

**T.C.
ERCIYES ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
BAHÇE BİTKİLERİ ANABİLİM DALI**

**FARKLI BİBER (*Capsicum annuum* L.) SAF HATLARINDA
AZOT ETKİNLİĞİNİN FİZYOLOJİSİ VE
MORFOLOJİSİNİN ARAŞTIRILMASI**

**Hazırlayan
Saliha ERDOĞDU**

**Danışman
Prof. Dr. Halit YETİŞİR**

Yüksek Lisans Tezi

**Ocak 2020
KAYSERİ**

**T.C.
ERCIYES ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
BAHÇE BİTKİLERİ ANABİLİM DALI**

**FARKLI BİBER (*Capsicum annuum* L.) SAF HATLARINDA
AZOT ETKİNLİĞİNİN FİZYOLOJİSİ VE
MORFOLOJİSİNİN ARAŞTIRILMASI**

(Yüksek Lisans Tezi)

**Hazırlayan
Saliha ERDOĞDU**

**Danışman
Prof. Dr. Halit YETİŞİR**

**Bu çalışma, Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu
(TÜBİTAK) tarafından 1002- 118R068 kodlu proje ile desteklenmiştir.**

**Ocak 2020
KAYSERİ**

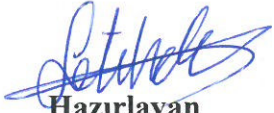
BİLİMSEL ETİĞE UYGUNLUK

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

Saliha ERDOĞDU



“Farklı Biber (*Capsicum annuum* L.) Saf Hatlarında Azot Etkinliğinin Fizyolojisi ve Morfolojisinin Araştırılması” adlı Yüksek Lisans Tezi, Erciyes Üniversitesi Lisansüstü Tez Önerisi ve Tez Yazma Yönergesi’ne uygun olarak hazırlanmıştır.



Hazırlayan

Saliha ERDOĞDU



Danışman

Prof. Dr. Halit YETİŞİR



Bahçe Bitkileri ABD Başkanı

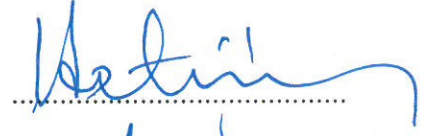
Prof. Dr. Osman GÜLŞEN

Prof. Dr. Halit YETİŞİR danışmanlığında **Saliha ERDOĞDU** tarafından hazırlanan “**Farklı Biber (*Capsicum annuum* L.) Saf Hatlarında Azot Etkinliğinin Fizyolojisi ve Morfolojisinin Araştırılması**” adlı bu çalışma jürimiz tarafından Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü **Bahçe Bitkileri** Anabilim Dalında **Yüksek Lisans** tezi olarak kabul edilmiştir.

16 /01 / 2020

JÜRİ:

Danışman : Prof. Dr. Halit YETİŞİR



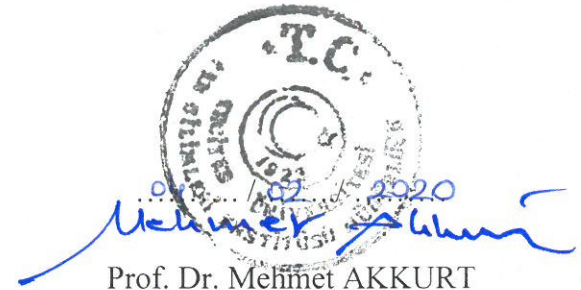
Üye : Dr. Öğr. Üyesi Abdullah Ulaş



Üye : Doç. Dr. Mustafa DEMİRKAYA

**ONAY:**

Bu tezin kabulü Enstitü Yönetim Kurulunun 04/02/2020 tarih ve 2020/10-08...sayılı kararı ile onaylanmıştır.



Prof. Dr. Mehmet AKKURT

Enstitü Müdürü

TEŞEKKÜR

Lisans öğrenimimin başladığı günden bugünlere kadar kendisini tanımaktan onur duyduğum, çalışkanlığını her daim örnek alacağım, anlayışı ve ayırdığı kıymetli zamanı için sayın danışmanım Prof. Dr. Halit YETİŞİR'e teşekkürü bir borç bilirim.

Ayrıca bilimsel katkılarıyla akademik yönden beni aydınlatan ve laboratuvar çalışmalarında da yardımlarını esirgemeyen sayın hocam Dr. Öğr. Üyesi Abdullah ULAŞ'a ve Dr. Öğr. Üyesi Firdes ULAŞ'a teşekkür ederim.

Ayrıca bitkisel materyali sağladıkları için Doç. Dr. Hasan PINAR ve Ziraat Yüksek Mühendisi Hayati KAR'a teşekkür ederim.

Tezimin yoğun çalışma gerektirdiği dönemlerde sera ve laboratuvar çalışmalarına yardımcı olan değerli arkadaşlarım Ziraat Mühendisi Fatma ASLAN, Ziraat Yüksek Mühendisi Abdulkuddus BAYUKO'ya, Ziraat Mühendisi Yusuf Cem YÜCEL'e, Ziraat Yüksek Mühendisi Mohammed Bello ADAM'a, Ziraat Yüksek Mühendisi Alim AYDIN'a teşekkür ederim

Bu tez çalışmasına maddi destek veren Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu'na (Proje No: 118R068) ve sağladıkları yüksek lisans bursundan dolayı GÜBRETAS'a teşekkür ederim.

Son olarak tez çalışmam boyunca motivasyon kaynağım değerli aileme gösterdikleri sabırdan dolayı en içten teşekkürlerimi sunuyorum.

Saliha ERDOĞDU

Ocak 2020, KAYSERİ

Farklı Biber (*Capsicum annuum* L.) Saf Hatlarında Azot Etkinliğinin Fizyolojisi ve Morfolojisinin Araştırılması

Saliha ERDOĞDU

Erciyes Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü
Yüksek Lisans Tezi, Ocak 2020
Danışman: Prof. Dr. Halit YETİŞİR

ÖZET

Bu çalışma 2018-2019 yılları arasında çeşitli yerlerden temin edilen farklı biber çeşitlerinin ve saf hatların azot alım ve kullanımında etkin rol oynayan özelliklerini belirlemek, N verimliliğindeki genotipik farklılıklar açısından taramak ve azot metabolizmasında etkili olan özellikleri belirlemek amacıyla Seyrani Ziraat Fakültesi laboratuvar ve iklimlendirme odalarında yürütülmüştür. Çalışmanın birinci kısmında 18 tane biber genotipi düşük-N ve yüksek-N (0.3 mM N – 3.0 mM N) koşullarında denemeye tabi tutulmuştur. Yapılan testlemeler sonucunda 2 tane N-duyarlı (21-H-1-1, AH-2-3) ve 2 adet N-duyarsız (ERÜ 1248, 24-H-6) olduğu tespit edilen genotipler birbiri üzerine karşılıklı aşılama amacıyla seçilmiştir. Çalışmanın 2. kısmında ise seçilen genotipler tüp aşısı yöntemiyle karşılıklı aşılama olarak düşük-N (0.3 mM N) ve yüksek-N (3.0 mM N) koşullarında tekrar denenmiştir. Gövde ve kök yaş-kuru ağırlık, bitki boyu, yaprak alanı, kök uzunluğu, hacmi ve çapı, fotosentez, SPAD, toplam klorofil içeriği, toplam karotenoid miktarı, nitrat redüktaz (NR) enzim aktivitesi, yaprakta ve kökte toplam azot, miktarı belirlenmiştir. Neticelere göre hatlar azot alım ve kullanım bakımından istatistiksel olarak birbirinden farklıdır. Düşük-N'de kök kuru ağırlığı yüksek iken, yüksek-N dozunda yeşil aksam kuru ağırlığı da yüksek bulunmuştur. Ayrıca hatlar arasında da farklılık tespit edilmiştir. Azot etkin genotiplerin anaç olarak kullanılmasıyla (21-H-1-1/24-H-6, 21-H-1-1/ERÜ 1248, AH-2-3/ERÜ 1248, AH-2-3/24-H-6) kontrole (N-etkinsiz) göre bir artış kaydedilirken, N-etkin genotiplerin kalem olarak kullanılmasıyla (ERÜ 1248/21-H-1-1, ERÜ 1248/AH-2-3, 24-H-6/21-H-1-1, 24-H-6/AH-2-3), kontrolün (N-etkin) altında bir büyüme görülmüştür. İyi gelişmiş güçlü kök sistemlerin N kullanım etkinliğine katkıda bulunan en önemli faktör olduğu da görülmektedir.

Anahtar Kelimeler: Biber, Azot Etkinliği, Bitkisel Gelişim, Aşılama, N -Alımı

Investigation on Physiology and Morphology of Nitrogen Efficiency in Different Pepper (*Capsicum annuum* L.) Inbred Lines

Saliha ERDOĞDU

Erciyes University, Graduate School of Natural and Applied Sciences

Master Thesis, January 2020

Supervisor: Prof Dr. Halit YETİŞİR

ABSTRACT

This study aimed to determine the characteristics of different pepper varieties and pure lines obtained from various sources, which play an active role in nitrogen uptake and use between 2018-2019. The experiments were conducted laboratory and controlled growth chamber of Seyrani Agricultural Faculty. In the first part of the study, 18 pepper genotypes were tested under low-N and high-N (0.3 mM N - 3.0 mM N) conditions. As a result of the tests, genotypes which were found to be N-sensitive (21-H-1-1, AH-2-3) and N-insensitive (ERÜ 1248, 24-H-6) were selected for grafting part of the study. In the second part of the study, the selected genotypes were grafted with the tube grafting method and grown under low-N (0.3 mM N) and high-N (3.0 mM N) conditions. Fresh and dry weight of the plant organs, plant height, leaf area, root length, volume and diameter, photosynthesis, SPAD, total chlorophyll and carotenoid content, nitrate reductase (NR) enzyme activity, total nitrogen in leaf and root were determined. According to the results, the lines are statistically different from each other in terms of nitrogen intake and usage. Root dry weight was high in low-N, while shoot dry weight was high in high-N dose. According to results, N-efficient and N-inefficient genotypes selected into first experiment were reciprocally grafted onto each other in the second trial. By using nitrogen efficient genotypes as rootstocks (21-H-1-1/24-H-6, 21-H-1-1/ERÜ 1248, AH-2-3/ERÜ 1248, AH-2-3/24-H-6) increased shoot biomass compared to control (N-ineffective), while using N-efficient genotypes as scion (ERÜ 1248/21-H-1-1, ERÜ 1248/AH-2-3, 24-H-6/21-H-1-1, 24-H-6/AH-2-3) caused lower shoot growth than the control (N-efficient). It is also seen that well-developed strong root systems are the most important factor contributing to N usage efficiency.

Keywords: Pepper, Nitrogen Activity, Plant Growth, Grafting, N-Uptake

İÇİNDEKİLER

FARKLI BİBER (<i>Capsicum annuum</i> L.) SAF HATLARINDA AZOT ETKİNLİĞİNİN FİZYOLOJİSİ VE MORFOLOJİSİNİN ARAŞTIRILMASI	
YÖNERGEYE UYGUNLUK.....	iii
KABUL VE ONAY	iv
TEŞEKKÜR	v
ÖZET	vi
ABSTRACT	vii
İÇİNDEKİLER.....	viii
KISALTMALAR.....	xi
TABLolar LİSTESİ.....	xii
ŞEKİLLER LİSTESİ	xiii
GİRİŞ.....	1

1. BÖLÜM

GENEL BİLGİLER ve LİTERATÜR ÇALIŞMASI

2. BÖLÜM

MATERYAL VE YÖNTEM

2.1. Materyal	19
2.2. Yöntem	20
2.2.1. Birinci Deneme (Tarama- Screening) Çalışması.....	20
2.2.1.1. Fidelerin Yetiştirilmesi.....	20
2.2.1.2. Durgun Su Kültürünün Kurulması	20
2.2.2. İkinci Deneme.....	22
2.2.2.1 Aşılama Tekniği ve Aşamaları	22
2.2.3. Birinci ve İkinci Denemelerde İncelenen Bitkisel Parametreler....	24
2.2.3.1. Yaprak Klorofil (SPAD) Değerleri.....	24
2.2.3.2. Fotosentez Ölçümleri ($\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$).....	25

2.2.3.3 Bitki Boyu (cm)	26
2.2.3.4. Yaprak Alanı (cm ² /bitki)	26
2.2.3.5. Yeşil Aksam ve Kök Ağırlığı (Yaş ve Kuru) (g/bitki)....	27
2.2.3.6. Yaprak Klorofil ve Karotenoid Miktarı	27
2.2.3.7. Nitrat Redüktaz Aktivitesi (NRA).....	28
2.2.3.8. Kök ve Gövdede Toplam Azot Analizi.....	30
2.2.3.9 Kök Uzunluğu (cm), Hacmi (cm ³) ve Çapı (mm).....	30
2.2.4. İstatistiksel Değerlendirme.....	31

3. BÖLÜM

BULGULAR ve TARTIŞMA

3.1. 1.TARAMA (SCREENING) DENEMESİ	32
3.1.1. Bitki Boyu (cm/bitki) ve Bitkide Toplam Yaprak Alanı (cm ² /bitki).....	32
3.1.2. Yeşil Aksam ve Kök Yaş Ağırlığı (g/bitki).....	34
3.1.3. Bitkide Yeşil Aksam ve Kök Kuru Ağırlığı (g /bitki).....	36
3.1.4. Fotosentez Aktivitesi (µmol m ⁻² /s) ve Yaprak Klorofil İçeriği (SPAD) ..	37
3.1.5. Yaprak Klorofil İçeriği (mg/g), Karotenoid İçeriği (mg/g) ve Nitrat Redüktaz Aktivitesi (µmol/s/g)	39
3.1.6. Toplam Kök Uzunluğu (cm), Toplam Kök Hacmi (cm ³), Ortalama Kök Çapı (mm).....	41
3.1.7. Yeşil Aksamında Azot Konsantrasyonu (mg/g KA) ve Toplam Azot Alımı (mg/bitki).....	43
3.1.8. Kökte Azot Konsantrasyonu (mg/g KA) ve Toplam Azot Alımı (mg/bitki).....	44
3.2. II. DENEME BULGULARI	45
3.2.1. Bitki Boyu (cm / bitki) ve Bitkide Toplam Yaprak Alanı (cm ² /bitki)....	46
3.2.2. Yeşil Aksam ve Kök Yaş Ağırlığı (g/bitki).....	47
3.2.3. Yeşil Aksam ve Kök Kuru Ağırlığı (g/bitki).....	49
3.2.4. Bitkide Fotosentez Aktivitesi (µmol m ⁻² /s) ve Yaprak Klorofil İçeriği (SPAD).....	51
3.2.5. Yaprak Klorofil İçeriği (mg/g), Karotenoid İçeriği (mg/g) ve Nitrat Redüktaz Aktivitesi (µmol/s/g)	53
3.2.6. Toplam Kök Uzunluğu (m/bitki), toplam kök hacmi (cm ³ /bitki), ortalama kök çapı (mm).....	55

3.2.7. Yeşil Aksamında Azot Konsantrasyonu (mg/g) ve Toplam Azot Alımı (mg/bitki).....	57
3.2.8. Kökünde Azot Konsantrasyonu (mg/g) ve Toplam Azot Alımı (mg/bitki)	59

4. BÖLÜM

SONUÇ ve ÖNERİLER.....	61
4.1. Sonuç ve Öneriler.....	61
KAYNAKÇA.....	64
ÖZGEÇMİŞ.....	76

KISALTMALAR

°C	Santigrat derece
Ca⁺²	Kalsiyum
Cl⁻	Klor
cm	Santimetre
CO₂	Karbondioksit
da	Dekar
dk	Dakika
Fe	Demir
Gr	Gram
K⁺	Potasyum
Kg	Kilogram
L	Litre
M	Metre
Mg	Magnezyum
mm	Milimetre
Mn	Mangan
N	Azot
Na⁺	Sodyum
NaCl	Sodyum klorür
NH₄	Amonyum
NO₃	Nitrat
P	Fosfor
H₂SO₄	Sülfürük asit
KNO₃	Potasyum nitrat

TABLOLAR LİSTESİ

Tablo 1.1. Biberin taksanomisi.....	1
Tablo 1.2.Önemli biber üretici ülkelerin üretim ve verim değerleri.....	2
Tablo 1.3. Önemli kurutmalık biber üretici ülkeler	2
Tablo 1.4. Türkiye’de biber üretim verileri.....	3
Tablo 1.5. Biberin besin değeri	3
Tablo 2.1. Hat/Çeşitlerin adı ve temin edilen yerler.....	19
Tablo 3.1.1. Bitki boyu (cm) ve Yaprak alanı (cm ² / bitki)	33
Tablo 3.1.2. Yeşil Aksam ve kök yaş ağırlığı (g/bitki).....	35
Tablo 3.1.3. Yeşil aksam ve kök kuru ağırlıkları (g/bitki).....	36
Tablo 3.1.4. Fotosentez aktivitesi (μmol/m ² /s) ve yaprak klorofil içeriği (SPAD)	38
Tablo 3.1.5. Yaprak klorofil (mg /g), toplam karotenoid içeriği (mg/g) ve nitrat redüktaz enzim aktivitesi (μmol/s/g)	39
Tablo 3.1.6. Kök uzunluğu (cm), kök hacmi (cm ³), ortalama kök çapı (mm)	42
Tablo 3.1.7. Yeşil aksam N konsantrasyonu (mg/g KA) ve toplam N (mg/bitki)	43
Tablo 3.1.8. Kök N konsantrasyonu (mg/g KA) ve toplam N (mg/bitki).....	45
Tablo 3.2.1. Bitki boyu (cm) ve Yaprak alanı (cm ²)	47
Tablo 3.2.2. Yeşil aksam ve kök yaş ağırlıkları (g/bitki).....	48
Tablo 3.2.3. Yeşil aksam ve kök kuru ağırlığı (g/bitki).....	50
Tablo 3.2.4. Fotosentez aktivitesi (μmol/m ² /s) ve yaprak klorofil içeriği (SPAD).....	51
Tablo 3.2.5. Yaprakta toplam klorofil (mg/g), toplam karotenoid (mg/g) ve NRE (μmol s/g)	53
Tablo 3.2.6. Kök uzunluğu (cm), kök hacmi (cm ³) ve ortalama kök çapı (mm)	55
Tablo 3.2.7. Yeşil aksam N konsantrasyonu (mg/g KA) ve toplam N (mg/bitki)	57
Tablo 3.2.8. Kök N konsantrasyonu (mg/g KA) ve toplam N (mg/bitki).....	59

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 2.1. Petriye ekilmiş biber tohumları.....	20
Şekil 2.2 Havalandırılmış durgun su kültürüne dikilmiş biber fideleri.	21
Şekil 2.3. Deneme başlangıcından itibaren yaklaşık 4 hafta sonraki genel görünüm (1. deneme).	21
Şekil 2.4.a) aşu aşamasındaki fideler b) aşılama aşaması c) aşılanmış biber fidesi d) aşu sonrası bakım ünitesi.	23
Şekil 2.5. Dikime hazır aşılı biber fideleri.	23
Şekil 2.6. Aşılanmış fidelerin durgun su kültürüne dikimi.	24
Şekil 2.7.Yaprakta SPAD ölçümü.	25
Şekil 2.8. Yaprakta fotosentez ölçümü.	25
Şekil 2.9. Hasat sonrası bitki boyu ölçümü.	26
Şekil 2.10. Yaprak alanı ölçümü.....	26
Şekil 2.11. Yeşil aksam ve kök yaş ağırlıkları ölçümü.	27
Şekil 2.12. Yaprak örneğinde klorofil ve karotenoid analizi.	28
Şekil 2.13. Nitrat redüktaz aktivitesi ölçümü.	29
Şekil 2.14. a) yakılan kuru örnekler b) yakılan örneklerin distilasyon cihazında işleme tabii tutulması c) distilasyondan çıkan örneklerin okunması.	30
Şekil 2.15. Kök tarama cihazında uzunluk, hacim ve çap ölçümü.	31

GİRİŞ

Biber (*Capsicum annuum* L.) Solanaceae familyasının önemli türlerinden bir tanesidir. Biber ılıman koşullarında tek yıllık, tropikal bölgelerde ise çok yıllık bitki özelliği gösterir. Yetiştiriciliği çok eski zamanlara dayanıp, M.Ö.7500 yılından beri insan beslenmesinde kullanılmaktadır (Bosland, 1996).

Biber Orta Amerika'dan Portekizlilerle Hindistan'a buradan Arap yarımadasına getirilmiş, daha sonra Bağdat ve Antakya üzerinden İstanbul'a gelmiş buradan da 1515-1662 yılları arasında Rusya, Venedik ve Orta Avrupa'ya yayılmıştır (Andrews, 1999).

Bir başka araştırma bulgularına göre ise; biberin anavatanı Güney Amerika'dır. İlk defa Amerika'dan 1493 yılında İspanya'ya daha sonra, 1548 yılında İngiltere'ye ve 1578 yılında ise orta ve diğer Avrupa ülkelerine getirilmiştir. Güney Amerika ülkelerinde biber tarımının çok eskilerden beri yapıldığı düşünülmele birlikte özellikle Brezilya çeşitli biber tür ve formlarının genetik merkezidir. 16. yy içerisinde Osmanlı İmparatorluğu ile Orta Avrupa ülkeleri arasında kurulan sıkı ilişkiler sırasında biber İstanbul'a getirilmiş, daha sonra diğer bölgelerimize yayılmıştır (Vural ve ark., 2000).

Taksonomik olarak sınıflamaya tabii tutulan *Capsicum* cinsi biberlerin kültür ve yabani genotipleri 'gerçek çilli' biberleri olarak adlandırılmış beyaz (B) ve mor (M) çiçekli türler şeklinde iki gruba ayrılmıştır (Onus, 2002).

Tablo 1.1. Biberin taksonomisi

Âlem	Plantae
Alt âlem	Tracheobionta
Şube	Magnoliophyta
Sınıf	Magnoliopsida
Alt sınıf	Asteridae
Takım	Solanales
Familya	<i>Solanaceae</i>
Cins	<i>Capsicum</i>
Tür	<i>C. annuum</i> L.

Dünyada toplam 758 000 ha alanda 17 821 238 ton biber üretimiyle Çin ilk sırayı alırken, 3 296 875 ton üretimiyle Meksika ikinci sıradadır. Türkiye ise 94.444 ha alanda 2 608 172 ton biber üretimi ile üçüncü sıradadır. Bu değerle dünyadaki toplam biber üretiminin %7.2'sini karşılamaktadır. Ancak verim bakımından incelendiğinde dekardan alınan 2.7 kg verimle Dünya'da 3. sıradadır (Tablo 1.2) (FAO, 2017).

Tablo 1.2.Önemli biber üretici ülkelerin üretim ve verim değerleri

Ülke	Üretim	Verim	%
Çin	17 821 238	2.3	49.3
Meksika	3 296 875	2.0	9.1
Türkiye	2 608 172	2.7	7.2
Endonezya	2 359 441	7.6	6.5
İspanya	1 277 908	6.2	3.5
ABD	962 679	3.6	2.6
Nijerya	748 559	7.6	2.0
Mısır	623 221	1.5	1.7
Cezayir	614 922	2.8	1.7
Tunus	429 000	2.0	1.1
Diğerleri	5 350 616		14.8
Toplam	36 092 631	1.8	100.0

Dünyada kurutmalık biber üretim verileri Tablo 1.3'de verilmiştir. İlk üç sırayı Hindistan, Tayland ve Çin'in aldığı kurutmalık biberde toplam 4.6 milyon ton üretim yapılmaktadır. Türkiye ise 16 355 tonluk üretim ile 25. sırada yer almaktadır (FAO, 2017).

Tablo 1.3. Önemli kurutmalık biber üretici ülkeler

Ülke	Üretim	Verim (kg/da)	%	Ülke	Üretim	Verim (kg/da)	%
Hindistan	2 096 000	2.4	45.3	Bangladeş	136 872	1.3	2.9
Tayland	349 615	3.5	7.5	Myanmar	130 588	1.1	2.8
Çin	313 997	6.5	6.7	Gana	119 804	7.7	2.5
Etiyopya	306 703	1.8	6.6	Vietnam	95 844	1.4	2.0
Fildişi sah.	461 137	3.6	9.9	Diğer	450 838		9.7
Pakistan	148 100	2.2	3.2	Toplam	4 625 833	2.4	100
Türkiye (25.)	16 355	2.4	0.3				

Biberin ülkemizde toplam sebze üretiminde önemli bir payı (%14) vardır. Tablo 1.4'de görüldüğü gibi TUİK 2018 yılı verilerine göre Türkiye'de 1 128 060 ton salçalık biber, 397 175 ton dolmalık biber, 930 349 ton sivri biber ve 99 390 ton çarliston biberi

üretimi yapılmaktadır. Ülkemizde üretilen biberin yaklaşık 1 265 586 tonu örtü altında yapılmaktadır (TUİK, 2018).

Tablo 1.4. Türkiye’de biber üretim verileri

Çeşit grubu	Alan (da)	Üretim (ton)	Verim (ton /da)	%
Salçalık, Kapyra	346 248	1 128 060	3.2	44.1
Dolmalık	131 351	397 175	3.2	15.5
Sivri	290 885	930 349	3.1	36.4
Çarliston	18 040	99 390	5.5	3.8
Toplam	786 524	2 554 974	14 82	100

Biber, Dünyada ve ülkemizde yoğun olarak tüketilen önemli bir sebzedir. Ülkemizin her bölgesinde az veya çok biber yetiştiriciliği yapılmaktadır. Ülkemizde biber hem örtü altında hem de açık tarla koşullarında yetiştirilen bir türdür. İnsan beslenmesinde önemli bir yere sahip olan biberin besin içeriği Tablo 1.5’de verilmiştir.

Tablo 1.5. Biberin besin değeri

	Kuru madde	Enerji (Cal)	Su	Protein	Yağ	Toplam şeker	Karbonhidrat
Yeşil(taze)	7-8	22	93	0.9-1.2	0.2-0.3	3.5-4.0	4.4
Kırmızı (taze)	9	29	91	0.8-1.2	0.6-0.9	-	5.3-5.9
Vitaminler							
	Vit A (IU)	B1	B2	Niacin	Vit C		
Yeşil (Taze)	530	0.06-0.07	0.02-0.04	0.40	120-160		
Yeşil (Pişmiş)	420	0.06	0.07	0.5	96		
Kırmızı (Taze)	2200-5700	0.05-0.11	0.08-0.46	0.5-0.7	165-220		
Mineral maddeler (mg/100 g)							
	Ca	Fe	Mg	P	K	Na	S
Yeşil (taze)	7-11	0.40	12-13	22-25	-	-	19
Yeşil (pişmiş)	9	0.5	-	16	149	9	-
Kırmızı (taze)	4-13	0.3-0.6	4-13	20-30	-	-	-

Biber taze tüketimi ile birlikte; turşu, toz biber, salça, közleme, sos ve ana yemeklerde değişik şekillerde değerlendirilmektedir. 100 g taze yeşil tatlı biberde, 29 kalori, 1.1 g protein, 0.29 yağ, 92.6 g su, 4.29 karbonhidrat, 1.4 g selüloz bulunmaktadır. Yeşil tatlı biberler A, B1, B2 ve C vitaminlerince zengindir. Biber, vitaminleri ve vücuda

büyümesi için gerekli bileşenleri sağlayabilen hem makro hem de mikro besin elementlerini içerir (Olaofe ve ark., 1993; Alabi 2006).

Biber içindeki C vitamini miktarı domatesten daha fazladır (Agusiobo, 1976; Keshinro ve Ketiku, 1983). Biber ayrıca P, K, Ca ve Mg'ca da zengindir ve bazı alkaloitler de bulundurmaktadır. Bunlar mideyi kuvvetlendirir, hazmı arttırır ve iştah açar. Biber tohumlarındaki yağ oran %25-28 dir. Biberde capsicin denilen alkaloit bulunur. Bu alkaloitin oranına göre, biberlerde meydana gelen acılık iştah açıcı özelliği ile birlikte sindirim sisteminde de dezenfekte edici bir madde olarak ayrı bir önem taşımaktadır. Suyu sıkıldığı ve dışarıdan sürüldüğü zaman romatizmaya iyi gelmektedir. Son yıllarda biber suyu adale ağrısı ve romatizma için çeşitli ilaçların bileşimine girmektedir (Anonim, 2017).

Yüksek sıcaklıklar, kuraklık, yüksek nem, toprak ve su tuzluluğu gibi abiyotik stresler, bitkisel üretimi için zorluk teşkil etmektedir ve iklim değişikliği nedeniyle streslerin oluşumu ve şiddetini artmaktadır. (Taiz ve Zeiger, 2002).

Günümüzde kimyasal gübreler, hem yüksek-girdili hem de düşük-girdili tarım sistemlerinde bitki gelişimini ve ürün verimini doğrudan etkileyen en önemli girdi kaynaklardan olup, bu kaynaklar arasında özellikle azot, bitkisel üretimde en çok ihtiyaç duyulan ve de çok yaygın olarak kullanılan bir besin elementidir (Ulas, 2010).

Azot, bitkinin verim ve kalitesini en çok etkileyen özellikle de vejetatif gelişim döneminde büyük rol oynayan ve bitkinin potasyumdan sonra en fazla ihtiyaç duyduğu besin elementidir (Öztürk ve ark., 2007).

Azotun ana kaynağı, dünya atmosferinin %78'inden oluşan N₂ gazıdır (Goatley ve Hensler, 2011).

Genellikle tarımsal ekosistemlerde, üretim için kullanılan N'nin %45-55'i ürün biyokütlesinde (Smill, 1999) depolanırken, kalan N ise erozyon, yıkanma ve nitrifikasyon gibi farklı işlemlerle tarımsal sistemlerden kaybedilir (Crew ve Peoples, 2004).

NO₃-N yüzey ve yeraltı suyunun kirlenmesi önemli bir çevre sorunu olarak kabul edilir (Al-Kaisi ve Licht, 2004).

Avrupa yeraltı suyunun yaklaşık üçte birinde yıllık nitrat konsantrasyonu kritik eşiği (50 mg/L) aşmaktadır (Hooker ve ark., 2008).

Biyolojik yöntemler, bitkilerin kolay alması için N₂ gazını amonyum (NH₄⁺) ve nitrat'a (NO₃⁻) dönüştürür. Bu yöntem yaygın olarak biyolojik azot fiksasyon işlemi denir.

Baklagillerin nodüllerinde Rhizobium bakterisi varlığı, bitki alımında N₂ gazını kolayca erişilebilir bir azota dönüştürebilir. Ayrıca mavi yeşil algler ve toprakta serbest yaşayan bakterisi varlığı N₂ fiksasyon sürecine (simbiyotik olmayan azot fiksasyonu) dahil olur (Goatley ve Hensler, 2011).

Toprakta yaygın olan bir başka azot kaynağı, organik maddenin ayrışmasından elde edilir. Bu, ayrılmış organik madde amonyum oluşturmak için suyla reaksiyona giren amonyağı serbest bıraktığında oluşur. Oluşan amonyum daha sonra mineralizasyon adı verilen bir yöntemle ayrıştırıcılar (bakteri ve mantarlar) tarafından inorganik N formuna (Nitrat) dönüştürülür. Hem amonyum hem de nitrat, büyüme için bitki tarafından kullanılır. Ekosistemde, hayvansal ve bitkisel kalıntıların toprağa karışması sonucunda bu atıklar toprakta azot kaynağı olmaktadır (Zhang ve Raun, 2006).

Son zamanlarda, azotlu gübrelerin ürün yetiştiriciliğinde kullanımı yaygınlaşmıştır. Çünkü azotlu gübreler toprak verimliliğini ve ürün verimini arttırmada birincil faktörlerden birisidir. (Hirel ve ark., 2011).

Azotlu gübrenin amacının yüksek verimi sağlamak için herhangi bir bitkisel üretim sistemin temel bileşeni olduğu görülmüştür (Law ve Egharevba, 2009).

Diğer sebzelerde olduğu gibi biber verimi N gübreye karşı oldukça hassastır. Tumbare ve ark, (2004) azot gübresinin meyve ağırlığını, verimini ve acı biber miktarını arttırdığını bildirmiştir. Madeira ve de Varennes, (2005) toplam klorofil içeriğinin, yaprak N konsantrasyonunun ve biberin kuru ağırlığının artan N gübrelemesi ile arttığını gözlemlemişlerdir.

Özellikle azot etkinliği (N-alım ve N-kullanım) konusunda aynı türe ait genotipler arasında çok büyük farklılıkların olduğu birçok araştırmacı tarafından ortaya konmuştur (Schulte auf'm Erley ve ark., 2007, Ulas ve ark., 2012). Aynı zamanda azot, bitkide birçok önemli organik bileşimin (amino asitler, nükleik asitler, proteinler, enzimler, klorofil, ATP ve ADP) yapısında yer alan (Aktaş, 1995) ve diğer besin elementlerine göre bitkideki organik bileşimi (şeker, nişasta, toplam azot, selüloz) en çok etkileyen bir besin elementidir (Marschner, 1995).

2050 yılına gelindiğinde, tarımda iklim değişikliğinden dolayı gittikçe zorlaşan tarımla ve artan nüfusla beraber yaklaşık 9 milyar insanı beslemek için yeterli gıda üretilmesi gerekecektir. Azotu etkili kullanan verimli çeşitlerin geliştirilmesi ve çiftçilerin tarımda yaşadıkları zorluklar karşısında bile üretkenliğini arttırmalarını ve tüm dünyada verim avantajlarını sağlamalarına yardım edecektir (Croplife International, 2014).

Bilim ve teknoloji, çevreyi bozmadan üretkenlikte uzun vadeli artışlara yol açan ölmeyen bir devrimi teşvik ve sürdürmede çok önemli bir rol oynayabilir (Swaminathan, 2007).

Dünyada ve ülkemizde yoğun bir şekilde hem açık alanlarda hem de örtü altında yetiştirilen biberlerde azot etkinliğini belirlemek ve verilen gübreden bitkilerin etkin yararlanmasının sağlanması ve azot etkinliği ile ilgili fizyolojik bilgilerin ortaya konması biber üretiminin sürdürülebilirliği açısından önem arz etmektedir. Kökler tarafından alınan azot hem köklerde hem de yapraklarda indirgenebilmektedir. Biberlerde azot etkinliğinde köklerin mi yoksa toprak üstü organın mı daha etkili olduğunu tespit etmek son dönemde popüler olan aşılı sebze üretimi açısından da önemlidir. Azot etkin anaçların ıslahına yönelik genetik ve fizyolojik çalışmalar önemli konular arasındadır.

Bu tez de farklı biber genotiplerinin yüksek ve düşük azot koşullarındaki farklılıklarının ve azot etkinliğinin köklerden mi yoksa yapraklardan mı etkilendiğinin belirlenmesi amaçlanmıştır. Çalışma sonucunda üretilecek olan bilgiler azot-etkin yerli biber çeşit/anaçlarının geliştirilip ıslah edilmesine katkı sağlayacaktır. İleride geliştirilebilecek olan bu yeni çeşitler/anaçlar sayesinde üreticiler sahip oldukları olanaklar çerçevesinde uygulayacakları azotlu gübre miktarına ve bölgelerine en uygun olan doğru çeşidi/anacı tercih edebileceklerdir. Bu bilgiler doğrultusunda, biber tarımın yoğun olarak yapıldığı bölgelerde aşırı azotlu gübreleme sonucu ortaya çıkan çevre, sağlık ve üretim problemlerine alternatif çözüm yolları sunulmasına katkı yapacaktır.

1. BÖLÜM

GENEL BİLGİLER ve LİTERATÜR ÇALIŞMASI

İnsanlar tarafından gıda talebi; kültüre almada, tarımda, yerleşimde ve modernleşmede yer değiştirmeye neden olmuştur. İnsan, uzun yıllardır ürün yetiştiriciliğinin verimini arttırmanın yeni yollarını bulmakta zorlanmaktadır (Masterson, 2013).

Farklı bitki türlerinin veya aynı türe ait farklı genotip/çeşitlerin topraktaki besin elementlerinden yararlanma oranları ve düzeyleri farklılık gösterebilir. Besin elementi etkinliğindeki genotipik farklılıklar konusunda yapılmış ilk ve en eski çalışma 86 yıl öncesine dayanmaktadır (Hoffer, 1926). Azot etkinliği üzerine yapılan birçok çalışmaya rağmen, literatürde çeşit/genotipler arasında ortaya çıkan farklılığı tam olarak ifade eden genel kabul görmüş bir tanımlama henüz mevcut değildir (Ulas, 2010).

Bir genotip azot düzeyi çok düşük koşullarda diğer genotiplere oranla ortalama değer in üstünde bir verim artışı sağlıyorsa bu genotip azot-etkin genotip olarak karakterize edilirken (Graham, 1984), tam tersi azot düzeyi yüksek koşullarda uygulanan ek azota olumlu tepki vererek diğer genotiplere oranla daha yüksek verim oluşturabilen genotip de azot-etkin genotip olarak karakterize edilebilmektedir (Sattelmacher ve ark., 1994).

Gerlof'un (1977) yapmış olduğu bir çalışmada bu konudaki karmaşıklığı bazı noktalarda açıklamaktadır.

Gerlof (1977) bitki genotiplerini besin elementi noksanlığında verdikleri tepkiye göre 4 grupta sınıflandırmıştır:

(1) Etkin-duyarlı genotip: Düşük besin elementi koşullarında verim yönünden yüksek performans gösteren ve ayrıca ek olarak verilen besin elementine karşı pozitif davranış sergileyerek verimi arttıran genotip;

(2) Etkinsiz-duyarlı genotip: Düşük besin elementi koşullarında verim yönünden düşük performans gösteren fakat ek olarak verilen besin elementine karşı pozitif davranış sergileyerek verimi arttıran genotip;

(3) Etkin-duyarsız genotip: Düşük besin elementi koşullarında verim yönünden yüksek performans gösteren fakat ek olarak verilen besin elementine karşı negatif davranış sergileyerek verimi arttırmayan genotip;

(4) Etkinsiz-duyarsız genotip: Düşük besin elementi koşullarında verim bakımından düşük performans gösteren ve ayrıca ek olarak verilen besin elementine karşı negatif davranış sergileyerek verimi arttırmayan genotip;

Besin elementinden yararlanma konusunda çeşitler arasında ortaya çıkan genotipik farklılıklar tamamen çeşitlerin sahip oldukları, verimin oluşmasında etkin rol oynayan ve verimle ilişkilendirildiklerinde pozitif korelasyon sergileyen agronomik ikincil özelliklerden kaynaklanmaktadır (Schulte auf'm Erley, 2007).

Verimle doğrudan ilişkili olan bu agronomik ikincil karakterlerin çeşitli yollarla belirlenmesi ıslah çalışmalarını hem kolaylaştırmakta hem de hız kazandırmaktadır (Nyikako, 2003).

Bitkilerde azot etkinliği; azot-alım ve azot-kullanım etkinliği olmak üzere iki temel unsurdan oluşmaktadır (Moll ve ark., 1982).

Taşıdıkları genetik ikincil özellikler sayesinde genotipler ya toprakta var olan azotu en randımanlı biçimde kökleri vasıtasıyla alarak azot-alımında (kg/N ha) etkin olduklarını ve/veya topraktan kaldırmış oldukları her birim azotu en etkin biçimde kullanarak azot-kullanımında (kg dane kg/N) etkin olduklarını gösterirler (Sattelmacher ve ark., 1994).

Azot etkinliği bitkide aynı anda her iki temel unsurun eşit biçimde birbirini tamamlamasıyla kendini gösterirken, bazen de birbirlerine üstünlük sağlamasıyla da tek ana unsur olarak kendini gösterebilmektedir. Örneğin farklı bitki türlerinde yapılan birçok çalışmada toprakta düşük azot düzeylerinde, buğday (Le Gouis ve ark., 2000), arpa (Sinebo ve ark., 2004) ve kolza (Ulas ve ark., 2012) genotipleri arasındaki verim farklılıklarının yüksek oranda azot-alım etkinliği ile doğrudan ilişkili olduğu tespit edilmiştir. Fakat tam tersi, toprakta yüksek azot koşullarında özellikle de tahıllarda azot-kullanım etkinliğinin genotipik verim farklılığı yarattığı ortaya konmuştur (Ortiz-Monasterio ve ark., 1997; Le Gouis ve ark., 2000). Özellikle topraktaki azot miktarı düştüğünde bitkilerin azot-alım etkinliği onların sahip olduğu kantitatif bir karakter olan kök sistemin büyüklüğü (Lynch, 1998) ve alım sisteminin gücüyle doğru orantılı olmaktadır (Jackson ve ark., 1986).

Yapılan birçok çalışma, artan dozlarda uygulanan azotlu gübrenin bitkide verimi büyük oranda arttırdığı ve kalite parametrelerini (nişasta, yağ ve protein) de olumlu yönde etkilediğini ortaya koymuştur (Samul, 1982; Khalil ve ark., 1986; Janat, 2007).

Tüm bitki kısımlarındaki toplam kuru madde birikim oranı, plastik bir serada yetiştirilen tatlı biberlerinin büyüme döneminin çoğunda kontrol işlemine kıyasla azot uygulamasıyla arttırılmıştır. Bununla birlikte, azot oranlarının toplam kuru madde birikim hızı üzerindeki etkisinin, uygulamalar arasında anlamlı olmadığı belirtilmiştir (Qawasmi ve ark., 1999).

Patates de yapılan bir çalışmada (Sattelmacher ve ark., 1990) azot etkinlik özellikleri tarla ve sera denemeleriyle daha önce karakterize edilmiş iki farklı patates çeşidi ('Astrid' N-etkin, 'Bodenkraft' N-etkinsiz) besin çözeltilisinde 3 farklı nitrat konsantrasyonunda (0.05, 0.5 ve 5.0 mM) kök morfolojik özellikler bakımından kıyaslanmıştır. Neticeler, N-etkin olarak daha önce karakterize edilmiş çeşidin, azot-etkinsiz patates çeşidine oranla daha güçlü kök sistemi (kök uzunluğu ve kök yüzey alanı) geliştirildiğini ortaya koymuştur.

Kök morfolojisi üzerine yapılan bazı çalışmalar; örneğin kolzada erken gelişme dönemlerinde güçlü ve yoğun bir kök sistemi oluşturabilen (Ulas ve ark., 2012) ya da mısırdaki köklerini çok daha derinlere kadar ulaştırabilen (Wiesler ve Horst, 1992) N-etkin çeşit/genotiplerin diğer çeşit/genotiplere oranla toprakta yetersiz düzeyde bulunan azottan çok daha iyi yararlandıklarını göstermiştir.

Farklı dozlarda yapraktan azotlu gübrelemeye farklı dikim sıklığı ile (*Allium sativum* L.) kalite, verim ve bazı fizyolojik parametreler arasındaki ilişkiler araştırılmıştır. Dikim sıklığı ile uygulanan azot dozu miktarı arasında bir paralellik durumunun olduğunu ve birbirlerini pozitif yönde etkiledikleri belirlenmiştir (Kurtar, 2000).

Azotlu ve fosforlu gübrelemenin biber bitkisinin büyüme ve gelişimine etkisi ve verime olan ivmesi incelenmiş olup, her iki gübrenin de büyüme ve verime etkisinin önemli düzeyde olduğu tespit edilmiştir (Çimrin ve ark., 2000).

Başka bir çalışmada ise Akdeniz ikliminde serada yetiştirilen biberin büyümesini, transpirasyonunu ve besin alımı üzerindeki etkileri incelenmiştir. Çalışmada beş sabit N seviyesi test edilmiştir. Bitkiler, iklim kontrollü bir serada aero-hydroponic bir sistemde büyütülmüştür. Maksimum gövde, yaprak kuru madde ve toplam meyve üretimi, çalışılan aralıkta artan N-NO₃: N-NH₄ oranı ile doğrusal olarak artmıştır. N-NO₃: N-

NH_4 oranı azaldıkça daha fazla kanopiye sahip daha kısa bitkiler elde edildiği belirtilmiştir (Bar-Tal ve ark., 2001).

Bar-Tal ve ark., (2001) $\text{N-NO}_3:\text{NNH}_4$ oranının artmasıyla birlikte biberde toplam verim artışı, meyve ortalama ağırlığını azaltan meyve fizyolojik bozukluklarındaki azalmadan kaynaklandığı bildirmişlerdir.

Ganmore Neumann ve Kafkafi, (1980) serada yetiştirilen biberin, NH_4 oranına göre domateslerden daha duyarlı olduğunu bildirmiştir; sürgün ve kök büyümesi için optimal N-NO_3^- ve NNH_4 oranları sırasıyla 3,5 ve 2,6 iken, domates için optimum $\approx 1,0$ olarak bulunmuştur. Yüksek NH_4 oranının kök büyümesi üzerindeki geciktirici etkisi, NH_4 'ün çilekte karbonhidrat tüketimi üzerindeki etkisi üzerine önerilen mekanizmanın aksine, klorofil ve karbonhidrat içerikleriyle ilişkili olmadığı belirtilmiştir.

Patlıcan genotiplerinde, azot alımı ve kullanım özelliklerini anlamak için yüksek azot uygulaması altında azot kullanım verimliliği araştırılan bir çalışmada meyve verimini, azot kullanım etkinliğini, azot tepkisini ve toplam azotu analiz edilerek, on patlıcan genotipinde azot kullanım verimliliğindeki genotipik değişimi incelenmiştir. Sonuçlar, her bir azot uygulama oranı ne olursa olsun farklı patlıcan genotipleri arasında meyve verimi, azot kullanım etkinliği, azot yanıtı ve toplam azot bakımından önemli genotipik değişiklikler olduğunu göstermiştir. Bu analiz sayesinde, toplam azotun, azot kullanım etkinliği üzerindeki etkisinin azot kullanım verimliliğinden daha önemli olduğu bildirilmiştir (Xue, Q ve ark., 2006).

Sungur ve Müftüoğlu (2004 ve 2006) tarafından yapılan çalışmalarda Rio Grande çeşidi domates fidelerine kalsiyum karbonat dozu uygulanarak büyütülmüş ve üst gübre olarak kalsiyum nitrat kaynaklı azot kullanılarak en yüksek verimin elde edildiği belirtilmiştir.

Giuffrida, Francesco ve ark., (2012) yapmış olduğu bir çalışmada topraksız bir kapalı sistemde etkinliği azaltılmış bir besin çözeltisinin kullanılmasının biber üretimini ve kalitesini nasıl etkileyebileceğini, su ve minerallerin kullanım verimliliğini nasıl artırabileceğini tespit etmeyi amaçlamışlardır. Bu amaçla aynı iyon oranıyla belirtilen %100 veya %60'a eşit makro besin konsantrasyonu ile karakterize edilen iki besin çözeltisini kullanmışlardır. Toplam verim, uygulanan muameleler arasında farklılık göstermemiştir. Bununla birlikte, düşük besin konsantrasyonu pazarlanamayan meyvelerin (çiçek burnu çürüklüğü) görülme sıklığında önemli bir azalma görülmüştür ve dolayısıyla pazarlanabilir bir üretimde (+%15) artış belirlenmiştir. Meyve kalitesi özellikleri içerisinde, kuru madde içeriği ve titre edilebilir asitlik, tam kuvvetli besin

çözeltisinin benimsenmesiyle önemli ölçüde daha yüksek bulunmuştur. Ana besin maddelerinin kullanım etkinliği için benzer bir durum izlemişler ve düşük konsantrasyonlu besin çözeltisi ile pazarlanabilir domateslerin ton başına salınan azot, fosfor ve potasyum miktarları kontrol grubundan sırasıyla %83, %80 ve %81 daha düşük olarak tespit edilmiştir. Topraksız kapalı bir sistemde biber yetiştiriciliği için azaltılmış konsantrasyonlu bir besin çözeltisinin kullanılması toplam verimi etkilememiş ama su ve minerallerin kullanım verimini arttırmıştır. Sonuç olarak, sistemin çevresel etkisinin büyük ölçüde azaltıldığını da bildirmişlerdir.

Başka bir çalışmada ise serada yetiştirilen tatlı biber (*Capsicum annuum* L.) ile malçlı kumlu toprak üzerinde çalışma yapılmıştır ve geri dönüştürülmüş belediye atık suları ile inorganik gübre arıtımı ile gübreleme yapılmıştır. Çalışmada beş muamele uygulanmıştır: azot (N) ve potasyum (K), (N0K0) kontrol ve olası dengesizlikler için olarak dört farklı N ve K dozu: N1K1.5, N1.5K1 ve N1.5K1.5. N1K1 yerel şartlarda önerilen oranlar; (125 kg/N ha ve 193 kg /K ha) idi. Uygulama başına sekiz bitki beş büyüme evresinde (fide dikiminden sonra DAT, 0, 56, 84, 113 ve 155 gün) toplanarak her örnekleme tarihi için kuru madde (DM) ve N, fosfor (P), potasyum (K), kalsiyum (Ca) ve magnezyum (Mg) konsantrasyonlarında meyve, yaprak, gövde ve budama atıkları ölçülmüştür. Tüm işlemler için, bitki tarafından en büyük besin ekstraksiyonu süresi, en büyük kuru madde birikimine denk gelen 113 ile 155 DAT arasında gerçekleşmiştir. Bitki besin dağılımı, meyvenin en büyük N, K ve P azaltıcısı olduğunu göstermiştir. NK seviyeleri, bitkisel büyüme, meyvecilik ve meyve büyümesi dönemlerinde DM ve besin alımı üzerinde bir etki göstermemiştir. Bitkinin besin alımı, uygulanan NK seviyesinden etkilenmediği belirtilmiştir. NK oranları, geri kazanılmış belediye atık suları kullanıldığında, bitkisel büyüme, çiçeklenme ve erken meyve gelişim dönemlerinde bitki tarafından DM ve besin toplam alımını azaltmadan önemli ölçüde düşürülebileceği vurgulanmıştır. Hasat dönemi için daha yüksek oranda N ve K içeren gübreleme, sera biberini yetiştirmek için yeterli ve sürdürülebilir bir prosedür olarak kabul edilebileceği belirtilmiştir (Contreras ve ark., 2012).

İslahçılar, gıda kalitesi ve güvenliği ile çevre sorumluluğu ve sürdürülebilirlik konularında yeni ve büyüyen standartlarla karşı karşıyadır. Bu nedenle yapılan araştırmanın amacı, meyve verimini veya kalitesini olumsuz etkilemeden, sebzelerde azot kullanım verimliliğini (NUE) artırarak çevre kirliliğini azaltmaktır. Farklı vejetatif güce sahip olan dolmalık biber çeşitlerine 9.2, 56.2, 102.3 ve 158.5 mg • L azot (N)

içeren besin çözeltileri damlama sulama ile verilmiştir. Meyve verimi, kalitesi ve besin değeri ölçülmüştür. Azot dengesi, toprakta ve bitki dokularında N miktarı analiz edilerek belirlenmiştir. Biberler 56.2 mg L N ile sulandığında maksimum verim elde edilmiştir. Azot konsantrasyonları 102.3 ve 158.5 mg · L N, sırasıyla çevreye 400 ve 800 kg ha N yüklerken, 56.2 mg L N konsantrasyonu için N, bitkiler tarafından neredeyse tamamen alınmış ve kullanılmıştır. Azot uygulamalarının biber meyvesinin fiziksel veya kimyasal kalite parametreleri üzerinde şeker içeriği ve asitliğine önemli olumsuz bir etkisi olmamıştır. Azaltılmış N uygulaması, β-karoten ve likopen içeriği veya toplam antioksidan aktivite gibi biber meyvesinin besinsel kalite bileşenlerini etkilememiştir. Güçlü genotipler, daha verimli N kullanmıştır ve sonuçlar, yoğun tarım alanlarının çevresel etkisinin, meyve suyu verimine veya kalitesine zarar vermeden N uygulama seviyesini düşürerek ve geliştirilmiş N kullanım verimliliği olan çeşitler benimseyerek nasıl en aza indirilebileceğini göstermektedir (Hagai ve ark., 2013).

Açık alan koşullarında aşılı ve aşısız kavun bitkileri üç azot (N) oranıyla (75, 150 ve 225 kg ha) verim ve meyve kalitesi açısından değerlendirilmiştir. 'Ferro RZ' melezi (*Cucurbita maxima* Duchesne × *C. moschata* Duchesne) anaç olarak kullanılmıştır. N gübreleme oranının 75 den 150 kg ha arttırılması, pazarlanabilir verimi % 27 arttırırken, N oranının 150'den 225 kg ha yükseltilmesi kavun üretimini % 11 azaltmıştır. Pazarlanabilir verim, aşılınmayan bitkilere kıyasla aşılama %19 daha yüksektir. N gübreleme oranının 75'den 150 kg ha arttırılması, yeşil aksam kuru biyokütlenin, 150 kg ha N ile kaydedilen en yüksek değerle arttığı kaydedilmiştir. Azot ve toplam çözünür kuru madde (SÇKM) içerikleri, 150 kg ha olan bitkilerde kaydedilen en yüksek değerlerle N gübreleme artışına cevap olarak artmıştır. Buna karşılık, kuru madde, aşılınmamış bitkilerden toplanan meyvelerdeki SÇKM içerikleri, aşılınmış bitkilerden %8.8 oranında daha yüksek olduğu bildirilmiştir (Salar ve ark., 2014).

Biber de (*C. annuum* L.) için en iyi $\text{NO}_3^- / \text{NH}_4^+$ oranını azot gübreleme stratejileriyle ve CO_2 ile zenginleştirilmesiyle birlikte etkisini değerlendirmek amacıyla kontrollü çevresel koşulları olan iklim odasında çalışma yapılmıştır. Biber bitkileri farklı N rejimleriyle sulanmıştır bu oranlar: $\text{NO}_3^- / \text{NH}_4^+$ 100/0 (T1), 100/0 + üre (T2), 90/10 (T3), 50/50 (T4) ve 25/75 (T5) 'dir. Bu uygulamalar standart (400 ppm) ve yüksek (800 ppm) CO_2 konsantrasyonunda uygulanmıştır. Hem anyon konsantrasyonları (NO_3^- ve Cl^-) hem de katyon konsantrasyonları (Na^+ , K^+ , Ca^{2+} , P^+ , Mn^{2+} ve Mg^{2+}), deney sonunda alınan yapraklarda belirlenmiştir. Ek olarak, her ortam değişim periyodundan sonra gaz

değişimi (net CO₂ asimilasyonu (ACO₂) ve buharlaşma (E)) ölçülmüş ve bu parametreler A / E oranı olarak anlık su kullanım verimliliğini (WUEi) belirlemek için kullanılmıştır. Bu çalışmanın en önemli sonuçları, en yüksek WUEi'nin 90/10 ile muamele edilmiş yüksek CO₂ konsantrasyonu altında yetiştirilen bitkilerde gözlemlendiğini göstermiştir (standart CO₂ konsantrasyonu ve 100/0 oranı bakımından %76.78). Düşük oranlarda NH₄⁺ (90/10) uygulanması, Ca²⁺ (%16.97), Mg²⁺ (% 21.32), Na⁺ (%98.90) ve K⁺ (%5.35) gibi bazı yaprak iyon konsantrasyonlarını azaltmıştır, ancak Mn²⁺ (% 102.78) artmıştır. Yüksek CO₂ ve NH₄⁺ 'ün birlikte uygulanması, aşağıdaki iyon konsantrasyonlarında daha büyük bir azalmaya neden olmuştur: Ca²⁺ (%31.06), Mg²⁺ (%39.85), Na⁺ (% 69.93), K⁺ (% 15.62) ve NO₃ ((79.56) Özetle, en iyi su kullanım verimliliğini sağlayan kombinasyon, NH₄⁺ (90/10) katkısı düşük olan yüksek CO₂ konsantrasyonu olmuştur. Bununla birlikte, hem CO₂ hem de amonyumun etkisine bağlı olarak belirli besin maddelerinin azaltılmış alımının nasıl çözüleceği konusunda daha fazla çalışmaya ihtiyaç olduğu bildirilmiştir (del Amor ve ark., 2015).

Bitki ıslah programları nadiren açıkça yüksek performanslı hatları seçmede kök özelliklerini dikkate almaktadır. Bahçecilikte kaynak kullanım verimliliğine verilen önem arttıkça, besin alımına bağlı kök özelliklerini tanımlamaya ihtiyaç duyulmaktadır. Aşılama, ıslah programlarına dahil edilecek faydalı kök özelliklerini tanımlamak için bir temel sağlayabilir. Kendine aşılı 'Warlock' 11 anaç (*C. chinense*) üzerine bir kalem olarak standart bir ticari çeşidini ('Warlock') kullanarak, biberin kök özellikleri ile dolmalık biberin (*C. annuum*) biyokütlesi arasındaki ilişkiyi araştırmak için araştırma yapılmıştır ve kontrol olarak 'Warlock' kullanılmıştır. Rhizoboxes lar 5 haftalık bir büyümenin ardından, bitkiler, biyokütle ve kök özelliklerini (toplam uzunluk, yüzey alanı, hacim ve ortalama çap) belirlemek için hasat edilmiştir ve anaçların etkisi, yeşil aksam biyo-kütlenin kontrole göre % -12 ile + 65 arasında farklılık göstermesine neden olmuştur. Bu durum, yabani genotiplerin bazı ana kütlelerinin yeşil aksam üzerinde bir büyüme için daha fazla toprak kaynağından yararlanabileceğini göstermektedir. Kök görüntülerin analizi, sekiz katılımlın kontrole kıyasla çekimlere daha büyük bir biyokütle ile önemli ölçüde daha büyük kök yüzey alanı ve hacmi ürettiğini göstermiştir. Gövde biyokütlesi, kök uzunluğu (R² = 0.484), kök yüzey alanı (R² = 0.424) ve kök hacmi (R² = 0.355) ile anlamlı olarak korelasyon içindedir. Bu korelasyonlar, bazı anaçların, kök büyümesine nispeten daha küçük bir fotosentetik yatırımıyla daha büyük yeşil aksam biyokütle üretme yeteneğine sahip olduğunu göstermiştir. Bu sonuçlar, anaç olarak

yabani genotiplerin seçilmesinin, daha büyük bir üst aksam biyokütlesi için dolmalık biberin kök sistemini iyileştirme potansiyeline sahip olduğunu açıklamışlardır (Nor ve ark., 2016).

Makedonya Cumhuriyeti'ndeki biber üreticileri son yıllarda verimi artırmak için damla sulama sistemlerini kullanmışlardır. Ancak sulama programlaması ve biber verimini en üst düzeye çıkarmak için azotlu gübrenin kesin gerekliliği ile ilgili daha fazla araştırmaya ihtiyaç olduğunu belirtmişlerdir ve bu nedenle, serada azotlu gübre kullanım verimliliğini (NFUE) belirlemek ve biberin sulama ve gübreleme rejiminden etkilenme potansiyelini verebilmek için iki yıllık bir deney yapılmıştır. Bu çalışmada dört deneysel muamele uygulanmıştır. Uygulamalardan üçü damla sulama ile verilmiştir (DF1, DF2, DF3), dördüncü işlem ise geleneksel gübrelemeyle (ØB) karıklara verilmiştir. NFUE tespiti için %1'lik konsantrasyonda kararlı bir azot izotop (^{15}N) içeren etiketli üre uygulanmıştır. Bu çalışmanın sonuçları açıkça NFUE ve biber veriminin sulama ve gübreleme rejimine bağlı olduğunu göstermiştir. Yani NFUE, azotlu gübrelerin damla sulama sistemi ile konvansiyonel gübrelemeye kıyasla damla sulama sistemiyle uygulanmasıyla önemli ölçüde arttığı belirtilmiştir. Ayrıca, damlama ile gübreleme sıklığı NFUE'nin yüzde artışını olumlu yönde etkilemiştir. Ayrıca, sonuçlar damlama ile gübreleme işlemlerinin geleneksel gübrelemeye kıyasla önemli ölçüde daha yüksek biber verimi ile sonuçlandığını göstermiştir. Ayrıca, dört ve iki gün aralıkla (DF2 ve DF1) damla gübreleme sıklığı, tansiyometreler (DF3) kullanılarak planlanan damla gübrelemeye kıyasla daha yüksek verim ile sonuçlanmıştır. Genel olarak, yüksek NFUE ile kabul edilebilir biber verimine ulaşmak için, çiftçinin gelirini arttırmak ve çevresel etkiyi en aza indirmek için iki ile dört günlük sıklıkta damlama ile gübreleme önerilmiştir (Tanaskovik ve ark., 2016).

Kuscu ve ark. (2016) tarafından yapılan bir araştırmada ise yarı kurak bir iklimde yetişen kırmızı biberin farklı sulama ve azot seviyelerine tepkisini değerlendirmek amacıyla Marmara Bölgesi'nde arazi denemesi yapılmıştır. Bitkiler üç su seviyesine ve [tam sulama = %100 mahsul buharlaşması (ETc) ve iki eksik sulama = %66 ve %33 ETc geri verilmiş] ve dört N seviyesine (0, 80, 160 ve 240 kg/N ha) 2012, 2013 ve 2014 büyüme mevsimi boyunca tabi tutulmuştur. Tam sulamada en yüksek biyokütle ve pazarlanabilir verim değerleri gözlenmişlerdir. Eksik sulama, meyvede çözünür katı madde içeriğini önemli ölçüde arttırmıştır. Biyokütle verimi, pazarlanabilir verim ve meyve ağırlığı, artan azot seviyeleri ile önemli ölçüde iyileştirilmiştir. Tam sulamada

240 kg/N ha uygulama ile maksimum net geliri sağlanmıştır. Eksik sulama koşullarında N kaynağının artırılması, hem biyokütle verimine hem de pazarlanabilir verime dayalı su kullanım etkinliğini arttırmıştır. Bu sonuçlar, kırmızı biberin verimine, net gelir ve su verimliliğine bağlı olarak, 160-240 kg/ha azot gübrelemeli tam sulamanın, yarı kurak iklim şartları altında damlama sulama ve N gübrelemesi kırmızı biber için önerilmiştir.

Bir başka çalışmada ise, azotun etkin kullanımı (EUN), NO_3^- azaltmada rol alan kilit biyokimyasal, fizyolojik göstergelerinin analiz *C. annuum* L.'nin çeşit / anaç ilişkisinden yararlanarak meyve üretimi analizleriyle karakterize edilmiştir. Kombinasyonlar: Orangela/Terrano (O/T), Janette/Terrano (J/T), Fascinato/Terrano (F/T), Fascinato/Robusto (F/R), Tatlı / Robusto (S/R) idi. Ürünler üç spesifik tarihte hasat edilmiş ve sonuçlar aşılansız çeşitlerde EUN ve verim açısından istatistiksel olarak farklılıklar belirlenmiştir ($p < 0.05$). En büyük N asimilasyonu, değerlendirilen tüm çeşit / anaç kombinasyonlarının maksimum verimi ile çakışan Fascinato/Robusto kombinasyonu ile değerlendirilmiştir. Bu nedenle aşılansız biber bitkileri, doğal kaynakların şiddetli kirlenmesini ve sürdürülebilir ve sağlıklı bir ürün üretimini sürdürmek için yararlı etkileri olan EUN'u geliştirmek için on yıllardır hızlı, ekolojik ve etkili bir teknik olarak kullanılmıştır (Liliana Garcia-Banuelos ve ark., 2017).

Yapılan başka bir çalışmada ise N verimliliğindeki genotipik farklılıkları belirlemek amacıyla Gana'nın bazı yerel mısır çeşitleri taranmış ve özellikle düşük azot koşulları altında bitki ıslahçılarına ve çiftçilere verimli ancak yüksek performanslı çeşitler belirlemek ve önermek amaçlanmıştır. Toplam 8 yerel mısır çeşidi (beyaz Abontem, Honampa, sarı Abontem, Kunjorwari, Sanzalsima, Ewulboyu, Wandataa ve Tintim) ve 2 melez (OSSK 644 ve DKC 7211), topraksız ortamda 6 hafta boyunca kontrollü bir büyüme odasında düşük (0.3 mM) ve yüksek (3.0 mM) azot dozları altında yetiştirilmiştir. Mısır çeşitlerinin N alım ve kullanma yeteneklerinin önemli ölçüde değişmiştir. Çeşitler arasında gözlenen farklılıklar anlamlı bulunmuştur. Biyokütle üretimine dayanarak, Honampa, OSSK 644 ve White Abontem düşük -N altında verimli ve yüksek N altında yüksek derecede duyarlı bulunmuştur. Tintim ve Ewulboyu sadece N arzının yüksek olmasına karşılık duyarlı bulunmuş, Kujorwari düşük -N altında etkili olmuş ve diğer çeşitler ne duyarlı ne de etkili olarak belirtmişlerdir. İyi gelişmiş güçlü kök sistemlerini, N verimli çeşitlerin N etkinliğine katkıda bulunan en önemli faktör olarak görüldüğü bildirmiştir (Abubakar, 2017).

Lorenzoni ve ark, (2018) yaptıkları bir çalışmada, gaz değişimini (net fotosentez, stoma iletkenliği, terleme, iç karbon konsantrasyonu ve anlık karboksilasyon verimliliği) azot ve potasyum ile gübreleme altındaki yaprak ve köklerde kuru ağırlık birikimini değerlendirmek amacıyla yapmışlardır. İşlemler, dört azot dozu (0; 73.4; 146.8 ve 293.6 kg/ha N) dört doz potasyum (0; 53.3; 106.7 ve 213.4 kg/ha K) kombinasyonlarından oluşmuştur. Gaz değişiminin değerlendirilmesinde ışık kaynağı (600 $\mu\text{mol m}^2/\text{s}$ ışınlaması) ile birleştirilmiş bir kızılötesi gaz analiz cihazı (IRGA) kullanılmıştır. N ve K'nin net fotosentez ve yaprak ve kök kuru ağırlığı üzerinde anlamlı bir etkileşimli etkisi olduğu belirtilmiştir. Kök kuru ağırlığı bu etkileşimi en iyi ifade eden değişken olarak bildirilmiştir. Ölçülen fizyolojik değişkenler azotlu gübrelemeye K gübrelemesine göre daha duyarlı bulunmuştur. 147 ve 294 kg/ha arasındaki azot dozlarının uygulanmasıyla stoma iletkenliği, terleme, iç karbon konsantrasyonu ve karboksilasyon veriminin optimum değerleri elde edilmiştir.

Diğer bir çalışmada ise başlangıçta bazı yerel ve hibrit domates çeşitlerinin N etkinliği altındaki genotipik farklılıkları belirlemek ve bazı seçilmiş N-verimli domates çeşitlerinin aşı potansiyelini karşılıklı aşılama yoluyla tespit etmek amacıyla yapılmıştır. Kontrollü bir büyüme odasında farklı N oranları (düşük-N: 0.3 mM ve yüksek-N 3.0 mM) kullanılmıştır. Bu denemede 6 adet Türk ticari hibrit ve 8 adet Türk yerel domates çeşidi ve 4 adet Gana yerel domates çeşidi kullanılmıştır. HelenaF1 ve ALT 'N-etkin' çeşitler iken, P005 ve Karahidir 'N-etkinsiz' çeşitler olarak belirlenmiştir. II. Deneme sonuçlarına göre ise azot etkinliği en yüksek olan aşı kombinasyonu Karahidir/ALT(S1/R2) ve Karahidir/Helena (S1/R1) olarak tespit edilmiştir. Bütün bunlar açıkça N-etkin köklerin aşılama yoluyla domates bitkilerinin N etkinliğini arttırmak için kullanılabileceğini açıkça göstermiştir (Adam, 2018).

Tek N kaynağı olarak kullanılan NH_4^+ 'ün toksik olduğu ve toksisite derecesinin çevresel faktörlere bağlı olduğu iyi bilinmektedir. Bununla birlikte, CO_2 konsantrasyonu yüksek olduğunda, farklı $\text{NO}_3^-/\text{NH}_4^+$ oranlarının kullanımının etkisi hakkında çok az şey bilinmektedir. Bu nedenle, bu çalışmada, N-arzının optimal biçiminin yüksek CO_2 'de büyümeyi ne kadar arttırabileceği değerlendirilmiştir. Tatlı biber bitkileri (*C. annuum* L., cv. Melchor), farklı $\text{NO}_3^-/\text{NH}_4^+$ oranlarında (100/0 konsantrasyon yüzdesi içeren bir besin çözeltisi ile) ortam sıcaklığında veya yükseltilmiş CO_2 (400 veya 800 $\mu\text{mol mol}$) altında yetiştirilmiştir. 100/0 + yaprak üre (100 / U), 90/10, 50/50 veya 25/75). Sonuçlar, yüksek CO_2 ile birlikte düşük bir NH_4^+ (90/10) dozunun bitkiler üzerinde

faydalı etkilere sahip olduğunu göstermiştir. Bu bitkiler daha fazla büyüme, kök solunum hızı, su kullanım etkinliği ve klorofil floresansına sahip bulunmuştur. Ek olarak, toplam fenolik bileşikler ve askorbat peroksidaz aktivitesi önemli oranda etkilenirken, amino asit profili de değişmiştir. Bu çalışma, N formu ve CO₂ arasındaki N'nin alımıyla ilgili güçlü etkileşimi ortaya koymuştur; bu durum geleceğe yönelik daha iyi beslenme stratejileri oluşturmak için daha fazla araştırma yapılmasını gerektiğini ortaya koymuştur (Piñero ve ark., 2018).

Azot, bahçe ürünlerinin kalitesini belirlemede çok önemli bir role sahiptir ve yaprak gübreleme stratejileri, çevresel etkileri azaltırken ve tüketici sağlığı yararlarını potansiyel olarak artırıp, daha yüksek besin kullanımı verimi sağlayabilir. Escarole (*Cichorium endivia* L. var. *latifolium*) bitkileri, tam veya N'siz besin çözeltisi içinde büyütülmüştür ve farklı üre konsantrasyonları (0, 1, 5 ve 10 g/L) ile yapraklara püskürtülmüştür. Yapraklardaki toplam protein, yüksek üre konsantrasyonları ile arttırılmıştır. Ancak toplam fenolik ve toplam çözünür şeker seviyeleri daha düşük olmuştur. Besin çözeltisinde N almayan bitkilerde bulunan minerallerin içeriği, genel olarak üre uygulamaları ile önemli ölçüde artmıştır, ancak Cu ve Zn içerikleri azalmıştır. Sonuç olarak, yaprakta N gübrelemesi, besin özelliklerini geliştirmek için etkili bir strateji olarak bildirilmiştir (Otálora ve ark., 2018).

Azot kullanılabilirliği, bitki büyümesinin ve gelişmesinin kilit belirleyicisidir. Ürünlerde azot kullanım etkinliğinin (NUE) iyileştirilmesi önemli bir husustur. Karpuz gibi meyve ve sebzelerde, toprak kaynaklı hastalıkları kontrol altına almak ve bitki performansını bir dizi abiyotik strese göre iyileştirmek için anaçlardan yararlanılır. Bu çalışmada, 10 adet yabani karpuz anacının etkinliği değerlendirilmiştir (ZXG-516, ZXG-941, ZXG-945, ZXG-1250, ZXG-1251, ZXG-1558, ZXG-944, ZXG-1469, ZXG-1463, ve ZXG-952). Karpuz çeşidinin bitkinin büyümesini ve azot kullanım verimliliğini (NUE) arttırmak için: Zaojia 8424 kullanılmıştır. Azot kullanım etkinliği (NUE), bir bitkinin azotu (N) absorbe etme ve sağlanan kaynakları kuru biyokütleye dönüştürme yeteneğini temsil eden kapsamlı bir parametredir. Yabani karpuz anaçları, bitki büyümesini, fotosentez hızını, stoma iletkenliğini, hücre içi karbondioksit konsantrasyonunu, terleme hızını, azot alım verimliliğini, azot kullanım etkinliğini ve karpuz azot kullanım etkinliğini önemli ölçüde iyileştirmiştir. ZXG-945, ZXG-1250 ve ZXG-941 üzerine aşılınmış karpuz NUE, optimum N kaynağında sırasıyla %67, %77 ve %168 oranında arttırdığı belirtilmiştir. Benzer şekilde, düşük N kaynağında (0.2

mM), ZXG-1558 ve ZXG-516 üzerine aşılanmış karpuzlar NUE'si sırasıyla %104 ve %175'e kadar geliştirilmiştir. Sonuç olarak, bazı yabancı anaçlara aşılama, karpuzun azot kullanım etkinliğini artırabilir ve bu gelişmiş azot kullanım etkinliği, yabancı karpuz anaçlarının daha iyi N alım etkinliğine bağlanmıştır (Nawaz ve ark., 2018).

Damla sulama yöntemiyle gübrelenmiş karpuzun amonyum sülfat şeklinde uygulanan farklı azot oranlarına (0, 10, 20, 30 ve 40 g / m³ N) verdiği yanıtı araştırmak için 2016 ve 2017 büyüme mevsimi boyunca iki yıllık bir arazi denemesi yapılmıştır. Azot (N) ve kükürt (S) 'nin ortak etkisi araştırılmıştır. Sulama suyu kullanım etkinliği (IWUE) farklı N seviyelerinde de değerlendirilmiştir. Sulama suyundaki N seviyeleri verim parametreleri üzerinde önemli bir etki yarattığı belirtilmiştir (toplam ve ticari verim, kuru madde verimi, bitki verimi ve meyve sayısı). N seviyesinin artırılması, meyve uzunluğu ve meyve taze ağırlığında da önemli artışlar sağlamıştır. IWUE ayrıca yüksek N seviyelerinde de önemli ölçüde iyileştirilmiştir. Modern teknikler kullanılarak yapılan birleştirme, N'nin ürüne amonyum sülfat olarak N ile 30-40 g/m³ seviyelerinde verilmesine etkin bir yöntem olarak bildirilmiştir (Alkhader, 2019).

2. BÖLÜM

MATERYAL VE YÖNTEM

2.1. Materyal

Çalışma, Erciyes Üniversitesi, Seyrani Ziraat Fakültesi Bahçe Bitkileri ve Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü sera, yetiştirme odası ve laboratuvarlarında yürütülmüştür.

Bitkisel Materyal: Çalışmada, çeşitli yerlerden temin edilen biber saf hatları ve çeşitler kullanılmıştır. Scarface ve Yaocalı ise ticari biber anaçlarıdır.

Çalışmada kullanılmış olan biber hatlarının isimleri ve kaynakları Tablo 2.1’de verilmiştir.

Tablo 2.1. Hat/Çeşitlerin adı ve temin edilen yerler

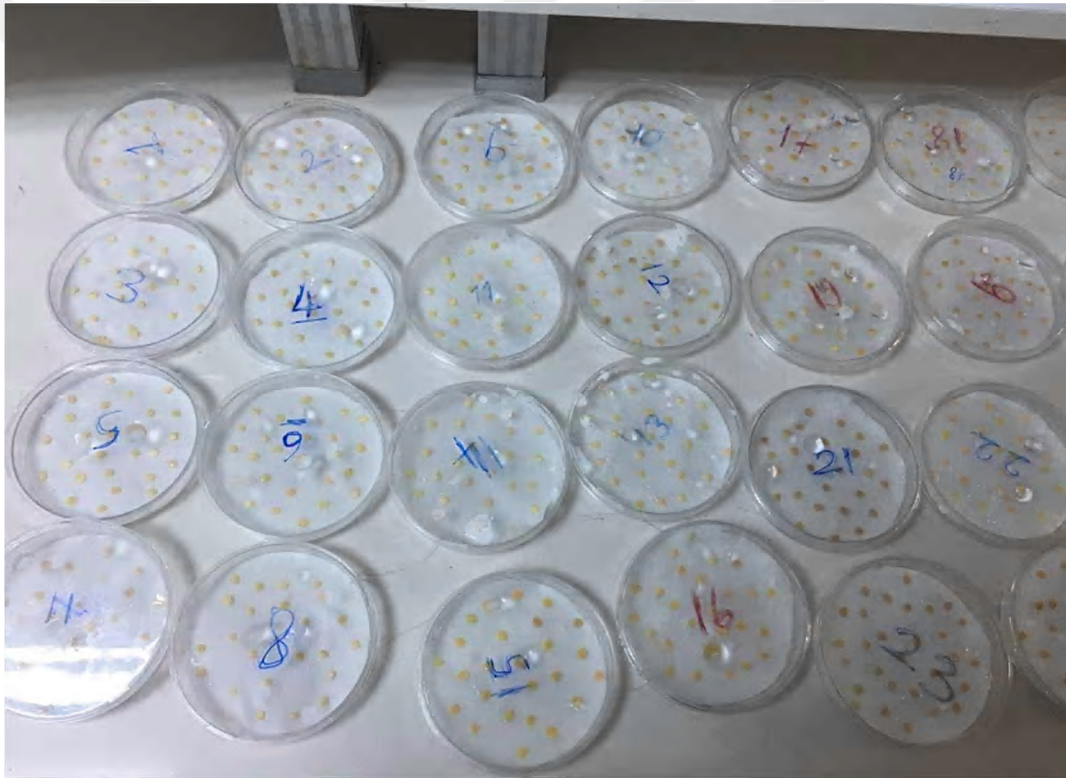
Hat/Çeşidin adı	Temin Edilen Yer
1- 21-H-1-1	Zir. Müh. Hayatı Kar
2- ERÜ 457	Doç. Dr. Hasan PINAR
3- ERÜ 1248	Doç. Dr. Hasan PINAR
4- 24-H-6	Zir. Müh. Hayatı Kar
5 -AH-2-3	Zir. Müh. Hayatı Kar
6- 33-H-1-1	Zir. Müh. Hayatı Kar
7- 17-H-2-3	Zir. Müh. Hayatı Kar
8- 29-H-10	Zir. Müh. Hayatı Kar
9- 21-H-1-2	Zir. Müh. Hayatı Kar
10- ERÜ 1227	Doç. Dr. Hasan PINAR
11- ERÜ 462	Doç. Dr. Hasan PINAR
12 -11B14	Zir. Müh. Hayatı Kar
13- B5-11-2	Zir. Müh. Hayatı Kar
14- B5-11-4	Zir. Müh. Hayatı Kar
15 -5K-3-1	Zir. Müh. Hayatı Kar
16 -3SB F1 SİVRİ	Zir. Müh. Hayatı Kar
17-SCARFACE F1	Piyasadan (anaç)
18 -YAOICALI F1	Piyasadan (anaç)

2.2. Yöntem

2.2.1. Birinci Deneme (Tarama- Screening) Çalışması

2.2.1.1. Fidelerin Yetiştirilmesi

Fide yetiştirmek amacıyla 18 farklı biber saf hattının çimlenme durumları göz önünde bulundurularak petriye (Şekil 1) ekilmiştir. Çim ucu çıkan tohumlar 2:1 torf-perlit karışımı içeren (EC: 0.36 d/S m⁻¹, pH: 6.0-6.5) 10x7=70'lik viyollere ekilmiştir (Şekil 1). Fideler iki gerçek yaprak aşamasına kadar serada yetiştirilmiştir. İki gerçek yapraklı aşamada fidelerin kökleri yıkanarak 8 litrelik saksılarda havalandırılmış durgun su kültürüne dikilmiştir (Şekil 2.1).



Şekil 2.1. Petriye ekilmiş biber tohumları.

2.2.1.2. Durgun Su Kültürünün Kurulması

Bitkiler iki farklı azot dozu seviyesinde (0.3 mM N ve 3.0 mM N) 8 litrelik plastik kovalarda sürekli hava devirdaiminin sağlandığı ve içerisinde bitki besin çözeltisinin yer aldığı hidroponik bir sistemde tesadüf parselleri deneme desenine göre üç tekerrürlü ve her tekerrürde iki bitki olarak yetiştirilmiştir (Şekil 2.2). Besin çözeltisindeki besin elementlerinin konsantrasyonu şu şekilde ayarlanmıştır: 1125 µM Ca(NO₃)₂, 375 µM (NH₄)₂SO₄ (Yüksek-azot: 3.0 mM N, Düşük-azot: 0.3 mM N), 750 µM K₂SO₄, 650 µM

MgSO₄, 500 µM KH₂PO₄, 10 µM H₃BO₃, 0.5 µM MnSO₄, 0.5 µM ZnSO₄, 0.4 µM CuSO₄, 0.4 µM MoNa₂O₄, ve 80 µM Fe EDDHA

Su kültürü ortam pH'sı 6.5-7 arasındadır ve yetiştirme ortam çözeltisi yedi günde bir değiştirilmiştir. Sera koşullarında besin çözeltisinde beş hafta süren denemede bitkiler, bitkisel gelişim bakımından bir seçime tabi tutulmuştur.



Şekil 2.2 Havalandırılmış durgun su kültürüne dikilmiş biber fideleri.



Şekil 2.3. Deneme başlangıcından itibaren yaklaşık 4 hafta sonraki genel görünüm (1. deneme).

2.2.1. İkinci Deneme

Birinci deneme sonucunda azot-etkin ve azot-etkinsiz olarak uç değerlerde yüksek ve düşük olarak öne çıkan 4 adet genotip seçilmiştir. Seçilen genotipler karşılıklı olarak birbirleri üzerine aşılanmıştır.

2.2.1.1 Aşılama Tekniği ve Aşamaları

Aşılama hem kalem hem de anaç olarak kullanılan biberlerin tohumları anaç ve kalem çıkış tarihine göre, önce petride kontrollü ortamda çimlendirilmiş ardından da 2:1 oranında torf-perlit karışımı ile doldurulmuş, viyollere ekilmiştir. Fideler aşılama aşamasına gelinceye kadar serada; gündüz 16 saat ışıklama, 25-26°C sıcaklık, %50 Nem, 12 klux m⁻²/s ışık şiddetinde yetiştirilmiştir. Aşılama tüp aşısı yöntemine göre yapılmıştır. Aşılama işlemi 21.09.2018 tarihinde yapılmıştır. Aşılama öncesinde aşılama alet ekipman (bisturi, klips, mandal) %75 etil alkol ile dezenfekte edilmiştir. Aşılama anaçlarda, 1-2 gerçek yaprağın oluşmaya başladığı dönemde, kalemlerde ise ilk gerçek yaprağın oluştuğu dönemde yapılmıştır. Aşısı yaparken anaç ve kalem kotiledonun altından eğimli ya da düz kesilerek bir tüp yardımı ile tutturulmuştur (Şekil 2.4).



Şekil 2.4.a) aşı aşamasındaki fideler b) aşılama aşaması c) aşılanmış biber fidesi d) aşı sonrası bakım ünitesi.



Şekil 2.5. Dikime hazır aşılı biber fideleri.



Şekil 2.6. Aşılantmış fidelerin durgun su kültürüne dikimi.

Aşılantmış bitkiler 3 klük m² /s ışık şiddeti, %95 oransal nem ve 27° C sıcaklığa sahip olan 50 L plastik aş kaplarında 7-8 gün boyunca muhafaza edilmiştir. Aşılı bitkilerin günlük 10-15 dakika yüksek rutubetten kaynaklı oluşabilecek hastalıklara karşı havalandırılmıştır. Hastalıklara karşı %50 Captan LD50 Captan: 900 mg/L ile ilaçlanmıştır. İlk 6-7 gün işlemler bu şekilde tekrarlanmış olup daha sonra aşılı bitkileri dış ortama alıştırmak için plastik kapların kapakları tamamen kaldırılmıştır.

2.2.3. Birinci ve İkinci Denemelerde İncelenen Bitkisel Parametreler

2.2.3.1. Yaprak Klorofil (SPAD) Değerleri

Yaprakta bulunan pigmentlerin miktarı bitkinin ne derece fotosentez kapasitesine sahip olduğunu göstermek açısından önemlidir. Her yedi günde bir her tekrürde iki okuma şeklinde tam gelişmiş yapraklardan SPAD cihazı (SPAD-502, Minolta corporation, Ltd. Osaka, Japan) ile ölçülmüştür (Konica Minolta Sensing, Inc. 2003) (Şekil 2.7).



Şekil 2.7. Yaprakta SPAD ölçümü.

2.2.3.2. Fotosentez Ölçümleri ($\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$)

Denemeye başladıktan sonra her on beş günde bir tam gelişmiş yapraklardan fotosentez ölçümleri yapılmıştır (LI-6400XTP model) (Şekil 2.8).



Şekil 2.8. Yaprakta fotosentez ölçümü.

2.2.3.3. Bitki Boyu (cm)

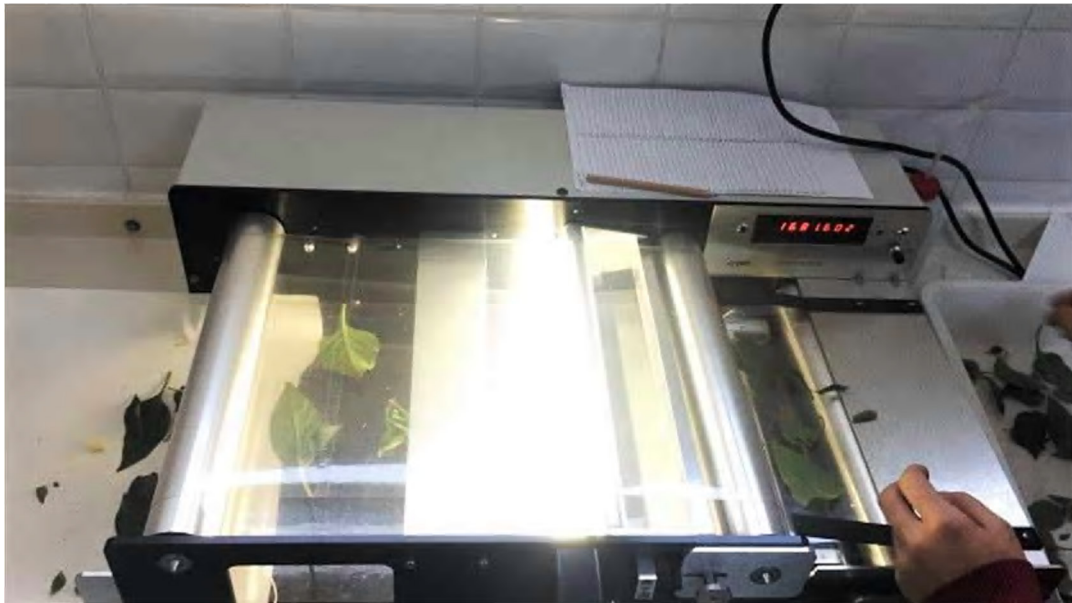
Kök boğazı ile bitki uç kısmı arası mezür yardımıyla cm cinsinden ölçülmüştür (Şekil 2.9).



Şekil 2.9. Hasat sonrası bitki boyu ölçümü.

2.2.3.4. Yaprak Alanı (cm²/bitki)

Hasat sonrasında tüm yapraklar LI 3100 C Model Yaprak Alanı Ölçme Cihazıyla toplam yaprak alanı cm²/bitki olarak ölçülmüştür (Şekil 2.10).



Şekil 2.10. Yaprak alanı ölçümü.

2.2.3.5. Yeşil Aksam ve Kök Ağırlığı (Yaş ve Kuru) (g/bitki)

Bitkiler hasat edildikten sonra tüm bitkisel aksam kök ve yeşil aksam olmak üzere iki kısma ayrılarak gövde yapraklarla beraber tartılıp yaş ağırlığı belirlenmiştir. Kökler besin çözeltilisinden yeni çıkarıldıkları için fazla miktarda yüzeylerinde su olacağından önce kuru bezle hafif kurulanıp ardından hassas terazide yaş ağırlık ölçülmüştür. Taze ağırlığı tayin edilmiş olan gövde (gövde + yaprak) ve kök örnekleri kese kağıtları içerisinde 70°C'lik etüvde sabit ağırlığa ulaşuncaya kadar kurumaya bırakılmıştır. Sonrasında kurumuş yeşil aksam ve kök örnekleri etüvden çıkarılıp tartılarak kuru ağırlıkları belirlenmiştir (Şekil 2.11).



Şekil 2.11. Yeşil aksam ve kök yaş ağırlıkları ölçümü.

2.2.3.6. Yaprak Klorofil ve Karotenoid Miktarı

Hasattan bir gün önce, UV-VIS Spektroskopik yöntem (Lichtenthaler, 1987) kullanılarak yaprak toplam klorofil ve karotenoid içeriklerinin ölçülmesi için iki uygulamanın her bir tekerrüründen 100 mg (0.1 g) taze yaprak örneği alınmıştır. Örnekler, %95 konsantrasyonluk 10 ml etilen alkolün ilave edildiği 15 ml kapaklı kaplara konulmuştur. Daha sonra yaprak pigmentlerinin ekstraksiyonuna izin vermek için gece boyunca oda sıcaklığında karanlıkta tutulmuştur (Şekil 2.12). Ölçümler

spektrometre (UV / VS T80 +PG Instruments Limited, UK) ile 470 nm, 648.6 nm ve 664.2 nm dalga boylarında yapılmıştır. Toplam klorofil (Total-Chlo) ve toplam karotenoid (TC), Lichtenthaler (1987) aşağıdaki formül kullanılarak spektrometrik okumalardan hesaplanmıştır (Şekil 12).

$$K_a = (13.36 D_{664.2} - 5.19 D_{648.6}) * 8.1 / KDA \text{ (mg/g KDA)}$$

$$K_b = (27.43 D_{648.6} - 8.12 D_{664.2}) * 8.1 / KDA \text{ (mg/g KDA)}$$

$$K_a + b = (5.24 D_{664.2} + 22.24 D_{648.6}) * 8.1 / KDA \text{ (mg/g KDA)}$$

$$K_x + c = (4.785 D_{470} + 3.657 D_{664.2} - 12.76 D_{648.6}) * 8.1 / KDA \text{ (mg/g KDA)}$$

D648.6 = 648.6 nm dalga boyunda okuma değeri, **D664.2** = 664.2 nm dalga boyunda okuma değeri, **D470** = 470 nm dalga boyunda okuma değeri, **KDA** = Kuru doku ağırlığı (mg) (Lichtenthaler, 1987).



Şekil 2.12. Yaprak örneğinde klorofil ve karotenoid analizi.

2.2.3.7. Nitrat Redüktaz Aktivitesi (NRA)

Nitrat redüktaz enzim analizi Harley (1993) tarafından önerilen prosedür kullanılarak yapılmıştır. Hasat sırasında; taze bitki örneği alınıp örnek başına 2 gr olarak tartılıp, parçalara ayrılmıştır ve falcon tüplerine yerleştirilmiştir. Tüplerin üzeri T0 ve T60 olarak etiketlenmiştir. Tüplerin, ışığa maruz kalmasını önlemek için alüminyum folyo ile kaplanmıştır. 10 ml deney tamponu çözeltisi [100 mM fosfat tamponu, pH 7.5; 30

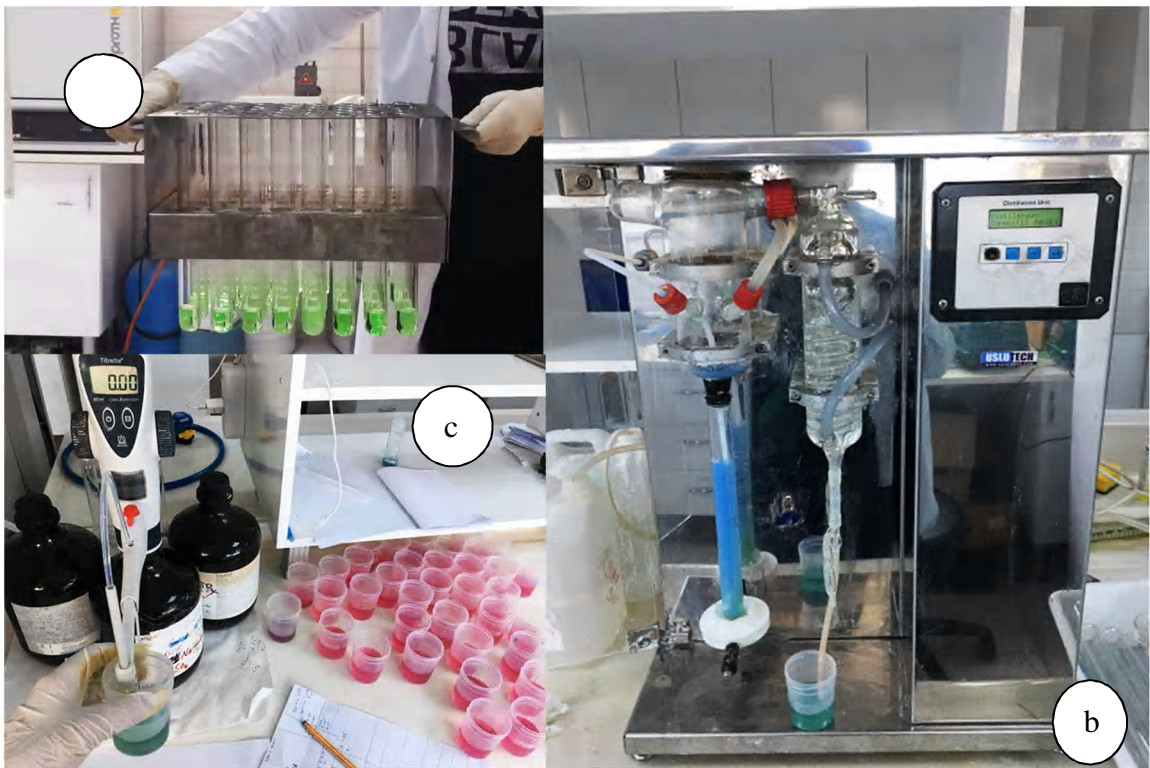
mM KNO_3 ; her birine %5 (v/v) propanol] ilave edilip T0 tüpü 5 dakika kaynar suda bekletilip çıkarılmıştır ve oda sıcaklığında soğumasına izin verilmiştir. Öte yandan T60 tüpleri, 60 dakika boyunca oda sıcaklığında tutulduktan sonra, 5 dakika boyunca kaynar su içerisinde bekletilmiştir ve daha sonra oda sıcaklığında soğutulmuştur. Nitritin saptanmasına yardımcı olmak için örnekler renk geliştirme reaktifi eklenmiştir. Bu işlemde, 5 ml sülfanilamid (%25 HCl içinde %1 sülfanilamid) ve %0.02 N- (1-naftil) - etilendiamin hidroklorür (NEED) çözeltileri ilave edilip kuvvetlice çalkalanarak rengin gelişmesi için 20 dakika beklenilmiştir. Örneklerdeki nitrit düzeyini kıyaslamak için, içeriği belli olan stok nitrit çözeltisinden (25 mM (nmol/ml) KNO_2) farklı oranlarda standartlar hazırlanmıştır. Daha sonra bu standart tüplerin içerilerindeki nitrit miktarını belirleyebilmek için, nitriti mor renge çeviren bir reaktif karışımdan (%1 sülfanilamide 3N HCl ve 0.02 % N-(1-naphthyl)-ethylenediaminehydrochloride) 10 ml tüm tüplere eklenip karanlık odada 15 dakika bekletilmiştir. Daha sonra her bir standart tüp 540 nm dalga boyunda spektrometre ile belirlenmiştir. Daha sonra bu standartlara göre renk kalibrasyon eğrisi elde edilmiştir. Bulunan değerler standart kalibrasyon eğrisinde kıyaslanmıştır (Şekil 2.13).



Şekil 2.13. Nitrat redüktaz aktivitesi ölçümü.

2.2.3.8. Kök ve Gövdede Toplam Azot Analizi

Hasat edilen tüm bitkisel aksam kök ve gövde olmak üzere iki kısma ayrılmıştır. Daha sonra yaş ağırlıkları belirlendikten sonra 70°C'lik etüvde kurumaya bırakılmıştır. Kurumuş gövde ve kök örnekleri etüvden çıkarılıp tartılarak kuru ağırlıkları belirlenmiştir. Kuru ağırlıkları belirlenmiş olan kök ve gövdeler değirmende ayrı ayrı öğütüldükten sonra azot içerikleri iki paralelli olarak Kjeldahl yöntemiyle (American Association of Cereal Chemists 1983 method 46 -12) belirlenmiştir (Şekil 2.14).



Şekil 2.14. a) yakılan kuru örnekler b) yakılan örneklerin distilasyon cihazında işleme tabii tutulması c) distilasyondan çıkan örneklerin okunması.

2.2.3.9. Kök Uzunluğu (cm), Hacmi (cm³) ve Çapı (mm)

Hasat sonrasında kök yaş ağırlığı tartılıp, kökler makas yardımıyla 1 cm'lik küçük parçalara ayrılmıştır. Kök tarama cihazının tepsinine bir miktar su konularak küçük parçalar halinde kesilen köklerin homojen bir şekilde tepsiye yayılması sağlanmıştır. Fazla kök ağırlığına sahip olan genotipler için 5 g alt örnek alınarak aynı işlem yapılmıştır. Sonrasında *WinRhizoRegular* LA2400, Regent Instruments kök görüntüleme programıyla tüm kök morfolojik parametreleri hesaplanmıştır (Şekil 2.15).

3. BÖLÜM

BULGULAR VE TARTIŞMA

Yürütülen bu çalışmada, Türkiye'nin çeşitli yerlerinden temin edilen biber saf hatları ve bazı çeşitler bitkisel materyal olarak kullanılarak öncelikle azot etkinliği fizyolojik ve morfolojik bakımdan I. deneme ile test edilmiştir. Devamında seçilen genotiplerin birbirini üzerine aşılanarak kurulan II. denemede azot etkinliğinin kökten mi yoksa yeşil aksamdan mı kaynaklandığı düşük ve yüksek azot koşullarında belirlenmiştir.

3.1. 1.TARAMA (SCREENING) DENEMESİ

3.1.1. Bitki Boyu (cm/bitki) ve Bitkide Toplam Yaprak Alanı (cm²/bitki)

On sekiz biber saf hattına ait veriler Tablo 3.1.1 'de verilmiştir. Bitki boyu ve yaprak alanı uygulanan farklı azot dozlarından istatistiki olarak etkilenmiş olup, genotipler arasında da bitki boyu bakımından istatistiki olarak farklılık tespit edilmiştir. Bitki boyuna bakıldığında uygulanan azot dozları yönünden yüksek azot dozu verilen bitkilerin boyları düşük azot uygulananlara kıyasla önemli derece arttığı tespit edilmiştir. Yüksek azot dozu uygulanan genotiplerde ortalama bitki boyu 30.45 cm iken, düşük azot dozu uygulanan bitkilerde 25.50 cm olarak belirlenmiştir. Yüksek azot dozu ile mumamele edilen bitkilerde en yüksek bitki boyu 39.00 cm ile Scarface F1, Yoacalı F1 ve 3SB F1 SİVRİ genotipinde, en düşük bitki boyu 23.00 cm ile 33-H-1-1 genotipinde tespit edilmiştir. Yine düşük azot uygulanan bitkilerde en yüksek bitki boyu 32.00 cm ile 3SB F1 SİVRİ genotipinde ölçülürken, en düşük bitki boyu 19.00 cm ile 24-H-6 genotipinde belirlenmiştir.

Yapılmış olan çeşitli çalışmalarda (Aytaç ve Esenal, 1996; Karadoğan, 1996; Çalışkan ve ark. 1997; Tunçtürk ve ark 2004) azotlu gübre denemeleriyle bitkilerde vejetatif gelişmeyi olumlu yönde artırarak, bunun sonucunda da bitki boyunda artışlara neden olduğunu bildirmişlerdir. Bizim çalışmamızda da benzer şekilde yüksek azot uygulanan bitkilerde düşük azot uygulamasına kıyasla bitki boyunda artma gözlemlenmiştir.

Tablo 3.1.1 Bitki boyu (cm) ve Yaprak alanı (cm²/ bitki)

GENOTİPLER	Bitki boyu (cm)		Yaprak alanı (cm ² /bitki)	
	Yüksek N	Düşük N	Yüksek N	Düşük N
21-H-1-1	29.67 CD	25.50 de	4226.00 EF	1279.00 cde
ERÜ 457	33.50 B	29.00 bc	3633.00 GH	995.33 ı
ERÜ 1248	26.00 EF	21.50 hı	3438.67 HI	1001.33 ı
24-H-6	24.00 GF	19.00 hı	3026.33 IJK	754.67j
AH-2-3	28.00 DEF	25.50 de	4720.33 CD	1162.00 efg
33-H-1-1	23.00 G	21.00 ı	2164.33 M	1001.67 ı
17-H-2-3	25.50 FG	22.80 gh	2388.00 LM	1305.33 cd
29-H-10	27.33 DEF	22.50 hı	3420.33 HI	1024.33 hı
21-H-1-2	29.67 CD	26.00 ed	3929.33 FG	1212.33 def
ERÜ 1227	28.33 DE	28.00 b	2663.67 KL	1051.33 ghi
ERÜ 462	31.67 BC	24.67 ef	3321.00 HIJ	865.17 j
11B14	30.50 CD	25.50 ed	2949.00 JK	1140.00 fgh
B5-11-2	30.50 CD	23.67 fg	4416.00 CDE	1177.00 ef
B5-11-4	33.00 BC	28.30 cc	4356.00 DE	1442.00 b
5K-3-1	32.00 BC	28.00 bc	4820.33 C	1476.33 b
3SB F1 SİVRİ	37.00 A	32.00 a	6180.33 A	1220.00 def
SCARFACE F1	39.00 A	28.00c b	4644.67 CD	1362.00 bc
YAOCALI F1	38.33 A	28.00 cd	5345.67 B	1794.33 a
LSD _{0.05}	***	***	***	***
Minimum	23.00	19.00	2164.33	754.67
Maksimum	39.00	32.00	6180.33	1794.33
Ortalama	30.45	25.50	3899.38	1190.66

Toplam yaprak alanına bakıldığında ise bitkiler uygulanan farklı azot dozlarından istatistiki olarak etkilenmiş olup, genotipler arasında da toplam yaprak alanı bakımından istatistiki olarak farklılık tespit edilmiştir. Ayrıca azot x genotip interaksiyonu da toplam yaprak alanı bakımından istatistiki olarak önemli düzeyde yüksek bulunmuştur. Toplam yaprak alanı uygulanan yüksek azot dozunda genel olarak büyük artış göstermiştir. Yüksek azot dozunda toplam yaprak alanı 3899.38 cm²/bitki iken bu rakam düşük azot dozunda 1190.66 cm²/bitki de kalmıştır. Azot, bitkide birçok önemli organik bileşiğin (proteinler, amino asitler, nükleik asitler, enzimler, klorofil, ATP ve ADP) yapısında yer aldığından (Aktaş, 1995), artırılan dozlar doğrudan bitkinin yaprak alanını artırmış olabilir (Gardner ve ark. 1994). Azot ile ilgili çoğu çalışmada (Mae,

1997; Jensen ve ark., 1996; Porter ve Remkes, 1990) dışarıdan uygulanan azot miktarıyla gelişimi ve yaprak alanı arasında olumlu bir ilişkinin olduğu belirtilmiştir.

Ortalama değerlere bakıldığında yüksek azot uygulanan bitkilerdeki yaprak alanı 3899.38 cm²/bitki iken, bu değer düşük azot dozunda 1190.66 cm²/bitki kadar düşmüş olduğu belirlenmiştir. Düşük azot dozu uygulanan bitkilerde en yüksek yaprak alanına sahip genotip 1794.33 cm²/bitki ile YAOCALI F1 olmuştur, en düşük değeri ise 754.67 cm² /bitki ile 24-H-6 saf hattı vermiştir. Yüksek azot dozu altında yetiştirilmiş bitkilere bakıldığında düşük azota kıyasla bu değer büyük bir artışa uğrayarak 6180.33 cm² /bitki ile 3SB F1 SİVRİ genotipi olmuşken, en düşük değeri ise 2164.33 cm²/bitki ile 33-H-1-1 saf hattında kaydedilmiştir.

3.1.2. Yeşil Aksam ve Kök Yaş Ağırlığı (g/bitki)

Tablo 3.1.2 'de görüldüğü gibi, yeşil aksam ve kök yaş ağırlığı farklı azot dozlarından önemli seviyede etkilenmiş olup, genotipler arasında da önemli farklılıklar tespit edilmiştir. Yüksek azot dozu uygulanan bitkilerde düşük azot dozu uygulananlara nazaran yeşil aksam ağırlığında artış daha büyük olmuştur. Yüksek azot dozunda ortalama bitki yeşil aksam yaş ağırlığı miktarı 167.00 g/bitki iken bu rakam düşük azot dozunda ortalama 46.21 g/bitki ye kadar bir düşmüştür. Kök yaş ağırlığında ise bu durumun tam tersine yüksek azot koşullarındaki bitkilere nazaran düşük azot uygulanmış bitkilerde daha fazla kök yaş ağırlığı ölçülmüştür.

Yüksek azot dozunda yeşil aksam yaş ağırlığı en yüksek olan biber hattı 227.00 g/bitki ile 3SB F1 SİVRİ iken, en düşük gövde yaş ağırlığını 97.00 g/bitki ile 33-H-1-1 saf hattında tespit edilmiştir. Düşük azot koşulları altında yetişen bitkilere bakıldığında yeşil aksam yaş ağırlığı en yüksek olan genotip 64.00 g/bitki ile 21-H-1-1 iken, en düşük yeşil aksam yaş ağırlığını ortaya koyan genotip ise 37.00 g/bitki ile B5-11-2 tespit edilmiştir.

Kök yaş ağırlıkları bakımından ise yine aynı koşullarda yüksek azot dozu uygulanmış bitkilerde ortalama kök yaş ağırlığı 19.01 g/bitki olarak tespit edilmiş iken, bu oran düşük azot koşulları altındaki bitkilerde 26.57 g/bitki olmuştur.

Tablo 3.1.2. Yeşil Aksam ve kök yaş ağırlığı (g/bitki)

GENOTİPLER	Yeşil aksam yaş ağırlığı(g/bitki)		Kök yaş ağırlığı (g/bitki)	
	Yüksek N	Düşük N	Yüksek N	Düşük N
21-H-1-1	208.00 BC	64.00 a	28.90 A	46.00 a
ERÜ 457	127.00 F	52.33 b	28.00 AB	37.60 b
ERÜ 1248	152.00 F	46.00 c	12.27 HI	21.77 hı
24-H-6	136.00 G	40.50 fg	10.60 I	20.00 ı
AH-2-3	198.00 DE	52.50 b	24.55 CD	29.03 cd
33-H-1-1	97.00 I	44.10 de	10.50 I	20.93 hı
17-H-2-3	98.00 I	47.00 dc	14.27 GH	26.70 def
29-H-10	208.00 F	40.00 efg	16.30 G	24.83 efh
21-H-1-2	178.00 E	53.10 b	18.17 EF	21.50 hı
ERÜ 1227	221.50 AB	48.10 c	14.80 G	23.47 ghı
ERÜ 462	134.00 FG	38.30 g	24.95 CD	26.45 def
11B14	120.00 H	46.00 c	15.20 G	19.95 ı
B5-11-2	189.00 DE	37.00	17.37 EF	24.13 fgh
B5-11-4	184.00 E	54.00 b	12.47 HI	24.67 efh
5K-3-1	134.50 G	41.80 ef	18.95 E	22.17 hı
3SB F1 SİVRİ	227.00 A	41.50 ef	26.45 BC	28.65 de
SCARFACE F1	190.00 DE	39.50 fg	23.30 D	28.05 def
YAOCALI F1	204.00 CD	46.00 c	25.13 CD	32.40 c
LSD _{0.05}	***	***	***	***
Minimum	97.00	37.00	10.50	19.95
Maksimum	227.00	64.00	28.90	46.00
Ortalama	167.00	46.21	19.01	26.57

Kök yaş ağırlığında yüksek azotta maksimum değeri 28.90 g/bitki ile 21-H-1-1 saf hattı oluştururken, en düşük değeri ise 10.50 g/bitki ile 33-H-1-1 saf hattı belirlenmiştir. Düşük azot koşullarında ise en yüksek değer 46.00 g/bitki ile 21-H1-1 saf hattında, en düşük ölçülen değer ise 19.95 g/bitki ile 11B14 saf hattı olmuştur. Bu sonuçlara göre artırılarak uygulanan azotun bitkinin gelişimi ve toplam taze biyomas artışı üzerine pozitif bir etkisi olduğu birçok çalışmayla (Samul, 1982; Khalil ve ark., 1986; Sattelmacher ve ark., 1990; Janat, 2007; Tiemens-Hulscher, ve ark., 2009) paraleldir. Genelde bitkiler düşük azot dozlarında topraktan daha fazla su ve besin elementi alabilmek için köke daha fazla asimilat yollayarak kök gelişimi arttırmaktadır (Ulas ve ark., 2012). Hatta bu yüzden kök/gövde oranlarında azalmalar görülebilmektedir. Fakat toprakta eğer yeterli düzeyde azot bulunduğu vakit, tam tersi kök gelişimine fazla yatırım yapmadan bitki üst aksam gelişimini artırabilmektedir (Clarkson, 1985). Elde

ettiğimiz bulgular önceki çalışmalarla uyumlu bir şekilde belirtilen fizyolojik olguyu doğrulamıştır.

3.1.3. Bitkide Yeşil Aksam ve Kök Kuru Ağırlığı (g/bitki)

Bitkide yeşil aksam ve kök kuru ağırlığına ait değerler Tablo 3.1.3'de verilmiştir. Bu değerlere göre biber hatları arasındaki fark istatistiki olarak önemli bulunmuştur. Bu sonuçlara göre yüksek azot uygulaması yapılan bitkilerde ortalama yeşil aksam kuru ağırlığı 13.10 g/bitki iken, düşük azot koşulları altındaki bitkilerde 5.24 g/bitki olarak tespit edilmiştir. Yüksek azot uygulanan bitkilerde maksimum yeşil aksam kuru ağırlığını yaklaşık 17.00 g/bitki ile AH-2-3, Yoacalı F1, Scarface F1 ve 21-H-1-1 hattında tespit edilirken, en düşük yeşil aksam kuru ağırlığı ise sırasıyla 7.50 ve 7.63 g/bitki ile 17-H-2-3 ve 33-H-1-1 saf hattından elde edilmiştir.

Tablo 3.1.3. Yeşil aksam ve kök kuru ağırlıkları (g/bitki)

GENOTİPLER	Yeşil aksam kuru ağırlığı (g/bitki)		Kök kuru ağırlığı (g/bitki)	
	Yüksek N	Düşük N	Yüksek N	Düşük N
21-H-1-1	16.43 AB	6.93 a	2.70 A	4.65 a
ERÜ 457	11.00 EF	6.47 a	2.55 AB	3.50 b
ERÜ 1248	11.77 DEF	4.07 g	1.76 C-F	2.50 e-h
24-H-6	10.13 F	4.03 g	1.67 DEF	2.37 fgh
AH-2-3	17.07 A	6.30 b	1.95 CDE	2.75 c-f
33-H-1-1	7.63 G	3.40 h	1.40 F	1.95 h
17-H-2-3	7.50 G	4.40 fg	1.45 EF	3.05 b-e
29-H-10	13.40 CD	5.20 de	2.15 BC	3.30 cb
21-H-1-2	13.40 CD	6.23 b	1.85 C-E	2.70 d-g
ERÜ 1227	15.27 ABC	5.63 cd	2.00 CD	3.20 bcd
ERÜ 462	11.70 DEF	5.60 cd	1.80 C-E	2.20 gh
11B14	10.00 F	5.10 de	1.40 F	1.95 h
B5-11-2	14.43 C	4.40 fg	0.80 G	2.70
B5-11-4	15.10 BC	5.37 de	1.50 DEF	2.40 fgh
5K-3-1	12.37 DE	4.95 ef	1.40 F	2.80 c-f
3SB F1 SİVRİ	16.60 AB	6.10 bc	1.73 CDEF	2.60 efg
SCARFACE F1	16.63 AB	5.00 def	1.50 EF	2.35 fgh
YAOICALI F1	17.07 A	5.30 de	1.92 C-F	2.80 c-f
LSD _{0.05}	***	***	***	***
Minimum	7.50	3.40	0.80	1.95
Maksimum	17.07	6.93	2.70	4.65
Ortalama	13.10	5.24	1.75	2.77

Düşük azotta ise en yüksek değer 6.93 ve 6.47 g/bitki ile 21-H-1-1 ve ERÜ 457 hatlarında olurken, minimum değeri ise 3.40 g ile 33-H-1-1 saf hattı belirlenmiştir.

Bitkilerde kök kuru ağırlığındaki ortalama değerlere bakıldığında ise yüksek azot koşullarındaki bitkilerde 1.75 g/bitki kök kuru ağırlığı tartılırken, düşük azot dozu uygulanan bitkilerde bu değer yükselerek 2.77 g/bitki olarak tespit edilmiştir. Yüksek azot koşullarında tartılan maksimum kök kuru ağırlığı 2.70 ve 2.55 g/bitki ile 21-H-1-1 ve ERÜ 457 saf hatlarında olurken, en düşük kök kuru ağırlığı ise 0.80 g/bitki ile BS-11-2 saf hattında tespit edilmiştir. Düşük azot koşullarında ise en yüksek kök kuru ağırlığı 4.65 g/bitki ile 21-H-1-1 saf hattında tespit edilirken, en düşük değeri ise 1.95 g/bitki ile 11B14 genotipinde ve 33-H-1-1 saf hattından alınmıştır.

Çalışma sonucunda elde edilen verilere göre artırılarak uygulanan azotun bitki gelişimi ve toplam kuru biyomas artışı üzerine pozitif bir etkisinin olduğunu gösteren çeşitli çalışmalarla (Samul, 1982; Khalil ve ark., 1986; Sattelmacher ve ark., 1990; Janat, 2007; Tiemens Hulscher, ve ark., 2009) benzerdir.

3.1.4. Fotosentez Aktivitesi ($\mu\text{mol m}^{-2}/\text{s}$) ve Yaprak Klorofil İçeriği (SPAD)

Bitkide haftalık olarak alınan (SPAD) yaprak klorofil içeriği ve fotosentez aktivitesi Tablo 3.1.4' de verilmiştir. Bu sonuçlar doğrultusunda farklı azot dozlarıyla denenmiş bitkiler yaprak klorofil içeriği ve fotosentez aktivitesi bakımından istatistiki olarak etkilenmiştir. Azot dozları kıyaslandığında, yaprak klorofil içeriği bakımından yüksek azot dozunda düşük azot dozuna kıyasla genel olarak pozitif oranda bir artış saptanmıştır. Yüksek azot dozunda ortalama fotosentez aktivitesi $15.05 \mu\text{mol m}^{-2}/\text{s}$ iken bu rakam düşük azot dozunda ortalama $12.57 \mu\text{mol m}^{-2}/\text{s}$ de kalmıştır. Yüksek azot dozunda fotosentez aktivitesi en yüksek olan $17.10 \mu\text{mol m}^{-2}/\text{s}$ ile ERÜ 462 iken, en düşük fotosentez aktivitesini $11.00 \mu\text{mol m}^{-2}/\text{s}$ ile 21-H-1-2 hattında tespit edilmiştir. Düşük azot dozunda fotosentez aktivitesi en yüksek olan $14.00 \mu\text{mol m}^{-2}/\text{s}$ ile AH-2-3 saf hattı iken, en düşük yaprak fotosentez aktivitesini ise ortaya koyan $10.15 \mu\text{mol}/\text{m}^{-2}/\text{s}$ ile 29-H-10 hattı olmuştur.

Bitkiler için en önemli bileşikler arasında fotosentez olarak bilinen bir işlemle ışık enerjisini kimyasal enerjiye dönüştürebilen klorofil (yaprağın yeşil pigmenti) bulunur.

Yaprak klorofil içeriği, bir bitkinin sağlık ve potansiyel fizyolojik performansının önemli göstergelerinden biridir (Kumar ve ark., 2002). Yapraktaki klorofil konsantrasyonu, mahsulün büyümesi ve gelişmesi için gereklidir (Bannari ve ark.,

2007), bu nedenle ortamın bitki büyümesi üzerindeki etkileri hakkında hayati bilgileri sunmaktadır (Schlemmer ve ark., 2005).

Tablo 3.1.4. Fotosentez aktivitesi ($\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$) ve yaprak klorofil içeriği (SPAD)

GENOTİPLER	Fotosentez aktivitesi ($\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$)		Klorofil (SPAD)	
	Yüksek N	Düşük N	Yüksek N	Düşük N
21-H-1-1	15.47 C-F	13.60 ab	59.30 A	48.43 a
ERÜ 457	14.70 E-H	13.60 ab	44.10 E	35.23 f
ERÜ 1248	14.87 E-H	12.27 de	44.00 E	31.00 g
24-H-6	13.20 I	10.33 g	45.00 DE	29.57 g
AH-2-3	16.23 A-D	14.00 a	52.43 B	44.30 b
33-H-1-1	14.37 FGH	13.10 bc	52.70 B	46.50 ab
17-H-2-3	15.20 D-G	13.65 ab	46.67 D	40.67 c
29-H-10	14.23 GHI	10.15 g	50.57 BC	41.33 c
21-H-1-2	11.00 J	12.00 def	49.20 C	37.47 def
ERÜ 1227	16.47 ABC	12.30 de	49.27 C	39.13 cde
ERÜ 462	17.10 A	11.63 ef	50.07 C	39.87 dc
11B14	14.60 E-H	11.30 f	49.13 C	40.30 dc
B5-11-2	15.65 B-E	13.23 abc	49.30 C	36.63 fe
B5-11-4	13.93 HI	11.67 ef	49.10 C	38.83 cde
5K-3-1	16.70 BA	12.57 cd	49.00 C	47.27 a
3SB F1 SİVRİ	16.50 ABC	13.60 ab	48.83 C	40.30 dc
SCARFACE F1	16.67 AB	13.93 a	44.87 DE	38.40 cde
YAOICALI F1	14.00 HI	13.40 ab	46.50 D	39.27 cde
LDS _{0.05}	***	***	***	***
Minimum	11.00	10.15	44.00	29.57
Maksimum	17.10	14.00	59.30	48.43
Ortalama	15.05	12.57	48.89	39.69

Yaprak klorofil içeriği (SPAD) değerlerine bakıldığında ise uygulanan yüksek azot dozunda genel olarak büyük bir artış (%48 ile %23) kaydedilmiştir. Yüksek azot dozunda ortalama SPAD değeri 48.89 iken bu rakam düşük azot dozunda 39.69'a kadar düşmüştür. Yüksek azot dozunda SPAD değeri en yüksek 59.30 ile saf hat 21-H-1-1 iken, en düşük SPAD değeri 44 ile ERÜ 1248 de tespit edilmiştir. Düşük azot koşulları altındaki bitkilerde ise en yüksek değeri 48.42 ile 21-H-1-1 saf hattı vermiştir, en düşük SPAD değerini ise 29.57 ile 24-H-6 saf hattında ölçülmüştür.

Bu değerlere bakıldığında azot, bitkide birçok önemli organik bileşiğin (proteinler, amino asitler, nükleik asitler, enzimler, klorofil, ATP ve ADP) yapısında yer aldığından (Aktaş, 1995), artırılan dozlar doğrudan bitkinin yaprak klorofil içeriğini (SPAD)

artırmış olabilir. Düşük dozda uygulanan azot yaprağın büyümesini ve gelişimini engellerken, birim yaprak alanına düşen azot miktarını da düşürdüğünden, fotosentez ve hücre büyümesi bu nedenle gerilemiş olabilir (Marschner, 1995).

3.1.5. Yaprak Klorofil İçeriği (mg/g), Karotenoid İçeriği (mg/g) ve Nitrat Redüktaz Aktivitesi (µmol/s/g)

On sekiz biber genotipinin yaprak klorofil içeriği, toplam karotenoid içeriği ve nitrat redüktaz enzim aktivitesi sonuçları Tablo 3.1.5' de verilmiştir.

Tablo 3.1.5. Yaprak klorofil (mg/g), toplam karotenoid içeriği (mg/g) ve nitrat redüktaz enzim aktivitesi (µmol/s/g)

GENOTİPLER	Yaprak klorofil içeriği (mg/g)		Yaprak karotenoid içeriği (mg/g)		Yaprak nitrat redüktaz aktivitesi (µmol/s/g)	
	Yüksek N	Düşük N	Yüksek N	Düşük N	Yüksek N	Düşük N
21-H-1-1	1.97 A	0.81 ı	0.43 C	0.26 b	3.10 A	1.18 a
ERÜ 457	1.50 H	0.90 g	0.53 A	0.16 f	2.56 CDE	0.81 c
ERÜ 1248	1.28 L	0.63 l	0.31 I	0.20 cd	2.09 FG	0.49 gh
24-H-6	1.52 G	0.63 lk	0.48 B	0.15 fg	2.33 EF	0.52 fg
AH-2-3	1.81 D	1.36 b	0.42 D	0.21 c	3.22 A	1.23 a
33-H-1-1	1.38 K	0.82 ı	0.26 G	0.15 gh	3.22 A	0.60 ef
17-H-2-3	1.46 J	1.14 d	0.39 F	0.35 a	1.21 I	0.43 gh
29-H-10	1.81 D	0.38 o	0.19 N	0.13 ij	2.97 AB	0.69 de
21-H-1-2	1.08 O	0.60 m	0.40 E	0.18 e	2.58 CDE	0.44 gh
ERÜ 1227	0.83 P	0.89 h	0.31 I	0.14 ı	1.94 GH	0.65 de
ERÜ 462	1.22 M	0.32 p	0.21 M	0.13 ij	1.73 H	0.30 ı
11B14	1.47 I	0.66 j	0.25 J	0.12 jk	2.02 G	0.41 h
B5-11-2	1.82 C	0.64 k	0.43 C	0.09 l	2.64 CD	0.24 ı
B5-11-4	1.15 N	1.13 e	0.35 H	0.13 ij	3.04 A	1.02 b
5K-3-1	1.78 F	1.00 f	0.18 O	0.13 ij	2.76 BC	0.71 cd
3SB F1 SİVRİ	1.51 GH	0.53 n	0.22 L	0.14 hı	1.73 H	0.46 gh
SCARFACE F1	1.80 E	1.62 a	0.31 I	0.19 de	3.23 A	0.53 fg
YAOCALI F1	1.94 B	1.30 c	0.23 K	0.11 k	2.47 DE	1.03 b
LDS0.05	***	***	***	***	***	***
Minimum	0.83	0.32	0.18	0.09	1.21	0.24
Maksimum	1.97	1.62	0.53	0.35	3.23	1.23
Ortalama	1.52	0.85	0.33	0.17	2.46	0.66

Yaprak klorofil içeriği, toplam karotenoid içeriği ve nitrat redüktaz enzim aktivitesi, uygulanan azot dozlarından önemli seviyede etkilenmiştir. Ayrıca azot x genotip interaksyonu da istatistiki olarak önemli bulunmuştur.

Ortalama toplam klorofil yüksek azot dozunda 1.52 mg/g iken, düşük azot dozunda 0.85 mg/g dir. Toplam karotenoid içeriği ise yüksek azotta ortalama 0.33 mg/g iken düşük azotta 0.17 mg/g dir. Nitrat redüktaz aktivitesine bakıldığında ise yüksek azotta ortalama 2.46 $\mu\text{mol s/g}$, düşük azotta ise 0.66 $\mu\text{mol s/g}$ dir. Toplam klorofil içeriğinde, düşük azotta en yüksek değer 1.62 mg/g ile SCARFACE F1 de bulunmuş iken, en düşük değer 0.32 mg/g ile ERÜ 462 de gözlenmiştir. Yüksek azot verilen bitkilerde ise maksimum değeri gösteren 1.97 mg/g ile 21-H-1-1 olurken, en düşük değeri 0.83 mg/g ile ERÜ 1227 vermiştir.

Toplam karotenoide bakıldığında ise düşük azot uygulanan bitkilerde maksimum değer 0.35 mg/g ile 17-H-2-3 saf hattında, minimum değer ise 0.09 mg/g ile B5-11-2 de gözlenmiştir. Yüksek azot koşullarında ise maksimum değeri ERÜ 457 0.53 mg/g ile verirken, en düşük değer ise 0.18 mg/g ile 5K-3-1 saf hattında belirlenmiştir.

Yüksek azot koşullarında en yüksek yaprakta nitrat redüktaz aktivitesi 3.23 ile 3.04 $\mu\text{mol s/g}$ arasında değişen değerlerle SCARFACE F1, AH-2-3, 33-H-1-1, 21-H-1-1 ve B5-11-4 'ün yapraklarında tespit edilirken, en düşük nitrat redüktaz aktivitesi 1.21 $\mu\text{mol s/g}$ ile 17-H-2-3 da ölçülmüştür. Düşük azotta ise minimum değer sırasıyla 0.24 ve 0.30 $\mu\text{mol s/g}$ ile B5-11-2 ve ERÜ 462 de tespit edilirken, maksimum değer ise 1.23 ve 1.18 $\mu\text{mol s/g}$ ile AH-2-3 ve 21-H-1-1 de belirlenmiştir.

Nitrat redüktaz (NR) aktivitesi, ürünlerde N kullanım verimliliğinin ölçülerinden biridir. Bitkilerdeki aktivitesi, bitkinin N durumu hakkında iyi bir tahmin verir ve genellikle büyüme ve verim ile ilişkilidir (Srivastava, 1980). Bitkiler azotu nitrat (NO_3^-) şeklinde aldığı anda, önce bir NR enzimi tarafından bitki bileşiklerine katılmadan önce amonyuma (NH_4^+) indirgenir. Bitkiler azotu, nitratlar (NO_3^-) formunda aldığı anda, bitki bileşiklerine dahil edilmeden önce NR enzimi tarafından amonyuma (NH_4^+) indirgenir. Bir bitkideki yüksek NR aktivitesi, bitkinin alınan NO_3^- 'ı kullanılabilir formlara dönüştürme konusunda daha büyük bir yeteneğe sahip olduğunu gösterir. Bununla birlikte, NR aktivitesi genellikle CO_2 seviyeleri, ışık yoğunluğu, sıcaklık, su temini, bitkinin genetik bileşimi ve mineral beslenmesinden (özellikle NO_3 kullanılabilirliği) etkilenir (Beevers ve Hageman, 1969).

3.1.6. Toplam Kök Uzunluğu (cm), Toplam Kök Hacmi (cm³), Ortalama Kök Çapı (mm)

Biber saf hat/çeşitlerine ait saptanan değerler Tablo 3.1.6'da verilmiştir. Bu sonuçlara göre toplam kök uzunluğu, toplam kök hacmi ve ortalama kök çapı değerleri genotiplerden ve azot dozlarından önemli seviyede etkilenmiştir. Toplam kök uzunluğu ve kök hacmi ve ortalama kök çapı yüksek azot koşullarında yetiştirilen bitkilere kıyasla düşük azot koşulları altında yetiştirilen bitkilerde daha yüksek bulunmuştur.

Kök uzunluğu yüksek azotta ortalama 1860.28 cm/bitki, düşük azotta ise 2570.91 cm/bitki olarak kaydedilmiştir. Toplam kök hacmi yüksek azotla muamele edilen bitkilerde ortalama 1637.46 cm³/bitki iken, bu değer düşük azot koşulları altında yetiştirilen bitkilerde artarak 2201.25 cm³/bitki olmuştur. Ortalama kök çapında ise yüksek azotta ortalama değer 0.313 mm bulunmuş iken, düşük azotta ise ortalama 0.335 mm ile daha yüksek bulunmuştur.

Kök uzunluğu ele alındığında yüksek azot dozunda kök uzunluğu en uzun kökler 2208.33 ve 2177.67 cm/bitki ile 21-H-1-1 ve AH-2-3 saf hatlarında ölçülürken, en düşük değer ise 1218.00 ve 1378 cm/bitki ile B5-11-4 ve ERÜ 1227 de kaydedilmiştir. Düşük azot dozunda toplam kök uzunluğu maksimum 3631.33 (AH-2-3) cm/bitki iken, en düşük toplam kök uzunluğu 1980.00, 2068 ve 2090.0 cm/bitki ile ERÜ 1227, ERÜ 1248 ve 24-H-6 hatlarında kaydedilmiştir. Toplam kök hacmine bakıldığında ise yüksek azotta en yüksek kök hacmi 2066.60, 2037.67 ve 1966.33 cm³ ile 21-H-1-1, AH-2-3 hatları ve Scarface F1 anacında belirlenirken, en düşük değer ise 1230.50, 1253.50 ve 1278.50 cm³ ile ERÜ 1227, 21-H-1-2 ve B5-11-4 saf hatlarında belirlenmiştir. Düşük azot koşullarındaki bitkilerde en yüksek kök hacmi sırasıyla 2931.50, 2786.00, 2759.5 ve 2682.00 cm³ ile 21-H-1-1, B5-11-2, 3SBF1 ve 5K-3-1 saf hatlarında belirlenirken, minimum kök hacmini ise 1777.50 cm³ ile B5-11-4 saf hattında tespit edilmiştir. Ortalama kök çapı, yüksek azot koşullarında en yüksek sırasıyla 0.351, 0.349 ve 0.346 mm ile 21-H-1-1, AH-2-3 ve ERÜ 457 saf hattında tespit edilmiştir, en düşük değer ise 0.285 mm ile 5K-3-1 saf hattında tespit edilmiştir. Düşük azot koşulları altında yetiştirilen bitkilerde ise minimum kök çapı yüksek azot koşullarında olduğu gibi 0.294 mm ile 5K-3-1 saf hattında ölçülürken, maksimum değer ise 0.364 mm ile 21-H-1-1 saf hattında ve 0.357 mm ile 11B14 biber çeşidinde kaydedilmiştir.

Tablo 3.1.6. Kök uzunluğu (cm), kök hacmi (cm³), ortalama kök çapı (mm)

GENOTİPLER	Kök uzunluğu (cm)		Kök hacmi (cm ³)		Kök çapı (mm)	
	Yüksek N	Düşük N	Yüksek N	Düşük N	Yüksek N	Düşük N
21-H-1-1	2208.3 A	3191.0 b	2066.5 A	2931.5 a	0.35 A	0.36 a
ERÜ 457	2070.3 AB	2658.3 cde	1680.0 CD	1951.6 def	0.34 A	0.33 def
ERÜ 1248	1710.6 DEF	2068.0 fg	1566.0 DE	1802.0 f	0.30 EF	0.33 def
24-H-6	1926.6 C-E	2090.0 fg	1356.5 FG	1906.0 ef	0.32 BCD	0.32 efg
AH-2-3	2177.6 A	3631.3 a	2037.6 A	2260.3 bc	0.34 A	0.35 abc
33-H-1-1	1669.0 EF	2480.3 ef	1559.5 DE	1875.0ef	0.30 CDE	0.34 cde
17-H-2-3	2016.5 ABC	3016.0 bc	1680.5 CD	1968.5 c-f	0.29 EFG	0.31 h
29-H-10	2109.5 AB	2529.6 de	1700.0 CD	2096.0 c-f	0.29 EFG	0.32 fgh
21-H-1-2	1776.6 C-F	2298.0 efg	1353.5 FG	2122.5 b-e	0.31B-E	0.34 cde
ERÜ 1227	1378.0 GH	1980.0 g	1230.5 G	1936.5 def	0.32 B	0.33 de
ERÜ 462	1830.0 B-E	2483.0 ef	1716.5 CD	2110.5 b-e	0.32 BC	0.34 a-d
11B14	1718.3 DEF	2579.0 de	1699.5 CD	2048.5 c-f	0.30 DEF	0.35 ab
B5-11-2	1878.3 B-E	2930.5 bcd	1820.0 BC	2786.0 a	0.30 CDE	0.34 a-d
B5-11-4	1218.0 H	2358.5 efg	1278.5 FG	1777.5 g	0.30 DEF	0.35 abc
5K-3-1	1548.6 AB	2585.3 de	1441.0 EF	2682.0 a	0.28 G	0.29 ı
3SB F1 SİVRİ	2066.6 AB	2442.6 ef	1625.6 CDE	2759.5 a	0.29 EFG	0.31 gh
SCARFACE F12	1913.3 A	2313.6 efg	1966.33 AB	2220.0 bcd	0.28 FG	0.31 h
YAOCALI F1	1990.3 A-D	2641.0 cde	1696.00 CD	2388.50 b	0.29 EFG	0.34 b-e
LSD _{0.05}	***	***	***	***	***	***
Minimum	1218.0	1980.0	1230.5	1777.5	0.285	0.294
Maksimum	2208.3	3631.3	2066.5	2931.5	0.351	0.363
Ortalama	1860.2	2570.9	1637.4	2201.2	0.313	0.335

Bu çalışmamızda, sonuçlar kök uzunluklarının, kök hacimlerinin ve kök çaplarının sınırlı N koşulları altında daha yüksek olduğunu göstermiştir, bu N emilimini arttırmak için bitkiler tarafından geliştirilen bir mekanizmadır. Daha küçük kök çapı alım oranlarını arttırır (Föhse ve diğerleri, 1991) çünkü küçük bir yüzey alanı ile besinler daha büyük toprak hacminden emilebilir. Bununla birlikte, Sattelmacher ve ark. (1994), daha kalın kökler, özellikle sıkıştırılmış toprak koşulları altında, kök uzamasına karşı toprak mekanik direncinin üstesinden gelebilecekleri için avantajlıdır. Genelde bitkiler düşük azot dozlarında topraktan daha fazla su ve besin elementi alabilmek için köke daha fazla asimilat yollayarak kök gelişimi arttırmaktadır (Ulas ve ark., 2012). Hatta bu yüzden kök/gövde oranlarında azalmalar görülebilmektedir. Fakat toprakta eğer yeterli düzeyde azot bulunduğu vakit, tam tersi kök gelişimine fazla yatırım yapmadan bitki üst aksam gelişimini artırabilmektedir (Clarkson, 1985).

3.1.7. Yeşil Aksamında Azot Konsantrasyonu (mg/g KA) ve Toplam Azot Alımı (mg/bitki)

Yeşil aksamın azot içerikleri ve bitkilerin aldığı toplam azot miktarına ait bulgular Tablo 3.1.7’de verilmiştir. Azot içeriği hem azot seviyesinden hem de genotiplerden etkilenmiştir. Yüksek azot uygulanan bitkiler ile düşük azot konsantrasyonu uygulanan bitkiler arasında önemli farklılıklar bulunmuştur. Yüksek azot dozu uygulanan bitkilerde azot konsantrasyonu ve gövdedeki toplam azot, düşük azot dozu uygulanan bitkilere oranla daha yüksek bulunmuştur. Yüksek azot dozunda ortalama toplam azot 544.04 mg/bitki iken, düşük azot dozunda bu değer ortalama 116.54 mg/bitki dir. Bitki gövdesindeki azot konsantrasyonu bakımından yüksek azotta ortalama 40.88 mg/ g iken bu değer düşük azotta düşerek ortalama 21.98 mg/g olmuştur.

Tablo 3.1.7. Yeşil aksam N konsantrasyonu (mg/g KA) ve toplam N (mg/bitki)

GENOTİPLER	Yeşil aksam N konsantrasyonu (mg/g KA)		Yeşil aksam toplam N (mg/bitki)	
	Yüksek N	Düşük N	Yüksek N	Düşük N
21-H-1-1	46.01 A	24.43 bc	756.21 A	169.37 a
ERÜ 457	38.01 FG	20.88 fgh	418.29 GH	135.32 cd
ERÜ 1248	41.47 CDE	18.41 ı	488.03 EFG	74.82 ı
24-H-6	43.65 ABC	16.54 ı	442.49 FGH	66.77 ı
AH-2-3	44.28 AB	25.04 b	755.94 A	157.72 ab
33-H-1-1	39.51 EF	21.35 fg	301.24 I	72.52 ı
17-H-2-3	39.57 EF	18.59 ı	296.96 I	81.71 hı
29-H-10	42.16 C-E	19.32 hı	564.91 CDE	100.46 fg
21-H-1-2	40.44 DEF	21.41 fg	542.00 DE	133.47 cd
ERÜ 1227	38.46 F	22.58 def	586.97 CD	127.15 de
ERÜ 462	34.81 H	22.58 def	409.14 GH	126.42 de
11B14	35.82 GH	20.37 gh	359.01 HI	103.90 fg
B5-11-2	41.58 CDE	21.54 fgf	600.34 CD	94.73 gh
B5-11-4	42.00 B-E	23.38 bcd	634.35 B-J	125.47 de
5K-3-1	40.63 EDF	30.17 a	502.44 EF	149.38 bc
3SB F1 SİVRİ	42.94 BCD	24.33 bc	712.90 AB	148.38 bc
SCARFACE F1	44.40 AB	23.18 cde	737.28 A	115.99 ef
YAOCALI F1	40.08 EF	21.53 efg	684.17 AB	114.08 ef
LDS _{0.05}	***	***	***	***
Minimum	34.81	16.54	296.96	66.77
Maksimum	46.01	30.17	756.21	169.37
Ortalama	40.88	21.98	544.04	116.54

Yüksek azot konsantrasyonu ile muamele edilen bitkilerde en yüksek N konsantrasyonu sırasıyla 46.01, 44.40 ve 44.28 mg/g ile 21-H-1-1, Scarface F1 ve AH-2-3 de kaydedilirken, en düşük değeri ise 34.81 ve 35.82 mg/g ile ERÜ 462 ve 11B14 biber çeşidinde belirlenmiştir. Düşük azot dozunda minimum azot konsantrasyonunu sırasıyla 24-H-6, ERÜ 1248, 17-H-2-3 ve 29-H-6 saf hatlarında 18.41, 18.59 ve 19.32 mg/g ile kaydedilirken, en yüksek değeri ise 30.17 mg/g ile 5K-3-1 saf hattı sahip olmuştur. Yeşil aksamın aldığı toplam azot miktarı azot uygulamasından ve genotiplerden etkilenmiştir. Yüksek azot uygulanan bitkilerde en yüksek azot miktarı 648-756 mg/bitki arasında değişen miktarlarda, 21-H-1-1, AH-2-3, Scarface F1, 3SB F1 Sivri, Yoacalı F1 de belirlenirken, en düşük azot miktarı ise sırasıyla 296.96 ve 301.24 mg/bitki ile 17-H-2-3 ve 33-H-1-1 saf hatlarında belirlenmiştir. Düşük azot uygulanan bitkilerde ise yeşil aksamdaki toplam azot 66 mg/bitki ile 169 mg/bitki arasında değişmiştir. 21-H-1-1 ve AH-2-3 saf hatları 169.37 ve 157.72 mg/bitki ile en yüksek azot içeriğine sahip olurken, en düşük azot miktarı 66 mg/bitki ile 82 mg/bitki arasında değişen değerler ile 24-H-6, ERÜ 1248, 33-H-1-1 ve 17-H-2-3 biber saf hatlarında tespit edilmiştir.

3.1.8. Kökte Azot Konsantrasyonu (mg/g KA) ve Toplam Azot Alımı (mg/bitki)

Bitki kökündeki azot konsantrasyonu ve toplam azot bulguları aşağıdaki gibidir (Tablo 3.1.8). Bu değerlere göre yüksek azot dozu verilen bitkiler ile düşük azot dozu verilen bitkiler arasında önemli farklar bulunmuştur. Bu değerlere göre kökte ortalama azot konsantrasyonu yüksek azot uygulanan bitkilerde 34.75 mg/g iken, düşük azotta ise 19.14 mg/g dir. Toplam azot alımına bakıldığında ise yüksek azotta ortalama 60.75 mg/bitki iken, düşük azotta ise ortalama 52.32 mg/g olarak tespit edilmiştir. Yüksek azot koşulları altında yetiştirilen bitkilerde en yüksek azot konsantrasyonu sırası ile 40.13 ve 39.62 mg/g ile 21-H-1-2 ve 17-H-2-3 saf hatlarında olurken, en düşük değeri ise 30.51 mg/g ile AH-2-3 saf hat çeşidi vermiştir. Düşük azot uygulamasına tabii olan bitkilerde kökte en düşük azot konsantrasyonu değerini 15.34 mg/g ile ERÜ 457 saf hattında belirlenirken, en yüksek değeri de 22.60 mg/g ile ERÜ 1227 saf hattı göstermiştir. Köklerdeki toplam azot alımına bakıldığında ise yüksek azot verilen bitkilerde en yüksek değeri 88.97 ve 81.32 mg/bitki ile 21-H-1-1 ve ERÜ 457 gösterirken, en düşük değeri ise 26.17 mg/bitki ile B5-11-2 vermiştir. Düşük azot ile muamele edilen bitkilerde ise en yüksek azot 76.33 mg/bitki ile 21-H-1-1 tespit

edilirken, en düşük toplam azot sırasıyla Scarface F1 ve ERÜ 462 de 40.31 ve 41.47 mg/bitki olarak belirlenmiştir.

Tablo 3.1.8. Kök N konsantrasyonu (mg/g KA) ve toplam N (mg/bitki)

GENOTİPLER	Kök N konsantrasyonu (mg/g KA)		Kök toplam N (mg/bitki)	
	Yüksek N	Düşük N	Yüksek N	Düşük N
21-H-1-1	32.99 GH	16.43 h	88.97 A	76.33 a
ERÜ 457	31.91	15.34 ı	81.32 AB	53.64 de
ERÜ 1248	34.93 CDE	18.62 fe	61.50 C-F	46.46 e-g
24-H-6	35.01 C-E	19.85 d	58.34 DEF	46.96 e-g
AH-2-3	30.51	18.89 e	59.49 C-F	51.97 d-g
33-H-1-1	35.77 C-E	21.98 b	50.16 EF	42.91 fgh
17-H-2-3	39.62 A	18.20 f	57.69 DEF	55.45 de
29-H-10	36.37 BC	19.85 d	78.18 ABC	65.49 bc
21-H-1-2	40.13 A	19.19 e	74.19 A-D	51.86 d-g
ERÜ 1227	34.16 EFG	22.60 a	68.31 B-E	72.29 ab
ERÜ 462	36.14 BCD	18.85 e	65.06 B-E	41.47 gh
11B14	32.75	21.88 b	45.94 F	42.65 fgh
B5-11-2	32.75	17.33 g	26.17 G	46.77 e-g
B5-11-4	33.13 FGH	21.67 b	49.75 EF	52.00 d-g
5K-3-1	35.36 C-E	18.69 ef	49.54 EF	52.36 def
3SB F1 SİVRİ	36.56 B	17.26 g	63.37 C-F	44.87 e-h
SCARFACE F1	32.76 GH	17.15 g	49.19 EF	40.31 h
YAOICALI F1	34.63 DEF	20.73 c	66.36 B-E	58.05 cd
LDS _{0.05}	***	***	***	***
Minimum	30.51	15.34	26.17	40.31
Maksimum	40.13	22.60	88.97	76.33
Ortalama	34.75	19.14	60.75	52.32

3.2. II. DENEME BULGULARI

Yapılan ikinci denemede ise birinci denemede azot etkinlikleri tam olarak belirlenmiş hat/çeşitlerden seçilen ve ölçülen parametrelere göre en iyi özellik gösteren 2 adet (21-H-1-1, AH-2-3) ve düşük performans gösteren 2 adet (ERÜ1248, 24-H-6) biber genotipi belirlenmiştir. Bu belirlenen genotipler birbiri üzerine hem anaç hem de kalem olacak şekilde aşılacaktır. Aşılama işleminden sonra durgun su kültürü besin çözeltisi

ortamında iki farklı azot dozuna (Yüksek-N:3.0 Mm, Düşük-N:0.3 mM) tabii tutulup fizyolojik ve morfolojik özellikleri belirlenmiştir.

3.2.1. Bitki Boyu (cm / bitki) ve Bitkide Toplam Yaprak Alanı (cm² /bitki)

Aşılama ve aşılama yapılmamış bitkilere ait veriler Tablo 3.2.1’de verilmiştir. Bitki boyu ve yaprak alanı uygulanan farklı azot dozlarından ve aşı kombinasyonlarından etkilenmiştir. Yüksek azot koşullarında yetiştirilen bitkilerin boyları, düşük azot koşullarında yetiştirilen bitkilerden daha uzun olmuştur. Yüksek azot dozu koşullarında ortalama bitki boyu 27.70 cm iken, düşük azot dozu uygulanan bitkilerde 23.25 cm olarak belirlenmiştir. Yüksek azot dozu ile muamele edilen bitkilerde en yüksek bitki boyu yine aşısız AH-2-3 hattında 32.17 cm olarak ölçülürken, bitki boyu yine aşısız 24-H-6 biber hattında 23.00 cm olarak ölçülmüştür. Yine düşük azot uygulanan bitkilerde en uzun bitkiler 26.67 cm ile AH-2-3’ de belirlenirken, en kısa bitkiler 19.00 cm ile 24-H-6 hattında belirlenmiştir.

Colla ve ark, (2008) yaptığı çalışmada, biberde aşılamanın bitki gelişimi, meyve kalitesi ve verim üzerine olan etkilerinin araştırılıp iki farklı hibrit dolmalık biber çeşidi (Edo ve Lux) 5 farklı ticari anaç üzerine (Snooker, Tresor, RX360 DR08801 ve 97.9001) aşılama sera koşullarında yetiştirmişlerdir. Aşılı biber bitkileri kontrol bitkileri Edo ve Lux’e kıyasla sırasıyla %29 ve %28 daha uzun bitki boyuna sahip olmuşlardır. Bu sonuçlarda bizim sonuçlarımıza benzer şekilde, güçlü anaçlar üzerine aşılama bitkilerde, kontrole (ERÜ1248, 24-H-6) nazaran daha uzun bir bitki boyu oluşturmuştur. Ancak önceki araştırmacıların çalışmasından farklı olarak, zayıf bitkiler üzerine güçlü bitkileri aşılama çalışmamızda, zayıf bitkilerin kontrolüne kıyasla daha uzun bitki boyu oluşturduğu gözlenmiştir. Güçlü anaç olarak seçtiğimiz hatlar üzerine aşılama güçsüz kalem bitkilerin bitki boyları her iki genotipte aynı oranda artmamıştır. Bu sonuç ise aşılamanın sadece anaç ya da kalem değil, bitki boyu gelişiminde anaçxkalem kombinasyonuna bağlı olduğunun bir sonucudur.

Düşük azot dozuna kıyasla, toplam yaprak alanı uygulanan yüksek azot dozu ile birlikte büyük artış göstermiştir. Yüksek azot dozunda ortalama toplam yaprak alanı 2017.95 cm²/bitki iken bu rakam düşük azot dozunda ortalama 712.82 cm²/bitki de kalmıştır. Yüksek azot dozu altında yetiştirilmiş bitkilerde en yüksek toplam yaprak alanı sırasıyla 2372.67, 2328.00 ve 2224.33 cm²/bitki ile AH-2-3/24-H-6 aşı kombinasyonlarında belirlenirken, en düşük toplam yaprak alanı ise 1553.00 ile 24-H-6 hattında

belirlenmiştir. Düşük azot dozu uygulanan bitkilerde en yüksek yaprak alanına sahip genotip 866.40 ile AH-2-3 olurken, en düşük değeri ise 545.07 ve 554.93 cm²/bitki ile ERÜ 1248/AH-2-3 ve ERÜ 1248/21-H-1-1 aşı kombinasyonlarından tespit edilmiştir.

Tablo 3.2.1. Bitki boyu (cm) ve Yaprak alanı (cm²)

Aşı Kombinasyonu	Bitki boyu (cm)		Yaprak alanı (cm ²)	
	Yüksek N	Düşük N	Yüksek N	Düşük N
21-H-1-1/24-H-6	29.17 C	25.00 bc	2159.33 B	781.83 bc
21-H-1-1/ERÜ 1248	28.03 DE	24.17 d	2155.33 B	771.73 bc
AH-2-3/24-H-6	28.67 CD	24.50 cd	2328.00 AB	800.27 ab
AH-2-3/ERÜ 1248	31.00 B	25.00 bc	2224.33 AB	765.57 bc
ERÜ 1248/21-H-1-1	26.73 FG	22.67 e	1893.67 C	554.93 d
ERÜ 1248/AH-2-3	27.17 EF	22.00 fe	1940.00 C	545.07 d
24-H-6/21-H-1-1	26.23 FG	22.00 ef	1797.00 C	728.68 bc
24-H-6/AH-2-3	24.10 H	21.90 f	1854.00 C	715.53 bc
21-H-1-1	30.33 B	25.57 b	2145.67 B	780.10 bc
ERÜ 1248	26.00 G	21.33 f	1902.67 C	550.00 d
24-H-6	23.00 I	19.00 g	1553.00 D	707.93 c
AH-2-3	32.17 A	26.67 a	2372.67 A	866.40 a
LSD0.05	***	***	***	***
Minimum	23.00	19.00	1553	545.07
Maksimum	32.17	26.67	2372.67	866.4
Ortalama	27.7	23.25	2017.95	712.82

Anaç olarak kullanılacak tuz ve su stresine toleranslı genotiplerin seçimi, abiyotik streslerin biber verimliliği üzerindeki olumsuz etkilerini iyileştirmek için umut verici bir yaklaşım olabilir (Penella ve ark., 2013, 2014, 2015, 2016). (Penella ve ark, (2014, 2016) yaptıkları çalışmada, aşılammış bitkiler stres altında büyütüldüklerinde azalmış bir yaprak alanı göstermiş ve tüm aşılammış biber bitki kombinasyonları için değişmeden kalmıştır. Bu etkiler sonuçlarında kanıtlandığı gibi aşılama ile iyileştirilmiştir. Bizim çalışmamızda ise benzer şekilde N-etkin olmayan bitkileri, N-etkin anaçlar üzerine aşıladığımızda, kontrole kıyasla daha fazla yaprak oluşturmuşlardır ancak, kendi kök üzerinde yetiştirilmiş N-etkinsiz bitkiler, besin elementi noksanlığında (N), strese girerek daha az bir yaprak alanı oluşturmuşlardır.

3.2.2. Yeşil Aksam ve Kök Yaş Ağırlığı (g/bitki)

Tablo 3.2.2'de gösterilen bulgulara bakıldığında, yeşil aksam yaş ağırlığı ve kök yaş ağırlığının farklı azot dozlarından ve aşı kombinasyonlarından önemli derecede etkilendiği görülmektedir. Yüksek azot dozu uygulanan bitkilerde düşük azot dozu uygulananlara nazaran yeşil aksam yaş ağırlığında artış olmuştur. Yüksek azot dozunda

ortalama bitki yeşil aksam yaş ağırlığı 143.60 g/bitki iken bu rakam düşük azot dozunda ortalama 34.46 g/bitki ye kadar bir düşüş kaydedilmiştir. Kök yaş ağırlığında ise bu durumun tam tersine yüksek azot koşullarındaki bitkilere nazaran düşük azot uygulanmış bitkilerde daha fazla bir kök yaş ağırlığı ölçülmüştür. Kök yaş ağırlığı yüksek azot dozunda 15.1 ile 29.19 g/bitki arasında değişirken, düşük azot dozunda en düşük ve en yüksek kök yaş ağırlığı 19 ve 32.1 g/bitki olmuştur.

Yüksek azot dozunda yeşil aksam yaş ağırlığı en yüksek olan uygulamalar 174.00 ile 157 g/bitki arasında değişen değerler ile 21-H-1-1, AH-2-3 hatları ile AH-2-3/24-H-6, 31-H-1-1/24-H-6 ve 21-H-1-1/ERÜ1248 aşı kombinasyonu dışındaki diğer uygulamalarda 119 ile 127 g/bitki arasında değişen değerler ile tespit edilmiştir. Azot dozunun düşmesi ile birlikte yeşil aksam ağırlığında dramatik düşüşler olmuştur. Düşük azot koşulları altında 21-H-1-1 üzerine aşılana bitkilerde aşısız kontrol bitkilerine (24-H-6 ve ERÜ1248) göre önemli artışlar (%50-68) olmuştur. 21-H-1-1 aşısız bitkileri de yüksek yeşil aksam ağırlığına sahip olmuştur. Benzer şekilde AH-2-3 üzerine aşılana zayıf kalemlerde ise belli oranda azalma olmuştur.

Tablo 3.2.2. Yeşil aksam ve kök yaş ağırlıkları (g/bitki)

Aşı Kombinasyonu	Yeşil aksam yaş ağırlığı (g/bitki)		Kök yaş ağırlığı(g/bitki)	
	Yüksek N	Düşük N	Yüksek N	Düşük N
21-H-1-1/24-H-6	157.00 AB	42.83 a	25.27 C	31.23 ab
21-H-1-1/ERÜ1248	165.00 AB	39.33 ab	27.53 B	32.10 a
AH-2-3/24-H-6	164.25 AB	39.50 ab	25.80 C	29.73 bc
AH-2-3/ERÜ1248	150.67 B	39.00 ab	27.70 B	28.60 c
ERÜ 1248/21-H-1-1	121.33 C	32.50 c	20.50 D	21.97 de
ERÜ 1248/AH-2-3	127.00 C	28.33 d	20.03 D	23.15 d
24-H-6/21-H-1-1	123.67 C	36.00 bc	18.70 E	19.47 fg
24-H-6/AH-2-3	120.00 C	25.83 d	15.10 F	21.00 ef
21-H-1-1	174.00 A	40.33 a	27.10 B	30.83 ab
ERÜ 1248	125.33 C	25.83 d	20.80 D	21.17 ef
24-H-6	119.33 C	24.67 d	16.00 F	19.00 g
AH-2-3	169.50 AB	40.75 a	29.17 A	31.43 ab
LSD _{0.05}	***	***	***	***
Minimum	119.33	24.67	15.1	19
Maksimum	174	42.83	29.17	32.1
Ortalama	143.6	34.46	22.71	25.77

Yüksek azot dozu uygulanmış bitkiler de ortalama kök yaş ağırlığı 22.71 g/bitki olarak tespit edilmiş iken, düşük azot koşulları altındaki bitkilerde ortalama kök yaş ağırlığı 25.77 g/bitki olmuştur. Yüksek azot koşullarında ise en yüksek kök yaş ağırlığı değeri 29.17 g ile AH-2-3 de, en düşük kök yaş ağırlığı ise sırasıyla 15.10 ve 16.00 g/bitki ile 24-H-6 hattı ve 24-H-6/AH-2-3 aşısı kombinasyonunda belirlenmiştir. Yüksek azot koşullarında güçlü bitkilerin üzerine zayıf bitkilerin aşılandığı durumlarda güçlü köklerin zayıf kalemlerin durumunu iyileştirdiği görülmüştür. Zayıf bitkiler üzerine güçlü bitkiler aşılandığında ise güçlü bitkilerin kontrol bitkilerine kıyasla daha düşük kök kuru ağırlığı oluşturduğu görülmüştür. Düşük azot koşullarında en yüksek kök yaş ağırlığı 21-H-1-1 üzerine aşılı bitkiler ve AH-2-3'ün kontrol bitkileri en yüksek kök yaş ağırlığına sahip olmuşlardır. En düşük kök yaş ağırlığı ise 24-H-6'nın aşısız kontrol bitkilerinde elde edilmiştir. Yüksek azot dozunda olduğu gibi güçlü bitkilerin üzerine aşılanmış zayıf bitkilerin kök ağırlıklarında düşük azot koşullarında da artışlar olmuştur. Yarşi ve ark. (2008), Kybele F1 hıyar çeşidini CF (*Cucurbita ficifolia*), Elsi ve Jumbo (*C. maxima* x *C. moschata*) anaçları üzerine aşılı olarak yaptıkları çalışmada aşılı bitkilerin daha hızlı geliştiğini, kök, gövde ve yaprak aksamlarının yaş ve kuru ağırlıklarının daha fazla olduğunu tespit etmişlerdir. Bu sonuçlar doğrultusunda çalışmamızda ise yine benzer şekilde düşük-N ve yüksek-N koşullarında, güçlü anaçlar üzerine aşılanan zayıf kalemler besin elementi (N) eksikliği durumunda kendi kökü üzerinde yetiştirilmiş, N-etkin olmayan bitkilerden daha fazla yeşil aksam ve kök aksamı üretmişlerdir. Bundan dolayı, sonuçlar bizim yaptığımız çalışmayla örtüşmektedir.

3.2.3. Yeşil Aksam ve Kök Kuru Ağırlığı (g/bitki)

Yeşil aksam ve kök kuru ağırlığına ait sonuçlar Tablo 3.2.3'de verilmiştir. Bu değerlere göre aşısı kombinasyonları arasında fark istatistiki olarak önemli bulunmuştur. Yüksek azot uygulaması yapılan bitkilerde ortalama yeşil aksam kuru ağırlığı 9.86 g/bitki iken, düşük azot koşulları altındaki bitkilerde 4.52 g/bitki olarak tespit edilmiştir. Yüksek azot dozu verilen bitkilerde maksimum gövde kuru ağırlığını 12.97 g ile 21-H-1-1/ERÜ1248 aşısı kombinasyonu vermişken, en düşük ağırlığı ise 6.80 g ile 24-H-6 hattı saf vermiştir. Güçlü bitkilerin anaç olarak kullanıldığı kombinasyonlar ve onun aşısız kontrol bitkileri (21-H-1-1 ve AH-2-3) diğerlerinden daha yüksek yeşil aksam kuru ağırlığına sahip olmuşlardır. Düşük azot koşulları altında aynı eğilim görülmüştür.

Tablo 3.2.3. Yeşil aksam ve kök kuru ağırlığı (g/bitki)

Aşı Kombinasyonu	Yeşil aksam (g/bitki)		Kök kuru (g/bitki)	
	Yüksek N	Düşük N	Yüksek N	Düşük N
21-H-1-1/24-H-6	12.77 A	5.50 a	1.89 B	2.79 cd
21-H-1-1/ERÜ1248	12.97 A	5.46 a	1.96 AB	2.74 d
AH-2-3/24-H-6	12.27 A	4.67 b	1.68 C	2.78 dc
AH-2-3/ERÜ1248	12.33 A	5.20 a	1.97 AB	2.96 b
ERÜ1248/21-H-1-1	7.30 B	3.53 d	1.69 C	2.43 f
ERÜ1248/AH-2-3	7.38 B	3.61 d	1.72 C	2.50 e
24-H-6/21-H-1-1	6.97 B	4.03 c	1.26 D	2.18 g
24-H-6/AH-2-3	7.00 B	3.82 cd	1.42 D	2.20 g
21-H-1-1	12.93 A	5.57 a	2.10 A	2.83 c
ERÜ1248	7.27 B	3.50 d	1.70 C	2.48 g
24-H-6	6.80 B	3.80 cd	1.27 D	2.22 f
AH-2-3	12.30 A	5.50 a	2.00 AB	3.10 a
LSD _{0.05}	***	***	***	***
Minimum	6.8	3.5	1.27	2.18
Maksimum	12.97	5.57	2.1	3.1
Ortalama	9.86	4.52	1.78	2.67

Kök kuru ağırlığındaki ortalama değerlere bakıldığında ise yüksek azot koşullarındaki bitkilerde 1.78 g/bitki kök kuru ağırlığı tartılırken, düşük azot dozu uygulanan bitkilerde bu değer yükselerek 2.67 g/bitki olarak tespit edilmiştir. Yüksek azot koşullarında kök kuru ağırlığı 1.27 g ile 2.10 g arasında değişmiştir. En yüksek kök kuru ağırlığı 21-H-1-1, AH-2-3 hatlarında ve AH-2-3/ERÜ1248, AH-2-3/24-H-6 aşı kombinasyonunda kaydedilirken, en düşük kök kuru ağırlığı ERÜ1248 ve AH-2-3/24-H-6 ve ERÜ1248 üzerine aşılınmış olan AH-2-3 ve 21-H-1-1 hatlarında tespit edilmiştir. Yüksek azot koşullarında yeşil aksam kuru ağırlığında olduğu gibi güçlü anaçlar zayıf kalemelerin kök kuru ağırlığını aşısız kontrol bitkilerine göre artırmıştır. Düşük azot koşullarında en yüksek kök kuru ağırlığı 3.10 g/bitki ile AH-2-3 hattında, en düşük kök kuru ağırlığı ise 24-H-6 ve ERÜ1248/21-H-1-1 aşı kombinasyonunda tespit edilmiştir. Düşük azot koşullarında da güçlü kök yapısına sahip olan bitkiler kök kuru ağırlığını kontrol bitkilerine göre artırmıştır.

Yarsi ve Rad (2004) kullanılan anacın, kök sisteminin kuvvetli olması, aşılı bitkilerin su ve bitki besin elementi alımının artarak büyüme performansının olumlu şekilde ilerlemesine etki yapmış olabileceğini belirtmişlerdir. Bir önceki araştırmacının yaptığı

çalışmayla paralele olarak, yaptığımız çalışmada, yine benzer şekilde güçlü anaçlar üzerine aşıladığımız zayıf kalemler, güçlü kök gibi davranarak, bitki besin elementi alım oranlarının da aşılama yoluyla iyileştirilmesi sayesinde, yeşil aksam ve kök yaş ve kuru ağırlıklarını artırmışlardır. Zayıf anaçlar üzerine aşıladığımız güçlü bitkiler ise aşılanmamış zayıf bitkilere kıyasla daha fazla yeşil aksam ve kök kuru ağırlığı üretmişlerdir. Bu sonuçlara bakıldığında ise, aşılamanın sadece anaç ya da kaleme değil, anaç/kalem kombinasyonuna bağlı olduğunu göstermektedir.

3.2.4. Bitkide Fotosentez Aktivitesi ($\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$) ve Yaprak Klorofil İçeriği (SPAD)

Bitkide haftalık olarak alınan (SPAD) yaprak klorofil içeriği ve fotosentez aktivitesi Tablo 3.2.4'de verilmiştir. Bu sonuçlar doğrultusunda farklı azot dozlarıyla denenmiş farklı azot dozları altında yetiştirilen aşılı ve aşısız bitkilerin SPAD içeriği ve fotosentez aktivitesi uygulamalardan önemli seviyede etkilenmiştir.

Tablo 3.2.4. Fotosentez aktivitesi ($\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$) ve yaprak klorofil içeriği (SPAD)

Aşı Kombinasyonu	Fotosentez ($\mu\text{mol m}^{-2}/\text{s}$)		Yaprak klorofil içeriği (SPAD)	
	Yüksek N	Düşük N	Yüksek N	Düşük N
21-H-1-1/24-H-6	12.58 B	6.57 ab	57.20 B	45.10 b
21-H-1-1/ERÜ1248	12.31 B	6.38 b	58.30 A	44.43 bc
AH-2-3/24-H-6	14.30 A	6.71 a	53.97 C	42.20 c
AH-2-3/ERÜ1248	14.33 A	6.54 ab	54.10 C	43.20 bc
ERÜ1248/21-H-1-1	11.07 DE	4.39 d	44.27 H	31.77 def
ERÜ1248/AH-2-3	11.63 CD	4.96 c	46.13 E	33.13 d
24-H-6/21-H-1-1	11.07 ED	4.11 e	47.50 D	30.90 def
24-H-6/AH-2-3	11.13 DE	3.98 e	45.33 FG	30.00 ef
21-H-1-1	12.50 B	6.36 b	59.07 A	47.50 a
ERÜ1248	11.10 DE	4.56 d	44.50 GH	32.35 de
24-H-6	10.53 E	3.91 e	46.47 E	29.50 f
AH-2-3	14.43 A	6.73 a	54.63 C	44.50 bc
LSD _{0.05}	***	***	***	***
Minimum	10.53	3.91	44.27	29.5
Maksimum	14.43	6.73	59.07	47.5
Ortalama	12.25	5.43	51.06	37.97

Yüksek azot dozunda ortalama fotosentez aktivitesi $12.25 \mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$ iken bu rakam düşük azot dozunda ortalama $5.43 \mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$ de kalmıştır. Yüksek azot dozunda

fotosentez aktivitesi en yüksek fotosentez aktivitesi sırasıyla 14.43, 14.33 ve 14.30 $\mu\text{mol m}^{-2}/\text{s}$ ile AH-2-3 hattı ve AH-2-3/ERÜ1248 ve AH-2-3' da tespit edilmiştir. Yüksek azot koşullarında güçlü anaçların üzerine aşılana kalemlerin fotosentetik aktivitesini arttırdığı gözlemlenirken, zayıf anaçların ise tam tersi bir tepki gösterdiği tespit edilmiştir. Düşük azot koşullarında fotosentetik aktivite yaklaşık %60 oranında azalma göstererek 3.91 ile 6.73 arasında değişmiştir. AH-2-3 hattı ve onun anaç olarak kullanıldığı aşı kombinasyonları ve 21-H-1-1/24-H-6 aşı kombinasyonu diğer uygulamalardan daha yüksek fotosentetik aktivite gösterirken, en düşük fotosentetik aktivite 4.11 $\mu\text{mol m}^{-2}/\text{s}$ ile 24-H-6 üzerine aşılana 21-H-1-1 ve AH-2-3 bitkilerinde belirlenmiştir. Yaprak klorofil içeriği (SPAD) değerlerine baktığımızda uygulanan yüksek azot dozunda genel olarak bir artış kaydedilmiştir. Yüksek azot dozunda ortalama spad değeri 51.06 iken bu rakam düşük azot dozunda ortalama 37.97 ye kadar düşmüştür. Yüksek azot dozunda en yüksek SPAD değeri sırasıyla 59.07 ve 58.30 ile 21-H-1-1 hattında ve 21-H-1-1/ERÜ1248 aşı kombinasyonunda ölçülürken, en düşük SPAD değeri 24-H-6 hattı ve ERÜ1248/21-H-1-1 aşı kombinasyonunda ölçülmüştür. Düşük azot koşulları altındaki bitkilerde ise en yüksek SPAD değeri 47.50 ile 21-H-1-1' de ölçülürken, en düşük SPAD değerini ise 29.50 ile 24-H-6 hattında tespit edilmiştir.

Penella ve ark. (2017), biberde aşılama ve tuz stresiyle ilgili yaptıkları çalışmada, fotosentetik aktivite, deney sonunda tuzluluk altındaki tüm aşılana kombinasyonlarda daha yüksek bulunmuştur. Daha önceki çalışmalarında da benzer sonuçlar elde edilmiştir (Penella ve ark., 2014, 2016). Bu sonuçlar, abiyotik stres koşulları altında bitkinin fotosentez performansını arttırmak için toleranslı anaçların kullanımını vurgulayan bulguları ile örtüşmektedir (He ve ark., 2009; Orsini ve ark. 2013; Penella ve ark., 2014). Bizim bitki besin elementi (N) stresi uyguladığımız durumda ise önceki araştırmacıların sonuçlarına benzer şekilde, güçlü anaçlar üzerine aşılana zayıf kalemlerin fotosentez aktivitelerinin ve SPAD değerlerinin, kendi kökü üzerinde yetiştirilmiş zayıf bitkilere kıyasla arttığı tespit edilmiştir. Yine zayıf kalemlerin üzerine aşılana güçlü bitkilerde ise fotosentez ve SPAD aktiviteleri kontrol bitkilere kıyasla (ERÜ1248, 24-H-6) arttığı kaydedilmiştir. Bu neticeler doğrultusunda aşılamanın sadece anaç ya da kaleme değil, anaç/kalem kombinasyonuna bağlı olduğunu göstermektedir.

3.2.5. Yaprak Klorofil İçeriği (mg/g), Karotenoid İçeriği (mg/g) ve Nitrat Redüktaz Aktivitesi (µmol/s/g)

Yaprak klorofil içeriği, yaprak karotenoid içeriği ve nitrat redüktaz aktivitesi uygulanan azot dozlarından istatistiki olarak etkilenmiş olup, genotipler arasında istatistiki olarak farklılık tespit edilmiştir (Tablo 3.2.5). Ayrıca azot x genotip interaksyonu da istatistiki olarak önemli bulunmuştur. Düşük azot dozuna kıyasla, yaprak klorofil içeriği, karotenoid içeriği ve nitrat redüktaz aktivitesi uygulanan yüksek azot dozu ile birlikte artmıştır.

Tablo 3.2.5. Yaprakta toplam klorofil (mg/g), toplam karotenoid (mg/g) ve NRE (µmol s/g)

Aşı Kombinasyonu	Toplam klorofil (mg/g)		Toplam karotenoid (mg/g)		Nitrat redüktaz aktivitesi (µmol/s/g)	
	Yüksek N	Düşük N	Yüksek N	Düşük N	Yüksek N	Düşük N
21-H-1-1/24-H-6	1.92 D	1.09 ab	0.38 AB	0.19 ab	3.15 D	1.11 a
21-H-1-1/ERÜ1248	2.01 C	1.06 b	0.35 CD	0.16 d	3.23 B	1.17 a
AH-2-3/24-H-6	2.15 B	1.03 bc	0.40 A	0.16 d	3.18 C	1.11 a
AH-2-3/ERÜ1248	1.82 E	0.98 cd	0.31 E	0.17 cd	2.99 F	1.09 a
ERÜ1248/21-H-1-1	1.51 GHI	0.94 de	0.29 F	0.12 e	2.98 F	0.63 b
ERÜ1248/AH-2-3	1.45 I	0.92 de	0.28 F	0.09 g	2.64 G	0.60 b
24-H-6/21-H-1-1	1.58 FG	0.89 ef	0.36 BCD	0.10 fg	2.58 H	0.50 bc
24-H-6/AH-2-3	1.60 F	0.84 f	0.34 DE	0.11 ef	2.56 H	0.46 c
21-H-1-1	2.04 C	1.15 a	0.38 ABC	0.20 a	3.70 A	1.21 a
ERÜ1248	1.48 E-I	0.91 de	0.27 F	0.10 fg	3.05 E	0.51 bc
24-H-6	1.54FGH	0.88 ef	0.33 DE	0.09 g	2.55 I	0.39 c
AH-2-3	2.22 A	1.06 b	0.39 A	0.18 bc	3.22 B	1.16 a
LSD _{0.05}	***	***	***	***	***	***
Minimum	1.45	0.84	0.27	0.09	2.55	0.39
Maksimum	2.22	1.15	0.4	0.2	3.7	1.21
Ortalama	1.78	0.98	0.34	0.14	3.01	0.82

Ortalama toplam klorofil yüksek azot dozunda ortalama 1.78 mg/g iken, düşük azot dozunda 0.98 mg/g dir. Toplam karotenoid içeriği ise yüksek azotta ortalama 0.34 mg/g iken düşük azotta 0.14 mg/g dir. Nitrat redüktaz aktivitesine bakıldığında ise yüksek azotta ortalama 3.01 µmol/s/g, düşük azotta ise 0.82 µmol s/g dir. Düşük azot dozunda en yüksek toplam klorofil içeriği 1.15 ve 1.09 mg/g ile 21-H-1-1 ve 21-H-1-1/24-H-6 aşı kombinasyonunda bulunmuş iken, en düşük değer 0.84 ve 0.89 mg/g ile 24-H-6/AH-2-3, 24-H-6 ve 24-H-6/21-H-1-1 aşı kombinasyonunda tespit edilmiştir. Toplam

karotenoid hem azot hem de aşı uygulamalarından önemli seviyede etkilenmiştir. Yüksek azot koşullarında ise maksimum karotenoid içeriği sırasıyla AH-2-3 hattında belirlenirken, en düşük değer ise sırasıyla 0.27, 0.28 ve 0.29 mg/g ile ERÜ1248 saf hattı ve ERÜ1248 üzerine aşılınmış 21-H-1-1 ve AH-2-3 bitkilerinde belirlenmiştir. Düşük azot uygulanan bitkilerde karotenoid içeriği 0.20 mg/g ile 21-H-1-1 saf hattı ve aynı hat üzerine aşılınmış olan 24-H-6 bitkilerinde belirlenirken, en düşük karotenoid içeriği ise 0.09 ile 0.10 mg/g arasında değişen değerlerle 24-H-6, ERÜ1248 hatları ve 24-H-6/21-H-1-1 ve ERÜ1248/AH-2-3 aşı kombinasyonlarında tespit edilmiştir. Yaprakta nitrat redüktaz aktivitesi uygulanan azot dozundan ve aşı uygulamalarından önemli seviyede etkilenmiştir. Yaprakta nitrat redüktaz aktivitesi yüksek azotta maksimum değer 3.70 $\mu\text{mol/s/g}$ ile 21-H-1-1 de tespit edilirken, en düşük nitrat redüktaz aktivitesi 2.55 $\mu\text{mol/s/g}$ ile 24-H-6 da ölçülmüştür. Düşük azotta ise yüksek nitrat redüktaz aktivitesi sırasıyla 21-H-1-1, AH-2-3 hatları ile 21-H-1-1/ERÜ1248, 21-H-1-1/24-H-6 ve AH-2-3/24-H-6 aşı kombinasyonlarında belirlenmiştir.

Bitki içindeki N, ürün verimi ve kalitesinde yeri doldurulamaz ve anahtardır. NO_3^- yüksek bitkiler için ana N kaynağıdır. NO_3^- ün kökler tarafından asimilasyonu, NO_2^- 'ye indirgenmesi, NO_2^- 'nin NH_4^+ 'ya dönüşümünü ve NH_4^+ 'nin glutamat sentaz enzimatik döngüsü yoluyla amino asitlere dahil edilmesini gerektirir. NO_3^- asimilasyonu, NR tarafından amonyuma (NO_3^- ile NO_2^-) dönüşmek üzere katalizlenir. Bu dokuların asimilasyon kapasitesi aşıldığında yaprak dokuları NO_3^- birikir. NR miktarında ve aktivitesinde bir artış NO_3^- indirgemeyi gerektirir ve amino asit-protein sentezi ve toplam N asimilasyonu için daha büyük bir kapasite sağlar. Bu nedenle, NO_3^- seviyesi ve NR aktivitesi bitkilerin büyümesi ve gelişmesi için belirleyici faktörler olarak kabul edilir. Pulgar ve ark. (2000), Ruiz ve ark. (2006), yaptıkları çalışmada, aşılınmış bitkilerin yapraklarında daha yüksek bir NR aktivitesi bulmuşlardır. Bu durumun da NO_3^- 'ü NO_2^- 'ye düşürmenin daha yüksek verimliliğini yansıtmaktadır. Aşılı bitkilerde daha etkin NR aktivitesi, anaçların besin maddelerinin alımı üzerindeki etkisi ile ilgilidir. Aşılı bitkilerde düşük NR endojen aktivitesi, daha yüksek NR'ye bağlı olabilir ve bu nedenle NO_3^- 'ü azaltmak için daha büyük bir potansiyel olabilir.

3.2.6. Toplam Kök Uzunluğu (m/bitki), toplam kök hacmi (cm³/bitki), ortalama kök çapı (mm)

Bitkilerin kök özellikleri uygulanan azot dozlarından ve aşı kombinasyonlarından önemli derecede etkilenmiştir. Kök özelliklerine ait bulgular Tablo 3.2.6'da verilmiştir.

Tablo 3.2.6. Kök uzunluğu (cm), kök hacmi (cm³) ve ortalama kök çapı (mm)

Aşı Kombinasyonu	Kök uzunluğu (cm)		Kök hacmi (cm ³)		Kök çapı (mm)	
	YüksekN	Düşük N	YüksekN	Düşük N	YüksekN	DüşükN
21-H-1-1/24-H-6	2554.00 BC	3574.67 cd	2150.33 B	2834.00 a	0.340 AB	0.360 a
21-H-1-1/ERÜ1248	2625.67 B	3690.00 bc	2309.67 A	2784.33 a	0.348 A	0.369 a
AH-2-3/24-H-6	2532.00 C	3420.33 e	1999.67 C	2371.67 b	0.329 C	0.374 a
AH-2-3/ERÜ1248	2551.67 BC	3468.67 de	1889.33 C	2456.67 b	0.330 BC	0.370 a
ERÜ1248/21-H-1-1	1814.00 D	2716.67 h	1622.00 D	1640.33 f	0.314 D	0.324 b
ERÜ1248/AH-2-3	1832.33 D	2891.33 g	1413.67 EF	1859.00 cd	0.306 D	0.322 b
24-H-6/21-H-1-1	1701.00 E	2822.00 g	1338.67 F	1780.00 de	0.292 E	0.339 b
24-H-6/AH-2-3	1603.67 F	2907.00 g	1525.33 DE	1752.00 e	0.286 E	0.332 b
21-H-1-1	2775.33 A	3895.67a	2253.00 A	2833.67 a	0.346 A	0.371 a
ERÜ1248	1788.00 D	2948.00 g	1509.00 DE	1930.33 c	0.304 D	0.320 b
24-H-6	1679.00 EF	3078.33 f	1417.33 EF	1777.00 de	0.290 E	0.336 b
AH-2-3	2624.67 B	3748.67 b	2160.33 B	2471.00 b	0.332 BC	0.375 a
LSD _{0.05}	***	***	***	***	***	***
Minimum	1603.67	2716.67	1338.67	1640.33	0.286	0.320
Maksimum	2775.33	3895.67	2309.67	2834	0.348	0.375
Ortalama	2175.74	3269.55	1802.62	2211.74	0.318	0.349

Yüksek azot koşullarında yetiştirilen bitkilere kıyasla düşük azot koşulları altında yetiştirilen bitkilerde kök özellikleri daha yüksek bulunmuştur.

Kök uzunluğu yüksek azotta ortalama 2175.74 cm, düşük azotta ise 3269.55 cm olarak kaydedilmiştir. Toplam kök hacmi yüksek azotla muamele edilen bitkilerde ortalama 1802.62 cm³ iken, bu değer düşük azot koşulları altında yetiştirilen bitkilerde artarak 2111.74 cm³ kadar yükselmiştir. Ortalama kök çapında ise yüksek azotta ortalama değer 0.318 mm bulunmuş iken, düşük azotta ise ortalama çap 0.349 mm ile daha yüksek bulunmuştur.

Kök uzunluğu ele alındığında yüksek azot dozunda en uzun kökler 2775.33 cm ile 21-H-1-1 saf hattında ölçülürken, en kısa kökler ise sırasıyla 1603.67, 1679.0 cm ile 24-H-

6/AH-2-3 aşı kombinasyonu ve 24-H-6 hattında ölçülmüştür. Düşük azot dozunda toplam kök uzunluğu en yüksek 3895.67 cm ile 21-H-1-1 de iken, en düşük toplam kök uzunluğu 2716.67 cm ile ERÜ 1248/21-H-1-1 aşı kombinasyonunda belirlenmiştir. Genel olarak güçlü kök yapısına sahip hatlar üzerine aşılanmış bitkilerin kök uzunluğu daha yüksek bulunmuştur. Toplam kök hacmine bakıldığında ise yüksek azotta maksimum kök hacmi 2309.67 ve 2253.0 cm³ ile 21-H-1-1/ERÜ 1248 aşı kombinasyonu ve 24-H-6 hattında belirlenmiştir. Düşük azot koşullarındaki bitkilerde en yüksek toplam kök hacmi sırasıyla 2834.00, 2833.00, 2784.00 cm³ ile 21-H-1-1/24-H-6, 21-H-1-1/ERÜ1248 aşı kombinasyonları ve 21-H-1-1 saf hattında tespit edilirken, en düşük kök hacmi ise 1640.33 cm³ ile ERÜ 1248 x aşı kombinasyonu belirlenmiştir. Yüksek azot koşullarında en kalın kökler sırasıyla 0.348, 0.346, 0.340 mm ile 21-H-1-1/ERÜ1248, 21-H-1-1/24-H-6 aşı kombinasyonları ve 21-H-1-1 hattında belirlenirken tespit edilmiştir, en ince kökler ise 0.286 ile 0.292 mm arasında değişen kalınlıklarda 24-H-6/AH-2-3, 24-H-6/21-H-1-1 aşı kombinasyonlarında ve 24-H-6 hattında ölçülmüştür. Düşük azot altında yetiştirilen bitkilerde ise en kalın kökler 21-H-1-1 ve AH-2-3 hatlarının kendilerinde ve anaç olarak kullanıldıkları aşı kombinasyonlarında ölçülürken, diğer iki hat ve onların anaç olarak kullanıldığı kombinasyonlar daha ince köklere sahip olmuşlardır.

Garcia-Bañuelos ve ark. (2017), Güçlü anaçlara aşılanmanın dolmalık biber de ürün verimini artırdığını bildirmişlerdir. Aşılama, meyve verimi üzerindeki etkinliğini açığa çıkarmıştır, çünkü aşılanmış bitkilerin çoğunda, meyveler ağırlıklarını artırmıştır. Yani, anaçların kuvvetli kök sistemi, sürgün kuvvetini artırmasının bir sonucu olarak, su ve temel besin maddelerinin emilimindeki önemli artış sayesinde, verimi de artırdığını belirtmişlerdir. Bizim yaptığımız çalışmada ise güçlü kökler üzerine aşıladığımız zayıf kalemler, güçlü kök gibi davranarak kök ve sürgün özelliklerini kendi kökü üzerinde yetiştirilmiş bitkilere oranla artırmışlardır.

Ulaş ve ark. (2019), yaptıkları çalışmada ise N etkin genotipler üzerine aşılanmış olan azot etkin olmayan karpuz çeşidi Crimson Sweet'in büyüme ve gelişimini aşısız Crimson Sweet'e göre istatistiki olarak önemli düzeyde artırmıştır ve anaç olarak kullanılan bu N-etkin genotipler, özellikle düşük azot koşullarında diğer genotiplere göre çok daha güçlü bir kök morfolojisi (kök yaş-kuru ağırlık, kök uzunluğu ve hacmi) sergilemişlerdir. Bu sonuçlar bizim çalışmamızla uyumlu olarak, biberde N- etkin hatlar üzerine N-etkin olmayan kalemlerle yapılan aşı kombinasyonunda, düşük N koşullarında

N-etkin olmayan kalemler, güçlü kök gibi davranarak kök uzunluğu, hacim ve çapı, aşısız (kontrol) göre artırmışlardır.

3.2.7. Yeşil Aksamında Azot Konsantrasyonu (mg/g) ve Toplam Azot Alımı (mg/bitki)

İki farklı azot dozunda yetiştirilen aşılı ve aşısız bitkilerin azot içerikleri ve aldıkları toplam azot genotiplerden ve azot dozlarından önemli seviyede etkilenmiştir (Tablo 3.2.7). Yüksek azot koşullarında hem azot hem de alınan azot miktarı artmıştır. Yüksek azot dozu koşullarında yeşil aksamda ortalama azot konsantrasyonu 40.40 mg/g iken, bu değer düşük azotta ortalama 20.39 mg/g olmuştur. Yüksek azot dozunda ortalama alınan toplam azot 406.46 mg/bitki iken, düşük azot dozunda bu değer ortalama 92.91 mg/bitki dir.

Tablo 3.2.7. Yeşil aksam N konsantrasyonu (mg/g KA) ve toplam N (mg/bitki)

Aşı Kombinasyonu	Yeşil aksam N konsantrasyonu (mg/g KA)		Toplam N (mg/bitki)	
	Yüksek N	Düşük N	Yüksek N	Düşük N
21-H-1-1/24-H-6	43.00 B	21.60 b	549.10 AB	118.75 a
21-H-1-1/ERÜ1248	41.00 C	20.16 d	531.87 AB	110.09 b
AH-2-3/24-H-6	43.33 AB	21.67 b	531.07 AB	101.12 c
AH-2-3/ERÜ1248	42.67 B	23.00 a	526.00 B	119.60 a
ERÜ1248/21-H-1-1	41.23 C	19.11 e	300.97 C	67.41 ef
ERÜ1248/AH-2-3	37.42 DE	20.76 c	276.26 CD	74.86 d
24-H-6/21-H-1-1	36.31 F	18.41 f	252.95 D	74.27 de
24-H-6/AH-2-3	36.67 EF	19.16 e	256.60 D	73.24 de
21-H-1-1	44.07 A	20.13 d	569.94 A	111.98 b
ERÜ1248	37.31 DE	18.34 f	271.14 CD	64.19 f
24-H-6	38.01 D	19.27 e	258.57 D	73.24 de
AH-2-3	44.15 A	22.52 a	543.04 AB	123.90 a
LSD _{0.05}	***	***	***	***
Minimum	36.31	18.34	252.95	64.19
Maksimum	44.15	23	569.94	123.9
Ortalama	40.4	20.39	406.46	92.91

Yüksek azot dozundaki en yüksek azot konsantrasyonu sırasıyla 44.07, 44.15 ve 43.33 mg/g KA ile 24-H-6/21-H-1-1, AH-2-3 ve AH-2-3/24-H-6 üzerinde belirlenirken, en düşük N konsantrasyonu 24-H-6 üzerine aşılannmış olan 21-H-1-1 ve AH-2-3 hatlarında

36.31 ve 36.67 mg/g KA olarak tespit edilmiştir. Düşük azot dozu uygulanan bitkilerde ise en yüksek değer 23.00 ve 22.52 mg/g ile AH-2-3/ERÜ 1248 aşu kombinasyonu ve AH-2-3 hattında tespit edilirken, en düşük değeri ise 18.34 ve 18.41 mg/g ile ERÜ 1248 hattı ve 24-H-6/21-H-1-1 aşu kombinasyonunda kaydedilmiştir. Yeşil aksamın almış olduğu toplam azot miktarına bakıldığında genel olarak yüksek azot koşullarında güçlü kök yapısına sahip olan hatlar (21-H-1-1 ve AH-2-3) ve bunların anaç olarak kullanıldığını aşu kombinasyonları diğer hatlar ve aşu kombinasyonlarından daha fazla azot almışlardır (Tablo 3.2.7).

Colla ve ark. (2011), Mini karpuz bitkilerinde aşılamanın azot-kullanım-verim (NUE) üzerindeki etkisini incelemek için yaptıkları iki aşamalı çalışmada, ürün performansını ve aşılansmış mini-karpuz bitkilerinin NUE'sini iyileştirmek için yüksek NUE gösteren (Vita) seçilmiş bir anacın uygunluğunu değerlendirmişlerdir. İkinci çalışmada Vita anacına aşılansmış bitkiler, maksimum kuru ağırlığa ulaşmak için, çözelti içinde en düşük nitrat konsantrasyonuna (1.31 mM NO₃) ihtiyaç duymuştur. N seviyelerinin üzerinde ortalamalar alındığında, Vita'ye aşılansmış Minirossa bitkilerinde, aşılansmamış Minirossa bitkilerine kıyasla pazarlanabilir verim, NUE, N-alım verimliliği ve N-kullanım verimliliği sırasıyla %39, %38, %21 ve %17 daha yüksek olduğunu tespit etmişlerdir. Bu nedenle, mini karpuz bitkilerinin seçilen anaçlara aşılansması, verimliliği ve NUE'yi arttırmak için hızlı ve etkili bir yöntem olarak kullanılabilir olduğunu bildirmişlerdir. Bu çalışmanın sonuçları, aşılamanın, önceki araştırmacının bulguları ile uyumlu olarak, ilk denemede seçtiğimiz güçlü anaçların üzerine aşılansan güçsüz kalemler bitkideki N konsantrasyonunu ve bitkideki toplam N-alımını kendi kök üzerinde yetişen (aşısız) bitkilere oranla artırmışlardır. Colla ve ark. (2011) yaptığı çalışmadan farklı olarak ise güçsüz anaçlar üzerine aşıladığımız güçlü kalemler ise yine bitkideki N konsantrasyonunu ve N-alımını kendi kökü üzerinde yetişmiş güçsüz olarak seçilen bitkilere nazaran artırmışlardır.

Bulgularımız Ruiz ve Romero (1999) ve Ruiz ve ark. (2006), kavun ve tütün bitkilerinde belirli anaçların kullanılmasının aşılansmamış bitkilere göre yapraktaki NO₃ azalmasının arttırdığını göstermiştir. Ayrıca, daha avantajlı NUE özellikleri için biber anaçlarının seçiminde sürgündeki N alımı da belirleyici gösterge olduğu görülmüştür ve ayrıca, bu sonuçlar, aşılamanın N kullanım etkinliği (NUE) üzerindeki etkisinin sadece anaç ya da kalem yerine anaç/kalem kombinasyonuna bağlı olduğunu göstermektedir.

3.2.8. Kökünde Azot Konsantrasyonu (mg/g) ve Toplam Azot Alımı (mg/bitki)

Kökteki azot konsantrasyonu ve toplam azota ait bulgular Tablo 3.2.8' de verilmiştir.

Tablo 3.2.8. Kök N konsantrasyonu (mg/g KA) ve toplam N (mg/bitki)

Aşı Kombinasyonu	Kök N konsantrasyonu (mg/g KA)		Kök toplam N (mg/bitki)	
	Yüksek N	Düşük N	Yüksek N	Düşük N
21-H-1-1/24-H-6	33.36 B	17.50 bcd	63.04 BC	48.77 c
21-H-1-1/ERÜ 1248	32.52 C	18.35 b	63.73 BC	50.24 c
AH-2-3/24-H-6	29.79 D	17.43 bcd	50.03 D	48.46 c
AH-2-3/ERÜ 1248	30.35 D	17.92 b	59.68 C	52.98 b
ERÜ 1248/21-H-1-1	24.29 GH	15.34 fg	41.15 EF	37.23 e
ERÜ 1248/AH-2-3	25.88 F	16.66 e	44.41 E	41.65 d
24-H-6/21-H-1-1	29.09 E	17.68 bc	36.74 FG	38.47 e
24-H-6/AH-2-3	24.65 G	16.84 cde	34.92 G	37.04 e
21-H-1-1	35.32 A	17.89 b	74.16 A	50.67 bc
ERÜ 1248	23.84 H	16.05 ef	40.47 EF	35.70 e
24-H-6	25.62 F	14.77 g	32.45 G	35.84 e
AH-2-3	33.01 BC	19.99 a	66.01 B	61.95 a
LSD _{0.05}	***	***	***	***
Minimum	23.84	14.77	32.45	35.7
Maksimum	35.32	19.99	74.16	61.95
Ortalama	29.06	17.23	50.96	45.48

Köklerin azot konsantrasyonu ve köklerdeki toplam azot miktarı azot dozlarından ve aşı uygulamalarından önemli seviyede etkilenmiştir. Düşük azot konsantrasyonu uygulanan bitkilerde ortalama azot içeriği 17.23 mg/g iken, yüksek azotta ise 29.0 mg/g dir. Kökteki toplam azot alımına bakıldığında ise yüksek azotta ortalama 50.96 mg/g iken, düşük azotta ise ortalama 45.48 mg/g olarak tespit edilmiştir. Yüksek azot koşulları altında yetiştirilen bitkilerde en yüksek azot konsantrasyonu 35.32 mg/g ile 21-H-1-1 saf hattında belirlenirken, en düşük değeri ise 23.84, 24.29 ve 24.65 mg/g ile ERÜ 1248 saf hattı ve ERÜ1248 üzerine aşılanmış olan 21-H-1-1 ve AH-2-3 hatlarında belirlenmiştir. Düşük azot uygulamasına tabii olan bitkilerdeki en düşük kök azot konsantrasyonu 14.77 ve 15.34 mg/g ile 24-H-6 saf hattı ve ERÜ1248/21-H-1-1 aşı kombinasyonunda tespit edilirken, en yüksek değeri ise 19.99 mg/g ile AH-2-3 saf hattında tespit edilmiştir. Bitkilerin kökleri toplam aldığı azot dozlarından ve aşı kombinasyonlarından etkilenmiştir. Yüksek azot verilen bitkilerde en yüksek değeri 74.16 mg/bitki 21-H-1-1 de ölçülürken, en düşük değeri ise 32.45, 24.92 ve 36.74 mg/bitki ile 24-H-6 hattı ve bu hat üzerine aşılanmış olan AH-2-3 ve 21-H-1-1 hatlarında

tespit edilmiştir. Düşük azot ile muamele edilen bitkilerde ise en yüksek azot miktarı 61.95 mg/bitki ile AH-2-3 hattında tespit edilirken, en düşük azot miktarı sırasıyla 35.70 ile 38.47 mg/ bitki arasında değişen değerle ERÜ 1248 ve 24-H-6 saf hatları ve bunların üzerine aşılanan bitkilerde tespit edilmiştir.



4. BÖLÜM

SONUÇ VE ÖNERİLER

4.1. Sonuç ve Öneriler

Besin elementinden yararlanma konusunda genotipler arasında ortaya çıkan genotipik farklılıklar tamamen çeşitlerin sahip oldukları, verimin oluşmasında etkin rol oynayan ve verimle ilişkilendirildiklerinde pozitif korelasyon sergileyen agronomik ikincil özelliklerden kaynaklanmaktadır (Schulte auf'm Erley, 2007). Azot-alım etkinliğinde rol oynayan ikincil karakterlerin başında bitki kök morfolojik (kök uzunluğu, kök derinliği, kök yoğunluğu, kök çapı) ve yaprak fizyolojik (yaprak alan indeksi, yaprak klorofil içeriği) özellikleri gelmektedir (Sattelmacher ve ark., 1994; Barber, 1995; Ulas, 2010). Bu çalışmada, bitkilerdeki N kaynağı ve genotipik farklılıkların (bizim durumumuzda biber) yaprakta SPAD, toplam klorofil ve karotenoid içeriğini ve fotosentezi etkilediği gözlenmiştir. Bu görüş, yaprak klorofil ve karotenoid içeriğinin substrattaki mineral elementlerin (özellikle azot) varlığına ve oranına bağlı olduğu Bojovic ve Stojanovic (2005)'in görüşleri ile uyumludur. Önceki birçok çalışmada (Singh ve ark., 2016; Ndukwe ve ark., 2016; Neufeld ve ark., 2006; Netto ve ark., 2005; Zhao ve ark., 2003; Girardin ve diğerleri, 1985) N kaynağının kullanılabilirliğinin yaprak klorofil ve karotenoid sentezini ve konsantrasyonunu etkilediği rapor edilmiştir. Ve böylece genel olarak, yüksek N tedarik seviyeleri koşulları altında bu fotosentetik pigmentlerin yüksek olmasını bekleyebiliriz.

Bununla birlikte, azot gübrelemesinin yanı sıra diğer bazı faktörler klorofil ve karotenoid içeriğini ve bu nedenle bitki yapraklarındaki fotosentetik etkinliği de etkiler. Bunlar arasında su stresi, yaprak hasarı, yaprak yaşı, genotipik farklılıklar, besin kaynağı (Bojović ve Stojanović, 2005; Schepers ve ark., 1992) ve sıcaklık ve ışık yoğunluğu gibi çevresel faktörler bulunmaktadır. Bu çalışmada ayrıca biyokütle üretimi ile yaprak SPAD, toplam klorofil ve fotosentetik aktivite arasında pozitif bir korelasyon

olduğu da gözlemlenmiştir. Stres koşulları altında, yaprak sayısı ve boyutu (alan) önemli ölçüde etkilenebilir. Bu stres koşullarına uyumdaki genotipik farklılıklar da daha büyük bir rol oynamaktadır. N stresi koşulları altındaki bitkiler sadece az yaprak üretmez, aynı zamanda içlerindeki N'yi daha genç olanlara sabitlemek için eski yaprakları da dökerler. Yaprak yaşlanmasının bitkinin toplam fotosentetik oranını ve dolayısıyla biyokütle üretimini ve verimini etkilediği bilinen bir olgudur.

Toplamda iki aşamalı olarak durgun su kültürü içerisinde, kontrollü iklim odası koşullarında yapılmış olan bu çalışmada, Türkiye'nin çeşitli yerlerinden temin edilen biber saf hatları, çeşitler ve Scarface ve Yaocalı ise ticari biber anaçları kullanılarak, ilk denemede iki farklı azot dozunda (0.3 mM ve 3.0 mM N), test edilmiştir. Denemeden elde edilen bulgulara göre biber genotipleri arasında azot etkinlik bakımından büyük bir genotipik çeşitlilik mevcuttur. Deneme sonucunda ise iki adet azot etkin (21-H-1-1 ve AH-2-3) ve 2 adet azot etkin olmayan (ERÜ1248 ve 24-H-6) hat seçilmiştir. Bu koşullar altında düşük performansı sergileyenler azot etkin olmayan (N-etkinsiz) genotipler olarak karakterize edilmişlerdir. Fakat düşük azot koşullarında bile büyük bir büyüme ve gelişim performansı sergileyenler ise azot etkin (N-etkin) genotipler olarak karakterize edilmişlerdir. Bu bakımdan bir sonraki aşamada kurulan ikinci denemede ise seçtiğimiz azot etkin ve azot etkinsiz genotipler hem anaç hemde kalem olarak birbiri üzerine tüp aşısı yöntemiyle aşılanmıştır ve iki farklı azot koşullarında (0.3 mM ve 3.0 mM N) teste tabi tutulmuştur. Bitkide yaş-kuru ağırlık, bitki boyu, yaprak alanı, kök uzunluğu-hacmi-çapı, fotosentez, SPAD, yaprakta toplam klorofil ve karotenoid içeriği, nitrat redüktaz enzim aktivitesi (NR), gövde ve kökte toplam azot, miktarları ölçülmüştür. Neticeler göstermiştir ki, birinci denemede azot etkin genotipler (21-H-1-1, AH-2-3), ve ikinci denemede kalem olarak kullanılan, azot etkin olmayan (ERÜ1248, 24-H-6) genotiplerin, büyüme ve gelişimini aşısız (kontrol) göre istatistiki olarak önemli düzeyde artırarak, anaçlık potansiyelleri olduğunu ispatlamışlardır. Anaç olarak kullanılan bu N-etkin genotipler, özellikle düşük azot koşullarında diğer genotiplere göre çok daha güçlü bir kök morfolojisi (kök yaş-kuru ağırlığı, kök uzunluğu ve hacmi) ve büyük bir yaprak alanı üretmişlerdir. Diğer yandan azot etkin çeşitlerin kalem olarak kullanıldığı ve azot etkin olmayan çeşitlerin anaç olarak kullanıldığı durumda ise büyüme ve gelişim kontrole (21-H-1-1, AH-2-3) göre daha düşük seviyelerde kalmıştır ancak genel olarak bakıldığında bu kombinasyonla azot etkin genoipler N-etkinsiz anaçlara rağmen büyüme ve gelişmeyi az da olsa

artırmışlardır. Bu çalışma sonuçlarına göre N metabolizması bakımından güçlü bulunan genotiplerin zayıf genotipler için anaö olarak seçildiklerinde N alımı, kullanımı ve bitki büyümesi açısından zayıf genotipleri geliştirdiği görülmüştür. Bu iyileşme zayıf bireyle güçlü bireyin arasında bir yerlerde olmuştur. Bu da azot etkinliğine bağlı olarak bitkinin gelişmesinde kök özelliklerinin baskın özellik olduğunu, ancak bitkinin gelişiminin kalem (yeşil aksam) tarafından da belli oranda etkilendiğini göstermektedir. Bu sonuçlar, son dönemde yaygınlaşmaya başlayan aşılı sebze üretiminde anaç ıslahında, anaçların hangi tür kalemler ile ne gibi sonuçlar ürettiğinin önceden çalışılarak üreticinin hizmetine sunulması gerektiğini göstermektedir. Bu çalışma sonuçlarına göre ümitvar bulunan genotiplerin biberin düşük azot koşullarında verim ve kalitesine etkisinin belirlenmesi bu çalışmanın anlamlandırılması açısından önemli olacaktır aynı zamanda biberde meyve verimini ve meyve kalitesini de bir araç olarak kullanılması önerilebilir. Bu tür çalışmaların daha detaylı bilgiler üretebilmesi için daha geniş varyasyon gösteren popülasyonlarda seçilen bireylerde yapılması ve bu etkilerin genetik altyapısının aydınlatılması önemli konular arasındadır. Anaç olarak kullanılacak gen havuzlarındaki materyallerin potansiyel kullanımına yönelik diğer stres (biyotik/abiyotik) faktörlerine karşı da çalışmaların yapılması sürdürülebilir çevre ve bitkisel üretim açısından önemli olacaktır.

KAYNAKÇA

- Abubakar., Abdul-Quddus Bayuko., 2017. (Genotypic Differences İn Nitrogen Efficiency Of Some Selected Local Maize Varieties Of Ghana). **Erciyes Üniversitesi, Yüksek Lisans**, Kayseri, 92 s.
- Adam, Mohammed Bello., 2018. (Genotypic Differences İn Nitrogen Efficiency And Rootstock Potential Of Some Local Tomato Varieties Of Ghana And Turkey). **Erciyes Üniversitesi, Yüksek Lisans, Kayseri**, 109 s.
- Agusiobo ON.,1976. Vegetable gardening. Macmillan Educ. Pub. 65.
- Aktaş, M., 1995. Bitki Besleme ve Toprak Verimliliği, **Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi ders kitabı**, Genel Yayın No: 1429, Ders Kitabı No: 416, Ankara.
- Alabi, D. A., 2006. Effects of fertilizer phosphorus and poultry droppings treatments on growth and nutrient components of pepper (*Capsicum annuum* L). **AFRICAN JOURNAL OF BIOTECHNOLOGY**, **5**(8).
- Al-Kaisi, Mahdi., Licht, Mark A., 2004. Effect of strip tillage on corn nitrogen uptake and residual soil nitrate accumulation compared with no-tillage and chisel plow. **Agronomy Journal Abstract**, **96** (4): 1164-1171.
- AlKhader, Asad M. F., Qaryouti, Muien M., Okasheh, Tariq Yousef Mohammed., 2019. Effect of nitrogen on yield, quality, and irrigation water use efficiency of drip fertigated grafted watermelon (*Citrullus lanatus*) Grown on a Calcareous Soil. **Journal of Plant Nutrition**, **42**:7, 737-748.
- Andrews, J., 1999. The pepper trail, History and Recipes from Around the World, University of North Texas Pres, Denton, TX, USA.
- Anonim, 2017. DR341PX F1 anaç Firma bitki gelişim ve hastalık direnci beyanı. **Erişim Tarihi: 30.05.2017.**
- Aytaç, S., E. Esendal., 1996. “Samsun yöresinde yetiştirilen değişik olumlu bazı patates çeşitlerinde verim ve verim özellikleri üzerine bir araştırma”. **Ondokuz Mayıs Üniv. Ziraat Fak. Dergisi**, **11**(2), 197-208.
- Bannari, A., Khurshid, K. S., Staenz, K., & Schwarz, J. W., 2007. A comparison of hyperspectral chlorophyll indices for wheat crop chlorophyll content

- estimation using laboratory reflectance measurements. **IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing**, **45**(10), 3063-3074.
- Bar-Tal, A., Aloni, B., Karni, L., Rosenberg, R., 2001. Nitrogen nutrition of greenhouse pepper. II. effects of nitrogen concentration and NO₃: NH₄ ratio on growth, transpiration, and nutrient uptake. **HORTSCIENCE**. **36**(7):1252–1259.
- Beevers, L., & Hageman, R. H., 1969. Nitrate reduction in higher plants. **Annual Review of Plant Physiology**, **20**(1), 495-522. 283-290.
- Bojović, Biljana., Stojanović, J., 2005. Chlorophyll and carotenoid content in wheat cultivars as a function of mineral nutrition. **Archives of Biological Sciences**, **57**(4).
- Bosland, P.W., 1996. Capsicums: innovative uses of an ancient crop, In J. Janick (rd), Progress in new crops, **ASHS Press**, USA-Arlington, VA: 479-487.
- Clarkson, D. T., 1985. Factors affecting mineral nutrient acquisition by plants. **Annu. Rev. Plant Physiol.** **36**, 77–115.
- Colla G., Roupheal Y., Cardarelli M., Temperini O., Rea E., Salerno A., Pierandrei F., 2008. Influence of grafting on yield and fruit quality of pepper (*Capsicum annuum* L.) grown under greenhouse conditions. **Acta Horticulturae**, **782**: 359-363.
- Colla, G., Suárez, C. M. C., Cardarelli, M., & Roupheal, Y., 2010. Improving nitrogen use efficiency in melon by grafting. **Hort Science**, **45**(4), 559-565.
- Colla, Giuseppe., Roupheal, Youssef., Mirabelli, Cristina., and Cardarelli, Mariateresa., 2011. Dry-matter allocation and nutrient uptake dynamic in pepper plant irrigated with recycled water by different nitrogen and potassium rate. **J. Plant Nutr. Soil Sci.** **174**, 933–941.
- Contreras, A., Salinas, Francisco., Garcia, Veronica., Urzua, Ulises., 2012. Identification of genes related to nitrogen uptake in wine strains of *Saccharomyces cerevisiae*. **World J Microbiol Biotechnol** **28**(3):1107-13.
- Crews, T. E., Peoples, M. B., 2004. "Legume versus fertilizer sources of nitrogen: ecological tradeoffs and human needs." **Agriculture, ecosystems and environment**, **102**(3): 279-297.

- Croplife International, 2014. Nitrogen-Use Efficiency Technology. <https://croplife.org/resources/page/2/?type=infographic> (7th July 2017).
- Çalışkan, C.F., M.B. Yıldırım, Ö. Çaylak, N. Budak, Z. Yıldırım., 1997. Ana ürün olarak dikimi yapılan değişik olumlu bazı patates çeşitlerinde kısa intervalli dikim periyotlarının çeşitlerin fizyoloji, verim ve kalite üzerine etkileri. **Türkiye 2. Tarla Bitkileri Sempozyumu**, 279-287.
- Çimrin, K. M., Bozkurt, M. A., & Akıncı, İ. E., 2000. Azot ve fosforun biberin (*Capsicum Annuum* L.) meyve ve yaprak besin elementi içeriğine Etkisi. **KSİ Üniv. Fen ve Mühendislik Derg**, 3(2), 174-181.
- del Amor, F. M., Pinero, M. C., Otalora-Alcon, G., Pérez-Jimenez, M., Marín-Miñano, M., 2015. Effect of different nitrogen forms and CO₂ enrichment on the nutrient uptake and water relations of pepper plants (*Capsicum annuum* L.). **Procedia Environmental Sciences**, 29, 203-204.
- FAOSTAT, 2017. Food and Agriculture Organization of the United Nations.
- FAOSTAT, 2017. <http://faostat.fao.org/site/567/desktopdefault.aspx#anchor> (July 2017)
- Föhse, D., Claassen, N., and Jungk, A., 1991. **Phosphorus efficiency of plants. Plant and Soil**, 132(2), 261-272.
- Ganmore-Neumann, R. and U. Kafkafi. 1980. Root temperature and percentage NO₃-/NH₄⁺ effect on tomato plant development. I. Morphology and Growth. **Agron. J.** 72:758-761.
- Gardner J.C., Maranville J. W., and Pappozzi E. T., 1994. Nitrogen use efficiency among diverse sorghum cultivars. Nebraska Agric. Exp. Stn. Paper no. 9441, **Journal Series: Crop Sci.** 34:728-733.
- Garner, R. J., 1979. The Grafter's Handbook, East Malling Research Station London, 319.
- Gerlof, S., 1977. Plant efficiencies in the use of N, P and K. In Wrigh MJ (ed.): Plant Adaptation to Mineral Stress in Problem Soils. **Cornell Univ. Press, New York.** 161-174.
- Girardin, P., Tollenaar, M., and Muldoon, J. F., 1985. Effect of temporary N starvation on leaf photosynthetic rate and chlorophyll content of maize. **Canadian Journal of Plant Science**, 65(3), 491-500.

- Giuffrida F., Cassaniti C., Leonardi C., 2012. The influence of rootstock on growth and Ion concentrations in pepper (*Capsicum annuum* L.) under Saline Conditions. **The Journal of Horticultural Science and Biotechnology** **88** (1):110-116.
- Goatley, M., & Hensler, K. L., 2011. Urban nutrient management handbook. **Virginia Cooperative Extension. Virginia** pp 4-6.
- Graham, R.D., 1984. Breeding characteristics in cereals. In: Tinker, P.B. and Läuchli, A. (Eds.) **Advances in Plant Nutrition**, **1**: 57-90.
- Harley, S., 1993. Use of a simple colorimetric assay to determine conditions for induction of nitrate reductase in plants. **The American Biology Teacher** **55**: 161-164.
- He, Y., Zhu, Z., Yang, J., Ni, X., Zhu, B., 2009. Grafting increases the salt tolerance of tomato by improvement of photosynthesis and enhancement of antioxidant enzymes activity. **Environ. Exp. Bot.** **66**, 270–278.
- Hirel, B., Tétu, T., Lea, P. J., & Dubois, F., 2011. Improving nitrogen use efficiency in crops for sustainable agriculture. **Sustainability**, **3**, 1452-1485.
- Hoagland, D. R., Arnon, D. I., 1950. The water-culture method for growing plants without soil. **Calif. Agric. Exp. St., USA, Circ.** 347 (Revised by D.I. Arnon).
- Hoffer, G.N., 1926. Some differences in the functioning of selfed lines of corn under varying nutritional conditions. **J. Am. Soc. Agron**, **18**, 322-334.
- Hooker, K V., Hackett, Richie., O'Keeffe, E., Coxon, Catherine., Kirwan, Laura., Richards, Karl G., 2008. Evaluation of cover crop and reduced cultivation for reducing nitrate leaching in ireland. **Journal of Environmental Quality** **37**(1):138-45.
- Jackson RD, Pinter Jr PJ, Reginato RJ, Idso SB., 1986. Detection and evaluation of plant stress for crop management decisions. **IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing**, **24**(1): 99-106.
- Janat, M., 2007. Efficiency of nitrogen fertilizer for potato under fertigation utilizing a nitrogen tracer technique. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, **38** (17-18), 2401–2422.

- Jensen, K.H., Destouni, G., Sassner, M., 1996. Advection- dispersion analysis of solute transport in undisturbed soil monoliths. **Ground Water**, **34**(6):190-1097.
- Karadoğan, T., 1996. Azot ve fosforun uygulama şekli ve miktarının patatesin verim, verim unsurları ve kalitesine etkisi. **Atatürk Üniv. Ziraat Fak. Derg**, **27**(1), 50-56.
- Keshinro, O.O., A.O, Ketiku., 1983. Effect of traditional cooking on ascorbic acid content of some nigerian leafy vegetables. **Food Chem**, **3**: 303-309.
- Khalil, J. K.; Sawaya, W. N.; Hyder, S. Z., 1986. Nutrient composition of atriplex leaves grown in saudi arabia. **J. Range Management**, **39** (2): 104-107.
- Kumar, P., Kumar, R., & Ansari, S. A., 2017. Nitrate reductase and peroxidase activity in growth and productivity of *Santalum album* L. **Tropical Plant Research**, **4**(1), 90-94.
- Kurtar, E. S., 2010. Dikim sıklığının ve yaprak gübrelemesinin sarımsakta (*Allium Sativum* L.) bazı kalite özellikleri ve verim üzerine etkileri. **Türkiye VIII. Sebzeçilik Sempozyumu**.
- Kuscu, Hayrettin., Turhan, Ahmet., Ozmen, Nese., Aydinol, P., Demir, Ali Osman., 2016. Response of red pepper to deficit irrigation and nitrogen fertigation. **Archives of Agronomy and Soil Science**, **62**(10),1396-1410.
- Law-Ogbomo, K.E., Egharevba, R.K.A., 2009. Effects of planting density and npk fertilizer application on yield and yield components of tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill) in forest location. **World Journal of Agricultural Sciences** **5** (2): 152-158.
- Le Gouis, J., Béghin, D., Heumez, E., Pluchard, P., 2000. Genetic differences for nitrogen uptake and nitrogen utilisation efficiencies in winter wheat. **Eur. J. Agron.** **12**, 163–173.
- Lichtenthaler H.K., 1987. Chlorophylls and carotenoids: pigments of photosynthetic biomembranes. **Methods in Enzymology**, **148**: 350-382.
- Liliana Garcia-Banuelos, Monica., Sanchez, Esteban., Antero Gardea-Bejar, Alfonso., Manuel Soto-Parra, Juan., Damaris Ojeda-Barríos, Leopoldina., 2017. Nitrogen use efficiency and yield in response graft bell pepper cultivars. **Emirates Journal of Food and Agriculture**, **29**(6), 420-428.

- Lorenzoni, M. Z., Rezende, R., Candido de Souza, A. H., Silva Santos, F. A., de Castro Seron, C., Lozano, C. S., 2018. Gas exchange, leaf and root dry mass in bell pepper under fertigation with nitrogen and potassium. **Semina-Ciencias Agrarias**, **39**(2):511,520.
- Lynch, J., 1998. The role of nutrient-efficient crops in modern agriculture, in rengel, z. (ed.): nutrient use in crop production. **Food Products Press, Binghampton, NY**, pp. 241–264.
- Madeira, Ana Carla., de Varennes, Amarilis., 2005. Use of chlorophyll meter to assess the effect of nitrogen on sweet pepper development and growth. **Journal of Plant Nutrition**, **28**,7.
- Mae, Tadahiko., 1997. Physiological nitrogen efficiency in rice: nitrogen utilization, photosynthesis, and yield potential. **Plant and Soil**, **196**(2), 201–210.
- Marschner, H., (1995). Mineral nutrition of higher plants. **2nd ed. Academic Press, London, UK**. 889 p.
- Masterson, S. A., 2013. Propagation and utilization of grafted tomatoes in the great plains. **Doctoral dissertation, Kansas State University**.
- Moll, R. H., Kamprath, E. J., Jackson, W.A., 1982. Analysis and interpretation of factors which contribute to efficiency of nitrogen utilisation. **Agron. J.** **74**, 562-564.
- Müftüoğlu N.M., Türkmen C., Çıkılı Y., 2014. Toprak ve bitkide verimlilik analizler (2.Basım). **Nobel Akademik Yayıncılık** ISBN: 978-605-133-895-8, 218 s.
- Nawaz, M. A., Wang, L., Jiao, Y., Chen, C., Zhao, L., Mei, M., Huang, Y., 2017. Pumpkin rootstock improves nitrogen use efficiency of watermelon scion by enhancing nutrient uptake, cytokinin content, and expression of nitrate reductase genes. **Plant Growth Regulation**, **82**(2), 233-246.
- Ndukwe, O. K., Edeoga, H.O., Okwulehie I. C. and Omosun, G., 2016. Variability in the chlorophyll and carotene composition of ten maize (zea mays) varieties. **European Journal of Physical and Agricultural Sciences**, **4** (1), 1-6.

- Netto, A. T., Campostrini, E., de Oliveira, J. G., and Bressan-Smith, R. E., 2005. Photosynthetic pigments, nitrogen, chlorophyll a fluorescence and SPAD-502 readings in coffee leaves. **Scientia Horticulturae**, **104**(2), 199-209.
- Neufeld, H. S., Chappelka, A. H., Somers, G. L., Burkey, K. O., Davison, A. W., Finkelstein, P. L., 2006. Visible foliar injury caused by ozone alters the relationship between SPAD meter readings and chlorophyll concentrations in cutleaf coneflower. **Photosynthesis Research**, **87**(3), 281-286.
- Nor, N. H. Mohd., Fujinuma, R., Menzies, N. W., Harper, S., McGrath, D., 2016. selection for root morphological traits improves the growth of grafted bell pepper. **Acta horticulturae**, **1127**, 211-216.
- Nyikako, J.A., 2003. Genetic variation for nitrogen efficiency in oilseed rape (*Brassica napus* L.), Ph.D. thesis. **Georg-August University of Göttingen, Germany**.
- Olaofe, O., Umar, Y.O., Adediran, G.O., 1993. The effect of nematicides on the nutritive value and functional properties of cowpea seeds. **Food Chem.****46**, 337-342.
- Onus, A.N., 2002. Capsicum cinsi içerisinde tek taraflı uyumsuzluk üzerine bir araştırma. **Anadolu Ege Tarımsal Araştırma Enstitüsü Dergisi**, **12**(2).
- Orsini, F., Sanoubar, R., Oztekin, G.B., Kappel, N., Tepecik, M., Quacquarelli, C., Tuzel, Y., Bona, S., Gianquinto, G., 2013. Improved stomatal regulation and ion partitioning boosts salt tolerance in grafted melon. **Funct. Plant Biol.** **40**, 628–636.
- Ortiz-Monasterio, J.I., Sayre, K.D., Rajaram, S., McMahon, M., 1997. Genetic progress in wheat yield and nitrogen use efficiency under four nitrogen rates. **Crop Sci.** **37**, 898–904.
- Otalora, Gines., Carmen Pinero Mari., Lopez-Marin, Josefa., Francisco, Plácido Varób., del Amor, M., 2018. Effects of foliar nitrogen fertilization on the phenolic, mineral, and amino acid composition of escarole (**Cichorium endivia** L. var. Latifolium). **Scientia Horticulturae**, **239**: 87-92.
- Öztürk E, Kara, K., Polat, T., 2007. Azotlu gübre formlari ve uygulama zamanlarının patatesin verimi ile yumru büyüklüğü üzerine etkisi. **Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi**, **4**(2).

- Penella, C., Nebauer, S.G., López-Galarza, S., SanBautista, A., Gorbe, E., Calatayud, A., 2013. Evaluation for salt stress tolerance of pepper genotypes to be used as rootstocks. **J. Food Agric. Environ.** **11**, 1101–1107.
- Penella, C., Nebauer, S.G., Bautista, A.S., López-Galarza, S., Calatayud, Á., 2014. Rootstock alleviates PEG-induced water stress in grafted pepper seedlings: physiological responses. **J. Plant Physiol.** **171**, 842–851.
- Penella, C., Nebauer, S.G., López-Galarza, S., Bautista, A.S., Rodriguez-Burruezo, A., Calatayud, A., 2014. Evaluation of some pepper genotypes as rootstocks in water stress conditions. **Hort. Sci.** **41**, 192–200.
- Penella, C., Nebauer, S.G., Quiñones, A., San Bautista, A., López-Galarza, S., Calatayud, A., 2015. Some rootstocks improve pepper tolerance to mild salinity through ionic regulation. **Plant Sci.** **230**, 12–22.
- Penella, C., Landi, M., Guidi, L., Nebauer, S.G., Pellegrini, E., Bautista, A.S., Remorini, D., Nali, C., López-Galarza, S., Calatayud, A., 2016. Salt-tolerant rootstock increases yield of pepper under salinity through maintenance of photosynthetic performance and sinks strength. **J. Plant Physiol.** **193**, 1–11.
- Penellaa, Consuelo., Nebauerb, Sergio G., López-Galarzab, Salvador., San Bautistab, Ana Quiñonesa, Alberto., Calatayud, A., 2017. Grafting pepper onto yolerant rootstocks: an environmental-friendly technique Overcome water and salt stress. **Scientia Horticulturae**, 33-41.
- Pinero, Maria C., Perez-Jimenez, Marga., Lopez-Marin, Josefa., Del Amor, M Francisco., 2018. Differential effect of the nitrogen form on the leaf gas exchange, amino acid composition, and antioxidant response of sweet pepper at elevated CO₂. **Plant Growth Regulation**, 86,37-48.
- Porter, H., Remkes, C., 1990. Leaf areas ratio and net assimilation of 24 wild species differing in relative growth rate. **Oecologia**, 83:553-559.
- Pulgar, G., Villora, G., Moreno, D. A., Romero, L., 2000. Improving the mineral nutrition in grafted watermelon plants: nitrogen metabolism. **Biol. Plant.** **43**, 607–609.

- Qawasmi, W., Mohammad, M. J., Najim, H., Qubursi, R., 1999. Response of bell pepper grown inside plastic houses to nitrogen fertigation. **Commn. Soil Sci. Plant Anal.**, **30**(17-18). 2499-2509.
- Ruiz, J. M., Rivero, R. M., Cervilla, L. M., Castellano, R., Romero, L., 2006. Grafting to improve nitrogen-use efficiency traits in tobacco plants. **J. Sci. Food. Agric.** **86**, 1014–1021.
- Ruiz, J. M., Romero, L., 1999. Nitrogen efficiency and metabolism in grafted melon plants. **Sci. Hort.** **81**, 113–123.
- Salar, N., Salehi, R., Delshad, M., 2014. Effect of grafting and nitrogen application on yield and fruit quality of grafted and non-grafted melon. **1st International Symposium on Vegetable Grafting (ISVG) Location: Wuhan, PEOPLES R CHINA** 17-21.
- Samul, I., 1982. A rotation link: rye as a winter cover crop followed by potatoes as a second crop. 2. effect of planting date and nitrogen application on yield and feeding value of three potato cultivars, *Zesz. Nauk. ART Olszt. Rolnictwo*, **33**, 87-94.
- Sattelmacher, B., Horst, W.J. and Becker. H.C., 1994. “Factors that contribute to genetic variation for nutrient efficiency of crop plants. **Zeitschrift Pflanzenernährung Bodenkunde**, **157**, 215-224.
- Sattelmacher, B., Klotz, F., Marschner, H., 1990. Influence of the nitrogen level on root-growth and morphology of 2 potato varieties differing in nitrogen acquisition. **Plant and Soil**, **123**, 131-137.
- Schepers, J. S., Francis, D. D., Vigil, M., & Below, F. E., 1992. Comparison of corn leaf nitrogen concentration and chlorophyll meter readings. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, **23**(17-20), 2173-2187.
- Schlemmer, M. R., Francis, D. D., Shanahan, J. F., & Schepers, J. S., 2005. Remotely measuring chlorophyll content in corn leaves with differing nitrogen levels and relative water content. **Agronomy Journal**, **97**(1), 106-112.
- Schulte auf'm Erley, G., Wijaya, Ketut Anom., Ulas, A., Becker, Heiko., Wiesler, F., Horst, W.J., 2007. Leaf senescence and N uptake parameters

- as selection traits for nitrogen efficiency of oilseed rape cultivars. **Physiologia Plantarum**, **130**, 4.
- Sinebo, W., Gretzmacher, R., Edelbauer, A., 2004. Genotypic variation for nitrogen use efficiency in ethiopian barley. **Field Crops Res.** **85**, 43–60.
- Singh, M., Khan, M. M. A., and Naeem, M., 2016. Effect of nitrogen on growth, nutrient assimilation, essential oil content, yield and quality attributes in zingiber officinale rosc. **Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences**, **15**(2), 171-178.
- Srivastava, H. S., 1980. Regulation of nitrate reductase activity in higher plants. **Phytochemistry**, **19**(5), 725-733.
- Sungur A., Müftüoğlu N.M., 2006. The effects of different nitrogen fertilizer treatments of tomato grown by applying different lime doses on some characteristics of fruit and blossom-end rot. **18th International Soil Meeting (ISM) on “Soil Sustaining Life on Earth Managing, Soil and Technology”**. 989-992, Şanlıurfa-Turkey.
- Sungur A., Müftüoğlu N.M., 2004. Farklı kalsiyum kaynak ve dozlarının domates fidesinin bazı özellikleri üzerine etkisi. **V. Sebze Tarımı Sempozyumu**, 231-234, Çanakkale.
- Swaminathan, M. S., 2007. Can science and technology feed the world in 2025. **Field Crops Res.** **104**:3–9.
- Taiz, L., Zeiger, E., 2002. Plant Physiology 3rdEdn Sunderland, MA: **Sinauer Associates**.
- Tanaskovik, Vjekoslav., Cukaliev, Ordan., Kanwar, Rameshwar S., Spalevic, Velibor., Markoski, Mile., Heng, Lee K., 2016. Nitrogen fertilizer use efficiency of pepper as affected by irrigation and fertilization regime. **Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca**, **44**(2),525-532.
- Tiemens-Hulscher M, Lammerts van Bueren, E.T., Struik, P.C., 2009. Identification of genotypic variation for nitrogen response in potato (*Solanum tuberosum* L.) under low nitrogen input circumstances. In Breeding Diversity, **Proceedings of the First International IFOAM Conference on Organic Animal and Plant Breeding, Sante Fe, New Mexico, USA**, 354-361.

- Tumbare, A.D., Nikam, D.R., 2004. Effect of planting and fertigation on growth and yield of green chilli (*Capsicum annuum*). **Indian Journal of Agricultural Sciences** **74**(5):242-245.
- Tunçtürk, M., Tunçtürk, R., Yıldırım, B., Eryiğit, T., 2004. Değişik azot dozları ve sıra üzeri mesafelerinin patatesten (*Solanum Tuberosum* L.) Verim ve Kalite Üzerine Etkileri. **Yüzüncü Yıl Üniversitesi Tarım Bilimleri Dergisi**, **14**(2), 95-104.
- TÜİK (2018). http://www.tuik.gov.tr/PreTablo.do?alt_id=1001 (Erişim tarihi:01 Haziran 2018).
- Ulas, Abdullah., Dogancı, Esat., Yetisir, Halit., Ulas, Firdes., 2019. Root-growth characteristics contributing to genotypic variation in nitrogen efficiency of bottle gourd and rootstock potential for watermelon. **Plants**, **8**(3),77.
- Ulas, A., 2010. Agronomic and Physiological Parameters of Genotypic Nitrogen Efficiency in Oilseed Rape (*Brassica napus* L.). **Ph.D. Thesis. Leibniz University Hannover, Germany.**
- Ulas, A., Schulte auf'm Erley, G., Kamh, M., Wiesler, F., Horst, W.J., 2012. "Rootgrowth characteristics contributing to genotypic variation in nitrogen efficiency of oilseed rape". **J. Plant Nutr. Soil Sci.** **175**, 489-498.
- Vural, H., Eşiyok, D., Duman, İ., 2000. Kültür sebzeleri (Sebze Yetiştirme). **Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi, Bahçe Bitkileri Bölümü**, pp:440, Bornova, İzmir.
- Wiesler, F., Horst, W.J., 1992. Differences between Maize Cultivars in Yield Formation, Nitrogen Uptake and associated Depletion of Soil Nitrate. **Journal of Agronomy and Crop Science**, **168**, 4.
- Xue, Q., Zhu, Z., Musick, J. T., Stewart, B. A., & Dusek, D. A., 2006. Physiological mechanisms contributing to the increased water-use efficiency in winter wheat under deficit irrigation. **Journal of plant physiology**, **163**(2), 154-164.
- Yarşi G. ve Rad, S., 2004. Cam seralarda aşılı fide kullanımının Faselis F1 patlıcan çeşidinde verim, meyve kalitesi ve bitki büyümesine etkisi. **Alatarm**, **3**(1):16-22.

- Yarşı G., Rad S., ve Çelik Y., 2008. Farklı anaçların Kybele F1 hıyar çeşidinde verim, kalite ve bitki gelişimine etkisi. **Akdeniz Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi**, **21**(1):27-34. Antalya.
- Yasuor, Hagai., Ben-Gal, Alon., Yermiyahu, Uri., Beit-Yannai, Elie., 2013. Nitrogen management of greenhouse pepper production: agronomic, nutritional, and environmental implications. **HortScience: a Publication of the American Society for Horticultural Science**, **48**(10):1241-1249.
- Zhang, H., & Raun, B., 2006. Oklahoma soil fertility handbook. **Department of Plant and Soil Sciences Oklahoma State University Stillwater, OK 74078**
- Zhao, D., Reddy, K. R., Kakani, V. G., Read, J. J., & Carter, G. A., 2003. Corn (*Zea mays* L.) growth, leaf pigment concentration, photosynthesis and leaf hyperspectral reflectance properties as affected by nitrogen supply. **Plant and soil**, **257**(1), 205-218.

ÖZGEÇMİŞ

KİŞİSEL BİLGİLER

Adı Soyadı: Saliha ERDOĞDU
Uyruğu: Türkiye (T.C)
Doğum Tarihi ve Yeri: 19.05.1995- Tokat/Merkez
Medeni Durum: Bekar

EĞİTİM

Derece	Kurum	Mezuniyet Tarihi
Yüksek Lisans	Erciyes Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü	Ocak-2020
Lisans	Erciyes Üniversitesi, Bahçe Bitkileri	Eylül-2017

YABANCI DİL

İngilizce