}	Toplam Kuru Madde
Zn	Çinko
$ZnSO_4$	Çinko Sülfat

ÇİZELGELER DİZİNİ

Sayfa

Çizelge 3.1. Denemede kullanılan besin elementleri konsantrasyonları ve kullanılan kaynaklar 24
Çizelge 3.2. Denemede kullanılan besin elementleri kombinasyonları ve konsantrasyonları 25
Çizelge 4.1. Yaprak kuru ağırlık verimine ait varyans analiz tablosu 28
Çizelge 4.2. N, P, K dozlarının marul yapraklarının kuru ağırlık verimine etkisi. 29
Çizelge 4.3. Kök kuru ağırlık verimine ait varyans analiz tablosu 30
Çizelge 4.4. N, P, K dozlarının marul köklerin kuru ağırlık verimine etkisi. 31
Çizelge 4.5. Yaprak azot içeriğine ait varyans analiz tablosu 33
Çizelge 4.6. N, P, K dozlarının marul yapraklarının azot içeriğine etkisi. 33
Çizelge 4.7. Yaprak fosfor içeriğine ait varyans analiz tablosu 35
Çizelge 4.8. N, P, K dozlarının marul yapraklarının fosfor içeriğine etkisi 36
Çizelge 4.9. Yaprakların potasyum içeriğine ait varyans analiz tablosu 38
Çizelge 4.10. N, P, K dozlarının marul yapraklarının potasyum içeriğine etkisi 39
Çizelge 4.11. Yaprakların sodyum içeriğine ait varyans analiz tablosu 41
Çizelge 4.12. N, P, K dozlarının marul yapraklarının sodyum içeriğine etkisi 41
Çizelge 4.13. Yaprakların kalsiyum içeriğine ait varyans analiz tablosu 42
Çizelge 4.14. N, P, K dozlarının marul yapraklarının kalsiyum içeriğine etkisi 43
Çizelge 4.15. Yaprakların magnezyum içeriğine ait varyans analiz tablosu 45
Çizelge 4.16. N, P, K dozlarının marul yapraklarının magnezyum içeriğine etkisi 46
Çizelge 4.17. Yaprakların demir içeriğine ait varyans analiz tablosu 48
Çizelge 4.18. N, P, K dozlarının marul yapraklarının demir içeriğine etkisi 49
Çizelge 4.19. Yaprakların bakır içeriğine ait varyans analiz tablosu 50
Çizelge 4.20. N, P, K dozlarının marul yapraklarının bakır içeriğine etkisi 50
Çizelge 4.21. Yaprakların çinko içeriğine ait varyans analiz tablosu 52
Çizelge 4.22. N, P, K dozlarının marul yapraklarının çinko içeriğine etkisi 53
Çizelge 4.23. Yaprakların mangan içeriğine ait varyans analiz tablosu 54
Çizelge 4.24. N, P, K dozlarının marul yapraklarının mangan içeriğine etkisi 55
Çizelge 4.25. Yaprakların bor içeriğine ait varyans analiz tablosu 57
Çizelge 4.26. N, P, K dozlarının marul yapraklarının bor içeriğine etkisi 58
Çizelge 4.27. Köklerin azot içeriğine ait varyans analiz tablosu 60
Çizelge 4.28. N, P, K dozlarının marul köklerinin azot içeriğine etkisi 61
Çizelge 4.29. Köklerin fosfor içeriğine ait varyans analiz tablosu 62
Çizelge 4.30. N, P, K dozlarının marul köklerinin fosfor içeriğine etkisi 63
Çizelge 4.31. Köklerin potasyum içeriğine ait varyans analiz tablosu 65
Çizelge 4.32. N, P, K dozlarının marul köklerinin potasyum içeriğine etkisi 66
Çizelge 4.33. Köklerin sodyum içeriğine ait varyans analiz tablosu 68
Çizelge 4.34. N, P, K dozlarının köklerin sodyum içeriğine etkisi 69
Çizelge 4.35. Köklerin kalsiyum içeriğine ait varyans analiz tablosu 70
Çizelge 4.36. N, P, K dozlarının marul köklerinin kalsiyum içeriğine etkisi 71
Çizelge 4.37. Köklerin magnezyum içeriğine ait varyans analiz tablosu 72
Çizelge 4.38. N, P, K dozlarının marul köklerinin magnezyum içeriğine etkisi 73
Çizelge 4.39. Köklerin demir içeriğine ait varyans analiz tablosu 75
Çizelge 4.40. N, P, K dozlarının marul köklerinin demir içeriğine etkisi 76
Çizelge 4.41. Köklerin bakır içeriğine ait varyans analiz tablosu 77
Çizelge 4.42. N, P, K dozlarının marul köklerinin bakır içeriğine etkisi 78

Çizelge 4.43. Köklerin çinko içeriğine ait varyans analiz tablosu 79
Çizelge 4.44. N, P, K dozlarının marul köklerinin çinko içeriğine etkisi 80
Çizelge 4.45. Köklerin mangan içeriğine ait varyans analiz tablosu 82
Çizelge 4.46. N, P, K dozlarının marul köklerinin mangan içeriğine etkisi 82
Çizelge 4.47. Köklerin bor içeriğine ait varyans analiz tablosu 85
Çizelge 4.48. N, P, K dozlarının marul köklerinin bor içeriğine etkisi 85
Çizelge 4.49. Yaprakların kaldırdığı azot miktarına ait varyans analiz tablosu 87
Çizelge 4.50. N, P, K dozlarının, yaprakların kaldırdığı azot miktarına etkisi 88
Çizelge 4.51. Yaprakların kaldırdığı fosfor miktarına ait varyans analiz tablosu 90
Çizelge 4.52. N, P, K dozlarının, yaprakların kaldırdığı fosfor miktarına etkisi 91
Çizelge 4.53. Yaprakların kaldırdığı potasyum miktarına ait varyans analiz tablosu 92
Çizelge 4.54. N, P, K dozlarının yaprakların kaldırdığı potasyum miktarına etkisi 93
Çizelge 4.55. Yaprakların kaldırdığı sodyum miktarına ait varyans analiz tablosu 94
Çizelge 4.56. N, P, K dozlarının, yaprakların kaldırdığı sodyum miktarına etkisi 95
Çizelge 4.57. Yaprakların kaldırdığı kalsiyum miktarına ait varyans analiz tablosu 96
Çizelge 4.58. N, P, K dozlarının, yaprakların kaldırdığı kalsiyum miktarına etkisi 97
Çizelge 4.59. Yaprakların kaldırdığı magnezyum miktarına ait varyans analiz tablosu 98
Çizelge 4.60. N, P, K dozlarının, yaprakların kaldırdığı magnezyum miktarına etkisi .. 99
Çizelge 4.61. Yaprakların kaldırdığı demir miktarına ait varyans analiz tablosu..... 101
Çizelge 4.62. N, P, K dozlarının, yaprakların kaldırdığı demir miktarına etkisi 101
Çizelge 4.63. Yaprakların kaldırdığı bakır miktarına ait varyans analiz tablosu..... 102
Çizelge 4.64. N, P, K dozlarının; yaprakların kaldırdığı bakır miktarına etkisi 103
Çizelge 4.65. Yaprakların kaldırdığı çinko miktarına ait varyans analiz tablosu 105
Çizelge 4.66. N, P, K dozlarının, yaprakların kaldırdığı çinko miktarına etkisi..... 106
Çizelge 4.67. Yaprakların kaldırdığı mangan miktarına ait varyans analiz tablosu 107
Çizelge 4.68. N, P, K dozlarının, yaprakların kaldırdığı mangan miktarına etkisi 107
Çizelge 4.69. Yaprakların kaldırdığı bor miktarı varyans analiz tablosu 110
Çizelge 4.70. N, P, K dozlarının, yaprakların kaldırdığı bor miktarına etkisi 110
Çizelge 4.71. Köklerin kaldırdığı azot miktarına ait varyans analiz tablosu 112
Çizelge 4.72. N, P, K dozlarının, köklerin kaldırdığı azot miktarına etkisi..... 113
Çizelge 4.73. Köklerin kaldırdığı fosfor miktarına ait varyans analiz tablosu 115
Çizelge 4.74. N, P, K dozlarının, köklerin kaldırdığı fosfor miktarına etkisi..... 115
Çizelge 4.75. Köklerin kaldırdığı potasyum miktarına ait varyans analiz tablosu 117
Çizelge 4.76. N, P, K dozlarının köklerin kaldırdığı potasyum miktarına etkisi..... 117
Çizelge 4.77. Köklerin kaldırdığı sodyum miktarına ait varyans analiz tablosu 119
Çizelge 4.78. N, P, K dozlarının, köklerin kaldırdığı sodyum miktarına etkisi..... 119
Çizelge 4.79. Köklerin kaldırdığı kalsiyum miktarına ait varyans analiz tablosu 120
Çizelge 4.80. N, P, K dozlarının, köklerin kaldırdığı kalsiyum miktarına etkisi..... 121
Çizelge 4.81. Köklerin kaldırdığı magnezyum miktarına ait varyans analiz tablosu ... 122
Çizelge 4.82. N, P, K dozlarının, köklerin kaldırdığı magnezyum miktarına etkisi..... 123
Çizelge 4.83. Köklerin kaldırdığı demir miktarına ait varyans analiz tablosu..... 125
Çizelge 4.84. N, P, K dozlarının, köklerin kaldırdığı demir miktarına etkisi 126
Çizelge 4.85. Köklerin kaldırdığı bakır miktarına ait varyans analiz tablosu..... 128
Çizelge 4.86. N, P, K dozlarının; köklerin kaldırdığı bakır miktarına etkisi 128
Çizelge 4.87. Köklerin kaldırdığı çinko miktarına ait varyans analiz tablosu 130
Çizelge 4.88. N, P, K dozlarının, köklerin kaldırdığı çinko miktarına etkisi 131
Çizelge 4.89. Köklerin kaldırdığı mangan miktarına ait varyans analiz tablosu 133
Çizelge 4.90. N, P, K dozlarının, köklerin kaldırdığı mangan miktarına etkisi..... 133

Çizelge 4.91. Köklerin kaldırdığı bor miktarı varyans analiz tablosu 135
Çizelge 4.92. N, P, K dozlarının, köklerin kaldırdığı bor miktarına etkisi 136

1. GİRİŞ

Dünya nüfusunun hızlı artışına karşın, erozyon ve çoraklaşma yanı sıra, şehirlerin, sanayi ve endüstri kuruluşlarının üretim alanları üzerine kurulması tarım arazilerinin her geçen gün azalmasına neden olmaktadır. Bu sınırlı tarım arazilerinde birim alandan en yüksek düzeyde verim alınması ve kaliteli ürün yetiştirilmesi artan nüfusun beslenmesinde temel hedef haline gelmiştir.

Dünyada bütün ülkelerde yoğun olarak üretimi yapılan ürünler arasında bulunan sebzeler, canlıların beslenmesi için gerekli temel besin unsurlarından biridir. İçerdikleri vitamin ve mineral maddeler açısından insan ve hayvan beslenmesinde kullanılan sebzelerin; hastalıklara karşı vücudu koruduğu, vücut direncini artırdığı ve bunun gibi birçok yaşamsal önemi olan olaylarda etkin olduğu bildirilmektedir (Akbay, Candemir ve Orhan, 2005; Yücel, Halkman, 2009).

Türkiye'de de iklim özellikleri ve bitki örtüsü bakımından her mevsimde birçok farklı sebzenin yetiştirilme ve pazara sunulma imkanı bulunmakta, sebze üretimi ile ülke ekonomisine de önemli katkılar sağlanmaktadır (Şeniz, 1993; Sevgican, Tüzel, Gül ve Eltez, 2000).

Dünya'da sebze üretiminin en fazla gerçekleştiği ilk üç ülke sırasıyla Çin (540 milyon ton), Hindistan (126 milyon ton) ve ABD (36 milyon ton)'dir (FAO 2017; Yıldız, 2018). Türkiye'nin sebze üretim verileri incelendiğinde; 2018 yılı Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK) verilerine göre ülkemiz; yaklaşık 30 milyon ton sebze üretimi ile dünyada 4. sırada olup kendi kendine yeten ülkeler arasında olduğu bildirilmiştir (Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK) 2018; Yıldız, 2018).

En fazla üretimi yapılan sebze grubu, meyvesi için yetiştirilen sebze çeşitleri olup, bunlar içerisinde domates en fazla (yaklaşık 12 milyon ton) yetiştiriciliği yapılan türdür. Bunun yanında toplam sebze üretimi içerisindeki yapraklı sebze üretimi de önemli bir paya sahiptir. Toplamda 490 bin ton (2017 yılı üretimi) olan marul üretimimizin 185 bin tonunu kıvırcık marul (95 bin da), 223 bin tonunu göbekli marul (97 bin da) ve 82 bin tonunu da aysberg marul (28 bin da) üretimi oluşturmaktadır (TUİK 2018; Yıldız, 2018).

Türkiye'de sebze üretim miktarı gün geçtikçe artmakta, bu artışı destekleyen unsurlar arasında; üstün özelliklere sahip genotiplerin kullanımının yanı sıra tarım alanlarının sınırlı olmasına karşın sera alanlarının genişlemesi ve tarımda teknolojinin ilerlemesinin de payı oldukça büyüktür (Güvenç ve Alan, 1994; Güvenç, 2018).

Örtü altı tarımı olarak ifade edilen üretim şekli birim alandan daha fazla verim alınmasını sağlayan metotların başında gelmektedir. İnsan sağlığı ve beslenmesi açısından büyük oranda etkili olan sebzelerin her dönemde temin edilerek tüketiminin sağlanabilmesi de ancak örtü altı tarımı ile mümkün olabilmektedir (Yüksel, 2004; Örük ve Engindeniz, 2019).

Seracılık ve örtü altı üretimimizi değerlendirecek olursak, örtü altı varlığımızın % 95'inde sebze, % 4'ünde meyve ve % 1'inde ise süs bitkileri yetiştirilmektedir. Türkiye'de yıllık ortalama 27 milyon ton yaş sebze üretildiği ve toplam 6.1 milyon tonluk örtü altı üretiminin 5.9 milyon tonunu yaş sebze oluşturduğu, Dünya'da örtü altı yetiştiriciliği açısından ilk dört ülke arasında, Avrupa'da ise İspanya ile birlikte 1. sırada yer aldığımız ifade edilmektedir (T.C. Gıda Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı, 2015; Gürgülü, 2015).

Kaliteli ürün eldesi, ürün miktarında artış, iş gücünden tasarruf ve raf ömrü uzun dayanıklı ürünler elde edilebilmesi, modern yetiştirme tekniklerin uygulanması ve gerekli ortam koşullarının oluşturulması ile sağlanabilir. Seralarda bitki gelişimine uygun iklim koşulları, bitkilerin optimum biyolojik isteklerine yaklaştığı oranda üretimde başarı sağlanmakta; yüksek verimli ve kaliteli ürünler elde edilebilmektedir. Sera ortam sıcaklığı, nemi, ışıklanması ve havasının gaz bileşimi gibi atmosferik koşullarının denetlenebilmesi yanı sıra, bitkilerin kök bölgesindeki şartların kontrol edilmesi büyük oranda topraksız yetiştiricilikte uygun besin çözeltisi ve substrat kullanımı ile sağlanabilmektedir (Daşgan ve Abak, 1999; Gürgülü, 2015).

Örtü altı üretiminde verimli ve kaliteli ürün almak için mutlaka gübrelemeye de ihtiyaç vardır. Bitkilerin topraktan aldıkları bu besin maddelerinin toprağa tekrar verilmesi gerekir. Gübrelerin suda çözündürülüp su ile birlikte uygulanmasına fertigasyon denir (Türk Standartları Enstitüsü (TSE), 2012; Gürgülü, 2015).

Tarımsal üretimde kullanılan gübre yetiştiricilikte en önemli unsurlardan biridir. Gübre; tarımsal üretimde bitkiyi beslemek ve toprağı zenginleştirmek amacıyla kullanılmaktadır. Bitkiyi beslerken toprağa en uygun zamanlarda, bitkinin istediği cinsten ve ihtiyacı olan miktarlarda verilmesi yararlılık ve maddi açıdan önemlidir. Bitkinin ihtiyacı karşılanmadığında verim ve kalitede önemli oranda kayıplara neden olmaktadır (Yıldız, 2008; Yıldız, 2018).

Gübreleme verileri incelendiğinde, birim alanda kullanılan gübre miktarı açısından Türkiye Avrupa ülkelerinden çok çok geride kalmaktadır. Birim alana verilen gübre miktarlarının Ülkeler bazında karşılaştırması yapıldığında; İspanya, İngiltere ve İtalya'da kullanılan gübre miktarının Türkiye'de kullanılanın iki katına; Fransa'da üç katına, Almanya ve Hollanda'da ise dört katına kadar çıktığı saptanmıştır. Ancak Türkiye'de yoğun bir gübre kullanımı olmamasına rağmen, gübrelemenin üreticiler tarafından bilinçsiz bir şekilde yapması, gübrelerin ve dozlarının toprak ve bitki analiz sonuçları olmadan dengesiz bir şekilde kullanılması nedeniyle gübrelemeden yeterince fayda sağlanamamaktadır. Bu durum, Türkiye'de kullanılan gübre miktarının birçok Avrupa ülkesinden az olduğu halde; sebze tarımıyla öne çıkan Çukurova, Antalya ve Ege'de çok yüksek gübre kullanılmasından da anlaşılmaktadır (Abak, Düzyaman, Şeniz, Gülen, Pekşen ve Kaymak, 2010).

Birçok ülke, denetimsizce gübre kullanarak üretimden maksimum verim elde etmeyi hedefleyerek yoğun tarıma yönelmişlerdir (Turhan, 2005). Fakat tarımda kullanılan inorganik gübrelerin fazla miktardaki kullanımı ile tarımda sürdürülebilirlik sağlanamamaktadır. Bitkisel üretim yapılan çoğu arazide birçok zehirli ve tehlikeli kimyasal maddeler birikmektedir. Toprağa karışan bu zehirli ve kimyasal maddeler toprağın fiziksel ve kimyasal yapısını bozmakta, yeraltı sularına, bitkiye ve gıdalara karışarak, insan ve hayvan sağlığı için tehdit oluşturmaktadır (Saber, 2001; Çakmakçı, 2005; Kesimci, 2013; Yıldız, 2018).

Nüfus artışına paralel olarak dünyamızdaki, kirlenmiş tarım alanlarında da bir artış meydana gelmiştir. Tarımsal alanlarının genişletilmesi imkanlarının kısıtlı olmasından dolayı, dünya nüfusundaki ivmenin artması sebebiyle birim alandan daha fazla ürün elde etmeye zorunlu bırakılmıştır (Midmore, 1993; Yıldız, 2018).

Bitkisel üretimin mevcut nüfusun beslenmesi için yeterli olduğu zamanlarda tarımsal faaliyetler oldukça doğal ve ekolojik dengeye zarar vermeyen uygulamalardı. Toprak çok fazla işlenmezken, kimyasal gübrelerde kullanılmamakta, toprak nefes alan, beslenen ve sıvı alan canlı bir varlık olarak değerlendirilmekteydi (Kırımhan, 2005).

Fakat nüfusun hızla artması ve buna karşılık tarımsal alanların miktarının zamanla azalması geleceğimizi tehlikeye sokan önemli bir sorun olarak görülmeye başlanmış ve bitkisel üretim, artan dünya nüfusunda gıda ihtiyacını karşılayamaz hale gelmiştir (Tan, 2010; Cebeci, Gökçe, Ünal, 2012; Demirtaş, Öktüren, Özkan, Arı, 2012; Yıldız, 2018).

Tarımda verimi arttırmak amacıyla kullanılan çeşitli kimyasal gübreler, ilaçlar, hormonlar ve gelişim arttırıcı maddeler gibi sürdürülebilir olmayan tarım uygulamaları dünya üzerindeki doğal ekolojik dengeyi olumsuz yönde etkileyerek, çevre kirliliği yanı sıra insan ve hayvan sağlığını da tehdit etmektedir (Yolcu ve Daşcı 2008; Yıldız, 2018).

Üretim aşamasında uygulanan kimyasal gübrelerin toprağa aşırı miktarlarda verilmesi sonucunda önemli toprak sorunlarının meydana geldiği, bu sorunlar arasında; bitki besin elementlerinin noksanlığı, bazı bitki besin elementleri arasındaki dengesizlik, toprak pH'sının istenilenden farklı olması, yetersiz organik madde miktarı, toprak yorgunluğu, tuzluluk ve drenaj olarak ifade edilmiştir (Başar, 1995; Başar, 2000).

Topraklarda gözlenen sorunların ortadan kaldırılması için bazı uygulamaların yapılması mümkün olmasına rağmen hem maddi hem de işlemler açısından bozulan toprak özelliklerinin düzeltilebilmesinin çok zor olduğu belirtilmiş, bu sorunlara çözüm yolu olarak Amerika ve Avrupa'da toprağın devre dışı bırakıldığı çeşitli topraksız yetiştirme yöntemleri geliştirilerek pratikte yaygın bir şekilde kullanılmakta olduğu bildirilmiştir (Başar, 2000).

Toprak bitki yetiştiriciliğinde akla gelen ilk ortamdır. Ancak bitkiye yeterli miktarda su ve besin maddeleri verildiğinde ve ayakta durmaları için destek sağlandığında bitkileri toprak olmadan da yetiştirmek mümkün olmaktadır. Topraksız bitki yetiştiriciliğinin temellerinin eski uygarlıklara kadar dayandığı, seralarda ticari boyutta kullanımının ise 1930'larda başlamakta olup, 1970'li yıllardan sonra yaygınlaştığı belirtilmiştir (Gül, 2012; Gürgülü, 2015).

1930'lu yıllarda laboratuvar dışında ilk topraksız bitki yetiştiriciliği ABD'de hidroponik sistem içinde domates yetiştirilerek gerçekleştirilmiştir. Çalışmayı yapan araştırıcı bu tekniği Yunanca su (hydro) ve çalışma (ponos) anlamına gelen iki kelimeden oluşan hidroponik olarak adlandırmıştır. 1940'lı yıllarda topraksız yetiştiriciliğin dünyadaki ilk uygulaması, II. Dünya Savaşı'nda Pasifik Okyanusu'ndaki adalarda konuşlanan askerlerine taze sebze temin edebilmek amacıyla su ve çakıl kültürü ile sebze yetiştiren Amerikan ordusu tarafından gerçekleştirilmiştir. 1965'te İngiltere'de akan su kültürü (NFT: Besleyici film tekniği) geliştirilmiştir. 2000'li yıllara gelindiğinde topraksız tarım Akdeniz Havzası'ndaki ülkelerde de önem kazanmıştır (Gül, 2012; TSE, 2012; Gürgülü, 2015).

Ülkemizde topraksız tarımın ticari anlamda kullanımına 1995 yılında Antalya'da başlanmıştır (Gül, 2008; Gül, 2012; Gürgülü, 2015). Ülkemizde topraksız yetiştiricilik yoğun olarak örtü altı sebze tarımında yapılmakta olup öncelikle Antalya olmak üzere İzmir, Adana, Mersin, Aydın, Afyon, Denizli gibi birçok ilde ticari olarak topraksız ortamda sebze ve meyve yetiştiriciliği faaliyetleri gerçekleştirilmektedir.

Ülkemiz koşullarında topraksız tarımda sebze üretimi başta domates olmak üzere, biber, patlıcan, hıyar, kavun ve kabakta yapılmakta olup, kesme çiçek türlerinden gül, orkide ve anthurium'un da ticari olarak topraksız tarımda üretimi yapılmaktadır (Kazaz, 2011; Talaz ve Nas, 2019).

Topraksız kültürün özel bir şekli olan NFT (Nutrient Film Technigue) sistemini geliştiren ve ticari olarak yaygınlaşmasında çok büyük payı olan Cooper (1982), diğer çözelti kültürlerinde sık rastlanan oksijen noksanlığının bu sistemde sorun olmaktan çıktığını

açıklamıştır. Araştırıcı bu sistemde bitki köklerinin küçük bir bölümünün ince bir tabaka halinde sirküle olan çözelti içerisinde geliştiğini, köklerin büyük bir bölümünün ise bu sıvı kısmın üzerindeki nemli hava içerisinde gelişim gösterdiğini ve kök çevresinin de çok ince bir tabaka "film" halinde besin çözeltisi bulunduğu için bu sisteme "Nutrient Film Technique (NFT)" isminin verildiğini bildirmiştir.

Topraksız yetiştiricilikte 50 yılı aşkın süredir çok sayıda yöntem denenmesine rağmen, günümüzde aktif olarak kullanılan 2 tane topraksız yetiştiricilik yöntemi önem kazanmıştır. Bunlardan birincisi Su Kültürü (Hidroponik) olup kendi içinde alt gruplara ayrılmıştır.

NFT (Besleyici Film Tekniği=Nutrient Film Technique)'de yetiştirme kabı olarak kullanılan olukların içerisinde bir besin çözeltisini ince bir tabaka halinde devirdaim ettirmek ve kaplarda dik duran bitkilerin köklerinin besin çözeltisi ile teması ile beslenmelerini sağlamaktır. Bu şekilde köklerin hem besin ve su ihtiyacı karşılanmakta hem de yeterli havalanma olanağı sağlanmaktadır. Oluklardan geçen çözelti daha sonra tankta toplanıp, yeniden kullanılmaktadır. Bu yöntem topraksız yetiştiriciliğin en gelişmiş ve en etkili tekniğidir. Diğerleri ise Aeroponik, Durgun Su Kültürü ve Akan Su Kültürü sitemleri olarak adlandırılmaktadır.

Topraksız yetiştiricilik yöntemlerinden ikincisi ise Katı Ortam Kültürüdür (Agregat Kültürü). Bu yöntemde bitkiler; naylon torba, saksı, pottrays, viyol ve benzer biçimlerde kaplara doldurulan organik veya inorganik yapılı substratlera ekilerek veya dikilerek yetiştirilmektedir. Bitkiye ihtiyacı olan besin ve suyu belli aralıklarla damlama sulama sistemi veya yağmurlama sistemi ile ortamlara besin çözeltisi verilir böylelikle bitkiler su/besin maddelerini substratlardan karşılarlar.

Bu yöntemlerin tümünde temel prensip, toprak kullanmadan, yetiştirilen bitkilerin kök ortamlarına ihtiyacı oranında besin maddesi içeren çözeltileri ulaştırmaktır. Besin çözeltilerinin pH'sı ve elektriksel iletkenlikleri (EC) bitkinin gelişimi için en uygun aralığa göre düzenlenir. Bütün bu koşulları sağlamak için çözeltiler özel tanklarda hazırlanır, daha sonra sisteme bağlanarak kullanılır (Çelikel, 1994; Talaz vd, 2019).

Topraksız yetiştiriciliğin en önemli avantajları şunlardır; topraktan gelen hastalık ve zararlılar ile yabancı otların meydana getirdiği sorunların yok olması, verim ve kalitenin yüksek olması, üretime uygun olmayan yerlerin (toprak yapısı elverişsiz, tuzlu, taşlı, drenaj sorunu olan yerler vb.) üretime kazandırılması, bitkilerin beslenmesinin daha iyi kontrol edilebilmesi, üretimde sürdürülebilirliğin sağlanması, bitki koruma ürünlerinin ve gübre giderlerinin azalması, kış aylarında bitki kök bölgesinin daha iyi ısıtılması, münavebe yapma zorunluluğunun giderilmesi, özellikle kıvırcık salata, çilek gibi türlerin yetiştiriciliğinde kullanılan dikey sistemler ile birim alanda yetiştirilen bitki sayısının artması, ortam sterilizasyonuna gerek kalmaması veya kolaylaşması, sertifikalı üretimin daha kolay hale gelmesi sayılabilir. Ancak başlangıç maliyetinin yüksek olması ise en önemli dezavantajı olarak kabul edilir (Kazaz, 2011).

Örtü altı yetişitiricilikte gözlenen olumlu gelişmelerin yanında bu alanda üretimi olumsuz yönde etkileyen bazı problemlerin de olduğu saptanmıştır. Bu problemler; modern teknolojinin yanlış uygulanması veya tam uygulanmaması, sera içi hava ortamının yeterince kontrol edilememesi, gübreleme ve sulamanın düzgün bir şekilde yapılmaması, üreticilerin modern teknolojileri uygulayacak düzeyde teknik bilgiye sahip olmaması şeklinde özetlenebilir (Başar, 2000).

Toprak, sulama ve gübrelemeden kaynaklanan hataları belli bir noktaya kadar tolere edebilmektedir. Hidroponik sistemde yapılan hataların sonuçları hemen ortaya çıkmaktadır. Bu sebeple topraksız yetiştiricilik, geleneksel tarzda yapılan yetiştiriciliğe göre, üreticilere teknik bilgi gerektiren bir yöntemdir. Üretimin başlagıcında yapılan hataların daha sonra giderilmesi zor olacağından, özellikle yüksek maliyet gerektiren modern topraksız tarım işletmelerinde arazi seçimi, işletme tesisi, çalışan seçimi gibi her aşamada dikkatli davranılmalıdır (Gül, 2008; Gürgülü, 2015).

Seralarda son zamanlarda yaygın olarak kullanılmaya başlayan hidroponik sistemde marul yetiştiriciliği için gerekli olan besin elementlerinin doğru ve dengeli şekilde uygulanamaması, özellikle daha fazla ürün elde edebilmek amacıyla yoğun bir şekilde gübre kullanımı ve bitkinin dengeli bir şekilde beslenememesinden kaynaklı ürün

kayıpları nedeniyle ekonomik anlamda olumsuzluklar meydana getirmektedir. Yapılan aşırı gübreleme; besin elementleri arasında dengesizlik meydana getirirken, çözeltinin pH ve EC değerinde de artışa sebep olmakta bu artış bazı elementlerin alımını olumsuz yönde etkileyerek bitkinin vejatatif aksamında da gözle görülür kloroz, nekroz ve deformasyonlar meydana getirerek ürünün kalite değerini düşürebilmektedir. Yürüttüğüm bu çalışmada; uygun besin çözeltisi konsantrasyonlarının belirlenerek, kaliteli ve yüksek verim elde edebileceğimiz uygun ekonomik gübreleme programının oluşturulması amaçlanmıştır.

2. KURAMSAL TEMELLER ve KAYNAK ARAŞTIRMASI

Bu bölümde, marul bitkisi hakkında genel bilgiler, hidroponik sistemde üretim, kullanılan besin çözeltileri ile ilgili ve daha önceki yıllarda yürütülmüş farklı çalışmalar özet olarak sunulmuştur.

2.1. Marul Bitkisi Hakkında Genel Bilgiler

2.1.1. Marulun Anavatanı ve Dünya'da Yetiştiriciliği

Marul, Asterales takımı, Asteraceae (Papatyagiler) familyası, *Lactuca* cinsi içerisinde yer alan geniş yapraklı bir sebzedir ve marulun bilimsel ismi *Lactuca sativa* L. var. *crispa*'dır (Günay 2005; Yıldız, 2018). Sıcak iklimlerde kışın, soğuk bölgelerde ise yazın tarımı yapılabilen bir serin iklim sebzesidir (Günay, 1993; Yıldız, 2018). Yeşil yapraklı sebzeler içerisinde önemli bir potansiyele sahip olan marulun Avrupa ve Asya'da 2500 yıldan daha fazla bir geçmişe sahip olduğu, tarım sektörü ve tıbbi alanlarda kullanımına uzun yıllardan beri yer verildiği bildirilmektedir. Marulun anavatanı ve dünya üzerindeki yayılışı hakkında botanikçi ve araştırıcıların farklı görüşleri bulunmaktadır. Marul kültürünün ilk olarak M.Ö. 4500 yılında Mısır'da yapılmaya başlandığı, yabani formlarının Orta ve Güney Avrupa'da, Kanarya Adalarında, Cezayir ve Habeşistan ile Mezopotamya'ya kadar uzanan Batı Asya, Kafkasya, Keşmir ve Nepal gibi Kuzey Hindistan bölgelerine kadar yayıldığı bildirilmiştir (Ryder, 1979; Yıldız, 2018). Anavatanının Avrupa, Asya ve Kuzey Afrika ülkelerini içine alan geniş bir alan olduğu kabul edilmiştir (Vural, Eşiyok, Duman, 2000; Yıldız, 2018).

FAO (2017) kayıtlarına göre 2014 yılında dünya sebze üretiminde ilk üç sırada yer alan ülkelerden Hindistan'da yaklaşık 1 milyon ton, Çin'de yaklaşık 14 milyon ton ve ABD'de yaklaşık 4 milyon ton marul üretimi gerçekleştirilmiştir. Yaprağı tüketilen sebzeler arasında yetiştiriciliği en çok yapılan ürün marul (*Lactuca sativa* L) olup, Türkiye dünya marul üretiminde önemli bir yere sahiptir. Türkiye'nin 2014 yılı marul üretim miktarı ise 468.513 tondur.

Ülkemizde 2015 yılı üretimi istatistiklerine göre Samsun ilinde en fazla kıvırcık marul üretimi (15 bin da alanda 18 bin ton) gerçekleştirilmiş olup (TÜİK, 2017; Yıldız, 2018), salata gurubu sebzeler arasında en fazla tüketilen ve yıl boyunca kolaylıkla bulunabilen, tek yıllık bir serin iklim sebze türüdür (Aybak, 2002; Yıldız, 2018). Marul Dünya'da en çok tüketilen sebzeler arasındadır. On iki ay pazarlarda, marketlerde satılır, talep görür.

Marul gibi kısa zamanda hasat edilen sebze türlerinde özellikle yabancı ot temizliğinin, sulama ve gübreleme gibi kültürel işlemlerin verim ve kaliteyi olumlu yönde etkilediği bildirilmiş, marul yetiştiriciliğinde birim alandan yüksek verim ve kalite hedeflendiğinde, bakım işlerinin zamanında yapılmasının önemi vurgulanmıştır (Vural ve diğerleri, 2000; Yıldız, 2018).

Besin elementleri bitkiye tam olarak sağlanamazsa bitki gelişimini olumsuz etkiler verimli ve kaliteli ürün elde edilemez. Bunun için üretime başlanmadan önce toprak analizi yapılmalı ve bitkinin ihtiyacı olan elementler eksikliği halinde toprağa ilave edilmelidir.

Marulun düşük ışık, sıcaklık ve ısıtma masrafları olan bir serin iklim sebzesi olması nedeniyle topraklı tarım dışında, geliştirilmiş ve ıslah edilmiş çeşitleriyle yılın 12 ayı hidroponik üretimini yapmak mümkün olmaktadır. Son yıllarda kıvırcık yapraklı marul tiplerinin Dünya'da üretimi ve yeme alışkanlığı marullara çeşit zenginliği kazandırmıştır.

2.1.2. Marulun Botanik Özellikleri

Marullar 1,5-2 metre derine kadar giden etli bir ana kök ve bunun üzerinde ve etrafında fazla miktarda yer alan saçak köklere sahiptir. Marulun yaprakları renk, şekil, irilik, uzunluk, genişlik, düz veya kıvırcık olması bakımından çeşitlere göre farklılıklar gösterir (Aybak, 2002; Yıldız, 2018). Marul çeşitleri arasında koyu yeşilden, açık yeşil, sarımtırak yeşil, kahveremgimsi yeşil gibi farklı bir çok renk, yaprak büyüklüğü bakımından da küçük, orta ve büyük çeşitler olabileceği gibi yaprak ayasının üst ve alt kısmındaki tüylülük durumlarına göre de özellikleri çeşitlidir. Marullarda gövde bitkinin toprak yüzeyinden itibaren gelişen aksamlarını kapsar. Yetiştiricilikte gövdenin gelişimine izin verilmeden bitki hasat edilir.

Gün uzunluğunun ve sıcaklığın artışı ile birlikte başlayan generatif dönemde oluşan çiçek sapları 80-100 cm yükselir. Her bir sap birer çiçek ile son bulur. Çiçek sapları aşağıdan yukarıya doğru azalan ve küçülen oranda yaprak taşır. Yapraklar çiçek saplarını dıştan sarmış durumdadır. Her bir çiçek sürgünü üzerinde çiçekler demetler hâlinde dizili bir şekilde bulunur. Her bir demet yaklaşık 15-25 adet çiçek taşır. Çiçekler genelde sarı ve açık sarı renklidir. Ancak kırmızı yaprak renginin hâkim olduğu çeşitlerde çiçekler kırmızı, sarı kırmızı veya benekli kırmızı olmaktadır.

Marul tohumları genelde yassı ve uzunluğuna oluklu, uç tarafı çıkıntılı 3-6 mm uzunluğunda 0,8-1,0 mm genişliğinde ve 0,3-0,6 mm kalınlığındadır. Tohum rengi ise kirli beyaz, sarı, krem, kahverengi ve siyaha yakın olabilmektedir. Tohumların bin dane ağırlığı 0,8-1,2 gramdır.

2.1.3. Marulun Ekolojik İstekleri

Marul bitkisinin üretimi kış ayları sert olmayan, ılıman iklime sahip bölgelerde tüm yıl boyunca yapılabilir. Soğuğa kısmen dayanıklı olan marul, nemli hava koşullarına ihtiyaç duymaktadır. Marulun üretimini sınırlandıran en etkin iklim faktörü sıcaklık ve gün uzunluğudur. Marul ortalama sıcaklığın 15-18°C olduğu ortamlarda iyi bir gelişme gösterirken, sıcaklığın maksimum 27-30°C, minimum ise 2-4°C'lerde olması bitki gelişmesini sürdürebilmesi açısından uygun görülmektedir (Thompson, 1957; Günay, 2005; Eşiyok, 2012; Yıldız, 2018). Uzun gün koşullarında, sıcaklık ve kuraklığın etkisi ile bitkilerde vejetatif gelişim durduğu ve bitkilerin generatif faza geçtiği bildirilmiş, bu fazdan sonra marul yapraklarında katılaşma ve süt oluşumu gözlenerek yapraklarda acı bir tat meydana geldiği belirtilmiştir (Thompson, 1957; Günay, 2005; Eşiyok, 2012; Yıldız, 2018).

Vejetasyon süresinin kısa olması, Türkiye'nin tüm bölgelerinde yetiştirilebilmesine imkan sağlamakta, hatta yazları serin geçen yerlerde yaz yetiştiriciliği de mümkün olmaktadır (Taşbaşı, 2013; Günay, 2005; Yıldız, 2018). Tohumlarda optimum çimlenme sıcaklığı (15°C)'de 4-7 günde çimlenir. 26°C'nin üzerinde seyreden sıcaklık tohumların çimlenmesini büyük oranda engeller. Yeni dikilmiş marul fideleri düşük sıcaklıklara daha fazla dayanıklı iken hasat olgunluğuna erişmiş ve baş oluşturmuş marulların düşük

sıcaklıklardan büyük oranda zarar gördüğü saptanmıştır. Marullar toprak isteği bakımından seçici olmayan sebzelerdir. İdeal topraklar organik maddesi fazla drenajı iyi kumlu-tın bünyeli topraklardır. Marul toprak pH'sının 5,5-7 olduğu koşullarda iyi gelişmekte ve toprak tuzluluğuna ise orta derecede hassasiyet göstermektedir. Toprak pH'nın 7.0'nin üzerinde yer alması halinde verimde önemli ölçüde düşüşe neden olduğu belirtilmiştir (Aybak 2002; Demir, 2009).

2.2. Marulun İnsan Sağlığı Açısından Önemi ve Besleyici Değeri

Marul bitkisi insan beslenmesinde önemli bir yer tutar, genellikle taze olarak tüketilen marul bitkisi minerallerce zengin bir sebzedir. Serin iklim sebzeleri içerisinde yer alan marul, açıkta ve örtü altında yetiştirilebilmekte ve besleyici değerinin yüksek olmasından dolayı birçok kişi tarafından severek tüketilmektedir. 100 gram taze marulun; % 96'sının su olduğu ve 13 cal enerji içerdiği belirlenmiştir. Ayrıca aynı miktar taze marulun 0,9 g protein, 0,1 g yağ ve 2,9 g karbonhidrat içerdiği, içerisinde 330 IU A vitamini, 6 mg C vitamini, 0,3 mg niacin, 0,06 mg thiamin, 0,06 mg riboflavin, 175 mg K, 22 mg P, 20 mg Ca, 9 mg Na ve 0,5 mg Fe bulunduğu belirlenmiştir (Pierce 1987; Ryder 1979; Yıldız, 2018). Ayrıca, salatalarda yaygın kullanılan marulun lif içeriği kadar, büyük kısmını vitamin C ve polifenollerin oluşturduğu yüksek miktardaki antioksidan bileşikler bakımından da önemli olduğu belirtilmektedir (Serafini, Bugianesi, Salucci, Azzini, Raguzzini, Maiani, 2002; Nicolle, Cardinault, Gueux, Jaffrelo, Rock, Mazur, 2004; Yıldız, 2018).

2.3. Marul Bitkisi ile Yapılan Çalışmalar

Akbay, (2012), farklı azot dozlarında (0, 5, 10, 15 ve 20 kg da^{-1}) yetiştirilen marulda (*Lactuca sativa* L.) paenibacillus polymyxa uygulamalarının verim, bitki gelişimi ve besin elementi içeriğine etkisini incelediği çalışmasında paenibacillus polymyxa bakteri ırkının bitki ağırlığını, bitki boyunu, bitki enini, gövde çapını, klorofil miktarını, kuru madde oranını, besin elementi alımını ve verim miktarını artırdığını tespit etmiş, Paenibacıllus polymyxa uygulamaları ile marulda (*Lactuca sativa* L.) azotlu gübre kullanımının azaltılabileceğini ifade etmiştir (Gün, 2019).

Cimrin ve Yılmaz, (2005) yapmış olduğu çalışmada humik asit (0-100-200-300 mg kg^{-1} humik asit, pH= 3,5) ve P (0-120-240 mg kg^{-1}) uygulamalarının marulun verim ve besin maddesi içerikleri üzerine etkisini araştırmıştır. Sonuç olarak P, HA ve HAxP interaksiyonlarının bitkinin N içeriğini etkin bir şekilde arttırdığını, bitkinin K, Ca, Mg, Fe, Cu ve Mn içerikleri üzerine etkisinin önemsiz olduğunu saptamıştır. Ayrıca 120 mg kg^{-1} fosfor dozu ile 300 mg kg^{-1} humik asit uygulamasının verim açısından olumlu bir etkiye sahip olduğunu, artan P dozu ile birlikte toprakta yarayışlı fosfor miktarının arttığını ve artan humik asit uygulamasının toprakta fosfor miktarını 3. uygulama dozundan sonra azalttığını belirtmişlerdir.

Özdemir, (2019) kıvırcık marul çeşitlerinde bor gübre uygulamalarının verim ve kaliteye etkilerini belirlemek amacıyla yürüttükleri çalışmada bor (0, 50, 100, 200 ve 400 g da^{-1}) ve humik asit (% 0,2) dozlarını uygulamıştır. Sonuçta borun 50 g da^{-1} dozundan %4 oranında verim artışı sağlandığını tespit etmiştir. Artan miktarda uygulanan bor dozları ile yaprak sayısı ve klorofil içeriklerinde azalma, kök uzunluğu, hue açı değeri ve kroma değerinde ise artış meydana gelmiştir. Humik asit verim ve yaprak uzunluğu artmış, yaprak sayısı ve kök uzunluğu ise azalmıştır. Bor gübrelemesi ile yaprak renginin parlaklığı ve doygunluğu artmış, yaprak renginin yeşilden mavi renge doğru değiştiği saptanmıştır.

Güneri, Akat, Yağmur ve Yokaş, (2016) farklı fosfor ve potasyum düzeylerinin kamkat'ın büyüme ve gelişimine etkilerini araştırmak amacıyla 14 litrelik saksılarda deneme, tesadüf blokları faktöriyel deneme deseninde kurulmuştur. Bitkilere 3 farklı dozda fosfor (10, 40 ve 80 mg kg^{-1}) ve potasyum (150, 300 ve 450 mg kg^{-1}) kombinasyonları topraktan 1'er hafta ara ile modifiye edilmiş Hoagland çözeltisine ilave edilerek uygulanmıştır. Artan dozda uygulanan fosfor ve potasyum dozlarının etkileri istatistik açısından önemli olmamakla birlikte, fosfor uygulamalarının etkileri anaç çapı ve fidan boyunda artış sağlamıştır. Fosfor ve potasyumun 2. dozları kök uzunluğu, meyve ağırlığı, meyve sayısı ve verimde artış meydana getirmiş olup, fosfor uygulamaları ise bitki yapraklarında; N, P, Fe ve Mn kapsamını arttırmış; potasyum uygulamaları da genelde K miktarlarında artışa neden olmuştur.

Kaya, Zengin, Yılmaz ve Gezgin, (2018) gibberellik asit ve çinko uygulamalarının marulun verim ve verim unsurlarına etkilerini araştırmak amacıyla Zn noksanlığına sahip bir toprakta sera koşullarında yetiştirilen marul bitkisine artan dozlarda toprağa Çinko Sülfat ve yaprağa gibberallik asit uygulamış ve sonuçta en yüksek verim 3 kg ÇS da^{-1} uygulamasında, yaprakta en yüksek N, P, K 250 mg GA3 L^{-1} uygulamasında, en yüksek Zn içeriği ise 50 mg GA3 L^{-1} uygulamasından elde etmişlerdir. Ayrıca marul yaprağının N, P, K kapsamına 3 kg ÇS da^{-1} ile 250 mg GA3 L $^{-1}$'in birlikte uygulanmasının daha etkili iken, Zn konsantrasyonuna 3 kg ÇS da^{-1} ile 50 mg GA3 L $^{-1}$'in birlikte verilmesinin etkilerinin daha önemli olduğunu ortaya koymuşlardır.

Odabaş, (2019) farklı humik asit uygulama dozları ve azotlu gübrelerin marulun gelişimi ile bazı toprak özellikleri üzerine etkisini araştırmış. Bu çalışmada amonyum nitrat ve üre gübresinin birlikte iki farklı sıvı humik asidin 0-400-800-1200 mg kg^{-1} dozları uygulanmış ve uygulama sonucundan elde edilen bilgilere göre en yüksek yaş ve kuru ağırlık Model marul çeşidinde 800 mg kg^{-1} humik asit dozunda ve amonyum nitrat gübre uygulamasından elde edilirken; Carmesi marul çeşidinde 800 ve 400 mg kg^{-1} dozunda sırasıyla üre ve amonyum nitrat gübresinden elde edilmiştir. Bitkilerin nitrat, toplam N, Ca, Cu, Zn ve Mn içeriklerinin artan humik asit dozu ile birlikte genellikle düzenli bir artş; Mg içeriğinde ise düzenli bir şekilde azalma görülmüştür. Bitkinin K içeriğinde genellikle 800 mg kg^{-1}, bitkinin Fe içeriğinde ise 800 ile 1200 mg kg^{-1} düzeyine kadar artş saptanmıştır.

Çalışkan, Yetişir ve Karanlık, (2014) organik ve konvansiyonel sistemde yetiştirilen marul bitkisinin gelişimi ile bitki besin maddesi içeriklerini araştırmışlardır. Araştırma sonucunda; en yüksek verimin yeşil gübre+çiftlik gübresi > yeşil gübre+kovansiyonel sistem > yeşil gübre uygulamalarından sırasıyla elde edildiğini ve kontrol ve konvansiyonel sistemden daha etkili ve yüksek verim alındığını tespit etmişlerdir. Bitkiye uygulanan organik gübre ile bitkinin toplam N, Cu, Fe ve Zn içeriklerinin konvansiyonel sistemden daha fazla olduğunu gözlemlemiştir .

Yağmur, Aydın ve Çoban, (2005) yılında yapraktan potasyum nitrat uygulamalarının yuvarlak çekirdeksiz üzüm çeşidinde verim ve bazı kalite özelliklerine etkisini araştırmak amacıyla bir çalışma yapmışlardır.Çalışmada dört tekerrürlü olarak KNO_3 uygulamaları yapraktan beş değişik dozda (%0-%0.5-%1-%1.5-%2) ve üç farklı zamanda (çiçeklenme öncesi, tane tutumu ve ben düşme) uygulanmıştır. Uygulama sonucuna göre KNO_3 uygulamaları verim, toplam kuru madde ve titre edilebilir asitlik üzerine etkilerinin önemli olduğu saptanmıştır. Yaş üzüm verimi açısından uygulamalara bağlı önemli düzeyde artışlar ikinci uygulamadan (%1) elde edilmiştir. Potasyum nitrat uygulamalarının kontrole göre meyvedeki N, P, K ve Cu içerikleri üzerine olumlu, Mg içeriğine ise olumsuz yönde etki yaptığı belirlenmiştir.

Karipçin, Rastgeldi ve Pakyürek, (2012), alçak tünellerde marul ve baş salata yetiştiriciliğinde yetiştirme zamanlarının, sıra aralıklarının ve çeşitlerin belirlenmesi; bu belirlenen çeşit ve ortamlardaki en yüksek etkiye sahip azot ve su düzeyini belirlemiştir. Yetiştiricilik sonbaharda yapılmış olup, sıra aralıkları 15cm×15cm, 20cm×20cm ve 30cm×30cm olmak üzere belirlenmiştir. Marul çeşitleri olarak Yedikule, Lital, Velvet Recital, baş salatada ise Keops, Tesna, Bombula ve Colguard çeşitleri kullanılarak deneme gerçekleştirilmiştir. Azot dozu olarak çeşitlere 4 farklı (0-8-10-12 kg da^{-1}) azot dozu uygulanmıştır. Çeşitli su seviyelerinin de etkili olduğu çalışmada en yüksek verimlilik N3- I3 (4.22 kg da^{-1}) uygulamasından elde edilmiştir. Sonuç olarak N3-I3 uygulamalarından elde edilen sonuçlar doğrultusunda bu sonuçların üretim ve kaliteye daha çok etkisi olduğu savunulmaktadır (Gün, 2019).

Çamoğlu ve Demirel, (2015), farklı tuz ve potasyum düzeylerinin marul bitkisinin verimine ve bazı fizyolojik ve morfolojik özelliklerine etkilerini belirlemek amacıyla 2011–2012 yılı kış döneminde sera koşullarında yürütmüş olduğu çalışmada, 2 farklı tuz (0,6 dS m^{-1} (T0) ve 4,0 dS m^{-1} (T1) ve 4 farklı potasyum seviyesi (5 kg da^{-1} (K1), 16 kg da^{-1} (K2), 32 kg da^{-1} (K3) ve 48 kg da^{-1} (K4) uygulamıştır. Çalışma sonucunda marul bitkisi için sulama suyundaki tuz miktarının artmasının bitki gelişimini olumsuz yönde etkilediğini ve ihtiyacından çok daha fazla verilen potasyumun tuz stresini azaltıcı bir etkisinin olmadığı tespit edilmiştir.

Çam, (2018) tarafından Ordu Üniversitesi Ziraat Fakültesi Bahçe Bitkileri Bölümünde yapılan araştırmada, 2015-2016 üretim sezonun da azot (0, 5, 10 ve 15 kg da^{-1}) ve potasyum (0, 4, 8 ve 12 kg da^{-1}) gübrelemesinin marul bitkisinin verim ve kimi kalite özelliklerine etkileri incelenmiştir. Bitki verimi bakımından 10 kg da^{-1} azot ve 12 kg da^{-1} potasyum uygulamalarının en yüksek verimi verdiği tespit edilmiş, gübre dozu artıkça yaprakta kuru madde oranının düştüğü vitamin C içeriğinin 35.33-57.33 mg ml^{-1} özsu arasında değiştiği ve gübre dozuna bağlı olarak artış gösterdiği ifade edilmiştir.

Mordoğan, Ceylan, Çakıcı ve Yoldaş, (2001) yapmış oldukları çalışmada artan N dozları ile marul bitkisindeki % toplam-N, NO_3-N ve NO_2-N değerlerinde artışlar belirlemiş ve en yüksek artışın 40 kg da^{-1} N dozunda olduğunu ifade etmiştir. Nitrat değerleri ise marul bitkisi için belirtilen sınır değerleri arasında olduğu belirtilmiştir. Marul bitkisinde (20 kg da^{-1} N) dozundan en yüksek verim, ortalama baş ağırlık, yaprak yaş ağırlık, gövde yaş ağırlık ve toplam yaprak sayısı tespit edilmiştir. Pazar baş ağırlığı ve gövde uzunluğundaki artış 10 kg da^{-1} N, atılan yaprak sayısı ise 40 kg da^{-1} N dozunda saptanmıştır. Denemede marul bitkisinin boyları ise 10 kg da^{-1} ve 40 kg da^{-1} N dozlarında yüksek değerlerde saptanmıştır. Sonuç olarak fazla miktarda azotlu gübre uygulanan marul bitkilerinde azot, nitrat ve nitrit birikimine neden olduğu belirtilerek marul bitkisinin verim ve kalite değerleri için 20 kg da^{-1} N dozunun en uygun azot dozu olduğu saptanmıştır.

Yağmur ve Aydın, (2013), marul bitkisinin vejetatif büyüme ve gelişme özellikleri ile bazı mineral madde kapsamı üzerine çinko uygulamalarının etkisini belirlemek amacıyla yürüttükleri saksı denemesinde, topraktan (ZnTo=0; ZnT1=10ppm; ZnT2=20ppm; ZnT3=30 ppm) ve yapraktan (ZnYo=0; ZnY1= %0,10; ZnY2=%0,20; ZnY3=%0,30) Zn; çinko sülfat ($ZnSO_4.7H_2O$) formunda üç kez uygulama yapmıştır. Sonuç olarak; sera koşullarında topraktan ve yapraktan çinko sülfat ($ZnSO_4.7H_2O$) uygulayarak yetiştirilen marul bitkisinde topraktan 20 ppm (ZnT2) ve yapraktan %0,20 (ZnY2)Zn gübrelemesi ile bazı gelişme parametrelerinde ve bitkinin N, K ve Zn içeriklerinde artışların sağlanabileceği ifade edilmiştir. Zn içeriği bakımından noksanlık çeken topraklarda birim alandan yeterli miktarda verim ve kaliteli ürün elde edilebilmesi için yapraktan ve

topraktan Zn uygulamalarının tarla denemeleriyle de kalibre edilerek uygulanması gerektiği sonucuna varılmıştır.

Kavak, Bozokalfa, Uğur, Yağmur ve Eşiyok, (2003) yapmış olduğu araştırmada farklı azot kaynaklarının baş salatanın verim, kalite, mineral madde, nitrat ve nitrit miktarı üzerine etkisini belirlemek amacıyla Kalsiyum nitrat ve Amonyum Sülfat gübrelerinin 0-5-10- 15-20 N kg da^{-1} dozlarını uygulamıştır. Kalsiyum nitrat gübre dozlarının baş ağırlığı, baş çapı, baş yüksekliği, pazarlanabilir baş ağırlığı ve dekara verim değerleri üzerine etkisi önemli bulunmuştur. En yüksek verim 3531,4 kg da^{-1} ile 15 N kg da^{-1} kalsiyum nitrat uygulamasından elde edilmiştir. Amonyum sülfat gübre dozlarında ise en yüksek verim 3480,7 kg da^{-1} ile 20 N kg da^{-1} uygulamasından sağlanmıştır.

Şahin, Taşkı ve Kaya, (2016) marul ve soğan bitkilerinin gelişimi ve mineral element alımına fosfor (P) uygulamasının etkisini araştırmak üzere Triple süper fosfat (TSP, %42 P_2O_5) gübresinden 0, 50, 100, 200, 400 mg kg^{-1} P dozlarını uygulayıp, marul bitkisinde en yüksek kuru ağırlığa 50 mg kg^{-1} P düzeyinde ulaşıldığını bildirmiştir. Artan miktarda uygulanan fosfor ile marul bitkisinin P, Br, Rb içeriklerini arttıdırdığını, Ca, S, Fe, Zn, Mn, Ti, Sr ve Ba içeriklerinin azaldığını belirlemiştir. Artan düzeyde uygulanan fosfor ile bitkilerin özellikle bitkiler için mutlak gerekli olmayan mineral konsantrasyonlarının arttığı bu artışın çevre kirliliğinin yanı sıra insan sağlığı açısından tehdit oluşturabileceği için aşırı fosforlu gübre kullanımından kaçınılması gerektiği sonucuna varılmıştır.

Şimşek, (2019) artan miktarlarda uygulanan demir dozlarının ıspanak bitkisinin gelişimi ve kimi besin elementi içeriğine etkisini araştırmıştır. Denemede 3 farklı ıspanak çedişidine artan miktarlarda Fe (30, 60, 90, 120 ve 150 µM) uygulanmış ve uygulanan demirin, bitki büyümesini, kuru madde miktarını, SPAD değerlerini ve uygulanan dozlardan 120 µM Fe dozuna kadar ıspanak köklerinin hem de yapraklarının besin elementi alımını uyardığını saptamıştır. En yüksek Fe dozunun etkisi ise negatif olduğu, bunun yanında bitkilerin köklerinde Fe, Cu ve Mn birikimi gözlemlenmiştir. Düşük demir dozunda ise Mg'un vejatatif aksama taşınmasını engelleyerek ıspanak köklerinde Mg birikimine neden olmuştur. Sonuç olarak, bitkide Mg eksikliğine sebep olduğunu bildirmiştir.

Uğur, Ekbiç, Zambi, Uyar ve Aksoy (2014) farklı azot dozlarının (0, 5, 10, 15 ve 20 kg da^{-1}) ve hümik asit uygulamasının marulun verim ve kalitesine etkilerinin araştırmışlardır. Marul yetiştiriciliğinde uygulanan hümik asidin verim parametreleri üzerinde olumlu etkileri olmasına rağmen bu etkiler istatistiksel anlamda önemsiz çıktığını ve uygulanan azot dozlarının arttıkça verim, yaprak özellikleri ve klorofil miktarlarında artışlar olmakla birlikte artan azot dozları bitki kuru ağırlıklarında azalmalara neden olmuştur.

Okudur ve Ercan, (2016) yapmış olduğu çalışma da Confeti marul çeşidinin verim ve kalitesi üzerine 3 farklı gübre uygulamasının etkilerini araştırmışlardır. Çalışma tesadüf blokları deneme deseninde 3 tekerrürlü ve her parselde 21 adet bitki olacak şekilde düzenlenmiştir. Araştırma sonucunda en uzun bitki uzunluğu (48,48 cm), en ağır bitki köksüz ağırlığı (178,69 g), en fazla yaprak sayısı (34,66 adet $bitki^{-1}$) ve en fazla verim (6,43 kg m^2) tam gübrelemede belirlenmiş, hazır gübre kompozesinde bitki uzunluğu hariç diğer ölçümler ikinci sırada olduğu belirlenmiştir. Test sonucunda bitki kök ağırlığı, bitkinin gövde ağırlığı, bitkinin gövde çapı, bitkinin gövde uzunluğu, yaprak boyu ve yaprak eni arasında istatistiki açıdan önemli bir farklılık gözlenmemiştir.

Üçok, Demir, Sönmez ve Polat, (2019) katı solucan ve tavuk gübrelerinin kıvırcık salatada verim, kalite özellikleri ve bitki besin elementi içeriklerine etkilerini belirlemek amacıyla çalışma yürütmüşlerdir. Bitkisel materyal olarak Caipira kıvırcık marul (*Lactuca sativa* L. var crispa) çeşidi kullanılmıştır. Denemede katı solucan gübresi (SG:80 kg da^{-1}), katı tavuk gübresi (TG:250 kg da^{-1}), kimyasal gübreler (KG:12.5 N-4 P_2O_5-11 K_2O kg da^{-1}), SG (80 kg da^{-1}) + KG (12.5 N-4 P_2O_5-11 K_2O kg da^{-1}), TG (250 kg da^{-1}) + KG (12.5 N-4 P_2O_5-11 K_2O kg da^{-1}) ve Kontrol (K) uygulamaları yer almıştır. Araştırmadan elde edilen sonuçlara göre en yüksek toplam ve pazarlanabilir verim ile ortalama baş ağırlıkları TG + KG uygulamasından elde edilmiştir. En yüksek kök boğazı çapı SG + KG uygulamasında belirlenirken, en yüksek baş uzunluğu TG'de tespit edilmiştir. Analiz edilen makro elementler açısından en yüksek azot TG + KG, SG + KG ve KG uygulamalarında, en yüksek fosfor Kontrol uygulamasında, en yüksek potasyum, kalsiyum ve magnezyum değerleri ise TG uygulamalarında tespit edilmiştir.

Bozkurt, Türkmen, Yıldız ve Cimrin, (2004) Yedikule marul çeşidine farklı miktarda humik asit (0, 500, 1000, 2000 mg kg^{-1}) ve yüksek azot (0, 250, 500 ve 750 mg kg^{-1}) uygulamasının marulun baş ağırlığı, besin maddesi, nitrat içeriği üzerine etkilerini araştırmışlardır. Araştırmanın sonunda, marul bitkisine azot uygulamasıyla ürün miktarı, yaprak sayısı, baş ağırlığı, nitrat, fosfor, demir, mangan ve çinko miktarlarında önemli derecede artış saptanmıştır. Humik asit baş ağırlığı, nitrat ve fosforu alımını önemli düzeyde etkilerken demir, mangan, bakır ve çinko miktarını etkilememiştir.

Parente, Gonnella, Santamaria, Abbate, Conversa and Elia, (2006) marul çeşitlerinde N'lu gübrelemenin etkisini araştırmışlar ve sonuç olarak her iki yılda artan N'lu gübrelemeyle birlikte marul çeşitlerinin nitrat içeriklerinin fazla olduğunu tespit etmişlerdir. N'lu gübrelemeyi 35+40 kg N ha^{-1} bölerek uygulamakla bitkilerin nitrat içeriğinin daha düşük olduğu belirlenmiştir. İlk yılda en yüksek verim 35+40 kg N ha^{-1} uygulama düzeyinde elde edilirken, 2. Yılda 75 kg N ha^{-1} uygulama düzeyinde elde edilmiştir. Sonuç olarak her iki yılda yaprak sayısı, yaş ve kuru ağırlığı ile nitrat içerikleri arasında istatistiki anlamda önemli bir ilişki olduğunu gözlemlemişlerdir.

Boroujerdnia, Ansari and Dehcordie, (2007) yapmış olduğu çalışmada farklı azot dozu ve hasat zamanının marulun verim ile nitrat ve nitrit içeriği üzerine etkisini araştırmışlardır. 120 kg N ha kg^{-1} uygulama düzeyinde en yüksek verim elde edildiğini ve bu uygulama düzeyinde bitkilerin nitrat ve nitrit içeriklerinin en yüksek olduğunu, sabah hasat edilen marulun nitrat ve nitrit içeriklerinin akşam hasadına göre aralarında yüksek ve önemli bir fark oluşturduğunu tespit etmişlerdir.

Önal ve Topcuoğlu, (2011) sera denemesinde toprağa (% 0, % 0,5, % 1 ve % 2) uygulanan leonardit'in (% 20,35 humik asit içeren) marul bitkisinde kuru madde miktarı, ile N, P, K, Ca, Mg, Fe, Cu, Zn ve Mn içerikleri üzerine etkilerini incelemişlerdir. Leonardit materyalini toprağa uygulayarak 2 aylık süreyle inkübasyona bırakmışlardır. Toprağa uygulanan leonardit'in marul bitkisinde kuru madde miktarı ile N, P, Fe, Zn ve Mn içerikleri üzerine etkilerini istatistiki anlamda önemli bulmuşlardır. K, Ca ve Mg içeriklerinin ise etkisinin önemsiz olduğunu tespit etmişlerdir.

Toprağa artan miktarlarda uygulanan leonardit ile ilgili olarak marul bitkisinin kuru madde miktarı ve N, P, Fe, Zn ve Mn içerikleri kontrol işlemine göre %1 ve %2 düzeylerinde arttığını gözlemlemişlerdir.

Liu, Sung, Chen and Lai (2014) kimyasal, organik ve sıvı gübrelerin marulun gelişimi üzerine etkilerini incelemişlerdir. Çalışma sonucunda organik gübre ile birlikte uygulanan sıvı gübrenin marulun gelişimini arttırdığını, organik gübrelerin bitki kuru ağırlık verimini arttırdığını, bitkinin toplam N içeriğinin en yüksek organik gübre uygulamasında, en yüksek nitrat içeriğinin ise kimyasal gübre uygulamalarından elde edildiğini saptamışlardır. Başlangıçta alkali olan toprak reaksiyonu (7,83) olan toprağın pH'sının kimyasal gübre ve organik gübre uygulamaları ile azaldığını, kimyasal gübre uygulamasının EC'yi arttırdığını, organik gübre uygulamalarının ise toprak organik karbon ve toplam N içeriğindeki artışları teşvik ettiğini tespit etmişlerdir.

Brito, Monteiro, Mourao and Coutinho, (2014) yapmış oldukları çalışmada kireç, kompost ve kaya fosfatının organik marul gelişimi ve besin alımı tepkisini araştırmışlardır. Araştırma sonucunda kompost uygulamasıyla marul veriminin arttığını ve kireç ile fosfat arasındaki ilişkinin birinci dereceden etkileşim halinde olduğunu tespit etmişlerdir. Bunu da asitli topraklarda kireçlenmenin P alımı üzerindeki etkisiyle açıklamışlardır. Kompost veya fosfat ile üretilen marullarda azot (N), fosfor (P) ve potasyum (K) birikiminin arttığını, ancak kireç uygulamasıyla yetiştirilen bitkide sadece N birikimi olduğu gözlemlenmiştir. Sonuç olarak kompost organik marul için besin kaynağı olarak tavsiye edilirken, fosfatlı gübreleme kireçlemenin de etkisiyle azalabilir.

Awaad, Badr, Badr and Abd-elrahman, (2016) farklı N dozları ile potasyumun kumlu toprakta marulun gelişimi üzerine etkilerini araştırmışlardır. Tarla denemesinde, Üre azotu ve Üre-Formaldehit'ten 0-60-90-120 kg ha^{-1} dozunda, K'u 0-75 kg K_2O kg ha^{-1} dozlarında uygulama yapılmıştır. Artan N dozu ile bitkinin yaş ve kuru ağırlıklarının arttığını, bu artışın Üre-Formaldehit'te ve K kombinasyonunda daha fazla olduğunu tespit etmişlerdir. Azotlu gübrelerle uygulanan K bitki yapraklarının N, P, K ve Ca içeriklerindeki artışta daha etkili olduğunu; N ve K uygulamalarının bitkinin Fe, Zn ve Mn içeriklerini arttırdığını ve Üre-Formaldehitte daha yüksek olduğunu; artan N dozu ile bitkinin nitrat içeriğinin arttığını, bitkinin nitrat içeriğindeki artışın üre uygulamasında

daha yüksek olduğunu tespit etmişlerdir. Hasattan sonra yapılan toprak analiz sonuçlarına göre; N uygulamaları kontrole göre toprağın EC ve pH'sını arttırdığını, üre ve üre-formaldehitin kontrole göre toprağın N, P ve K içeriğini attırdığını saptamışlardır.

Pitura ve Michalajc, (2015) kereviz, marul ve kıvırcık lahana üzerine artan azot dozlarının etkilerini görmek için yapmış oldıkları çalışmada turba subsratı doldurulmuş 2 dm^3 saksılarda tamamen rastgele bir tasarımda deneme deseni oluşturularak artan nitrojen dozları (0.3, 0.6, 0.9, 1.2 g N dm^3 subsrat) ortama uygulanmıştır. Uygulama sonucunda üç sebze türünde Ca, Mg, Fe, Zn, Mn ve Cu ile bu elementler arasındaki oranların artmasına bağlı olarak tuzluluk meydana geldiğini tespit etmişlerdir. Kıvırcık lahana, marul ve kerevizin ise tuzluluğa karşı farklı derecelerde duyarlılıkta oldukları ifade edilmektedir. Marul, kıvırcık lahana ve kerevizde toplam nitrojen ve NO3-N içeriğinde artan dozlara paralel olarak bir artış sağlanırken, artan azotlu gübrelerin Mg, P, K, Ca alımı üzerine de etki ettiğini bildirmişlerdir.

Tuğa, Üzal ve Yaşar, (2021) tarafından artan dozlarda bahçe toprağına uygulanan 3 farklı organik materyalin kıvırcık marulun verim ve besin elementi içerikleri üzerine etkisinin araştırıldığı çalışmada, uygulanan dozların marul bitkisi üzerine etkileri önemli bulunmuştur. Vermikompost uygulamasının verimi yaklaşık 2 kat artırdığını tespit etmişler ve özellikle K+, Zn+ ve Cu+ elementlerinin bitki bünyesine alımına vermikompostun olumlu sonuçlar verdiğini saptamıştır. Genel olarak bitki besin elementi içeriği bakımından gidya uygulamalarının olumlu sonuçlar vermediği de belirlenmiştir.

2.4. Topraksız Tarımda Sebze Yetiştiriciliğine İlişkin Çalışmalar

Mahlangu, Maboko, Siyakumar, Soundy, Jifon, (2016), Güney Afrika Pretoria bölgesinde kış döneminde durgun su kültüründe yetiştirdikleri marullarda azotlu gübrelemenin etkisini incelemişlerdir. Azotlu gübre olarak amonyum nitratın 0, 30, 60, 90, 120, 150 ve 180 mg L^{-1} dozları kullanılmıştır. Fide dikiminden itibaren 49. günde hasat edilen marullarda askorbik asit, toplam fenolik içerik ve antioksidan kapasitesi gibi parametreler açısından en yüksek değerlerin 100 ve 120 mg L^{-1} azot dozundan elde edildiği ifade edilmiştir. Azotlu gübre uygulamalarının marul bitkisinde renk değerleri üzerine etkisinin olmadığı, 30 mg L^{-1} dozunun vitamin C miktarını düşürdüğü bildirilmiştir.

Koudela and Petrikova, (2008), kıvırcık yapraklı salatada çeşit ve yetiştirme dönemlerinin besin elementi içeriği ve verim değerlerine etkisini analiz etmişler, çeşit ve yetiştirme dönemine göre C vitamini içeriğinin değişkenlik gösterdiğini belirlemişlerdir. Sıcak dönem yetiştiriciliğinde C vitamini içeriğinin serin dönem yetiştiriciliğine göre daha düşük olduğunu, sıcak dönemde 11,00-13,80 mg g^{-1} serin dönemlerde ise 17,90-30,20 mg g^{-1} arasında olduğunu tespit etmişlerdir. Kuru ağırlık miktarlarının da çeşit ve yetiştirme dönemlerine göre değişmekle birlikte 190-463 g arasında bulunduğu bildirilmiştir.

Güner, (1998), sera şartlarında NFT sistemde farklı N, P, K, Ca ve Mg düzeylerinin biber bitkisinin ürün ve kalite üzerine etkisine bakılarak biber bitkisi için en uygun besin çözeltisi bileşimini ortaya koymak amacıyla bir çalışma yürütmüştür. Bu amaçla biber bitkisi, NFT sistemde, bir referans düzey ve referans düzeyin %10, %20, %30 altında ve üstünde olacak şekilde, N, P, K, Ca ve Mg'un yedi farklı düzeyinde 85 günlük üretim periyodu içerisinde yetiştirilmiştir. Çalışma sonucunda, bitkinin öncelikle meyve verimi olmak üzere yaprak, gövde ve gövde + yaprak ve ikinci olarak da incelenen diğer kalite unsurları incelenmiş ve sonuçta NFT sistemde biber yetiştiriciliğinde optimum ürün için besin çözeltisinin bileşimi; 11,675 mmol l^{-1} N (10,675 mmol l^{-1} NO_3 ve 1,000 mmol l^{-1} NH_4), 1,000 mmol l^{-1} H_2PO_4, 6,75 mmol l^{-1} K, 4,250 mmol l^{-1} Mg olarak önerilmiştir.

Oymak, (2018), değişik dozlarda uygulanan çinko, bakır ve manganın renkli marullarda rengin açılmasını azaltmak veya renklenmeye katkı sağlamak, bitki gelişimi, verimlilik ve kalite üzerine olan etkilerini araştırmak amacıyla bir çalışma yürütmüştür. Marullar akan su kültüründe besleyici film tekniğinde yetiştirilmiş, araştırmada üretim materyali olarak "SR327" marul çeşidi (*Lactuca Sativa* var. *Crispa)* kullanılmıştır. Marullara mikro elementlerden çinko, bakır ve manganın 1,25+ 2,5 (Cu+Zn), 2,5+5 (Cu+Zn), 5+10 (Cu+Zn), 1,25+ 2,5 (Cu+Mn), 2,5+5 (Cu+Mn), 5+10 (Cu+Mn), 1,25+ 2,5+ 2,5 (Cu+Zn+Mn), 2,5+5+5 (Cu+Zn+Mn) ve 5+10+10 (Cu+Zn+Mn) ppm dozları gelişim dönemi içerisinde yapraktan iki defa uygulanmıştır. Farklı dozlarda mikro element uygulamaları kontrol dışındaki marullarda yaprakta toplam klorofil miktarı (SPAD), kuru madde ve P, Cu, Zn, Mn içeriklerini arttırmış, Fe ve Mg içeriklerini azaltmıştır. Baş ağırlığı açısından marulların kontrol grubuna göre ağırlık değerinin azaldığı tespit edilmiştir. Uygulamalar arasında genelde bakır + mangan kombinasyonu doza bağlı

kalmaksızın Hue açı değeri bakımından marul yapraklarında kızarmayı artırdığı ve yaprak rengini koyulaştırdığı saptanmıştır.

Öktüren ve Asri, (2009), Antalya merkez ve Serik ilçesinde bulunan topraksız kültür sistemiyle domates yetiştiriciliği yapılan seralardaki bitkilerin beslenme durumlarının ve sulamada kullanmış oldukları suların sulama suyu kalitelerinin belirlenmesi amacıyla yürütülen çalışmada yetiştirme sezonunun ortasında on iki üreticiye ait topraksız kültür seralarından yaprak ve sulama suyu örnekleri almışlardır. Yaprak örneklerinde toplam azot, fosfor, potasyum, kalsiyum, magnezyum, demir, çinko, mangan ve bakır analizleri yapılmıştır. Sulama suyu örneklerinde ise pH, EC, Ca, Mg, Na, K, CO_3, HCO_3, Cl, SO_4, NO_3 ve B analizleri yapılmış ve sodyum absorpsiyon oranı (SAR) ile % Na değerleri hesaplamıştır. Elde edilen bulgulara göre yaprak örneklerinin N ve Mg konsantrasyonlarının düşük ve yeterli, P, K ve Ca konsantrasyonlarının yeterli ve yüksek; Fe ve Zn konsantrasyonlarının yeterli, Mn ve Cu konsantrasyonlarının ise yeterli ve yüksek sınıflarda yer aldığı belirlenmiştir. Topraksız kültür yetiştiricilik sisteminde bitkinin gelişme durumu, radyasyon ve drenaj oranı gibi faktörlere bağlı olarak gün içinde değişen sıklıklarda gübreli su uygulamasının ve her üreticinin uyguladığı gübreleme programının farklı olmasının bir sonucu olarak incelenen yaprak örneklerinin bitki besin elementi konsantrasyonları farklılıklar göstermiştir. İncelenen sulama suyu örneklerinin pH'ları genellikle nötr ve hafif alkali karakterde olup, tuzluluk yönünden I. ve II. sınıf (C1 ve C2), sodiklik açısından 1. sınıf (S1), Cl ve SO_4 içerikleri yönünden I. sınıf, B içerikleri yönünden de I. ve II. sınıf sulama suları oldukları belirlenmiştir. Topraksız kültür yetiştiriciliği yapılan seraların sulama suyu kalitesi açısından sorun teşkil etmeyen bölgelerde kurulduğu tespit edilmiştir.

3. MATERYAL ve YÖNTEM

3.1. Denemenin Kurulumu

Çalışma 2019 yılı Ekim ayında Bursa Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarımsal Araştırma ve Uygulama Merkezi'nde yer alan Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü araştırma serasında yürütülmüştür. Marul *(Lactuca sativa var. crispa)* çeşitlerinden 'Maritima' tohumları perlit ortamında çimlendirilmiştir. Fide çıkışlarından sonra perlit ortamına bitki besin çözeltisi yarım doz olarak uygulanmıştır. 10 günlük ön kültürden sonra marul bitkileri her biri 50 L hacimli bir çözelti tankı, bir pompa ve 12 bitki kapasitesine sahip üç kanaldan oluşan hidroponik sisteme yerleştirilmiştir. Denemede, 18 ayrı hidroponik sistemde yetiştirilen marul bitkilerine vejetasyon dönemi boyunca (6, 8, 10 µM) N, (1, 2 µM) P ve (4, 6, 8 µM) K dozlarının yer aldığı 18 farklı besin çözeltisi uygulanmıştır. Besin çözeltilerinin her 3-4 günde bir yenilenmesi sağlanmıştır. Denemede kullanılan besin çözeltilerine ait kimi bilgiler Çizelge 3.1.'de sunulmuştur.

Çizelge 3.1. Denemede kullanılan besin elementleri konsantrasyonları ve kullanılan kaynaklar

Besin elementleri	**Çözeltideki konsantrasyonları**	**Element kaynakları**
	(mM)	
N	6-8-10	KNO_3, $Ca(NO_3)_2$, NH_4NO_3
P	1-2	K_2HPO_4, H_3PO_4
K	4-6-8	K_2HPO_4, KNO_3
Ca	2	$Ca(NO_3)_2$, CaO, $CaSO_4$
Mg	2	$MgSO_47H_2O$, MgO
S	2	$MgSO_4\,7H_2O$
	(µM)	
Fe	120	FeEDTA % 6 Fe
B	10	H_3BO_3
Zn	4	$ZnSO_4\,7H_2O$
Mn	5	$MnSO_44H_2O$
Cu	1	$CuSO_4\,5H_2O$
Na	0,1	NaCl
Cl	0,1	NaCl
Mo	0,05	$(NH_4)_6Mo_7O_{24}.4H_2O$

Çizelge 3.2. Denemede kullanılan besin elementleri kombinasyonları ve konsantrasyonları

Besin Elementleri	Besin Elementi Kombinasyonları (N-P-K)																	
	N 6 mM			N 8 mM			N 10 mM			N 6 mM			N 8 mM			N 10 mM		
	P 1 mM									P 2 mM								
	K 4m	K 6m	K 8m	K 4m	K 6m	K 8m	K 4m	K 6m	K 8m	K 4m	K 6m	K 8m	K 4m	K 6m	K 8m	K 4m	K 6m	K 8m
	Çözeltideki Konsantrasyonlar																	
N (mM)	6	6	6	8	8	8	10	10	10	6	6	6	8	8	8	10	10	10
P (mM)	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2	2	2	2
K (mM)	4	6	8	4	6	8	4	6	8	4	6	8	4	6	8	4	6	8
Ca (mM)	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
Mg (mM)	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
S (mM)	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
B (µM)	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
Zn (µM)	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
Mn (µM)	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
Cu (µM)	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Na (µM)	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
CI (µM)	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
Mo (µM)	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05
Fe (µM)	120	120	120	120	120	120	120	120	120	120	120	120	120	120	120	120	120	120

Besin çözeltilerinin reaksiyonları (pH) dozlardaki değişime bağlı olarak 5,10-7,70 arasında, elektriksel iletkenlik (EC) değerleri ise sırasıyla 1100-1265µS cm^{-1} arasında değişim göstermiştir. Marul bitkileri 44 gün sonunda hasat edilmiş, marul yaprak ve kökleri polietilen torbalara konularak laboratuvara taşınmıştır. Bitki örnekleri bir kez musluk suyundan ve daha sonra iki kez saf sudan geçirilerek yıkanmıştır. Yıkama işleminden sonra bitki örnekleri sabit ağırlığa ulaşıncaya kadar yaklaşık 72 saat boyunca 70°C'de hava sirkülasyonlu kurutma fırınında (Nuve KD 400, Türkiye) kurutulmuştur. Bitkilerin içerdiği besin elementi miktarlarının belirlenebilmesi için bitki örneklerinin kuru ağırlıkları tartılmış ve daha sonra bir laboratuvar değirmeni (Fross CT 193 Cyclotec, Danimarka) kullanılarak 0,5 mm elekten geçebilecek parça boyutunda öğütülmüş ve analize hazırlanmıştır.

3.2. Bitki Örneklerinde Yapılan Analizler

Bitki örneklerinde yapılan analizler ve analizlerin yapılma yöntemleri alt bölümde açıklamalı şekilde anlatılmıştır.

3.2.1. Bitki örneklerinin yaş yakılması

Bitki analizi aşamasında öğütülmüş bitki örneklerinin her birinden 200 mg tartılarak özel teflon yakma kaplarına konulmuştur. Bitki örnekleri üzerine 3ml HNO_3 ve 3ml H_2O_2 karışımı ilave edilerek 20-30 dakika boyunca ön yakmaya bırakılmıştır. Daha sonrasında teflon kaplar kapatılarak mikrodalga yaş yakma fırınına (Berghof MWS 2) konulmuş ve örneklere üç aşamalı yaş yakma programı uygulanmıştır. Programın birinci aşaması sıcaklığın 0-100°C'ye çıkartılarak örneklerin 10 dakika boyunca %75 güç uygulanarak yakılması, ikinci aşaması sıcaklığın 100-180°C'ye çıkartılarak örneklerin 10 dakika boyunca %75 güç uygulanarak yakılması ve üçüncü aşaması ise örneklerin 5 dakika boyunca %0 güçle 180°C'den oda sıcaklığına doğru soğuma aşaması şeklinde gerçekleştirilmiştir (Çelik, Turan, Aşık ve Katkat, 2017). Yakma aşaması sonucunda örnekler çeker ocak içerisinde iyice soğumaya bırakılmış ve 50 ml'lik balonjoje'lere %0,3'lük nitrik asit içeren ultra saf su ile tamamlanmıştır. Daha sonra örnekler mavi bant filtre kağıdı kullanılarak örnek saklama şişelerine süzülmüş, gerekli elementlerin ilgili cihazlarda belirlenebilmesi sağlanmıştır.

3.2.2. Toplam Azot (N)

Bitki örneklerinin toplam azot içeriği modifiye edilmiş Kjeldahl yöntemine göre Buchi K-437 yakma blokunda yakılan örneklerin Buchi K-350 model buharlı damıtma cihazında damıtılması ve önlüğün 0,1 N sülfürik asit ile geri titrasyonu sonucu elde edilen sarfiyatın formülde hesaplanması ile belirlenmiştir (Bremner, 1965).

3.2.3. Toplam Fosfor (P)

Yaş yakılan bitki örneklerinden elde edilen süzüklerde fosfor, Perkin Elmer Optima 2100 model ICP–OES ile belirlenmiştir (Hanlon, 1998).

3.2.4. Toplam Sodyum (Na), Potasyum (K), Kalsiyum (Ca) ve Magnezyum (Mg)

Yaş yakılan bitki örneklerinden elde edilen çözeltide sodyum, potasyum ve kalsiyum Ependorf Elex 6361 model Flame fotometresinde (Horneck & Hanson 1998), Mg ise Perkin Elmer Optima 2100 model ICP–OES ile belirlenmiştir (Hanlon, 1998).

3.2.5. Toplam Demir (Fe), Bakır (Cu), Çinko (Zn) ve Mangan (Mn)

Yaş yakılan bitki örneklerinden elde edilen çözeltide toplam Fe, Zn, Mn ve Cu içerikleri Perkin Elmer Optima 2100 model ICP–OES ile belirlenmiştir (Hanlon, 1998).

3.2.6. Toplam Bor (B)

Yaş yakılan bitki örneklerinden elde edilen çözeltilerin bor miktarı, ICP-OES'de okunarak doğrudan belirlenmiştir (Çelik ve ark., 2017).

3.2.7. Kaldırılan Miktarların Hesaplanması

Bitki analizleri sonucunda elde edilen element konsantrasyonları ile denemeden elde edilen kuru ağırlık değerleri kullanılarak bitkilerin kaldırdığı bitki besin elementi miktarları her deneme konusu için ayrı ayrı hesaplanmıştır.

3.2.8. İstatistiksel Analiz

Tesadüf parselleri faktöriyel deneme desenine göre 3 yinelemeli olarak yürütülen denemeden elde edilen kuru madde verimine, element konsantrasyonuna ve kaldırılan element miktarlarına ait verilerin varyans analiz sonuçları ve LSD değerlendirmesi Minitab istatistik programı 17.1.0.1 sürümü kullanılarak analiz edilmiştir.

4. BULGULAR ve TARTIŞMA

Su kültürüne uygulanan farklı azot, fosfor ve potasyum doz kombinasyonlarının marul bitkisinin gelişimi ve kimi besin elementi alınımı üzerine etkisinin incelendiği denemede sonuçlar; marul bitkisinin yapraklarında ve köklerinde içerdikleri besin elementleri konsantrasyonları ve kaldırılan besin elementi miktarları göz önünde bulundurularak değerlendirilmiştir.

4.1. Yaprak Kuru Ağırlık Verimi

Artan dozlarda uygulanan azot, fosfor ve potasyumun marul bitkisinin yaprak kuru ağırlık verimi üzerine etkisine ilişkin varyans analiz tablosu Çizelge 4.1'de, verilere ait ortalamalar ve LSD testine göre gruplandırmaları ise Çizelge 4.2'de sunulmuştur.

Çizelge 4.1. Yaprak kuru ağırlık verimine ait varyans analiz tablosu

	Varyasyon kaynağı	Serbestlik derecesi	Kareler toplamı	Kareler ortalaması	Hesaplanan F değeri	Tablo değeri %5	Tablo değeri %1
Yaprak	Faktör-A	1	0,354	0,354	0,195öd	3,920	6,850
	Faktör-B	2	61,998	30,999	17,107**	3,070	4,790
	A*B	2	5,818	2,909	1,605öd	3,070	4,790
	Faktör-C	2	8,505	4,253	2,347öd	3,070	4,790
	A*C	2	13,801	6,901	3,808*	3,070	4,790
	B*C	4	8,920	2,230	1,231öd	2,450	3,480
	A*B*C	4	12,277	3,069	1,694öd	2,450	3,480
	Hata	144	260,937	1,812			
	Genel	161	372,611	2,314			

Faktör-A: Fosfor Dozları — öd: önemli değil
Faktör-B: Azot Dozları — *: önemli p<0,05
Faktör-C: Potasyum Dozları — **: önemli p<0,01

Marul bitkisinin yaprak kuru ağırlık verimi üzerine; azot dozlarının etkisi istatistiksel olarak %1 olasılık düzeyinde, fosfor x potasyum interaksiyonları arasındaki ilişki %5 olasılık düzeyinde önemli bulunurken; diğer faktörler arasındaki etki ise önemli çıkmamıştır (Çizelge 4.1).

Çizelge 4.2. N, P, K dozlarının marul yapraklarının kuru ağırlık (g) verimine etkisi.

Fosfor Dozları	Potasyum Dozları	Azot Dozları N1 (6 mM)		N2 (8 mM)		N3 (10 mM)		Ortalama	
	K1 (4 mM)	6,16		6,48		6,44		6,36	a
P1	K2 (6 mM)	4,96		5,38		6,91		5,75	ab
(1mM)	K3 (8 mM)	5,11		5,58		6,04		5,58	b
	Ort	**5,41**		**5,82**		**6,46**		**5,90**	
	K1 (4 mM)	4,61		5,88		7,42		5,97	ab
P2	K2 (6 mM)	4,98		4,96		6,57		5,50	b
(2mM)	K3 (8 mM)	5,45		7,06		6,97		6,49	a
	Ort	**5,01**		**5,96**		**6,99**		**5,99**	
Genel ort		**5,21**	**B**	**5,89**	**B**	**6,73**	**A**		

Potasyum Dozları	Fosfor Dozları	Azot Dozları N1 (6 mM)		N2 (8 mM)		N3 (10 mM)		Ortalama	
	P1 (1mM)	6,16		6,48		6,44		6,36	a
K1(4 mM)	P2 (2mM)	4,61		5,88		7,42		5,97	ab
	Ort	**5,39**		**6,18**		**6,93**		**6,17**	
	P1(1mM)	4,96		5,38		6,91		5,75	ab
K2(6 mM)	P2(2mM)	4,98		4,96		6,57		5,50	b
	Ort	**4,97**		**5,17**		**6,74**		**5,63**	
	P1 (1mM)	5,11		5,58		6,04		5,58	b
K3(8 mM)	P2 (2mM)	5,45		7,06		6,97		6,49	a
	Ort	**5,28**		**6,32**		**6,50**		**6,03**	
Genel ort		**5,21**	**B**	**5,89**	**B**	**6,73**	**A**		

P_{LSD}	öd	PxN_{LSD}	öd	P	Fosfor
$N_{LSD\ p<0,01}$	0,680	$PxK_{LSD\ p<0,05}$	0,728	N	Azot
K_{LSD}	öd	NxK_{LSD}	öd	K	Potasyum
$PxNxK_{LSD}$	öd				

Büyük harfler yatay karşılaştırmayı, küçük harfler düşey karşılaştırmayı ifade etmektedir.

Artan miktarlarda uygulanan azot, marul yapraklarının kuru ağırlık veriminde artış sağlamış, en yüksek yaprak kuru ağırlık verimi (6,73 g) N3 uygulamasından elde edilmiştir. Marul yapraklarının en düşük kuru ağırlık verimi (5,21 g) ise en düşük azot uygulamasından N1 (6 mM) elde edilirken, N2 (5,89 g) ile aynı grupta yer almıştır.

Fosfor ve potasyum interaksiyonu birlikte değerlendirildiğinde, en yüksek kuru ağırlık verimi (6,49 g) fosfor ve potasyumun en yüksek dozunun yer aldığı P2 x K3 uygulamaları ortalamasından elde edilirken, en düşük kuru ağırlık verimi ise (5,50 g) P2 x K2 uygulamaları ortalamasından elde edilmiştir.

Uğur ve diğerleri (2014) yapmış oldukları çalışmada artan düzeylerde uygulanan azotlu gübrenin marul çeşitlerinin verimini artırdığını saptamışlardır. Brito ve diğerleri (2014) kompost, kaya fosfat ve kireç uygulamalarının marul bitkisinin yaş ağırlığını, bitkinin N, P, K içeriklerini artırdığını tespit etmişlerdir. Karipçin ve diğerleri (2012), artan azot dozlarından en yüksek verimliliği N3- I3 (4,22 kg da^{-1}) uygulamasından elde etmiştir. Yapılan bu çalışmalar; denememizden elde edilen artan azot dozunun kuru madde verimini arttırdığı sonucunu destekler nitelikte bulunmuştur.

4.2. Kök Kuru Ağırlık Verim

Artan dozlarda uygulanan azot, fosfor ve potasyumun marul bitkisinin kök kuru ağırlık verimi üzerine etkisine ilişkin varyans analiz tablosu Çizelge 4.3'te, verilere ait ortalamalar ve LSD testine göre gruplandırmaları ise Çizelge 4.4'te sunulmuştur.

Çizelge 4.3. Kök kuru ağırlık verimine ait varyans analiz tablosu

	Varyasyon kaynağı	Serbestlik derecesi	Kareler toplamı	Kareler ortalaması	Hesaplanan F değeri	Tablo değeri %5	Tablo değeri %1
Kök	Faktör-A	1	2,996	2,996	103,391**	3,920	6,850
	Faktör-B	2	0,176	0,088	3,037öd	3,070	4,790
	A*B	2	0,005	0,003	0,091öd	3,070	4,790
	Faktör-C	2	0,032	0,016	0,549öd	3,070	4,790
	A*C	2	0,166	0,083	2,859öd	3,070	4,790
	B*C	4	0,285	0,071	2,457*	2,450	3,480
	A*B*C	4	0,159	0,040	1,376öd	2,450	3,480
	Hata	144	4,172	0,029			
	Genel	161	7,991	0,050			

Faktör-A: Fosfor Dozları
Faktör-B: Azot Dozları
Faktör-C: Potasyum Dozları
öd: önemli değil
*: önemli p<0,05
**: önemli p<0,01

Marul bitkisinin kök kuru ağırlık verimi üzerine; fosfor dozlarının etkisi istatistiksel olarak %1 olasılık düzeyinde, azot x potasyum interaksiyonları arasındaki ilişki %5 olasılık düzeyinde önemli bulunurken; diğer faktörlerin ve interaksiyonlarının etkisi önemli çıkmamıştır.

Artan miktarlarda uygulanan fosfor, marul köklerinin kuru ağırlık veriminde artış sağlamış, en yüksek kök kuru ağırlık verimi (1,08 g) fosforun yüksek dozunun yer aldığı (P2) uygulamaları ortalamasından elde edilirken, marul köklerinin en düşük kuru ağırlık

verimi (0,80 g) ise düşük fosfor uygulamasının yer aldığı uygulamaların ortalamasından (P1) (1 mM) elde edilmiştir.

Çizelge 4.4. N, P, K dozlarının marul köklerin kuru ağırlık (g) verimine etkisi.

Fosfor Dozları	Potasyum Dozları	Azot Dozları N1 (6 mM)	N2 (8 mM)	N3 (10 mM)	Ortalama
	K1 (4 mM)	0,86	0,75	0,75	0,79
P1	K2 (6 mM)	0,78	0,79	0,79	0,79
(1mM)	K3 (8 mM)	0,82	0,75	0,93	0,83
	Ort	**0,82**	**0,77**	**0,82**	**0,80 b**
	K1 (4 mM)	1,07	1,02	1,12	1,08
P2	K2 (6 mM)	1,24	1,11	1,04	1,13
(2mM)	K3 (8 mM)	1,01	0,93	1,12	1,02
	Ort	**1,11**	**1,02**	**1,10**	**1,08 a**
Genel ort		**0,97**	**0,90**	**0,96**	

Potasyum Dozları	Fosfor Dozları	Azot Dozları N1 (6 mM)	N2 (8 mM)	N3 (10 mM)	Ortalama
	P1 (1mM)	0,86	0,75	0,75	0,79
K1(4 mM)	P2 (2mM)	1,07	1,02	1,12	1,08
	Ort	**0,97 a A**	**0,89 a A**	**0,93 a A**	**0,93**
	P1(1mM)	0,78	0,79	0,79	0,79
K2(6 mM)	P2(2mM)	1,24	1,11	1,04	1,13
	Ort	**1,01 a A**	**0,95 a A**	**0,91 a A**	**0,96**
	P1 (1mM)	0,82	0,75	0,93	0,83
K3(8 mM)	P2 (2mM)	1,01	0,93	1,12	1,02
	Ort	**0,91 a AB**	**0,84 a B**	**1,02 a A**	**0,93**
Genel ort		**0,97**	**0,90**	**0,96**	

$P_{LSD\ p<0,01}$	0,070	PxN_{LSD}	öd	P	Fosfor
N_{LSD}	öd	PxK_{LSD}	öd	N	Azot
K_{LSD}	öd	$NxK_{LSD\ p<0,05}$	0,113	K	Potasyum
$PxNxK_{LSD}$	öd				

Büyük harfler yatay karşılaştırmayı, küçük harfler düşey karşılaştırmayı ifade etmektedir.

Azot x potasyum interaksiyonu birlikte değerlendirildiğinde, potasyumun birinci ve ikinci dozlarında artan azot dozlarının kök kuru ağırlık verimine etkisi aynı grupta yer alırken, etki potasyumun üçüncü dozunda artış göstererek en yüksek kök kuru ağırlığı (1,02 g) N3 x K3 uygulamasından sağlanmıştır. En düşük kök kuru ağırlık değeri ise (0,84 g) N2 x K3 uygulamasından elde edilmiştir.

Şahin ve diğerleri (2016) fosforun marul ve soğan bitkilerinin gelişimi ve mineral element alınımına etkisini araştırmak üzere Triple süper fosfat gübresinden 0, 50, 100, 200, 400 mg kg^{-1} P dozları uygulamışlar ve sonuç olarak marul bitkisinde en yüksek kuru ağırlığa

50 mg kg^{-1} P düzeyinde ulaşıldığını bildirmiştir. Artan miktarda uygulanan fosfor ile marul bitkisinin P konsantrasyonlarının arttığı, Ca, S, Fe, Zn, Mn, konsantrasyonlarının azaldığı belirlenmiştir.

Bitkilerin geliştikleri ortamdan ihtiyacı olan fosforu karşılayamadıkları zaman vejatatif organların gelişimini durdurup kök gelişimine hız verdikleri bildirilmiştir. Bitkilerin fosfordan etkin bir şekilde yararlanabilmek için özellikle kök yapılarında farklılığa giderek kök yüzey alanını, kök ağırlığını ve miktarını artırabildikleri belirtilmiş, kök tüyleri ve organik salgıların da düşük fosfor yarayışlılığını artırmada önemli rol oynadıkları ifade edilmiştir (Stone, Zinn, Yanez, Li, Vance, Allan, 2003; Korkmaz, 2005). Denememizden elde edilen fosforun kök gelişimini arttırdığı sonucu bu çalışmalarca da uyumlu bulunmuştur.

4.3. Yaprakların Kimi Besin Elementi İçerikleri

Artan dozlarda uygulanan azot, fosfor ve potasyumun marul bitkisi yapraklarının kimi besin elementi içerikleri üzerine etkisi alt bölümlerde ayrıntılı olarak incelenmiştir.

4.3.1. Yaprakların Azot İçerikleri

Artan dozlarda uygulanan azot, fosfor ve potasyumun marul bitkisi yapraklarının azot içerikleri üzerine etkisine ilişkin varyans analiz tablosu Çizelge 4.5'te, verilere ait ortalamalar ve LSD testine göre gruplandırmaları ise Çizelge 4.6'da sunulmuştur.

Marul bitkisinin yaprak azot içerikleri üzerine; azot, fosfor, potasyum, azot x fosfor, azot x potasyum interaksiyonlarının etkisi istatistiksel olarak %1 olasılık düzeyinde önemli bulunmuştur. Fosfor x potasyum, fosfor x azot x potasyum interaksiyonu ise önemli çıkmamıştır (Çizelge 4.5).

Artan miktarlarda uygulanan fosfor, marul yapraklarının azot içeriğinde azalmaya neden olmuştur. Yaprak azot içeriği (% 4,43) düşük fosfor (P1) uygulamasında yüksek fosfor (P2) (2 mM) uygulamasına oranla (% 4,31) daha fazla bulunmuştur (Çizelge 4.6).

Çizelge 4.5. Yaprak azot içeriğine ait varyans analiz tablosu

Varyasyon kaynağı		Serbestlik derecesi	Kareler toplamı	Kareler ortalaması	Hesaplanan F değeri	Tablo değeri %5	Tablo değeri %1
Yaprak	Faktör-A	1	0,530	0,530	11,583**	3,920	6,850
	Faktör-B	2	1,463	0,731	15,968**	3,070	4,790
	A*B	2	0,619	0,309	6,755**	3,070	4,790
	Faktör-C	2	1,536	0,768	16,768**	3,070	4,790
	A*C	2	0,114	0,057	1,240öd	3,070	4,790
	B*C	4	3,092	0,773	16,877**	2,450	3,480
	A*B*C	4	0,100	0,025	0,547öd	2,450	3,480
	Hata	144	6,595	0,046			
	Genel	161	14,048	0,087			

Faktör-A: Fosfor Dozları — öd: önemli değil
Faktör-B: Azot Dozları — *: önemli p<0,05
Faktör-C: Potasyum Dozları — **: önemli p<0,01

Çizelge 4.6. N, P, K dozlarının marul yapraklarının azot içeriğine (%) etkisi.

Fosfor Dozları	Potasyum Dozları	Azot Dozları N1 (6 mM)	N2 (8 mM)	N3 (10 mM)	Ortalama
P1 (1mM)	K1 (4 mM)	4,14	4,79	4,73	4,55
	K2 (6 mM)	4,19	4,30	4,63	4,37
	K3 (8 mM)	4,32	4,53	4,24	4,36
	Ort	**4,21 aB**	**4,54 a A**	**4,53 a A**	**4,43 a**
P2 (2mM)	K1 (4 mM)	4,27	4,64	4,46	4,46
	K2 (6 mM)	4,21	4,26	4,46	4,31
	K3 (8 mM)	4,32	4,25	3,97	4,18
	Ort	**4,27 aA**	**4,38 b A**	**4,30 b A**	**4,31 b**
Genel ort		**4,24 B**	**4,46 A**	**4,41 A**	

Potasyum Dozları	Fosfor Dozları	Azot Dozları N1 (6 mM)	N2 (8 mM)	N3 (10 mM)	Ortalama
K1(4 mM)	P1 (1mM)	4,14	4,79	4,73	4,55
	P2 (2mM)	4,27	4,64	4,46	4,46
	Ort	**4,20 a B**	**4,72 a A**	**4,59 a A**	**4,50 a**
K2(6 mM)	P1(1mM)	4,19	4,30	4,63	4,37
	P2(2mM)	4,21	4,26	4,46	4,31
	Ort	**4,20 a B**	**4,28 b B**	**4,55 a A**	**4,34 b**
K3(8 mM)	P1 (1mM)	4,32	4,53	4,24	4,36
	P2 (2mM)	4,32	4,25	3,97	4,18
	Ort	**4,32 a A**	**4,39 b A**	**4,11 b B**	**4,27 b**
Genel ort		**4,24 B**	**4,46 A**	**4,41 A**	

$P_{LSD\ p<0,01}$	0,088	$PxN_{LSD\ p<0,01}$	0,153	P	Fosfor
$N_{LSD\ p<0,01}$	0,108	PxK_{LSD}	öd	N	Azot
$K_{LSD\ p<0,01}$	0,108	$NxK_{LSD\ p<0,01}$	0,187	K	Potasyum
$PxNxK_{LSD}$	öd				

Büyük harfler yatay karşılaştırmayı, küçük harfler düşey karşılaştırmayı ifade etmektedir.

Artan miktarlarda uygulanan azot, marul yapraklarının azot içeriğinde artış sağlamış olup, marul yapraklarının en düşük azot içeriği (% 4,24) N1 (6 mM) uygulamasından elde edilirken, en yüksek azot içeriği (% 4,46) N2 uygulamasından elde edilmiştir. N3 (% 4,41) N2 ile aynı grupta yer almıştır.

Fosfor ve azot interaksiyonu birlikte değerlendirildiğinde, düşük fosfor uygulamasında azot dozlarının artması ile yaprakların azot içeriğinde yükselme gözlenirken, en yüksek azot içeriği (% 4,54) P1 x N2 uygulamasından, en düşük azot içeriği ise (% 4,21) P1 x N1 uygulamasından elde edilmiştir. Fosforun yüksek dozunda azotun arttırılması ile meydana gelen yükselme tüm dozlarda benzer bulunmuştur.

Artan miktarlarda uygulanan potasyum, marul yapraklarının azot içeriğinde azalma meydana getirmiştir. En yüksek yaprak azot içeriği (% 4,50) K1 uygulamasından elde edilirken, marul yapraklarının en düşük azot içeriği (% 4,27) ise K3 (8 mM) dozundan elde edilmiştir.

Azot x potasyum interaksiyonu birlikte değerlendirildiğinde, marul yapraklarının azot içeriğinde K1 ve K2 dozlarında artan azot dozlarının da etkisiyle artış görülürken K3 dozunda artan azotla birlikte azot içeriğinde azalma meydana gelmiştir. En yüksek yaprak azot içeriği (% 4,72) N2 x K1 uygulamasından sağlanırken, en düşük yaprak azot içeriği ise (% 4,11) N3 x K3 uygulamasından elde edilmiştir.

Mordoğan ve diğerleri (2001), marul bitkisine uygulanan azotlu gübrelemenin bitkideki azot birikimine etkisini incelemek için yaptığı çalışmada azotlu gübrelemenin marul bitkisinin azot içeriğini artırdığını ancak fazla azotun nitrat ve nitrit birikimine neden olduğunu, marul bitkisinin verim ve kalite kriterleri için 20 kg da^{-1} azot dozunun uygun olduğunu bildirmişlerdir.

Bozkurt ve diğerleri (2004), farklı miktarda hümik asit ve yüksek azot uygulamasının kıvırcık bitkisinde ürün miktarı, yaprak sayısı, baş ağırlığı, nitrat, fosfor, demir, mangan ve çinko miktarlarını ciddi miktarda arttırdığını tespit etmişlerdir. Kavak ve diğerleri (2003), yaptıkları çalışmada baş salatada verim, kalite ve mineral madde miktarının 15

kg N da^{-1} yüksek azot dozunda etkili olduğunu tespit etmişlerdir. Bunun yanında verim ve kaliteyi arttırmak için amonyum sülfatın daha yüksek dozlarının denenmesi bildirilmiştir. Parente ve diğerleri (2006), marul çeşitlerinde N'lu gübrelemenin etkisini araştırdığı çalışmasında her iki yılda yaprak sayısı, yaş ve kuru ağırlığı ile nitrat içerikleri arasındaki ilişkinin önemli olduğunu belirlemişlerdir. Jones, Wolf and Mills, (1991), marul bitkisinin azot içeriğinin % 2,5-3,90 aralığında noksan, % 4-5 arasında yeterli, % 5 ve üzerinde ise fazla olduğunu belirtmiştir. Bu bilgiler sonucunda denememizden elde edilen yaprak azot içeriklerinin marul bitkisi için yeterli olduğu görülmüştür.

4.3.2. Yaprakların Fosfor İçeriği

Artan dozlarda uygulanan azot, fosfor ve potasyumun marul bitkisi yapraklarının fosfor içerikleri üzerine etkisine ilişkin varyans analiz tablosu Çizelge 4.7'de, verilere ait ortalamalar ve LSD testine göre gruplandırmaları ise Çizelge 4.8'de sunulmuştur.

Çizelge 4.7. Yaprak fosfor içeriğine ait varyans analiz tablosu

	Varyasyon kaynağı	Serbestlik derecesi	Kareler toplamı	Kareler ortalaması	Hesaplanan F değeri	Tablo değeri %5	Tablo değeri %1
	Faktör-A	1	0,003	0,003	0,580öd	3,920	6,850
	Faktör-B	2	0,292	0,146	28,851**	3,070	4,790
	A*B	2	0,007	0,003	0,674öd	3,070	4,790
	Faktör-C	2	0,459	0,229	45,309**	3,070	4,790
Yaprak	A*C	2	0,038	0,019	3,732*	3,070	4,790
	B*C	4	0,586	0,146	28,933**	2,450	3,480
	A*B*C	4	0,208	0,052	10,267**	2,450	3,480
	Hata	144	0,729	0,005			
	Genel	161	2,321	0,014			

Faktör-A: Fosfor Dozları — öd: önemli değil
Faktör-B: Azot Dozları — *: önemli p<0,05
Faktör-C: Potasyum Dozları — **: önemli p<0,01

Marul bitkisinin yaprak fosfor içerikleri üzerine; azot, potasyum, azot x potasyum, fosfor x azot x potasyum interaksiyonlarının etkisi istatistiksel olarak %1 olasılık düzeyinde, fosfor x potasyum interaksiyonları arasındaki ilişki %5 olasılık düzeyinde önemli bulunmuştur. Fosfor, fosfor x potasyum, interaksiyonu ise önemli çıkmamıştır (Çizelge 4.7).

Çizelge 4.8. N, P, K dozlarının marul yapraklarının fosfor içeriğine (%) etkisi

Fosfor Dozları	Potasyum Dozları	Azot Dozları N1 (6 mM)	N2 (8 mM)	N3 (10 mM)	Ortalama
P1 (1mM)	K1 (4 mM)	1,03 ab C	1,35 a A	1,18 a B	1,19 a
	K2 (6 mM)	0,99 b B	1,07 b B	1,16 a A	1,08 b
	K3 (8 mM)	1,09 a A	0,97 c B	1,01 b AB	1,02 c
	Ort	**1,04**	**1,13**	**1,12**	**1,09**
P2 (2mM)	K1 (4 mM)	1,03 a B	1,21 a A	1,18 a A	1,14 a
	K2 (6 mM)	1,01 a B	1,05 b B	1,15 a A	1,07 b
	K3 (8 mM)	1,05 a B	1,15 a A	0,96 b C	1,05 b
	Ort	**1,03**	**1,14**	**1,09**	**1,09**
Genel ort		**1,03 B**	**1,13 A**	**1,11 A**	

Potasyum Dozları	Fosfor Dozları	Azot Dozları N1 (6 mM)	N2 (8 mM)	N3 (10 mM)	Ortalama
K1(4 mM)	P1 (1mM)	1,03 a C	1,35 a A	1,18 a B	1,19 a
	P2 (2mM)	1,03 a B	1,21 b A	1,18 a A	1,14 b
	Ort	**1,03 ab C**	**1,28 a A**	**1,18 A B**	**1,16 a**
K2(6 mM)	P1(1mM)	0,99 a B	1,07 a B	1,16 a A	1,08 a
	P2(2mM)	1,01 a B	1,05 a B	1,15 a A	1,07 a
	Ort	**1,00 b B**	**1,06 b B**	**1,16 a A**	**1,07 b**
K3(8 mM)	P1 (1mM)	1,09 a A	0,97 b B	1,01 a AB	1,02 a
	P2 (2mM)	1,05 a B	1,15 a A	0,96 a C	1,05 a
	Ort	**1,07 a A**	**1,06 b A**	**0,98 b B**	**1,04 c**
Genel ort		**1,03 B**	**1,13 A**	**1,11 A**	

P_{LSD}	öd	PxN_{LSD}	öd	P	Fosfor
$N_{LSD\ p<0,01}$	0,036	$PxK_{LSD\ p<0,05}$	0,038	N	Azot
$K_{LSD\ p<0,01}$	0,036	$NxK_{LSD\ p<0,01}$	0,062	K	Potasyum
$PxNxK_{LSD\ p<0,01}$	0,088				

Büyük harfler yatay karşılaştırmayı, küçük harfler düşey karşılaştırmayı ifade etmektedir.

Artan miktarlarda uygulanan azot, marul yapraklarının fosfor içeriğinde artış sağlamış olup, marul yapraklarının en yüksek fosfor içeriği (% 1,13) N2 uygulamasından elde edilirken, N3 (% 1,11) N2 ile aynı grupta yer almıştır. En düşük fosfor içeriği ise (% 1,03) N1 (6 mM) uygulamasından elde edilmiştir (Çizelge 4.8).

Artan miktarlarda uygulanan potasyum, marul yapraklarının fosfor içeriğinde azalma meydana getirmiştir. En yüksek yaprak fosfor içeriği (% 1,16) K1 uygulamasından elde edilirken, marul yapraklarının en düşük fosfor içeriği (% 1,04) ise K3 (8 mM) uygulamasından elde edilmiştir.

Fosfor ve potasyum interaksiyonu birlikte değerlendirildiğinde, en yüksek fosfor içeriği (% 1,19) fosfor ve potasyumun en düşük dozunun yer aldığı P1 x K1 uygulamaları

ortalamasından elde edilirken, en düşük fosfor içeriği ise (% 1,02) P1 x K3 uygulamasından elde edilmiştir.

Azot x potasyum interaksiyonu birlikte değerlendirildiğinde, marul yapraklarının fosfor içeriğinde K1 ve K2 dozunda azot dozlarının artması ile yaprakların fosfor içeriğinde yükselme gözlenirken, K3 dozunda artan azotla birlikte fosfor içeriğinde azalma meydana gelmiştir. En yüksek yaprak fosfor içeriği (% 1,28) N2 x K1 uygulamasından sağlanırken, en düşük yaprak fosfor içeriği ise (% 0,98) N3 x K3 uygulamasından elde edilmiştir.

Azot x fosfor x potasyum 3'lü interaksiyonu değerlendirildiğinde, marul yaprak fosfor içeriğinde belli artışlar görülmüştür fakat en yüksek dozların uygulandığı N3 x K3 x P2 dozunda artış yerine bir azalma görülmüştür. Bu kombinasyon sonucu en düşük yaprak fosfor içeriği (% 0,96) N3 x K3 x P2 uygulamasından elde edilirken, en yüksek yaprak fosfor içeriği (% 1,35) N2 xP1 x K1 uygulamasından elde edilmiştir. Uygulamanın diğer kombinasyonları ise bu iki değer arasında yer almaktadır.

Brito ve diğerleri (2014) kompost, kireçtaşı ve kaya fosfatın artan uygulama dozları ile marul bitkisinin N, P ve K içeriklerini arttırdığını, en yüksek artışın kompost uygulamasından elde edildiğini saptamışlardır. Cimrin ve diğerleri (2005) yapmış olduğu çalışmada fosfor uygulamalarının marul bitkisinin N içeriğini önemli derecede arttırdığını, bitkinin K, Ca, Mg, Fe, Cu ve Mn içerikleri üzerine önemsiz etkide bulunduğunu belirlemişler ve ayrıca artan P dozu ile birlikte toprakta yarayışlı fosfor miktarının arttığını da tespit etmişlerdir.

Jones ve diğerleri (1991), marul bitkisinin fosfor içeriğinin % 0,20-0,30 aralığında noksan, % 0,40-0,60 arasında yeterli, % 0,60 ve üzerinde ise fazla olduğunu belirtmiştir. Bu bilgiler sonucunda denememizden elde edilen yaprak fosfor içeriklerinin marul bitkisi için fazla olduğu saptanmıştır.

4.3.3. Yaprakların Potasyum İçeriği

Artan dozlarda uygulanan azot, fosfor ve potasyumun marul bitkisinin yaprak potasyum içerikleri üzerine etkisine ilişkin varyans analiz tablosu Çizelge 4.9'da verilere ait ortalamalar ve LSD testine göre gruplandırmaları ise Çizelge 4.10'da sunulmuştur.

Çizelge 4.9. Yaprakların potasyum içeriğine ait varyans analiz tablosu

	Varyasyon kaynağı	Serbestlik derecesi	Kareler toplamı	Kareler ortalaması	Hesaplanan F değeri	Tablo değeri %5	Tablo değeri %1
	Faktör-A	1	2,827	2,827	4,647*	3,920	6,850
	Faktör-B	2	30,303	15,151	24,908**	3,070	4,790
	A*B	2	11,105	5,552	9,128**	3,070	4,790
	Faktör-C	2	16,165	8,082	13,287**	3,070	4,790
Yaprak	A*C	2	6,191	3,096	5,089**	3,070	4,790
	B*C	4	57,001	14,250	23,427**	2,450	3,480
	A*B*C	4	4,626	1,156	1,901öd	2,450	3,480
	Hata	144	87,592	0,608			
	Genel	161	215,809	1,340			

Faktör-A: Fosfor Dozları — öd: önemli değil
Faktör-B: Azot Dozları — *: önemli p<0,05
Faktör-C: Potasyum Dozları — **: önemli p<0,01

Marul bitkisinin yaprak potasyum içerikleri üzerine; azot, fosfor x azot, potasyum, azot x potasyum, fosfor x potasyum interaksiyonlarının etkisi istatistiksel olarak %1 olasılık düzeyinde, fosfor dozları arasındaki ilişki %5 olasılık düzeyinde önemli bulunmuştur. Fosfor x azot x potasyum interaksiyonu ise önemli çıkmamıştır (Çizelge 4.9).

Artan miktarlarda uygulanan fosfor, marul yapraklarının potasyum içeriğinde artış meydana getirmiştir. Düşük fosfor (P1) (1 mM) uygulamasında, yaprak potasyum içeriği (% 9,43) olarak belirlenirken, yüksek fosfor (P2) (2 mM) uygulamasında ise artış sağlayarak potasyum içeriği (% 9,69) olarak belirlenmiştir (Çizelge 4.10).

Artan miktarlarda uygulanan azot, marul yapraklarının potasyum içeriğinde azalmaya neden olmuş olup, marul yapraklarının en yüksek potasyum içeriği (% 10,15) N1 uygulamasından elde edilirken, en düşük potasyum içeriği (% 9,14) N2 (8 mM) uygulamasından elde edilmiştir. N3 (% 9,38) N2 ile aynı grupta yer almıştır.

Çizelge 4.10. N, P, K dozlarının marul yapraklarının potasyum içeriğine (%) etkisi

Fosfor Dozları	Potasyum Dozları	Azot Dozları N1 (6 mM)	N2 (8 mM)	N3 (10 mM)	Ortalama
P1 (1mM)	K1 (4 mM)	9,43	8,91	9,09	9,14 b
	K2 (6 mM)	9,75	10,06	9,38	9,73 a
	K3 (8 mM)	10,49	7,36	10,36	9,40 ab
	Ort	**9,89 a A**	**8,78 b B**	**9,61 a A**	**9,43 b**
P2 (2mM)	K1 (4 mM)	10,06	8,83	8,36	9,08 b
	K2 (6 mM)	10,06	10,44	8,80	9,77 a
	K3 (8 mM)	11,14	9,25	10,27	10,22 a
	Ort	**10,42 a A**	**9,51 a B**	**9,15 a B**	**9,69 a**
Genel ort		**10,15 A**	**9,14 B**	**9,38 B**	

Potasyum Dozları	Fosfor Dozları	Azot Dozları N1 (6 mM)	N2 (8 mM)	N3 (10 mM)	Ortalama
K1(4 mM)	P1 (1mM)	9,43	8,91	9,09	9,14 a
	P2 (2mM)	10,06	8,83	8,36	9,08 a
	Ort	**9,74 b A**	**8,87 b B**	**8,73 b B**	**9,11 b**
K2(6 mM)	P1(1mM)	9,75	10,06	9,38	9,73 a
	P2(2mM)	10,06	10,44	8,80	9,77 a
	Ort	**9,91 b A**	**10,25 a A**	**9,09 b B**	**9,75 a**
K3(8 mM)	P1 (1mM)	10,49	7,36	10,36	9,40 b
	P2 (2mM)	11,14	9,25	10,27	10,22 a
	Ort	**10,81 a A**	**8,30 b B**	**10,32 a A**	**9,81 a**
Genel ort		**10,15 A**	**9,14 B**	**9,38 B**	

$P_{LSD\ p<0,05}$	0,243	$PxN_{LSD\ p<0,01}$	0,557	P	Fosfor
$N_{LSD\ p<0,01}$	0,394	$PxK_{LSD\ p<0,01}$	0,557	N	Azot
$K_{LSD\ p<0,01}$	0,394	$NxK_{LSD\ p<0,01}$	0,683	K	Potasyum
$PxNxK_{LSD}$	öd				

Büyük harfler yatay karşılaştırmayı, küçük harfler düşey karşılaştırmayı ifade etmektedir.

Fosfor ve azot interaksiyonu birlikte değerlendirildiğinde, fosfor uygulamasında azot dozlarının da etkisiyle yaprakların potasyum içeriğinde azalma meydana gelmiştir. En yüksek potasyum içeriği (% 10,42) P2 x N1 uygulamasından, en düşük potasyum içeriği ise (% 8,78) P1 x N2 uygulamasından elde edilmiştir.

Artan miktarlarda uygulanan potasyum, marul yapraklarının potasyum içeriğinde artış sağlamış, en düşük potasyum içeriği (% 9,11) K1 (4 mM) dozundan elde edilirken, en yüksek yaprak potasyum içeriği (% 9,81) K3 (8 mM) uygulamasından elde edilmiştir. K2 (6 mM) (% 9,75) K3 ile aynı grupta yer almıştır.

Fosfor ve potasyum interaksiyonu birlikte değerlendirildiğinde, en düşük potasyum içeriği ise (% 9,08) P2 x K1 uygulamaları ortalamasından, en yüksek potasyum içeriği

(% 10,22) ise fosfor ve potasyumun en yüksek dozunun yer aldığı P2 x K3 uygulamaları ortalamasından elde edilmiştir.

Azot x potasyum interaksiyonu birlikte değerlendirildiğinde, marul yapraklarının potasyum içeriğinde K1, K2 ve K3 dozlarında artan azot dozlarının da etkisiyle azalma meydana gelmiştir. Azot dozlarında ise artan potasyum dozlarının da etkisiyle N1 ve N3 dozun da artış, N2 dozun da ise azalma meydana gelmiştir. En yüksek yaprak potasyum içeriği (% 10,81) N1 x K3 uygulamasından sağlanırken, en düşük yaprak potasyum içeriği ise (% 8,30) N2 x K3 uygulamasından elde edilmiştir.

Çamoğlu ve Demirel, (2015) farklı tuz ve potasyum düzeylerinin marul bitkisinin verimine ve bazı fizyolojik ve morfolojik özelliklerine etkilerini belirlemek amacıyla yürütmüş oldukları çalışma sonucunda marul bitkisi için sulama suyundaki tuz seviyesinin artmasının bitki gelişimini olumsuz etkilediğini ve ihtiyacından çok daha fazla uygulanan potasyumun tuz stresini azaltıcı bir etkisinin olmadığını ifade etmiştir. Çam, (2018) azot ve potasyum gübrelemesinin marul bitkisinin verim ve kimi kalite özelliklerine etkileri incelediği çalışmasında bitki verimi bakımından 10 kg da^{-1} azot ve 12 kg da^{-1} potasyum uygulamalarının en yüksek verimi verdiğini tespit etmiş, gübre dozu artıkça yaprakta kuru madde oranının düştüğünü vitamin C içeriğinin 35.33-57.33 mg ml^{-1}, özsu arasında değiştiğini ve gübre dozuna bağlı olarak artış gösterdiğini ifade etmiştir. Jones ve diğerleri (1991), marul bitkisinin potasyum içeriğinin % 5,50-5,90 aralığında noksan, % 6,00-7,00 arasında yeterli, % 7,00 ve üzerinde ise fazla olduğunu belirtmiştir. Denememiz sonucunda elde ettiğimiz potasyum içeriklerinin fazla olduğu saptanmıştır.

4.3.4. Yaprakların Sodyum İçeriği

Artan dozlarda uygulanan azot, fosfor ve potasyumun marul bitkisinin yaprak sodyum içerikleri üzerine etkisine ilişkin varyans analiz tablosu Çizelge 4.11'de verilere ait ortalamalar ve LSD testine göre gruplandırmaları ise Çizelge 4.12'de sunulmuştur.

Marul bitkisinin yaprak sodyum içerikleri üzerine; azot, azot x potasyum interaksiyonlarının etkisi istatistiksel olarak %1 olasılık düzeyinde, fosfor dozlarının

etkisi istatistiksel olarak %5 olasılık düzeyinde önemli bulunurken; diğer faktörlerin ve interaksiyonların etkisi önemli çıkmamıştır (Çizelge 4.11).

Çizelge 4.11. Yaprakların sodyum içeriğine ait varyans analiz tablosu

	Varyasyon kaynağı	Serbestlik derecesi	Kareler toplamı	Kareler ortalaması	Hesaplanan F değeri	Tablo değeri %5	Tablo değeri %1
Yaprak	Faktör-A	1	0,016	0,016	5,944*	3,920	6,850
	Faktör-B	2	0,039	0,020	7,106**	3,070	4,790
	A*B	2	0,010	0,005	1,885öd	3,070	4,790
	Faktör-C	2	0,010	0,005	1,774öd	3,070	4,790
	A*C	2	0,008	0,004	1,475öd	3,070	4,790
	B*C	4	0,087	0,022	7,925**	2,450	3,480
	A*B*C	4	0,020	0,005	1,823öd	2,450	3,480
	Hata	144	0,397	0,003			
	Genel	161	0,589	0,004			

Faktör-A: Fosfor Dozları — öd: önemli değil
Faktör-B: Azot Dozları — *: önemli p<0,05
Faktör-C: Potasyum Dozları — **: önemli p<0,01

Çizelge 4.12. N, P, K dozlarının marul yapraklarının sodyum içeriğine (%) etkisi

Fosfor Dozları	Potasyum Dozları	Azot Dozları N1 (6 mM)	N2 (8 mM)	N3 (10 mM)	Ortalama
P1 (1mM)	K1 (4 mM)	0,44	0,49	0,46	0,47
	K2 (6 mM)	0,47	0,47	0,46	0,47
	K3 (8 mM)	0,52	0,40	0,48	0,47
	Ort	**0,48**	**0,46**	**0,47**	**0,47 b**
P2 (2mM)	K1 (4 mM)	0,50	0,45	0,44	0,47
	K2 (6 mM)	0,52	0,50	0,48	0,50
	K3 (8 mM)	0,53	0,44	0,51	0,49
	Ort	**0,52**	**0,46**	**0,48**	**0,49 a**
Genel ort		**0,49 A**	**0,46 B**	**0,47 AB**	

Potasyum Dozları	Fosfor Dozları	Azot Dozları N1 (6 mM)	N2 (8 mM)	N3 (10 mM)	Ortalama
K1(4 mM)	P1 (1mM)	0,44	0,49	0,46	0,47
	P2 (2mM)	0,50	0,45	0,44	0,47
	Ort	**0,47 b A**	**0,48 a A**	**0,45 a A**	**0,47**
K2(6 mM)	P1(1mM)	0,47	0,47	0,46	0,47
	P2(2mM)	0,52	0,50	0,48	0,50
	Ort	**0,49 ab A**	**0,49 a A**	**0,47 a A**	**0,48**
K3(8 mM)	P1 (1mM)	0,52	0,40	0,48	0,47
	P2 (2mM)	0,53	0,44	0,51	0,49
	Ort	**0,52 a A**	**0,42 b B**	**0,49 a A**	**0,48**
Genel ort		**0,49 A**	**0,46 B**	**0,47 AB**	

$P_{LSD\ p<0,05}$	0,016	PxN_{LSD}	öd	P	Fosfor
$N_{LSD\ p<0,01}$	0,027	PxK_{LSD}	öd	N	Azot
K_{LSD}	öd	$NxK_{LSD\ p<0,01}$	0,046	K	Potasyum
$PxNxK_{LSD}$	öd				

Büyük harfler yatay karşılaştırmayı, küçük harfler düşey karşılaştırmayı ifade etmektedir.

Artan miktarlarda uygulanan fosfor, marul yapraklarının sodyum içeriğinde artış meydana getirmiştir. Yaprak sodyum içeriği (%0,47) düşük fosfor (P1) (1 mM) uygulamasında, yüksek fosfor P2 (2 mM) uygulamasına oranla (%0,49) daha az bulunmuştur (Çizelge 4.12).

Artan miktarlarda uygulanan azot, marul yapraklarının sodyum içeriğinde azalmaya neden olmuştur. Marul yapraklarının en yüksek sodyum içeriği (%0,49) N1 uygulamasından elde edilirken, en düşük sodyum içeriği (%0,46) N2 (8 mM) uygulamasından elde edilmiştir. N3 (% 0,47) N2 ile aynı grupta yer almıştır.

Azot x potasyum interaksiyonu birlikte değerlendirildiğinde, marul yapraklarının sodyum içeriğinde K1, K2 ve K3 dozlarında artan azot dozlarının da etkisiyle sodyum içeriğinde azalma meydana gelmiştir. Azot dozlarında ise artan potasyum dozlarının da etkisiyle N1 ve N3 dozunda artış, N2 dozunda azalma meydana gelmiştir. En yüksek yaprak sodyum içeriği (% 0,52) N1 x K3 uygulamasından sağlanırken, en düşük yaprak sodyum içeriği ise (% 0,42) N2 x K3 uygulamasından elde edilmiştir.

4.3.5. Yaprakların Kalsiyum İçeriği

Artan dozlarda uygulanan azot, fosfor ve potasyumun marul bitkisinin yaprak kalsiyum içerikleri üzerine etkisine ilişkin varyans analiz tablosu Çizelge 4.13'te, verilere ait ortalamalar ve LSD testine göre gruplandırmaları ise Çizelge 4.14'te sunulmuştur.

Çizelge 4.13. Yaprakların kalsiyum içeriğine ait varyans analiz tablosu

	Varyasyon kaynağı	Serbestlik derecesi	Kareler toplamı	Kareler ortalaması	Hesaplanan F değeri	Tablo değeri %5	Tablo değeri %1
Yaprak	Faktör-A	1	0,024	0,024	7,227**	3,920	6,850
	Faktör-B	2	0,230	0,115	34,703**	3,070	4,790
	A*B	2	0,074	0,037	11,193**	3,070	4,790
	Faktör-C	2	0,422	0,211	63,715**	3,070	4,790
	A*C	2	0,012	0,006	1,883öd	3,070	4,790
	B*C	4	0,248	0,062	18,703**	2,450	3,480
	A*B*C	4	0,056	0,014	4,232**	2,450	3,480
	Hata	144	0,477	0,003			
	Genel	161	1,545	0,010			

Faktör-A: Fosfor Dozları
Faktör-B: Azot Dozları
Faktör-C: Potasyum Dozları

öd: önemli değil
*: önemli p<0,05
**: önemli p<0,01

Marul bitkisinin yaprak kalsiyum içerikleri üzerine; azot, fosfor, potasyum, fosfor x azot, azot x potasyum, azot x fosfor x potasyum interaksiyonlarının etkisi istatistiksel olarak %1 olasılık düzeyinde önemli bulunurken, fosfor x potasyum, interaksiyonu ise önemli çıkmamıştır (Çizelge 4.13).

Çizelge 4.14. N, P, K dozlarının marul yapraklarının kalsiyum içeriğine (%) etkisi

Fosfor Dozları	Potasyum Dozları	Azot Dozları N1 (6 mM)		N2 (8 mM)		N3 (10 mM)		Ortalama	
P1 (1mM)	K1 (4 mM)	0,70	a B	0,83	a A	0,80	a A	0,78	
	K2 (6 mM)	0,57	b B	0,75	b A	0,78	a A	0,70	
	K3 (8 mM)	0,62	b B	0,56	c B	0,71	b A	0,63	
	Ort	**0,63**	**b C**	**0,72**	**b B**	**0,76**	**a A**	**0,70**	**b**
P2 (2mM)	K1 (4 mM)	0,79	a A	0,80	a A	0,77	a A	0,78	
	K2 (6 mM)	0,63	a B	0,82	a A	0,70	b B	0,72	
	K3 (8 mM)	0,66	a A	0,66	b A	0,71	ab A	0,68	
	Ort	**0,69**	**a B**	**0,76**	**a A**	**0,73**	**a AB**	**0,73**	**a**
Genel ort		**0,66**	**B**	**0,74**	**A**	**0,75**	**A**		

Potasyum Dozları	Fosfor Dozları	Azot Dozları N1 (6 mM)		N2 (8 mM)		N3 (10 mM)		Ortalama	
K1(4 mM)	P1 (1mM)	0,70	b B	0,83	a A	0,80	a A	0,78	
	P2 (2mM)	0,79	a A	0,80	a A	0,77	a A	0,78	
	Ort	**0,74**	**a B**	**0,81**	**a A**	**0,79**	**a AB**	**0,78**	**a**
K2(6 mM)	P1(1mM)	0,57	a B	0,75	a A	0,78	a A	0,70	
	P2(2mM)	0,63	a B	0,82	a A	0,70	b B	0,72	
	Ort	**0,60**	**b B**	**0,79**	**a A**	**0,74**	**ab A**	**0,71**	**b**
K3(8 mM)	P1 (1mM)	0,62	a B	0,56	b B	0,71	a A	0,63	
	P2 (2mM)	0,66	a A	0,66	a A	0,71	a A	0,68	
	Ort	**0,64**	**b B**	**0,61**	**b B**	**0,71**	**b A**	**0,66**	**c**
Genel ort		**0,66**	**B**	**0,74**	**A**	**0,75**	**A**		

$P_{LSD\ p<0,01}$	0,024	$PxN_{LSD\ p<0,01}$	0,041	P	Fosfor
$N_{LSD\ p<0,01}$	0,029	PxK_{LSD}	öd	N	Azot
$K_{LSD\ p<0,01}$	0,029	$NxK_{LSD\ p<0,01}$	0,050	K	Potasyum
$PxNxK_{LSD\ p<0,01}$	0,071				

Büyük harfler yatay karşılaştırmayı, küçük harfler düşey karşılaştırmayı ifade etmektedir.

Artan miktarlarda uygulanan azot dozları ile marul yapraklarının kalsiyum içeriğinde artış meydana gelmiştir. Marul yapraklarının en yüksek kalsiyum içeriği (%0,75) N3 uygulamasından elde edilirken, en düşük kalsiyum içeriği (%0,66) N1 (6 mM) uygulamasından elde edilmiştir. N2 (%0,74) N3 ile aynı grupta yer almıştır (Çizelge 4.14).

Artan miktarlarda uygulanan fosfor dozları ile, marul yapraklarının kalsiyum içeriğinde artış meydana gelmiştir. Yaprak kalsiyum içeriği (%0,70) düşük fosfor (P1) (1 mM) uygulamasında, yüksek fosfor P2 (2 mM) uygulamasına oranla (%0,73) daha az bulunmuştur.

Artan miktarlarda uygulanan potasyum, marul yapraklarının kalsiyum içeriğinde azalmaya neden olmuştur. En yüksek yaprak kalsiyum içeriği (%0,78) K1 (4 mM) uygulamasından elde edilirken, marul yapraklarının en düşük kalsiyum içeriği (%0,66) ise K3 (8 mM) dozundan elde edilmiştir.

Fosfor ve azot interaksiyonu birlikte değerlendirildiğinde, düşük fosfor uygulamasında azot dozlarının artması ile yaprakların kalsiyum içeriğinde artış meydana gelmiştir. En yüksek kalsiyum içeriği (%0,76) P1 x N3 uygulamasından, en düşük kalsiyum içeriği ise (% 0,63) P1 x N1 uygulamasından elde edilmiştir. Fosforun yüksek dozunda azotun artması ile N2 dozunda artış (%0,76), N3 dozunda (%0,73) ise azalma meydana gelmiştir.

Azot x potasyum interaksiyonu birlikte değerlendirildiğinde, marul yapraklarının kalsiyum içeriğinde K1, K2 ve K3 dozlarında artan azot dozlarının da etkisiyle birlikte kalsiyum içeriğinde artış meydana gelmiştir. Azot dozlarında ise artan potasyum dozlarının da etkisiyle N1, N2 ve N3 dozlarında azalma ve meydana gelmiştir. En yüksek yaprak kalsiyum içeriği (% 0,81) N2 x K1 uygulamasından sağlanırken, en düşük yaprak kalsiyum içeriği ise (% 0,60) N1 x K2 uygulamasından elde edilmiştir.

Azot x fosfor x potasyum interaksiyonu birlikte değerlendirildiğinde, marul yapraklarının kalsiyum içeriği, en yüksek (%0,83) N2 x K1 x P1 uygulamasından, en düşük kalsiyum içeriği ise (% 0,56) N2 x K3 x P1 uygulamasından elde edilmiştir.

Jones ve diğerleri (1991), marul bitkisinin kalsiyum içeriğinin % 1,20-2,20 aralığında noksan, % 2,30-3,50 arasında yeterli, % 3,50 ve üzerinde ise fazla olduğunu belirtmiştir. Denememizden elde edilen sonuçlar Ca miktarının noksan olduğunu göstermektedir.

4.3.6. Yaprakların Magnezyum İçeriği

Artan dozlarda uygulanan azot, fosfor ve potasyumun marul bitkisinin yaprak magnezyum içerikleri üzerine etkisine ilişkin varyans analiz tablosu Çizelge 4.15'te, verilere ait ortalamalar ve LSD testine göre gruplandırmaları ise Çizelge 4.16'da sunulmuştur.

Çizelge 4.15. Yaprakların magnezyum içeriğine ait varyans analiz tablosu

	Varyasyon kaynağı	Serbestlik derecesi	Kareler toplamı	Kareler ortalaması	Hesaplanan F değeri	Tablo değeri %5	Tablo değeri %1
Yaprak	Faktör-A	1	0,156	0,156	99,744**	3,920	6,850
	Faktör-B	2	0,011	0,006	3,529*	3,070	4,790
	A*B	2	0,087	0,043	27,767**	3,070	4,790
	Faktör-C	2	0,115	0,058	36,941**	3,070	4,790
	A*C	2	0,011	0,006	3,527*	3,070	4,790
	B*C	4	0,231	0,058	37,050**	2,450	3,480
	A*B*C	4	0,021	0,005	3,297*	2,450	3,480
	Hata	144	0,225	0,002			
	Genel	161	0,856	0,005			

Faktör-A: Fosfor Dozları — öd: önemli değil
Faktör-B: Azot Dozları — *: önemli p<0,05
Faktör-C: Potasyum Dozları — **: önemli p<0,01

Marul bitkisinin yaprak magnezyum içerikleri üzerine; fosfor, potasyum, azot x potasyum, fosfor x azot interaksiyonlarının etkisi istatistiksel olarak %1 olasılık düzeyinde, azot, fosfor x potasyum, azot x fosfor x potasyum interaksiyonları arasındaki ilişki %5 olasılık düzeyinde önemli bulunmuştur (Çizelge 4.15).

Artan miktarlarda uygulanan azot, marul yapraklarının magnezyum içeriğinde artış sağlamış olup, en yüksek magnezyum içeriği (% 0,47) N3 uygulamasından elde edilmiştir. Marul yapraklarının en düşük magnezyum içeriği (% 0,45) N1 (6 mM) uygulamasından elde edilirken, N2 (% 0,46) N3 ile aynı grupta yer almıştır (Çizelge 4.16).

Artan miktarlarda uygulanan fosfor, marul yapraklarının magnezyum içeriğinde azalmaya neden olmuştur. En yüksek yaprak magnezyum içeriği (%0,49) düşük fosfor (P1) uygulamasından elde edilmiştir. En yüksek yaprak magnezyum içeriği ise (%0,42) yüksek fosfor uygulamasından elde edilmiştir.

Çizelge 4.16. N, P, K dozlarının marul yapraklarının magnezyum içeriğine (%) etkisi

Fosfor Dozları	Potasyum Dozları	Azot Dozları N1 (6 mM)	N2 (8 mM)	N3 (10 mM)	Ortalama
P1 (1mM)	K1 (4 mM)	0,45 b C	0,55 a B	0,59 a A	0,53 a
	K2 (6 mM)	0,41 c C	0,46 b B	0,55 b A	0,47 b
	K3 (8 mM)	0,51 a A	0,42 c B	0,45 c B	0,46 b
	Ort	**0,45 a B**	**0,48 a B**	**0,53 a A**	**0,49 a**
P2 (2mM)	K1 (4 mM)	0,41 b B	0,49 a A	0,46 a A	0,45 a
	K2 (6 mM)	0,45 ab A	0,41 b A	0,43 a A	0,43 b
	K3 (8 mM)	0,45 a A	0,40 b B	0,32 b C	0,39 c
	Ort	**0,44 a A**	**0,43 b A**	**0,40 b B**	**0,42 b**
Genel ort		**0,45 B**	**0,46 AB**	**0,47 A**	

Potasyum Dozları	Fosfor Dozları	Azot Dozları N1 (6 mM)	N2 (8 mM)	N3 (10 mM)	Ortalama
K1(4 mM)	P1 (1mM)	0,45 a C	0,55 a B	0,59 a A	0,53 a
	P2 (2mM)	0,41 a B	0,49 b A	0,46 b A	0,45 b
	Ort	**0,43 b B**	**0,52 a A**	**0,52 a A**	**0,49 a**
K2(6 mM)	P1(1mM)	0,41 b C	0,46 a B	0,55 a A	0,47 a
	P2(2mM)	0,45 a A	0,41 b A	0,43 b A	0,43 b
	Ort	**0,43 b B**	**0,44 b B**	**0,49 b A**	**0,45 b**
K3(8 mM)	P1 (1mM)	0,51 a A	0,42 a B	0,45 a B	0,46 a
	P2 (2mM)	0,45 b A	0,40 a B	0,32 b C	0,39 b
	Ort	**0,48 a A**	**0,41 b B**	**0,38 c B**	**0,43 c**
Genel ort		**0,45 B**	**0,46 AB**	**0,47 A**	

$P_{LSD\ p<0,01}$	0,016	$PxN_{LSD\ p<0,01}$	0,028	P	Fosfor
$N_{LSD\ p<0,05}$	0,015	$PxK_{LSD\ p<0,05}$	0,021	N	Azot
$K_{LSD\ p<0,01}$	0,020	$NxK_{LSD\ p<0,01}$	0,035	K	Potasyum
$PxNxK_{LSD\ p<0,05}$	0,037				

Büyük harfler yatay karşılaştırmayı, küçük harfler düşey karşılaştırmayı ifade etmektedir.

Artan miktarlarda uygulanan potasyum, marul yapraklarının magnezyum içeriğinde azalmaya neden olmuştur. En yüksek yaprak magnezyum içeriği (%0,49) K1 (4 mM) uygulamasından elde edilirken, marul yapraklarının en düşük magnezyum içeriği (%0,43) ise K3 (8 mM) dozundan elde edilmiştir.

Fosfor ve azot interaksiyonu birlikte değerlendirildiğinde, düşük fosfor uygulamasında azot dozlarının artması ile yaprakların magnezyum içeriğinde artış meydana gelmiş, en yüksek magnezyum içeriği (%0,53) P1 x N3 uygulamasından elde edilmiştir. Fosforun yüksek dozunda artan azot dozunun da etkisiyle yaprakların magnezyum içeriğinde azalmaya neden olmuştur. En düşük yaprak magnezyum içeriği (%0,40) P2 x N3 uygulamasından elde edilmiştir.

Fosfor ve potasyum interaksiyonu birlikte değerlendirildiğinde, en yüksek yaprak magnezyum içeriği (%0,53) fosfor ve potasyumun en düşük dozunun yer aldığı P1 x K1 uygulamaları ortalamasından elde edilirken, en düşük yaprak magnezyum içeriği ise (%0,39) P2 x K3 uygulamaları ortalamasından elde edilmiştir.

Azot x potasyum interaksiyonu birlikte değerlendirildiğinde, marul yapraklarının magnezyum içeriğinde K1 ve K2 dozlarında artan azot dozlarının da etkisiyle birlikte artış görülürken, K3 dozunda ise azot dozlarının da etkisiyle birlikte magnezyum içeriğinde azalma meydana gelmiştir. Azot dozlarında ise artan potasyum dozlarının da etkisiyle N1 dozunda artış, N2 ve N3 dozlarında ise azalma ve meydana gelmiştir.

En yüksek yaprak magnezyum içeriği (%0,52) N2 x K1 uygulamasından sağlanırken, en düşük yaprak magnezyum içeriği ise (%0,38) N3 x K3 uygulamasından elde edilmiştir.

Azot x fosfor x potasyum interaksiyonu birlikte değerlendirildiğinde, marul yapraklarının magnezyum içeriği, en yüksek (%0,59) N3 x K1 x P1 uygulamasından, en düşük yaprak magnezyum içeriği ise (%0,32) N3 x K3 x P2 uygulamasından elde edilmiştir.

Yağmur ve diğerleri (2005) yapmış oldukları çalışma da artan potasyum dozlarının etkilerini araştırmışlar ve potasyum nitrat uygulamalarının kontrole göre meyvedeki N, P, K ve Cu içeriklerini arttırdığını, Mg içeriğine ise olumsuz yönde etki yaptığı belirlemişlerdir. Şimşek, (2019) artan miktarlarda uygulanan demir dozlarının ıspanak bitkisinin gelişimi üzerine etkilerini araştırmış bunun sonucunda da artan Fe dozlarının gelişim üzerine olumlu etkisi olduğunu saptamıştır. Demirin düşük dozlarının ise Mg'un sürgünlere taşınmasını engelleyerek ıspanak köklerinde Mg birikimine neden olduğunu saptamıştır. Jones ve diğerleri (1991), marul bitkisinin magnezyum içeriğinin % 0,30-0,40 aralığında noksan, % 0,50-0,80 arasında yeterli, % 0,80 ve üzerinde ise fazla olduğunu belirtmiştir. Buna göre denememizden elde edilen Mg içeriklerinin N, P, K dozlarına bağlı olarak noksan ile yeter seviye arasında değiştiği saptanmıştır.

4.3.7. Yaprakların Demir İçeriği

Artan dozlarda uygulanan azot, fosfor ve potasyumun marul bitkisinin yaprak demir içerikleri üzerine etkisine ilişkin varyans analiz tablosu Çizelge 4.17'de, verilere ait ortalamalar ve LSD testine göre gruplandırmaları ise Çizelge 4.18'de sunulmuştur.

Marul bitkisinin yaprak demir içerikleri üzerine; fosfor x azot interaksiyonlarının etkisi istatistiksel olarak %1 olasılık düzeyinde önemli bulunurken, diğer faktörler arasındaki etki ise önemli çıkmamıştır (Çizelge 4.17).

Çizelge 4.17. Yaprakların demir içeriğine ait varyans analiz tablosu

Varyasyon kaynağı	Serbestlik derecesi	Kareler toplamı	Kareler ortalaması	Hesaplanan F değeri	Tablo değeri %5	Tablo değeri %1
Faktör-A	1	4391,927	4391,927	3,325öd	3,920	6,850
Faktör-B	2	7910,028	3955,014	2,995öd	3,070	4,790
A*B	2	13489,975	6744,988	5,107**	3,070	4,790
Faktör-C	2	1920,333	960,167	0,727öd	3,070	4,790
A*C	2	2549,642	1274,821	0,965öd	3,070	4,790
B*C	4	7204,944	1801,236	1,364öd	2,450	3,480
A*B*C	4	6635,205	1658,801	1,256öd	2,450	3,480
Hata	144	190179,972	1320,694			
Genel	161	234282,028	1455,168			

Faktör-A: Fosfor Dozları — öd: önemli değil
Faktör-B: Azot Dozları — *: önemli p<0,05
Faktör-C: Potasyum Dozları — **: önemli p<0,01

Fosfor ve azot interaksiyonu birlikte değerlendirildiğinde, düşük fosfor uygulamasında azot dozlarının artması ile birlikte yaprakların demir içeriğinde artış meydana gelmiştir. Fosforun yüksek dozunda ise artan azot dozlarının da etkisiyle yaprakların demir içeriğinde azalma meydana gelmiştir. En yüksek yaprak demir içeriği (130,92 mg kg^{-1}) P1 x N3 uygulamasından, en düşük yaprak demir içeriği ise (92,10 mg kg^{-1}) P1 x N1 uygulamasından elde edilmiştir.

Demirin alınması azotun değişik formlarına bağlı olarak farklılık göstermektedir. Ortamda fazla miktarda NO_3-N alınması katyon/anyon oranını etkilemekte ve buna bağlı olarak rizosfere salgılanan HCO_3^- bitkilerde Fe alımının azalmasına neden olmaktadır (Chen ve Barak, 1982). Artan miktarda uygulanan NO_3-N uygulaması soya bitkisi çeşidinde ürün miktarında azalmaya sebep olmuştur (Aktaş ve Egmond, 1979; Kacar ve

Katkat, 2015). Jones ve diğerleri (1991), marul bitkisinin demir içeriğinin 40-49 mg kg^{-1} aralığında noksan, 50-100 mg kg^{-1} arasında yeterli, 100 mg kg^{-1} ve üzerinde ise fazla olduğunu belirtmiştir. Buna göre denememizden elde edilen Fe içeriklerinin yeter ve fazla seviyede olduğu saptanmıştır.

Çizelge 4.18. N, P, K dozlarının marul yapraklarının demir içeriğine (mg kg^{-1}) etkisi

Fosfor Dozları	Potasyum Dozları	Azot Dozları N1 (6 mM)	N2 (8 mM)	N3 (10 mM)	Ortalama
P1 (1mM)	K1 (4 mM)	92,33	130,86	110,97	111,39
	K2 (6 mM)	87,08	93,94	138,81	106,61
	K3 (8 mM)	96,89	96,92	142,97	112,26
	Ort	**92,10 a B**	**107,24 a AB**	**130,92 a A**	**110,09**
P2 (2mM)	K1 (4 mM)	104,56	113,69	105,19	107,81
	K2 (6 mM)	105,17	97,94	98,33	100,48
	K3 (8 mM)	91,19	97,36	83,61	90,72
	Ort	**100,31 a A**	**103,00 a A**	**95,71 b A**	**99,67**
Genel ort		**96,20**	**105,12**	**113,31**	

Potasyum Dozları	Fosfor Dozları	Azot Dozları N1 (6 mM)	N2 (8 mM)	N3 (10 mM)	Ortalama
K1(4 mM)	P1 (1mM)	92,33	130,86	110,97	111,39
	P2 (2mM)	104,56	113,69	98,33	107,81
	Ort	**98,44**	**122,28**	**108,08**	**109,60**
K2(6 mM)	P1(1mM)	87,08	93,94	138,81	106,61
	P2(2mM)	105,17	97,94	98,33	100,48
	Ort	**96,12**	**95,94**	**118,57**	**103,55**
K3(8 mM)	P1 (1mM)	96,89	96,92	142,97	112,26
	P2 (2mM)	91,19	97,36	83,61	90,72
	Ort	**94,04**	**97,14**	**113,29**	**101,49**
Genel ort		**96,20**	**105,12**	**113,31**	

P_{LSD}	öd	$PxN_{LSD\ p<0,01}$	25,974	P	Fosfor
N_{LSD}	öd	PxK_{LSD}	öd	N	Azot
K_{LSD}	öd	NxK_{LSD}	öd	K	Potasyum
$PxNxK_{LSD}$	öd				

Büyük harfler yatay karşılaştırmayı, küçük harfler düşey karşılaştırmayı ifade etmektedir.

4.3.8. Yaprakların Bakır İçeriği

Artan dozlarda uygulanan azot, fosfor ve potasyumun marul bitkisinin yaprak bakır içerikleri üzerine etkisine ilişkin varyans analiz tablosu Çizelge 4.19'de, verilere ait ortalamalar ve LSD testine göre gruplandırmaları ise Çizelge 4.20'da sunulmuştur.

Marul bitkisinin yaprak bakır içerikleri üzerine; fosfor, fosfor x azot, fosfor x potasyum, azot x potasyum, azot x fosfor x potasyum interaksiyonlarının etkisi istatistiksel olarak

%1 olasılık düzeyinde önemli bulunurken, azot ve potasyum interaksiyonlarının etkisi önemli bulunmamıştır (Çizelge 4.19).

Çizelge 4.19. Yaprakların bakır içeriğine ait varyans analiz tablosu

	Varyasyon kaynağı	Serbestlik derecesi	Kareler toplamı	Kareler ortalaması	Hesaplanan F değeri	Tablo değeri %5	Tablo değeri %1
Yaprak	Faktör-A	1	221,177	221,177	386,800**	3,920	6,850
	Faktör-B	2	1,604	0,802	1,402öd	3,070	4,790
	A*B	2	5,979	2,989	5,228**	3,070	4,790
	Faktör-C	2	1,555	0,777	1,359öd	3,070	4,790
	A*C	2	30,736	15,368	26,876**	3,070	4,790
	B*C	4	90,225	22,556	39,447**	2,450	3,480
	A*B*C	4	14,071	3,518	6,152**	2,450	3,480
	Hata	144	82,341	0,572			
	Genel	161	447,688	2,781			

Faktör-A: Fosfor Dozları — öd: önemli değil
Faktör-B: Azot Dozları — *: önemli p<0,05
Faktör-C: Potasyum Dozları — **: önemli p<0,01

Çizelge 4.20. N, P, K dozlarının marul yapraklarının bakır içeriğine (mg kg^{-1}) etkisi

Fosfor Dozları	Potasyum Dozları	Azot Dozları N1 (6 mM)		N2 (8 mM)		N3 (10 mM)		Ortalama	
P1 (1mM)	K1 (4 mM)	9,56	b C	11,65	a A	10,53	a B	10,58	a
	K2 (6 mM)	9,67	b B	11,12	a A	10,15	a B	10,32	a
	K3 (8 mM)	11,09	a A	7,83	b B	10,35	a A	9,75	b
	Ort	**10,11**	**a A**	**10,20**	**a A**	**10,34**	**a A**	**10,22**	**a**
P2 (2mM)	K1 (4 mM)	7,14	b A	7,68	a A	7,40	ab A	7,41	b
	K2 (6 mM)	7,68	b AB	8,42	a A	6,76	b B	7,62	b
	K3 (8 mM)	9,70	a A	7,88	a B	8,29	a B	8,62	a
	Ort	**8,17**	**b A**	**7,99**	**b AB**	**7,48**	**b B**	**7,88**	**b**
Genel ort		**9,14**		**9,09**		**8,91**			

Potasyum Dozları	Fosfor Dozları	Azot Dozları N1 (6 mM)		N2 (8 mM)		N3 (10 mM)		Ortalama	
K1(4 mM)	P1 (1mM)	9,56	a C	11,65	a A	10,53	a B	10,58	a
	P2 (2mM)	7,14	b A	7,68	b A	7,40	b A	7,41	b
	Ort	**8,35**	**b B**	**9,66**	**a A**	**8,97**	**ab B**	**8,99**	
K2(6 mM)	P1(1mM)	9,67	a B	11,12	a A	10,15	a B	10,32	a
	P2(2mM)	7,68	b AB	8,42	b A	6,76	b B	7,62	b
	Ort	**8,69**	**b B**	**9,77**	**a A**	**8,45**	**b B**	**8,97**	
K3(8 mM)	P1 (1mM)	11,09	a A	7,83	a B	10,35	a A	9,75	a
	P2 (2mM)	9,70	b A	7,88	a B	8,29	b B	8,62	b
	Ort	**10,39**	**a A**	**7,85**	**b C**	**9,32**	**a B**	**9,19**	
Genel ort		**9,14**		**9,09**		**8,91**			

$P_{LSD\ p<0,01}$	0,312	$PxN_{LSD\ p<0,01}$	0,540	P	Fosfor
N_{LSD}	öd	$PxK_{LSD\ p<0,01}$	0,540	N	Azot
K_{LSD}	öd	$NxK_{LSD\ p<0,01}$	0,662	K	Potasyum
$PxNxK_{LSD\ p<0.01}$	0,936				

Büyük harfler yatay karşılaştırmayı, küçük harfler düşey karşılaştırmayı ifade etmektedir.

Artan miktarlarda uygulanan fosfor, marul yapraklarının bakır içeriğinde azalmaya neden olmuştur. Düşük fosfor (P1) uygulamasında yaprak bakır içeriği (10,22 mg kg^{-1}) yüksek fosfor (P2) (2 mM) uygulamasına oranla (7,88 mg kg^{-1}) daha fazla bulunmuştur.

Fosfor ve azot interaksiyonu birlikte değerlendirildiğinde, düşük fosfor uygulamasında azot dozlarının artması ile yaprakların bakır içeriğinde artış meydana gelirken, fosforun yüksek dozunda azotun artması yaprakların bakır içeriğinde azalmaya neden olmuştur. Azot dozlarında ise fosforun artmasıyla birlikte bakır içeriğinde azalmalar gözlemlenmiştir. En yüksek yaprak bakır içeriği (10,34 mg kg^{-1}) P1 x N3 uygulamasından, en düşük yaprak bakır içeriği ise (7,48 mg kg^{-1}) P2 x N3 uygulamasından elde edilmiştir.

Fosfor ve potasyum interaksiyonu birlikte değerlendirildiğinde, en yüksek yaprak bakır içeriği (10,58 mg kg^{-1}) fosfor ve potasyumun en düşük dozunun yer aldığı P1 x K1 uygulamaları ortalamasından elde edilirken, en düşük yaprak bakır içeriği ise (7,41 mg kg^{-1}) P2 x K1 uygulamaları ortalamasından elde edilmiştir.

Azot x potasyum interaksiyonu birlikte değerlendirildiğinde, marul yapraklarının bakır içeriğinde K1 ve K2 dozunda artış, K3 dozunda artan azot dozlarının da etkisiyle birlikte bakır içeriğinde azalma meydana gelmiştir. Azot dozlarında ise artan potasyum dozlarının da etkisiyle N1 ve N3 dozlarında artış, N2 dozunda ise azalma meydana gelmiştir. En yüksek yaprak bakır içeriği (10,39 mg kg^{-1}) N1 x K3 uygulamasından sağlanırken, en düşük yaprak bakır içeriği ise (7,85 mg kg^{-1}) N2 x K3 uygulamasından elde edilmiştir.

Azot x fosfor x potasyum interaksiyonu birlikte değerlendirildiğinde, marul yapraklarının bakır içeriği, en yüksek yaprak bakır içeriği (11,65 mg kg^{-1}) N2 x K1 x P1 uygulamasından, en düşük yaprak bakır içeriği ise (6,76 mg kg^{-1}) N3 x K2 x P2 uygulamasından elde edilmiştir.

Değişik iyonların Cu^{+2} alımı üzerine etki yaptığı saptanmıştır. Azot uygulamasının Cu^{+2} alımını azalttığı tespit edilmiş. Azotun bitki büyümesini arttırması sonucu ortaya çıkan sulandırma etkisinin ve yüksek miktardaki azota bağlı olarak yaşlı yapraklardan

meristematik dokulara bakırın daha az taşınmasının buna neden olduğuna inanılmıştır (Hill, Robson, Loneragan, 1978; Gartell, 1981). Benzer şekilde P'un, bitkilerde Cu alımını azaltıcı etki yaptığı bildirilmiş, bu olgunun, toprağa uygulanan fosforun bitki büyümesini arttırması (sulandırma etkisi) nedeniyle Cu alımının yetersiz kalması şeklinde açıklanmıştır (Robson ve Reuter, 1981; Kacar ve diğerleri, 2015). Jones ve diğerleri (1991), marul bitkisinin bakır içeriğinin 5-7 mg kg^{-1} aralığında noksan, 8-25 mg kg^{-1} arasında yeterli, 25 mg kg^{-1} ve üzerinde ise fazla olduğunu belirtmiştir. Buna göre denememizden elde edilen Cu içeriklerinin yeter seviyede olduğu saptanmıştır.

4.3.9. Yaprakların Çinko İçeriği

Artan dozlarda uygulanan azot, fosfor ve potasyumun marul bitkisinin yaprak çinko içerikleri üzerine etkisine ilişkin varyans analiz tablosu Çizelge 4.21'de, verilere ait ortalamalar ve LSD testine göre gruplandırmaları ise Çizelge 4.22'de sunulmuştur.

Çizelge 4.21. Yaprakların çinko içeriğine ait varyans analiz tablosu

	Varyasyon kaynağı	Serbestlik derecesi	Kareler toplamı	Kareler ortalaması	Hesaplanan F değeri	Tablo değeri %5	Tablo değeri %1
Yaprak	Faktör-A	1	2537,727	2537,727	1,580öd	3,920	6,850
	Faktör-B	2	8460,021	4230,010	2,634öd	3,070	4,790
	A*B	2	3351,254	1675,627	1,043öd	3,070	4,790
	Faktör-C	2	18011,568	9005,784	5,607**	3,070	4,790
	A*C	2	2619,026	1309,513	0,815öd	3,070	4,790
	B*C	4	8942,646	2235,661	1,392öd	2,450	3,480
	A*B*C	4	8489,559	2122,390	1,321öd	2,450	3,480
	Hata	144	231279,381	1606,107			
	Genel	161	283691,181	1762,057			

Faktör-A: Fosfor Dozları — öd: önemli değil
Faktör-B: Azot Dozları — *: önemli p<0,05
Faktör-C: Potasyum Dozları — **: önemli p<0,01

Marul bitkisinin yaprak çinko içerikleri üzerine; potasyum etkisi istatistiksel olarak %1 olasılık düzeyinde önemli bulunurken, diğer faktörler arasındaki etki ise önemli çıkmamıştır (Çizelge 4.21).

Artan miktarlarda uygulanan potasyum, marul yapraklarının çinko içeriğinde azalmaya neden olmuştur. En yüksek yaprak çinko içeriği (95,47 mg kg^{-1}) K1 (4 mM)

uygulamasından elde edilirken, marul yapraklarının en düşük çinko içeriği (69,66 mg kg^{-1}) ise K3 (8 mM) dozundan elde edilmiştir.

Yağmur ve diğerleri (2013) marul bitkisinin vejetatif büyüme ve gelişme özellikleri ile bazı mineral madde kapsamı üzerine çinko uygulamalarının etkisini belirlemek amacıyla yürüttükleri çalışmada; sera koşullarında topraktan ve yapraktan çinko sülfat uygulayarak yetiştirilen marul bitkisinde topraktan 20 ppm (ZnT2) ve yapraktan %0,20 (ZnY2) Zn gübrelemesi ile bazı gelişme parametrelerinde ve bitkinin N, K ve Zn içeriklerinde artışların sağlanabileceğini ifade etmiştir.

Çizelge 4.22. N, P, K dozlarının marul yapraklarının çinko içeriğine (mg kg^{-1}) etkisi

Fosfor Dozları	Potasyum Dozları	Azot Dozları N1 (6 mM)	N2 (8 mM)	N3 (10 mM)	Ortalama
P1 (1mM)	K1 (4 mM)	76,20	147,56	85,23	102,99
	K2 (6 mM)	74,28	86,83	84,20	81,77
	K3 (8 mM)	75,53	74,55	76,94	75,67
	Ort	**75,34**	**102,98**	**82,12**	**86,81**
P2 (2mM)	K1 (4 mM)	83,08	92,43	88,33	87,95
	K2 (6 mM)	84,86	83,50	86,92	85,09
	K3 (8 mM)	59,43	71,34	60,19	63,65
	Ort	**75,79**	**82,42**	**78,48**	**78,90**
Genel ort		**75,56**	**92,70**	**80,30**	

Potasyum Dozları	Fosfor Dozları	Azot Dozları N1 (6 mM)	N2 (8 mM)	N3 (10 mM)	Ortalama	
K1(4 mM)	P1 (1mM)	76,20	147,56	85,23	102,99	
	P2 (2mM)	83,08	92,43	88,33	87,95	
	Ort	**79,64**	**119,99**	**86,78**	**95,47**	**a**
K2(6 mM)	P1(1mM)	74,28	86,83	84,20	81,77	
	P2(2mM)	84,86	83,50	86,92	85,09	
	Ort	**79,57**	**85,17**	**85,56**	**83,43**	**ab**
K3(8 mM)	P1 (1mM)	75,53	74,55	76,94	75,67	
	P2 (2mM)	59,43	71,34	60,19	63,65	
	Ort	**67,48**	**72,95**	**68,56**	**69,66**	**b**
Genel ort		**75,56**	**92,70**	**80,30**		

P_{LSD}	öd	PxN_{LSD}	öd	P	Fosfor
N_{LSD}	öd	PxK_{LSD}	öd	N	Azot
$K_{LSD\ p<0,01}$	20,254	NxK_{LSD}	öd	K	Potasyum
$PxNxK_{LSD}$	öd				

Büyük harfler yatay karşılaştırmayı, küçük harfler düşey karşılaştırmayı ifade etmektedir.

Çinko alımı, rizosferde pH asit yöne doğru değiştikçe artarken, alkali yöne doğru değiştikçe azalır. Topraklarda çinkonun yarayışlılığı yönünden pH 5,5- 6,5 genelde kritik

düzey olarak kabul edilmiştir (Kacar ve diğerleri 2015). Jones ve diğerleri (1991), marul bitkisinin çinko içeriğinin 20-24 mg kg^{-1} aralığında noksan, 25-250 mg kg^{-1} arasında yeterli, 250 mg kg^{-1} ve üzerinde ise fazla olduğunu belirtmiştir. Buna göre denememizden elde edilen Zn içeriklerinin yeter seviyede olduğu saptanmıştır.

4.3.10. Yaprakların Mangan İçeriği

Artan dozlarda uygulanan azot, fosfor ve potasyumun marul bitkisinin yaprak mangan içerikleri üzerine etkisine ilişkin varyans analiz tablosu Çizelge 4.23'te, verilere ait ortalamalar ve LSD testine göre gruplandırmaları ise Çizelge 4.24'te sunulmuştur.

Marul bitkisinin yaprak mangan içerikleri üzerine; azot, fosfor, potasyum, fosfor x azot, fosfor x potasyum, azot x potasyum, azot x fosfor x potasyum interaksiyonlarının etkisi istatistiksel olarak %1 olasılık düzeyinde, önemli bulunmuştur (Çizelge 4.23).

Çizelge 4.23. Yaprakların mangan içeriğine ait varyans analiz tablosu

	Varyasyon kaynağı	Serbestlik derecesi	Kareler toplamı	Kareler ortalaması	Hesaplanan F değeri	Tablo değeri %5	Tablo değeri %1
Yaprak	Faktör-A	1	84872,000	84872,000	302,622**	3,920	6,850
	Faktör-B	2	108639,257	54319,628	193,684**	3,070	4,790
	A*B	2	11170,836	5585,418	19,916**	3,070	4,790
	Faktör-C	2	18379,465	9189,733	32,767**	3,070	4,790
	A*C	2	5053,433	2526,716	9,009**	3,070	4,790
	B*C	4	43407,097	10851,774	38,693**	2,450	3,480
	A*B*C	4	19602,801	4900,700	17,474**	2,450	3,480
	Hata	144	40385,597	280,456			
	Genel	161	331510,486	2059,071			

Faktör-A: Fosfor Dozları — öd: önemli değil
Faktör-B: Azot Dozları — *: önemli p<0,05
Faktör-C: Potasyum Dozları — **: önemli p<0,01

Artan miktarlarda uygulanan fosfor, marul yapraklarının mangan içeriğinde azalmaya neden olmuştur. En yüksek yaprak mangan içeriği (143,81 mg kg^{-1}) düşük fosfor (P1) uygulamasından elde edilirken, fosforun artışı ile P2 (2 mM) uygulamasından en düşük yaprak mangan içeriği (98,04 mg kg^{-1}) elde edilmiştir.

Artan miktarlarda uygulanan azot, marul yapraklarının mangan içeriğinde azalma meydana getirmiş olup, en yüksek yaprak mangan içeriği (155,47 mg kg^{-1}) N1

uygulamasından, en düşük yaprak mangan içeriği (93,12 mg kg^{-1}) ise N3 (10 mM) uygulamasından elde edilmiştir.

Çizelge 4.24. N, P, K dozlarının marul yapraklarının mangan içeriğine (mg kg^{-1}) etkisi

Fosfor Dozları	Potasyum Dozları	Azot Dozları N1 (6 mM)	N2 (8 mM)	N3 (10 mM)	Ortalama
P1 (1mM)	K1 (4 mM)	190,64 ab A	96,53 b B	87,47 b B	124,88 b
	K2 (6 mM)	203,33 a A	188,19 a A	85,39 b B	158,97 a
	K3 (8 mM)	176,11 b A	112,47 b C	154,19 a B	147,59 a
	Ort	**190,03 a A**	**132,40 a B**	**109,02 a C**	**143,81 a**
P2 (2mM)	K1 (4 mM)	106,28 b A	84,83 b B	69,44 b B	86,85 b
	K2 (6 mM)	116,94 b A	108,61 a A	66,64 b B	97,40 b
	K3 (8 mM)	139,53 a A	94,44 ab B	95,61 a B	109,86 a
	Ort	**120,92 b A**	**95,96 b B**	**77,23 b C**	**98,04 b**
Genel ort		**155,47 A**	**114,18 B**	**93,12 C**	

Potasyum Dozları	Fosfor Dozları	Azot Dozları N1 (6 mM)	N2 (8 mM)	N3 (10 mM)	Ortalama
K1(4 mM)	P1 (1mM)	190,64 a A	96,53 a B	87,47 a B	124,88 a
	P2 (2mM)	106,28 b A	84,83 a B	69,44 a B	86,85 b
	Ort	**148,46 a A**	**90,68 b B**	**78,46 b B**	**105,87 b**
K2(6 mM)	P1(1mM)	203,33 a A	188,19 a A	85,39 a B	158,97 a
	P2(2mM)	116,94 b A	108,61 b A	66,64 a B	97,40 b
	Ort	**160,14 a A**	**148,40 a A**	**76,01 b B**	**128,18 a**
K3(8 mM)	P1 (1mM)	176,11 a A	112,47 a C	154,19 a B	147,59 a
	P2 (2mM)	139,53 b A	94,44 a B	95,61 b B	109,86 b
	Ort	**157,82 a A**	**103,46 b C**	**124,90 a B**	**128,73 a**
Genel ort		**155,47 A**	**114,18 B**	**93,12 C**	

$P_{LSD\ p<0,01}$	6,911	$PxN_{LSD\ p<0,01}$	11,970	P	Fosfor
$N_{LSD\ p<0,01}$	8,464	$PxK_{LSD\ p<0,01}$	11,970	N	Azot
$K_{LSD\ p<0,01}$	8,464	$NxK_{LSD\ p<0,01}$	14,660	K	Potasyum
$PxNxK_{LSD\ p<0,01}$	20,732				

Büyük harfler yatay karşılaştırmayı, küçük harfler düşey karşılaştırmayı ifade etmektedir.

Fosfor ve azot interaksiyonu birlikte değerlendirildiğinde, fosfor dozlarının artan azot dozlarının etkisiyle birlikte yaprakların mangan içeriğinde azalmaya neden olurken, azot dozlarında ise artan fosfor dozlarının etkisiyle mangan içeriğinde azalmaya neden olmuştur. En yüksek yaprak mangan içeriği (190,03 mg kg^{-1}) P1 x N1 uygulamasından, en düşük yaprak mangan içeriği ise (77,23 mg kg^{-1}) P2 x N3 uygulamasından elde edilmiştir.

Artan miktarlarda uygulanan potasyum, marul yapraklarının mangan içeriğinde artış sağlamıştır. En yüksek yaprak mangan içeriği (128,73 mg kg^{-1}) K3 (8 mM)

uygulamasından elde edilirken, marul yapraklarının en düşük mangan içeriği (105,87 mg kg^{-1}) ise K1 (4 mM) dozundan elde edilmiştir. K2 (6 mM) (128,18 mg kg^{-1}) K3 ile aynı grupta yer almıştır.

Fosfor ve potasyum interaksiyonu birlikte değerlendirildiğinde, artan fosfor ve potasyum interaksiyonlarının etkisiyle yaprak mangan içeriğinde artışlar meydana gelmiştir. En yüksek yaprak mangan içeriği (158,97 mg kg^{-1}) P1 x K2 uygulamaları ortalamasından elde edilirken, en düşük yaprak mangan içeriği ise (86,85 mg kg^{-1}) P2 x K1 uygulamaları ortalamasından elde edilmiştir.

Azot x potasyum interaksiyonu birlikte değerlendirildiğinde, marul yapraklarının mangan içeriğinde K1, K2 ve K3 dozlarında artan azot dozlarının da etkisiyle birlikte mangan içeriğinde azalma meydana gelmiştir. Azot dozlarında ise artan potasyum dozlarının da etkisiyle N1, N2 ve N3 dozlarında artış meydana gelmiştir. En yüksek yaprak mangan içeriği (160,14 mg kg^{-1}) N1 x K2 uygulamasından sağlanırken, en düşük yaprak mangan içeriği ise (76,01 mg kg^{-1}) N3 x K2 uygulamasından elde edilmiştir.

Azot x fosfor x potasyum interaksiyonu birlikte değerlendirildiğinde, marul yapraklarının mangan içeriği, en yüksek yaprak mangan içeriği (203,33 mg kg^{-1}) N1 x K2 x P1 uygulamasından, en düşük yaprak mangan içeriği ise (66,64 mg kg^{-1}) N3 x K2 x P2 uygulamasından elde edilmiştir.

Oymak (2018) yapmış olduğu çalışma sonucunda marul bitkisinin toplam P, Cu, Zn ve Mn içeriklerinde artış meydana geldiğini tespit etmiştir. Şahin ve diğerleri (2016) yaptığı çalışmada artan miktarda uygulanan fosfor ile marul bitkisinin Fe, Zn ve Mn konsantrasyonlarının azaldığı belirtmiştir. Jones ve diğerleri (1991), marul bitkisinin mangan içeriğinin 10-14 mg kg^{-1} aralığında noksan, 15-250 mg kg^{-1} arasında yeterli, 250 mg kg^{-1} ve üzerinde ise fazla olduğunu belirtmiştir. Denememizden elde edilen sonuçlara göre marul yaprağının Mn içeriğinin yeter düzeyde olduğu saptanmıştır.

4.3.11. Yaprakların Bor İçeriği

Artan dozlarda uygulanan azot, fosfor ve potasyumun marul bitkisinin yaprak bor içerikleri üzerine etkisine ilişkin varyans analiz tablosu Çizelge 4.25'te, verilere ait ortalamalar ve LSD testine göre gruplandırmaları ise Çizelge 4.26'da sunulmuştur.

Çizelge 4.25. Yaprakların bor içeriğine ait varyans analiz tablosu

	Varyasyon kaynağı	Serbestlik derecesi	Kareler toplamı	Kareler ortalaması	Hesaplanan F değeri	Tablo değeri %5	Tablo değeri %1
	Faktör-A	1	6537,580	6537,580	147,674**	3,920	6,850
	Faktör-B	2	563,352	281,676	6,363**	3,070	4,790
	A*B	2	772,442	386,221	8,724**	3,070	4,790
	Faktör-C	2	1115,834	557,917	12,602**	3,070	4,790
Yaprak	A*C	2	1182,473	591,237	13,355**	3,070	4,790
	B*C	4	5550,933	1387,733	31,347**	2,450	3,480
	A*B*C	4	5422,971	1355,743	30,624**	2,450	3,480
	Hata	144	6374,948	44,270			
	Genel	161	27520,533	170,935			

Faktör-A: Fosfor Dozları — öd: önemli değil
Faktör-B: Azot Dozları — *: önemli p<0,05
Faktör-C: Potasyum Dozları — **: önemli p<0,01

Marul bitkisinin yaprak bor içerikleri üzerine; azot, fosfor, potasyum, fosfor x azot, fosfor x potasyum, azot x potasyum, azot x fosfor x potasyum interaksiyonlarının etkisi istatistiksel olarak %1 olasılık düzeyinde, önemli bulunmuştur (Çizelge 4.17).

Artan miktarlarda uygulanan fosfor, marul yapraklarının bor içeriğinde azalmaya neden olmuştur. En yüksek yaprak bor içeriği (47,21 mg kg^{-1}) düşük fosfor (P1) uygulamasından elde edilirken, (P2) (2 mM) uygulamasından en düşük yaprak bor içeriği (34,50 mg kg^{-1}) elde edilmiştir.

Artan miktarlarda uygulanan azot, marul yapraklarının bor içeriğinde azalmaya neden olmuş, en yüksek bor içeriği (42,46 mg kg^{-1}) N2 uygulamasından elde edilirken, N1 (41,86 mg kg^{-1}) N2 ile aynı grupta yer almıştır. Marul yapraklarının en düşük yaprak bor içeriği (38,24 mg kg^{-1}) ile N3 (10 mM) uygulamasında belirlenmiştir.

Fosfor ve azot interaksiyonu birlikte değerlendirildiğinde, fosfor dozları artan azot dozlarınında etkisiyle birlikte yaprakların bor içeriğinde azalma meydana gelirken, azot

dozlarında ise artan fosfor dozlarının etkisiyle birlikte yaprak bor içeriğinde azalmaya neden olmuştur. En yüksek yaprak bor içeriği (51,54 mg kg^{-1}) P1 x N2 uygulamasından, en düşük yaprak bor içeriği ise (33,37 mg kg^{-1}) P2 x N2 uygulamasından elde edilmiştir.

Çizelge 4.26. N, P, K dozlarının marul yapraklarının bor içeriğine (mg kg^{-1}) etkisi

Fosfor Dozları	Potasyum Dozları	Azot Dozları N1 (6 mM)		N2 (8 mM)		N3 (10 mM)		Ortalama	
	K1 (4 mM)	68,09	a A	41,35	b C	53,04	a B	54,16	a
P1	K2 (6 mM)	42,57	b A	42,60	b A	41,79	b A	42,32	b
(1mM)	K3 (8 mM)	33,65	c B	70,67	a A	31,10	c B	45,14	b
	Ort	**48,10**	**a A**	**51,54**	**a A**	**41,98**	**a B**	**47,21**	**a**
	K1 (4 mM)	34,12	a A	34,16	a A	36,52	a A	34,93	a
P2	K2 (6 mM)	37,75	a A	33,91	a A	37,32	a A	36,33	a
(2mM)	K3 (8 mM)	35,01	a A	32,05	a A	29,66	a A	32,24	a
	Ort	**35,63**	**b A**	**33,37**	**b A**	**34,50**	**b A**	**34,50**	**b**
Genel ort		**41,86**	**A**	**42,46**	**A**	**38,24**	**B**		

Potasyum Dozları	Fosfor Dozları	Azot Dozları N1 (6 mM)		N2 (8 mM)		N3 (10 mM)		Ortalama	
	P1 (1mM)	68,09	a A	41,35	a C	53,04	a B	54,16	a
K1(4 mM)	P2 (2mM)	34,12	b A	34,16	a A	36,52	b A	34,93	b
	Ort	**51,10**	**a A**	**37,76**	**b C**	**44,78**	**a B**	**44,55**	**a**
	P1(1mM)	42,57	a A	42,60	a A	41,79	a A	42,32	a
K2(6 mM)	P2(2mM)	37,75	a A	33,91	b A	37,32	a A	36,33	b
	Ort	**40,16**	**b A**	**38,25**	**b A**	**39,56**	**a A**	**39,32**	**b**
	P1 (1mM)	33,65	a B	70,67	a A	31,10	a B	45,14	a
K3(8 mM)	P2 (2mM)	35,01	a A	32,05	b A	29,66	a A	32,24	b
	Ort	**34,33**	**c B**	**51,36**	**a A**	**30,38**	**b B**	**38,69**	**b**
Genel ort		**41,86**	**A**	**42,46**	**A**	**38,24**	**B**		

$P_{LSD\ p<0,01}$	2,746	$PxN_{LSD\ p<0,01}$	4,756	P	Fosfor
$N_{LSD\ p<0,01}$	3,363	$PxK_{LSD\ p<0,01}$	4,756	N	Azot
$K_{LSD\ p<0,01}$	3,363	$NxK_{LSD\ p<0,01}$	5,824	K	Potasyum
$PxNxK_{LSD\ p<0,01}$	8,237				

Büyük harfler yatay karşılaştırmayı, küçük harfler düşey karşılaştırmayı ifade etmektedir.

Artan miktarlarda uygulanan potasyum, marul yapraklarının bor içeriğinde azalmaya neden olmuştur. En yüksek yaprak bor içeriği (44,55 mg kg^{-1}) K1 (4 mM) uygulamasından elde edilirken, marul yapraklarının en düşük bor içeriği (38,69 mg kg^{-1}) ise K3 (8 mM) dozundan elde edilmiştir. K2 (6 mM) (39,32mg kg^{-1}) K3 ile aynı grupta yer almıştır.

Fosfor ve potasyum interaksiyonu birlikte değerlendirildiğinde, fosfor ve potasyumun artışı ile birlikte bor içeriğinde azalmalar görülmüş, en yüksek bor içeriği (54,16 mg kg^{-}

[1]) fosfor ve potasyumun en düşük dozunun yer aldığı P1 x K1 uygulamaları ortalamasından elde edilirken, en düşük bor içeriği ise (32,24 mg kg^{-1}) P2 x K3 uygulamaları ortalamasından elde edilmiştir.

Azot x potasyum interaksiyonu birlikte değerlendirildiğinde, marul yapraklarının bor içeriğinde K1, K2 ve K3 dozlarında artan azot dozlarının da etkisiyle birlikte bor içeriğinde azalma meydana gelmiştir. Azot dozlarında ise artan potasyum dozlarının da etkisiyle N1 ve N3 dozlarında azalış, N2 dozunda artış meydana gelmiştir. En yüksek yaprak bor içeriği (51,10 mg kg^{-1}) N1 x K1 uygulamasından sağlanırken, en düşük yaprak bor içeriği ise (30,38 mg kg^{-1}) N3 x K3 uygulamasından elde edilmiştir.

Azot x fosfor x potasyum interaksiyonu birlikte değerlendirildiğinde, marul yapraklarının bor içeriği, en yüksek yaprak bor içeriği (70,67 mg kg^{-1}) N2 x K3 x P1 uygulamasından, en düşük yaprak bor içeriği ise (29,66 mg kg^{-1}) N3 x K3 x P2 uygulamasından elde edilmiştir.

Bor alımını etkileyen etmenlerin bitki, toprak ve çevre etmenleri şeklinde gruplandırıldığı, toprak pH'sındaki artışa ve gereğinden fazla kireçlenmeye bağlı olarak bitkilerde B alımının azaldığı ifade edilmiştir. Genelde ortam pH'sı 6,3- 6,5 olduğu zaman en yüksek düzeye ulaşan B alımının daha sonra büyük bir hızla azaldığı da beliritlmiştir (Bartleta ve Picarelli, 1973; Bennett ve Mathias, 1973; Kacar ve diğerleri 2015). Denememizden elde edilen sonuçlarda dozların artmasıyla birlikte artan pH'ya bağlı olarak bor alımında azalma meydana gelmiş ve sonuçlarımızı destekler nitelikte bulunmuştur. Jones ve diğerleri (1991), belirttiği üzere marul bitkisinin bor içeriğinin 20-24 mg kg^{-1} aralığında noksan, 25-60 mg kg^{-1} arasında yeterli, 60 mg kg^{-1} ve üzerinde ise fazla olduğunu belirtmiştir. Buna göre denememizden elde edilen B içeriklerinin yeter seviyede olduğu saptanmıştır.

4.4. Köklerin Kimi Besin Elementi İçerikleri

Artan dozlarda uygulanan azot, fosfor ve potasyumun marul bitkisi köklerinin kimi besin elementi içerikleri üzerine etkisi alt bölümlerde ayrıntılı olarak incelenmiştir.

4.4.1. Köklerin Azot İçerikleri

Artan dozlarda uygulanan azot, fosfor ve potasyumun marul bitkisi köklerinin azot içerikleri üzerine etkisine ilişkin varyans analiz tablosu Çizelge 4.27'de, verilere ait ortalamalar ve LSD testine göre gruplandırmaları ise Çizelge 4.28'de sunulmuştur.

Marul bitkisinin kök azot içerikleri üzerine; fosfor, azot, azot x potasyum, azot x fosfor x potasyum interaksiyonlarıının etkisi istatistiksel olarak %1 olasılık düzeyinde önemli bulunurken, fosfor x azot, potasyum, fosfor x potasyum interaksiyonlarının etkisi önemli bulunmamıştır (Çizelge 4.27).

Çizelge 4.27. Köklerin azot içeriğine ait varyans analiz tablosu

	Varyasyon kaynağı	Serbestlik derecesi	Kareler toplamı	Kareler ortalaması	Hesaplanan F değeri	Tablo değeri %5	Tablo değeri %1
Yaprak	Faktör-A	1	7,938	7,938	64,707**	3,920	6,850
	Faktör-B	2	9,336	4,668	38,052**	3,070	4,790
	A*B	2	0,379	0,189	1,545öd	3,070	4,790
	Faktör-C	2	0,422	0,211	1,720öd	3,070	4,790
	A*C	2	0,315	0,157	1,283öd	3,070	4,790
	B*C	4	6,375	1,594	12,992**	2,450	3,480
	A*B*C	4	1,919	0,480	3,911**	2,450	3,480
	Hata	144	17,665	0,123			
	Genel	161	44,349	0,275			

Faktör-A: Fosfor Dozları
Faktör-B: Azot Dozları
Faktör-C: Potasyum Dozları

öd: önemli değil
*: önemli p<0,05
**: önemli p<0,01

Artan miktarlarda uygulanan fosfor, marul köklerinin azot içeriğinde artış meydana getirmiştir. En düşük kök azot içeriği (% 3,59) düşük fosfor (P1) uygulamasından elde edilirken, en yüksek kök azot içeriği yüksek fosfor (P2) (2 mM) uygulamasından (% 4.03) elde edilmiştir.

Artan miktarlarda uygulanan azot, marul köklerinin azot içeriğinde artış meydana getirmiş olup, marul köklerinin en düşük azot içeriği (%3.48) N1 (6 mM) 1uygulamasından elde edilirken, en yüksek azot içeriği (% 4.05) N3 uygulamasından elde edilmiştir. N2 (8 mM) (% 3.91) N3 ile aynı grupta yer almıştır.

Çizelge 4.28. N, P, K dozlarının marul köklerinin azot içeriğine (%) etkisi

Fosfor Dozları	Potasyum Dozları	Azot Dozları N1 (6 mM)		N2 (8 mM)		N3 (10 mM)		Ortalama	
	K1 (4 mM)	3,13	a B	3,82	a A	3,86	ab A	3,60	
P1	K2 (6 mM)	3,11	a B	3,18	b B	4,13	a A	3,48	
(1mM)	K3 (8 mM)	3,36	a B	4,06	a A	3,66	b AB	3,67	
	Ort	**3,20**		**3,69**		**3,88**		**3,59**	**b**
	K1 (4 mM)	3,71	a B	4,42	a A	3,85	b B	3,99	
P2	K2 (6 mM)	3,90	a B	3,77	b B	4,45	a A	4,04	
(2mM)	K3 (8 mM)	3,69	a B	4,17	ab A	4,34	a A	4,07	
	Ort	**3,77**		**4,12**		**4,21**		**4,03**	**a**
Genel ort		**3,48**	**B**	**3,91**	**A**	**4,05**	**A**		

Potasyum Dozları	Fosfor Dozları	Azot Dozları N1 (6 mM)		N2 (8 mM)		N3 (10 mM)		Ortalama
	P1 (1mM)	3,13	b B	3,82	b A	3,86	a A	3,60
K1(4 mM)	P2 (2mM)	3,71	a B	4,42	a A	3,85	a B	3,99
	Ort	**3,42**	**a B**	**4,12**	**a A**	**3,86**	**b A**	**3,80**
	P1(1mM)	3,11	b B	3,18	b B	4,13	a A	3,48
K2(6 mM)	P2(2mM)	3,90	a B	3,77	a B	4,45	a A	4,04
	Ort	**3,51**	**a B**	**3,48**	**b B**	**4,29**	**a A**	**3,76**
	P1 (1mM)	3,36	a B	4,06	a A	3,66	b AB	3,67
K3(8 mM)	P2 (2mM)	3,69	a B	4,17	a A	4,34	a A	4,07
	Ort	**3,53**	**a B**	**4,12**	**a A**	**4,00**	**ab A**	**3,88**
Genel ort		**3,48**	**B**	**3,91**	**A**	**4,05**	**A**	

$P_{LSD\ p<0,01}$	0,145	PxN_{LSD}	öd	P	Fosfor
$N_{LSD\ p<0,01}$	0,177	PxK_{LSD}	öd	N	Azot
K_{LSD}	öd	$NxK_{LSD\ p<0,01}$	0,307	K	Potasyum
$PxNxK_{LSD\ p<0,01}$	0,434				

Büyük harfler yatay karşılaştırmayı, küçük harfler düşey karşılaştırmayı ifade etmektedir.

Azot x potasyum interaksiyonu birlikte değerlendirildiğinde, marul köklerinin azot içeriğinde K1, K2 ve K3 dozlarında artan azot dozlarının da etkisiyle azot içeriğinde artış meydana gelmiştir. Azot dozlarında ise artan potasyum dozlarının da etkisiyle N1, N2 ve N3 dozun da artış meydana gelmiştir.

En yüksek kök azot içeriği (% 4,29) N3 x K2 uygulamasından sağlanırken, en düşük kök azot içeriği ise (% 3,42) N1 x K1 uygulamasından elde edilmiştir.

Azot x fosfor x potasyum interaksiyonu birlikte değerlendirildiğinde, en yüksek kök azot içeriği (% 4,45) N3 x K2 x P2 uygulamasından, en düşük kök azot içeriği ise (% 3,11) N1 x K2 x P1 uygulamasından elde edilmiştir.

NH_4^+ ve organik azot bileşiklerinin bitki köklerince pasif olarak alınmasına karşılık, NO_3^- iyonları hücrelerde oluşan elektiriksel farklılıktan yararlanılarak aktif şekilde alınmaktadır (Ansari ve Bowling, 1972; Karaman, 2012). Çimrin ve diğerleri (2005) yapmış olduğu çalışmada fosfor uygulamalarının marul bitkisinin N içeriğini önemli derecede arttırdığını, bitkinin K, Ca, Mg, Fe, Cu ve Mn içerikleri üzerine önemsiz etkide bulunduğunu belirlemişler ve ayrıca artan P dozu ile birlikte toprakta yarayışlı fosfor miktarının arttığını da tespit etmişlerdir. Azot miktarı bitkilerde vejatatif gelişmeyi kök gelişimine göre daha fazla etkilediğinden tepe/kök oranı artar. Azot bitkilerde diğer besin elementlerinin alım ve kullanım etkinliği açısından da son derece önemlidir. Azot ile yeterli beslenen bitkilerin diğer besin elementlerini alım ve kullanım etkinlikleri de artmaktadır (Mengel ve Kirkby, 2001; Marschner, 2008; Karaman, 2012). Buna bağlı olarak artan dozların da etkisiyle kök içeriğindeki azot miktarında artış saptanmıştır. Denememizden elde edilen sonuçlar bu değerleri destekler niteliktedir.

4.4.2. Köklerin Fosfor İçeriği

Artan dozlarda uygulanan azot, fosfor ve potasyumun marul bitkisinin köklerinin fosfor içerikleri üzerine etkisine ilişkin varyans analiz tablosu Çizelge 4.29'da, verilere ait ortalamalar ve LSD testine göre gruplandırmaları ise Çizelge 4.30'da sunulmuştur.

Çizelge 4.29. Köklerin fosfor içeriğine ait varyans analiz tablosu

	Varyasyon kaynağı	Serbestlik derecesi	Kareler toplamı	Kareler ortalaması	Hesaplanan F değeri	Tablo değeri %5	Tablo değeri %1
Yaprak	Faktör-A	1	4,202	4,202	217,902**	3,920	6,850
	Faktör-B	2	1,679	0,839	43,533**	3,070	4,790
	A*B	2	0,841	0,421	21,813**	3,070	4,790
	Faktör-C	2	5,325	2,662	138,063**	3,070	4,790
	A*C	2	0,670	0,335	17,364**	3,070	4,790
	B*C	4	0,867	0,217	11,243**	2,450	3,480
	A*B*C	4	0,435	0,109	5,637**	2,450	3,480
	Hata	144	2,777	0,019			
	Genel	161	16,795	0,104			

Faktör-A: Fosfor Dozları — öd: önemli değil
Faktör-B: Azot Dozları — *: önemli p<0,05
Faktör-C: Potasyum Dozları — **: önemli p<0,01

Marul bitkisinin kök fosfor içerikleri üzerine; fosfor, azot, fosfor x azot, potasyum, fosfor x potasyum, azot x potasyum, azot x fosfor x potasyum interaksiyonlarının etkisi istatistiksel olarak %1 olasılık düzeyinde önemli bulunmuştur (Çizelge 4.29).

Çizelge 4.30. N, P, K dozlarının marul köklerinin fosfor içeriğine (%) etkisi

Fosfor Dozları	Potasyum Dozları	Azot Dozları N1 (6 mM)	N2 (8 mM)	N3 (10 mM)	Ortalama
P1 (1mM)	K1 (4 mM)	1,81 a B	2,26 a A	2,18 a A	2,08 a
	K2 (6 mM)	1,85 a B	1,76 b B	2,29 a A	1,97 b
	K3 (8 mM)	1,69 a B	1,71 b B	1,95 b A	1,78 c
	Ort	**1,78 b C**	**1,91 b B**	**2,14 b A**	**1,94 b**
P2 (2mM)	K1 (4 mM)	2,31 a B	2,60 a A	2,49 a A	2,47 a
	K2 (6 mM)	2,35 a A	2,44 a A	2,43 a A	2,41 a
	K3 (8 mM)	1,79 b B	2,11 b A	1,88 b B	1,93 b
	Ort	**2,15 a C**	**2,38 a A**	**2,27 a B**	**2,27 a**
Genel ort		**1,97 B**	**2,15 A**	**2,20 A**	

Potasyum Dozları	Fosfor Dozları	Azot Dozları N1 (6 mM)	N2 (8 mM)	N3 (10 mM)	Ortalama
K1(4 mM)	P1 (1mM)	1,81 b B	2,26 b A	2,18 b A	2,08 b
	P2 (2mM)	2,31 a B	2,60 a A	2,49 a A	2,47 a
	Ort	**2,06 a B**	**2,43 a A**	**2,34 a A**	**2,28 a**
K2(6 mM)	P1(1mM)	1,85 b B	1,76 b B	2,29 a A	1,97 b
	P2(2mM)	2,35 a A	2,44 a A	2,43 a A	2,41 a
	Ort	**2,10 a B**	**2,10 b B**	**2,36 a A**	**2,19 b**
K3(8 mM)	P1 (1mM)	1,69 a B	1,71 b B	1,95 a A	1,78 b
	P2 (2mM)	1,79 a B	2,11 a A	1,88 a B	1,93 a
	Ort	**1,74 b B**	**1,91 c A**	**1,92 b A**	**1,85 c**
Genel ort		**1,97 B**	**2,15 A**	**2,20 A**	

$P_{LSD\ p<0,01}$	0,057	$PxN_{LSD\ p<0,01}$	0,099	P	Fosfor
$N_{LSD\ p<0,01}$	0,070	$PxK_{LSD\ p<0,01}$	0,099	N	Azot
$K_{LSD\ p<0,01}$	0,070	$NxK_{LSD\ p<0,01}$	0,122	K	Potasyum
$PxNxK_{LSD\ p<0,01}$	0,172				

Büyük harfler yatay karşılaştırmayı, küçük harfler düşey karşılaştırmayı ifade etmektedir.

Artan miktarlarda uygulanan fosfor, marul köklerinin fosfor içeriğinde artış meydana getirmiştir. Köklerin fosfor içeriği (% 1,94) düşük fosfor (P1) uygulamasında yüksek fosfor (P2) (2 mM) uygulamasına oranla (% 2,27) daha az bulunmuştur.

Artan miktarlarda uygulanan azot, marul köklerinin fosfor içeriğinde artış meydana getirmiş olup, marul köklerinin en düşük fosfor içeriği (%1,97) N1 (6 mM) uygulamasından elde edilmiştir. En yüksek fosfor içeriği (% 2,20) ise N3 uygulamasından elde edilirken, N2 (8 mM) (% 2,15) N3 ile aynı grupta yer almıştır.

Fosfor ve azot interaksiyonu birlikte değerlendirildiğinde, fosfor uygulamalarında azot dozlarının artması ile köklerin fosfor içeriğinde artış meydana gelmiştir. Benzer olarak, azot dozlarında da fosforun artmasıyla birlikte fosfor içeriğinde artışlar gözlemlenmiştir.

En yüksek kök fosfor içeriği (% 2,38) P2 x N2 uygulamasından, en düşük kök fosfor içeriği ise (% 1,78) P1 x N1 uygulamasından elde edilmiştir.

Artan miktarlarda uygulanan potasyum, marul köklerinin fosfor içeriğinde azalmaya neden olmuştur. En yüksek kök fosfor içeriği (% 2,28) K1 (4 mM) uygulamasından elde edilirken, marul köklerinin en düşük fosfor içeriği (% 1,85) ise K3 (8 mM) dozundan elde edilmiştir.

Fosfor ve potasyum interaksiyonu birlikte değerlendirildiğinde, fosfor dozları artan potasyum uygulamalarının etkisiyle birlikte azalma meydana gelmiştir. En yüksek kök fosfor içeriği (% 2,47) P2 x K1 uygulamaları ortalamasından elde edilirken, en düşük kök fosfor içeriği ise (% 1,78) P1 x K3 uygulamaları ortalamasından elde edilmiştir.

Azot x potasyum interaksiyonu birlikte değerlendirildiğinde, marul köklerinin fosfor içeriğinde K1, K2 ve K3 dozlarında artan azot dozlarının da etkisiyle fosfor içeriğinde artış meydana gelmiştir. Azot dozlarında ise artan potasyum dozlarının da etkisiyle N1, N2 ve N3 dozunda azalma meydana gelmiştir. En yüksek kök fosfor içeriği (% 2,43) N2 x K1 uygulamasından sağlanırken, en düşük kök fosfor içeriği ise (% 1,74) N1 x K3 uygulamasından elde edilmiştir.

Azot x fosfor x potasyum interaksiyonu birlikte değerlendirildiğinde, marul köklerinin en yüksek fosfor içeriği (% 2,60) N2 x K1 x P2 uygulamasından, en düşük fosfor içeriği ise (% 1,69) N1 x K3 x P1 uygulamasından elde edilmiştir.

Toprakta fosfor hareketi sınırlı olduğundan fosfor absorbsiyonu açısından kök gelişimi ve aktivitesi son derece önemlidir (Lynch, 1995). Hem toplam kök yüzey alanındaki artış hem de bitki kökleriyle ulaşılan yeni toprak kütlesi köklerin potansiyel fosfor absorbsiyonu şansını arttırır. Fosfor bitki içerisine kök tüyleri, kök uçları ve kök

hücrelerinin en dış tabakası boyunca giriş yapar ve kök gelişiminin yoğunluğuna bağlı olarak fosfor içeriğinde artış meydana gelmektedir. Denememizden elde edilen sonuçlar doğrultusunda fosfor içeriğinde meydana gelen artışları destekler nitelikte bulunmuştur.

4.4.3. Köklerin Potasyum İçeriği

Artan dozlarda uygulanan azot, fosfor ve potasyumun marul bitkisinin köklerinin potasyum içerikleri üzerine etkisine ilişkin varyans analiz tablosu Çizelge 4.31'de, verilere ait ortalamalar ve LSD testine göre gruplandırmaları ise Çizelge 4.32'de sunulmuştur.

Çizelge 4.31. Köklerin potasyum içeriğine ait varyans analiz tablosu

	Varyasyon kaynağı	Serbestlik derecesi	Kareler toplamı	Kareler ortalaması	Hesaplanan F değeri	Tablo değeri %5	Tablo değeri %1
Yaprak	Faktör-A	1	141,419	141,419	271,730**	3,920	6,850
	Faktör-B	2	9,472	4,736	9,100**	3,070	4,790
	A*B	2	7,943	3,971	7,631**	3,070	4,790
	Faktör-C	2	9,653	4,827	9,274**	3,070	4,790
	A*C	2	45,436	22,718	43,651**	3,070	4,790
	B*C	4	15,939	3,985	7,656**	2,450	3,480
	A*B*C	4	9,002	2,251	4,324**	2,450	3,480
	Hata	144	74,943	0,520			
	Genel	161	313,806	1,949			

Faktör-A: Fosfor Dozları
Faktör-B: Azot Dozları
Faktör-C: Potasyum Dozları
öd: önemli değil
*: önemli p<0,05
**: önemli p<0,01

Marul bitkisinin kök potasyum içerikleri üzerine; fosfor, azot, fosfor x azot, potasyum, fosfor x potasyum, azot x potasyum, azot x fosfor x potasyum interaksiyonlarının etkisi istatistiksel olarak %1 olasılık düzeyinde önemli bulunmuştur (Çizelge 4.31).

Artan miktarlarda uygulanan fosfor, marul köklerinin potasyum içeriğinde azalmaya neden olmuştur. Köklerin en düşük kök potasyum içeriği (% 7,31) yüksek fosfor (P2) uygulamasından elde edilirken, en yüksek kök potasyum içeriği (% 9,18) düşük fosfor (P1) uygulamasından elde edilmiştir.

Artan miktarlarda uygulanan azot, marul köklerinin potasyum içeriğinde azalmaya neden olmuştur. En yüksek kök potasyum içeriğine (% 8,58) N1 uygulamasından elde

edilmiştir. Marul köklerinin en düşük potasyum içeriği (% 8,02) N2 (8 mM) uygulamasından elde edilirken, N3 (10 mM) (% 8,13) N2 ile aynı grupta yer almıştır.

Çizelge 4.32. N, P, K dozlarının marul köklerinin potasyum içeriğine (%) etkisi

Fosfor Dozları	Potasyum Dozları	Azot Dozları N1 (6 mM)	N2 (8 mM)	N3 (10 mM)	Ortalama
P1 (1mM)	K1 (4 mM)	9,26 a A	9,31 a A	9,08 a A	9,22 ab
	K2 (6 mM)	9,53 a A	9,66 a A	9,52 a A	9,57 a
	K3 (8 mM)	9,07 a A	7,67 b B	9,50 a A	8,75 b
	Ort	**9,29 a A**	**8,88 a A**	**9,37 a A**	**9,18 a**
P2 (2mM)	K1 (4 mM)	7,76 ab A	6,07 b B	6,32 b B	6,72 b
	K2 (6 mM)	7,21 b A	7,29 a A	6,01 b B	6,84 b
	K3 (8 mM)	8,64 a A	8,11 a A	8,37 a A	8,37 a
	Ort	**7,87 b A**	**7,16 b B**	**6,90 b B**	**7,31 b**
Genel ort		**8,58 A**	**8,02 B**	**8,13 B**	

Potasyum Dozları	Fosfor Dozları	Azot Dozları N1 (6 mM)	N2 (8 mM)	N3 (10 mM)	Ortalama
K1(4 mM)	P1 (1mM)	9,26 a A	9,31 a A	9,08 a A	9,22 a
	P2 (2mM)	7,76 b A	6,07 b B	6,32 b B	6,72 b
	Ort	**8,51 a A**	**7,69 b B**	**7,70 b B**	**7,97 b**
K2(6 mM)	P1(1mM)	9,53 a A	9,66 a A	9,52 a A	9,57 a
	P2(2mM)	7,21 b A	7,29 b A	6,01 b B	6,84 b
	Ort	**8,37 a AB**	**8,47 a A**	**7,77 b B**	**8,20 ab**
K3(8 mM)	P1 (1mM)	9,07 a A	7,67 a B	9,50 a A	8,75 a
	P2 (2mM)	8,64 a A	8,11 a A	8,37 b A	8,37 a
	Ort	**8,85 a A**	**7,89 ab B**	**8,94 a A**	**8,56 a**
Genel ort		**8,58 A**	**8,02 B**	**8,13 B**	

$P_{LSD\ p<0,01}$	0,298	$PxN_{LSD\ p<0,01}$	0,516	P	Fosfor
$N_{LSD\ p<0,01}$	0,365	$PxK_{LSD\ p<0,01}$	0,516	N	Azot
$K_{LSD\ p<0,01}$	0,365	$NxK_{LSD\ p<0,01}$	0,632	K	Potasyum
$PxNxK_{LSD\ p<0,01}$	0,893				

Büyük harfler yatay karşılaştırmayı, küçük harfler düşey karşılaştırmayı ifade etmektedir.

Fosfor ve azot interaksiyonu birlikte değerlendirildiğinde, düşük fosfor uygulamasında azot dozlarının artması ile birlikte potasyum içeriğinde artış, fosforun yüksek dozunda ise artan azotun etkisi ile birlikte yaprakların fosfor içeriğinde azalma meydana gelmiştir. Azot dozlarında ise fosforun artmasıyla birlikte potasyum içeriğinde azalmalar gözlemlenmiştir. En yüksek potasyum içeriği (% 9,37) P1 x N3 uygulamasından, en düşük potasyum içeriği ise (% 6,90) P2 x N3 uygulamasından elde edilmiştir.

Artan miktarlarda uygulanan potasyum, marul kök potasyum içeriğinde artış meydana getirmiştir. En yüksek kök potasyum içeriği (% 8,56) K3 (8 mM) uygulamasından elde edilirken, marul köklerinin en düşük potasyum içeriği (% 7,97) ise K1 (4 mM)

uygulamasından elde edilmiştir. K2 (6 mM) (% 8,20) ise bu iki değer arasında yer almıştır.

Fosfor ve potasyum interaksiyonu birlikte değerlendirildiğinde, en yüksek potasyum içeriği (% 9,57) P1 x K2 uygulamaları ortalamasından elde edilirken, en düşük potasyum içeriği ise (% 6,72) P2 x K1 uygulamaları ortalamasından elde edilmiştir.

Azot x potasyum interaksiyonu birlikte değerlendirildiğinde, marul köklerinin potasyum içeriğinde K1ve K2 dozlarında artan azot dozlarının da etkisiyle azalma görülürken, K3 dozunda ise azot dozunun da etkisiyle kök azot içeriğinde artış meydana gelmiştir. Azot dozlarında ise artan potasyum dozlarının da etkisiyle N1, N2 ve N3 dozun da artış meydana gelmiştir. En yüksek kök potasyum içeriği (% 8,94) N3 x K3 uygulamasından sağlanırken, en düşük kök potasyum içeriği ise (% 7,69) N2 x K1 uygulamasından elde edilmiştir.

Azot x fosfor x potasyum interaksiyonu birlikte değerlendirildiğinde, marul köklerinin en yüksek potasyum içeriği (% 9,66) N2 x K2 x P1 uygulamasından, en düşük kök potasyum içeriği ise (% 6,01) N3 x K2 x P2 uygulamasından elde edilmiştir.

Potasyum alımı bitki türüne göre değişmekle birlikte genellikle bitkinin ilk vejatatif gelişme döneminde yüksek düzeyde gerçekleşir. Bitkilerin metabolik yönden etkin olan büyüme ucu, genç yaprak, kök ucu gibi organlarında potasyum göreceli olarak daha fazladır. Potasyum bitkilerde genel olarak kök gelişimini hızlandırır. Potasyumun, azotun olumlu yönde etki yapmasını kolaylaştırdığını savunan araştırmacılar olmuştur. Yeteri düzeyde potasyumun bulunmaması durumunda ürün üzerine etkisi olumsuz yöne dönerken, potasyumun bulunması durumunda yüksek düzeyde azotun etkisi olumlu yönde gelişmektedir (Kacar ve Katkat, 2015). Bu bilgiler ışığında denememizden elde edilen sonuçlarda da bir artış söz konusu olmuştur ve destekler nitelikte bulunmuştur.

4.4.4. Köklerin Sodyum İçeriği

Artan dozlarda uygulanan azot, fosfor ve potasyumun marul bitkisinin köklerinin sodyum içerikleri üzerine etkisine ilişkin varyans analiz tablosu Çizelge 4.33'te, verilere ait ortalamalar ve LSD testine göre gruplanmaları ise Çizelge 4.34'te sunulmuştur.

Çizelge 4.33. Köklerin sodyum içeriğine ait varyans analiz tablosu

	Varyasyon kaynağı	Serbestlik derecesi	Kareler toplamı	Kareler ortalaması	Hesaplanan F değeri	Tablo değeri %5	Tablo değeri %1
	Faktör-A	1	0,153	0,153	422,854**	3,920	6,850
	Faktör-B	2	0,003	0,001	3,910*	3,070	4,790
	A*B	2	0,001	0,000	1,110öd	3,070	4,790
	Faktör-C	2	0,013	0,006	17,618**	3,070	4,790
Yaprak	A*C	2	0,018	0,009	25,458**	3,070	4,790
	B*C	4	0,004	0,001	2,503*	2,450	3,480
	A*B*C	4	0,004	0,001	2,844*	2,450	3,480
	Hata	144	0,052	0,000			
	Genel	161	0,248	0,002			

Faktör-A: Fosfor Dozları — öd: önemli değil
Faktör-B: Azot Dozları — *: önemli p<0,05
Faktör-C: Potasyum Dozları — **: önemli p<0,01

Marul bitkisinin köklerinin sodyum içerikleri üzerine; fosfor, potasyum, fosfor x potasyum interaksiyonlarının etkisi istatistiksel olarak %1 olasılık düzeyinde, azot, azot x potasyum, azot x fosfor x potasyum interaksiyonları arasındaki ilişki %5 olasılık düzeyinde önemli bulunmuştur (Çizelge 4.33).

Artan miktarlarda uygulanan fosfor, marul köklerinin sodyum içeriğinde azalmaya neden olmuştur. Köklerin düşük sodyum içeriği (% 0,40) P2 (2 mM) uygulamasında, yüksek sodyum içeriği (% 0,46) P1 (1 mM) uygulamasında bulunmuştur.

Artan miktarlarda uygulanan azot, marul köklerinin sodyum içeriğinde artış meydana getirmiştir. En yüksek kök sodyum içeriği (% 0,44) N3 uygulamasından elde edilirken, en düşük kök sodyum içeriği (% 0,43) N1 (6 mM) uygulamasından elde edilirken, N2 (8 mM) (% 0,43) N1 ile aynı grupta yer almıştır.

Artan miktarlarda uygulanan potasyum, marul kök sodyum içeriğinde artış meydana getirmiştir. En yüksek kök sodyum içeriği (% 0,44) K3 (8 mM) uygulamasından elde

edilirken, marul köklerinin en düşük sodyum içeriği (% 0,42) ise K1 (4 mM) uygulamasından elde edilmiştir.

Çizelge 4.34. N, P, K dozlarının köklerin sodyum içeriğine (mg kg^{-1}) etkisi

Fosfor Dozları	Potasyum Dozları	Azot Dozları N1 (6 mM)		N2 (8 mM)		N3 (10 mM)		Ortalama	
P1 (1mM)	K1 (4 mM)	0,44	b B	0,47	a A	0,48	a A	0,46	a
	K2 (6 mM)	0,46	a A	0,46	a A	0,47	ab A	0,46	a
	K3 (8 mM)	0,47	a A	0,45	a A	0,45	b A	0,46	a
	Ort	**0,46**		**0,46**		**0,47**		**0,46**	**a**
P2 (2mM)	K1 (4 mM)	0,38	b AB	0,37	b B	0,39	b A	0,38	b
	K2 (6 mM)	0,39	b A	0,39	b A	0,39	b A	0,39	b
	K3 (8 mM)	0,43	a A	0,42	a A	0,43	a A	0,43	a
	Ort	**0,40**		**0,39**		**0,41**		**0,40**	**b**
Genel ort		**0,43**	**B**	**0,43**	**B**	**0,44**	**A**		

Potasyum Dozları	Fosfor Dozları	Azot Dozları N1 (6 mM)		N2 (8 mM)		N3 (10 mM)		Ortalama	
K1(4 mM)	P1 (1mM)	0,44	a B	0,47	a A	0,48	a A	0,46	a
	P2 (2mM)	0,38	b AB	0,37	b B	0,39	b A	0,38	b
	Ort	**0,42**	**b B**	**0,42**	**b B**	**0,43**	**a A**	**0,42**	**b**
K2(6 mM)	P1(1mM)	0,46	a A	0,46	a A	0,47	a A	0,46	a
	P2(2mM)	0,39	b A	0,39	b A	0,39	b A	0,39	b
	Ort	**0,42**	**b A**	**0,42**	**b A**	**0,43**	**a A**	**0,43**	**b**
K3(8 mM)	P1 (1mM)	0,47	a A	0,45	a A	0,45	a A	0,46	a
	P2 (2mM)	0,43	b A	0,42	b A	0,43	b A	0,43	b
	Ort	**0,45**	**a A**	**0,44**	**a A**	**0,44**	**a A**	**0,44**	**a**
Genel ort		**0,43**	**B**	**0,43**	**B**	**0,44**	**A**		

$P_{LSD\ p<0,01}$	0,008	PxN_{LSD}	öd	P	Fosfor
$N_{LSD\ p<0,05}$	0,007	$PxK_{LSD\ p<0,01}$	0,014	N	Azot
$K_{LSD\ p<0,01}$	0,010	$NxK_{LSD\ p<0,05}$	0,013	K	Potasyum
$PxNxK_{LSD\ p<0,05}$	0,018				

Büyük harfler yatay karşılaştırmayı, küçük harfler düşey karşılaştırmayı ifade etmektedir.

Fosfor ve potasyum interaksiyonu birlikte değerlendirildiğinde, en yüksek sodyum içeriği (% 0,46) fosfor ve potasyumun en düşük dozunun yer aldığı P1 x K1 uygulamaları ortalamasından elde edilirken, en düşük sodyum içeriği ise (% 0,38) P2 x K1 uygulamaları ortalamasından elde edilmiştir.

Azot x potasyum interaksiyonu birlikte değerlendirildiğinde, marul köklerinin sodyum içeriğinde K1 ve K2 dozlarında artan azot dozlarının da etkisiyle sodyum içeriğinde artış meydana gelirken, K3 dozunda ise azot dozunun da etkisiyle azalma meydana gelmiştir. Azot dozlarında ise artan potasyum dozlarının da etkisiyle N1, N2 ve N3 dozun da artış

meydana gelmiştir. En yüksek kök sodyum içeriği (% 0,45) N1 x K3 uygulamasından sağlanırken, en düşük kök sodyum içeriği ise (% 0,42) N1 x K1, N1xK2 ve N2xK1 uygulamasından elde edilmiştir.

Azot x fosfor x potasyum interaksiyonu birlikte değerlendirildiğinde, marul köklerinin en yüksek kök sodyum içeriği (% 0,48) N3 x K1 x P1 uygulamasından, en düşük kök sodyum içeriği ise (% 0,37) N2 x K1 x P2 uygulamasından elde edilmiştir.

4.4.5. Köklerin Kalsiyum İçeriği

Artan dozlarda uygulanan azot, fosfor ve potasyumun marul bitkisinin köklerinin kalsiyum içerikleri üzerine etkisine ilişkin varyans analiz tablosu Çizelge 4.35'te, verilere ait ortalamalar ve LSD testine göre gruplandırmaları ise Çizelge 4.36'da sunulmuştur.

Marul bitkisinin kök kalsiyum içerikleri üzerine; fosfor, azot, potasyum, fosfor x potasyum, azot x potasyum, azot x fosfor x potasyum interaksiyonlarının etkisi istatistiksel olarak %1 olasılık düzeyinde önemli bulunmuştur. Fosfor x azot dozları arasındaki interaksiyonun etkisi önemli bulunmamıştır (Çizelge 4.35).

Artan miktarlarda uygulanan fosfor, marul köklerinin kalsiyum içeriğinde artış meydana getirmiştir. Düşük fosfor (P1) uygulamasında en düşük kök kalsiyum içeriği (% 0,44), en yüksek kök fosfor (P2) (2 mM) uygulamasından (% 0,49) elde edilmiştir.

Çizelge 4.35. Köklerin kalsiyum içeriğine ait varyans analiz tablosu

	Varyasyon kaynağı	Serbestlik derecesi	Kareler toplamı	Kareler ortalaması	Hesaplanan F değeri	Tablo değeri %5	Tablo değeri %1
Yaprak	Faktör-A	1	0,112	0,112	40,522**	3,920	6,850
	Faktör-B	2	0,040	0,020	7,151**	3,070	4,790
	A*B	2	0,015	0,007	2,647öd	3,070	4,790
	Faktör-C	2	0,082	0,041	14,813**	3,070	4,790
	A*C	2	0,315	0,157	56,884**	3,070	4,790
	B*C	4	0,395	0,099	35,691**	2,450	3,480
	A*B*C	4	0,151	0,038	13,692**	2,450	3,480
	Hata	144	0,398	0,003			
	Genel	161	1,507	0,009			

Faktör-A: Fosfor Dozları
Faktör-B: Azot Dozları
Faktör-C: Potasyum Dozları

öd: önemli değil
*: önemli p<0,05
**: önemli p<0,01

Çizelge 4.36. N, P, K dozlarının marul köklerinin kalsiyum içeriğine (%) etkisi

Fosfor Dozları	Potasyum Dozları	Azot Dozları N1 (6 mM)		N2 (8 mM)		N3 (10 mM)		Ortalama	
	K1 (4 mM)	0,49	a A	0,39	b B	0,37	b B	0,42	b
P1	K2 (6 mM)	0,35	b B	0,49	a A	0,43	b A	0,42	b
(1mM)	K3 (8 mM)	0,38	b B	0,52	a A	0,51	a A	0,47	a
	Ort	**0,41**		**0,47**		**0,44**		**0,44**	**b**
	K1 (4 mM)	0,60	a A	0,57	a AB	0,51	a B	0,56	a
P2	K2 (6 mM)	0,42	b B	0,61	a A	0,48	a B	0,51	b
(2mM)	K3 (8 mM)	0,43	b A	0,31	b B	0,46	a A	0,40	c
	Ort	**0,48**		**0,50**		**0,48**		**0,49**	**a**
Genel ort		**0,44**	**B**	**0,48**	**A**	**0,46**	**AB**		

Potasyum Dozları	Fosfor Dozları	Azot Dozları N1 (6 mM)		N2 (8 mM)		N3 (10 mM)		Ortalama	
	P1 (1mM)	0,49	b A	0,39	b B	0,37	b B	0,42	b
K1(4 mM)	P2 (2mM)	0,60	a A	0,57	a AB	0,51	a B	0,56	a
	Ort	**0,55**	**a A**	**0,48**	**b B**	**0,44**	**b B**	**0,49**	**a**
	P1(1mM)	0,35	b B	0,49	b A	0,43	a A	0,42	b
K2(6 mM)	P2(2mM)	0,42	a B	0,61	a A	0,48	a B	0,51	a
	Ort	**0,39**	**b C**	**0,55**	**a A**	**0,46**	**ab B**	**0,46**	**a**
	P1 (1mM)	0,38	a B	0,52	a A	0,51	a A	0,47	a
K3(8 mM)	P2 (2mM)	0,43	a A	0,31	b B	0,46	a A	0,40	b
	Ort	**0,40**	**b B**	**0,41**	**c B**	**0,49**	**a A**	**0,43**	**b**
Genel ort		**0,44**	**B**	**0,48**	**A**	**0,46**	**AB**		

$P_{LSD\ p<0,01}$	0,022	PxN_{LSD}	öd	P	Fosfor
$N_{LSD\ p<0,01}$	0,027	$PxK_{LSD\ p<0,01}$	0,038	N	Azot
$K_{LSD\ p<0,01}$	0,027	$NxK_{LSD\ p<0,01}$	0,046	K	Potasyum
$PxNxK_{LSD\ p<0,01}$	0,065				

Büyük harfler yatay karşılaştırmayı, küçük harfler düşey karşılaştırmayı ifade etmektedir.

Artan miktarlarda uygulanan azot, marul köklerinin kalsiyum içeriğinde artış meydana getirmiştir. En yüksek kalsiyum içeriği (0,48) N2 uygulamasından elde edilmiştir. Marul köklerinin en düşük kalsiyum içeriği (% 0,44) N1 (6 mM) uygulamasından elde edilirken, N3 (10 mM) (% 0,46) N1 ile aynı grupta yer almıştır.

Artan miktarlarda uygulanan potasyum, marul kök kalsiyum içeriğinde azalmaya neden olmuştur. En yüksek kök kalsiyum içeriği (% 0,49) K1 (4 mM) uygulamasından elde edilirken, K2 (6 mM) (% 0,46) K1 ile aynı grupta yer almıştır. Marul köklerinin en düşük kalsiyum içeriği (% 0,43) ise K3 (8 mM) uygulamasından elde edilmiştir.

Fosfor ve potasyum interaksiyonu birlikte değerlendirildiğinde, en yüksek kalsiyum içeriği (% 0,56) fosfor ve potasyumun en yüksek dozunun yer aldığı P2 x K1

uygulamaları ortalamasından elde edilirken, en düşük kalsiyum içeriği ise (% 0,40) P2 x K3 uygulamaları ortalamasından elde edilmiştir.

Azot x potasyum interaksiyonu birlikte değerlendirildiğinde, marul köklerinin kalsiyum içeriğinde K1 dozunda artan azot dozunun da etkisiyle azalma görülürken, K2 ve K3 dozlarında ise kalsiyum içeriğinde artış meydana gelmiştir. Azot dozlarında ise artan potasyum dozlarının da etkisiyle N1ve N2 dozlarında azalış, N3 dozun da ise artış meydana gelmiştir. En yüksek kök kalsiyum içeriği (% 0,55) N1 x K1 ve N2 x K2 uygulamasından sağlanırken, en düşük kök kalsiyum içeriği ise (% 0,40) N1 x K3 uygulamasından elde edilmiştir.

Azot x fosfor x potasyum interaksiyonu birlikte değerlendirildiğinde, marul kök kalsiyum içeriği, en yüksek kök kalsiyum içeriği (% 0,61) N2 x K2 x P2 uygulamasından, en düşük kök kalsiyum içeriği ise (% 0,31) N2 x K3 x P2 uygulamasından elde edilmiştir.

4.4.6. Köklerin Magnezyum İçeriği

Artan dozlarda uygulanan azot, fosfor ve potasyumun marul bitkisinin kök magnezyum içerikleri üzerine etkisine ilişkin varyans analiz tablosu Çizelge 4.37'de verilere ait ortalamalar ve LSD testine göre gruplandırmaları ise Çizelge 4.38'de sunulmuştur.

Çizelge 4.37. Köklerin magnezyum içeriğine ait varyans analiz tablosu

	Varyasyon kaynağı	Serbestlik derecesi	Kareler toplamı	Kareler ortalaması	Hesaplanan F değeri	Tablo değeri %5	Tablo değeri %1
	Faktör-A	1	0,000	0,000	0,027öd	3,920	6,850
	Faktör-B	2	0,104	0,052	62,255**	3,070	4,790
	A*B	2	0,016	0,008	9,655**	3,070	4,790
	Faktör-C	2	0,032	0,016	19,191**	3,070	4,790
Yaprak	A*C	2	0,005	0,002	2,933öd	3,070	4,790
	B*C	4	0,099	0,025	29,553**	2,450	3,480
	A*B*C	4	0,017	0,004	4,949**	2,450	3,480
	Hata	144	0,121	0,001			
	Genel	161	0,394	0,002			

Faktör-A: Fosfor Dozları — öd: önemli değil
Faktör-B: Azot Dozları — *: önemli p<0,05
Faktör-C: Potasyum Dozları — **: önemli p<0,01

Marul bitkisinin kök magnezyum içerikleri üzerine; azot, fosfor x azot, potasyum, azot x potasyum, azot x fosfor x potasyum interaksiyonları etkisi istatistiksel olarak %1 olasılık

düzeyinde önemli bulunurken diğer fosfor ve fosfor x potasyum interaksiyonunun etkisi önemli bulunmamıştır (Çizelge 4.37).

Artan miktarlarda uygulanan azot, marul köklerinin magnezyum içeriğinde azalmaya neden olmuştur. En yüksek kök magnezyum içeriği (% 0,33) N1 uygulamasından elde edilmiştir. Marul köklerinin en düşük kök magnezyum içeriği (% 0,27) N3 (10 mM) uygulamasından elde edilirken, N2 (8 mM) (% 0,28) N3 ile aynı grupta yer almıştır.

Çizelge 4.38. N, P, K dozlarının marul köklerinin magnezyum içeriğine (%) etkisi

Fosfor Dozları	Potasyum Dozları	Azot Dozları N1 (6 mM)	N2 (8 mM)	N3 (10 mM)	Ortalama
P1 (1mM)	K1 (4 mM)	0,33 a A	0,28 ab B	0,25 b B	0,29
	K2 (6 mM)	0,33 a A	0,31 a A	0,26 b B	0,30
	K3 (8 mM)	0,32 a A	0,25 b B	0,35 a A	0,31
	Ort	**0,32 a A**	**0,28 a B**	**0,28 a B**	**0,29**
P2 (2mM)	K1 (4 mM)	0,31 b A	0,25 b B	0,25 b B	0,27
	K2 (6 mM)	0,36 a A	0,34 a A	0,22 b B	0,31
	K3 (8 mM)	0,35 a A	0,28 b B	0,31 a B	0,31
	Ort	**0,34 a A**	**0,29 a B**	**0,26 b C**	**0,29**
Genel ort		**0,33 A**	**0,28 B**	**0,27 B**	

Potasyum Dozları	Fosfor Dozları	Azot Dozları N1 (6 mM)	N2 (8 mM)	N3 (10 mM)	Ortalama
K1(4 mM)	P1 (1mM)	0,33 a A	0,28 a B	0,25 a B	0,29
	P2 (2mM)	0,31 a A	0,25 a B	0,25 a B	0,27
	Ort	**0,32 b A**	**0,27 b B**	**0,25 b B**	**0,28 b**
K2(6 mM)	P1(1mM)	0,33 a A	0,31 a A	0,26 a B	0,30
	P2(2mM)	0,36 a A	0,34 a A	0,22 b B	0,31
	Ort	**0,34 a A**	**0,32 a A**	**0,24 b B**	**0,30 a**
K3(8 mM)	P1 (1mM)	0,32 a A	0,25 a B	0,35 a A	0,31
	P2 (2mM)	0,35 a A	0,28 a B	0,31 b B	0,31
	Ort	**0,33 ab A**	**0,27 b B**	**0,33 a A**	**0,31 a**
Genel ort		**0,33 A**	**0,28 B**	**0,27 B**	

P_{LSD}	öd	$PxN_{LSD\ p<0,01}$	0,021	P	Fosfor
$N_{LSD\ p<0,01}$	0,015	PxK_{LSD}	öd	N	Azot
$K_{LSD\ p<0,01}$	0,015	$NxK_{LSD\ p<0,01}$	0,025	K	Potasyum
$PxNxK_{LSD\ p<0,01}$	0,036				

Büyük harfler yatay karşılaştırmayı, küçük harfler düşey karşılaştırmayı ifade etmektedir.

Fosfor ve azot interaksiyonu birlikte değerlendirildiğinde, fosforun her iki dozunda da artan azot dozlarının etkisiyle köklerin magnezyum içeriğinde azalma meydana gelmiştir. En yüksek magnezyum içeriği (% 0,34) P2 x N1 uygulamasından, en düşük magnezyum içeriği ise (% 0,26) P2 x N3 uygulamasından elde edilmiştir.

Artan miktarlarda uygulanan potasyum, marul kök magnezyum içeriğinde artış meydana getirmiştir. En yüksek kök magnezyum içeriği (% 0,31) K3 (8 mM) uygulamasından elde edilirken, K2 (6 mM) (% 0,30) ise K3 ile aynı grupta yer almıştır. Marul köklerinin en düşük magnezyum içeriği (% 0,28) ise K1 (4 mM) dozundan elde edilmiştir.

Azot x potasyum interaksiyonu birlikte değerlendirildiğinde, marul köklerinin magnezyum içeriğinde K1ve K2 dozlarında artan azot dozlarının da etkisiyle magnezyum içeriğinde azalış, K3 dozunda ise önce azalma sonra artış meydana gelmiştir. Azot dozlarında ise artan potasyum dozlarının da etkisiyle N1, N2 ve N3 dozun da artış meydana gelmiştir. En yüksek kök magnezyum içeriği (% 0,34) N1 x K2 uygulamasından sağlanırken, en düşük kök magnezyum içeriği ise (% 0,24) N3 x K2 uygulamasından elde edilmiştir.

Azot x fosfor x potasyum interaksiyonu birlikte değerlendirildiğinde, en yüksek marul kök magnezyum içeriği, (% 0,36) N1 x K2 x P2 uygulamasından, en düşük magnezyum içeriği ise (% 0,22) N3 x K2 x P2 uygulamasından elde edilmiştir.

Şimşek, (2019) artan miktarlarda uygulanan demir dozlarının ıspanak bitkisinin gelişimi üzerine etkilerini araştırmış bunun sonucunda da artan Fe dozlarının gelişim üzerine olumlu etkisi olduğunu saptamıştır. Demirin düşük dozlarının ise Mg'un sürgünlere taşınmasını engelleyerek ıspanak köklerinde Mg birikimine neden olduğunu saptamıştır. Toprak çözeltisinde Mg^{+2} konsantrasyonu genelde K^{+} konsantrasyonundan yüksektir. Ancak bitki kökleri tarafından alınan Mg^{+2} miktarı K^{+} miktarına göre çok daha azdır. Diğer besin elementlerine bağlı olarak Mg^{+2} alımında farlılıklar söz konusudur. NH_4^{+} ve K^{+} fazla miktarda bir ortamda bulunuyorsa Mg^{+2} alımını olumsuz yönde etkilerken (antagonistik ilişki), bitkiler daha az Mg^{+2} almaktadır (Kacar ve Katkat, 2015). Denememizden elde edilen sonuçlar da bu bilgileri destekler şekilde saptanmıştır.

4.4.7. Köklerin Demir İçeriği

Artan dozlarda uygulanan azot, fosfor ve potasyumun marul bitkisinin köklerinin demir içeriği üzerine etkisine ilişkin varyans analiz tablosu Çizelge 4.39'da, verilere ait ortalamalar ve LSD testine göre gruplandırmaları ise Çizelge 4.40'ta sunulmuştur.

Çizelge 4.39. Köklerin demir içeriğine ait varyans analiz tablosu

	Varyasyon kaynağı	Serbestlik derecesi	Kareler toplamı	Kareler ortalaması	Hesaplanan F değeri	Tablo değeri %5	Tablo değeri %1
	Faktör-A	1	2104548607,43	2104548607,43	699,878**	3,920	6,850
	Faktör-B	2	6134866,975	3067433,488	1,020öd	3,070	4,790
	A*B	2	15053355,272	7526677,636	2,503öd	3,070	4,790
	Faktör-C	2	978888409,272	489444204,636	162,767**	3,070	4,790
Yaprak	A*C	2	1012875894,309	506437947,154	168,418**	3,070	4,790
	B*C	4	75957154,247	18989288,562	6,315**	2,450	3,480
	A*B*C	4	80025003,432	20006250,858	6,653**	2,450	3,480
	Hata	144	433011114,222	3007021,627			
	Genel	161	4706494405,160	29232884,504			

Faktör-A: Fosfor Dozları
Faktör-B: Azot Dozları
Faktör-C: Potasyum Dozları

öd: önemli değil
*: önemli p<0,05
**: önemli p<0,01

Marul bitkisinin kök demir içerikleri üzerine; fosfor, potasyum, fosfor x potasyum, azot x potasyum, azot x fosfor x potasyum interaksiyonlarının etkisi istatistiksel olarak %1 olasılık düzeyinde önemli bulunurken diğer azot ve fosfor x azot interaksiyonunun etkisi önemli çıkmamıştır (Çizelge 4.39).

Artan miktarlarda uygulanan fosfor, marul köklerinin demir içeriğinde artış meydana getirmiştir. Köklerin en düşük demir içeriği (3292,52 mg kg^{-1}) düşük fosfor (P1) uygulamasından elde edilirken, en yüksek kök demir içeriği P2 (2 mM) uygulamasından (10501,14 mg kg^{-1}) elde edilmiştir.

Artan miktarlarda uygulanan potasyum, marul bitkisinin demir içeriğinde azalmaya neden olmuştur. En yüksek kök demir içeriği (8724,54 mg kg^{-1}) K2 (6 mM) uygulamasından elde edilirken, marul köklerinin en düşük demir içeriği (3422,04 mg kg^{-1}) ise K3 (8 mM) uygulamasından elde edilmiştir. K1 (4 mM) (8543,91 mg kg^{-1}) ise K2 ile aynı grupta yer almıştır.

Azot x potasyum interaksiyonu birlikte değerlendirildiğinde, marul köklerinin demir içeriğinde K1 ve K3 dozlarında artış, K2 dozunda artan azot dozlarının da etkisiyle birlikte demir içeriğinde azalma meydana gelmiştir.

Çizelge 4.40. N, P, K dozlarının marul köklerinin demir içeriğine (mg kg^{-1}) etkisi

Fosfor Dozları	Potasyum Dozları	Azot Dozları N1 (6 mM)		N2 (8 mM)		N3 (10 mM)		Ortalama	
P1 (1mM)	K1 (4mM)	3147,22	a A	2828,11	a A	2640,56	a A	2871,96	a
	K2 (6mM)	4078,44	a A	3374,89	a A	3555,67	a A	3669,67	a
	K3 (8mM)	2261,33	a B	3071,67	a AB	4674,78	a A	3335,93	a
	Ort	**3162,33**		**3091,56**		**3623,67**		**3292,52**	**b**
P2 (2mM)	K1 (4mM)	11685,00	b C	16905,00	a A	14057,56	a B	14215,85	a
	K2 (6mM)	14445,33	a A	13941,22	b A	12951,67	a A	13779,41	a
	K3 (8mM)	4239,00	c A	2571,56	c A	3713,89	b A	3508,15	b
	Ort	**10123,11**		**11139,26**		**10241,04**		**10501,14**	**a**
Genel ort		**6642,72**		**7115,41**		**6932,35**			

Potasyum Dozları	Fosfor Dozları	Azot Dozları N1 (6 mM)		N2 (8 mM)		N3 (10 mM)		Ortalama	
K1(4 mM)	P1 (1mM)	3147,22	b A	2828,11	b A	2640,56	b A	2871,96	b
	P2 (2mM)	11685,00	a C	16905,00	a A	14057,56	a B	14215,85	a
	Ort	**7416,11**	**b B**	**9866,56**	**a A**	**8349,06**	**a AB**	**8543,91**	**a**
K2(6 mM)	P1(1mM)	4078,44	b A	3374,89	b A	3555,67	b A	3669,67	b
	P2(2mM)	14445,33	a A	13941,22	a A	12951,67	a A	13779,41	a
	Ort	**9261,89**	**a A**	**8658,06**	**a A**	**8253,67**	**a A**	**8724,54**	**a**
K3(8 mM)	P1 (1mM)	2261,33	a B	3071,67	a AB	4674,78	a A	3335,93	a
	P2 (2mM)	4239,00	a A	2571,56	a A	3713,89	a A	3508,15	a
	Ort	**3250,17**	**c A**	**2821,61**	**b A**	**4194,33**	**b A**	**3422,04**	**b**
Genel ort		**6642,72**		**7115,41**		**6932,35**			

$P_{LSD\ p<0,01}$	715,572	PxN_{LSD}	öd	P	Fosfor
N_{LSD}	öd	$PxK_{LSD\ p<0,01}$	1239,407	N	Azot
$K_{LSD\ p<0,01}$	876,393	$NxK_{LSD\ p<0,01}$	1517,957	K	Potasyum
$PxNxK_{LSD\ p<0,01}$	2146,715				

Büyük harfler yatay karşılaştırmayı, küçük harfler düşey karşılaştırmayı ifade etmektedir.

Azot dozlarında ise artan potasyum dozlarının da etkisiyle N1, N2 ve N3 dozlarında kök demir içeriğinde azalma meydana gelmiştir. En yüksek yaprak demir içeriği (9866,56 mg kg^{-1}) N2 x K1 uygulamasından sağlanırken, en düşük yaprak demir içeriği ise (2821,61 mg kg^{-1}) N2 x K3 uygulamasından elde edilmiştir.

Azot x fosfor x potasyum interaksiyonu birlikte değerlendirildiğinde, marul köklerinin en yüksek demir içeriği (1695,00 mg kg^{-1}) N1 x K2 x P2 uygulamasından, en düşük kök demir içeriği ise (2261,33 mg kg^{-1}) N1 x K3 x P1 uygulamasından elde edilmiştir.

Kacar ve Katkat, (2015) ortamda fazla miktarda bulunan PO_4^{3-} iyonları ile bakır, mangan, molibden ve çinko gibi ağır metallerin fazla miktarda bulunmasının Fe alımını azalttığını

belirtmiştir. Denememizden elde edilen sonuçlar bu bilgiler doğrultusunda birbirini destekler nitelikte bulunmuştur.

4.4.8. Köklerin Bakır İçeriği

Artan dozlarda uygulanan azot, fosfor ve potasyumun marul bitkisinin köklerinin bakır içeriği üzerine etkisine ilişkin varyans analiz tablosu Çizelge 4.41'de, verilere ait ortalamalar ve LSD testine göre gruplandırmaları ise Çizelge 4.42'de sunulmuştur.

Marul bitkisinin kök magnezyum içerikleri üzerine; fosfor, azot x fosfor x potasyum interaksiyonlarının etkisi istatistiksel olarak %1 olasılık düzeyinde önemli bulunurken diğer azot ve fosfor x potasyum, potasyum, fosfor x potasyum, azot x potasyum interaksiyonunun etkisi önemli bulunmamıştır (Çizelge 4.41).

Çizelge 4.41. Köklerin bakır içeriğine ait varyans analiz tablosu

	Varyasyon kaynağı	Serbestlik derecesi	Kareler toplamı	Kareler ortalaması	Hesaplanan F değeri	Tablo değeri %5	Tablo değeri %1
	Faktör-A	1	213,142	213,142	8,186**	3,920	6,850
	Faktör-B	2	156,404	78,202	3,003öd	3,070	4,790
	A*B	2	40,864	20,432	0,785öd	3,070	4,790
	Faktör-C	2	21,139	10,569	0,406öd	3,070	4,790
Yaprak	A*C	2	120,695	60,348	2,318öd	3,070	4,790
	B*C	4	245,415	61,354	2,356öd	2,450	3,480
	A*B*C	4	388,940	97,235	3,735**	2,450	3,480
	Hata	144	3749,318	26,037			
	Genel	161	4935,917	30,658			

Faktör-A: Fosfor Dozları
Faktör-B: Azot Dozları
Faktör-C: Potasyum Dozları

öd: önemli değil
*: önemli p<0,05
**: önemli p<0,01

Artan miktarlarda uygulanan fosfor, marul köklerinin bakır içeriğinde azalmaya neden olmuştur. Köklerin en düşük kök bakır içeriği (29,71 mg kg^{-1}) yüksek fosfor (P2) uygulamasından, en yüksek kök bakır içeriği (32,00 mg kg^{-1}) ise P1 (1 mM) uygulamasından elde edilmiştir.

Azot x fosfor x potasyum interaksiyonu birlikte değerlendirildiğinde, marul köklerinin en yüksek bakır içeriği (35,08 mg kg^{-1}) N1 x K1 x P1 uygulamasından, en düşük kök bakır içeriği ise (22,66 mg kg^{-1}) N2 x K3 x P2 uygulamasından elde edilmiştir.

Çizelge 4.42. N, P, K dozlarının marul köklerinin bakır içeriğine (mg kg^{-1}) etkisi

Fosfor Dozları	Potasyum Dozları	Azot Dozları N1 (6 mM)		N2 (8 mM)		N3 (10 mM)		Ortalama	
	K1 (4 mM)	35,08	a A	29,18	a A	30,33	a A	31,53	
P1	K2 (6 mM)	30,49	a A	30,96	a A	33,87	a A	31,77	
(1mM)	K3 (8 mM)	30,22	a A	33,13	a A	34,74	a A	32,70	
	Ort	**31,93**		**31,09**		**32,98**		**32,00**	**a**
	K1 (4 mM)	31,64	a A	29,99	a A	31,10	a A	30,91	
P2	K2 (6 mM)	31,81	a A	30,88	a A	27,86	a A	30,19	
(2mM)	K3 (8 mM)	29,62	a A	22,66	b B	31,80	a A	28,03	
	Ort	**31,02**		**27,84**		**30,26**		**29,71**	**b**
Genel ort		**31,48**		**29,47**		**31,62**			

Potasyum Dozları	Fosfor Dozları	Azot Dozları N1 (6 mM)		N2 (8 mM)		N3 (10 mM)		Ortalama
	P1 (1mM)	35,08	a A	29,18	a A	30,33	a A	31,53
K1(4 mM)	P2 (2mM)	31,64	a A	29,99	a A	31,10	a A	30,91
	Ort	**33,36**		**29,58**		**30,71**		**31,22**
	P1(1mM)	30,49	a A	30,96	a A	33,87	a A	31,77
K2(6 mM)	P2(2mM)	31,81	a A	30,88	a A	27,86	a A	30,19
	Ort	**31,15**		**30,92**		**30,87**		**30,98**
	P1 (1mM)	30,22	a A	33,13	a A	34,74	a A	32,70
K3(8 mM)	P2 (2mM)	29,62	a A	22,66	b B	31,80	a A	28,03
	Ort	**29,92**		**27,89**		**33,27**		**30,36**
Genel ort		**31,48**		**29,47**		**31,62**		

$P_{LSD\ p<0,01}$	2,106	PxN_{LSD}	öd	P	Fosfor
N_{LSD}	öd	PxK_{LSD}	öd	N	Azot
K_{LSD}	öd	NxK_{LSD}	öd	K	Potasyum
$PxNxK_{LSD\ p<0,01}$	6,317				

Büyük harfler yatay karşılaştırmayı, küçük harfler düşey karşılaştırmayı ifade etmektedir.

Kacar ve Katkat, (2015), değişik iyonların Cu^{+} alımı üzerine etki yaptığını saptamışlardır. Ortamda fazla miktarda bulunan çinko ile aralarında bulunan antogonistik ilişki dolayısıyla bitkiler tarafından alınmalarını olumsuz yönde etkilerken, azot uygulamasının da sulandırma faktörü etkisiyle Cu^{+} alımını olumsuz yönde etkilediği ifade edilmiştir.

Azotun bitki büyümesini arttırması sonucu ortaya çıkan sulandırma etkisinin ve yüksek miktardaki azota bağlı olarak yaşlı yapraklardan meristematik dokulara bakırın daha az taşınmasının buna neden olduğuna inanılmıştır (Hill ve diğerleri 1978; Gartell, 1981). Benzer şekilde P'un, bitkilerde Cu^{+} alımını azaltıcı etki yaptığı, bu olgunun da sulandırma etkisine koşut olarak Cu^{+} alımının artmaması şeklinde açıklanmıştır (Robson ve Reuter, 1981). Denememizden elde edilen sonuçlar incelendiğinde, bu bilgiler doğrultusunda denememizi destekler nitelikte olduğu saptanmıştır.

4.4.9. Köklerin Çinko İçeriği

Artan dozlarda uygulanan azot, fosfor ve potasyumun marul bitkisinin kök çinko içeriği üzerine etkisine ilişkin varyans analiz tablosu Çizelge 4.43'de, verilere ait ortalamalar ve LSD testine göre gruplandırmaları ise Çizelge 4.44'te sunulmuştur.

Çizelge 4.43. Köklerin çinko içeriğine ait varyans analiz tablosu

	Varyasyon kaynağı	Serbestlik derecesi	Kareler toplamı	Kareler ortalaması	Hesaplanan F değeri	Tablo değeri %5	Tablo değeri %1
	Faktör-A	1	1193,867	1193,867	1,137öd	3,920	6,850
	Faktör-B	2	8869,327	4434,664	4,223*	3,070	4,790
	A*B	2	55570,678	27785,339	26,459**	3,070	4,790
	Faktör-C	2	39737,279	19868,640	18,920**	3,070	4,790
Yaprak	A*C	2	14848,656	7424,328	7,070**	3,070	4,790
	B*C	4	48363,093	12090,773	11,514**	2,450	3,480
	A*B*C	4	15012,571	3753,143	3,574**	2,450	3,480
	Hata	144	151217,918	1050,124			
	Genel	161	334813,388	2079,586			

Faktör-A: Fosfor Dozları — öd: önemli değil
Faktör-B: Azot Dozları — *: önemli p<0,05
Faktör-C: Potasyum Dozları — **: önemli p<0,01

Marul bitkisinin kök çinko içerikleri üzerine; fosfor x azot, potasyum, fosfor x potasyum, azot x potasyum, azot x fosfor x potasyum interaksiyonlarının etkisi istatistiksel olarak %1 olasılık düzeyinde, azot dozunun etkisi ise %5 düzeyinde önemli bulunmuştur. Fosfor interaksiyonunun etkisi önemli çıkmamıştır (Çizelge 4.43).

Artan miktarlarda uygulanan azot, marul köklerinin çinko içeriğinde azalmaya neden olmuştur. En yüksek çinko içeriği (200,68 mg kg^{-1}) N1 uygulamasından elde edilmiştir. Marul köklerinin en düşük çinko içeriği (182,67 mg kg^{-1}) N3 (10 mM) uygulamasından elde edilirken, N2 (8 mM) (189,86 mg kg^{-1}) N3 ile aynı grupta yer almıştır.

Fosfor ve azot interaksiyonu birlikte değerlendirildiğinde, fosfor uygulamasının düşük dozunda azot dozlarının da artması ile köklerin çinko içeriğinde artış meydana gelirken, ikinci dozunda azot dozlarının da artması ile köklerin çinko içeriğinde azalma meydana gelmiştir. Azot dozlarında ise fosforun artmasıyla birlikte çinko içeriğinde N1 dozunda artış gözlemlenirken, N2 ve N3 dozunda azalmalar meydana gelmiştir. En yüksek çinko

içeriği (221,06 mg kg^{-1}) P2 x N1 uygulamasından, en düşük çinko içeriği ise (157,71 mg kg^{-1}) P2 x N3 uygulamasından elde edilmiştir.

Çizelge 4.44. N, P, K dozlarının marul köklerinin çinko içeriğine (mg kg^{-1}) etkisi

Fosfor Dozları	Potasyum Dozları	Azot Dozları N1 (6 mM)		N2 (8 mM)		N3 (10 mM)		Ortalama	
	K1 (4 mM)	191,57	a A	188,97	a A	167,05	b A	182,53	b
P1	K2 (6 mM)	207,42	a A	206,62	a A	203,28	b A	205,77	a
(1mM)	K3 (8 mM)	141,89	b C	184,70	a B	252,57	a A	193,05	ab
	Ort	**180,29**	**b B**	**193,43**	**a AB**	**207,63**	**a A**	**193,78**	
	K1 (4 mM)	214,74	b A	176,01	b AB	158,51	a B	183,09	b
P2	K2 (6 mM)	272,30	a A	221,26	a B	167,11	a C	220,22	a
(2mM)	K3 (8 mM)	176,14	b A	161,61	b A	147,52	a A	161,75	b
	Ort	**221,06**	**a A**	**186,29**	**a B**	**157,71**	**b C**	**188,36**	
Genel ort		**200,68**	**A**	**189,86**	**AB**	**182,67**	**B**		

Potasyum Dozları	Fosfor Dozları	Azot Dozları N1 (6 mM)		N2 (8 mM)		N3 (10 mM)		Ortalama	
	P1 (1mM)	191,57	a A	188,97	a A	167,05	a A	182,53	a
K1(4 mM)	P2 (2mM)	214,74	a A	176,01	a AB	158,51	a B	183,09	a
	Ort	**203,16**	**b A**	**182,49**	**b AB**	**162,78**	**b B**	**182,81**	**b**
	P1(1mM)	207,42	b A	206,62	a A	203,28	a A	205,77	a
K2(6 mM)	P2(2mM)	272,30	a A	221,26	a B	167,11	a C	220,22	a
	Ort	**239,86**	**a A**	**213,94**	**a A**	**185,19**	**ab B**	**212,99**	**a**
	P1 (1mM)	141,89	a C	184,70	a B	252,57	a A	193,05	a
K3(8 mM)	P2 (2mM)	176,14	a A	161,61	a A	147,52	b A	161,75	b
	Ort	**159,01**	**c B**	**173,15**	**b AB**	**200,04**	**a A**	**177,40**	**b**
Genel ort		**200,68**	**A**	**189,86**	**AB**	**182,67**	**B**		

P_{LSD}	öd	$PxN_{LSD\ p<0,01}$	23,161	P	Fosfor
$N_{LSD\ p<0,05}$	12,389	$PxK_{LSD\ p<0,01}$	23,161	N	Azot
$K_{LSD\ p<0,01}$	16,378	$NxK_{LSD\ p<0,01}$	28,367	K	Potasyum
$PxNxK_{LSD\ p<0,01}$	40,117				

Büyük harfler yatay karşılaştırmayı, küçük harfler düşey karşılaştırmayı ifade etmektedir.

Artan miktarlarda uygulanan potasyum, marul köklerinin çinko içeriğinde önce artış daha sonra azalma meydana gelmiştir. En yüksek kök çinko içeriği (212,99 mg kg^{-1}) K2 (6 mM) uygulamasından elde edilirken, marul köklerinin en düşük çinko içeriği (177,40 mg kg^{-1}) ise K3 (8 mM) dozundan elde edilmiştir. K1 (4 mM) (182,81 mg kg^{-1}) ise K3 ile aynı grupta yer almıştır.

Fosfor ve potasyum interaksiyonu birlikte değerlendirildiğinde, marul köklerinin en yüksek kök çinko içeriği (220,22 mg kg^{-1}) P2 x K2 uygulamaları ortalamasından elde

edilirken, en düşük kök çinko içeriği ise (161,75 mg kg^{-1}) P2 x K3 uygulamasından elde edilmiştir.

Azot x potasyum interaksiyonu birlikte değerlendirildiğinde, marul köklerinin çinko içeriğinde K1 ve K2 dozlarında artan azot dozlarının da etkisiyle birlikte çinko içeriğinde azalma görülürken, K3 dozunda ise çinko içeriğinde artış meydana gelmiştir. Azot dozlarında ise artan potasyum dozlarının da etkisiyle N1 ve N2 dozlarında azalış, N3 dozunda artış meydana gelmiştir. En yüksek kök çinko içeriği (239,86 mg kg^{-1}) N1 x K2 uygulamasından sağlanırken, en düşük kök çinko içeriği ise (159,01 mg kg^{-1}) N1 x K3 uygulamasından elde edilmiştir.

Azot x fosfor x potasyum interaksiyonu birlikte değerlendirildiğinde, marul köklerinin en yüksek kök çinko içeriği (272,30 mg kg^{-1}) N1 x K2 x P2 uygulamasından, en düşük kök çinko içeriği ise (141,89 mg kg^{-1}) N1 x K3 x P1 uygulamasından elde edilmiştir.

Oymak (2018) yapmış olduğu çalışmada marul bitkisinin toplam P, Cu, Zn ve Mn içeriklerinde artış meydana geldiğini tespit etmiştir. Odabaş (2019)'ın yapmış olduğu çalışma da marul bitkisinin toplam N, Ca, Cu, Zn ve Mn içeriklerinin artan humik asit dozu ile birlikte genellikle düzenli bir şekilde arttırdığı; Mg içeriğinin ise genellikle düzenli bir şekilde azaldığı belirtilmiştir. Bitkilerde kök büyümesi ve kök yüzey genişliği çinko alımında önemli bir rol oynamaktadır. Kök yüzey genişliği arttıkça bitkilerde çinko alımı göreceli olarak daha fazladır. Çinko alımı rizosferdeki pH asit yöne doğru değiştikçe artarken, alkali yöne doğru arttıkça azaldığı ifade edilmişitr. Bunun yanında fosfor içeriğindeki artışın da Zn alımının azalmasına neden olduğu belirtilmiştir. Fosfor, bitkinin daha fazla büyümesini sağlamak suretiyle bitkide çinko miktarının sulandırma etkisi ile azalmasına yol açmaktadır (Neilsen ve Hogue, 1986). Bu bilgiler denememizden elde edilen sonuçları destekler niteliktedir.

4.4.10. Köklerin Mangan İçeriği

Artan dozlarda uygulanan azot, fosfor ve potasyumun marul bitkisinin köklerinin mangan içerikleri üzerine etkisine ilişkin varyans analiz tablosu Çizelge 4.45'te, verilere ait ortalamalar ve LSD testine göre gruplandırmaları ise Çizelge 4.46'da sunulmuştur.

Çizelge 4.45. Köklerin mangan içeriğine ait varyans analiz tablosu

	Varyasyon kaynağı	Serbestlik derecesi	Kareler toplamı	Kareler ortalaması	Hesaplanan F değeri	Tablo değeri %5	%1
	Faktör-A	1	9701523,062	9701523,062	427,083**	3,920	6,850
	Faktör-B	2	5414049,864	2707024,932	119,169**	3,070	4,790
	A*B	2	1012000,753	506000,377	22,275**	3,070	4,790
	Faktör-C	2	3918199,272	1959099,636	86,244**	3,070	4,790
Yaprak	A*C	2	194040,235	97020,117	4,271*	3,070	4,790
	B*C	4	2365858,617	591464,654	26,038**	2,450	3,480
	A*B*C	4	4008573,506	1002143,377	44,117**	2,450	3,480
	Hata	144	3271072,444	22715,781			
	Genel	161	29885317,753	185623,092			

Faktör-A: Fosfor Dozları — öd: önemli değil
Faktör-B: Azot Dozları — *: önemli p<0,05
Faktör-C: Potasyum Dozları — **: önemli p<0,01

Çizelge 4.46. N, P, K dozlarının marul köklerinin mangan içeriğine (mg kg^{-1}) etkisi

Fosfor Dozları	Potasyum Dozları	Azot Dozları N1 (6 mM)		N2 (8 mM)		N3 (10 mM)		Ortalama	
	K1 (4 mM)	1196,67	a A	176,11	b B	131,56	b B	501,44	c
P1	K2 (6 mM)	754,00	b B	1068,89	a A	134,11	b C	652,33	b
(1mM)	K3 (8 mM)	1024,44	a A	976,44	a AB	836,11	a B	946,67	a
	Ort	**992,70**	**a A**	**740,48**	**a B**	**367,26**	**a C**	**700,15**	**a**
	K1 (4 mM)	166,89	b A	87,11	a A	69,78	a A	107,93	b
P2	K2 (6 mM)	178,00	b A	143,22	a A	74,44	a A	131,89	b
(2mM)	K3 (8 mM)	764,89	a A	256,67	a B	155,44	a B	392,33	a
	Ort	**369,93**	**b A**	**162,33**	**b B**	**99,89**	**b B**	**210,72**	**b**
Genel ort		**681,31**	**A**	**451,41**	**B**	**233,57**	**C**		

Potasyum Dozları	Fosfor Dozları	Azot Dozları N1 (6 mM)		N2 (8 mM)		N3 (10 mM)		Ortalama	
	P1 (1mM)	1196,67	a A	176,11	a B	131,56	a B	501,44	a
K1(4 mM)	P2 (2mM)	166,89	b A	87,11	a A	69,78	a A	107,93	b
	Ort	**681,78**	**b A**	**131,61**	**b B**	**100,67**	**b B**	**304,68**	**c**
	P1(1mM)	754,00	a B	1068,89	a A	134,11	a C	652,33	a
K2(6 mM)	P2(2mM)	178,00	b A	143,22	b A	74,44	a A	131,89	b
	Ort	**466,00**	**c B**	**606,06**	**a A**	**104,28**	**b C**	**392,11**	**b**
	P1 (1mM)	1024,44	a A	976,44	a AB	836,11	a B	946,67	a
K3(8 mM)	P2 (2mM)	764,89	b A	256,67	b B	155,44	b B	392,33	b
	Ort	**896,16**	**a A**	**616,56**	**a B**	**495,78**	**a B**	**669,50**	**a**
Genel ort		**681,31**	**A**	**451,41**	**B**	**233,57**	**C**		

$P_{LSD\ p<0,01}$	62,194	$PxN_{LSD\ p<0,01}$	107,723	P	Fosfor
$N_{LSD\ p<0,01}$	76,172	$PxK_{LSD\ p<0,05}$	81,489	N	Azot
$K_{LSD\ p<0,01}$	76,172	$NxK_{LSD\ p<0,01}$	131,933	K	Potasyum
$PxNxK_{LSD\ p<0,01}$	186,582				

Büyük harfler yatay karşılaştırmayı, küçük harfler düşey karşılaştırmayı ifade etmektedir.

Marul bitkisinin kök mangan içerikleri üzerine; fosfor, azot, fosfor x azot, potasyum, azot x potasyum, azot x fosfor x potasyum interaksiyonlarının etkisi istatistiksel olarak %1

olasılık düzeyinde, fosfor x potasyum interaksiyonları arasındaki ilişki ise istatistiksel olarak %5 düzeyinde önemli bulunmuştur (Çizelge 4.45).

Artan miktarlarda uygulanan fosfor, marul köklerinin mangan içeriğinde azalmaya neden olmuştur. Köklerin en düşük mangan içeriği (210,72 mg kg^{-1}) yüksek fosfor (P2) uygulamasında, yüksek mangan içeriği ise P1 (1 mM) uygulamasından (700,15 mg kg^{-1}) elde edilmiştir.

Artan miktarlarda uygulanan azot, marul köklerinin mangan içeriğinde azalmaya neden olmuştur. En yüksek mangan içeriğine (681,31 mg kg^{-1}) N1 uygulamasından elde edilmiştir. Marul köklerinin en düşük mangan içeriği (233,57mg kg^{-1}) N3 (10 mM) uygulamasından elde edilirken, N2 (8 mM) (451,41mg kg^{-1}) bu iki değer arasında yer almıştır.

Fosfor ve azot interaksiyonu birlikte değerlendirildiğinde, fosfor uygulamasının her iki dozunda da artan azot dozlarının etkisiyle köklerin mangan içeriğinde azalmaya meydana gelmiştir. En yüksek kök mangan içeriği (992,70 mg kg^{-1}) P1 x N1 uygulamasından, en düşük kök mangan içeriği ise (99,89 mg kg^{-1}) P2 x N3 uygulamasından elde edilmiştir. Azot dozlarında ise fosforun artmasıyla birlikte mangan içeriğinde azalmalar meydana gelmiştir.

Artan miktarlarda uygulanan potasyum, marul köklerinin mangan içeriğinde artış meydana getirmiştir. En yüksek kök mangan içeriği (669,50 mg kg^{-1}) K3 (8 mM) uygulamasından elde edilirken, marul köklerinin en düşük mangan içeriği (304,68 mg kg^{-1}) ise K1 (4 mM) dozundan elde edilmiştir. K2 (6 mM) (392,11 mg kg^{-1}) ise bu değer arasında yer almıştır.

Fosfor ve potasyum interaksiyonu birlikte değerlendirildiğinde, marul köklerinin en yüksek mangan içeriği (946,67 mg kg^{-1}) fosforun en düşük dozunun yer aldığı P1 x K3 uygulamaları ortalamasından elde edilirken, en düşük mangan içeriği ise (107,93) P2 x K1 uygulamasından elde edilmiştir.

Azot x potasyum interaksiyonu birlikte değerlendirildiğinde, marul köklerinin mangan içeriğinde K1, K2 ve K3 dozlarında artan azot dozlarının da etkisiyle birlikte mangan içeriğinde azalma meydana gelmiştir. Azot dozlarında ise artan potasyum dozlarının da etkisiyle N1, N2 ve N3 dozlarında köklerin mangan içeriğinde ise artış meydana gelmiştir. En yüksek kök mangan içeriği (896,16 mg kg^{-1}) N1 x K3 uygulamasından sağlanırken, en düşük kök mangan içeriği ise (100,67 mg kg^{-1}) N3 x K1 uygulamasından elde edilmiştir.

Azot x fosfor x potasyum interaksiyonu birlikte değerlendirildiğinde, en yüksek marul kök mangan içeriği, (1196,67mg kg^{-1}) N1 x K1 x P1 uygulamasından, en düşük mangan içeriği ise (69,78 mg kg^{-1}) N3 x K1 x P2 uygulamasından elde edilmiştir.

Kacar ve Katkat, (2015) pH'nın düşüşüne bağlı olarak Mn yarayışlılığının arttığını ve Mn yarayışlılığını etkileyen en önemli besin elementi dengesinin ise 'demir-mangan' oranı olduğunu belirtmiştir. Demir miktarı Mn'dan yüksek olduğunda bitkilerde Mn noksanlığı ortaya çıkarken, buna karşılık tam tersi bir durumda noksanlık söz konusu olmadığını söylemiştir. Mn alımı üzerine Mg'un etkilerinin olumsuz olduğu belirtilmiştir (Maas, Moore & Mason, 1969). Denememizden elde edilen sonuçlar doğrultusunda demir miktarının fazla olduğu durumda mangan miktarında azalma görülürken, tam tersi mangan miktarının fazla olduğu durumda da demir miktarında azalmaya neden olduğu görülmüştür. Genel anlamda ise N, P, K dozlarının artması sonucu Mn içeriğinde bir azalma söz konusudur. Denememizden elde edilen sonuçları destekler nitelikte bulunmuştur.

4.4.11. Köklerin Bor İçeriği

Artan dozlarda uygulanan azot, fosfor ve potasyumun marul bitkisinin kök bor içerikleri üzerine etkisine ilişkin varyans analiz tablosu Çizelge 4.47'de, verilere ait ortalamalar ve LSD testine göre gruplandırmaları ise Çizelge 4.48'de sunulmuştur.

Marul bitkisinin kök bor içerikleri üzerine; fosfor x azot, potasyum, fosfor x potasyum, azot x fosfor x potasyum interaksiyonlarının etkisi istatistiksel olarak %1 olasılık düzeyinde, fosfor dozlarının arasındaki ilişkinin etkisi ise istatistiksel olarak %5

düzeyinde önemli bulunmuştur. Diğer interaksiyonlar arasındaki ilişki önemli çıkmamıştır (Çizelge 4.47).

Çizelge 4.47. Köklerin bor içeriğine ait varyans analiz tablosu

	Varyasyon kaynağı	Serbestlik derecesi	Kareler toplamı	Kareler ortalaması	Hesaplanan F değeri	Tablo değeri %5	Tablo değeri %1
Yaprak	Faktör-A	1	60,500	60,500	5,246*	3,920	6,850
	Faktör-B	2	26,476	13,238	1,148öd	3,070	4,790
	A*B	2	205,548	102,774	8,911**	3,070	4,790
	Faktör-C	2	1198,471	599,236	51,956**	3,070	4,790
	A*C	2	398,924	199,462	17,294**	3,070	4,790
	B*C	4	80,081	20.020	1,736öd	2,450	3,480
	A*B*C	4	638,872	159,718	13,848**	2,450	3,480
	Hata	144	1660,834	11,534			
	Genel	161	4269,706	26,520			

Faktör-A: Fosfor Dozları — öd: önemli değil
Faktör-B: Azot Dozları — *: önemli p<0,05
Faktör-C: Potasyum Dozları — **: önemli p<0,01

Çizelge 4.48. N, P, K dozlarının marul köklerinin bor içeriğine (mg kg^{-1}) etkisi

Fosfor Dozları	Potasyum Dozları	Azot Dozları N1 (6 mM)	N2 (8 mM)	N3 (10 mM)	Ortalama
P1 (1mM)	K1 (4 mM)	20,53 a A	16,67 b A	10,64 c B	15,95 c
	K2 (6 mM)	20,17 a B	27,29 a A	24,35 a AB	23,93 a
	K3 (8 mM)	18,47 a A	19,64 b A	17,50 b A	18,53 b
	Ort	**19,72 a A**	**21,20 a A**	**17,50 a B**	**19,47 a**
P2 (2mM)	K1 (4 mM)	10,90 b B	15,65 a A	16,36 b A	14,30 b
	K2 (6 mM)	20,85 a A	17,33 a A	19,12 ab A	19,10 a
	K3 (8 mM)	22,04 a A	19,67 a A	22,34 a A	21,35 a
	Ort	**17,93 a A**	**17,55 b B**	**19,27 a A**	**18,25 b**
Genel ort		**18,82**	**19,37**	**18,38**	

Potasyum Dozları	Fosfor Dozları	Azot Dozları N1 (6 mM)	N2 (8 mM)	N3 (10 mM)	Ortalama
K1(4 mM)	P1 (1mM)	20,53 a A	16,67 a A	10,64 a B	15,95 a
	P2 (2mM)	10,90 b B	15,65 a A	16,36 b A	14,30 a
	Ort	**15,71**	**16,16**	**13,50**	**15,12 b**
K2(6 mM)	P1(1mM)	20,17 a B	27,29 a A	24,35 a AB	23,93 a
	P2(2mM)	20,85 a A	17,33 b A	19,12 b A	19,10 b
	Ort	**20,51**	**22,31**	**21,73**	**21,52 a**
K3(8 mM)	P1 (1mM)	18,47 a A	19,64 a A	17,50 b A	18,53 b
	P2 (2mM)	22,04 a A	19,67 a A	22,34 a A	21,35 a
	Ort	**20,25**	**19,65**	**19,92**	**19,94 a**
Genel ort		**18,82**	**19,37**	**18,38**	

$P_{LSD\ p<0,05}$	1,060	$PxN_{LSD\ p<0,01}$	2,427	P	Fosfor
N_{LSD}	öd	$PxK_{LSD\ p<0,01}$	2,427	N	Azot
$K_{LSD\ p<0,01}$	1,716	NxK_{LSD}	öd	K	Potasyum
$PxNxK_{LSD\ p<0,01}$	4,204				

Büyük harfler yatay karşılaştırmayı, küçük harfler düşey karşılaştırmayı ifade etmektedir.

Artan miktarlarda uygulanan fosfor, marul köklerinin bor içeriğinde azalmaya neden olmuştur. Köklerin düşük bor içeriği (% 18,25) yüksek fosfor (P2) uygulamasında, yüksek bor içeriği P1 (1 mM) uygulamasında (% 19,47) bulunmuştur.

Fosfor ve azot interaksiyonu birlikte değerlendirildiğinde, fosfor uygulamasının düşük dozunda köklerin bor içeriğinde azalmaya meydana gelirken, en yüksek bor içeriği (21,20 mg kg^{-1}) P1 x N2 uygulamasından, en düşük bor içeriği ise (17,55 mg kg^{-1}) P2 x N2 uygulamasından elde edilmiştir. Yüksek fosfor dozunda köklerin bor içeriğinde artış meydana gelmektedir. Azot dozlarında ise fosforun artmasıyla birlikte bor içeriğinde N1 ve N2 dozunda azalmalar görülürken, N3 dozunda ise artış meydana gelmiştir.

Artan miktarlarda uygulanan potasyum, marul köklerinin bor içeriğinde artış meydana getirmiştir. En yüksek kök bor içeriği (21,52 mg kg^{-1}) K2 (6 mM) uygulamasından elde edilirken, marul köklerinin en düşük bor içeriği (15,12 mg kg^{-1}) ise K1 (4 mM) dozundan elde edilmiştir. K3 (8 mM) (19,94 mg kg^{-1}) K2 ile aynı grupta yer almıştır.

Azot x potasyum interaksiyonu birlikte değerlendirildiğinde, artan azot dozlarının kök bor içeriği etkisi potasyumun K1 ve K2 dozlarında aynı grupta yer alıp önce artıp sonra azalırken, K3 dozunda ise azalma görülmüştür. Marul bitkisinin bor içeriği üzerine artan potasyum dozlarının azot dozlarıyla olan interaksiyonun da önce artış sonra ise azalma meydana gelmiştir. En yüksek kök bor içeriği (22,31mg kg^{-1}) N2 x K2 uygulamasından sağlanmıştır. En düşük kök bor içeriği ise (13,50 mg kg^{-1}) N3 x K1 uygulamasından elde edilmiştir.

Azot x fosfor x potasyum interaksiyonu birlikte değerlendirildiğinde, marul köklerinin en yüksek bor içeriği (27,29 mg kg^{-1}) N2 x K2 x P1 uygulamasından, en düşük kök bor içeriği ise (10,64 mg kg^{-1}) N3 x K1 x P2 uygulamasından elde edilmiştir.

Bitki bünyesinde K oranı arttıkça B alımının azaldığı, ayrıca B'un bitkilerin nitrat ve fosfat alımını arttırdığı bilinmektedir. Borun en yüksek oranda alındığı pH 6,3-6,5 arasındadır (Kacar ve Katkat, 2015). Denememizden elde edilen sonuçlar potasyum ve fosforun etkisinde de görüldüğü üzere azalma şeklinde meydana gelmiştir ve sonuçları destekler niteliktedir.

4.5. Yaprakların Kaldırdığı Besin Elementi Miktarları

4.5.1. Yaprakların Kaldırdığı Azot Miktarı

Artan dozlarda uygulanan azot, fosfor ve potasyumun marul bitkisi yapraklarının kaldırdığı azot miktarı üzerine etkisine ilişkin varyans analiz tablosu Çizelge 4.49'da, verilere ait ortalamalar ve LSD testine göre gruplandırmaları ise Çizelge 4.50'de sunulmuştur.

Marul yapraklarının kaldırdığı azot içerikleri üzerine; azot, potasyum, azot x potasyum dozlarının etkisi istatistiksel olarak %1 olasılık düzeyinde, fosfor x potasyum dozlarının arasındaki ilişki %5 düzeyinde önemli bulunmuştur. Diğer fosfor, fosfor x azot, azot x fosfor x potasyum dozlarının arasındaki ilişki önemli bulunmamıştır (Çizelge 4.49).

Çizelge 4.49. Yaprakların kaldırdığı azot miktarına ait varyans analiz tablosu

	Varyasyon kaynağı	Serbestlik derecesi	Kareler toplamı	Kareler ortalaması	Hesaplanan F değeri	Tablo değeri %5	Tablo değeri %1
Yaprak	Faktör-A	1	516,311	516,311	0,166öd	3,920	6,850
	Faktör-B	2	149907,092	74953,546	24,071**	3,070	4,790
	A*B	2	3239,632	1619,816	0,520öd	3,070	4,790
	Faktör-C	2	30425,252	15212,626	4,885**	3,070	4,790
	A*C	2	20755,719	10377,859	3,333*	3,070	4,790
	B*C	4	51853,707	12963,427	4,163**	2,450	3,480
	A*B*C	4	18445,207	4611,302	1,481öd	2,450	3,480
	Hata	144	448395,419	3113,857			
	Genel	161	723538,339	4494,027			

Faktör-A: Fosfor Dozları
Faktör-B: Azot Dozları
Faktör-C: Potasyum Dozları
öd: önemli değil
*: önemli p<0,05
**: önemli p<0,01

Artan miktarlarda uygulanan azot, marul yapraklarının kaldırdığı azot miktarında artış meydana getirmiştir. Yapraktan kaldırılan en yüksek azot (295,50 mg) N3 uygulamasından elde edilmiştir. Yapraktan kaldırılan en düşük azot (220,10 mg) N1 (6 mM) uygulamasından elde edilirken, N2 (8 mM) (261,85 mg) N1 ile N3 arasında yer almıştır.

Artan miktarlarda uygulanan potasyum, marul yapraklarının kaldırdığı azot miktarında azalış meydana getirmiştir. Yaprakların kaldırdığı en yüksek azot (277,91 mg) K1 (4 mM)

uygulamasından elde edilirken, en düşük kaldırılan azot (245,08 mg) ise K2 (6 mM) dozundan elde edilmiştir. K3 (8 mM) (255,49 mg) K1 ile K3 arasında yer almıştır.

Çizelge 4.50. N, P, K dozlarının, yaprakların kaldırdığı azot miktarına (mg) etkisi

Fosfor Dozları	Potasyum Dozları	Azot Dozları N1 (6 mM)	N2 (8 mM)	N3 (10 mM)	Ortalama
P1 (1mM)	K1 (4 mM)	255,20	310,11	304,20	289,84 a
	K2 (6 mM)	208,32	230,26	318,98	252,52 b
	K3 (8 mM)	221,03	251,56	251,75	241,45 b
	Ort	**228,18**	**263,98**	**291,64**	**261,27**
P2 (2mM)	K1 (4 mM)	197,24	270,93	329,79	265,99 ab
	K2 (6 mM)	209,63	209,91	293,35	237,63 b
	K3 (8 mM)	235,16	298,35	274,90	269,47 a
	Ort	**214,01**	**259,73**	**299,35**	**257,70**
Genel ort		**220,10 C**	**261,85 B**	**295,50 A**	

Potasyum Dozları	Fosfor Dozları	Azot Dozları N1 (6 mM)	N2 (8 mM)	N3 (10 mM)	Ortalama
K1(4 mM)	P1 (1mM)	255,20	310,11	304,20	289,84 a
	P2 (2mM)	197,24	270,93	329,79	265,99 a
	Ort	**226,22 a B**	**290,52 a A**	**316,40 a A**	**277,91 a**
K2(6 mM)	P1(1mM)	208,32	230,26	318,98	252,52 a
	P2(2mM)	209,63	209,91	293,35	237,63 a
	Ort	**208,98 a B**	**220,09 b B**	**306,16 ab A**	**245,08 b**
K3(8 mM)	P1 (1mM)	221,03	251,56	251,75	241,45 a
	P2 (2mM)	235,16	298,35	274,90	269,47
	Ort	**228,09 a A**	**274,95 a A**	**263,33 b A**	**255,46 ab**
Genel ort		**220,10 C**	**261,85 B**	**295,50 A**	

P_{LSD}	öd	PxN_{LSD}	öd	P	Fosfor
$N_{LSD\ p<0,01}$	28,202	$PxK_{LSD\ p<0,01}$	30,171	N	Azot
$K_{LSD\ p<0,01}$	28,202	$NxK_{LSD\ p<0,01}$	48,847	K	Potasyum
$PxNxK_{LSD\ p<0,01}$	öd				

Büyük harfler yatay karşılaştırmayı, küçük harfler düşey karşılaştırmayı ifade etmektedir.

Fosfor ve potasyum interaksiyonu birlikte değerlendirildiğinde, marul yapraklarının kaldırdığı en yüksek azot (289,84 mg) P1 x K1 uygulamaları ortalamasından elde edilirken, en düşük kaldırılan yaprak azot ise (237,63 mg) P2 x K2 uygulamaları ortalamasından elde edilmiştir.

Azot x potasyum interaksiyonu birlikte değerlendirildiğinde, marul yapraklarının kaldırdığı azot miktarında K1, K2 ve K3 dozlarında artan azot dozlarının da etkisiyle birlikte artış meydana gelmiştir. Azot dozlarında ise artan potasyum dozlarının da

etkisiyle N1 dozun da artış, N2 ve N3 dozun da ise azalış meydana gelmiştir. En yüksek kaldırılan yaprak azotu (316,4 mg) N3 x K1 uygulamasından sağlanırken, en düşük kaldırılan yaprak azotu ise (208,98 mg) N2 x K2 uygulamasından elde edilmiştir.

Odabaş, (2019) marul çeşitleri üzerine artan dozlarda azotlu gübrelerin etkilerini araştırmış ve sonuç olarak marul bitkisine uygulanan azotlu gübrelerin bitkinin N, P, K, Ca, Fe, Mn alımını arttırdığını, bunun yanında Mg alımını ise olumsuz etkilediğini saptamıştır. Çalışkan ve diğerleri, (2014) uygulamış oldukları farklı organik gübrelerin marul bitkisinin toplam azot içerikleri üzerine ticari gübre uygulamasından daha yüksek oranda bir artış meydana getirdiğini gözlemlemişlerdir. Pitura ve diğerleri, (2015) artan amonyum nitrat gübre dozuyla birlikte marulda toplam N ve nitrat içeriğinin arttığını, nitrattaki artışın %0.74 ile %1.15 arasında değiştiğini tespit etmişlerdir.

Bozkurt ve diğerleri (2004) farklı miktarda hümik asit ve yüksek azot uygulamasının kıvırcık bitkisinde ürün miktarı, yaprak sayısı, baş ağırlığı, nitrat, fosfor, demir, mangan ve çinko miktarlarını ciddi miktarda arttırdığını tespit etmişlerdir. Parente ve diğerleri (2006) marul çeşitlerinde N'lu gübrelemenin etkisini araştırdığı çalışmasında her iki yılda yaprak sayısı, yaş ve kuru ağırlığı ile nitrat içerikleri arasındaki ilişkinin önemli olduğunu belirlemişlerdir. Boroujerdnia ve diğerleri (2007) yapmış oldukları çalışma da en yüksek verimin 120 kg N ha^{-1} uygulamasından verim elde edildiğini, bu uygulama düzeyinde bitkilerin nitrat ve nitrit içeriklerinin en yüksek olduğunu, sabah hasat edilen marulun nitrat ve nitrit içeriklerinin akşam hasadına göre oldukça yüksek ve önemli bir fark oluşturduğunu tespit etmişlerdir. Denememizden elde edilen yaprak kaldırılan azot içeriklerinin artışı yapılan çalışmalarla uyumlu olup elde ettiğimiz sonuçları destekler nitelikte olduğu görülmektedir.

4.5.2. Yaprakların Kaldırdığı Fosfor Miktarı

Artan dozlarda uygulanan azot, fosfor ve potasyumun marul bitkisi yapraklarının kaldırdığı fosfor miktarı üzerine etkisine ilişkin varyans analiz tablosu Çizelge 4.51'de, verilere ait ortalamalar ve LSD testine göre gruplandırmaları ise Çizelge 4.52'de sunulmuştur.

Marul yapraklarının kaldırdığı fosfor miktarı üzerine; azot, potasyum, fosfor x potasyum, azot x potasyum, azot x fosfor x potasyum interaksiyonlarının etkisi istatistiksel olarak %1 olasılık düzeyinde önemli bulunurken, fosfor ve fosfor x azot dozları arasındaki ilişki interaksiyonları arasındaki ilişki önemli bulunmamıştır (Çizelge 4.51).

Çizelge 4.51. Yaprakların kaldırdığı fosfor miktarına ait varyans analiz tablosu

	Varyasyon kaynağı	Serbestlik derecesi	Kareler toplamı	Kareler ortalaması	Hesaplanan F değeri	Tablo değeri %5	Tablo değeri %1
	Faktör-A	1	20,902	20,902	0,093öd	3,920	6,850
	Faktör-B	2	11638,501	5819,251	26,027**	3,070	4,790
	A*B	2	591,535	295,768	1,323öd	3,070	4,790
	Faktör-C	2	4116,176	2058,088	9,205**	3,070	4,790
Yaprak	A*C	2	2567,101	1283,550	5,741**	3,070	4,790
	B*C	4	5156,966	1289,241	5,766**	2,450	3,480
	A*B*C	4	3516,674	879,169	3,932**	2,450	3,480
	Hata	144	32195,979	223,583			
	Genel	161	59803,834	371,452			

Faktör-A: Fosfor Dozları — öd: önemli değil
Faktör-B: Azot Dozları — *: önemli p<0,05
Faktör-C: Potasyum Dozları — **: önemli p<0,01

Artan miktarlarda uygulanan azot, marul yapraklarının kaldırdığı fosfor miktarında artış meydana getirmiştir. Yapraktan kaldırılan en yüksek fosfor (74,42 mg) N3 uygulamasından elde edilmiştir. Yapraktan kaldırılan en düşük fosfor (53,92 mg) N1 (6 mM) uygulamasından elde edilirken, N2 (8 mM) (66,98 mg) N3 ile aynı grupta yer almıştır.

Artan miktarlarda uygulanan potasyum, marul yapraklarının kaldırdığı fosfor miktarında azalış meydana getirmiştir. Yaprakların kaldırdığı en yüksek fosfor (72,18 mg) K1 (4 mM) uygulamasından elde edilirken, en düşük kaldırılan fosfor (60,83 mg) ise K2 (6 mM) dozundan elde edilmiştir. K3 (8 mM) (62,30 mg) K2 ile aynı grupta yer almıştır.

Fosfor ve potasyum interaksiyonu birlikte değerlendirildiğinde, marul yapraklarının kaldırdığı en yüksek fosfor içeriği (75,51 mg) P1 x K1 uygulamaları ortalamasından elde edilirken, en düşük kaldırılan yaprak fosfor içeriği ise (56,41 mg) P1 x K3 uygulamaları ortalamasından elde edilmiştir.

Çizelge 4.52. N, P, K dozlarının, yaprakların kaldırdığı fosfor miktarına (mg) etkisi

Fosfor Dozları	Potasyum Dozları	Azot Dozları N1 (6 mM)			N2 (8 mM)			N3 (10 mM)			Ortalama	
P1 (1mM)	K1 (4mM)	63,77	a	B	86,90	a	A	75,86	ab	AB	75,51	a
	K2 (6mM)	49,25	a	B	57,27	b	B	80,43	a	A	62,32	b
	K3 (8mM)	55,51	a	A	53,51	b	A	60,23	b	A	56,41	b
	Ort	**56,17**			**65,89**			**72,17**			**64,75**	
P2 (2mM)	K1 (4mM)	47,59	a	B	71,25	a	A	87,74	a	A	68,86	a
	K2 (6mM)	50,17	a	B	52,07	b	B	75,80	ab	A	59,35	a
	K3 (8mM)	57,21	a	B	80,88	a	A	66,48	b	AB	68,19	a
	Ort	**51,66**			**68,06**			**76,67**			**65,47**	
Genel ort		**53,92**	**B**		**66,98**	**A**		**74,42**	**A**			

Potasyum Dozları	Fosfor Dozları	Azot Dozları N1 (6 mM)			N2 (8 mM)			N3 (10 mM)			Ortalama	
K1(4mM)	P1 (1mM)	63,77	a	B	86,90	a	A	75,86	a	AB	75,51	a
	P2 (2mM)	47,59	a	B	71,25	a	A	87,74	a	A	68,86	a
	Ort	**55,68**	**a**	**B**	**79,08**	**a**	**A**	**81,80**	**a**	**A**	**72,18**	**a**
K2(6mM)	P1(1mM)	49,25	a	B	57,27	a	B	80,43	a	A	62,32	a
	P2(2mM)	50,17	a	B	52,07	a	B	75,80	a	A	59,35	a
	Ort	**49,71**	**a**	**B**	**54,67**	**b**	**B**	**78,12**	**a**	**A**	**60,83**	**b**
K3(8mM)	P1 (1mM)	55,51	a	A	53,51	b	A	60,23	a	A	56,41	b
	P2 (2mM)	57,21	a	B	80,88	a	A	66,48	a	AB	68,19	a
	Ort	**56,36**	**a**	**A**	**67,19**	**ab**	**A**	**63,36**	**b**	**A**	**62,30**	**b**
Genel ort		**53,92**	**B**		**66,98**	**A**		**74,42**	**A**			

P_{LSD}	öd	PxN_{LSD}	öd	P	Fosfor
$N_{LSD\ p<0,01}$	7,557	$PxK_{LSD\ p<0,01}$	10,687	N	Azot
$K_{LSD\ p<0,01}$	7,557	$NxK_{LSD\ p<0,01}$	13,089	K	Potasyum
$PxNxK_{LSD\ p<0,01}$	18,511				

Büyük harfler yatay karşılaştırmayı, küçük harfler düşey karşılaştırmayı ifade etmektedir.

Azot x potasyum interaksiyonu birlikte değerlendirildiğinde, marul yapraklarının kaldırdığı fosfor miktarında K1, K2 ve K3 dozlarında artan azot dozlarının da etkisiyle birlikte artış meydana gelmiştir. Azot dozlarında ise artan potasyum dozlarının da etkisiyle N1 dozun da artış, N2 ve N3 dozun da ise azalış meydana gelmiştir. En yüksek kaldırılan yaprak fosforu (81,80 mg) N3 x K1 uygulamasından sağlanırken, en düşük kaldırılan yaprak fosforu ise (49,71 mg) N1 x K2 uygulamasından elde edilmiştir.

Azot x fosfor x potasyum interaksiyonu birlikte değerlendirildiğinde, marul yapraklarının kaldırdığı en yüksek fosfor (87,74 mg) N3 x K1 x P2 uygulamasından, en düşük kaldırılan fosfor içeriği (47,59 mg) N1 x K1 x P2 uygulamasından elde edilmiştir.

Brito ve diğerleri (2014), kompost, kireçtaşı ve kaya fosfatın artan uygulama dozları ile marul bitkisinin N, P ve K içeriklerini arttırdığını, en yüksek artışın kompost uygulamasından elde edildiğini saptamışlardır. Şahin ve diğerleri (2016) fosfor ile zenginleştirilmiş biyokömürün marul bitkisi besin elementi içeriklerinin en yüksek P, K, Ca ve Mg konsantrasyonunun BK + fosfor interaksiyonundan elde edildiğini tespit etmişlerdir. Bozokalfa ve diğerleri (2005) artan fosfor ve potasyum gübre dozlarının sap kerevizi bitkisinde P miktarlarında artış sağladığını belirtmişlerdir. Denememizden elde edilen sonuçlar fosfor miktarları oranlarının yapılan çalışmalarla uyumlu olup, artış gösterdiğini destekler niteliktedir.

4.5.3. Yaprakların Kaldırdığı Potasyum Miktarı

Artan dozlarda uygulanan azot, fosfor ve potasyumun marul bitkisi yapraklarının kaldırdığı potasyum miktarı üzerine etkisine ilişkin varyans analiz tablosu Çizelge 4.53'de, verilere ait ortalamalar ve LSD testine göre gruplandırmaları ise Çizelge 4.54'de sunulmuştur.

Marul yapraklarının kaldırdığı potasyum miktarları üzerine; azot, fosfor x potasyum interaksiyonlarının etkisi istatistiksel olarak %1 olasılık düzeyinde önemli bulunurken, diğer dozlar ve interaksiyonlar arasındaki ilişki önemli bulunmamıştır (Çizelge 4.53).

Çizelge 4.53. Yaprakların kaldırdığı potasyum miktarına ait varyans analiz tablosu

	Varyasyon kaynağı	Serbestlik derecesi	Kareler toplamı	Kareler ortalaması	Hesaplanan F değeri	Tablo değeri %5	Tablo değeri %1
Yaprak	Faktör-A	1	24332,425	24332,425	1,234öd	3,920	6,850
	Faktör-B	2	328553,103	164276,551	8,332**	3,070	4,790
	A*B	2	28579,097	14289,549	0,725öd	3,070	4,790
	Faktör-C	2	55352,853	27676,427	1,404öd	3,070	4,790
	A*C	2	261367,899	130683,949	6,628**	3,070	4,790
	B*C	4	43538,458	10884,615	0,552öd	2,450	3,480
	A*B*C	4	124078,041	31019,510	1,573öd	2,450	3,480
	Hata	144	2839046,266	19715,599			
	Genel	161	3704848,142	23011,479			

Faktör-A: Fosfor Dozları — öd: önemli değil
Faktör-B: Azot Dozları — *: önemli p<0,05
Faktör-C: Potasyum Dozları — **: önemli p<0,01

Çizelge 4.54. N, P, K dozlarının yaprakların kaldırdığı potasyum miktarına (mg) etkisi

Fosfor Dozları	Potasyum Dozları	Azot Dozları N1 (6 mM)	N2 (8 mM)	N3 (10 mM)	Ortalama	
P1 (1mM)	K1 (4mM)	583,30	574,97	584,73	581,00	a
	K2 (6mM)	484,02	537,84	650,84	557,57	a
	K3 (8mM)	536,39	408,22	619,80	521,47	a
	Ort	**534,57**	**507,01**	**618,46**	**553,34**	
P2 (2mM)	K1 (4mM)	473,06	523,04	624,71	540,27	b
	K2 (6mM)	503,31	516,73	582,41	534,15	b
	K3 (8mM)	608,03	656,56	712,87	659,15	a
	Ort	**528,13**	**565,441**	**639,99**	**577,86**	
Genel ort		**531,35 B**	**536,22 B**	**629,23 A**		

Potasyum Dozları	Fosfor Dozları	Azot Dozları N1 (6 mM)	N2 (8 mM)	N3 (10 mM)	Ortalama	
K1(4mM)	P1 (1mM)	583,30	574,97	584,73	581,00	a
	P2 (2mM)	473,06	523,04	624,71	540,27	a
	Ort	**528,18**	**549,00**	**604,72**	**560,63**	
K2(6mM)	P1(1mM)	484,02	537,84	650,84	557,57	a
	P2(2mM)	503,31	516,73	582,41	534,15	a
	Ort	**493,66**	**527,28**	**616,62**	**545,86**	
K3(8mM)	P1 (1mM)	536,39	408,22	619,80	521,47	b
	P2 (2mM)	608,03	656,56	712,87	659,15	a
	Ort	**572,21**	**532,39**	**666,34**	**590,31**	
Genel ort		**531,35 B**	**536,22 B**	**629,23 A**		

P_{LSD}	öd	PxN_{LSD}	öd	P	Fosfor
$N_{LSD\ p<0,01}$	70,964	$PxK_{LSD\ p<0,01}$	100,358	N	Azot
K_{LSD}	öd	NxK_{LSD}	öd	K	Potasyum
$PxNxK_{LSD}$	öd				

Büyük harfler yatay karşılaştırmayı, küçük harfler düşey karşılaştırmayı ifade etmektedir.

Artan miktarlarda uygulanan azot, marul yapraklarının kaldırdığı potasyum miktarında artış meydana getirmiştir. Yapraktan kaldırılan en yüksek potasyum (629,23 mg) N3 uygulamasından elde edilmiştir. Yapraktan kaldırılan en düşük potasyum (531,35 mg) N1 (6 mM) uygulamasından elde edilirken, N2 (8 mM) (536,22 mg) bu iki değer arasında yer almıştır.

Fosfor ve potasyum interaksiyonu birlikte değerlendirildiğinde, marul yapraklarının kaldırdığı en yüksek potasyum (581,00 mg) P1 x K1 uygulamaları ortalamasından elde edilirken, en düşük kaldırılan yaprak potasyum ise (521,47 mg) P1 x K3 uygulamaları ortalamasından elde edilmiştir.

Awaad ve diğerleri (2016), farklı N kaynakları ile potasyumun kumlu toprakta marulun gelişimi üzerine etkisini araştırdıkları tarla denemesi sonucunda; azotlu gübrelerle beraber verilen K ile bitki yapraklarının K içeriklerini arttırdığını, besin içeriklerinin Üre-Formaldehitten daha yüksek olduğunu saptamışlardır.

Yağmur ve diğerleri (2005), yapmış oldukları çalışmada artan potasyum dozlarının üzüm çeşidinin kontrole göre meyvedeki K içeriklerini arttırdığını belirlemişlerdir. Güneri ve diğerleri, (2016) artan düzeylerde uygulanan fosfor ve potasyum'un kamkat bitkisine etkisini araştırmışlar fosfor uygulamalarının bitki yapraklarında; N, P, Fe ve Mn kapsamını arttırdığını; potasyum uygulamalarının ise, genelde K miktarlarında artışa neden olduğunu saptamışlardır. Denememizden elde edilen sonuçlar doğrultusunda da artan dozda uygulanan N, P, K'nın kaldırılan potasyum miktarını arttırdığını, bu alanda daha önce yapılmış olan bu çalışmalar destekler niteliktedir.

4.5.4. Yaprakların Kaldırdığı Sodyum Miktarı

Artan dozlarda uygulanan azot, fosfor ve potasyumun marul bitkisi yapraklarının kaldırdığı sodyum miktarı üzerine etkisine ilişkin varyans analiz tablosu Çizelge 4.55'de, verilere ait ortalamalar ve LSD testine göre gruplandırmaları ise Çizelge 4.56'da sunulmuştur.

Çizelge 4.55. Yaprakların kaldırdığı sodyum miktarına ait varyans analiz tablosu

	Varyasyon kaynağı	Serbestlik derecesi	Kareler toplamı	Kareler ortalaması	Hesaplanan F değeri	Tablo değeri %5	Tablo değeri %1
Yaprak	Faktör-A	1	102,324	102,324	2,157öd	3,920	6,850
	Faktör-B	2	1006,767	503,384	10,612**	3,070	4,790
	A*B	2	59,494	29,747	0,627öd	3,070	4,790
	Faktör-C	2	90,319	45,159	0,952öd	3,070	4,790
	A*C	2	437,028	218,514	4,606*	3,070	4,790
	B*C	4	169,533	42,383	0,893öd	2,450	3,480
	A*B*C	4	246,817	61,704	1,301öd	2,450	3,480
	Hata	144	6830,917	47,437			
	Genel	161	8943,200	55,548			

Faktör-A: Fosfor Dozları
Faktör-B: Azot Dozları
Faktör-C: Potasyum Dozları

öd: önemli değil
*: önemli p<0,05
**: önemli p<0,01

Marul yapraklarının kaldırdığı sodyum miktarı üzerine; azot dozlarının etkisi istatistiksel olarak %1 olasılık düzeyinde önemli bulunurken, fosfor x potasyum dozlarının etkisi istatistiksel olarak %5 düzeyinde önemli bulunmuştur. Fosfor, fosfor x azot, potasyum, azot x potasyum, azot x fosfor x potasyum interaksiyonları arasındaki ilişki önemli bulunmamıştır (Çizelge 4.55).

Çizelge 4.56. N, P, K dozlarının, yaprakların kaldırdığı sodyum miktarına (mg) etkisi

Fosfor Dozları	Potasyum Dozları	Azot Dozları N1 (6 mM)	N2 (8 mM)	N3 (10 mM)	Ortalama	
P1 (1mM)	K1 (4mM)	27,04	31,68	29,51	29,41	a
	K2 (6mM)	23,36	25,34	31,55	26,75	a
	K3 (8mM)	26,41	22,06	28,73	25,74	a
	Ort	**25,60**	**26,36**	**29,93**	**27,30**	
P2 (2mM)	K1 (4mM)	23,21	26,58	32,91	27,57	b
	K2 (6mM)	26,05	24,72	31,27	27,35	b
	K3 (8mM)	29,02	30,79	35,45	31,75	a
	Ort	**26,09**	**27,36**	**33,21**	**28,89**	
Genel ort		**25,85 B**	**26,86 B**	**31,57 A**		

Potasyum Dozları	Fosfor Dozları	Azot Dozları N1 (6 mM)	N2 (8 mM)	N3 (10 mM)	Ortalama	
K1(4mM)	P1 (1mM)	27,04	31,68	29,51	29,41	a
	P2 (2mM)	23,21	26,58	32,91	27,57	a
	Ort	**25,12**	**29,13**	**31,21**	**28,49**	
K2(6mM)	P1(1mM)	23,36	25,34	31,55	27,35	a
	P2(2mM)	26,05	24,72	31,27	26,75	a
	Ort	**24,70**	**25,03**	**31,41**	**27,05**	
K3(8mM)	P1 (1mM)	26,41	22,06	28,73	25,74	b
	P2 (2mM)	29,02	30,79	35,45	31,75	a
	Ort	**27,71**	**26,43**	**32,09**	**28,74**	
Genel ort		**25,85 B**	**26,86 B**	**31,57 A**		

P_{LSD}	öd	PxN_{LSD}	öd	P	Fosfor
$N_{LSD\ p<0,01}$	3,481	$PxK_{LSD\ p<0,05}$	3,724	N	Azot
K_{LSD}	öd	NxK_{LSD}	öd	K	Potasyum
$PxNxK_{LSD}$	öd				

Büyük harfler yatay karşılaştırmayı, küçük harfler düşey karşılaştırmayı ifade etmektedir.

Artan miktarlarda uygulanan azot, marul yapraklarının kaldırdığı sodyum miktarında artış meydana getirmiştir. Yapraktan kaldırılan en yüksek sodyum (31,57 mg) N3 uygulamasından elde edilmiştir. Yapraktan kaldırılan en düşük sodyum (25,85 mg) N1 (6 mM) uygulamasından elde edilirken, N2 (8 mM) (26,86 mg) bu iki değer arasında yer almıştır.

Fosfor ve potasyum interaksiyonu birlikte değerlendirildiğinde, marul yapraklarının kaldırdığı en yüksek sodyum (31,75 mg) P2 x K3 uygulamaları ortalamasından elde edilirken, en düşük kaldırılan yaprak potasyum ise (25,74 mg) P1 x K3 uygulamaları ortalamasından elde edilmiştir.

4.5.5. Yaprakların Kaldırdığı Kalsiyum Miktarı

Artan dozlarda uygulanan azot, fosfor ve potasyumun marul bitkisi yapraklarının kaldırdığı kalsiyum miktarı üzerine etkisine ilişkin varyans analiz tablosu Çizelge 4.57'de, verilere ait ortalamalar ve LSD testine göre gruplandırmaları ise Çizelge 4.58'de sunulmuştur.

Marul yapraklarının kaldırdığı kalsiyum miktarları üzerine; azot, potasyum, fosfor x potasyum, interaksiyonlarının etkisi %1 olasılık düzeyinde önemli bulunurken, azot x fosfor x potasyum interaksiyonlarının etkisi istatistiksel olarak %1 olasılık düzeyinde önemli bulunmuştur. Fosfor, fosfor x azot, azot x potasyum interaksiyonları arasındaki ilişki önemli bulunmamıştır (Çizelge 4.57).

Çizelge 4.57. Yaprakların kaldırdığı kalsiyum miktarına ait varyans analiz tablosu

	Varyasyon kaynağı	Serbestlik derecesi	Kareler toplamı	Kareler ortalaması	Hesaplanan F değeri	Tablo değeri %5	Tablo değeri %1
Yaprak	Faktör-A	1	110,492	110,492	1,005öd	3,920	6,850
	Faktör-B	2	6563,259	3281,629	29,837**	3,070	4,790
	A*B	2	50,327	25,164	0,229öd	3,070	4,790
	Faktör-C	2	2412,824	1206,412	10,969**	3,070	4,790
	A*C	2	1111,930	555,965	5,055**	3,070	4,790
	B*C	4	405,693	101,423	0,922öd	2,450	3,480
	A*B*C	4	1099,064	274,766	2,498*	2,450	3,480
	Hata	144	15838,138	109,987			
	Genel	161	27591,727	171,377			

Faktör-A: Fosfor Dozları — öd: önemli değil
Faktör-B: Azot Dozları — *: önemli p<0,05
Faktör-C: Potasyum Dozları — **: önemli p<0,01

Artan miktarlarda uygulanan azot, marul yapraklarının kaldırdığı kalsiyum miktarında artış meydana getirmiştir. Yapraktan kaldırılan en yüksek kalsiyum içeriği (50,18 mg) N3 uygulamasından elde edilmiştir. Yapraktan kaldırılan en düşük kalsiyum içeriği (34,62 mg) N1 (6 mM) uygulamasından elde edilirken, N2 (8 mM) (34,62 mg) N3 ile N1 değerleri arasında yer almıştır.

Çizelge 4.58. N, P, K dozlarının, yaprakların kaldırdığı kalsiyum miktarına (mg) etkisi

Fosfor Dozları	Potasyum Dozları	Azot Dozları N1 (6 mM)	N2 (8 mM)	N3 (10 mM)	Ortalama
P1 (1mM)	K1 (4mM)	43,39 a B	53,73 a A	51,52 ab AB	49,54 a
	K2 (6mM)	27,98 b C	40,13 b B	53,95 a A	40,69 b
	K3 (8mM)	32,09 b B	31,41 b B	42,57 b A	35,36 b
	Ort	**34,49**	**41,75**	**49,35**	**41,86**
P2 (2mM)	K1 (4mM)	36,39 a C	46,55 a B	57,29 a A	46,75 a
	K2 (6mM)	31,70 a B	40,55 a AB	46,05 b A	39,43 a
	K3 (8mM)	36,19 a B	47,18 a B	49,72 ab A	44,36 a
	Ort	**34,76**	**44,76**	**51,02**	**43,51**
Genel ort		**34,62 C**	**43,26 B**	**50,18 A**	

Potasyum Dozları	Fosfor Dozları	Azot Dozları N1 (6 mM)	N2 (8 mM)	N3 (10 mM)	Ortalama
K1(4mM)	P1 (1mM)	43,39 a B	53,73 a A	51,52 a AB	49,54 a
	P2 (2mM)	36,39 a C	46,55 a B	57,29 a A	46,75 a
	Ort	**39,89**	**50,14**	**54,41**	**48,15 a**
K2(6mM)	P1(1mM)	27,98 a C	40,13 a B	53,95 a A	40,69 a
	P2(2mM)	31,70 a B	40,55 a AB	46,05 a A	39,43 a
	Ort	**29,84**	**40,34**	**50,00**	**40,06 b**
K3(8mM)	P1 (1mM)	32,09 a B	31,41 b B	42,57 a A	35,36 b
	P2 (2mM)	36,19 a B	47,18 a B	49,72 a A	44,36 a
	Ort	**34,14**	**39,29**	**46,14**	**39,86 b**
Genel ort		**34,62 C**	**43,26 B**	**50,18 A**	

P_{LSD}	öd	PxN_{LSD}	öd	P	Fosfor
$N_{LSD\ p<0,01}$	5,300	$PxK_{LSD\ p<0,01}$	7,496	N	Azot
$K_{LSD\ p<0,01}$	5,300	NxK_{LSD}	öd	K	Potasyum
$PxNxK_{LSD\ p<0,05}$	9,821				

Büyük harfler yatay karşılaştırmayı, küçük harfler düşey karşılaştırmayı ifade etmektedir.

Artan miktarlarda uygulanan potasyum, marul yapraklarının kaldırdığı kalsiyum miktarında azalış meydana getirmiştir. Yaprakların kaldırdığı en yüksek kalsiyum içeriği (48,15 mg) K1 (4 mM) uygulamasından elde edilirken, en düşük kaldırılan kalsiyum içeriği (39,86 mg) ise K3 (8 mM) dozundan elde edilmiştir. K2 (6 mM) (40,06 mg) K2 ile aynı grupta yer almıştır.

Fosfor ve potasyum interaksiyonu birlikte değerlendirildiğinde, marul yapraklarının kaldırdığı en yüksek kalsiyum içeriği (49,54 mg) P1 x K1 uygulamaları ortalamasından elde edilirken, en düşük kaldırılan yaprak kalsiyum içeriği ise (35,36 mg) P1 x K3 uygulamaları ortalamasından elde edilmiştir.

Azot x fosfor x potasyum interaksiyonu birlikte değerlendirildiğinde, marul yapraklarının kaldırdığı en yüksek kalsiyum içeriği (57,29 mg) N3 x K1 x P2 uygulamasından, en düşük kaldırılan kalsiyum içeriği ise (27,98 mg) N1 x K2 x P1 uygulamasından elde edilmiştir.

4.5.6. Yaprakların Kaldırdığı Magnezyum Miktarı

Artan dozlarda uygulanan azot, fosfor ve potasyumun marul bitkisi yapraklarının kaldırdığı magnezyum miktarı üzerine etkisine ilişkin varyans analiz tablosu Çizelge 4.59'da, verilere ait ortalamalar ve LSD testine göre gruplandırmaları ise Çizelge 4.60'da sunulmuştur.

Marul yapraklarının kaldırdığı magnezyum miktarları üzerine; fosfor, azot, potasyum, azot x potasyum interaksiyonlarının etkisi istatistiksel olarak %1 olasılık düzeyinde önemli bulunurken, fosfor x azot, fosfor x potasyum, azot x fosfor x potasyum interaksiyonlarının etkisi istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır (Çizelge 4.59).

Çizelge 4.59. Yaprakların kaldırdığı magnezyum miktarına ait varyans analiz tablosu

	Varyasyon kaynağı	Serbestlik derecesi	Kareler toplamı	Kareler ortalaması	Hesaplanan F değeri	Tablo değeri %5	Tablo değeri %1
	Faktör-A	1	473,328	473,328	10,539**	3,920	6,850
	Faktör-B	2	1686,657	843,329	18,777**	3,070	4,790
	A*B	2	118,287	59,143	1,317öd	3,070	4,790
	Faktör-C	2	909,892	454,946	10,130**	3,070	4,790
Yaprak	A*C	2	263,407	131,704	2,932öd	3,070	4,790
	B*C	4	1461,064	365,266	8,133**	2,450	3,480
	A*B*C	4	428,926	107,232	2,388öd	2,450	3,480
	Hata	144	6467,399	44,912			
	Genel	161	11808,961	73,348			

Faktör-A: Fosfor Dozları — öd: önemli değil
Faktör-B: Azot Dozları — *: önemli p<0,05
Faktör-C: Potasyum Dozları — **: önemli p<0,01

Artan miktarlarda uygulanan fosfor, marul yapraklarının kaldırdığı magnezyum miktarında azalış meydana getirmiştir. Yaprakların kaldırdığı en yüksek magnezyum (28,89 mg) düşük fosfor (P1) uygulamasında, yüksek fosfor (P2) (2 mM) uygulamasına oranla (25,47 mg) daha fazla bulunmuştur.

Çizelge 4.60. N, P, K dozlarının, yaprakların kaldırdığı magnezyum miktarına (mg) etkisi

Fosfor Dozları	Potasyum Dozları	Azot Dozları N1 (6 mM)	N2 (8 mM)	N3 (10 mM)	Ortalama
P1 (1mM)	K1 (4mM)	27,53	35,64	38,17	33,78
	K2 (6mM)	20,11	24,43	37,60	27,38
	K3 (8mM)	26,51	23,22	26,77	25,50
	Ort	**24,71**	**27,76**	**34,18**	**28,89 a**
P2 (2mM)	K1 (4mM)	19,15	28,49	34,16	27,27
	K2 (6mM)	22,16	20,65	28,89	23,90
	K3 (8mM)	24,95	28,64	22,11	25,23
	Ort	**22,09**	**25,93**	**28,39**	**25,47 b**
Genel ort		**23,40 C**	**26,85 B**	**31,28 A**	

Potasyum Dozları	Fosfor Dozları	Azot Dozları N1 (6 mM)	N2 (8 mM)	N3 (10 mM)	Ortalama
K1(4mM)	P1 (1mM)	27,53	35,64	38,17	33,78
	P2 (2mM)	19,15	28,49	34,16	27,27
	Ort	**23,34 a B**	**32,07 a A**	**36,16 a A**	**30,52 a**
K2(6mM)	P1(1mM)	20,11	24,43	37,60	27,38
	P2(2mM)	22,16	20,65	28,89	23,90
	Ort	**21,13 a B**	**22,54 b B**	**33,25 a A**	**25,64 b**
K3(8mM)	P1 (1mM)	26,51	23,22	26,77	25,50
	P2 (2mM)	24,95	28,64	22,11	25,23
	Ort	**25,73 a A**	**25,93 b A**	**24,44 b A**	**25,36 b**
Genel ort		**23,40 C**	**26,85 B**	**31,28 A**	

$P_{LSD\ p<0,01}$	2,765	PxN_{LSD}	öd	P	Fosfor
$N_{LSD\ p<0,01}$	3,387	PxK_{LSD}	öd	N	Azot
$K_{LSD\ p<0,01}$	3,387	$NxK_{LSD\ p<0,01}$	5,886	K	Potasyum
$PxNxK_{LSD}$	öd				

Büyük harfler yatay karşılaştırmayı, küçük harfler düşey karşılaştırmayı ifade etmektedir.

Artan miktarlarda uygulanan azot, marul yapraklarının kaldırdığı magnezyum miktarında artış meydana getirmiştir. Yapraktan kaldırılan en yüksek magnezyum (31,28 mg) N3 uygulamasından elde edilmiştir. Yapraktan kaldırılan en düşük magnezyum (23,40 mg) N1 (6 mM) uygulamasından elde edilirken, N2 (8 mM) (26,85 mg) N3 ile N1 arasında yer almıştır.

Artan miktarlarda uygulanan potasyum, marul yapraklarının kaldırdığı magnezyum miktarında azalış meydana getirmiştir. Yaprakların kaldırdığı en yüksek magnezyum (30,52 mg) K1 (4 mM) uygulamasından elde edilirken, en düşük kaldırılan magnezyum (25,36 mg) ise K2 (6 mM) dozundan elde edilmiştir. K3 (8 mM) (25,64 mg) K2 ile aynı grupta yer almıştır.

Azot x potasyum interaksiyonu birlikte değerlendirildiğinde, marul yapraklarının kaldırdığı magnezyum miktarında K1 ve K2 dozlarında artan azot dozlarının da etkisiyle birlikte artış meydana gelirken, K3 dozunda ise azalmaya neden olmuştur. Azot dozlarında ise artan potasyum dozlarının da etkisiyle N1 dozun da artış, N2 ve N3 dozun da ise azalış meydana gelmiştir. En yüksek kaldırılan yaprak magnezyum (36,16 mg) N3 x K1 uygulamasından sağlanırken, en düşük kaldırılan yaprak magnezyumu ise (21,13 mg) N2 x K2 uygulamasından elde edilmiştir.

Şimşek, (2019) artan miktarlarda uygulanan demir dozlarının ıspanak bitkisinin gelişimi üzerine etkilerini araştırmış bunun sonucunda da artan Fe dozlarının gelişim üzerine olumlu etkisi olduğunu saptamıştır. Demirin düşük dozlarının ise Mg'un sürgünlere taşınmasını engelleyerek ıspanak köklerinde Mg birikimine neden olduğunu saptamıştır.

Yağmur ve diğerleri (2005) yapmış oldukları çalışma da artan potasyum dozlarının etkilerini araştırmışlar ve potasyum nitrat uygulamalarının kontrole göre meyvedeki N, P, K ve Cu içeriklerini arttırdığını, Mg içeriğine ise olumsuz yönde etki yaptığı belirlemişlerdir. Bozokalfa ve diğerleri (2005) artan fosfor ve potasyum gübre dozlarının sap kerevizi bitkisinde Cu, Na, Mg değerleri üzerine etkisinin önemsiz olduğunu bulmuştur. Denememizden elde edilen sonuçlar yapılan çalışmaları destekler nitelikte bulunmuştur.

4.5.7. Yaprakların Kaldırdığı Demir Miktarı

Artan dozlarda uygulanan azot, fosfor ve potasyumun marul bitkisi yapraklarının kaldırdığı demir miktarı üzerine etkisine ilişkin varyans analiz tablosu Çizelge 4.61'de, verilere ait ortalamalar ve LSD testine göre gruplandırmaları ise Çizelge 4.62'de sunulmuştur.

Marul yapraklarının kaldırdığı demir miktarları üzerine; azot interaksiyonlarının etkisi istatistiksel olarak %1 olasılık düzeyinde önemli bulunurken, diğer dozlar ve interaksiyonların arasındaki ilişki önemli bulunmamıştır (Çizelge 4.61).

Çizelge 4.61. Yaprakların kaldırdığı demir miktarına ait varyans analiz tablosu

	Varyasyon kaynağı	Serbestlik derecesi	Kareler toplamı	Kareler ortalaması	Hesaplanan F değeri	Tablo değeri %5	Tablo değeri %1
Yaprak	Faktör-A	1	0,179	0,179	2,039öd	3,920	6,850
	Faktör-B	2	1,871	0,936	10,640**	3,070	4,790
	A*B	2	0,350	0,175	1,991öd	3,070	4,790
	Faktör-C	2	0,180	0,090	1,021öd	3,070	4,790
	A*C	2	0,021	0,010	0,119öd	3,070	4,790
	B*C	4	0,519	0,130	1,477öd	2,450	3,480
	A*B*C	4	0,788	0,197	2,240öd	2,450	3,480
	Hata	144	12,663	0,088			
	Genel	161	16,571	0,103			

Faktör-A: Fosfor Dozları — öd: önemli değil
Faktör-B: Azot Dozları — *: önemli p<0,05
Faktör-C: Potasyum Dozları — **: önemli p<0,01

Çizelge 4.62. N, P, K dozlarının, yaprakların kaldırdığı demir miktarına (mg) etkisi

Fosfor Dozları	Potasyum Dozları	Azot Dozları N1 (6 mM)	N2 (8 mM)	N3 (10 mM)	Ortalama
P1 (1mM)	K1 (4mM)	0,57	0,83	0,71	0,70
	K2 (6mM)	0,44	0,50	1,01	0,65
	K3 (8mM)	0,50	0,53	0,88	0,64
	Ort	**0,50**	**0,62**	**0,86**	**0,66**
P2 (2mM)	K1 (4mM)	0,51	0,65	0,78	0,65
	K2 (6mM)	0,52	0,48	0,65	0,55
	K3 (8mM)	0,50	0,69	0,58	0,59
	Ort	**0,51**	**0,61**	**0,67**	**0,60**
Genel ort		**0,51 B**	**0,61 B**	**0,77 A**	

Potasyum Dozları	Fosfor Dozları	Azot Dozları N1 (6 mM)	N2 (8 mM)	N3 (10 mM)	Ortalama
K1(4mM)	P1 (1mM)	0,57	0,83	0,71	0,70
	P2 (2mM)	0,51	0,65	0,78	0,65
	Ort	**0,57**	**0,74**	**0,75**	**0,68**
K2(6mM)	P1(1mM)	0,44	0,50	1,01	0,65
	P2(2mM)	0,52	0,48	0,65	0,55
	Ort	**0,48**	**0,49**	**0,83**	**0,60**
K3(8mM)	P1 (1mM)	0,50	0,53	0,88	0,64
	P2 (2mM)	0,50	0,69	0,58	0,59
	Ort	**0,50**	**0,61**	**0,73**	**0,61**
Genel ort		**0,51 B**	**0,61 B**	**0,77 A**	

P_{LSD}	öd	PxN_{LSD}	öd	P	Fosfor
$N_{LSD\ p<0,01}$	3,387	PxK_{LSD}	öd	N	Azot
K_{LSD}	öd	NxK_{LSD}	öd	K	Potasyum
$PxNxK_{LSD}$	öd				

Büyük harfler yatay karşılaştırmayı, küçük harfler düşey karşılaştırmayı ifade etmektedir

Artan miktarlarda uygulanan azot, marul yapraklarının kaldırdığı demir miktarında artış meydana getirmiştir. Yapraktan kaldırılan en yüksek demir (0,77 mg) N3 uygulamasından elde edilmiştir. Yapraktan kaldırılan en düşük demir (0,51 mg) N1 (6 mM) uygulamasından elde edilirken, N2 (8 mM) (0,61 mg) N1 ile aynı grupta yer almıştır.

Odabaş, (2019) yapmış olduğu çalışmada bitkilerin Fe içeriğinin 800 ile 1200 mg kg^{-1} düzeyine kadar arttığını saptamıştır. Denememizden elde edilen sonuçta da artan azot dozunun kaldırılan Fe miktarını arttırdığını destekler nitelikte bulunmuştur. Güneri ve diğerleri (2016), yaptığı çalışmada fosfor uygulamalarının bitki yapraklarında; N, P, Fe ve Mn kapsamını arttırdığını belirtmiştir.

4.5.8. Yaprakların Kaldırdığı Bakır Miktarı

Artan dozlarda uygulanan azot, fosfor ve potasyumun marul bitkisi yapraklarının kaldırdığı bakır miktarı üzerine etkisine ilişkin varyans analiz tablosu Çizelge 4.63'de, verilere ait ortalamalar ve LSD testine göre gruplandırmaları ise Çizelge 4.64'de sunulmuştur.

Çizelge 4.63. Yaprakların kaldırdığı bakır miktarına ait varyans analiz tablosu

Varyasyon kaynağı		Serbestlik derecesi	Kareler toplamı	Kareler ortalaması	Hesaplanan F değeri	Tablo değeri %5	Tablo değeri %1
Yaprak	Faktör-A	1	6857,897	6857,897	41,590**	3,920	6,850
	Faktör-B	2	3539,284	1769,642	10,732**	3,070	4,790
	A*B	2	22,238	11,119	0,067öd	3,070	4,790
	Faktör-C	2	936,995	468,498	2,841öd	3,070	4,790
	A*C	2	4561,239	2280,619	13,831**	3,070	4,790
	B*C	4	1796,064	449,016	2,723*	2,450	3,480
	A*B*C	4	2104,695	526,174	3,191*	2,450	3,480
	Hata	144	23744,726	164,894			
	Genel	161	43563,137	270,578			

Faktör-A: Fosfor Dozları
Faktör-B: Azot Dozları
Faktör-C: Potasyum Dozları

öd: önemli değil
*: önemli p<0,05
**: önemli p<0,01

Marul yapraklarının kaldırdığı bakır miktarı üzerine; fosfor, azot, fosfor x potasyum interaksiyonlarının etkisi istatistiksel olarak %1 olasılık düzeyinde önemli bulunurken, azot x potasyum, azot x fosfor x potasyum interaksiyonlarının etkisi istatistiksel olarak

%5 düzeyinde önemli bulunmuştur. Fosfor x azot, potasyum interaksiyonları arasındaki ilişki önemli bulunmamıştır (Çizelge 4.63).

Çizelge 4.64. N, P, K dozlarının; yaprakların kaldırdığı bakır miktarına (mg) etkisi

Fosfor Dozları	Potasyum Dozları	Azot Dozları N1 (6 mM)	N2 (8 mM)	N3 (10 mM)	Ortalama
P1 (1mM)	K1 (4mM)	59,11 a B	75,42 a A	67,58 a AB	67,37 a
	K2 (6mM)	47,82 a B	59,79 b AB	69,78 a A	59,13 ab
	K3 (8mM)	56,79 a A	43,53 c B	61,81 a A	54,04 b
	Ort	**54,57**	**59,58**	**66,39**	**60,18 a**
P2 (2mM)	K1 (4mM)	32,94 b B	44,95 ab AB	54,98 ab A	44,29 b
	K2 (6mM)	38,26 b A	41,54 b A	44,71 b A	41,50 b
	K3 (8mM)	53,15 a A	56,07 a A	57,89 a A	55,70 a
	Ort	**41,45**	**47,52**	**52,53**	**47,17 b**
Genel ort		**48,01 B**	**53,55 AB**	**59,46 A**	

Potasyum Dozları	Fosfor Dozları	Azot Dozları N1 (6 mM)	N2 (8 mM)	N3 (10 mM)	Ortalama
K1(4mM)	P1 (1mM)	59,11 a B	75,42 a A	67,58 a AB	67,37 a
	P2 (2mM)	32,94 b B	44,95 b AB	54,98 b A	44,29 b
	Ort	**46,02 b B**	**60,18 a A**	**61,28 a A**	**55,83**
K2(6mM)	P1(1mM)	47,82 a B	59,79 a AB	69,78 a A	59,13 a
	P2(2mM)	38,26 a A	41,54 b A	44,71 b A	41,50 b
	Ort	**43,04 b B**	**50,66 b A**	**57,24 a A**	**50,32**
K3(8mM)	P1 (1mM)	56,79 a A	43,53 b B	61,81 a A	55,70 a
	P2 (2mM)	53,15 a A	56,07 a A	57,89 a A	54,04 a
	Ort	**54,97 a AB**	**49,79 b B**	**59,85 a A**	**54,87**
Genel ort		**48,01 B**	**53,55 AB**	**59,46 A**	

$P_{LSD\ p<0,01}$	5,299	PxN_{LSD}	öd	P	Fosfor
$N_{LSD\ p<0,01}$	6,490	$PxK_{LSD\ p<0,01}$	9,178	N	Azot
K_{LSD}	öd	$NxK_{LSD\ p<0,05}$	8,503	K	Potasyum
$PxNxK_{LSD\ p<0,01}$	12,025				

Büyük harfler yatay karşılaştırmayı, küçük harfler düşey karşılaştırmayı ifade etmektedir.

Artan miktarlarda uygulanan fosfor, marul yapraklarının kaldırdığı bakır miktarında azalış meydana getirmiştir. Yaprakların kaldırdığı en yüksek bakır içeriği (60,18 mg) düşük fosfor (P1) uygulamasında, yüksek fosfor (P2) (2 mM) uygulamasına oranla (47,17 mg) daha fazla bulunmuştur.

Artan miktarlarda uygulanan azot, marul yapraklarının kaldırdığı bakır miktarında artış meydana getirmiştir. Yapraktan kaldırılan en yüksek bakır (59,46 mg) N3 uygulamasından elde edilmiştir. Yapraktan kaldırılan en düşük bakır (48,01 mg) N1 (6

mM) uygulamasından elde edilirken, N2 (8 mM) (53,55 mg) N3 ile N1 arasında yer almıştır.

Fosfor ve potasyum interaksiyonu birlikte değerlendirildiğinde, marul yapraklarının kaldırdığı en yüksek bakır (67,37 mg) P1 x K1 uygulamaları ortalamasından elde edilirken, en düşük kaldırılan yaprak bakır ise (41,50 mg) P2 x K2 uygulamaları ortalamasından elde edilmiştir.

Azot x potasyum interaksiyonu birlikte değerlendirildiğinde, marul yapraklarının kaldırdığı bakır miktarında K1, K2 ve K3 dozlarında artan azot dozlarının da etkisiyle birlikte artış meydana gelmiştir. Azot dozlarında ise artan potasyum dozlarının da etkisiyle N1 dozun da artış, N2 ve N3 dozun da ise azalış meydana gelmiştir. En yüksek kaldırılan yaprak bakır (61,28 mg) N3 x K1 uygulamasından sağlanırken, en düşük kaldırılan yaprak bakır ise (46,02 mg) N1 x K1 uygulamasından elde edilmiştir.

Azot x fosfor x potasyum interaksiyonu birlikte değerlendirildiğinde, marul yapraklarının kaldırdığı en yüksek bakır (75,42 mg) N2 x K1 x P1 uygulamasından, en düşük kaldırılan bakır ise (32,94 mg) N1 x K1 x P2 uygulamasından elde edilmiştir.

Tuğa ve diğerleri (2021), bazı organik materyallerin kıvırcık marul üzerine etkisini incelemişler ve sonuç olarak K^+, Zn^+ ve Cu^+ elementlerinin bitki bünyesine alımına iyi sonuçlar verdiğini belirlemiştir. Oymak (2018), yapraktan uygulanan bazı mikro elementlerin su kültüründe yetiştirilen renkli marullar üzerine etkilerini incelemiştir. Sonuç olarak marul bitkisinin Cu içeriklerinde artış meydana geldiğini tespit etmiştir. Şahin ve diğerleri (2016), yaptığı çalışmada artan miktarda uygulanan fosfor ile marul bitkisinin P konsantrasyonunu arttırdığını, soğan bitkisinin Cu ve Co konsantrasyonlarının azaldığını saptamıştır. Denememizden elde edilen sonuçlarda ise tek başına fosfor hariç diğer bütün doz ve interaksiyonların Cu alımı üzerine etkisi olumlu yönde olmuştur.

4.5.9. Yaprakların Kaldırdığı Çinko Miktarı

Artan dozlarda uygulanan azot, fosfor ve potasyumun marul bitkisi yapraklarının kaldırdığı çinko miktarı üzerine etkisine ilişkin varyans analiz tablosu Çizelge 4.65'de verilere ait ortalamalar ve LSD testine göre gruplandırmaları ise Çizelge 4.66'da sunulmuştur.

Çizelge 4.65. Yaprakların kaldırdığı çinko miktarına ait varyans analiz tablosu

	Varyasyon kaynağı	Serbestlik derecesi	Kareler toplamı	Kareler ortalaması	Hesaplanan F değeri	Tablo değeri %5	Tablo değeri %1
	Faktör-A	1	0,065	0,065	1,088öd	3,920	6,850
	Faktör-B	2	0,786	0,393	6,624**	3,070	4,790
	A*B	2	0,116	0,058	0,977öd	3,070	4,790
	Faktör-C	2	0,760	0,380	6,408**	3,070	4,790
Yaprak	A*C	2	0,120	0,060	1,012öd	3,070	4,790
	B*C	4	0,441	0,110	1,859öd	2,450	3,480
	A*B*C	4	0,493	0,123	2,076öd	2,450	3,480
	Hata	144	8,545	0,059			
	Genel	161	11,326	0,070			

Faktör-A: Fosfor Dozları — öd: önemli değil
Faktör-B: Azot Dozları — *: önemli p<0,05
Faktör-C: Potasyum Dozları — **: önemli p<0,01

Marul yapraklarının kaldırdığı çinko miktarı üzerine; azot, potasyum dozlarının etkisi istatistiksel olarak %1 olasılık düzeyinde önemli bulunurken, diğer dozların ve interaksiyonların etkisi istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır (Çizelge 4.65).

Artan miktarlarda uygulanan azot, marul yapraklarının kaldırdığı çinko miktarında artış meydana getirmiştir. Yapraktan kaldırılan en yüksek çinko (0,54 mg) N3 uygulamasından elde edilmiştir. Yapraktan kaldırılan en düşük çinko (0,39 mg) N1 (6 mM) uygulamasından elde edilirken, N2 (6 mM) (0,54 mg) N3 ile aynı grupta yer almıştır.

Artan miktarlarda uygulanan potasyum, marul yapraklarının kaldırdığı çinko miktarında azalış meydana getirmiştir. Yaprakların kaldırdığı en yüksek çinko (0,58 mg) K1 (4 mM) uygulamasından elde edilirken, en düşük kaldırılan çinko (0,42 mg) ise K3 (8 mM) dozundan elde edilmiştir. K2 (6 mM) (0,47 mg) K3 ile K1 arasında yer almıştır.

Kaya ve diğerleri (2018), artan dozlarda uygulanan çinko sülfat ve yaprağa giberallik asit uygulamalarının marul bitkisinin en yüksek veriminin 3 kg da^{-1} ÇS uygulamasından elde

edildiğini tespit etmiştir. Odabaş, (2019) yapmış olduğu çalışmada artan azotlu gübre uygulamalarının marulun toplam N, Ca, Cu, Zn ve Mn içeriklerinin artan humik asit dozu ile birlikte genellikle düzenli bir şekilde arttığını; Mg içeriğinin ise genellikle düzenli bir şekilde azaldığı belirtmişlerdir. Denememizden elde edilen sonuçlarda daha önce yapılmış olan çalışmaları destekler nitelikte bulunmuştur.

Çizelge 4.66. N, P, K dozlarının, yaprakların kaldırdığı çinko miktarına (mg) etkisi

Fosfor Dozları	Potasyum Dozları	Azot Dozları N1 (6 mM)	N2 (8 mM)	N3 (10 mM)	Ortalama
P1 (1mM)	K1 (4mM)	0,47	0,90	0,55	0,64
	K2 (6mM)	0,36	0,46	0,58	0,47
	K3 (8mM)	0,39	0,41	0,46	0,42
	Ort	**0,41**	**0,59**	**0,53**	**0,51**
P2 (2mM)	K1 (4mM)	0,38	0,53	0,65	0,52
	K2 (6mM)	0,42	0,41	0,57	0,47
	K3 (8mM)	0,32	0,51	0,42	0,42
	Ort	**0,38**	**0,48**	**0,55**	**0,47**
Genel ort		**0,39 B**	**0,54 A**	**0,54 A**	

Potasyum Dozları	Fosfor Dozları	Azot Dozları N1 (6 mM)	N2 (8 mM)	N3 (10 mM)	Ortalama
K1(4mM)	P1 (1mM)	0,47	0,90	0,55	0,64
	P2 (2mM)	0,38	0,53	0,65	0,52
	Ort	**0,43**	**0,39**	**0,36**	**0,58 a**
K2(6mM)	P1(1mM)	0,36	0,46	0,58	0,47
	P2(2mM)	0,42	0,41	0,57	0,47
	Ort	**0,72**	**0,44**	**0,46**	**0,47 ab**
K3(8mM)	P1 (1mM)	0,39	0,41	0,46	0,42
	P2 (2mM)	0,32	0,51	0,42	0,42
	Ort	**0,60**	**0,58**	**0,44**	**0,42 b**
Genel ort		**0,39 B**	**0,54 A**	**0,54 A**	

P_{LSD}	öd	PxN_{LSD}	öd	P	Fosfor
$N_{LSD\ p<0,01}$	0,123	PxK_{LSD}	öd	N	Azot
$K_{LSD\ p<0,01}$	0,123	NxK_{LSD}	öd	K	Potasyum
$PxNxK_{LSD}$	öd				

Büyük harfler yatay karşılaştırmayı, küçük harfler düşey karşılaştırmayı ifade etmektedir.

4.5.10. Yaprakların Kaldırdığı Mangan Miktarı

Artan dozlarda uygulanan azot, fosfor ve potasyumun marul bitkisi yapraklarının kaldırdığı mangan miktarı üzerine etkisine ilişkin varyans analiz tablosu Çizelge 4.67'de, verilere ait ortalamalar ve LSD testine göre gruplandırmaları ise Çizelge 4.68'de sunulmuştur.

Çizelge 4.67. Yaprakların kaldırdığı mangan miktarına ait varyans analiz tablosu

	Varyasyon kaynağı	Serbestlik derecesi	Kareler toplamı	Kareler ortalaması	Hesaplanan F değeri	Tablo değeri %5	Tablo değeri %1
	Faktör-A	1	2,405	2,405	98,788**	3,920	6,850
	Faktör-B	2	1,255	0,627	25,770**	3,070	4,790
	A*B	2	0,541	0,270	11,103**	3,070	4,790
	Faktör-C	2	0,336	0,168	6,906**	3,070	4,790
Yaprak	A*C	2	0,419	0,210	8,607**	3,070	4,790
	B*C	4	0,839	0,210	8,619**	2,450	3,480
	A*B*C	4	0,938	0,234	9,626**	2,450	3,480
	Hata	144	3,506	0,024			
	Genel	161	10,240	0,064			

Faktör-A: Fosfor Dozları — öd: önemli değil
Faktör-B: Azot Dozları — *: önemli p<0,05
Faktör-C: Potasyum Dozları — **: önemli p<0,01

Çizelge 4.68. N, P, K dozlarının, yaprakların kaldırdığı mangan miktarına (mg) etkisi

Fosfor Dozları	Potasyum Dozları	Azot Dozları N1 (6 mM)	N2 (8 mM)	N3 (10 mM)	Ortalama
	K1 (4mM)	1,17 a A	0,63 b B	0,56 b B	0,79 a
P1	K2 (6mM)	0,98 ab A	0,99 a A	0,59 b B	0,86 a
(1mM)	K3 (8mM)	0,90 b A	0,62 b B	0,89 a A	0,80 a
	Ort	**1,02 aA**	**0,75 aB**	**0,68 aB**	**0,82 a**
	K1 (4mM)	0,49 b A	0,49 a A	0,51 ab A	0,50 b
P2	K2 (6mM)	0,58 ab A	0,54 a A	0,44 b A	0,52 b
(2mM)	K3 (8mM)	0,77 a A	0,68 a A	0,66 a A	0,70 a
	Ort	**0,61 bA**	**0,57 bA**	**0,54 bA**	**0,57 b**
Genel ort		**0,82 A**	**0,66 B**	**0,61 B**	

Potasyum Dozları	Fosfor Dozları	Azot Dozları N1 (6 mM)	N2 (8 mM)	N3 (10 mM)	Ortalama
	P1 (1mM)	1,17 a A	0,63 a B	0,56 a B	0,79 a
K1(4mM)	P2 (2mM)	0,49 b A	0,49 a A	0,51 a A	0,50 b
	Ort	**0,83 a A**	**0,56 b B**	**0,54 b B**	**0,64 b**
	P1(1mM)	0,98 a A	0,99 a **A**	0,59 **a** B	0,86 a
K2(6mM)	P2(2mM)	0,58 b A	0,54 b **A**	0,44 **a** A	0,52 b
	Ort	**0,78 a A**	**0,77 a A**	**0,52 b B**	**0,69 ab**
	P1 (1mM)	0,90 a A	0,62 a **B**	0,89 **a** A	0,80 a
K3(8mM)	P2 (2mM)	0,77 a A	0,68 a **A**	0,66 b A	0,70 a
	Ort	**0,83 a A**	**0,65 ab B**	**0,78 a AB**	**0,75 a**
Genel ort		**0,82 A**	**0,66 B**	**0,61 B**	

$P_{LSD\ p<0,01}$	0,064	$PxN_{LSD\ p<0,01}$	0,112	P	Fosfor
$N_{LSD\ p<0,01}$	0,079	$PxK_{LSD\ p<0,01}$	0,112	N	Azot
$K_{LSD\ p<0,01}$	0,079	$NxK_{LSD\ p<0,01}$	0,137	K	Potasyum
$PxNxK_{LSD\ p<0,01}$	0,193				

Büyük harfler yatay karşılaştırmayı, küçük harfler düşey karşılaştırmayı ifade etmektedir.

Marul yapraklarının kaldırdığı mangan miktarı üzerine; fosfor, azot, fosfor x azot, potasyum, fosfor x potasyum, azot x potasyum, azot x fosfor x potasyum dozlarının etkisi istatistiksel olarak %1 olasılık düzeyinde önemli bulunmuştur (Çizelge 4.67).

Artan miktarlarda uygulanan fosfor, marul yapraklarının kaldırdığı mangan miktarında azalış meydana getirmiştir. Yaprakların kaldırdığı en yüksek mangan (0,82 mg) düşük fosfor (P1) uygulamasında, yüksek fosfor (P2) (2 mM) uygulamasına oranla (0,57 mg) daha fazla bulunmuştur.

Artan miktarlarda uygulanan azot, marul yapraklarının kaldırdığı mangan miktarında azalış meydana getirmiştir. Yapraktan kaldırılan en yüksek mangan (0,82 mg) N1 uygulamasından elde edilmiştir. Yapraktan kaldırılan en düşük mangan (0,61 mg) N3 (10 mM) uygulamasından elde edilirken, N2 (6 mM) (0,66 mg) N3 ile aynı grupta yer almıştır.

Fosfor ve azot interaksiyonu birlikte değerlendirildiğinde, fosfor uygulamasının her iki dozunda da artan azot dozlarının etkisiyle yaprakların mangan miktarında azalma meydana gelmiştir, en yüksek mangan (1,02 mg kg^{-1}) P1 x N1 uygulamasından, en düşük mangan ise (0,54 mg kg^{-1}) P2 x N3 uygulamasından elde edilmiştir. Azot dozlarında ise fosforun artmasıyla birlikte mangan içeriğinde N1, N2 ve N3 dozlarında azalmalar meydana gelmiştir.

Artan miktarlarda uygulanan potasyum, marul yapraklarının kaldırdığı mangan miktarında artış meydana getirmiştir. Yaprakların kaldırdığı en yüksek mangan (0,75 mg) K3 (8 mM) uygulamasından elde edilirken, en düşük kaldırılan mangan (0,64 mg) ise K1 (4 mM) dozundan elde edilmiştir. K2 (6 mM) (0,69 mg) K3 ile K1 arasında yer almıştır.

Fosfor ve potasyum interaksiyonu birlikte değerlendirildiğinde, marul yapraklarının kaldırdığı en yüksek mangan (0,86 mg) P1 x K2 uygulamaları ortalamasından elde edilirken, en düşük kaldırılan yaprak mangan ise (0,50 mg) P2 x K1 uygulamaları ortalamasından elde edilmiştir.

Azot x potasyum interaksiyonu birlikte değerlendirildiğinde, marul yapraklarının kaldırdığı bakır miktarında K1, K2 ve K3 dozlarında artan azot dozlarının da etkisiyle birlikte azalmaya neden olmuştur. Azot dozlarında ise artan potasyum dozlarının da etkisiyle N1, N2 ve N3 dozun da ise artış meydana gelmiştir. En yüksek kaldırılan yaprak manganı (0,83 mg) N1 x K1 uygulamasından sağlanırken, en düşük kaldırılan yaprak manganı ise (0,52 mg) N3 x K2 uygulamasından elde edilmiştir.

Azot x fosfor x potasyum interaksiyonu birlikte değerlendirildiğinde, marul yapraklarının kaldırdığı en yüksek mangan (1,17 mg) N1 x K1 x P1 uygulamasından, en düşük kaldırılan mangan ise (0,44 mg) N3 x K2 x P2 uygulamasından elde edilmiştir.

Şahin ve diğerleri (2016) fosfor uygulamasının marul ve soğan bitkilerinin mineral element konsantrasyonları üzerine etkisini incelemiş ve artan miktarda uygulanan fosforun marul bitkisinin Zn ve Mn konsantrasyonlarını azalttığını belirtmiştir. Oymak, (2018) yapmış olduğu çalışmada mikro element dozlarının marullarda, mineral maddelerden P, Cu, Zn ve Mn içeriklerini artırdığını belirtmiştir. Denememizden elde edilen sonuçlar yapılan çalışmaları destekler nitelikte bulunmuştur.

4.5.11. Yaprakların Kaldırdığı Bor Miktarı

Artan dozlarda uygulanan azot, fosfor ve potasyumun marul bitkisi yapraklarının kaldırdığı bor miktarı üzerine etkisine ilişkin varyans analiz tablosu Çizelge 4.69'de, verilere ait ortalamalar ve LSD testine göre gruplandırmaları ise Çizelge 4.70'de sunulmuştur.

Marul yaprakların kaldırdığı bor miktarı üzerine; fosfor, potasyum, fosfor x potasyum, azot x potasyum, azot x fosfor x potasyum, dozlarının etkisi istatistiksel olarak %1 olasılık düzeyinde önemli bulunurken azot, fosfor x azot, dozlarının etkisi istatistiksel olarak %5 düzeyinde önemli bulunmuştur (Çizelge 4.69).

Çizelge 4.69. Yaprakların kaldırdığı bor miktarı varyans analiz tablosu

Varyasyon kaynağı		Serbestlik derecesi	Kareler toplamı	Kareler ortalaması	Hesaplanan F değeri	Tablo değeri %5	Tablo değeri %1
Yaprak	Faktör-A	1	0,194	0,194	52,354**	3,920	6,850
	Faktör-B	2	0,033	0,017	4,479*	3,070	4,790
	A*B	2	0,031	0,015	4,165*	3,070	4,790
	Faktör-C	2	0,100	0,050	13,530**	3,070	4,790
	A*C	2	0,070	0,035	9,417**	3,070	4,790
	B*C	4	0,242	0,061	16,386**	2,450	3,480
	A*B*C	4	0,192	0,048	12,988**	2,450	3,480
	Hata	144	0,532	0,004			
	Genel	161	1,394	0,009			

Faktör-A: Fosfor Dozları — öd: önemli değil
Faktör-B: Azot Dozları — *: önemli p<0,05
Faktör-C: Potasyum Dozları — **: önemli p<0,01

Çizelge 4.70. N, P, K dozlarının, yaprakların kaldırdığı bor miktarına (mg) etkisi

Fosfor Dozları	Potasyum Dozları	Azot Dozları N1 (6 mM)		N2 (8 mM)		N3 (10 mM)		Ortalama	
P1 (1mM)	K1 (4mM)	0,42	a A	0,26 b	C	0,34 A	B	0,34	a
	K2 (6mM)	0,21	b B	0,23 b	AB	0,29 a	A	0,25	b
	K3 (8mM)	0,17	b B	0,39 a	A	0,19 b	B	0,24	b
	Ort	**0,26**	**a A**	**0,29 a**	**A**	**0,27 a**	**A**	**0,28**	**a**
P2 (2mM)	K1 (4mM)	0,16	a B	0,21 a	AB	0,27 a	A	0,21	**a**
	K2 (6mM)	0,19	a AB	0,17 a	B	0,24 a	A	0,20	**a**
	K3 (8mM)	0,19	a A	0,23 a	A	0,21 a	A	0,21	**a**
	Ort	**0,18**	**b B**	**0,20 b**	**B**	**0,24 A**	**A**	**0,21**	**b**
Genel ort		**0,22**	**B**	**0,25 A**		**0,26 A**			

Potasyum Dozları	Fosfor Dozları	Azot Dozları N1 (6 mM)		N2 (8 mM)		N3 (10 mM)		Ortalama	
K1(4 mM)	P1 (1mM)	0,42	a A	0,26 b	C	0,34 a	B	0,34	a
	P2 (2mM)	0,16	a B	0,21 a	AB	0,27 a	A	0,21	b
	Ort	**0,29**	**a AB**	**0,24 b**	**B**	**0,31 a**	**A**	**0,28**	**a**
K2(6 mM)	P1(1mM)	0,21	b B	0,23 b	AB	0,29 a	A	0,24	a
	P2(2mM)	0,19	a AB	0,17 a	B	0,24 a	A	0,20	a
	Ort	**0,19**	**b B**	**0,20 b**	**B**	**0,26 a**	**A**	**0,23**	**b**
K3(8 mM)	P1 (1mM)	0,16	a B	0,21 a	AB	0,27 a	A	0,25	a
	P2 (2mM)	0,19	a A	0,23 a	A	0,21 a	A	0,21	a
	Ort	**0,18**	**b B**	**0,31 a**	**A**	**0,20 b**	**B**	**0,22**	**b**
Genel ort		**0,22**	**B**	**0,25 A**		**0,26 A**	**A**		

$P_{LSD\ p<0,01}$	0,025	$PxN_{LSD\ p<0,05}$	0,033	P	Fosfor
$N_{LSD\ p<0,05}$	0,023	$PxK_{LSD\ p<0,01}$	0,043	N	Azot
$K_{LSD\ p<0,01}$	0,031	$NxK_{LSD\ p<0,01}$	0,053	K	Potasyum
$PxNxK_{LSD\ p<0,01}$	0,075				

Büyük harfler yatay karşılaştırmayı, küçük harfler düşey karşılaştırmayı ifade etmektedir.

Artan miktarlarda uygulanan fosfor, marul yapraklarının kaldırdığı bor miktarında azalış meydana getirmiştir. Yaprakların kaldırdığı en yüksek bor (0,28 mg) düşük fosfor (P1) uygulamasında, yüksek fosfor (P2) (2 mM) uygulamasına oranla (0,21 mg) daha fazla bulunmuştur.

Artan miktarlarda uygulanan azot, marul yapraklarının kaldırdığı bor miktarında artış meydana getirmiştir. Yapraktan kaldırılan en yüksek bor (0,26 mg) N3 uygulamasından elde edilmiştir. Yapraktan kaldırılan en düşük bor (0,22 mg) N1 (6 mM) uygulamasından elde edilirken, N2 (6 mM) (0,25 mg) N3 ile aynı grupta yer almıştır.

Fosfor ve azot interaksiyonu birlikte değerlendirildiğinde, fosfor uygulamasının her iki dozunda da artan azot dozlarının etkisiyle yaprakların bor içeriğinde artış meydana gelmiştir, en yüksek bor (0,29 mg kg^{-1}) P1 x N2 uygulamasından, en düşük bor ise (0,18 mg kg^{-1}) P2 x N1 uygulamasından elde edilmiştir. Azot dozlarında ise fosforun artmasıyla birlikte bor miktarında N1, N2 ve N3 dozlarında azalmalar meydana gelmiştir.

Artan miktarlarda uygulanan potasyum, marul yapraklarının kaldırdığı bor miktarında azalış meydana getirmiştir. Yaprakların kaldırdığı en yüksek bor (0,28 mg) K1 (4 mM) uygulamasından elde edilirken, en düşük kaldırılan bor (0,22 mg) ise K3 (8 mM) dozundan elde edilmiştir. K2 (6 mM) (0,23 mg) K3 ile aynı grupta yer almıştır.

Fosfor ve potasyum interaksiyonu birlikte değerlendirildiğinde, marul yapraklarının kaldırdığı en yüksek bor (0,34 mg) P1 x K1 uygulamaları ortalamasından elde edilirken, en düşük kaldırılan yaprak bor değeri ise (0,20 mg) P2 x K2 uygulamaları ortalamasından elde edilmiştir.

Azot x potasyum interaksiyonu birlikte değerlendirildiğinde, marul yapraklarının kaldırdığı bor miktarında K1, K2 ve K3 dozlarında artan azot dozlarının da etkisiyle birlikte artış meydana gelmiştir. Azot dozlarında ise artan potasyum dozlarının da etkisiyle N1 ve N3 dozunda artış, N2 dozunda ise azalış meydana gelmiştir. En yüksek kaldırılan yaprak bor içeriği (0,31 mg) N3 x K1 uygulamasından sağlanırken, en düşük kaldırılan yaprak bor içeriği ise (0,18 mg) N1 x K3 uygulamasından elde edilmiştir.

Azot x fosfor x potasyum interaksiyonu birlikte değerlendirildiğinde, marul yapraklarının kaldırdığı en yüksek bor (0,42 mg) N1 x K1 x P1 uygulamasından, en düşük kaldırılan bor ise (0,16 mg) N1 x K1 x P2 uygulamasından elde edilmiştir.

4.6. Köklerin Kaldırdığı Besin Elementi Miktarları

4.6.1. Köklerin Kaldırdığı Azot Miktarları

Artan dozlarda uygulanan azot, fosfor ve potasyumun marul bitkisi köklerinin kaldırdığı azot miktarı üzerine etkisine ilişkin varyans analiz tablosu Çizelge 4.71'de, verilere ait ortalamalar ve LSD testine göre gruplandırmaları ise Çizelge 4.72'de sunulmuştur.

Çizelge 4.71. Köklerin kaldırdığı azot miktarına ait varyans analiz tablosu

	Varyasyon kaynağı	Serbestlik derecesi	Kareler toplamı	Kareler ortalaması	Hesaplanan F değeri	Tablo değeri %5	Tablo değeri %1
Yaprak	Faktör-A	1	8568,423	8568,423	166,969**	3,920	6,850
	Faktör-B	2	754,936	377,468	7,356**	3,070	4,790
	A*B	2	15,933	7,967	0,155öd	3,070	4,790
	Faktör-C	2	28,001	14,000	0,273öd	3,070	4,790
	A*C	2	374,285	187,142	3,647*	3,070	4,790
	B*C	4	517,033	129,258	2,519*	2,450	3,480
	A*B*C	4	397,323	99,331	1,936öd	2,450	3,480
	Hata	144	7389,714	51,317			
	Genel	161	18045,648	112,085			

Faktör-A: Fosfor Dozları
Faktör-B: Azot Dozları
Faktör-C: Potasyum Dozları

öd: önemli değil
*: önemli p<0,05
**: önemli p<0,01

Marul köklerinin kaldırdığı azot içerikleri üzerine; fosfor, azot, interaksiyonlarının etkisi istatistiksel olarak %1 olasılık düzeyinde önemli bulunurken, fosfor x potasyum, azot x potasyum, interaksiyonu arasındaki ilişki istatistiksel olarak %5 düzeyinde önemli bulunmuştur. Fosfor x azot, potasyum, azot x fosfor x potasyum interaksiyonları arasındaki ilişki önemli çıkmamıştır (Çizelge 4.71).

Artan miktarlarda uygulanan fosfor, marul köklerinin kaldırdığı azot miktarında artış meydana getirmiştir. Kökten kaldırılan azot (28,64 mg) düşük fosfor (P1) uygulamasında, yüksek fosfor (P2) (2 mM) uygulamasına oranla (43,19 mg) daha az bulunmuştur.

Çizelge 4.72. N, P, K dozlarının, köklerin kaldırdığı azot miktarına (mg) etkisi

Fosfor Dozları	Potasyum Dozları	Azot Dozları N1 (6 mM)	N2 (8 mM)	N3 (10 mM)	Ortalama	
P1 (1mM)	K1 (4mM)	26,91	28,78	28,72	28,14	a
	K2 (6mM)	23,87	25,10	32,63	27,20	a
	K3 (8mM)	27,67	30,31	33,81	30,59	a
	Ort	**26,15**	**28,06**	**31,72**	**28,64**	**b**
P2 (2mM)	K1 (4mM)	39,35	45,42	42,99	42,58	ab
	K2 (6mM)	48,31	41,63	46,62	45,52	a
	K3 (8mM)	36,97	38,82	48,61	41,47	b
	Ort	**41,54**	**41,96**	**46,07**	**43,19**	**a**
Genel ort		**33,85 B**	**35,01 B**	**38,89 A**		

Potasyum Dozları	Fosfor Dozları	Azot Dozları N1 (6 mM)	N2 (8 mM)	N3 (10 mM)	Ortalama	
K1(4mM)	P1 (1mM)	26,91	28,78	28,72	28,14	b
	P2 (2mM)	39,35	45,42	42,99	42,58	a
	Ort	**33,13 a A**	**37,09 a A**	**35,85 bA**	**35,36**	
K2(6mM)	P1(1mM)	23,87	25,10	32,63	27,20	b
	P2(2mM)	48,31	41,63	46,62	45,52	a
	Ort	**36,09 a AB**	**33,36 a B**	**39,63 abA**	**36,36**	
K3(8mM)	P1 (1mM)	27,67	30,31	33,81	30,59	b
	P2 (2mM)	36,97	38,82	48,61	41,47	a
	Ort	**32,32 a B**	**34,56 a B**	**41,21 aA**	**36,03**	
Genel ort		**33,85 B**	**35,01 B**	**38,89 A**		

$P_{LSD\ p<0,01}$	2,956	PxN_{LSD}	öd	P	Fosfor
$N_{LSD\ p<0,01}$	3,620	$PxK_{LSD\ p<0,05}$	3,873	N	Azot
K_{LSD}	öd	$NxK_{LSD\ p<0,05}$	4,744	K	Potasyum
$PxNxK_{LSD}$	öd				

Büyük harfler yatay karşılaştırmayı, küçük harfler düşey karşılaştırmayı ifade etmektedir.

Artan miktarlarda uygulanan azot, marul köklerinin kaldırdığı azot miktarında artış meydana getirmiştir. Kökten kaldırılan en yüksek azot (38,89 mg) N3 uygulamasından elde edilmiştir. Kökten kaldırılan en düşük azot (33,85 mg) N1 (6 mM) uygulamasından elde edilirken, N2 (8 mM) (35,01 mg) N1 ile aynı grupta yer almıştır.

Fosfor ve potasyum interaksiyonu birlikte değerlendirildiğinde, marul köklerinin kaldırdığı en yüksek azot (45,58 mg) P2 x K1 uygulamaları ortalamasından elde edilirken, en düşük azot ise (27,20 mg) P1 x K2 uygulamaları ortalamasından elde edilmiştir.

Azot x potasyum interaksiyonu birlikte değerlendirildiğinde, marul köklerinin kaldırdığı azot miktarında K1, K2 ve K3 dozlarında artan azot dozlarının da etkisiyle birlikte artış meydana gelmiştir. Azot dozlarında ise artan potasyum dozlarının da etkisiyle N1 ve N2

dozun da azalma, N3 dozun da ise artış meydana gelmiştir. En yüksek kaldırılan azot (41,21 mg) N3 x K3 uygulamasından sağlanırken, en düşük kaldırılan azot ise (32,32 mg) N1 x K3 uygulamasından elde edilmiştir.

Mordoğan ve diğerleri (2001), yapmış oldukları çalışmada artan N dozları ile marul bitkisindeki % toplam-N, NO_3-N ve NO_2-N üzerine etkilerini incelemişler ve en yüksek artışın 40 kg da^{-1} N dozunda olduğunu ifade etmiştir. Kavak ve diğerleri (2003) farklı azot kaynaklarının baş salatanın üzerine etkisini belirlemek amacıyla yürüttükleri çalışmada Kalsiyum nitrat ve Amonyum Sülfat gübrelerini uygulamıştır. Amonyum sülfat gübre dozlarında en yüksek verim 3480,7 kg da^{-1} ile 20 N kg da^{-1} uygulamasından sağlandığını bildirmiştir. Cimrin ve diğerleri (2005) yılında yapmış olduğu çalışmada P uygulamalarının marulun verim ve besin maddesi içerikleri üzerine etkisini araştırmış ve sonuç olarak bitkinin N içeriğini önemli derecede arttırdığını saptamıştır. Denememizden elde edilen sonuçlarda marul köklerinin kaldırdığı azot içeriğinde artış meydana geldiğini destekler nitelikte bulunmuştur.

4.6.2. Köklerin Kaldırdığı Fosfor Miktarı

Artan dozlarda uygulanan azot, fosfor ve potasyumun marul bitkisi köklerinin kaldırdığı fosfor miktarı üzerine etkisine ilişkin varyans analiz tablosu Çizelge 4.73'de, verilere ait ortalamalar ve LSD testine göre gruplandırmaları ise Çizelge 4.74'de sunulmuştur.

Marul köklerinin kaldırdığı fosfor miktarı üzerine; fosfor, potasyum, fosfor x potasyum interaksiyonlarının etkisi istatistiksel olarak %1 olasılık düzeyinde önemli bulunurken, azot dozları arasındaki ilişki istatistiksel olarak %5 düzeyinde önemli bulunmuştur.

Fosfor x azot, azot x potasyum, azot x fosfor x potasyum interaksiyonları arasındaki ilişki önemli bulunmamıştır (Çizelge 4.73).

Artan miktarlarda uygulanan fosfor, marul köklerinin kaldırdığı fosfor miktarında artış meydana getirmiştir. Kökten kaldırılan fosfor içeriği (15,54 mg) düşük fosfor (P1) uygulamasında, yüksek fosfor (P2) (2 mM) uygulamasına oranla (24,43 mg) daha az bulunmuştur.

Çizelge 4.73. Köklerin kaldırdığı fosfor miktarına ait varyans analiz tablosu

Varyasyon kaynağı		Serbestlik derecesi	Kareler toplamı	Kareler ortalaması	Hesaplanan F değeri	Tablo değeri %5	Tablo değeri %1
	Faktör-A	1	3194,402	3194,402	185,520**	3,920	6,850
	Faktör-B	2	119,291	59,646	3,464*	3,070	4,790
	A*B	2	44,848	22,424	1,302öd	3,070	4,790
	Faktör-C	2	593,151	296,576	17,224**	3,070	4,790
Yaprak	A*C	2	367,959	183,979	10,685**	3,070	4,790
	B*C	4	101,346	25,337	1,471öd	2,450	3,480
	A*B*C	4	141,190	35,297	2,050öd	2,450	3,480
	Hata	144	2479,478	17,219			
	Genel	161	7041,666	43,737			

Faktör-A: Fosfor Dozları — öd: önemli değil
Faktör-B: Azot Dozları — *: önemli p<0,05
Faktör-C: Potasyum Dozları — **: önemli p<0,01

Çizelge 4.74. N, P, K dozlarının, köklerin kaldırdığı fosfor miktarına (mg) etkisi

Fosfor Dozları	Potasyum Dozları	Azot Dozları N1 (6 mM)	N2 (8 mM)	N3 (10 mM)	Ortalama	
P1 (1mM)	K1 (4mM)	15,56	16,97	16,34	16,29	a
	K2 (6mM)	14,49	13,79	17,97	15,42	a
	K3 (8mM)	13,79	12,84	18,12	14,92	a
	Ort	**14,62**	**14,54**	**17,48**	**15,54**	**b**
P2 (2mM)	K1 (4mM)	24,66	26,57	28,15	26,45	a
	K2 (6mM)	29,19	26,92	25,43	27,18	a
	K3 (8mM)	17,98	19,79	21,15	19,64	b
	Ort	**23,94**	**24,43**	**24,91**	**24,43**	**a**
Genel ort		**19,28 B**	**19,48 B**	**21,19 A**		

Potasyum Dozları	Fosfor Dozları	Azot Dozları N1 (6 mM)	N2 (8 mM)	N3 (10 mM)	Ortalama	
K1(4mM)	P1 (1mM)	15,56	16,97	16,34	16,29	b
	P2 (2mM)	24,66	26,57	28,15	26,45	a
	Ort	**20,11**	**21,77**	**22,24**	**21,37**	**a**
K2(6mM)	P1(1mM)	14,49	13,79	17,97	15,42	b
	P2(2mM)	29,19	26,92	25,43	27,18	a
	Ort	**21,84**	**20,36**	**21,70**	**21,30**	**a**
K3(8mM)	P1 (1mM)	13,79	12,84	18,12	14,92	b
	P2 (2mM)	17,98	19,79	21,15	19,64	a
	Ort	**15,89**	**16,32**	**19,63**	**17,28**	**b**
Genel ort		**19,28 B**	**19,48 B**	**21,19 A**		

$P_{LSD\ p<0,01}$	1,712	PxN_{LSD}	öd	P	Fosfor
$N_{LSD\ p<0,05}$	1,586	$PxK_{LSD\ p<0,01}$	2,966	N	Azot
$K_{LSD\ p<0,01}$	2,097	NxK_{LSD}	öd	K	Potasyum
$PxNxK_{LSD}$	öd				

Büyük harfler yatay karşılaştırmayı, küçük harfler düşey karşılaştırmayı ifade etmektedir.

Artan miktarlarda uygulanan azot, marul köklerinin kaldırdığı fosfor miktarında artış meydana getirmiştir. Kökten kaldırılan en yüksek fosfor (21,19 mg) N3 uygulamasından elde edilmiştir. Kökten kaldırılan en düşük fosfor (19,28 mg) N1 (6 mM) uygulamasından elde edilirken, N2 (8 mM) (19,48 mg) N1 ile aynı grupta yer almıştır.

Artan miktarlarda uygulanan potasyum, marul köklerinin kaldırdığı fosfor miktarında azalış meydana getirmiştir. Köklerin kaldırdığı en yüksek fosfor (21,37 mg) K1 (4 mM) uygulamasından elde edilirken, en düşük fosfor (17,28 mg) ise K3 (8 mM) dozundan elde edilmiştir. K2 (6 mM) (21,30 mg) K1 ile aynı grupta yer almıştır.

Fosfor ve potasyum interaksiyonu birlikte değerlendirildiğinde, marul köklerinin kaldırdığı en yüksek fosfor (27,18 mg) P2 x K2 uygulamaları ortalamasından elde edilirken, en düşük fosfor ise (14,92 mg) P1 x K3 uygulamaları ortalamasından elde edilmiştir.

Çam (2018), yapmış olduğu çalışma da artan azot ve potasyum uygulamalarının bitki verimi bakımından 10 kg da^{-1} azot (338,83 g kg^{-1}) ve 12 kg da^{-1} potasyum (319,33 g kg^{-1}) uygulamalarının en yüksek verim değeri olduğunu tespit etmişlerdir. Şahin ve diğerleri (2016) fosfor ile zenginleştirilmiş biyokömürün marul bitkisinin mineral element konsantrasyonu üzerine etkisini araştırmışlar ve en yüksek P, K, Ca ve Mg konsantrasyonunu BK + fosfor uygulamasından olduğu belirlenmiştir. Sonuç olarak denememizden elde edilen bulgularda bu çalışmaları destekler nitelikte bulunmuştur.

4.6.3. Köklerin Kaldırdığı Potasyum Miktarı

Artan dozlarda uygulanan azot, fosfor ve potasyumun marul bitkisi köklerinin kaldırdığı potasyum miktarı üzerine etkisine ilişkin varyans analiz tablosu Çizelge 4.75'de, verilere ait ortalamalar ve LSD testine göre gruplandırmaları ise Çizelge 4.76'de sunulmuştur.

Marul köklerinin kaldırdığı potasyum miktarları üzerine; azot, azot x potasyum interaksiyonlarının etkisi istatistiksel olarak %1 olasılık düzeyinde önemli bulunmuştur. Fosfor, fosfor x azot, potasyum, fosfor x potasyum, azot x fosfor x potasyum interaksiyonları arasındaki ilişki önemli bulunmamıştır (Çizelge 4.75).

Çizelge 4.75. Köklerin kaldırdığı potasyum miktarına ait varyans analiz tablosu

Varyasyon kaynağı		Serbestlik derecesi	Kareler toplamı	Kareler ortalaması	Hesaplanan F değeri	Tablo değeri %5	Tablo değeri %1
	Faktör-A	1	953,340	953,340	3,302öd	3,920	6,850
	Faktör-B	2	3543,902	1771,951	6,137**	3,070	4,790
	A*B	2	995,240	497,620	1,724öd	3,070	4,790
	Faktör-C	2	1340,604	670,302	2,322öd	3,070	4,790
Yaprak	A*C	2	1164,877	582,438	2,017öd	3,070	4,790
	B*C	4	6602,885	1650,721	5,717**	2,450	3,480
	A*B*C	4	1564,035	391,009	1,354öd	2,450	3,480
	Hata	144	41574,814	288,714			
	Genel	161	57739,698	358,632			

Faktör-A: Fosfor Dozları — öd: önemli değil
Faktör-B: Azot Dozları — *: önemli p<0,05
Faktör-C: Potasyum Dozları — **: önemli p<0,01

Çizelge 4.76. N, P, K dozlarının köklerin kaldırdığı potasyum miktarına (mg) etkisi

Fosfor Dozları	Potasyum Dozları	Azot Dozları N1 (6 mM)	N2 (8 mM)	N3 (10 mM)	Ortalama
	K1 (4mM)	79,62	70,00	68,04	72,55
P1	K2 (6mM)	74,47	76,31	74,98	75,25
(1mM)	K3 (8mM)	74,71	57,31	88,46	73,49
	Ort	**76,30**	**67,87**	**77,16**	**73,77**
	K1 (4mM)	85,31	61,98	70,82	72,70
P2	K2 (6mM)	89,41	80,36	62,16	77,31
(2mM)	K3 (8mM)	86,88	75,81	94,86	85,85
	Ort	**87,20**	**72,71**	**75,95**	**78,62**
Genel ort		**81,73 A**	**70,29 B**	**76,55 AB**	

Potasyum Dozları	Fosfor Dozları	Azot Dozları N1 (6 mM)	N2 (8 mM)	N3 (10 mM)	Ortalama
	P1 (1mM)	79,62	70,00	68,04	72,55
K1(4mM)	P2 (2mM)	85,31	61,98	70,82	72,70
	Ort	**82,47 a A**	**65,99 a B**	**69,43 b AB**	**72,63**
	P1(1mM)	74,47	76,31	74,98	75,25
K2(6mM)	P2(2mM)	89,41	80,36	62,16	77,31
	Ort	**81,94 a A**	**78,33 a A**	**68,57 b A**	**76,28**
	P1 (1mM)	74,71	57,31	88,46	73,49
K3(8mM)	P2 (2mM)	86,88	75,81	94,86	85,85
	Ort	**80,79 a AB**	**66,56 a B**	**91,66 a A**	**79,67**
Genel ort		**81,73 A**	**70,29 B**	**76,55 AB**	

P_{LSD}	öd	PxN_{LSD}	öd	P	Fosfor
$N_{LSD\ p<0,01}$	8,587	PxK_{LSD}	öd	N	Azot
K_{LSD}	öd	$NxK_{LSD\ p<0,01}$	14,874	K	Potasyum
$PxNxK_{LSD}$	öd				

Büyük harfler yatay karşılaştırmayı, küçük harfler düşey karşılaştırmayı ifade etmektedir.

Artan miktarlarda uygulanan azot, marul köklerinin kaldırdığı potasyum miktarında azalış meydana getirmiştir. Kökten kaldırılan en yüksek potasyum (81,73 mg) N1

uygulamasından elde edilmiştir. Kökten kaldırılan en düşük potasyum (70,29 mg) N2 (8 mM) uygulamasından elde edilirken, N3 (10 mM) (76,55 mg) bu iki değer arasında yer almıştır.

Azot x potasyum interaksiyonu birlikte değerlendirildiğinde, marul köklerinin kaldırdığı potasyum miktarında K1 ve K2 dozunda azalma meydana gelirken, K3 dozlarında artan azot dozlarının da etkisiyle birlikte potasyum miktarında artış meydana gelmiştir. Azot dozlarında ise artan potasyum dozlarının da etkisiyle N1 dozunda azalma, N2 ve N3 dozunda ise artış meydana gelmiştir.

En yüksek kaldırılan potasyum (91,66 mg) N3 x K3 uygulamasından sağlanırken, en düşük kaldırılan potasyum ise (65,99 mg) N2 x K1 uygulamasından elde edilmiştir.

Güneri ve diğerleri (2016), fosfor uygulamalarının bitki yapraklarında; N, P, Fe ve Mn kapsamını arttırdığını; potasyum uygulamalarının ise, genelde K miktarlarında artış sağladığını belirtmişlerdir. Bozokalfa ve diğerleri (2005), fosfor ve potasyum uygulamalarının sap kerevizinde verim, mineral madde, nitrat ve nitrit miktarı üzerine etkisini incelemişler ve fosfor uygulamalarında en yüksek verimin 150 kg ha^{-1} P_2O_5 dozundan, potasyum uygulamalarında ise, 300 kg ha^{-1} K_2O dozundan elde edildiğini bildirmişlerdir. Denememizden elde edilen sonuçlarda daha önce yapılan bu çalışmaları destekler nitelikte bulunmuştur.

4.6.4. Köklerin Kaldırdığı Sodyum Miktarı

Artan dozlarda uygulanan azot, fosfor ve potasyumun marul bitkisi köklerinin kaldırdığı sodyum miktarı üzerine etkisine ilişkin varyans analiz tablosu Çizelge 4.77'de, verilere ait ortalamalar ve LSD testine göre gruplandırmaları ise Çizelge 4.78'da sunulmuştur.

Marul köklerinin kaldırdığı sodyum miktarı üzerine; fosfor dozlarının etkisi istatistiksel olarak %1 olasılık düzeyinde önemli bulunurken, azot dozlarının etkisi istatistiksel olarak %5 düzeyinde önemli bulunmuştur. Fosfor x azot, potasyum, fosfor x potasyum, azot x potasyum, azot x fosfor x potasyum interaksiyonları arasındaki ilişki önemli bulunmamıştır (Çizelge 4.77).

Çizelge 4.77. Köklerin kaldırdığı sodyum miktarına ait varyans analiz tablosu

Varyasyon kaynağı		Serbestlik derecesi	Kareler toplamı	Kareler ortalaması	Hesaplanan F değeri	Tablo değeri %5	Tablo değeri %1
	Faktör-A	1	13,642	13,642	27,248**	3,920	6,850
	Faktör-B	2	4,522	2,261	4,516*	3,070	4,790
	A*B	2	0,219	0,110	0,219öd	3,070	4,790
	Faktör-C	2	1,555	0,778	1,553öd	3,070	4,790
Yaprak	A*C	2	0,488	0,244	0,487öd	3,070	4,790
	B*C	4	4,096	1,024	2,045öd	2,450	3,480
	A*B*C	4	2,235	0,559	1,116öd	2,450	3,480
	Hata	144	72,093	0,501			
	Genel	161	98,850	0,614			

Faktör-A: Fosfor Dozları — öd: önemli değil
Faktör-B: Azot Dozları — *: önemli p<0,05
Faktör-C: Potasyum Dozları — **: önemli p<0,01

Çizelge 4.78. N, P, K dozlarının, köklerin kaldırdığı sodyum miktarına (mg) etkisi

Fosfor Dozları	Potasyum Dozları	Azot Dozları N1 (6 mM)	N2 (8 mM)	N3 (10 mM)	Ortalama
	K1 (4mM)	3,76	3,50	3,54	3,59
P1	K2 (6mM)	3,59	3,64	3,69	3,64
(1mM)	K3 (8mM)	3,84	3,35	4,20	3,79
	Ort	**3,73**	**3,49**	**3,81**	**3,68 b**
	K1 (4mM)	4,08	3,75	4,38	4,07
P2	K2 (6mM)	4,78	4,23	4,11	4,37
(2mM)	K3 (8mM)	4,27	3,94	4,79	4,33
	Ort	**4,38**	**3,97**	**4,43**	**4,26 a**
Genel ort		**4,05 A**	**3,73 B**	**4,12 A**	

Potasyum Dozları	Fosfor Dozları	Azot Dozları N1 (6 mM)	N2 (8 mM)	N3 (10 mM)	Ortalama
	P1 (1mM)	3,76	3,50	3,54	3,59
K1(4mM)	P2 (2mM)	4,08	3,75	4,38	4,07
	Ort	**3,92**	**3,62**	**3,95**	**3,83**
	P1(1mM)	3,59	3,64	3,69	3,64
K2(6mM)	P2(2mM)	4,78	4,23	4,11	4,37
	Ort	**4,18**	**3,94**	**3,90**	**4,01**
	P1 (1mM)	3,84	3,35	4,20	3,79
K3(8mM)	P2 (2mM)	4,27	3,94	4,79	4,33
	Ort	**4,05**	**3,64**	**4,50**	**4,06**
Genel ort		**4,05 A**	**3,73 B**	**4,12 A**	

$P_{LSD\ p<0,01}$	0,292	PxN_{LSD}	öd	P	Fosfor
$N_{LSD\ p<0,05}$	0,271	PxK_{LSD}	öd	N	Azot
K_{LSD}	öd	NxK_{LSD}	öd	K	Potasyum
$PxNxK_{LSD}$	öd				

Büyük harfler yatay karşılaştırmayı, küçük harfler düşey karşılaştırmayı ifade etmektedir.

Artan miktarlarda uygulanan fosfor, marul köklerinin kaldırdığı sodyum miktarında artış meydana getirmiştir. Kökten kaldırılan sodyum (3,68 mg) düşük fosfor (P1)

uygulamasında, yüksek fosfor (P2) (2 mM) uygulamasına oranla (4,26 mg) daha az bulunmuştur.

Artan miktarlarda uygulanan azot, marul köklerinin kaldırdığı sodyum miktarında artış meydana getirmiştir. Kökten kaldırılan en yüksek sodyum (4,12 mg) N3 uygulamasından elde edilmiştir. Kökten kaldırılan en düşük sodyum (3,73 mg) N2 (8 mM) uygulamasından elde edilirken, N1 (6 mM) (4,05 mg) N3 ile aynı grupta yer almıştır.

4.6.5. Köklerin Kaldırdığı Kalsiyum Miktarı

Artan dozlarda uygulanan azot, fosfor ve potasyumun marul bitkisi köklerinin kaldırdığı kalsiyum miktarı üzerine etkisine ilişkin varyans analiz tablosu Çizelge 4.79'de, verilere ait ortalamalar ve LSD testine göre gruplandırmaları ise Çizelge 4.80'de sunulmuştur.

Marul köklerinin kaldırdığı kalsiyum miktarları üzerine; fosfor, potasyum, fosfor x potasyum, azot x potasyum, azot x fosfor x potasyum interaksiyonlarının etkisi istatistiksel olarak %1 olasılık düzeyinde önemli bulunmuştur. Fosfor, fosfor x azot, interaksiyonları arasındaki ilişki önemli bulunmamıştır (Çizelge 4.79).

Artan miktarlarda uygulanan fosfor, marul köklerinin kaldırdığı kalsiyum miktarında artış meydana getirmiştir. Kökten kaldırılan kalsiyum (3,50 mg) düşük fosfor (P1) uygulamasında, yüksek fosfor (P2) (2 mM) uygulamasına oranla (5,27 mg) daha az bulunmuştur.

Çizelge 4.79. Köklerin kaldırdığı kalsiyum miktarına ait varyans analiz tablosu

	Varyasyon kaynağı	Serbestlik derecesi	Kareler toplamı	Kareler ortalaması	Hesaplanan F değeri	Tablo değeri %5	Tablo değeri %1
Yaprak	Faktör-A	1	126,582	126,582	118,179**	3,920	6,850
	Faktör-B	2	0,639	0,319	0,298öd	3,070	4,790
	A*B	2	1,162	0,581	0,542öd	3,070	4,790
	Faktör-C	2	11,624	5,812	5,426**	3,070	4,790
	A*C	2	48,386	24,193	22,587**	3,070	4,790
	B*C	4	55,044	13,761	12,848**	2,450	3,480
	A*B*C	4	15,021	3,755	3,506**	2,450	3,480
	Hata	144	154,239	1,071			
	Genel	161	412,698	2,563			

Faktör-A: Fosfor Dozları
Faktör-B: Azot Dozları
Faktör-C: Potasyum Dozları

öd: önemli değil
*: önemli p<0,05
**: önemli p<0,01

Çizelge 4.80. N, P, K dozlarının, köklerin kaldırdığı kalsiyum miktarına (mg) etkisi

Fosfor Dozları	Potasyum Dozları	Azot Dozları N1 (6 mM)	N2 (8 mM)	N3 (10 mM)	Ortalama
P1 (1mM)	K1 (4mM)	4,24 a A	2,95 a B	2,76 b B	3,32 a
	K2 (6mM)	2,69 b A	3,84 a A	3,34 b A	3,29 a
	K3 (8mM)	3,06 ab B	3,90 a AB	4,76 a A	3,91 a
	Ort	**3,33**	**3,56**	**3,62**	**3,50 b**
P2 (2mM)	K1 (4mM)	6,43 a A	5,78 a A	5,76 a A	5,99 a
	K2 (6mM)	5,25 ab B	6,75 a A	5,05 a B	5,69 a
	K3 (8mM)	4,29 b A	2,94 b B	5,18 a A	4,14 b
	Ort	**5,33**	**5,16**	**5,33**	**5,27 a**
Genel ort		**4,33**	**4,36**	**4,48**	

Potasyum Dozları	Fosfor Dozları	Azot Dozları N1 (6 mM)	N2 (8 mM)	N3 (10 mM)	Ortalama
K1(4mM)	P1 (1mM)	4,24 b A	2,95 b B	2,76 b B	3,32 b
	P2 (2mM)	6,43 a A	5,78 a A	5,76 a A	5,99 a
	Ort	**5,34 a A**	**4,37 b B**	**4,26 a B**	**4,66 a**
K2(6mM)	P1(1mM)	2,69 b A	3,84 b A	3,34 b A	3,29 b
	P2(2mM)	5,25 a B	6,75 a A	5,05 a B	5,69 a
	Ort	**3,97 b B**	**5,30 a A**	**4,19 a B**	**4,49 ab**
K3(8mM)	P1 (1mM)	3,06 a B	3,90 a AB	4,76 a A	3,91 a
	P2 (2mM)	4,29 a A	2,94 a B	5,18 a A	4,14 a
	Ort	**3,68 b B**	**3,42 c B**	**4,97 a A**	**4,02 b**
Genel ort		**4,33**	**4,36**	**4,48**	

$P_{LSD\ p<0,01}$	0,427	PxN_{LSD}	öd	P	Fosfor
N_{LSD}	öd	$PxK_{LSD\ p<0,01}$	0,740	N	Azot
$K_{LSD\ p<0,01}$	0,523	$NxK_{LSD\ p<0,01}$	0,906	K	Potasyum
$PxNxK_{LSD\ p<0,01}$	1.281				

Büyük harfler yatay karşılaştırmayı, küçük harfler düşey karşılaştırmayı ifade etmektedir.

Artan miktarlarda uygulanan potasyum, marul köklerinin kaldırdığı kalsiyum miktarında azalış meydana getirmiştir. Köklerin kaldırdığı en yüksek kalsiyum (4,66 mg) K1 (4 mM) uygulamasından elde edilirken, en düşük kalsiyum (4,02 mg) ise K3 (8 mM) uygulamasından elde edilmiştir. K2 (6 mM) (4,49 mg) K1 ile aynı grupta yer almıştır.

Fosfor ve potasyum interaksiyonu birlikte değerlendirildiğinde, marul köklerinin kaldırdığı en yüksek kalsiyum (5,99 mg) fosfor ve potasyumun en yüksek dozunun yer aldığı P2 x K1 uygulamaları ortalamasından elde edilirken, en düşük kalsiyum ise (3,29 mg) P1 x K2 uygulamaları ortalamasından elde edilmiştir.

Azot x potasyum interaksiyonu birlikte değerlendirildiğinde, marul köklerinin kaldırdığı kalsiyum miktarında K1 dozunda azalma, K2 ve K3 dozlarında artan azot dozlarının da etkisiyle birlikte kalsiyum miktarında artış meydana gelmiştir. Azot dozlarında ise artan potasyum dozlarının da etkisiyle N1 ve N2 dozun da azalma, N3 dozunda ise artış meydana gelmiştir. En yüksek kaldırılan kalsiyum (5,34 mg) N1 x K1 uygulamasından sağlanırken, en düşük kaldırılan kalsiyum ise (3,42 mg) N2 x K3 uygulamasından elde edilmiştir.

Azot x fosfor x potasyum interaksiyonu birlikte değerlendirildiğinde, marul köklerinin kaldırdığı en yüksek kalsiyum (6,75 mg) N2 x K2 x P2 uygulamasından, en düşük kalsiyum ise (2,69 mg) N1 x K2 x P1 uygulamasından elde edilmiştir.

4.6.6. Köklerin Kaldırdığı Magnezyum Miktarı

Artan dozlarda uygulanan azot, fosfor ve potasyumun marul bitkisi köklerinin kaldırdığı magnezyum miktarı üzerine etkisine ilişkin varyans analiz tablosu Çizelge 4.81'de, verilere ait ortalamalar ve LSD testine göre gruplandırmaları ise Çizelge 4.82'de sunulmuştur.

Çizelge 4.81. Köklerin kaldırdığı magnezyum miktarına ait varyans analiz tablosu

	Varyasyon kaynağı	Serbestlik derecesi	Kareler toplamı	Kareler ortalaması	Hesaplanan F değeri	Tablo değeri %5	Tablo değeri %1
Yaprak	Faktör-A	1	26,354	26,354	70,933**	3,920	6,850
	Faktör-B	2	14,555	7,277	19,588**	3,070	4,790
	A*B	2	3,174	1,587	4,272*	3,070	4,790
	Faktör-C	2	4,151	2,075	5,586**	3,070	4,790
	A*C	2	2,290	1,145	3,081*	3,070	4,790
	B*C	4	19,775	4,944	13,306**	2,450	3,480
	A*B*C	4	4,881	1,220	3,285*	2,450	3,480
	Hata	144	53,500	0,372			
	Genel	161	128,679	0,799			

Faktör-A: Fosfor Dozları
Faktör-B: Azot Dozları
Faktör-C: Potasyum Dozları

öd: önemli değil
*: önemli p<0,05
**: önemli p<0,01

Marul köklerinin kaldırdığı magnezyum miktarları üzerine; fosfor, azot, potasyum, azot x potasyum interaksiyonlarının etkisi istatistiksel olarak %1 olasılık düzeyinde önemli

bulunurken, fosfor x azot, fosfor x potasyum, azot x fosfor x potasyum interaksiyonlarının etkisi istatistiksel olarak %5 düzeyinde önemli bulunmuştur (Çizelge 4.81).

Çizelge 4.82. N, P, K dozlarının, köklerin kaldırdığı magnezyum miktarına (mg) etkisi

Fosfor Dozları	Potasyum Dozları	Azot Dozları N1 (6 mM)	N2 (8 mM)	N3 (10 mM)	Ortalama
P1 (1mM)	K1 (4mM)	2,82 a A	2,10 a B	1,87 b B	2,26 a
	K2 (6mM)	2,60 a A	2,42 a A	2,07 b A	2,36 a
	K3 (8mM)	2,56 a B	1,90 a C	3,27 a A	2,57 a
	Ort	**2,66 b A**	**2,14 b B**	**2,40 b AB**	**2,40 b**
P2 (2mM)	K1 (4mM)	3,34 b A	2,55 b B	2,77 b B	2,89 b
	K2 (6mM)	4,47 a A	3,71 a B	2,33 b C	3,50 a
	K3 (8mM)	3,56 b A	2,68 b B	3,44 a A	3,22 a
	Ort	**3,79 a A**	**2,98 a B**	**2,85 a B**	**3,21 a**
Genel ort		**3,22 A**	**2,56 B**	**2,62 B**	

Potasyum Dozları	Fosfor Dozları	Azot Dozları N1 (6 mM)	N2 (8 mM)	N3 (10 mM)	Ortalama
K1(4 mM)	P1 (1mM)	2,82 a A	2,10 a B	1,87 b B	2,26 b
	P2 (2mM)	3,34 a A	2,55 a B	2,77 a B	2,89 a
	Ort	**3,08 a A**	**2,33 b B**	**2,32 b B**	**2,58 b**
K2(6 mM)	P1(1mM)	2,60 b A	2,42 b A	2,07 a A	2,36 b
	P2(2mM)	4,47 a A	3,71 a B	2,33 a C	3,50 a
	Ort	**3,53 a A**	**3,06 a A**	**2,19 b B**	**2,93 a**
K3(8 mM)	P1 (1mM)	2,56 b B	1,90 b C	3,27 a A	2,57 b
	P2 (2mM)	3,56 a A	2,68 a B	3,44 a A	3,22 a
	Ort	**3,06 a A**	**2,29 b B**	**3,35 a A**	**2,90 a**
Genel ort		**3,22 A**	**2,56 B**	**2,62 B**	

$P_{LSD\ p<0,01}$	0,252	$PxN_{LSD\ p<0,05}$	0,330	P	Fosfor
$N_{LSD\ p<0,01}$	0,308	$PxK_{LSD\ p<0,05}$	0,330	N	Azot
$K_{LSD\ p<0,01}$	0,308	$NxK_{LSD\ p<0,01}$	0,534	K	Potasyum
$PxNxK_{LSD\ p<0,05}$	0,571				

Büyük harfler yatay karşılaştırmayı, küçük harfler düşey karşılaştırmayı ifade etmektedir.

Artan miktarlarda uygulanan fosfor, marul köklerinin kaldırdığı magnezyum miktarında artış meydana getirmiştir. Köklerin kaldırdığı magnezyum (2,40 mg) düşük fosfor (P1) uygulamasında, yüksek fosfor (P2) (2 mM) uygulamasına oranla (3,21 mg) daha az bulunmuştur.

Artan miktarlarda uygulanan azot, marul köklerinin kaldırdığı magnezyum miktarında azalış meydana getirmiştir. Kökten kaldırılan en yüksek magnezyum (3,22 mg) N1 uygulamasından elde edilmiştir. Kökten kaldırılan en düşük magnezyum (2,56 mg) N2 (8

mM) uygulamasından elde edilirken, N3 (10 mM) (2,62 mg) N2 ile aynı grupta yer almıştır.

Fosfor ve azot interaksiyonu birlikte değerlendirildiğinde, fosfor uygulamasının her iki dozunda da marul köklerinin kaldırdığı magnezyum miktarında azalışa neden olmuştur. Marul köklerinin kaldırdığı en yüksek magnezyum (3,79 mg) P2 x N1 uygulamasından, kaldırılan en düşük magnezyum ise (2,14 mg) P1 x N2 uygulamasından elde edilmiştir. Azot dozlarında ise fosforun artmasıyla birlikte magnezyum miktarında artış meydana gelmiştir.

Artan miktarlarda uygulanan potasyum, marul köklerinin kaldırdığı magnezyum miktarında artış meydana getirmiştir. Köklerin kaldırdığı en yüksek magnezyum (2,93 mg) K2 (6 mM) uygulamasından elde edilirken, en düşük magnezyum (2,58 mg) ise K1 (4 mM) dozundan elde edilmiştir. K3 (8 mM) (2,90 mg) K3 ile aynı grupta yer almıştır.

Fosfor ve potasyum interaksiyonu birlikte değerlendirildiğinde, marul köklerinin kaldırdığı en yüksek magnezyum (3,50 mg) fosfor ve potasyumun en yüksek dozunun yer aldığı P2 x K2 uygulamaları ortalamasından elde edilirken, en düşük magnezyum ise (2,26 mg) P1 x K1 uygulamaları ortalamasından elde edilmiştir.

Azot x potasyum interaksiyonu birlikte değerlendirildiğinde, marul köklerinin kaldırdığı magnezyum miktarında K1ve K2 dozlarında azalma meydana gelirken, K3 dozlarında artan azot dozlarının da etkisiyle birlikte magnezyum miktarında artış meydana gelmiştir. Azot dozlarında ise artan potasyum dozlarının da etkisiyle N1 ve N2 dozunda azalma, N3 dozun da ise artış meydana gelmiştir. Kaldırılan en yüksek magnezyum (3,53 mg) N1 x K2 uygulamasından sağlanırken, en düşük kaldırılan magnezyum ise (2,19 mg) N3 x K2 uygulamasından elde edilmiştir.

Azot x fosfor x potasyum interaksiyonu birlikte değerlendirildiğinde, marul köklerinin kaldırdığı en yüksek magnezyum (4,47 mg) N1 x K2 x P2 uygulamasından, en düşük magnezyum ise (1,87 mg) N3 x K1 x P1 uygulamasından elde edilmiştir.

Odabaş, (2019) marul çeşitleri üzerine artan dozlarda azotlu gübrelerin etkilerini araştırmış ve sonuç olarak marul bitkisine uygulanan azotlu gübrelerin bitkinin Mg alımını olumsuz etkilediğini saptamıştır. Şahin ve diğerleri (2016) fosfor ile zenginleştirilmiş biyokömürün marul bitkisi besin elementi içeriklerinin en yüksek Mg konsantrasyonunun BK + fosfor interaksiyonundan elde edildiğini tespit etmişlerdir. Denememizden elde edilen sonuçlarda daha önce yapılan bu çalışmaları destekler nitelikte bulunmuştur.

4.6.7. Köklerin Kaldırdığı Demir Miktarı

Artan dozlarda uygulanan azot, fosfor ve potasyumun marul bitkisi köklerinin kaldırdığı demir miktarı üzerine etkisine ilişkin varyans analiz tablosu Çizelge 4.83'de, verilere ait ortalamalar ve LSD testine göre gruplandırmaları ise Çizelge 4.84'de sunulmuştur.

Çizelge 4.83. Köklerin kaldırdığı demir miktarına ait varyans analiz tablosu

	Varyasyon kaynağı	Serbestlik derecesi	Kareler toplamı	Kareler ortalaması	Hesaplanan F değeri	Tablo değeri %5	Tablo değeri %1
Yaprak	Faktör-A	1	3214,505	3214,505	386,210**	3,920	6,850
	Faktör-B	2	1,106	0,553	0,066öd	3,070	4,790
	A*B	2	6,986	3,493	0,420öd	3,070	4,790
	Faktör-C	2	1211,567	605,784	72,783**	3,070	4,790
	A*C	2	1328,060	664,030	79,781**	3,070	4,790
	B*C	4	119,820	29,955	3,599**	2,450	3,480
	A*B*C	4	113,433	28,358	3,407*	2,450	3,480
	Hata	144	1198,540	8,323			
	Genel	161	7194,018	44,683			

Faktör-A: Fosfor Dozları — öd: önemli değil
Faktör-B: Azot Dozları — *: önemli p<0,05
Faktör-C: Potasyum Dozları — **: önemli p<0,01

Marul köklerinin kaldırdığı demir miktarları üzerine; fosfor, potasyum, fosfor x potasyum, azot x potasyum interaksiyonlarının etkisi istatistiksel olarak %1 olasılık düzeyinde önemli bulunurken, azot x fosfor x potasyum interaksiyonlarının etkisi istatistiksel olarak %5 düzeyinde önemli bulunmuştur. Azot, fosfor x azot interaksiyonları arasındaki ilişki önemli bulunmamıştır (Çizelge 4.83).

Artan miktarlarda uygulanan fosfor, marul köklerinin kaldırdığı demir miktarında artış meydana getirmiştir. Köklerin kaldırdığı demir (2,66 mg) düşük fosfor (P1)

uygulamasında, yüksek fosfor (P2) (2 mM) uygulamasına oranla (11,57 mg) daha az bulunmuştur.

Çizelge 4.84. N, P, K dozlarının, köklerin kaldırdığı demir miktarına (mg) etkisi

Fosfor Dozları	Potasyum Dozları	Azot Dozları N1 (6 mM)		N2 (8 mM)		N3 (10 mM)		Ortalama	
P1 (1mM)	K1 (4mM)	2,71	a A	2,12	a A	1,99	a A	2,27	a
	K2 (6mM)	3,16	a A	2,64	a A	2,79	a A	2,86	a
	K3 (8mM)	1,82	a A	2,36	a A	4,39	a A	2,86	a
	Ort	**2,56**		**2,37**		**3,06**		**2,66**	**b**
P2 (2mM)	K1 (4mM)	12,59	b B	17,17	a A	16,16	a A	15,31	a
	K2 (6mM)	17,99	a A	15,46	a AB	13,79	a B	15,75	a
	K3 (8mM)	4,27	c A	2,47	b A	4,26	b A	3,66	b
	Ort	**11,62**		**11.70**		**11,40**		**11,57**	**a**
Genel ort		**7,09**		**7.04**		**7,23**			

Potasyum Dozları	Fosfor Dozları	Azot Dozları N1 (6 mM)		N2 (8 mM)		N3 (10 mM)		Ortalama	
K1(4 mM)	P1 (1mM)	2,71	b A	2,12	b A	1,99	b A	2,27	b
	P2 (2mM)	12,59	a B	17,17	a A	16,16	a A	15,31	a
	Ort	**7,65**	**b A**	**9,64**	**a A**	**9,08**	**a A**	**8,79**	**a**
K2(6 mM)	P1(1mM)	3,16	b A	2,64	b A	2,79	b A	2,86	b
	P2(2mM)	17,99	a A	15,46	a AB	13,79	a B	1575	a
	Ort	**10,57**	**a A**	**9,05**	**a A**	**8,29**	**a A**	**9,30**	**a**
K3(8 mM)	P1 (1mM)	1,82	a A	2,36	a A	4,39	a A	2,86	a
	P2 (2mM)	4,27	a A	2,47	a A	4,26	a A	3,66	a
	Ort	**3,04**	**c A**	**2,42**	**b A**	**4,33**	**b A**	**3,26**	**b**
Genel ort		**7,09**		**7,04**		**7,23**			

$P_{LSD\ p<0,01}$	1,191	PxN_{LSD}	öd	P	Fosfor
N_{LSD}	öd	$PxK_{LSD\ p<0,01}$	2,062	N	Azot
$K_{LSD\ p<0,01}$	1,458	$NxK_{LSD\ p<0,01}$	2,525	K	Potasyum
$PxNxK_{LSD\ p<0,05}$	2,702				

Büyük harfler yatay karşılaştırmayı, küçük harfler düşey karşılaştırmayı ifade etmektedir.

Artan miktarlarda uygulanan potasyum, marul köklerinin kaldırdığı demir miktarında azalış meydana getirmiştir. Köklerin kaldırdığı en yüksek demir (9,30 mg) K2 (6 mM) uygulamasından elde edilirken, en düşük demir (3,26 mg) ise K3 (8 mM) dozundan elde edilmiştir. K1 (4 mM) (8,79 mg) K2 ile aynı grupta yer almıştır.

Fosfor ve potasyum interaksiyonu birlikte değerlendirildiğinde, marul köklerinin kaldırdığı en yüksek demir içeriği (15,75 mg) fosfor ve potasyumun en yüksek dozunun yer aldığı P2 x K2 uygulamaları ortalamasından elde edilirken, en düşük demir ise (2,27 mg) P1 x K1 uygulamaları ortalamasından elde edilmiştir.

Azot x potasyum interaksiyonu birlikte değerlendirildiğinde, marul köklerinin kaldırdığı demir miktarında K1 dozunda artış meydana gelirken, K2 ve K3 dozlarında artan azot dozlarının da etkisiyle birlikte demir miktarında azalma meydana gelmiştir. Azot dozlarında ise artan potasyum dozlarının da etkisiyle N1, N2 ve N3 dozlarında azalış meydana gelmiştir. En yüksek kaldırılan demir (10,57 mg) N1 x K2 uygulamasından sağlanırken, en düşük kaldırılan demir içeriği ise (2,42 mg) N2 x K3 uygulamasından elde edilmiştir.

Azot x fosfor x potasyum interaksiyonu birlikte değerlendirildiğinde, marul köklerinin kaldırdığı en yüksek demir (17,99 mg) N1 x K2 x P2 uygulamasından, en düşük demir ise (1,82 mg) N1 x K3 x P1 uygulamasından elde edilmiştir.

Güneri ve diğerleri (2016), yaptığı çalışma da fosfor uygulamalarının bitki yapraklarında; N, P, Fe ve Mn kapsamını arttırdığını belirtmiştir. Odabaş (2019), yapmış olduğu çalışmada azotlu gübrelerin marul bitkisinin Fe içeriğinde artış meydana geldiğini belirtmiştir. Oymak (2018), yapraktan uygulanan bazı mikro elementlerin su kültüründe yetiştirilen renkli marullar üzerine etkilerini incelemiştir. Sonuç olarak marul bitkisinin kuru madde miktarında artışlar meydana getirdiğini, mikro element dozlarının ise mineral maddelerden P, Cu, Zn ve Mn içeriklerinde artış ve Fe, Mg içeriklerinde azalma meydana geldiğini tespit etmiştir. Denememizde elde edilen sonuçlarda bu çalışmaları destekler nitelikte bulunmuştur.

4.6.8. Köklerin Kaldırdığı Bakır Miktarı

Artan dozlarda uygulanan azot, fosfor ve potasyumun marul bitkisi köklerinin kaldırdığı bakır miktarı üzerine etkisine ilişkin varyans analiz tablosu Çizelge 4.85'de, verilere ait ortalamalar ve LSD testine göre gruplandırmaları ise Çizelge 4.86'da sunulmuştur.

Marul köklerinin kaldırdığı bakır miktarı üzerine; fosfor, azot, azot x potasyum interaksiyonlarının etkisi istatistiksel olarak %1 olasılık düzeyinde önemli bulunurken, fosfor x potasyum, azot x fosfor x potasyum interaksiyonlarının etkisi istatistiksel olarak %5 düzeyinde önemli bulunmuştur.

Fosfor x azot, potasyum interaksiyonları arasındaki ilişki önemli bulunmamıştır (Çizelge 4.85).

Çizelge 4.85. Köklerin kaldırdığı bakır miktarına ait varyans analiz tablosu

	Varyasyon kaynağı	Serbestlik derecesi	Kareler toplamı	Kareler ortalaması	Hesaplanan F değeri	Tablo değeri %5	%1
Yaprak	Faktör-A	1	1765,698	1765,698	28,974**	3,920	6,850
	Faktör-B	2	625,850	312,925	5,135**	3,070	4,790
	A*B	2	84,107	42,053	0,690öd	3,070	4,790
	Faktör-C	2	48,662	24,331	0,399öd	3,070	4,790
	A*C	2	471,656	235,828	3,870*	3,070	4,790
	B*C	4	902,133	225,533	3,701**	2,450	3,480
	A*B*C	4	666,690	166,672	2,735*	2,450	3,480
	Hata	144	8775,450	60,941			
	Genel	161	13340,247	82,859			

Faktör-A: Fosfor Dozları — öd: önemli değil
Faktör-B: Azot Dozları — *: önemli p<0,05
Faktör-C: Potasyum Dozları — **: önemli p<0,01

Çizelge 4.86. N, P, K dozlarının; köklerin kaldırdığı bakır miktarına (mg) etkisi

Fosfor Dozları	Potasyum Dozları	Azot Dozları N1 (6 mM)	N2 (8 mM)	N3 (10 mM)	Ortalama
P1 (1mM)	K1 (4mM)	30,15 a A	21,88 a B	22,84 b AB	24,96 a
	K2 (6mM)	23,67 a A	24,25 a A	26,66 ab A	24,86 a
	K3 (8mM)	24,51 a B	24,13 a B	32,58 a A	27,41 a
	Ort	**26,11**	**23,75**	**27,36**	**25,74 b**
P2 (2mM)	K1 (4mM)	34,15 ab A	30,47 a A	35,46 a A	33,36 ab
	K2 (6mM)	39,61 a A	34,16 a AB	29,54 a B	34,44 a
	K3 (8mM)	30,07 b A	21,68 b B	35,94 a A	29,23 b
	Ort	**34,61**	**28,77**	**33,64**	**32,34 a**
Genel ort		**30,36 A**	**26,26 B**	**30,50 A**	

Fosfor Dozları	Potasyum Dozları	Azot Dozları N1 (6 mM)	N2 (8 mM)	N3 (10 mM)	Ortalama
K1(4 mM)	P1 (1mM)	30,15 a A	21,88 b B	22,84 b	24,96 b
	P2 (2mM)	34,15 a A	30,47 a A	35,46 a	33,36 a
	Ort	**32,15 a A**	**26,18 a A**	**29,15 a A**	**29,16**
K2(6 mM)	P1(1mM)	23,67 b A	24,25 b A	26,66 a	24,86 b
	P2(2mM)	39,61 a A	34,16 a AB	29,54 a	34,44 a
	Ort	**31,64 a A**	**29,20 a A**	**28,10 a A**	**29,65**
K3(8 mM)	P1 (1mM)	24,51 a B	24,13 a B	32,58 a	27,41 a
	P2 (2mM)	30,07 a A	21,68 a B	35,94 a	29,23 a
	Ort	**27,29 a B**	**23,41 a B**	**34,26 a A**	**28,32**
Genel ort		**30,36 A**	**26,26 B**	**30,50 A**	

$P_{LSD\ p<0,01}$	3,221	PxN_{LSD}	öd	P	Fosfor
$N_{LSD\ p<0,01}$	3,945	$PxK_{LSD\ p<0,05}$	4,221	N	Azot
K_{LSD}	öd	$NxK_{LSD\ p<0,01}$	6,834	K	Potasyum
$PxNxK_{LSD\ p<0,05}$	7,331				

Büyük harfler yatay karşılaştırmayı, küçük harfler düşey karşılaştırmayı ifade etmektedir.

Artan miktarlarda uygulanan fosfor, marul köklerinin kaldırdığı bakır miktarında artış meydana getirmiştir. Köklerin kaldırdığı bakır (25,74 mg) düşük fosfor (P1) uygulamasında, yüksek fosfor (P2) (2 mM) uygulamasına oranla (32,34 mg) daha az bulunmuştur.

Artan miktarlarda uygulanan azot, marul köklerinin kaldırdığı bakır miktarında artış meydana getirmiştir. Kökten kaldırılan en yüksek bakır (30,50 mg) N3 uygulamasından elde edilmiştir. Kökten kaldırılan en düşük bakır (26,26 mg) N2 (8 mM) uygulamasından elde edilirken, N1 (6 mM) (30,36 mg) N3 ile aynı grupta yer almıştır.

Fosfor ve potasyum interaksiyonu birlikte değerlendirildiğinde, marul köklerinin kaldırdığı en yüksek bakır (34,44 mg) P2 x K2 uygulamaları ortalamasından elde edilirken, en düşük bakır ise (24,86 mg) P1 x K2 uygulamaları ortalamasından elde edilmiştir.

Azot x potasyum interaksiyonu birlikte değerlendirildiğinde, marul köklerinin kaldırdığı bakır miktarında K1 ve K2 dozlarında azalma meydana gelirken, K3 dozunda artan azot dozlarının da etkisiyle birlikte bakır miktarında artış meydana gelmiştir. Azot dozlarında ise artan potasyum dozlarının da etkisiyle N1 ve N2 dozunda azalma, N3 dozunda ise artış meydana gelmiştir. En yüksek kaldırılan bakır (34,26 mg) N3 x K3 uygulamasından sağlanırken, en düşük kaldırılan bakır ise (23,41 mg) N2 x K3 uygulamasından elde edilmiştir.

Azot x fosfor x potasyum interaksiyonu birlikte değerlendirildiğinde, marul köklerinin kaldırdığı en yüksek bakır (39,61 mg) N1 x K2 x P2 uygulamasından, en düşük bakır ise (21,68 mg) N2 x K3 x P2 uygulamasından elde edilmiştir.

Oymak (2018), yapraktan uygulanan bazı mikro elementlerin su kültüründe yetiştirilen renkli marullar üzerine etkilerini incelemiş, marul bitkisinin Cu içeriklerinde artış meydana geldiğini tespit etmiştir. Şahin ve diğerleri (2016), artan miktarda uygulanan fosfor ile marul bitkisinin P konsantrasyonunu arttırdığını, soğan bitkisinin Cu ve Co konsantrasyonlarının azaldığını saptamıştır. Odabaş (2019), farklı humik asit uygulama

dozları ve azotlu gübrelerin marul bitkisinin toplam Cu içeriklerini genellikle düzenli bir şekilde arttırdığını belirtmiştir. Denememizden elde edilen sonuçlarda bu çalışmaları destekler nitelikte bulunmuştur.

4.6.9. Köklerin Kaldırdığı Çinko Miktarı

Artan dozlarda uygulanan azot, fosfor ve potasyumun marul bitkisi köklerinin kaldırdığı çinko miktarı üzerine etkisine ilişkin varyans analiz tablosu Çizelge 4.87'de verilere ait ortalamalar ve LSD testine göre gruplandırmaları ise Çizelge 4.88'da sunulmuştur.

Çizelge 4.87. Köklerin kaldırdığı çinko miktarına ait varyans analiz tablosu

	Varyasyon kaynağı	Serbestlik derecesi	Kareler toplamı	Kareler ortalaması	Hesaplanan F değeri	Tablo değeri %5	Tablo değeri %1
Yaprak	Faktör-A	1	0,097	0,097	43,307**	3,920	6,850
	Faktör-B	2	0,026	0,013	5,794**	3,070	4,790
	A*B	2	0,070	0,035	15,769**	3,070	4,790
	Faktör-C	2	0,054	0,027	12,180**	3,070	4,790
	A*C	2	0,054	0,027	12,105**	3,070	4,790
	B*C	4	0,093	0,023	10,406**	2,450	3,480
	A*B*C	4	0,030	0,008	3,361*	2,450	3,480
	Hata	144	0,322	0,002			
	Genel	161	0,747	0,005			

Faktör-A: Fosfor Dozları — öd: önemli değil
Faktör-B: Azot Dozları — *: önemli p<0,05
Faktör-C: Potasyum Dozları — **: önemli p<0,01

Marul köklerinin kaldırdığı çinko miktarı üzerine; fosfor, azot, fosfor x azot, potasyum, fosfor x potasyum, azot x potasyum dozlarının etkisi istatistiksel olarak %1 olasılık düzeyinde önemli bulunurken, azot x fosfor x potasyum dozlarının etkisi istatistiksel olarak %5 düzeyinde önemli bulunmuştur (Çizelge 4.87).

Artan miktarlarda uygulanan fosfor, marul köklerinin kaldırdığı çinko miktarında artış meydana getirmiştir. Köklerin kaldırdığı çinko (0,16 mg) düşük fosfor (P1) uygulamasında, yüksek fosfor (P2) (2 mM) uygulamasına oranla (0,20 mg) daha az bulunmuştur.

Artan miktarlarda uygulanan azot, marul köklerinin kaldırdığı çinko miktarında azalış meydana getirmiştir. Kökten kaldırılan en yüksek çinko (0,19 mg) N1 uygulamasından

elde edilmiştir. Kökten kaldırılan en düşük çinko (0,17 mg) N2 (8 mM) uygulamasından elde edilirken, N3 (8 mM) (0,17 mg) N2 ile aynı grupta yer almıştır.

Çizelge 4.88. N, P, K dozlarının, köklerin kaldırdığı çinko miktarına (mg) etkisi

Fosfor Dozları	Potasyum Dozları	Azot Dozları N1 (6 mM)			N2 (8 mM)			N3 (10 mM)			Ortalama	
P1 (1mM)	K1 (4mM)	0,16	a	A	0,14	a	A	0,13	b	A	0,14	a
	K2 (6mM)	0,16	a	A	0,16	a	A	0,16	b	A	0,16	a
	K3 (8mM)	0,12	b	B	0,14	a	B	0,24	a	A	0,16	a
	Ort	**0,15**	**b**	**A**	**0,15**	**b**	**A**	**0,17**	**a**	**A**	**0,16**	**b**
P2 (2mM)	K1 (4mM)	0,23	b	A	0,18	b	B	0,18	a	B	0,19	b
	K2 (6mM)	0,34	a	A	0,24	a	B	0,17	a	C	0,25	a
	K3 (8mM)	0,18	c	A	0,15	b	A	0,17	a	A	0,17	b
	Ort	**0,25**	**a**	**A**	**0,19**	**a**	**B**	**0,17**	**a**	**B**	**0,20**	**a**
Genel ort		**0,19**		**A**	**0,17**		**B**	**0,17**		**B**		

Fosfor Dozları	Potasyum Dozları	Azot Dozları N1 (6 mM)			N2 (8 mM)			N3 (10 mM)			Ortalama	
K1(4 mM)	P1 (1mM)	0,16	b		0,14	a		0,13	b		0,14	b
	P2 (2mM)	0,23	a		0,18	a		0,18	a		0,19	a
	Ort	**0,19**	**b**	**A**	**0,16**	**b**	**AB**	**0,15**	**b**	**B**	**0,17**	**b**
K2(6 mM)	P1(1mM)	0,16	b		0,16	b		0,16	a		0,16	b
	P2(2mM)	0,34	a		0,24	a		0,17	a		0,25	a
	Ort	**0,25**	**a**	**A**	**0,20**	**a**	**B**	**0,17**	**ab**	**B**	**0,21**	**a**
K3(8 mM)	P1 (1mM)	0,12	b		0,14	a		0,24	a		0,16	a
	P2 (2mM)	0,18	a		0,15	a		0,17	b		0,17	a
	Ort	**0,15**	**c**	**B**	**0,15**	**b**	**B**	**0,20**	**a**	**A**	**0,16**	**b**
Genel ort		**0,19**		**A**	**0,17**		**B**	**0,17**		**B**		

$P_{LSD\ p<0,01}$	0,020	$PxN_{LSD\ p<0,01}$	0,034	P	Fosfor
$N_{LSD\ p<0,01}$	0,024	$PxK_{LSD\ p<0,01}$	0,034	N	Azot
$K_{LSD\ p<0,01}$	0,024	$NxK_{LSD\ p<0,01}$	0,041	K	Potasyum
$PxNxK_{LSD\ p<0,05}$	0,044				

Büyük harfler yatay karşılaştırmayı, küçük harfler düşey karşılaştırmayı ifade etmektedir.

Fosfor ve azot interaksiyonu birlikte değerlendirildiğinde, fosfor uygulamasının düşük dozunda marul köklerinin kaldırdığı çinko miktarında artışa neden olmuştur. Marul köklerinin kaldırdığı en yüksek çinko (0,25 mg) P2 x N1 uygulamasından, kaldırılan en düşük çinko ise (0,15 mg) P1 x N2 uygulamasından elde edilmiştir. Yüksek fosfor uygulamasında ise çinko miktarında azalışa neden olmuştur. Azot dozlarında ise fosforun artmasıyla birlikte çinko miktarında artış meydana getirmiştir.

Artan miktarlarda uygulanan potasyum, marul köklerinin kaldırdığı çinko miktarında önce artış sonra azalış meydana getirmiştir. Köklerin kaldırdığı en yüksek çinko (0,21

mg) K2 (6 mM) uygulamasından elde edilirken, en düşük çinko (0,16 mg) ise K3 (8 mM) dozundan elde edilmiştir. K1 (4 mM) (0,17 mg) K3 ile aynı grupta yer almıştır.

Fosfor ve potasyum interaksiyonu birlikte değerlendirildiğinde, marul köklerinin kaldırdığı en yüksek çinko (0,25 mg) P2 x K2 uygulamaları ortalamasından elde edilirken, en düşük çinko ise (0,14 mg) P1 x K1 uygulamaları ortalamasından elde edilmiştir.

Azot x potasyum interaksiyonu birlikte değerlendirildiğinde, marul köklerinin kaldırdığı çinko miktarında K1 ve K2 dozlarında azalma meydana gelirken, K3 dozlarında artan azot dozlarının da etkisiyle birlikte çinko içeriğinde artış meydana gelmiştir. Azot dozlarında ise artan potasyum dozlarının da etkisiyle N1 ve N2 dozun da azalma, N3 dozunda ise artış meydana gelmiştir. En yüksek kaldırılan çinko (0,25 mg) N1 x K2 uygulamasından sağlanırken, en düşük kaldırılan çinko ise (0,15 mg) N2 x K3 uygulamasından elde edilmiştir.

Azot x fosfor x potasyum interaksiyonu birlikte değerlendirildiğinde, marul köklerinin kaldırdığı en yüksek çinko (0,34 mg) N1 x K2 x P2 uygulamasından, en düşük çinko ise (0,12mmg) N1 x K3 x P1 uygulamasından elde edilmiştir.

Oymak (2018), yapmış olduğu çalışmada marul bitkisinin toplam P, Cu, Zn ve Mn içeriklerinde artış meydana geldiğini tespit etmiştir. Odabaş (2019) yapmış olduğu çalışmada marul bitkisinin toplam N, Ca, Cu, Zn ve Mn içeriklerinin artan humik asit dozu ile birlikte genellikle düzenli bir şekilde arttırdığını; Mg içeriğinin ise genellikle düzenli bir şekilde azaldığını belirtmiştir. Denememizden elde edilen sonuçlarda bu çalışmaları destekler nitelikte bulunmuştur.

4.6.10. Köklerin Kaldırdığı Mangan Miktarı

Artan dozlarda uygulanan azot, fosfor ve potasyumun marul bitkisi köklerinin kaldırdığı mangan miktarı üzerine etkisine ilişkin varyans analiz tablosu Çizelge 4.89'de, verilere ait ortalamalar ve LSD testine göre gruplandırmaları ise Çizelge 4.90'de sunulmuştur.

Çizelge 4.89. Köklerin kaldırdığı mangan miktarına ait varyans analiz tablosu

	Varyasyon kaynağı	Serbestlik derecesi	Kareler toplamı	Kareler ortalaması	Hesaplanan F değeri	Tablo değeri %5	Tablo değeri %1
	Faktör-A	1	4,885	4,885	206,736**	3,920	6,850
	Faktör-B	2	4,096	2,048	86,682**	3,070	4,790
	A*B	2	0,339	0,170	7,175**	3,070	4,790
	Faktör-C	2	3,222	1,611	68,177**	3,070	4,790
Yaprak	A*C	2	0,045	0,023	0,958öd	3,070	4,790
	B*C	4	1,809	0,452	19,145**	2,450	3,480
	A*B*C	4	3,426	0,856	36,247**	2,450	3,480
	Hata	144	3,402	0,024			
	Genel	161	21,224	0,132			

Faktör-A: Fosfor Dozları — öd: önemli değil
Faktör-B: Azot Dozları — *: önemli p<0,05
Faktör-C: Potasyum Dozları — **: önemli p<0,01

Çizelge 4.90. N, P, K dozlarının, köklerin kaldırdığı mangan miktarına (mg) etkisi

Fosfor Dozları	Potasyum Dozları	Azot Dozları N1 (6 mM)		N2 (8 mM)		N3 (10 mM)		Ortalama	
P1 (1mM)	K1 (4mM)	1,03	a A	0,13	b B	0,10	b B	0,42	
	K2 (6mM)	0,59	c B	0,83	a A	0,10	b C	0,51	
	K3 (8mM)	0,83	b A	0,74	a A	0,78	a A	0,78	
	Ort	**0,81**	**a A**	**0,57**	**a B**	**0,33**	**a C**	**0,57**	**a**
P2 (2mM)	K1 (4mM)	0,18	b A	0,09	a A	0,08	a A	0,12	
	K2 (6mM)	0,22	b A	0,16	a A	0,08	a A	0,15	
	K3 (8mM)	0,78	a A	0,25	a B	0,17	a B	0,40	
	Ort	**0,40**	**b A**	**0,16**	**b B**	**0,11**	**b B**	**0,22**	**b**
Genel ort		**0,60**	**A**	**0,37**	**B**	**0,22**	**C**		

Potasyum Dozları	Fosfor Dozları	Azot Dozları N1 (6 mM)		N2 (8 mM)		N3 (10 mM)		Ortalama	
K1(4 mM)	P1 (1mM)	1,03	a	0,13	a	0,10	a	0,42	
	P2 (2mM)	0,18	b	0,09	a	0,08	a	0,12	
	Ort	**0,60**	**b A**	**0,11**	**b B**	**0,09**	**b B**	**0,27**	**b**
K2(6 mM)	P1(1mM)	0,59	a	0,83	a	0,10	a	0,51	
	P2(2mM)	0,22	b	0,16	b	0,08	a	0,15	
	Ort	**0,41**	**c A**	**0,49**	**a A**	**0,09**	**b B**	**0,33**	**b**
K3(8 mM)	P1 (1mM)	0,83	a	0,74	a	0,78	a	0,78	
	P2 (2mM)	0,78	a	0,25	b	0,17	b	0,40	
	Ort	**0,81**	**a A**	**0,49**	**a B**	**0,48**	**a B**	**0,59**	**a**
Genel ort		**0,60**	**A**	**0,37**	**B**	**0,22**	**C**		

$P_{LSD\ p<0,01}$	0,063	$PxN_{LSD\ p<0,01}$	0,110	P	Fosfor
$N_{LSD\ p<0,01}$	0,078	PxK_{LSD}	öd	N	Azot
$K_{LSD\ p<0,01}$	0,078	$NxK_{LSD\ p<0,01}$	0,135	K	Potasyum
$PxNxK_{LSD\ p<0,05}$	0,190				

Büyük harfler yatay karşılaştırmayı, küçük harfler düşey karşılaştırmayı ifade etmektedir.

Marul köklerinin kaldırdığı mangan miktarı üzerine; fosfor, azot, fosfor x azot, potasyum, azot x potasyum, azot x fosfor x potasyum dozlarının etkisi istatistiksel olarak %1 olasılık

düzeyinde önemli bulunmuştur. Fosfor x potasyum interaksiyonları arasındaki ilişki önemli bulunmamıştır (Çizelge 4.89).

Artan miktarlarda uygulanan fosfor, marul köklerinin kaldırdığı mangan miktarında azalış meydana getirmiştir. Köklerin kaldırdığı mangan (0,57 mg) düşük fosfor (P1) uygulamasında, yüksek fosfor (P2) (2 mM) uygulamasına oranla (0,22 mg) daha fazla bulunmuştur.

Artan miktarlarda uygulanan azot, marul köklerinin kaldırdığı mangan miktarında azalış meydana getirmiştir. Kökten kaldırılan en yüksek mangan (0,60 mg) N1 uygulamasından elde edilmiştir. Kökten kaldırılan en düşük mangan (0,22 mg) N3 (10 mM) uygulamasından elde edilirken, N2 (8 mM) (0,37 mg) bu iki değer arasında yer almıştır.

Fosfor ve azot interaksiyonu birlikte değerlendirildiğinde, fosfor uygulamasının her iki dozunda da marul köklerinin kaldırdığı mangan miktarında azalışa neden olmuştur. Marul köklerinin kaldırdığı en yüksek mangan i (0,81 mg) P1 x N1 uygulamasından, kaldırılan en düşük mangan ise (0,11 mg) P2 x N3 uygulamasından elde edilmiştir. Azot dozlarında ise fosforun artmasıyla birlikte mangan miktarında azalışa neden olmuştur.

Artan miktarlarda uygulanan potasyum, marul köklerinin kaldırdığı mangan miktarında artış meydana getirmiştir. Köklerin kaldırdığı en yüksek mangan (0,59 mg) K3 (8 mM) uygulamasından elde edilirken, en düşük mangan (0,27 mg) ise K1 (4 mM) uygulamasından elde edilmiştir. K2 (6 mM) (0,33 mg tkm^{-1}) K1 ile aynı grupta yer almıştır.

Azot x potasyum interaksiyonu birlikte değerlendirildiğinde, marul köklerinin kaldırdığı mangan miktarında K1, K2 ve K3 dozlarında artan azot dozlarının da etkisiyle birlikte mangan miktarında azalma meydana gelmiştir. Azot dozlarında ise artan potasyum dozlarının da etkisiyle N1, N2 ve N3 dozunda ise artış meydana gelmiştir. En yüksek kaldırılan mangan (0,81 mg) N1 x K3 uygulamasından sağlanırken, en düşük kaldırılan mangan ise (0,09 mg) N3 x K1 uygulamasından elde edilmiştir.

Azot x fosfor x potasyum interaksiyonu birlikte değerlendirildiğinde, marul köklerinin kaldırdığı en yüksek mangan (0,83 mg) N1 x K3 x P1 uygulamasından, en düşük mangan ise (0,08 mg) N3 x K2 x P2 uygulamasından elde edilmiştir.

Oymak (2018), yapmış olduğu çalışma sonucunda marul bitkisinin toplam P, Cu, Zn ve Mn içeriklerinde artış meydana geldiğini tespit etmiştir. Şahin ve diğerleri (2016), yaptığı çalışmada artan miktarda uygulanan fosfor ile marul bitkisinin Fe, Zn ve Mn konsantrasyonlarının azaldığı belirtmiştir. Denememizden elde edilen sonuçlarda bu çalışmaları destekler nitelikte bulunmuştur.

4.6.11. Köklerin Kaldırdığı Bor Miktarı

Artan dozlarda uygulanan azot, fosfor ve potasyumun marul bitkisi köklerinin kaldırdığı bor miktarı üzerine etkisine ilişkin varyans analiz tablosu Çizelge 4.91'de, verilere ait ortalamalar ve LSD testine göre gruplandırmaları ise Çizelge 4.92'de sunulmuştur.

Çizelge 4.91. Köklerin kaldırdığı bor miktarı varyans analiz tablosu

	Varyasyon kaynağı	Serbestlik derecesi	Kareler toplamı	Kareler ortalaması	Hesaplanan F değeri	Tablo değeri %5	Tablo değeri %1
	Faktör-A	1	643,926	643,926	38,991**	3,920	6,850
	Faktör-B	2	20,895	10,447	0,633öd	3,070	4,790
	A*B	2	190,025	95,013	5,753**	3,070	4,790
	Faktör-C	2	1121,536	560,768	33,955**	3,070	4,790
Yaprak	A*C	2	121,839	60,920	3,689*	3,070	4,790
	B*C	4	178,451	44,613	2,701*	2,450	3,480
	A*B*C	4	883,575	220,894	13,375**	2,450	3,480
	Hata	144	2378,153	16,515			
	Genel	161	5538,401	34,400			

Faktör-A: Fosfor Dozları — öd: önemli değil
Faktör-B: Azot Dozları — *: önemli p<0,05
Faktör-C: Potasyum Dozları — **: önemli p<0,01

Marul köklerinin kaldırdığı bor miktarı üzerine; fosfor, fosfor x azot, potasyum, azot x fosfor x potasyum, dozlarının etkisi istatistiksel olarak %1 olasılık düzeyinde önemli bulunurken, fosfor x potasyum, azot x potasyum dozlarının etkisi istatistiksel olarak %5 düzeyinde önemli bulunmuştur. Azot interaksiyonlarının arasındaki ilişki önemli bulunmamıştır (Çizelge 4.91).

Artan miktarlarda uygulanan fosfor, marul köklerinin kaldırdığı bor miktarında artış meydana getirmiştir. Köklerin kaldırdığı bor (15,57 mg) düşük fosfor (P1) uygulamasında, yüksek fosfor (P2) (2 mM) uygulamasına oranla (19,56 mg) daha az bulunmuştur.

Fosfor ve azot interaksiyonu birlikte değerlendirildiğinde, fosfor uygulamasının düşük dozunda marul köklerinin kaldırdığı bor miktarında azalışa neden olmuştur. Marul köklerinin kaldırdığı en yüksek bor (21,03 mg) P2 x N3 uygulamasından, kaldırılan en düşük bor ise (14,26 mg) P1 x N3 uygulamasından elde edilmiştir. Azot dozlarında ise fosforun artmasıyla birlikte bor miktarında artışa neden olmuştur.

Çizelge 4.92. N, P, K dozlarının, köklerin kaldırdığı bor miktarına (mg) etkisi

Fosfor Dozları	Potasyum Dozları	Azot Dozları N1 (6 mM)			N2 (8 mM)			N3 (10 mM)			Ortalama	
P1 (1mM)	K1 (4mM)	17,63	a	A	12,57	b	B	7,56	b	B	12,59	c
	K2 (6mM)	15,55	a	B	21,71	a	A	18,87	a	AB	18,71	a
	K3 (8mM)	15,13	a	A	14,76	b	A	16,35	a	A	15,41	b
	Ort	**16,10**	**b**	**A**	**16,35**	**a**	**A**	**14,26**	**b**	**A**	**15,57**	**b**
P2 (2mM)	K1 (4mM)	11,60	b	B	16,04	a	AB	18,26	b	A	15,30	b
	K2 (6mM)	25,56	a	A	19,16	a	B	19,85	b	B	21,52	a
	K3 (8mM)	22,29	a	AB	18,29	a	B	24,98	a	A	21,85	a
	Ort	**19,82**	**a**	**AB**	**17,83**	**a**	**B**	**21,03**	**a**	**A**	**19,56**	**a**
Genel ort		**17,96**			**17,09**			**17,64**				

Potasyum Dozları	Fosfor Dozları	Azot Dozları N1 (6 mM)			N2 (8 mM)			N3 (10 mM)			Ortalama	
K1(4 mM)	P1 (1mM)	17,63	a		12,57	a		7,56	b		12,59	b
	P2 (2mM)	11,60	b		16,04	a		18,26	a		15,30	a
	Ort	**14,62**	**b**	**A**	**14,31**	**b**	**A**	**12,91**	**b**	**A**	**13,94**	**b**
K2(6 mM)	P1(1mM)	15,55	b		21,71	a		18,87	a		18,71	b
	P2(2mM)	25,56	a		19,16	a		19,85	a		21,52	a
	Ort	**20,56**	**a**	**A**	**20,44**	**a**	**A**	**19,36**	**a**	**A**	**20,12**	**a**
K3(8 mM)	P1 (1mM)	15,13	b		14,76	a		16,35	b		15,41	b
	P2 (2mM)	22,29	a		18,29	a		24,98	a		21,85	a
	Ort	**18,71**	**a**	**AB**	**16,53**	**b**	**B**	**20,66**	**a**	**A**	**18,63**	**a**
Genel ort		**17,96**			**17,09**			**17,64**				

$P_{LSD\ p<0,01}$	1,677	$PxN_{LSD\ p<0,01}$	2,905	P	Fosfor
N_{LSD}	öd	$PxK_{LSD\ p<0,05}$	2,197	N	Azot
$K_{LSD\ p<0,01}$	2,054	$NxK_{LSD\ p<0,05}$	2,691	K	Potasyum
$PxNxK_{LSD\ p<0,05}$	5,031				

Büyük harfler yatay karşılaştırmayı, küçük harfler düşey karşılaştırmayı ifade etmektedir.

Artan miktarlarda uygulanan potasyum, marul köklerinin kaldırdığı bor miktarında artış meydana getirmiştir. Köklerin kaldırdığı en yüksek bor (20,12 mg) K2 (6 mM) uygulamasından elde edilirken, en düşük bor (13,94 mg) ise K1 (4 mM) dozundan elde edilmiştir. K3 (8 mM) (18,63 mg) K2 ile aynı grupta yer almıştır.

Fosfor ve potasyum interaksiyonu birlikte değerlendirildiğinde, marul köklerinin kaldırdığı en yüksek bor (21,85 mg) fosfor ve potasyumun en yüksek dozunun yer aldığı P2 x K3 uygulamaları ortalamasından elde edilirken, en düşük bor ise (12,59 mg) P1 x K1 uygulamaları ortalamasından elde edilmiştir.

Azot x potasyum interaksiyonu birlikte değerlendirildiğinde, marul köklerinin kaldırdığı bor miktarında K1 ve K2 dozlarında azalma meydana gelirken, K3 dozunda artan azot dozlarının da etkisiyle birlikte bor miktarında artış meydana gelmiştir. Azot dozlarında ise artan potasyum dozlarının da etkisiyle N1, N2 ve N3 dozunda ise artış meydana gelmiştir. En yüksek kaldırılan bor (20,66 mg) N3 x K3 uygulamasından sağlanırken, en düşük kaldırılan bor ise (12,91 mg) N3 x K1 uygulamasından elde edilmiştir.

Azot x fosfor x potasyum interaksiyonu birlikte değerlendirildiğinde, marul köklerinin kaldırdığı en yüksek bor (25,56 mg) N1 x K2 x P2 uygulamasından, en düşük bor ise (7,56 mg) N3 x K1 x P1 uygulamasından elde edilmiştir.

5. SONUÇ

Büyüme için mutlak gerekli olarak bilinen besin elementleri bitki metabolizmasında önemli rol oynar. Bu besinler arasındaki denge, bitkilerin verimini ve kalitesini olumlu yönde etkiler. Bunlardan birinin fazla veya az olması, bitki metabolizmasında verim ve kalitenin azalması ile sonuçlanan bazı bozukluklara neden olur. NFT sistemde bu denge çok önemlidir; çünkü toprakta olduğu gibi burada tamponlama kapasitesi söz konusu olmadığı için bitkilerin gelişimine ve besinlerin alınımına direkt olarak etki etmektedir. Besin elementlerinin noksanlığı durumunda bitkinin gelişmesi sınırlanır ve bu noksan olan element bitkiye sağlanmadığı sürece gelişim normal olarak seyretmez. Besin elementlerinin fazla olması durumunda ise bitki bunları bünyesine alır ve biriktirir. Özellikle ortamda fazla miktarda bulunan K bitki açısından olumsuz bir etki meydana getirmez. Potasyum ihtiyaç duyulmasa bile bitkiler tarafından alınır ve depolanır bu duruma Lüks tüketim denir. Buna bağlı olarak diğer element alımlarını azaltır ve özellikle Mg alımını olumsuz yönde etkiler. Sonuç itibariyle bitkilerin besin elementi alımı, gelişimi, kalitesi ve üreticiler için ekonomik olması amacıyla bitkilerin ekonomik uygun doza ihtiyaçları vardır. Kritik (ekonomik) doz her bitkinin ihtiyacına göre farklılık gösterir.

Hidroponik sistemde marul bitkisinin ihtiyacı olan N, P, K dozunu belirlemek amacıyla gerçekleştirdiğim bu çalışmada hidroponik ortama artan miktarlarda uygulanan N, P, K besin elementleri, marul bitkisinin yaprak ve kök kuru madde verimini ve makro ve mikro besin elementlerinin kaldırılan miktarlarını olumlu yönde etkilemiştir. Düşük NPK dozunda bitki gelişiminde herhangi bir sorun meydana gelmemiş olup dozların arttırılması halinde gelişimde artış gözlemlenmiştir. Ancak en yüksek NPK (10 N, 2 P, 8 K) dozunun marul bitkisinin gelişimi ve kalitesi üzerine etkisinin olumsuz olduğunu, yaprakların ve köklerin bitki kuru ağırlık miktarlarını da olumsuz etkilediği görülmüştür. Bu etkileriyle beraber yapraklardaki ve köklerdeki besin elementlerinin alımını da azaltmıştır. Mikro besin elementleri arasındaki ilişki nedeniyle, köklerde yüksek miktarda bulunan Fe ve Cu'ın antogonistik etkiden dolayı Mn ve Zn'nun alımının azalmasına neden olmuştur.

Yapılan çalışmada bitkilerin N, P, K beslenmesinde (NPK,10-2-4) dozuna kadar bitki gelişimi ve besin elementi alımında artış görülmesine rağmen, NPK'nın aşırı olduğu dozlarda ise diğer besin elementlerinin alımında azalmaya yol açması nedeniyle bitkilerin NPK ile beslenmesinde bir limit doz bulunması gerektiği sonucuna varılmıştır. Yapılan çalışmaya göre NPK 6-2-6 mM dozunun marul bitkisi için en uygun doz olduğu sonucuna varılmıştır.

KAYNAKLAR

Abak, K., Düzyaman, E., Şeniz, V., Gülen, H., Pekşen, A. ve Kaymak, H. Ç., 2010. Sebze Üretimini Geliştirme Yöntem ve Hedefleri, Türkiye Ziraat Mühendisliği VII. Teknik Kongresi, 11-15 Ocak 2010, 477-492 s., Ankara.

Akbay, C., Candemir, S. ve Orhan, E., 2005. Türkiye'de Yaş Meyve ve Sebze Ürünleri Üretim ve Pazarlaması. *KSÜ Fen ve Mühendislik Dergisi*, 8(2), 96-107.

Akbay, F., 2012. Farklı Azot Dozlarında Yetiştirilen Marulda (*Lactuca sativa* L.) Paenibacillus polymyxa Uygulamalarının Verim, Bitki Gelişimi ve Besin Elementi İçeriğine Etkisi. Yüksek Lisans Tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Atatürk Üniversitesi, Bahçe Bitkileri Ana Bilim Dalı, Erzurum, s. 74.

Aktaş, M., Van Egmond, F., 1979. Effect of nitrate nutrion and iron utilization by an Fe-efficient and Fe-ineffiecient soybean cultivar. *Plant and soil.* 51:257-274.

Ansari, A.O., Bowling, D. J. F., 1972. Measurement of the transroot electrical potential of plant grwn in soil. *New Phytol.* 71:111-117.

Aybak, H. Ç., 2002. Salata/Marul Yetiştiriciliği. Hasad Yayıncılık Ltd. Şti., 96 s, İstanbul.

Awaad, M.S., Badr, R.A. Badr, M.A., & Abd-elrahman, A.H., 2016. Effects of different nitrogen and potassium sources on lettuce yield in a sandy soil. *Eurasian J. of Soil Science*, 5(4),299-306.

Bartlate, R.J., Picarelli, C.J., 1973. Availability of boron and phosphorus as affected by liming on acid potato soil. *Sol Sci.* 116:77-83.

Başar, H., 1995. Seralarda Damla Gübreleme, Hasad 123:20-24 s.

Başar, H., 2000. Bazı Topraksız Yetiştiricilik Yöntemlerinin Karşılaştırılması, Anadolu, J. of AARI 10 (2), 169-182 s., MARA.

Bennett, O.L., Mathias, E.L., 1973. Grow and chemical composition of crownvecth as affectedd by lime, boron, soil source and temperature regime. *Agron.J.* 65:587-593.

Bremner, J.M., 1965. Total Nitrogen. Methods of Soil Analysis, Part 2. ed. C.A. Black, American Soc. Ag. Inc. Pub. Agronomy Series, No.9, Madison, Wisconsin, USA. pp: 1149-1178.

Boroujerdnia, M., Ansari, N.A., & Dehcordie, F.S., 2007. Effect of cultivars, harvesting time and level of nitrogen fertilizer on nitrate and nitrite content, yield in Romaine lettuce. *Asian J.of Plant Sciences*, 6(3), 550-553.

Bozkurt, M. A., Turkmen, O., Yıldız, M., & Cimrin, K. M., 2004. The ınfluence of humic acid application in high nitrogen levels on the yield, nitrate ve nutrient contents in lettuce. Int. Soil Congress, 7–10 June 2004 Erzurum- Turkey.

Brito, L.M., Monteiro, J.M., Mourao, I. & Coutinho, J., 2014. Organic lettuce growth and nutrient uptake response to lime, compost and rock phosphate. *Journal of Plant Nutrition,* 37(7), 1002-1011.

Cebeci, Z., Gökçe, M.A., Ünal, M.Ü., 2012. Avrupa'da Organik Tarım ve Tarımsal Ekoloji Eğitiminde Çok Dilli Bir Web Portalı Çözümü. Akademik Bilişim'12 –XIV, Akademik Bilişim Konferansı Bildirileri, Uşak Üniversitesi, 233-239.

Chen, Y., Barak, P., 1982. *Iron nutrition of plants in calcareous soils*.Adv. Argon. 35:217-240.

Cimrin, K.M., & Yılmaz, I., 2005. Humic acid applications to lettuce do not improve yield but do improve phosphorus availability. Acta agriculturae Scandinavica Section B-Soil and Plant, 55, 58-63.

Çalışkan, S., Yetişir, H., Karanlık, S., 2014. Combined use of green manure and farmyard manure allows better nutrition of organic lettuce. Not. *Bot. Horti. Agrobo,* 42(1), 248-254.

Çamoğlu, G., Demirel, K., 2015. Marulda Farklı Tuz ve Potasyum Uygulamalarının Verim ve Bazı Fizyo–Morfolojik Özelliklere Etkileri. *ÇOMÜ Ziraat Fakültesi Dergisi*. (*COMU J. Agric. Fac*.). 2015: 3 (1): 89–97.

Çakmakçı, R., 2005. Bitki gelişimini teşvik eden rizobakterilerin tarımda kullanımı. *Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi* 36(1): 97-107.

Çelik, H., Turan, M. A., Aşık, B. B., & Katkat, A. V. 2017. Evaluation of analytical methods for boron determination in maize shoots. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, *48*(21), 2573-2581.

Çelikel, G., 1994. Organik ve İnorganik Kökenli Bazı Ortamların Serada Topraksız Yetiştiricilikte Kullanılabilirliği ile Domates, Biber, Patlıcanda Bitki Gelişmesi Verim, Erkencilik ve Kalite Üzerine Etkileri, Doktora Tezi, Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Bahçe Bitkileri Anabilim Dalı, Adana.

Daşgan, H. Y. ve Abak, K., 1999. Topraksız Kültür Kavun Yetiştiriciliğinde Azot ve Potasyum Düzeyleri ile Farklı Substratların Verim ve Meyve Özellikleri Üzerine Etkileri, Türkiye III. Ulusal Bahçe Bitkileri Bildirileri, 310-314 s., Ankara.

Demir, M., 2009. Marulda Botrytis Cinerea'ya Karşı In Vitro Koşullarda Biyolojik Savaşım Olanakları Üzerine Bir Araştırma. Yüksek Lisans Tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Namık Kemal Üniversitesi, Bitki Koruma Ana Bilim Dalı, Tekirdağ, 32 s.

Demirtaş, E. I., Öktüren, A. F., Özkan, C. F., Arı, N., 2012. Organik ve Kimyasal Gübre Uygulamalarının Örtü Altı Domates Yetiştiriciliğinde Toprak Verimliliği ve Bitkinin Beslenmesine Etkileri. *Batı Akdeniz Tarımsal Araştırma Enstitüsü Derim Dergisi,* 29 (1), 9-22.

Eşiyok, D., 2012. Kışlık ve Yazlık Sebze Yetiştiriciliği. Ege Üniversitesi, Ziraat Fakültesi Yayınları, 404 s, Bornova-İzmir.

FAO., 2017. http://www.fao.org/faostat/ (28.12.2017)

Gartell, J. W., 1981. Distribution and correction of copper deficiency in crops and pastures. P. 313-350. In: Copper in Soils and Plants. (J.F. Loneragan, ed.) Academic Press, Sydney, Australia.

Gün, A., 2019. Marulda (Lactuca sativa L. var. crispa) Organik Gübrelerin Verim ve Kaliteye Etkisi. Ordu Üniversitesi. Fen Bilimleri Enstitüsü, Bahçe Bitkileri Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi. s.78, Ordu.

Günay, A., 1993. Özel Sebze Yetiştiriciliği, Serler. Cilt II., 92 s, Ankara.

Günay, A., 2005. Sebze Yetiştiriciliği, Özel Sebze Yetiştiriciliği. Cilt 2., 531 s, İzmir.

Gül, A., 2008. Topraksız Tarım, Hasad Yayıncılık.

Gül, A., 2012. Topraksız Tarım, Hasad Yayıncılık, ISBN: 978-975-8377-83-1.

Güner Ö., B., 1998. NFT Sistemde Yetiştirilen Biber Bitkisinin Azot, Fosfor, Potasyum, Kalsiyum ve Magnezyum Kritik Konsantrasyonlarının Belirlenmesi. Y. Lisans Tezi, Ankara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Toprak Anabilim Dalı, Ankara.

Güneri, M., Akat, H., Yağmur, B., Yokaş, İ., 2016. Farklı Fosfor ve Potasyum Düzeylerinin Kamkat (Fortunella margarita (Lour.) Swing)'ın Büyüme ve Gelişimine Etkileri. Gaziosmanpaşa Üniversitesi, *Ziraat Fakültesi Dergisi*, 33 (1), 64-74.

Gürgülü, H., 2015. Topraksız Tarımda Farklı Tuzluluk ve Yıkama Oranları Uygulanarak Yetiştirilen Biberde (*Capsicum Annuum* L.) Su Tüketimi, Verim ve Bazı Meyve Kalite Parametrelerinin Belirlenmesi. Doktora Tezi, Ege Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Tarımsal Yapılar ve Sulama Anabilim Dalı, Bornova-İzmir.

Güvenç, İ. ve Alan, R., 1994. Türkiye ile Avrupa Ülkeleri Sebzeciliğinin Temel Üretim Özellikleri Bakımından Karşılaştırılması, Atatürk Üniversitesi, *Ziraat Fakültesi Dergisi,* 25 (4):627-633 s.

Güvenç, İ., 2018. Türkiye ve Avrupa Birliği Ülkelerinin Sebze Üretimi ve Kendine Yeterlilik Bakımından Karşılaştırılması. Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Ziraat Fakültesi, Bahçe Bitkileri Bölümü, *Yüzüncü Yıl Üniversitesi Tarım Bilimleri Dergisi,* 28(4): 530-535.

Hanlon, E.A., 1998. Elemental Determination by Atomic Absorption Spectrophotometry, ed. Karla, Y.P., Handbook of Reference Methods for Plant Analysis, CRC Pres, Washington, D.C., p.157.

Hill, J., Robson, A.D., Loneragan, J.F., 1978. The effects of copper and nitrogen supply on the retranslocation of copper in four cultivars of weat. Aust. J. Agric. Res. 29:925-936.

Horneck, D.A., Hanson, D., 1998. Determination of Potassium and Sodium by Flame Emission Spectrophotometry, ed. Karla, Y.P., *Handbook of Reference Methods for Plant Analysis*, CRC Pres, Washington, D.C., p. 157-164.

Jones, J. B., B.Wolf and H. A. Mills, 1991. I. Methods of Plant Analysis and Interpretation. *Plant Analysis Handbook*, p. 1-213. Micro-Macro Publishing Inc. USA.

Kacar, B., Katkat, V. A., 2015. Bitki Besleme Kitabı. Nobel Yayın No: 1219, Ankara s.659.

Karaman, M. R., 2012. Bitki Besleme. Gaziosmanpaşa Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü, Tokat, 1066 s.

Karipçin, Z.M., Rastgeldi U., Pakyürek A.Y., 2012. Harran Ovası Koşullarında Alçak Tünellerde Marul ve Başsalata Yetiştiriciliği, Sıra Aralığı, Ekim Zamanı, Çeşit Belirlenmesi, Azot Dozu ve Su Düzeylerinin Araştırılması. 9. Ulusal Sebze Tarımı Sempozyumu, 12-14 Eylül 2012, Konya.

Kaya, Y., Zengin, M., G. Yılmaz, F., Gezgin, S., 2018. Gibberellik Asit ve Çinko Uygulamalarının Marulun Verim ve Verim Unsurlarına Etkileri. Selçuk Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü. Selcuk J Agr. Food Sci., 32 (3), 373-380.

Kavak, S., Bozokalfa, M.K., Uğur, A., Yağmur, B., Eşiyok, D., 2003. Farklı Azot Kaynaklarının Baş Salatada (*Lactuca Sativa* Var. *Capitata*) Verim, Kalite ve Mineral Madde Miktarı Üzerine Etkisi. Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi. 40(3): 33-40.

Kazaz, S., 2011. Topraksız Tarım. http://www.sonerkazaz.com/gulyetistiriciligi/.

Kesimci, E., 2013. Sera Koşullarında Bitki Büyümesini Artırıcı Rizobakterlerin Marulda Verim, Verim Unsurları ve Besin Elementi İçeriklerine Etkileri. Yüksek Lisans Tezi, Selçuk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Bahçe Bitkileri Ana Bilim Dalı, Konya, s. 55.

Kırımhan, S., 2005. Organik Tarım Sistemleri ve Çevre. Turhan Kitapevi Ofset Matbaacılık Tesisleri, 352 s, Ankara.

Korkmaz, K., 2005. Kireçli Toprakların Fosfor Durumlarının Belirlenmesi ve Fosfor Uygulamasının Mısır Verimine Etkisi. Doktara Tezi. Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Toprak Anabilim Dalı, Adana.

Koudela, M., Petrikova, K., 2008. Nutrients content and yield in selected cultivars of leaf lettuce (*Lactuca sativa* L. var. *crispa*). Scientia Horrticulturae (Prague), 35(3): 99-106.

Liu, CW., Sung, Y., Chen, BC., Lai, & HY., 2014. Effects on nitrogen fertilizers on the growth and nitrate content of lettuce (Lactuca sativa L.). *International J.of Environmental Research and Publich Health*, 11, 4427-4440.

Lynch, J., 1995. Root architecture and plant productivity. Plant Physiol. 109: 7-13.

Maas, E. V., Moore, D. P., Mason, B. J., 1969. Influence of calcium and magnesium on manganese absorption. Plant Physiol. 44: 796-800.

Mahlangu, R. I. S., Maboko, M. M., Sivakumar, D., Soundy, P., Jifon, J., 2016. Lettuce (*Lactuca Sativa* L.) Growth, Yield And Quality Response To Nitrogen Fertilization İn A Non-Circulating Hydroponic System. Journal of Plant Nutrition, 39(12): 1766-1775.

Marschner, H., 2008. Mineral Nutrition of Higher Plants. Digital Print. Academic Press., pp. 889.

Mengel, K., Kirkby, E. A., 2001. Principles of Planr Nutrition. 5th Edition. Kluwer Academic Publishers. ISBN: 1-4020-0008-1, Dordrecht, The Netherlands.

Midmore, D.J., 1993. Agronomic Modification of Resource Use and Intercrop Productivity. Field Crops Research, 34, 357-380.

Mordoğan, N., Ceylan, Ş., Çakıcı, H., Yoldaş, F., 2001. Azotlu Gübrelemenin Marul Bitkisindeki Azot Birikimine Etkisi. *Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 38(1): 85-92.

Neilsen, G. H., Hogue, E. J., 1986. Some factors affecting leaf zinc concentration of apple deedling grown in nutrient solution. Hort. Science 21:434-436.

Nicolle, C., Cardinault, N., Gueux, E., Jaffrelo, L., Rock, E., Mazur, A., 2004. Health Effect Of Vegetable-Based Diet: Lettuce Consumption İmproves Cholesterol Metabolism And Antioxidant Status İn The Rat. *Clinical Nutrition*, 23, 605–614.

Önal, M.K, Topcuoğlu, B., 2011. Toprağa uygulanan leonardit'in marul (*Lactuca sativa)* bitkisinde kuru madde ve mineral içerikleri üzerine etkisi. VI. Türkiye Ulusal Bahçe Bitkileri Kongresi, 4-8 Ekim 2011, Şanlıurfa.

Öktüren Asri, F. ve Sönmez, S., 2009. Antalya Yöresinde Topraksız KültürSisteminde Yetiştirilen Domates Bitkilerinin Beslenme Durumunun ve SulamaSuyu Kalite Kriterlerinin Belirlenmesi, *Akdeniz Üniversitesi Zir. Fak. Dergisi*, 22 (2), 191-200 s.

Örük, G., Engindeniz, S., 2019. Muğla İlinde Örtüaltı Domates Üretiminin Ekonomik Analizi Üzerine Bir Araştırma. *Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Derg*isi, 56 (3):345-358.

Okudur, E., Ercan, N., 2016. Farklı Gübre Uygulamalarının Durgun Su Kültüründe Yetiştirilen Marullarda Verim ve Kaliteye Etkileri. *Nevşehir Bilim ve Teknoloji Dergisi TARGİD,* Özel Sayı: 69-78.

Oymak, E., 2018. Yapraktan Uygulanan Bazı Mikro Elementlerin Su Kültüründe Yetiştirilen Renkli Marullarda Yaprak Renklenmesi ve Verimlilik Üzerine Etkileri. Y. Lisans Tezi, Akdeniz Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Bahçe Bitkileri Anabilim Dalı, Antalya.

Özdemir, Ö. 2019. Marulda (Lactuca Sativa L. Var. Crispa) Humik Asit ve Bor Uygulamalarının Verim ve Kaliteye Etkisi. Yüksek Lisans Tezi, Ordu Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Anabilim Dalı, Ordu.

Parente, A., Gonnella, M., Santamaria, P., Abbate,P.L., Conversa, G., Elia, A., 2006. Nitrogen fertilization of new cultivars of lettuce.*Acta Hortic.*,700:137-139.

Pierce, L.C., 1987. Vegetables: Caracteristics, Production And Maketing, John Wiley and Sons, 433 p,USA.

Pitura, K., Michałojć, Z., (2015). Influence of nitrogen doses on the chemical composition and proportions of nutrients in selected vegetable species. J. Elem., 20(3): 667-676. DOI: 10.5601/jelem.2015.20.1.760.

Robson, A.D., Reuter, D.J., 1981. Diagnosis of copper deficiency and toxicity. P. 313-350. In: Copper in Soils and Plants. (J.F. Loneragan, ed.) Academic Press, Sydney, Australia.

Ryder, E.J., 1979. Leafy Solad Vegetables. The AVI Publishing Company. Inc. ABD.

Saber, MSM., 2001. Clean Biotechnology For Sustainable Farming. Engineering İn Life Sciences 1, 217-223.

Serafini, M., Bugianesi, R., Salucci, M., Azzini, E., Raguzzini, A., Maiani, G., 2002. Effect Of Acute İngestion Of Fresh And Stored Lettuce (*Lactuca Sativa*) On Plasma Total Antioxidant Capacity And Antioxidant Levels İn Human Subjects. British Journal of Nutrition, 88, 615–623.

Sevgican, A., Tüzel, Y., Gül, A., Eltez, R.Z., 2000. Türkiye'de Örtüaltı Yetiştiriciliği. Türkiye Ziraat Müh. V. Teknik Kongresi, Cilt II, 679-707 s, Ankara.

Stone, U. C., Zınn, K. E., Yanez, M.R., Lı, A., Vance, C. P., Allan, D. L., 2003. Nylon Filter Arrays Reveal Differential Gene Expression in Proteid Roots of White Lupin in Response to Phosphorus Deficiency. Plant Physiology 131 (3):1064.

Şahin, Ö., Taşkı, M. B., Kaya, E. C., 2016. Fosfor Uygulamasının Marul ve Soğan Bitkilerinin Mineral Element Konsantrasyonlarına Etkisi. Nevşehir Bilim ve Teknoloji Dergisi TARGİD Özel Sayı 150-160.

Şeniz, V., 1993. Genel Sebzecilik. Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi, Ders Notları No:53, 230 s, Bursa.

Şimşek, O., 2019. Artan Miktarlarda Uygulanan Demir Dozlarının Ispanak Bitkisinin Gelişimi Ve Kimi Besin Elementi İçeriğine Etkisi. Yüksek Lisans Tezi, Bursa Uludağ Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Anabilim Dalı, Bursa.

Uğur, A., Ekbiç, E., Zambi, O., Uyar, M., Aksoy, R., 2014. Azot ve humik asit uygulamalarının marulda verim ve kalite üzerine etkileri. 10.Sebze Tarımı Sempozyumu, 2-4 Eylül 2014. Bildiriler Kitabı: 402-407.Tekirdağ.

Uluçay Çam, D., 2018. Marulda (*Lactuca Sativa* L.*)* Azot ve Potasyum Uygulamalarının Verim ve Kaliteye Etkisi. Y. Lisans Tezi, Ordu Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Bahçe Bitkileri Anabilim Dalı, Ordu.

Üçok, Z., Demir, H., Sönmez, İ., Polat, E., 2019. Farklı Organik Gübre Uygulamalarının Kıvırcık Salatada (Lactuca Sativa L. Var. Crispa) Verim, Kalite ve Bitki Besin Elementi İçeriklerine Etkileri. *Medıterranean Agrıcultural Scıences,* 32 (Özel Sayı): 63-68.

Vural, H., Eşiyok, D., Duman İ., 2000. Kültür Sebzeleri (Sebze Yetiştirme). Ege Üniversitesi Basım Evi, 404s, Bornova, İzmir.

Yağmur, B., Aydın, Ş., Çoban, H., 2005. Yapraktan Potasyum Nitrat (KNO_3) Uygulamalarının Yuvarlak Çekirdeksiz (Vitis Vinifera L) Üzüm Çeşidinde Verim ve Bazı Kalite Özelliklerine Etkisi. Ege Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Toprak Bölümü. *S.Ü. Ziraat Fakültesi Dergisi*, 19 (36): (2005) 106-109.

Yağmur, B., Bozokalfa, M. K., Eşiyok, D., 2005. Fosfor ve Potasyum Uygulamalarının Sap Kerevizinde (*Apium graveolens* L. var. d*ulce*) Verim, Mineral Madde, Nitrat ve Nitrit Miktarı Üzerine Etkisi. Ege Üniversite, *Ziraat Fakültesi Dergisi*, 42(2):121-130.

Yağmur, B., Aydın, Ş., 2013. Topraktan ve Yapraktan Çinko Uygulamalarının Marul (Lactuca sativa L.) Bitkisinin Gelişmesi ve Bazı Mineral Madde Kapsamı Üzerine Etkisi. *Anadolu, J. Of Aarı*, 23 (2): 36 – 43.

Yıldız, N., 2008. Bitki Beslemenin Esasları ve Bitkilerde Beslenme Bozukluğu Belirtileri. Atatürk Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, ISBN 975-442-110-2.(2. Baskı).

Yıldız, T., 2018. Kıvırcık Marulda (*Lactuca Sativa* L. Var. *Crispa*) Farklı Gübrelerin Bitki Gelişimi ve Mineral Madde İçeriği Üzerine Etkisi. Y. Lisans Tezi. Atatürk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Bahçe Bitkileri Anabilim Dalı, Erzurum.

Yolcu, H., Daşcı, M., 2008. Ülkemizde Organik Yem Bitkileri Üretiminin Mevcut Durumu. *Hasad Hayvancılık Dergisi,* 24, 40-46.

Yücel, P.K., Halkman, H.B.D., 2009. Minimal İşlem Görmüş Meyve ve Sebzelerin Işınlama ile Kalitesinin Arttırılması. X. Ulusal Nükleer Bilimler ve Teknolojileri Kongresi, 291-301.

Yüksel, A.N., 2004. Sera Yapım Tekniği. Hasad Yayıncılık, 287 s.

Thompson, R.C., 1957. Vegetable Croms, Mc Graw Hill Book company Inc. New York. Toranto.

Talaz, A., Nas, E., 2019. Topraksız Kültürde Domates Üretiminin Bafra Ovasında Gerçekleştirilebilirliğinin Araştırılması. *Erciyes Tarım ve Hayvan Bilimleri Dergisi,* C. (2), S.1: 11-19.

Tan, A., 2010. Türkiye Gıda ve Tarım Bitki Genetik Kaynaklarının Durumu. Gıda ve Tarım için Bitki Kaynaklarının Muhafazası ve Sürdürülebilir Kullanımına İlişkin Türkiye İkinci Ülke Raporu, Ege Tarımsal Araştırma Enstitüsü, İzmir.

Tarım, Gıda ve Hayvancılık Bakanlığı, 2015. http://www.tarim.gov.tr/Konular/Bitkisel-Uretim/Tarla-Ve-Bahce-Bitkileri/Örtü-Alti-Yetistiricilik, (Erişim tarihi: 24 Şubat 2015).

Taşbaşı, B.İ., 2013. Farklı Rhizobakteri Uygulamalarının Tuzlu Koşullarda Kıvırcık Marul (*Lactuva sativa* var. *crispa*) Çeşitlerinde Tohum Çimlenmesi ve Fide Gelişimi Üzerine Etkisi. Yüksek Lisans Tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Atatürk Üniversitesi, Bahçe Bitkileri Ana Bilim Dalı, Erzurum, 68 s.

TSE., 2012. Ülkemizde Örtü Altı Sebze Yetiştiriciliği, Tarımsal Araştırmalar ve Politikalar Genel Müdürlüğü Bahçe Bitkileri Araştırmaları Daire Başkanlığı, Türk Standartları Enstitüsü, tse.org.tr/Standart/Ekonomik ve Teknik Dergi, Yıl: 51, Sayı: 599.

Tuğa, H., Üzal, Ö., Yaşar, F., 2021. Bazı Organik Materyallerin Kıvırcık Yaprak Salata (Lactuca sativa var. Crispa)' da Verim ve Bitki Besin Elementi İçeriklerine Etkisi. KSÜ Tarım ve Doğa Dergisi, 24 (3): 495-504.

TUİK., 2017. http://www.tuik.gov.tr/ (23.12.2017)

TUİK., 2018. http://www.tuik.gov.tr/ (30.05.2018)

Turhan, Ş., 2005. Tarımda Sürdürülebilirlik ve Organik Tarım. *Tarım Ekonomisi Dergisi,* 11(1), 13 –24.