

**Sera Şartlarında Sıcaklık ve Işığın
Biber’de (*Capsicum annuum* L.)
Büyüme, Gelişme ve Verim Üzerine
Kantitatif Etkileri**

**Dilek KANDEMİR
Bahçe Bitkileri Anabilim Dalı**

**ONDOKUZMAYIS ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**SERA ŞARTLARINDA SICAKLIK VE IŞIĞIN BİBERDE (*Capsicum annuum* L.)
BÜYÜME, GELİŞME VE VERİM ÜZERİNE KANTİTATİF ETKİLERİ**

DİLEK KANDEMİR

DOKTORA TEZİ

BAHÇE BİTKİLERİ ANABİLİM DALI

DANIŞMAN

Doç.Dr. Sezgin UZUN

SAMSUN – 2005

SERA ŞARTLARINDA SICAKLIK VE IŞIĞIN BİBERDE (*Capsicum annuum* L.) BÜYÜME, GELİŞME VE VERİM ÜZERİNE KANTİTATİF ETKİLERİ

ÖZET

Bu çalışma sera şartlarında yetiştirilen biberin (*Capsicum annuum* L.) büyüme, gelişme ve verimi üzerine ışık ve sıcaklığın kantitatif etkilerinin belirlenmesi amacıyla yürütülmüştür. Denemede biber tohumlarının ekimi dört farklı dönemde (Mart, Temmuz, Eylül ve Aralık) cam serada gerçekleştirilmiş ve fide dikimleri cam ve plastik seraya (antifog, antivirüs, infrared ve ultraviyole katkılı plastik kaplı, boydan boya çatı ve yan havalandırmalı) gölgeli ve gölgesiz şartlarda yapılmıştır. Gölgeleme materyali olarak %50 ışık geçirgenliği olan plastik ağ örtüden yararlanılmıştır.

Işık ve sıcaklığın biberde bitki büyüme özellikleri (bitki boyu, bitki gövde çapı, yaprak sayısı, kök kuru ağırlığı, gövde kuru ağırlığı, yaprak kuru ağırlığı, toplam bitki vejetatif kuru ağırlığı, oransal kök ağırlığı, oransal gövde ağırlığı, oransal yaprak ağırlığı, oransal yaprak alanı, özgül yaprak alanı, yaprak kalınlığı, net asimilasyon oranı ve nispi büyüme hızı), bitki gelişme özellikleri (fide çıkışına kadar geçen gün sayısı, dikimden çiçeklenmeye kadar gün sayısı, boylanma hızı, gövde çapı artış hızı ve yapraklanma hızı) ve verim (bitki başına meyve sayısı, bitki başına ortalama meyve ağırlığı ve bitki başına verim) üzerine etkileri incelenmiştir.

İncelenen tüm özelliklerden elde edilen verilerin çoklu regresyon analizleri Excel paket programı kullanılarak matematiksel modeller haline getirilmiş ve oluşturulan modeller Slide Write paket programında 3 boyutlu grafiklere dönüştürülmüştür. 14-28 °C sıcaklık ve 70-1500 Mmol/m²/s ışık şiddeti sınırlarında ele alınan büyüme, gelişme ve verim parametrelerindeki önemli değişimler çizilen bu grafiklerden faydalanılarak açıklanmıştır.

Çalışmadan elde edilen sonuçlara göre bitki boyu ve özgül yaprak alanı artan sıcaklık ve azalan ışıkla beraber eğrisel olarak artmıştır. Artan sıcaklık ve ışık gövde çapını da eğrisel olarak artırmıştır. Yaprak kalınlığı, yüksek ışık

yüksek sıcaklık ve yüksek ışık düşük sıcaklık şartlarında en yüksek değerine ulaşmıştır.

Net asimilasyon oranı (NAO) incelenen ışık sınırları içerisinde, artan ışık şiddetiyle doğrusal olarak artmıştır. Nispi büyüme hızı (NBH) için optimum sıcaklık ışık şiddetine bağlı olarak yaklaşık 24-27 °C olarak belirlenmiş ve NBH zamanla azalmıştır. Artan sıcaklık ve azalan ışık şiddeti oransal yaprak alanını (YAO) artırmıştır. YAO'da zamanla azalmıştır.

Tohum ekiminden fide çıkışına kadar geçen gün sayısı artan sıcaklıkla beraber azalmıştır. Artan sıcaklık ve ışık şiddeti dikimden çiçeklenmeye kadar geçen gün sayısını da azaltmıştır.

Bitki başına ortalama meyve ağırlığı için optimum sıcaklık ışık şiddetine bağlı olarak yaklaşık 21 ve 24.5 °C kaydedilmiştir. Bitki başına en fazla verim optimum sıcaklık olan 21 °C'de ve 1500 Mmol/m²/s ışık şiddetinde tespit edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Biber, ışık, sıcaklık, büyüme, kantitatif özellikler, gelişme, verim, sera

**THE QUANTITATIVE EFFECTS OF TEMPERATURE AND LIGHT
ENVIRONMENT ON THE GROWTH, DEVELOPMENT AND YIELD OF
PEPPER (*Capsicum annuum* L.) GROWN IN GREENHOUSES**

ABSTRACT

This study was carried out to determine the quantitative effects of light, and temperature on growth, development and yield of pepper (*Capsicum annuum* L.) grown in greenhouses. The experiment was set up at four different sowing times (May, July, September, and December) in glass greenhouse. Glass and plastic greenhouse (covered with antifog, antivirüs, infrared, ultraviyole added plastic) were used for growing plants. Plants were grown under shaded and unshaded conditions. 50% transparent green polyethylene netting cover was used for shading.

The effects of light and temperature on plant growth (plant height, stem diameter, leaf number, dry root weight, dry stem weight, dry leaf weight, total plant dry weight, root weight ratio, stem weight ratio, leaf weight ratio, plant leaf area, leaf area ratio, specific leaf area, leaf thickness, net assimilation rate and relative growth rate), plant development (time to seedling emergence, days from planting to blooming, rate of plant height increase, rate of stem diameter and leaf appearance rate) and yield (fruit number per plant, mean fruit weight per plant, yield per plant) were determined.

The data obtained for all the parameters examined, multiple regression analysis were converted into mathematical models by using Excel package program and the models obtained were turned into three-dimension graphs through Slide Write package programme. The effects of temperature and light on all the parameters examined were explained depending on the light integral (70-1500 Mmol/m²/s) and temperature (14-28 °C) by using these graphs.

For the results obtained from the present study, plant height and spesific leaf area increased curvy-linearly with increasing temperature and light integral. Higher temperatures and light integrals also increased the stem diameter. Leaf

thickness, reached the highest value at high light integral - high temperature and high light integral - low temperature.

Within the examined light limitations net assimilation rate (NAR), was increased linearly by increasing the light integral. The optimum temperature for relative growth rate (RGR) was determined to be about 24-27 °C dependent on light integral and RGR decreased with time. Increasing temperatures and decreasing light integrals were decreased leaf area ratio (LAR) and LAR also decreased with time.

The number of days from sowing to emergence declined with the increasing temperature. Increasing temperature and light integrals decreased the number of days from planting to flowering.

The optimum temperature for mean fruit weight per plant was 21-24.5 °C depending on light integral. The maximum yield per plant was determined at the optimum temperature of 21 °C and 1500 Mmol /m²/s light integral.

Key Words: Pepper, light, temperature, growth, quantitative effects, development, yield, greenhouse

TEŞEKKÜR

Bizlere rahat bir çalışma ortamı sağlayan ve çalışmalarım sırasında bilgilerine başvurduğum Bahçe Bitkileri Bölüm Başkanı sayın hocam **Prof. Dr. Ferhat ODABAŞ**'a teşekkür ederim.

Araştırma konumun belirlenmesi, yürütülmesi ve yazımı sırasında yakın ilgisini, yönlendirici katkılarını ve yardımlarını esirgemeyen ve beni her zaman teşvik eden sayın danışman hocam **Doç. Dr. Sezgin UZUN**'a şükranlarımı sunarım.

Araştırmamın yürütülmesi esnasında beni yönlendiren, ilgilerini esirgemeyen ve bilgilerine başvurduğum hocalarım **Prof. Dr. Yusuf DEMİR**'e ve **Doç. Dr. Aysun PEKŞEN**'e teşekkür ederim.

Arazi ve laboratuvar çalışmalarım esnasında yardımlarını aldığım **Araştırma Görevlileri Dr. Fikret Özkaraman, Dr. Taki Demir, Dr. Mehmet Serhat Odabaş, Dr. Hamdi Zenginbal ve Bülent Köse**'ye, yüksek lisans ve lisans öğrencilerine ve emeği geçen herkese teşekkür ederim.

Doktora çalışmamın her aşamasında manevi desteğini gördüğüm aileme teşekkürlerimi sunarım.

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
1. GİRİŞ	1
2. LİTERATÜR ÖZETLERİ	7
2.1. Bitki Büyüme Özellikleri	7
2.2. Bitki Gelişme Özellikleri	16
2.3. Bitki Verimi	20
3. MATERYAL VE METOT	23
3.1. Materyal	23
3.1.1. Araştırmada Kullanılan Seraların Teknik Özellikleri	23
3.1.2. Araştırmada Kullanılan Gölgeleme Materyalinin Özelliği	23
3.1.3. Araştırmada Kullanılan Biber Çeşidi.....	24
3.2. Metot	24
3.2.1. Tohum Ekimi ve Fide Dikimi.....	24
3.2.2. Sıcaklık ve Fotosentetik Aktif Radyasyon (PAR) Ölçümü.....	25
3.2.3. Bitkilerde Yapılan Ölçüm ve Gözlemler.....	25
3.2.4. Farklı Dikim Dönemlerindeki Ortamların Yetiştirme Dönemine Ait Sıcaklık ve Işık Değerleri.....	29
3.2.5. Elde Edilen Verilerin İstatistiksel Değerlendirilmesi.....	30
4. BULGULAR VE TARTIŞMA	31
4.1. Işık ve Hava Sıcaklığının Bitki Büyüme Özellikleri Üzerine Etkisi	31
4.1.1. Bitki Boyu.....	31
4.1.2. Bitki Gövde Çapı.....	36
4.1.3. Bitki Yaprak Sayısı.....	41
4.1.4. Bitki Kök Kuru Ağırlığı.....	46
4.1.5. Bitki Gövde Kuru Ağırlığı.....	51
4.1.6. Bitki Yaprak Kuru Ağırlığı.....	56
4.1.7. Toplam Bitki Vegetatif Kuru Ağırlığı.....	61
4.1.8. Toplam Bitki Yaprak Alanı.....	66
4.1.9. Büyümeye Ait Kantitatif Parametreler.....	71
4.1.9.1. Oransal Kök Ağırlığı.....	71

4.1.9.2. Oransal Gövde Ağırlığı.....	76
4.1.9.3. Oransal Yaprak Ağırlığı.....	80
4.1.9.4. Özgül Yaprak Alanı.....	85
4.1.9.5. Oransal Yaprak Alanı.....	90
4.1.9.6. Yaprak Kalınlığı.....	95
4.1.9.7. Net Asimilasyon Oranı.....	100
4.1.9.8. Nispi Büyüme Hızı.....	105
4.2. Işık ve Hava Sıcaklığının Bitki Gelişme Özellikleri Üzerine Etkisi.....	110
4.2.1. Fide Çıkışına Kadar Geçen Süre.....	110
4.2.2. Dikimden Çiçeklenmeye Kadar Gün Sayısı.....	113
4.2.3. Bitki Boylanma Hızı.....	115
4.2.4. Bitki Gövde Çapı Artış Hızı.....	120
4.2.5. Bitki Yapraklanma Hızı.....	125
4.3. Işık ve Hava Sıcaklığının Bitki Verimi Üzerine Etkisi.....	130
4.3.1. Bitki Başına Meyve Sayısı.....	130
4.3.2. Bitki Başına Ortalama Meyve Ağırlığı.....	132
4.3.3. Bitki Başına Verim.....	135
5. SONUÇ VE ÖNERİLER	138
6. KAYNAKLAR	142
ÖZGEÇMİŞ	151

ÇİZELGE LİSTESİ

	Sayfa
Çizelge 3.1. Denemede kullanılan tohum ekim, fide çıkış, şaşırtma ve dikim tarihleri.....	26
Çizelge 3.2. Kantitatif analizlerin yapılmasında kullanılan bitki büyüme parametreleri ve hesaplama modelleri.....	27
Çizelge 3.3. Farklı dikim dönemlerindeki sera ortamlarının yetiştirme dönemine ait ortalama sıcaklık ve ışık değerleri.....	29

KISALTMA VE SİMGELER

- BB:** Bitki Boyu
- BBH:** Bitki Boylanma Hızı
- BBMS** Bitki Başına Meyve Sayısı
- BBOMA** Bitki Başına Ortalama Meyve Ağırlığı
- BBV** Bitki Başına Verim
- BGÇ:** Bitki Gövde Çapı
- BGÇAH:** Bitki Gövde Çapı Artış Hızı
- BGKA:** Bitki Gövde Kuru Ağırlığı
- BKKA:** Bitki Kök Kuru Ağırlığı
- BYH:** Bitki Yapraklanma Hızı
- BYKA:** Bitki Yaprak Kuru Ağırlığı
- BYS:** Bitki Yaprak Sayısı
- DÇKGS** Dikimden Çiçeklenmeye Kadar Gün Sayısı
- FAR:** Fotosentetik Aktif Radyasyon
- G:** Çıkışa Kadar Geçen Gün Sayısı
- I:** Işık ($\text{Mmol/m}^2/\text{s}$)
- NAO:** Net Asimilasyon Oranı
- NBH:** Nispi Büyüme Hızı
- OGA:** Oransal Gövde Ağırlığı
- OKA:** Oransal Kök Ağırlığı
- OYA:** Oransal Yaprak Ağırlığı
- ÖYA:** Özgül Yaprak Alanı
- S:** Sıcaklık ($^{\circ}\text{C}$)
- SH:** Standart Hata
- T₇:** Saat 7⁰⁰ deki sıcaklık değerleri
- T₁₄:** Saat 14⁰⁰ deki sıcaklık değerleri
- T₂₁:** Saat 21⁰⁰ deki sıcaklık değerleri
- TBVKA:** Toplam Bitki Vegetatif Kuru Ağırlığı
- TBYA:** Toplam Bitki Yaprak Alanı
- YAO:** Oransal Yaprak Alanı

YK: Yaprak Kalınlığı

* : Önem düzeyi %5

** : Önem düzeyi %1

*** : Önem düzeyi %0.1

ŞEKİL LİSTESİ**Sayfa**

Şekil 3.1.	Araştırmada kullanılan plastik ve cam sera.....	23
Şekil 4.1.	Işık ($\text{Mmol/m}^2/\text{s}$) ve hava sıcaklığına ($^{\circ}\text{C}$) bağlı olarak biberde bitki boyunun (cm) değişimi.....	31
Şekil 4.2.	Dört farklı dikim döneminde (a: 1. Dönem, b: 2. Dönem, c: 3. Dönem ve d: 4. Dönem) günlük ortalama sıcaklık ($^{\circ}\text{C}$) ve ışık ($\text{Mmol/m}^2/\text{s}$) bakımından farklı ortamlarda bitki boyunun (cm), dikimden sonraki gün sayısına göre değişimi.....	32-33
Şekil 4.3.	Işık ($\text{Mmol/m}^2/\text{s}$) ve hava sıcaklığına ($^{\circ}\text{C}$) bağlı olarak biberde bitki gövde çapının (mm) değişimi.....	36
Şekil 4.4.	Dört farklı dikim döneminde (a: 1. Dönem, b: 2. Dönem, c: 3. Dönem ve d: 4. Dönem) günlük ortalama sıcaklık ($^{\circ}\text{C}$) ve ışık ($\text{Mmol/m}^2/\text{s}$) bakımından farklı ortamlarda bitki gövde çapının (mm), dikimden sonraki gün sayısına göre değişimi.....	37-38
Şekil 4.5.	Işık ($\text{Mmol/m}^2/\text{s}$) ve hava sıcaklığına ($^{\circ}\text{C}$) bağlı olarak biberde bitki yaprak sayısının değişimi.....	41
Şekil 4.6.	Dört farklı dikim döneminde (a: 1. Dönem, b: 2. Dönem, c: 3. Dönem ve d: 4. Dönem) günlük ortalama sıcaklık ($^{\circ}\text{C}$) ve ışık ($\text{Mmol/m}^2/\text{s}$) bakımından farklı ortamlarda yaprak sayısının, dikimden sonraki gün sayısına göre değişimi.....	42-43
Şekil 4.7.	Işık ($\text{Mmol/m}^2/\text{s}$) ve hava sıcaklığına ($^{\circ}\text{C}$) bağlı olarak biberde bitki kök kuru ağırlığının (g) değişimi.....	46
Şekil 4.8.	Dört farklı dikim döneminde (a: 1. Dönem, b: 2. Dönem, c: 3. Dönem ve d: 4. Dönem) günlük ortalama sıcaklık ($^{\circ}\text{C}$) ve ışık ($\text{Mmol/m}^2/\text{s}$) bakımından farklı ortamlarda bitki kök kuru ağırlığının (g), dikimden sonraki gün sayısına göre değişimi.....	47-48
Şekil 4.9.	Işık ($\text{Mmol/m}^2/\text{s}$) ve hava sıcaklığına ($^{\circ}\text{C}$) bağlı olarak	

	biberde bitki gövde kuru ağırlığının (g) değişimi.....	51
Şekil 4.10.	Dört farklı dikim döneminde (a: 1. Dönem, b: 2. Dönem, c: 3. Dönem ve d: 4. Dönem) günlük ortalama sıcaklık ($^{\circ}\text{C}$) ve ışık ($\text{Mmol/m}^2/\text{s}$) bakımından farklı ortamlarda bitki gövde kuru ağırlığının (g), dikimden sonraki gün sayısına göre değişimi.....	52-53
Şekil 4.11.	Işık ($\text{Mmol/m}^2/\text{s}$) ve hava sıcaklığına ($^{\circ}\text{C}$) bağlı olarak biberde bitki yaprak kuru ağırlığının (g) değişimi.....	56
Şekil 4.12.	Dört farklı dikim döneminde (a: 1. Dönem, b: 2. Dönem, c: 3. Dönem ve d: 4. Dönem) günlük ortalama sıcaklık ($^{\circ}\text{C}$) ve ışık ($\text{Mmol/m}^2/\text{s}$) bakımından farklı ortamlarda bitki yaprak kuru ağırlığının (g), dikimden sonraki gün sayısına göre değişimi.....	57-58
Şekil 4.13.	Işık ($\text{Mmol/m}^2/\text{s}$) ve hava sıcaklığına ($^{\circ}\text{C}$) bağlı olarak biberde toplam bitki vejetatif kuru ağırlığının (g) değişimi..	61
Şekil 4.14.	Dört farklı dikim döneminde (a: 1. Dönem, b: 2. Dönem, c: 3. Dönem ve d: 4. Dönem) günlük ortalama sıcaklık ($^{\circ}\text{C}$) ve ışık ($\text{Mmol/m}^2/\text{s}$) bakımından farklı ortamlarda toplam bitki vejetatif kuru ağırlığının (g), dikimden sonraki gün sayısına göre değişimi.....	62-63
Şekil 4.15.	Işık ($\text{Mmol/m}^2/\text{s}$) ve hava sıcaklığına ($^{\circ}\text{C}$) bağlı olarak biberde toplam bitki yaprak alanının (cm^2) değişimi.....	66
Şekil 4.16.	Dört farklı dikim döneminde (a: 1. Dönem, b: 2. Dönem, c: 3. Dönem ve d: 4. Dönem) günlük ortalama sıcaklık ($^{\circ}\text{C}$) ve ışık($\text{Mmol/m}^2/\text{s}$) bakımından farklı ortamlarda toplam bitki yaprak alanının (cm^2), dikimden sonraki gün sayısına göre değişimi.....	67-68
Şekil 4.17.	Işık ($\text{Mmol/m}^2/\text{s}$) ve hava sıcaklığına ($^{\circ}\text{C}$) bağlı olarak biber bitkisinde oransal kök ağırlığının değişimi.....	71
Şekil 4.18.	Dört farklı dikim döneminde (a: 1. Dönem, b: 2. Dönem, c: 3. Dönem ve d: 4. Dönem) günlük ortalama sıcaklık ($^{\circ}\text{C}$) ve ışık ($\text{Mmol/m}^2/\text{s}$) bakımından farklı ortamlarda bitki	

	oransal kök ağırlığının dikimden sonraki gün sayısına göre değişimi.....	72-73
Şekil 4.19.	Işık ($\text{Mmol/m}^2/\text{s}$) ve hava sıcaklığına ($^{\circ}\text{C}$) bağlı olarak biber bitkisinde oransal gövde ağırlığının değişimi.....	76
Şekil 4.20.	Dört farklı dikim döneminde (a: 1. Dönem, b: 2. Dönem, c: 3. Dönem ve d: 4. Dönem) günlük ortalama sıcaklık ($^{\circ}\text{C}$) ve ışık ($\text{Mmol/m}^2/\text{s}$) bakımından farklı ortamlarda bitki oransal gövde ağırlığının, dikimden sonraki gün sayısına göre değişimi.....	77-78
Şekil 4.21.	Işık ($\text{Mmol/m}^2/\text{s}$) ve hava sıcaklığına ($^{\circ}\text{C}$) bağlı olarak biber bitkisinde oransal yaprak ağırlığının değişimi.....	80
Şekil 4.22.	Dört farklı dikim döneminde (a: 1. Dönem, b: 2. Dönem, c: 3. Dönem ve d: 4. Dönem) günlük ortalama sıcaklık ($^{\circ}\text{C}$) ve ışık ($\text{Mmol/m}^2/\text{s}$) bakımından farklı ortamlarda bitki oransal yaprak ağırlığının, dikimden sonraki gün sayısına göre değişimi.....	81-82
Şekil 4.23.	Işık ($\text{Mmol/m}^2/\text{s}$) ve hava sıcaklığına ($^{\circ}\text{C}$) bağlı olarak biber bitkisinde özgül yaprak alanının (cm^2/g) değişimi...	85
Şekil 4.24.	Dört farklı dikim döneminde (a: 1. Dönem, b: 2. Dönem, c: 3. Dönem ve d: 4. Dönem) günlük ortalama sıcaklık ($^{\circ}\text{C}$) ve ışık ($\text{Mmol/m}^2/\text{s}$) bakımından farklı ortamlarda bitki özgül yaprak alanının (cm^2/g), dikimden sonraki gün sayısına göre değişimi.....	86-87
Şekil 4.25.	Işık ($\text{Mmol/m}^2/\text{s}$) ve hava sıcaklığına ($^{\circ}\text{C}$) bağlı olarak biber bitkisinde oransal yaprak alanının (cm^2/g) değişimi.	90
Şekil 4.26.	Dört farklı dikim döneminde (a: 1. Dönem, b: 2. Dönem, c: 3. Dönem ve d: 4. Dönem) günlük ortalama sıcaklık ($^{\circ}\text{C}$) ve ışık ($\text{Mmol/m}^2/\text{s}$) bakımından farklı ortamlarda bitki oransal yaprak alanının (cm^2/g), dikimden sonraki gün sayısına göre değişimi.....	91-92
Şekil 4.27.	Işık ($\text{Mmol/m}^2/\text{s}$) ve hava sıcaklığına ($^{\circ}\text{C}$) bağlı olarak biber bitkisinde yaprak kalınlığının değişimi.....	95
Şekil 4.28.	Dört farklı dikim döneminde (a: 1. Dönem, b: 2. Dönem, c:	

	3. Dönem ve d: 4. Dönem) günlük ortalama sıcaklık ($^{\circ}\text{C}$) ve ışık ($\text{Mmol/m}^2/\text{s}$) bakımından farklı ortamlarda bitki yaprak kalınlığının, dikimden sonraki gün sayısına göre değişimi.....	96-97
Şekil 4.29.	Işık ($\text{Mmol/m}^2/\text{s}$) ve hava sıcaklığına ($^{\circ}\text{C}$) bağlı olarak biber bitkisinde net asimilasyon oranının ($\text{g/cm}^2/\text{gün}$)/1000 değişimi.....	100
Şekil 4.30.	Dört farklı dikim döneminde (a: 1. Dönem, b: 2. Dönem, c: 3. Dönem ve d: 4. Dönem) günlük ortalama sıcaklık ($^{\circ}\text{C}$) ve ışık ($\text{Mmol/m}^2/\text{s}$) bakımından farklı ortamlarda net asimilasyon oranının ($\text{g/cm}^2/\text{gün}$)/1000, dikimden sonraki gün sayısına göre değişimi.....	101-102
Şekil 4.31.	Işık ($\text{Mmol/m}^2/\text{s}$) ve hava sıcaklığına ($^{\circ}\text{C}$) bağlı olarak biber bitkisinde nispi büyüme hızının ($\text{gg}^{-1}\text{gün}^{-1}$) değişimi.....	105
Şekil 4.32.	Dört farklı dikim döneminde (a: 1. Dönem, b: 2. Dönem, c: 3. Dönem ve d: 4. Dönem) günlük ortalama sıcaklık ($^{\circ}\text{C}$) ve ışık ($\text{Mmol/m}^2/\text{s}$) bakımından farklı ortamlarda nispi büyüme hızının ($\text{gg}^{-1}\text{gün}^{-1}$), dikimden sonraki gün sayısına göre değişimi.....	106-107
Şekil 4.33.	Biber bitkisinde tohum ekiminden fide çıkışına kadar geçen gün sayısı ile günlük ortalama sıcaklık ($^{\circ}\text{C}$) arasındaki ilişki.....	110
Şekil 4.34.	Biber bitkisinde tohum ekiminden fide çıkışına kadar geçen gerçek gün sayısı ile tohum ekiminden fide çıkışına kadar geçen tahmini gün sayısı arasındaki ilişki.....	111
Şekil 4.35.	Işık ($\text{Mmol/m}^2/\text{s}$) ve hava sıcaklığına ($^{\circ}\text{C}$) bağlı olarak biber bitkisinde dikimden çiçeklenmeye kadar gün sayısının değişimi.....	113
Şekil 4.36.	Işık ($\text{Mmol/m}^2/\text{s}$) ve hava sıcaklığına ($^{\circ}\text{C}$) bağlı olarak biber bitkisinde boylanma hızının (cm/gün) değişimi.....	115
Şekil 4.37.	Dört farklı dikim döneminde (a: 1. Dönem, b: 2. Dönem, c: 3. Dönem ve d: 4. Dönem) günlük ortalama sıcaklık	

	(°C) ve ışık (Mmol/m ² /s) bakımından farklı ortamlarda bitki boylanma hızının (cm/gün), dikimden sonraki gün sayısına göre değişimi.....	116-117
Şekil 4.38.	Işık (Mmol/m ² /s) ve hava sıcaklığına (°C) bağlı olarak biber bitkisinde gövde çapı artış hızının (mm/gün) değişimi.....	120
Şekil 4.39.	Dört farklı dikim döneminde (a: 1. Dönem, b: 2. Dönem, c: 3. Dönem ve d: 4. Dönem) günlük ortalama sıcaklık (°C) ve ışık (Mmol/m ² /s) bakımından farklı ortamlarda bitki gövde çapı artış hızının (mm/gün), dikimden sonraki gün sayısına göre değişimi.....	121-122
Şekil 4.40.	Işık (Mmol/m ² /s) ve hava sıcaklığına (°C) bağlı olarak biber bitkisinde yapraklanma hızının (adet/gün) değişimi.	125
Şekil 4.41.	Dört farklı dikim döneminde (a: 1. Dönem, b: 2. Dönem, c: 3. Dönem ve d: 4. Dönem) günlük ortalama sıcaklık (°C) ve ışık (Mmol/m ² /s) bakımından farklı ortamlarda bitki yapraklanma hızının (adet/gün), dikimden sonraki gün sayısına göre değişimi.....	126-127
Şekil 4.42.	Işık (Mmol/m ² /s) ve hava sıcaklığına (°C) bağlı olarak biber bitkisinde bitki başına meyve sayısının (adet) değişimi.....	130
Şekil 4.43.	Işık (Mmol/m ² /s) ve hava sıcaklığına (°C) bağlı olarak biber bitkisinde bitki başına ortalama meyve ağırlığının (g) değişimi.....	132
Şekil 4.44.	Işık (Mmol/m ² /s) ve hava sıcaklığına bağlı olarak biber bitkisinde bitki başına verimin (g) değişimi.....	135

1.GİRİŞ

Ülkemiz sahip olduğu ekolojik faktörler nedeniyle gerek örtü altında gerekse açıkta sebze yetiştiriciliği açısından önemli bir potansiyele sahiptir. Mevsimlik tüketim miktarları büyük değişimler göstermekle beraber, geleneksel olarak sebze tüketim alışkanlığı yüksek bir toplum durumundayız. Ülkemizde yaş sebze talebinin devamlı şekilde artış göstermesini sağlayan faktörler arasında; nüfus artışı, gelir seviyesinin yükselmesi, yaş sebzelerin beslenme açısından önemlerinin giderek daha iyi anlaşılması ve ihracattaki gelişmeler sayılabilir. Bunun bir sonucu olarak talebi karşılayabilmek için de sebze ekim alanlarının genişletilmesi, yeni üretim tekniklerinin denenmesi ve dolayısıyla üretim artışının teşvik edilmesi gerekmektedir. Bu üretim artışına paralel olarak ülkemizde önemli bir sorun olan pazarlama konusu da göz önünde bulundurulması gereken önemli konulardan birisidir.

Ülkemizin gelişen ekonomik koşulları örtü altı yetiştiriciliğini ekonomik hale getirmiş ve sebzeciliği geliştirme çalışmaları içinde örtü altı yetiştiricilik çalışmaları önem kazanmıştır. Türkiye’de örtü altı yetiştiriciliğinde 1975’den itibaren büyük ilerlemeler kaydedilmiştir. Türkiye seracılığı geliştirmekte olan ülkeler ve az gelişmiş ülkeler grubunda önemli bir yer tutmaktadır. Toplam örtüaltı alanımız son yirmibeş yıl içerisinde 6 kat artmıştır. Özellikle 1993–2002 yılları arasındaki artış oranı % 53 olmuştur (**Tüzel, 2003**). Ülkemizin örtü altı potansiyeli 53603 hektardır ve bunun % 43’ü (23049 ha) alçak plastik tünel, % 57’si (30554 ha) seradır.

Solanaceae familyasından olan biberin anavatanı Tropikal Amerika’dır. Türkiye’ye 16. yüzyılda getirilmiştir. Beyaz ve mor çiçekli türler olmak üzere 2 gruba ayrılmaktadır. *C. annuum* beyaz çiçekli türler arasında yer almaktadır (**Onus, 2000**).

Ülkemiz, dünyada biber üretimi bakımından önemli üreticiler arasında olup, toplam 1.760.000 ton biber üretimi ile dünyada Çin ve Meksika’dan sonra 3. sırada yer almaktadır (**Anonim, 2003a**). Seralarda üretimi yapılan sebze türleri içerisinde % 9’luk üretim payı ile biber, domates (% 47) ve hıyardan (% 32) sonra 3. sırada yer almaktadır (**Anonim, 2003b**). Üretimin, yaklaşık % 60’ını sivribiber, % 28’ini dolma biber, %24’ünü çarliston biber, % 8’ini Kapya, domates biberi, kurutmalık biberler, toz veya pul biber elde etmeye uygun biber tipleri teşkil

eder. Biber üretimi bakımından Türkiye’de ilk dörde giren iller sırasıyla Samsun (% 15.5), Bursa (% 15.3), Antalya (% 9.3) ve İzmir (% 7.9)’dir **(Apaydın ve ark., 2003)**. Türkiye genelinde örtüaltı sistemleri içerisinde yetiştirilen sebzelerin % 7’sini biber bitkisi oluşturmaktadır **(Titiz, 2003)**. Aralık ve Ocak aylarında birkaç haftalık ısıtma ile Türkiye’nin güneyinde yıl boyu biber üretimi yapmak mümkün olabilmektedir.

Seracılığın yaygınlaştırılması üretimden elde edilen kazancın cazibesine bağlıdır. Elde edilecek kazancı artırabilmek ürünün kalitesi ve pazara uygun zamanda arzı ile mümkündür. Kalite yüksekliği ve zamanlama ise iklimsel faktörlerin kontrolü ile mümkün olabilmektedir. Bu da bitki ile çevre şartları arasındaki ilişkilerin detaylı olarak ortaya konmasına bağlıdır.

Örtü altı sistemlerinde değişik bitki türlerinin büyüme ve gelişmesi üzerine çevre faktörlerinin etkisi farklı olmaktadır. Bu sistemlerde çevre faktörlerinin kontrol altına alınmasıyla bitki büyüme ve gelişmesi de bir bakıma kontrol altına alınmış olacaktır. Bilindiği gibi çevre faktörlerinden ışık ve sıcaklık bitkilerde temel fizyolojik olayların seyrinde önemli rol oynamaktadır **(Ağaoğlu ve ark., 1995; Uzun ve Demir, 1996; Uzun, 1996, 1997, 2001)**.

Genel olarak yeşil bitkilerin büyüme ve gelişmeleri için belli bir ışığa ihtiyaçları vardır. Işık ya elektromanyetik bir radyasyon veya fotonlara tabi bir kuantum fenomeni olarak tanımlanır. Işık şiddetinin belli bir sınır içinde kendi artışı ile orantılı olarak büyüme ve gelişmeyi süratlendirdiği ifade edilmiştir **(Vardar, 1975; Heuvelink, 1989; Uzun, 1996; Kevseroğlu, 1999; Aybak, 2002)**.

Güneş ışığının gözle görülebilen orta dalga boylu ışınları bitkilerde fotosentez başta olmak üzere temel fizyolojik ve biyokimyasal olayları yönlendirirler. Işık fotosentez için gerekli bütün enerjiyi sağladığından net asimilasyonu etkileyen en önemli faktördür. Bitki yetiştirme işlemi bir enerji transformasyonudur. Bitkilerin, kimyasal bağ enerjisini organik madde yapımında yani fotosentezde kullanabilmesi için yaprak kanopisi tarafından ışığı kesmesi ve bu kesilen ışık enerjisini kimyasal enerjiye dönüştürebilme yeteneğinin yani ışık kullanım etkinliğinin fazla olması gerekir **(Hay ve Walker, 1989)**.

Monteith (1977) kuru madde birikiminin genellikle bitki tarafından kesilen toplam PAR (Fotosentetik Aktif Radyasyon) ile belirli bir noktaya kadar doğru orantılı olduğunu ortaya koymuştur. Aynı sonucu **Uzun (1996)** domates ve patlıcanda elde etmiştir. PAR enlem derecelerine bağlı olarak değişmektedir. Bitki üzerine ulaşan fotosentetik aktif radyasyon ve radyasyondan bitkilerin faydalanma yetenekleri türlere, çeşitlere, teknik ve kültürel uygulamalara göre değişiklik göstermektedir. Sonuçta bitkinin kuru madde üretimi, bu kuru maddenin bitkinin değişik organlarına dağılma durumu ve verimi de bitki kanopi-ışık ilişkilerinden etkilenmektedir (**Uzun ve ark., 1998**).

Işığın dalga boyu yanında ışık yoğunluğu da önemlidir. Işık yoğunluğunun bitkinin istediğinden fazla olması sıcaklıkla bağlantılı olarak sürgün boylarının kısılmasına, bodurlaşmaya, çiçek tomurcuğu oluşumunun engellenmesine, yapraklarda sertleşme ve tüylenmeye, küçük yaprağa, çok gelişmiş kök sistemi oluşumuna ve meyve ve yaprakları tüketilen türlerde rengin açılmasına neden olur (**Vardar, 1975; Atherton ve Haris, 1986; Eriş, 1990; Uzun, 1996**).

Işık yoğunluğunun azalması durumunda ise sürgünlerde boy uzamasına, cılızlaşmaya ve gevrekleşmeye, fotosentezin azalması nedeniyle yaprak alanında azalmaya, yapraklarda sararma solma ile yaprak dökümüne rastlanmaktadır. Ayrıca ışık azlığı renklenmeyi geciktirmekte ve tat için gerekli aromatik madde oluşumunu yavaşlatmaktadır (**Charles Edwards, 1979; Eriş, 1990; Bruggink, 1992; Cocshull ve ark., 1992**).

Sebze yetiştiriciliği bakımından köklerin topraktaki su ve mineral besin maddelerini alması, bunların farklı organlara iletilmesi, suyun transpirasyon ile atılması ve diğer fizyolojik olayların meydana gelmesi belirli sıcaklık derecelerinde mümkün olabilmektedir.

Genel olarak sebzelerde belirli bir sıcaklığa kadar fotosentez hızı artar. Ancak 40° C'nin üzerinde birçok enzim yapısı bozulmaya başlar. Dolayısıyla bu enzimlerin kontrol ettikleri reaksiyonlarda yavaşlar. Fotosentez aynı seviyede kalır ancak solunum hızı artar. Bu durum bitkinin özümleme ile kazandığı maddenin solunumla kaybettiğinden az olmasına neden olur. **Uzun (2000)** genelde yüksek sıcaklıkların bitkilerin büyüme sürelerini kısalttığını ve toplam

verimlerini azalttığını, ancak erkenciliği artırdığını belirtmiştir. Araştırmacı, sıcaklığın azalmasıyla bitkilerin daha uzun süre yeşil yaprağa sahip olmalarına paralel olarak daha uzun süre fotosentez yaptıklarını ve toplam verimin arttığını bildirmiştir. Ancak verim üzerine sıcaklığın etkisi incelenirken, ışığın etkisi gözardı edilmemelidir. Yüksek sıcaklıklar bitkilerde yapraklanma ve yaprak genişleme hızını artırmasının yanında yaprağın ömrünü kısaltmakta ve daha düşük sıcaklıklara maruz kalan yapraklardan çok daha erken fotosentetik kapasiteyi düşürmektedir. Fazla sıcaklık kaliteyi de olumsuz yönde etkilemekte, sebzelerin lifli bir yapı kazanmasına sebep olmaktadır.

Yüksek sıcaklık kadar düşük sıcaklıkta bitki büyüme ve gelişmesini olumsuz yönde etkiler. Düşük sıcaklıklar özellikle tozlanma ve döllenme üzerine olumsuz etkiye bulunmaktadır.

Tarımda gelişmiş ülkelerde son yıllarda bitki büyümesinin matematiksel modellerle ifade edilmesi üzerine çeşitli çalışmalar yapılmaktadır. Çevre şartlarının (ışık, sıcaklık, su ve toprak sıcaklığı vb.) etkisi ile bitki büyümesindeki değişiklikler bitki büyüme modelleri (ürün modeli) ile ifade edilmeye çalışılmakta ve bitki büyümesi ile verim arasındaki ilişkileri ortaya koymak amaçlanmaktadır. Bitkilerde büyüme ve gelişme işlemlerinin tamamı verimle sonuçlanır. Son yirmi yıldan beri çevre şartlarının bitkilerin büyüme ve verimleri üzerine olan etkisinin tamamen açıklığa kavuşturulması amacıyla yoğun araştırmalar yürütülmektedir (**Uzun 1996**). Özellikle ışık, sıcaklık gibi çevre şartlarının bitki verimi üzerine etkilerini inceleyen araştırmacılar, net fotosentezi göz önüne almanın yanında net fotosenteze etki eden unsurları da ele alarak, bu unsurlar ile sıcaklık ve ışık arasındaki ilişkileri de araştırmışlardır (**Hay ve Walker, 1989; Heuvelink, 1995; Maddonni ve ark., 2001**).

Bitki büyüme ve gelişme modellerinin geliştirilmesi ile verim tahminlerinde kullanılacak olan alt modellerin oluşturulması mümkün olabilmektedir. Bitki büyüme parametreleri (nispi büyüme hızı, net asimilasyon oranı, oransal yaprak alanı, özgül yaprak alanı ve oransal yaprak ağırlığı) ile sıcaklık ve ışık arasındaki ilişkilerin incelenmesi birçok araştırmacının ilgi odağı olmuştur (**Uzun, 1997**).

Model, gerçeğin basitleştirilmiş resmi olup çalışılan sistemin üzerinde durulan özelliklerini ortaya koyar. Model bir sistemin esas unsurlarının matematik ve/veya istatistik formüller ile açıklanması olarak da tanımlanabilir. Gerçek bir sistemi doğru ve yeterli bir biçimde temsil eden bir model, modelde çalışılan sistemin üzerinde durulan özelliklerini bünyesinde bulundurur. Hiç bir zaman bir modelin, üzerinde çalışılan sistemin bütün özelliklerini içermesi beklenemez, çünkü bu durumda sistemin kendisi olur ki, bu mümkün değildir.

Modellerin diğer bir özelliği de doğru ve yeterli olmasıdır. Bir model oluşturulduktan sonra modele geçerlilik ve uyum testleri uygulanmalıdır. Eğer bir model bu testlerden başarı ile geçerse, oluşturulan modelin üzerinde çalışılan sistemi doğru ve yeterli bir şekilde temsil ettiği kabul edilir.

Bir modelin oluşturulması işlemi

- a) modelin oluşturulması,
- b) model üzerinde çalışma,
- c) modelin test edilmesi,
- d) modelin kullanılması (**Evans, 1972; Pearson, 1992; Pearson ve ark., 1994; Heuvelink, 1995; Kocabaş, 1995; Uzun, 1996**) olarak 4 kategoriye ayrılabilir.

Bitki büyüme ve gelişme modelleri araştırmalarda çok önemli roller oynamaktadır. Bitki yetiştirme planlarının oluşturulmasında modellerin yetiştiricilere sağlayabileceği bir çok faydası vardır. Matematiksel modellerin bitki büyümesine uyarlanması sağlayacağı bu faydaları şu şekilde sıralayabiliriz:

1.Uygulanan matematiksel model, elde edilen bitki büyüme verilerinin uygun bir şekilde özetlenmesine yardım eder.

2. Bitkideki biyolojik değişmelerden çok az etkilenmek suretiyle istenildiği kadar büyüme modelleri yapılabilir.

3.Eldeki verilere uygulanan logaritmik fonksiyonlar, nispi gelişme fonksiyonları elde etmek amacı ile farklı şekillere uygulanabilir.

4.Eğer uygulanan fonksiyon biyolojik anlamı olan bazı modellere dayandırılırsa, fonksiyon parametreleri faydalı bilgiler elde edilmesini sağlar (**Causton ve ark., 1978**).

Bitki yetiştirme planlarının kullanım amacı yetiştirme sonucu belli devrelerde oluşacak ürünün tahmin edilmesidir. Örneğın, elimizde yılın belirli dönemlerinde verimi tahmin eden modeller varsa pazara yıl içerisinde ne zaman ve ne kadar ürünle girebileceğımız belirlenebilir. Yetiştirilen sebzelerin en uygun yetiştirme periyotlarının belirlenmesi ile üreticilerin üretim planlaması yapmaları sağlanır. Bu yetiştirici ile satıcı arasında bir zincirin kurulmasına yardımcı olur. Yetiştirici ile satıcı arasında kontratların yapılmasını, Sonuçta üretilen ürünün değer kaybına uğramadan pazara sevk edilmesine olanak sağlar (**Uzun, 1997**).

Modeller yardımıyla uluslararası piyasalarda talep edilen çeşitlerle yetiştiricilik yapıldığı taktirde dış piyasaların istediğı zaman ve miktarda ürünü hazırlayarak ihracatımızı artırabilmemiz de mümkün olabilecektir.

Dünyada çeşitli araştırmacılar tarafından geliştirilmiş birçok model mevcuttur. Bu modeller genel olarak bitki büyüme ve gelişimi sırasında meydana gelen olayları, bitki verimini belirlemek amacıyla geliştirilmiştir. Ülkemiz açısından bitki gelişimine ilişkin bu tür modellerle ilgili çalışmaların yaygın hale getirilmesi ve yapılacak çalışmaların belli bir amaca hizmet edecek şekilde planlanması gerekmektedir. Bu modeller sadece iklim açısından değil; gübreleme, sulama, CO₂ özümlemesi gibi birçok bitki büyüme ve gelişiminde önemli rol oynayan olayların, bitkiler üzerindeki etkilerinin farklı açılardan değerlendirilmesine olanak sağlayacaktır (**Charles-Edwards, 1979; Fitter ve Hay, 1987; Hay ve Walker, 1989; Uzun, 1996**).

Bu alışma bir tarım ülkesi olan ülkemizde tarımsal çalışmaların modellenmesi gerektiğı düşüncesiyle planlanmıştır. Çalışmada değişik çevre faktörleri (sıcaklık ve ışık) oluşturularak, bu faktörlerin biberde büyüme, gelişme ve verim üzerine olan etkileri kantitatif olarak incelenmiş ve bu araştırmadan elde edilen sonuçlar ile özellikle kontrollü seralarda biber üretim planlaması oluşturma yolunda ilk adım atılmıştır.

2. LİTERATÜR ÖZETLERİ

Bitkiler fotosentez, solunum, net asimilasyon ve transpirasyon gibi temel fizyolojik olayların gerçekleşmesi ve bu olaylarla ilgili olarak büyüme ve gelişme olaylarını yönlendiren enzimlerin, hormonların ve renk pigmentlerinin oluşumu için sıcaklık ve ışığa ihtiyaç duyarlar (**Ağaoğlu ve ark., 1995; Uzun ve Demir, 1996**).

Sera içerisinde ürün yetiştiriciliği, üreticiye dış şartlar uygun olmadığında büyümeyi kolaylaştıracak şekilde ürünün yetiştiği ortamı kontrol etme imkanını verir (**Jones ve ark., 1989**).

Çok sayıda araştırmacı, çevre şartlarının maksimum fayda verecek şekilde nasıl devam ettirileceğinin tayininde ekonomik optimizasyon yaklaşımının kullanılabileceğini bildirmektedirler. Bu tür yaklaşımlar operasyonun maliyetini ve modifiye çevrede ürün değerinin artışı dikkate almaktadır (**Udinkten Cate ve ark., 1978**).

Uzun (1997), tarımda gelişmiş ülkelerde son yıllarda bitki büyümesinin matematiksel modellerle ifade edilmesi üzerine yoğun araştırmalar yapıldığını bildirmektedir. Bitki büyüme modelleri (ürün modeli) ile çevre şartlarının (ışık, hava, toprak sıcaklığı vb.) bitki büyümesi üzerindeki etkileri ve bitki büyümesi ile verim arasındaki ilişkilerin ortaya konulmasına çalışılmaktadır. Bu sebeple bitki büyüme ve gelişme modellerinin geliştirilmesi verim tahminlerinde kullanılacak olan alt modellerin oluşturulması için gerekmektedir. Bunun için bitki büyüme parametreleri ile sıcaklık ve ışık arasındaki ilişkilerin incelenmesi birçok araştırmacının ilgi odağı olmuştur.

Odabaş (2003), yaptığı çalışmada ışık ve sıcaklığın baklada kantitatif etkilerini tespit etmiş ve bunları matematiksel modellere dönüştürmüştür. Elde edilen modeller ışığında yaprak alanı modeli ve verim tahmin model programları geliştirmiştir.

2.1. Bitki Büyüme Özellikleri

Büyümeyi bitki gelişiminden tamamen izole etmek mümkün olmasa bile, bu iki olay birbirinden ayrılabilir. Büyüme kuru ağırlıkta olan artıştır (bir bireyin

büyükliğındeki artış veya bireylerin sayısındaki artış). Büyüme olayları katlanarak artma şeklindedir ve genelde zaman ile sıcaklığın geometrik fonksiyonu şeklinde gerçekleşir. Bu nedenle büyüme hızını oransal terimlerle ifade etmek geneldir (**Hadley ve ark., 1983; Roberts ve ark., 1985; Ellis ve ark., 1990; Pearson ve ark., 1994**).

Işık bitkilerin fizyolojik olaylarına yaptığı etki yanında, morfolojik olarak organların şekline, biyolojik olarak çiçek organlarının oluşmasına ve çiçeklenmesine de etki eder. Işık şiddetinin artması bitkilerde bodurlaşmanın, tüylenmenin ve antosiyanin gibi renk pigmentlerinin oluşumunun artmasına neden olur. Işık şiddetinin azalması ise bitkide hücre ve bitki boyunun uzamasına, cılızlaşmasına, sararmasına ve beyazlamasına yani etiyolleşmesine neden olur (**Günay, 1982**).

Masson ve ark. (1990), CO₂ ile ışık şiddetinin birlikte fotosentez hızını artırması yanında, bitkinin morfolojik parametrelerini de etkilediğini ifade etmişlerdir. Araştırmacılar domates, brokkoli, marul ve kereviz fidelerine uygulanan ek ışıklandırma ile sürgün ve kök kuru ağırlığında artış meydana geldiğini belirlemişlerdir.

Işık enerjisi organik madde üretiminde fotosentez için önemlidir. Az ışıkta ince, soluk renkli gövde, düşük karbonhidrat ihtiva eden yapraklar meydana gelir, gövde gelişmesi yavaşlar. Kökler şeker azlığından kısalır. Meyve salkımı veya çiçekler küçülür (**Ertekin, 2002**).

Genç dönemde ve eksponensiyal olarak büyüyen bitkilerde ışığa karşı gösterilen büyüme tepkisinin kompleks olduğu bildirilmiştir. Çünkü fotosentezde ışığın neden olduğu değişikliklerin yanında, ışık bitkilerin morfolojik parametrelerini de etkilemektedir (**Bruggink, 1992**). Işığın bitki morfolojisine olan etkisi sonucu, farklı yaprak/toplam bitki kuru ağırlık oranları oluşabilir. Düşük ışık koşullarında bitkilerde daha az kuru madde birikimi olacağı **Uzun (1996)** tarafından belirtilmiştir. Araştırmacıya göre yüksek sıcaklık ve yüksek ışık şartları düşüklere oranla daha hızlı gövde büyümesine neden olmaktadır. Diğer taraftan **Cockshull ve ark. (1992)** gölgelemenin hem bitki hem de sürgün ağırlığında azalmalara neden olduğunu bildirmişlerdir.

Cockshull ve ark. (1981) yüksek gece ve düşük gündüz sıcaklıkta yetiştirilen bitkilerin, düşük gece ve yüksek gündüz sıcaklık koşullarında yetiştirilen bitkilerden daha kısa boylu olduklarını tespit etmişlerdir. **De Koning (1988)**'de gövde uzunluğunun düşük gündüz sıcaklıklarıyla azaldığını bildirmiştir.

Atherton ve Haris (1986) birçok bitkide belirli sınırlar içerisinde, sıcaklık ile bitki boylanma hızı arasında doğrusal bir ilişki olduğunu belirtmişlerdir.

Domateste bitki boyu üzerine sıcaklık ve ışık şiddetinin çok önemli interaktif etkisi olduğu, en yüksek bitki boyunun düşük ışık yüksek sıcaklık şartlarında elde edildiği, patlıcanda bitki boyunun sıcaklıkla doğrusal ışıkla eğrisel olarak artış gösterdiği bildirilmiştir. Ayrıca bitki gövde çapı ile sıcaklık arasında pozitif eğrisel, ışık şiddeti ile pozitif doğrusal bir ilişki bulunduğu kaydedilmiştir (**Uzun, 1996; 2001**).

Cemek (2002) farklı sera örtü malzemelerinin bitki büyüme, gelişme, verim ve sera içi çevre koşullarına etkisini belirlemek amacıyla yaptığı araştırmasında hıyarın büyüme, gelişme ve verim parametreleri üzerine sıcaklık, bağıl nem ve ışığın etkilerini incelemiştir. Bitki gövde çapı ile sıcaklık arasında eğrisel, ışık şiddeti ile doğrusal bir ilişki bulmuştur. Bitki boyu üzerine sıcaklık ve ışığın önemli interaktif etkisinin söz konusu olduğunu belirten araştırıcı bitki boyu, gövde çapı ve verimin sıcaklık ve bağıl nem değerlerinin artmasıyla arttığını kaydetmiştir.

Kristoffersen (1963) domateste yaptığı çalışmasında bitki yaprak sayısının artan sıcaklıklarla beraber arttığını bildirmiştir.

Atherton ve ark. (1987)'da karnabaharda yaprak sayısının 5.5 °C sıcaklıkta en düşük değerinde olduğunu ve 5.5 °C'nin üzerindeki sıcaklıklarda yaprak sayısının eğrisel olarak arttığını ortaya koymuştur.

Toplam yaprak sayısının önemi, bitki morfolojisi ve bitki habitüsü tarafından kesilen ışık miktarının belirlenmesinde ortaya çıkmaktadır. Ancak toplam yaprak sayısı, sıcaklık ve ışık bakımından tam olarak tarif edilememiştir (**Pearson ve ark., 1993**).

Kürklü (1994), sıcaklığın patlıcanın büyümesine ve verimine olan etkisi konulu çalışmasında gövde üzerindeki yaprak sayısı ile sıcaklık arasında (16–30 °C)

doğrusal bir ilişki olduğunu ifade etmiştir. Ayrıca araştırmacı artan sıcaklıkların patlıcanda bitki boyunu artırdığını, ancak artan bitki yaşıyla birlikte bu artışın azaldığını belirtmiştir.

Grimstadt (1995) düşük sıcaklık uygulamalarının domates ve hıyar bitkilerinde yaprak sayısını azalttığını bulmuştur.

Uzun (1997) toplam yaprak sayısının domates ve patlıcanda artan ortalama ortam sıcaklığı ile doğru orantılı olarak arttığını ortaya koymuştur.

Cockshull ve ark. (1992) bitki toprak üstü aksamındaki artışın gölgeleme yapıldığında azaldığını ortaya koymuşlardır.

Belirli zaman aralıkları ile kantitatif bitki büyüme analizlerinin yapılması, elde edilmiş olan vejetatif ve generatif organların varlığına bağlı olmaktadır. Fonksiyonel büyüme analizleri genellikle, polinomial, eksponensiyel veya asimptotik fonksiyonlardan faydalanılarak yapılır. Bu analizler, ortam sıcaklığına ve ışık yoğunluğuna bağlı olarak bitkideki kuru madde değişimlerini tamamlamaya yardımcı olur (**Uzun, 1996**).

Oransal yaprak ağırlığı sıcaklık, gün uzunluğu ve toprak faktörlerinin etkisi altında değişiklik göstermektedir. Ancak oransal yaprak ağırlığının ışıklanma ve ışığın spektrumlarını oluşturan unsurlar tarafından fazla etkilenmediği ortaya konmuştur (**Evans, 1972**).

Challa ve Schapendonk (1984) oransal yaprak ağırlığının ışık şiddetindeki değişikliklerden önemli derecede etkilenmediğini belirtmişlerdir. Bununla birlikte **Loach (1970)** ve **Whitehead (1973)** gölgelemeyle birlikte oransal yaprak ağırlığının artabileceğini kaydetmişlerdir. **Uzun (1996)** ise domates ve patlıcan bitkilerinde yaptığı çalışmada bitki yaşıyla birlikte oransal yaprak ağırlığında azalmanın meydana geldiğini ve bu azalmanın yüksek ışık koşullarında yetişen bitkilerde düşük ışık koşullarında yetişenlerden daha hızlı olduğunu tespit etmiştir. Araştırmacı düşük ışık koşullarında domates ve patlıcanın genellikle vejetatif büyüdüğünü, gövdede daha az kuru madde birikiminin söz konusu olduğunu ve oransal yaprak ağırlığının arttığını kaydetmiştir.

Leskovar ve Daniel (1994), ilkbaharda yetiştirilen domates bitkilerinin oransal gövde ağırlığının kışın yetiştirilenlerden daha yüksek olduğunu tespit etmişlerdir. **Uzun (1996)**, domates ve patlıcan bitkilerinde sıcaklık ve ışığın oransal

gövde ağırlığı üzerine önemli etkide bulunduğunu ve yüksek sıcaklık ve yüksek ışık koşullarında yetiştirilen bitkilerin, düşük ışık düşük sıcaklık koşullarında yetiştirilen bitkilerden daha yüksek oransal gövde ağırlığına sahip olduklarını tespit etmiştir.

Ürünlerin büyüme hızı genelde fotosentetik aktif radyasyonla orantılıdır (**DelPozo ve Denneth, 1991**). **Heuvelink (1989)** düşük sıcaklıkta domates bitkisinin büyümesindeki azalmaya yaprak alanındaki azalmanın sebep olduğunu ortaya koymuştur. Bu durumda bitkinin kestiği ışığın azaldığını ve büyümenin de yavaşlayacağını bildirmiştir. Alınan solar radyasyon ile bitki büyümesi arasında önemli bir korelasyonun olduğu **Monteith (1977)** ve **Kasım ve Dennett (1986)** tarafından da bildirilmiştir.

Birçok araştırmacı farklı türlerde yaptıkları araştırmalarda, yüksek sıcaklıklarda yetiştirilen bitkilerin düşük sıcaklıklarda yetiştirilen bitkilerden daha geniş yüzeyli yapraklar oluşturduklarını ifade etmişlerdir (**Gosselin ve Trudel, 1984; Kürklü, 1994; Leskovar ve Daniel, 1994**). Ancak burada önemli olan yaprağın yüzey alan genişliği değil, yaprakların gövde üzerindeki dizilişi ve fotosentetik aktif radyasyondan faydalanma oranlarıdır (**Uzun, 1996**).

Bitkilerin oransal yaprak alanları, bitkinin toplam yaprak alanının bitkinin toplam kuru ağırlığına bölünmesi ile elde edilir. Bitkilerin nispi büyüme hızları sadece net asimilasyonun bir fonksiyonu olmayıp, oransal yaprak alanının da bir fonksiyonudur. Dolayısıyla oransal yaprak alanları büyük olan bitkiler yüksek bir nispi büyüme hızına sahip olacaklardır (**Uzun, 1997**).

Uzun (1996) domates ve patlıcanda, büyümede meydana gelen azalmanın, düşük sıcaklıkların oransal yaprak alanını azaltmasından kaynaklandığını belirtmiştir. Aynı zamanda çok düşük sıcaklıklarda, oransal yaprak alanında meydana gelen bu azalmaya, daha çok özgül yaprak alanının azalmasının neden olduğunu ve bu yüzden özgül yaprak alanı ile oransal yaprak alanı arasında önemli bir pozitif korelasyon bulunduğunu bildirmiştir. Araştırmacı bu ilişkinin domateste $r = 0.93$ ve patlıcanda $r = 0.92$ olduğunu göstermiştir. Ayrıca artan ışık miktarının oransal yaprak alanını azalttığını kaydetmiştir.

Charles-Edwards (1979), oransal yaprak alanının bitki yaşının artmasıyla azalma gösterdiğini ve Oransal Yaprak Alanı (YAO) değeri büyük olan bitkilerin yüksek Nispi Büyüme Hızına (NBH) sahip olduğunu bildirmiştir.

Fitter ve Hay (1987) domateste büyüme parametreleri (NBH, NAO, YAO, ÖYA ve OYA) üzerine yaptıkları araştırmalarda oransal yaprak alanındaki değişimlerin özellikle özgül yaprak alanındaki değişikliklerden kaynaklandığını bildirmişlerdir. Çünkü oransal yaprak ağırlığı sıcaklığa karşı duyarlılık göstermemiştir. Oransal yaprak ağırlığının ışığı fazla seven ve az seven bitki türlerine göre değişiklik göstermektedir.

Picken ve ark. (1986) ışığın bitkideki kuru madde dağılımı üzerine çok önemli etkisinin olduğunu, ışık yoğunluğunun artması ile oransal yaprak alanının önemli derecede azaldığını belirtmişlerdir. Araştırmacılar ayrıca yaprak kalınlığının artan ışık miktarıyla doğru orantılı olarak arttığını da tespit etmişlerdir.

Bir bitkinin toplam yaprak alanının toplam kuru yaprak ağırlığına oranı o bitkinin özgül yaprak alanını (ÖYA) belirler. Birçok bitki türünde özgül yaprak alanının sıcaklıkla doğru orantılı ve ışıkla ters orantılı olarak değiştiğini bildiren **Heuvelink (1989)**, domateste yaprak doku sıcaklığının sabit kaldığını varsayarak, artan sıcaklık ve azalan ışık yoğunluğunda yaprak kalınlığının azaldığını belirtmektedir. Domateste yaprak kalınlığının artan ışık miktarıyla arttığı **Uzun (1996)** tarafından da ortaya konmuştur.

Birçok bitki türünde özgül yaprak alanı sıcaklıkla doğru orantılı ve ışıkla ters orantılı olarak değişir. Yani özgül yaprak alanı artan sıcaklıklarla artmakta, fakat artan ışık yoğunluğu ile azalmaktadır (**Charles-Edwards ve ark., 1986**).

Uzun (1996) domates ve patlıcan da özgül yaprak alanının yetiştirme dönemi boyunca azaldığını tespit etmiştir.

Fotosentetik etkinlik hava sıcaklığından etkilenir ve her tür için optimum bir sıcaklık değeri vardır. Optimumun üzerindeki sıcaklıklar fotosentezde hızlı bir azalmaya yol açar. Fotosentez için gereken optimum sıcaklık bitkinin büyüme safhasına bağlı olarak değişir (**Acock ve ark., 1978**). Biber bitkileri için optimum sıcaklık değerleri 20-30 °C arasındadır ve bitki büyüdükçe düşüş gösterir. Hem

karbondioksit hem de sıcaklık karbonhidrat üretimini etkilerken karbonhidrat mobilizasyonu ile kullanımında en etkili değişken sıcaklıktır (**Ertekin, 2002**).

Aybak (2002) 32 °C'nin üzerindeki ve 21 °C'nin altındaki sıcaklıkların biber bitkisinde büyümenin yavaşlamasına neden olduğunu bildirmiştir.

Genç biber bitkileri genellikle yeni yaprak oluşumunu başlatmak ve yaprak büyüklüğünü artırmak için daha yüksek sıcaklıklara ihtiyaç duyarlar. Genç biber bitkileri için en düşük sıcaklık değeri 22 °C (21-23 °C gece ve gündüz ortalaması) civarındadır. Eğer genç bitkiler yazın yüksek ışık yoğunluğunda yetiştirilirse, ortalama sıcaklık bir veya iki derece daha yüksek seviyeye ayarlanabilir. Ayrıca çiçeklenme döneminde gece sıcaklığı ile ortalama sıcaklık biraz daha yüksek olmalıdır. İyi bir tozlanma ve bol tohumlu meyve elde etmek için gece sıcaklığının 18 °C olması optimaldir ve gündüz sıcaklığı 20-22 °C'dir (**Nederhoff, 2004**).

Solunum, bitki yaşamında duraksız olarak her hücrenin protoplazmasında seyreden biyolojik bir olaydır. Solunumda bir yandan karbonhidratların okside olması ile ortaya çıkan enerji canlılığın sürekliliğini sağlarken, diğer yandan besin maddesinin parçalanması sonucu canlıda ağırlık kaybı ortaya çıkar. Bitkilerde solunumun hızlı yada yavaş seyretmesinde ışıklanma süresi ve ışık yoğunluğu etkili olmaktadır. Bitkinin solunum ile ağırlık kaybı, fotosentezle karşılanamazsa bitkiler normal gelişme ve büyümelerine devam edemez ve ölürlür. Bu nedenle bitkilerin canlılıklarını sürdürebilmeleri için fotosentezle meydana getirecekleri kuru maddenin, solunumla kaybettikleri kuru maddeden fazla olması gerekir (**Eser, 1986**).

Marshall ve ark. (1992) domateste fide çıkışından sonra herhangi bir zamanda habitüs boyutunun, kesilen ışık miktarının ve kuru madde miktarının artan sıcaklıkla beraber artacağını bildirmişlerdir. **Aung (1976)** domates bitkisindeki çok sayıdaki fizyolojik olayın hızını, sıcaklığın tayin ettiğini ve bunun morfolojik değişimler şeklinde görülebileceğini ifade etmiştir. Araştırmacı sıcaklık ile büyüme ve ürün arasında çok sıkı ilişki olduğunu belirterek, domateste erken ürünün kuru ağırlığın hızlı birikmesine bağlı olduğunu bildirmiştir.

Genellikle sıcaklık net asimilasyon oranı üzerinde çok az etkiye sahiptir. Ancak çok yüksek ve düşük dereceler söz konusu olduğunda net asimilasyon oranında önemli değişiklikler gösterebilmektedir (**Heuvelink, 1989**).

Bruggink ve Heuvelink (1987), domates, hıyar ve biber bitkilerini yılın farklı zamanlarında yetiştirmişler ve domates bitkisinde net asimilasyon oranının ışık şiddetinden daha fazla etkilendiğini belirlemişlerdir. Genellikle ışık şiddetinin $400 \text{ Jcm}^{-2}\text{g}^{-1}$ ve daha üstü değerlerinde net asimilasyon oranının en yüksek değerini aldığını, nispi büyüme hızının ise $300 \text{ Jcm}^{-2}\text{g}^{-1}$ ışık şiddetinde en yüksek değerini aldığını bildirmişlerdir.

Bruggink (1992) ve **Uzun (1996; 1997)**, net asimilasyon oranının uzun dönemde devam eden fotosentez oranı ile çok yakından ilişkili olduğunu ve azalan ışıkla azaldığını belirtmiştir.

Kürklü ve ark. (1998) patlıcanda net asimilasyon oranının sıcaklık ve zamanla belirli bir noktaya kadar arttığını, daha sonra azaldığını belirtmişlerdir. Bitki büyümesinin ilk devrelerinde net asimilasyon oranının zamana bağlı olarak artması, yüksek sıcaklıklara göre düşük sıcaklık uygulamalarında daha yavaş olduğu belirlenmiştir. Araştırmacılar farklı sıcaklıklarda ($10-32 \text{ }^{\circ}\text{C}$) yetiştirilen patlıcan bitkilerinin kuru ve yaş ağırlık artışındaki farklılıkların bitki yaşı ile küçüldüğünü ortaya koymuşlardır. Buna sebep olarak yüksek sıcaklıklarda yetişen bitkilerin düşük sıcaklıklarda yetişenlere oranla, ulaşabilecekleri son ağırlığa daha hızlı bir şekilde ulaşmaları olduğunu belirtmişlerdir. Işığın nispi büyüme hızını artırdığını, ayrıca nispi büyüme hızının artan sıcaklıkla arttığını ve $30 \text{ }^{\circ}\text{C}$ 'de en yüksek değere ($0.2 \text{ gg}^{-1}\text{g}^{-1}$) ulaştığını bildirmişlerdir. **Heuvelink (1995)**'de genç domates bitkilerinde en yüksek nispi büyüme hızının $24 \text{ }^{\circ}\text{C}$ 'de belirlendiğini tespit etmiştir.

En faydalı bitki büyüme belirleyicilerinden birisi nispi büyüme hızıdır. Bu parametre bitkilerin büyüme safhalarını göz önüne alarak, bitkilerdeki hızlı büyümeyi tarif etmeye yarar. Nispi büyüme hızı (NBH) aşağıdaki formülden hesaplanır (**Evans, 1972**).

$$\text{NBH} = (\ln A_2 - \ln A_1) / (t_2 - t_1) \dots \dots \dots 2.1$$

Bitki büyümesi bitki hayatının en erken devrelerinde çok hızlı olduğundan, nispi büyüme hızının değeri devamlı olarak değişir ve genellikle

azalır. Toplam bitki ağırlığı göz önüne alındığında, meristem dokularındaki azalma, nispi büyüme hızının azalmasındaki temel sebep olarak kabul edilebilir. Nispi büyüme hızındaki değişimler, asimile edici kriter olarak bilinen net asimilasyon oranı (NAO) ve morfolojik kriter olan oransal yaprak alanına (YAO) ayrılabilir. Bu üç kavramın aşağıdaki formülde olduğu gibi birbirleriyle ilişkili olduğu belirtilmiştir (**Fitter ve Hay, 1987**).

$$NBH = NAO \times YAO \dots\dots\dots 2.2$$

Nilwik (1981) ve **Heuvelink (1989)** sıcaklık uygulamalarına bağlı olarak nispi büyüme hızındaki değişikliklerin oransal yaprak alanındaki değişikliklerden kaynaklanacağını bildirmişlerdir. Günlük ortalama ışık şiddetlerine göre nispi büyüme hızındaki değişiklikleri inceleyen **Bruggink (1992)**, farklı ışık seviyelerinde oransal yaprak alanı ile net asimilasyon arasında negatif korelasyon olduğunu belirlemiştir.

Uzun (1996), domates ve patlıcanda nispi büyüme hızları üzerine sıcaklık ve ışık yoğunluğunun etkisini araştırarak, optimum sıcaklığın domates için 25 °C, patlıcan için 26 °C olduğunu belirtmiştir. Araştırmacı bu iki türde bitkinin ilk devresinde nispi büyüme hızının artan ışık yoğunluğu ile daha hızlı arttığını ve en yüksek değere ulaştıktan sonra nispi büyüme hızındaki azalmanın düşük ışık yoğunluğu altında yetiştirilen bitkilerde daha yavaş olduğunu ortaya koymuştur.

Özkaraman (2004) kavun bitkisinde yaptığı araştırmasında; oransal kök ağırlığı, net asimilasyon oranı, nispi büyüme hızı, oransal yaprak alanı ve özgül yaprak alanını incemiştir. Bu özelliklerin sıcaklık ve ışık şiddeti sınırlarında zamanla azaldığını; oransal yaprak ağırlığı ve yaprak kalınlığının zamanla arttığını tespit etmiştir. Araştırmacı net asimilasyon oranının, nispi büyüme hızının, kök, gövde ve yaprak kuru ağırlıklarının düşük sıcaklık ve yüksek ışıktaki arttığını; bitki boyunun, yaprak alanının ve özgül yaprak alanının düşük ışık şiddeti ve yüksek sıcaklıkta arttığını kaydetmiştir. Yüksek ışık şiddeti ve sıcaklıkta ise gövde çapının, boğum ve yaprak sayısının arttığını bildirmiştir.

2.2. Bitki Gelişme Özellikleri

Son yıllarda bitki fenolojisi üzerine yapılan kantitatif çalışmaların önemi artmaktadır. Bu çalışmaların büyük çoğunluğu, bitki gelişmesini tanımlayan değişik bitki gelişim devrelerini belirlemeye yöneliktir. Bunun bir sonucu olarak, bitki gelişme oranları tespit edilmektedir. Bitki gelişmesi, tohum ekiminden bitkinin generatif devresine ve bu devreden olgunluğa kadar olan süreyi içine alır. Bu yüzden bitki gelişme oranı, bitkinin bir devreden diğer bir devreye geçiş oranları ile yakından ilişkilidir (**Uzun, 1997**).

Bitki gelişmesinin farklı devrelerinde, farklı fizyolojik işlemlerin gerçekleşmesinden dolayı, optimum sıcaklık istekleri de farklılık göstermektedir. Yapılan çalışmalar bitki gelişmesi ile sıcaklık arasındaki ilişkiler üzerine yoğunlaşmıştır. Bunun sonucunda bitki gelişmesi üzerine değişik ortam sıcaklıklarının ve fotoperiyodun etkisi göz önüne alınarak matematiksel modeller geliştirme yoluna gidilmiştir (**Uzun, 1997**).

Bitki gelişmesini tahmin etmede kullanılan matematiksel modellerin geliştirilmesi özellikle kontrollü şartlarda yapılan bitki yetiştiriciliğinde önem kazanmıştır. Bu yüzden araştırmaların yoğunlaştırılmasının gelecek yıllarda kaçınılmaz olacağı belirtilmektedir. Çünkü bu modellerin kullanılması uygun tohum ekim zamanının belirlenmesi, dikim, sulama, gübreleme, budama gibi işlemlerin zamanında ve daha verimli bir şekilde yapılmasını sağlayacak, kalite ve kantiteye etkili olacaktır (**Pearson, 1992; Uzun, 1996**).

Günümüzde dikimden çiçeklenmeye ve çiçeklenmeden meyve olgunluğuna kadar geçen süreyi tahmin eden bazı modeller araştırmacılar tarafından geliştirilmiştir (**Pearson, 1992; Pearson ve ark., 1993 ve 1994; De Koning, 1994; Uzun, 1996**). Bu tip modeller yetiştiricilerin plan yapmalarına yardımcı olmaktadır. Bazı sebze türlerinde çimlenmeyi tahmin eden modeller de geliştirilmiştir (**Finch ve Phelps, 1993; Finch ve ark., 1998; Uzun ve ark., 2001**).

Uygun sıcaklık ve oksijen miktarının sağlanmasıyla tohum içerisindeki bütün büyüme olayları, suyun eklenmesiyle aktif hale geçen kimyasal reaksiyonlardır. Sıcaklık ne kadar artırılırsa kimyasal reaksiyonların hızı da o ölçüde artacaktır. Fakat sıcaklığın ne kadar artırılacağı konusunda biyolojik

sınırlayıcılar vardır. Bitki türlerine göre sıcaklığın üst noktası değişmektedir **(Bayraktar, 1976; Ellis ve ark., 1990; Kevseroğlu ve Çalışkan, 1995)**.

Biber tohumları 8 °C'nin üzerindeki sıcaklıklarda çimlenebilmesine rağmen, en iyi 21-28 °C sıcaklıklarda çimlenir. 28 °C sıcaklıkta çimlenme 21 °C sıcaklıktan bir hafta önce olur. Optimal çimlenme sıcaklığı 24-25 °C'dir. Genç fideler için ışık şartlarının iyi olması istenir **(Ertekin, 2002)**.

Biber tohumlarının iyi çimlenebilmesi için toprak sıcaklığının 22-28 °C arasında, toprak üstü sıcaklığın 25-30 °C arasında olması gerekir. Tohumlar gece 20 °C, gündüz 30 °C sıcaklıkta, % 70 hava oransal neminde iyi çimlenir. Kış günlerinin kısa olmasından dolayı fide yetiştiriciliğinde kısıtlayıcı faktör ışıktır. Bitkiler genellikle uzun boğum araları oluşturur ve yaprak rengi daha açıktır. Düşük ışık şiddeti çiçeklenmeyi 10-20 gün kadar geciktirir ve meyve tutumunu azaltır **(Aybak, 2002)**.

Uzun ve ark. (2001)'nin, bazı sebze türlerinde tohum ekiminden çıkışa kadar geçen süreyi tahmin eden model çalışmalarında biber bitkisi için optimum çimlenme sıcaklığı 30.1°C olarak belirlenmiştir. **Bierhuizen ve Wagenvoort (1974)** soğan ve pırasa; **Finch ve Helps (1993)** soğan; **Finch ve ark. (1998)** havuç bitkilerinde çimlenmeyi tahmin eden modeller geliştirmişlerdir.

Atherton ve Haris (1986), bitkilerde verim erkenciliği bakımından ilk çiçek gözünün oluşmasının ve görünmesinin büyük önem taşıdığını bildirmişlerdir.

Hava ve toprak sıcaklığı biber bitkisinin gelişmesinde ve çiçeklenmesinde önemli etkiye sahiptir. Sıcaklığın azalmasıyla birlikte gelişme hızı da azalmaktadır **(Yaping ve Royal, 1996)**.

Genç bir biber bitkisi dikimden itibaren yetiştirme şartlarına bağlı olarak 2-6 hafta içerisinde çiçeklenmeye başlar. Erken çiçek gelişimi sırasındaki sıcaklıklar biber meyvelerinin şeklini ve boyutunu etkilemektedir. Çiçek gelişimi sırasındaki düşük sıcaklıkların meyve boyunu kısalttığı hatta çok düşük sıcaklıklarda (10 °C) büyüyen çiçeklerin küçük ve yassı meyveler oluşturduğu belirtilmiş ve çiçeklenme sırasındaki optimum sıcaklıkların 20-21 °C arasında olması gerektiği bildirilmiştir **(Rylski ve ark., 1994)**.

Uzun (1996), domates bitkisinde değişik sıcaklık uygulamalarının yüksek ışık yoğunluğu altında, tohum ekiminden çiçek çıkışına kadar geçen süreyi etkilemediğini belirtmiştir. Fakat düşük ışık yoğunluğunda, yüksek sıcaklıkların düşük sıcaklıklara oranla tohum ekiminden çiçeklenmeye kadar geçen zamanı artırdığını kaydetmiştir.

Dileman ve Heuvelink (1992), artan ışık miktarının domateste çiçeklenmeye kadar geçen gün sayısını azaltmasına rağmen, yaprak çıkış oranını artırdığını kaydetmişlerdir.

LeBoeuf (2004), farklı sıcaklıkların biber bitkisinde çiçeklenme ve meyve tutumuna olan etkisini incelemiştir. Araştırmacı 32 °C'den yüksek sıcaklıklarda polen kısırlığı oluştuğunu ve çiçeklerin döküldüğünü, optimum çiçeklenme ve meyve tutumu için 16 °C'nin ideal olduğunu, 15.5 °C'den düşük sıcaklıklarda veya 24 °C'den yüksek sıcaklıklarda düşük meyve tutumunun olduğunu kaydetmiştir.

Patlıcan ve biber, domatese oranla düşük sıcaklıklara daha fazla duyarlılık göstermektedir. Bu duyarlılık öncelikle bu bitki türlerinin düşük sıcaklıklarda kusurlu çiçek oluşturmamasından kaynaklanmaktadır. Örneğin, kış aylarında görülen sınırlı ışık şiddeti altında yumurtalığın gelişmesi zayıf olmakta ve bu durum yüksek derecede çiçek aborsiyonuna sebep olmaktadır. Ayrıca düşük sıcaklıklar ve düşük ışık miktarının çiçek tozu verimliliğini azalttığı belirtilmektedir (**Uzun, 1997**).

Uzun ve Demir (1996) bitkilerde yaprak çıkış oranının sıcaklık artışı ile doğru orantılı olarak arttığını bildirmektedirler. Ayrıca **Uzun (1997)** birçok araştırmacının da bitkilerde yaprak çıkış oranının sıcaklık artışı ile doğru orantılı olarak arttığını kaydettiklerini bildirmiştir.

Warrington ve Kanamasu (1983), mısırdaki yaprak çıkış oranının 15-28 °C arasında sıcaklıkla doğru orantılı olarak arttığını tespit etmişlerdir.

Picken ve ark (1986) ve Uzun (1996), domateste yaprak çıkış oranının yaz aylarındaki yüksek ışık nedeniyle arttığını, kış aylarındaki düşük ışık miktarından dolayı da azaldığını bildirmişlerdir.

Robinson ve Decker (1997) kabakgillerde meyve tutumu sağlandıktan sonra kuru maddenin büyük bir kısmının meyveye gideceğini ve vejetatif

büyümenin baskı altına alınacağını belirtmektedirler. Aynı araştırmacılar, büyüme hızını etkileyen en önemli faktörlerin fotoperiyot ve sıcaklık olduğunu, gövde uzaması ve yaprak alanı artış hızının büyüme için optimum sıcaklık şartları altında sıcaklıkla doğrusal olarak arttığını bildirmişlerdir. Sıcaklığın optimum şartların altında olduğu zamanda oransal yaprak büyüme hızının sıcaklıktan bağımsız olarak ışık şiddeti tarafından kontrol edildiğini belirtmişlerdir. Sıcaklığın optimum şartlar üzerine çıkması durumunda yaprak büyüme hızının azaldığını, kuru maddenin gövdeye dağıldığını ve yapraklarda hücre bölünmesinin azaldığını bildirmişlerdir.

Biber bitkisinde meyve oluşumundan yaklaşık 5-9 hafta sonra, meyve hasat büyüklüğüne ulaşabilir. Daha ileri olgunlaşma için 2-3 hafta gereklidir. Çiçek oluşumundan tam renkli meyvenin olgunlaşması için geçen zaman 7-12 haftadır. Meyve büyümesi için geçen sürenin aşırı varyasyon göstermesinin nedenleri arasında mevsim (ışık), sıcaklık, meyve yükü, bitkinin durumu ve çeşit sayılabilir. Meyve büyümesi yüksek sıcaklıklarda (25 °C) hızlandırılabilir. Ortalama sıcaklıkta bir derecelik artış, meyve büyümesi için gereken süreyi iki-üç gün kısaltır; ancak yüksek sıcaklık ortalama meyve ağırlığını azaltır. Düşük ışık şartlarında yüksek sıcaklıklar tavsiye edilmez. Yüksek sıcaklıklar (28 °C'nin üzeri) meyvelerde çiçek burnu çürüklüğünü artırırken meyve büyümesinin erken dönemindeki düşük sıcaklıklar (17 °C'nin altı) meyve üzerinde kuyruk oluşumuna yol açar. Işık şartları iyi olduğunda meyve oluşumu kendiliğinden düzenlenir. Bununla birlikte meyve tutumunda zorluklar söz konusu olduğunda, bu zorlukların üstesinden gelmeyi sağlayan metotlar vardır. En pratik yol gece sıcaklığını 18 °C'ye düşürmektir. Gündüz sıcaklığı 20-22 °C'de kalabilir. Eğer bu da yeterli olmazsa, gündüz sıcaklığı da 18 °C'ye düşürülebilir. Eğer kök sıcaklığı 18 °C'ye düşürülebilirse çiçeklenme artar. Tozlanma için gündüz sıcaklığı ile ışık çok önemli değildir. Fakat yüksek ışık ile düşük gündüz sıcaklığı meyve tutumu ve meyvenin ilk büyüme döneminde yararlıdır. Meyve tutumu yaklaşık bir hafta sürer ve normalde dikimden itibaren 5-8 hafta içerisinde tamamlanır. Yaşlı bitkilerde ışık seviyesinin azalmasıyla meyve tutumu zorlaşabilir (**Khah ve Passam, 1992**).

2.3. Bitki Verimi

Özellikle ışık ve sıcaklık gibi çevre şartlarının bitki verimleri üzerine etkileri araştırılırken, araştırmacılar genellikle bitki net fotosentezi yanında, net fotosenteze etki eden unsurları da ele alarak, bu unsurlarla sıcaklık ve ışık arasındaki ilişkileri de araştırmışlardır. Bir sonraki adım olarak da elde edilen kuru maddenin bitkilerdeki dağılımı üzerine çevre faktörlerinin etkilerini incelemişlerdir. Buna bağlı olarak günümüze kadar yapılan kantitatif çalışmaların çoğu fotosentez hızlarının modellenmesi üzerine yoğunlaşmıştır. Bu çalışmalar, ürün fotosentezini etkileyen faktörleri anlamada çok önemli temel oluşturmuşlardır. Fotosentez hızlarının belirlenmesi ise verim artışlarındaki varyasyonun çoğunu açıklayabilmektedir (**Uzun, 2000**).

Herhangi bir bitki türünün verimi bazı ana faktörler tarafından etkilenmektedir. Bu faktörler; bitkilerin hasat edilebilen kısımlarında kuru madde birikimi olurken bitkinin yaprakları tarafından absorbe edilen ışığın miktarı, absorbe edilen ışığın fotosentezle karbohidratlara dönüştürülebilme etkinliği, bitkinin hasat edilen kısımlarına bitki bünyesinden taşınan fotosentez ürünlerinin oranı, fotosentez ve biosentez işlemleri tamamlandıktan sonra solunum ve çürüme ile olan ağırlık kayıpları ve fotosentetik karbohidratlar ile hasat edilen materyallerin biyokimyasal yapıları arasındaki dönüşüm katsayısı olarak kabul edilmektedir. Kısa vadede bitkilerde hasat edilecek olan kısımlara yüksek oranda asimilatlar giderse verimin yüksek olmasının yanında, bu şartlarda vejetatif büyüme az olur ve ürünün fotosentetik kapasitesini dolayısıyla daha sonraki verimini etkilemiş olur. Uzun vadede ise verimin en yüksek değere ulaşması vejetatif ve generatif büyüme arasında uygun bir dengenin sağlanıp sağlanamamasına bağlıdır (**Fitter ve Hay, 1987; De Koning, 1994; Heuvelink ve Bertin, 1994, Uzun ve ark., 1998**).

Uzun (2000) yaptığı bir çalışmada genel olarak yüksek sıcaklıkların bitkilerin büyüme süresini kısalttığını, toplam verimi azalttığını, ancak erkenciliği artırdığını belirlemiştir. Sıcaklığın azalmasının ise bitkilerin daha uzun süre yeşil yaprağa sahip olmasına paralel olarak, daha uzun süre fotosentez yapmasına ve toplam verimin artmasına sebep olduğunu bildirmiştir. Işığın ise bitki yaprakları tarafından absorbe edilmesi ve fotosentezde kullanma etkinliğine

bağlı olarak belirli bir yoğunluğa kadar verimi artırdığını, daha sonra azalttığını tespit etmiştir. Sıcaklık ve ışığın bitki verimi üzerine olan etkisi incelenirken bu iki parametrenin birbirinden ayrı değerlendirilmemesi gerektiğini kaydetmiştir. Bunun sebebi de bitkilerde verim unsurlarının çoğu durumlarda ışık ve sıcaklığın interaktif etkisinden dolayı oldukça önemli değişiklikler gösterebileceğidir.

Vural ve ark. (2000) ışığın dokuların sık ve gevşekliğine etki ettiğini ve azalmasının bitkilerin zayıf gelişmesine, hücre dokularının zayıflamasına, hasat olgunluğuna daha geç ulaşılmasına ve verimin azalmasına neden olacağını bildirmiştir.

Düşük ışık şiddetinde, sıcaklığın ortalama taze meyve ağırlığı üzerine etkisi oldukça az olmaktadır. Hangi sıcaklıkta olursa olsun, ışık şiddetinin artması taze meyve ağırlığını da artırmaktadır (**De Koning, 1994; Uzun, 1996**).

Pearson (1992) ve Uzun (2000), domateste meyve ağırlığının artan ışık yoğunluğu ile arttığını, ancak artan sıcaklıklarla azaldığını ortaya koymuşlardır. Meyve ağırlığında artan sıcaklıklarla oluşan azalmanın sebebini ise yüksek sıcaklıkların meyve büyüme süresini uzatması ve oransal olarak meyve ağırlığındaki bu azalmanın hızının aynı sıcaklıkların sebep olduğu meyve büyüme hızından daha fazla olmasından kaynaklandığını belirtmişlerdir.

Uzun (1996) yaptığı çalışmada patlıcanda ortalama meyve ağırlığının düşük ışık ve yüksek sıcaklık şartlarında en az olduğunu, ortalama meyve ağırlığı için gereken optimum sıcaklıkların ışık şiddetinin artmasıyla azaldığını ortaya koymuştur. $3 \text{ MJcm}^{-2}\text{g}^{-1}$ ışık şiddetinde optimum sıcaklığı $20-21^\circ\text{C}$, $8 \text{ MJcm}^{-2}\text{g}^{-1}$ ışık şiddetinde $17-18^\circ\text{C}$ olarak belirlemiştir.

Uzun (2001) domates ve patlıcanda ortalama meyve ağırlığının ışık şiddeti ile doğrusal artarken sıcaklıkla eğrisel bir artış gösterdiğini, her iki türün ortalama meyve ağırlığı bakımından optimum sıcaklıklarının birbirine yakın olduğunu, ancak patlıcanda daha yüksek bulunduğunu bildirmiştir.

Kürklü ve ark. (1998), sıcaklığın ve hasat zamanının patlıcanın (*Solanum melongena* L.) büyümesi ve meyve verimi üzerine etkisini inceledikleri çalışmalarında $14, 18, 22$ ve 30°C 'ye ayarlı 4 adet kontrollü sera kullanmışlardır. Çalışmada, sıcaklık arttıkça bitki büyümesinin arttığını, ancak

ortalama meyve boyutlarının ve ağırlığının, dolayısıyla toplam meyve veriminin azaldığını belirlemişlerdir. Meyve verimi açısından en uygun sıcaklığın 22 °C olduğunu bildirmişlerdir.

Biberlerin gün uzunluğuna karşı nötr oldukları, bununla birlikte ışık şiddetinden kısmen hoşlandıkları görülür. Işık yoğunluğunun düşmesi bitkilere bol yapraklı bir görünüm kazandırır. Çiçek tomurcuklarının oluşumu durduğundan meyve verimi azalır. Buna karşılık, ışık şiddetinin artması meyve oluşumunu artırır (**Şeniz, 1992**).

Biberlerde verim ekolojik koşullara, yetiştirme tekniğine ve çeşit özelliğine bağlı olarak değişir. Biberler bitki başına 10-60 adet arasında değişen meyve verir. Ortalama olarak dekardan 2-5 ton arasında verim alınır (**Vural ve ark., 2000**).

Türkiye’de dekardan 2-9 ton arasında biber alınır. Verime etki eden faktörler arasında çeşit, yetiştirme mevsimi ve vejetasyon süresi (sıcaklık, ışık), yetiştirildiği ortam, gübreleme, sulama, budama, toprak işleme, hastalık ve zararlılarla savaşım, toprağın fiziksel ve biyolojik yapısı sayılabilir. Bitki başına sivri biberlerde 15-90 adet, dolma biberlerde 12-40 adet, çarliston biberlerde 15-60 adet meyve alınır. Bitki başına verim sivri biberlerde 300-200 g, dolma biberlerde 350-2500 g, çarliston biberlerde 300-2000 g’dır (**Aybak, 2002**).

3. MATERYAL VE METOT

3.1. Materyal

Araştırma “Karadeniz Bölgesi Seracılığının Geliştirilmesi” adlı DPT projesi kapsamında Ondokuz Mayıs Üniversitesi Ziraat Fakültesi arazisinde kurulmuş olan cam ve plastik seralarda 2002-2004 yılları arasında yürütülmüştür.

3.1.1 Araştırmada Kullanılan Seraların Teknik Özellikleri

Araştırmada 6 m genişliğinde, 20 m uzunluğunda (120 m^2), 3 m yan yüksekliğe sahip antifog, antivirüs, infrared ve ultraviyole katkılı plastik kaplı, yarım yay şekilli, çatıdan ve tek taraflı olarak yandan boydan boya havalandırmalı plastik sera ile her bir bölümü 7 m uzunluğunda ve 3.4 m genişliğinde 6 bölümü bulunan, bu bölmelerde rezistanslı ve fanlı ısıtma sistemi olan yandan havalandırmalı toplam 169 m^2 taban alanına sahip olan cam sera kullanılmıştır.



Şekil 3.1. Araştırmada kullanılan plastik ve cam seranın genel görünüşü

3.1.2. Araştırmada Kullanılan Gölgeleme Materyalinin Özelliği

Araştırmada ışık geçirgenliği %50 olan koyu yeşil renkte ağ plastik araştırmada gölgeleme materyali olarak kullanılmıştır. Gölgeleme sera

içerisinde yan yüzeylerin de gölgelenmesi düşünülerek yer seviyesinden başlayarak yapılmıştır.

3.1.3. Araştırmada Kullanılan Biber Çeşidi

Araştırmada Karadeniz Bölgesinde yoğun olarak yetiştiriciliği yapılan, sofralık olarak kullanılan yüksek verimli ve 12.05.1980 yılında Anadolu Tarımsal Araştırma Enstitüsü tarafından tescil edilen standart çeşit olan Çetinel 150 (Tatlı Sivri) biber çeşidi kullanılmıştır.

Kullanılan çeşidin meyveleri ince uzun, açık yeşil renkli, tatlı ve gevrek yapıdadır. Meyve orta çekirdekli, ince etli, sap kısmı körüklü, hafif kıvrık, tatlı ve sivridir. Meyve uzunluğu 16 cm ve çapı 1.54 cm'dir. Dekara verimi 3-3.5 tondur. Çeşidin safiyeti % 99, çimlenme gücü % 91'dir.

3.2. Metot

3.2.1. Tohum Ekimi ve Fide Dikimi

Tohum ekimi 240 hücreli (2x2 cm) viyollere dört farklı dönemde (Mart 2002, Temmuz, 2002 Aralık 2002, Eylül 2003) cam serada yapılmıştır. Farklı ekim zamanlarıyla yıllık var olan tabii ışık, sıcaklık ve fotoperiyotta varyasyon sağlanmıştır. Tohum ekiminde harç olarak 0.75 birim bahçe toprağı, 2 birim yanmış çiftlik gübresi ve 0.25 birim dere kumu kullanılmıştır. Kotiledon yapraklar yere paralel olup ilk gerçek yaprak çıktıktan sonra 9x9 cm çaplı saksılara şaşırtma yapılmış, harç olarak yine tohum ekim harcı kullanılmıştır.

Fideler, 5-6 gerçek yapraklı dönemlerinde 40x100 cm boyutlu ve 35 litre hacimli siyah plastik yatay yetiştirme torbalarına ve her torbaya 3 adet fide olacak şekilde dikilmiştir. Bu yetiştirme torbalarında 1:2:0.5 (bahçe toprağı, yanmış çiftlik gübresi, dere kumu) oranında hazırlanan harç kullanılmıştır.

İlk iki ekim döneminde hem plastik hem de cam serada 30 bitki gölgeleme materyali altında, 30 bitki direk güneş ışığı altında yetiştirilmiştir. Aralık ayı ekim döneminde cam serada gölgeli ve gölgesiz olmak üzere iki odada ısıtma yapılmış, yine her bölmede 30 bitki yetiştirilmiş, plastik sera kullanılmamıştır. 2002 yılında Eylül ayı ekim döneminde bitkiler dondan zarar

gördüğünden bir sonraki yıl bu ekim dönemi tekrarlanmış, 30 adet bitki cam serada güneş ışığı altındave ısıtma yapılarak, 30 adet bitki gölgeleme materyali altında ve ısıtma yapılarak, 30 adet bitki plastik serada güneş ışığı altında ısıtma yapılmadan yetiştirilmiştir.

3.2.2. Sıcaklık ve Fotosentetik Aktif Radyasyon (PAR) Ölçümü

Sera içi sıcaklık değerleri ölçümünde SATO KEIRYOKI MFG.CO.,LTD.'ye ait R-704 model (sıcaklığı -15 ile 50°C , ± 1 , bağıl nemi $\%0$ ile $100,\pm 3$) termohidrograf ve son iki ekim döneminde bilgisayar yardımı ile programlanabilen Hobo markalı veri kaydediciler kullanılmıştır. Termohidrograf kartlarının değiştirilmesi haftalık olarak yapılmış ve termohidrograf seraların ortasına ve yerden 1 m yükseklikte olacak şekilde yerleştirilmiştir. Termohidrografın kalibrasyonu sürekli kontrol edilmiştir. Araştırma süresince termohidrograflarla grafik kağıdına kaydedilen verilerden yararlanarak, günlük ortalama sıcaklığın belirlenmesinde Eşitlik 3.1 kullanılmıştır (**Kevseroğlu, 1999**).

$$\text{Ortalama Sıcaklık } (^{\circ}\text{C}) = \frac{t_7 + t_{14} + 2 \times t_{21}}{4} \dots\dots\dots (3.1)$$

Yetiştirme dönemi boyunca ortalama günlük sıcaklık değerlerinin ortalaması alınarak, yetiştirme dönemine ait sıcaklık miktarı belirlenmiştir.

Sera içi ışık değerleri Delta-T Devices Type SS1 Sun Scan Canopy Analyser (400nm-800nm) aleti kullanılarak ölçülmüştür. Bu alet ile bitki üzerine gelen, ışık miktarı % PAR olarak belirlenmiştir.

Işık ölçümü 15 günde bir her gruptaki deneme bitkilerinde, bitki üzerinden üç noktada (bu değerlerin ortalaması alınmıştır) uzun günlerde saat 13.00'de, kısa günlerde saat 12.00'de yapılmıştır. Ölçüm havanın güneşli olduğu günlerde yapılmıştır.

15 günde bir üst noktadan ölçüm yapılan değerlerin ortalaması alınarak yetiştirme dönemine ait ışık miktarı bulunmuştur (**Uzun, 1996**).

3.2.3. Bitkilerde Yapılan Ölçüm ve Gözlemler

Araştırmada kullanılan biber bitkisinin dönemlere göre tohum ekim, çıkış şaşırtma ve dikim tarihleri Çizelge 3.1.'de verilmiştir.

Çizelge 3.1. Denemede kullanılan tohum ekim, fide çıkış, şaşırtma ve dikim tarihleri

Ekim Dönemleri	Ekim Tarihi	Çıkış Tarihi	Şaşırtma Tarihi	Dikim Tarihi
I. Dönem	01.03.2002	15.03.2002	05.04.2002	06.05.2002
II. Dönem	15.07.2002	20.07.2002	30.07.2002	15.08.2002
III. Dönem	16.12.2002	19.09.2003	10.10.2003	03.11.2003
IV. Dönem	08.09.2003	10.01.2003	02.02.2003	17.03.2003

Dikim zamanında 3 adet fidede yaprak sayısı, bitki boyu, bitki çapı, kök, gövde ve yaprak kuru ağırlıkları belirlenmiştir.

Dikimden itibaren yaklaşık 15 günde bir her plantasyondaki 4 bitkide, bitkideki yaprak sayısı, bitki boyu, bitki çapı belirlenmiştir. Verimin belirlenmesinde de yine bu bitkiler kullanılmıştır.

Bitki çapı, ana gövdenin toprak yüzeyinden 1 cm yukarıda kalan (ojeyle işaretlenmiş) bölgesinden ve hep aynı yöneyden olmak üzere 0.01 mm'ye duyarlı dijital kumpas ile mm olarak ölçülmüştür.

Bitki boyu (gövdenin başlangıç noktasından en uç noktasına kadar olan mesafe) şerit metre ile cm olarak ölçülmüştür.

Yaprak sayısı, bitkide ölçüm zamanında eni ve boyu 3 cm'den büyük bütün yaprakların sayılmasıyla belirlenmiştir.

Yine dikimden itibaren yaklaşık 15 günde bir her plantasyondan 3 adet bitki köküyle beraber sökülmüş, kök, gövde ve yapraklar birbirinden ayrılmıştır. Köklerde kayıp olmayacak şekilde iyice yıkandıktan sonra kök, gövde ve yapraklar kese kağıdına konarak 80°C'ye ayarlı etüvde kurutulmuş ve 0.001 grama duyarlı dijital terazide tartılarak, kuru ağırlıklar belirlenmiştir.

Sökülen bitkilerin yaprak kuru ağırlıkları belirlenmeden önce, yaprak alanının belirlenebilmesi için her bitkinin yapraklarında en boy ölçümü yapılmıştır. Ölçüm zamanında sökülün bitkilerin bütün yapraklarında (eni ve boyu 3 cm'den büyük) en ve boy ölçümleri, yaprak sapına dik (en) ve yaprak sapına paralel olarak

(boy) en geniş noktada cm olarak yapılmıştır. **Uzun ve Çelik (1999)**'in yaprak alan modeli kullanılarak bitkilerin yaprak alanı belirlenmiştir.

Biber bitkilerinin verim değerleri; her ekim dönemi için seçilen 4 bitkide ortalama meyve ağırlığı, toplam meyve ağırlığı ve toplam meyve sayısı olarak belirlenmiştir.

Bitkilerin tohum ekiminden itibaren çıkış, dikim, çiçeklenme ve hasat tarihlerine kadar geçen süre gelişme etmenleri olarak değerlendirilmiştir.

Bitkilerde büyüme, gelişme ve verim analizleri **Uzun (1996)**'a göre yapılmıştır. Büyüme parametreleri ve hesaplama modelleri Çizelge 3.2. de verilmiştir.

Çizelge 3.2. Kantitatif analizlerin yapılmasında kullanılan bitki büyüme parametreleri ve hesaplama modelleri (**Uzun, 1996**)

Büyüme parametresi	Hesaplama modeli
Oransal Yaprak Alanı (YAO)	Toplam Yaprak Alanı (cm ²) / Toplam Bitki Kuru Ağırlığı (g)
Özgül Yaprak Alanı (ÖYA)	Toplam Yaprak Alanı (cm ²) / Toplam Yaprak Kuru Ağırlığı (g)
Oransal Yaprak Ağırlığı (OYA)	Toplam Yaprak Kuru Ağırlığı (g) / Toplam Bitki Kuru Ağırlığı (g)
Oransal Gövde Ağırlığı (OGA)	Toplam Gövde Kuru Ağırlığı (g)/Toplam Bitki Kuru Ağırlığı (g)
Oransal Kök Ağırlığı (OKA)	Toplam Kök Kuru Ağırlığı (g)/Toplam Bitki Kuru Ağırlığı (g)
Net Asimilasyon Oranı (NAO)	$1/YA \cdot dA/dt$ (g cm ⁻² gün ⁻¹)
Nispi Bitki Büyüme Hızı (NBH)	NBH = $(\ln A_2 - \ln A_1) / (t_2 - t_1)$ veya NBH = NAO x YAO (g/g/gün)
Yaprak Kalınlığı (YK)	1/Özgül Yaprak Alanı

-Oransal Yaprak Alanı (YAO): Bitkinin toplam yaprak alanının, toplam bitki vegetatif kuru ağırlığına bölümü ile hesaplanmıştır.

$$YAO = \text{Toplam Yaprak Alanı (cm}^2\text{)} / \text{Toplam Bitki Vegetatif Kuru Ağırlığı (g)}$$

-Özgöl Yaprak Alanı (ÖYA) : Bitkinin toplam yaprak alanının toplam yaprak kuru ağırlığına oranı ile hesaplanmıştır.

$$\text{ÖYA} = \text{Toplam Yaprak Alanı (cm}^2\text{)} / \text{Toplam Yaprak Kuru Ağırlığı (g)}$$

-Oransal Yaprak Ağırlığı (OYA): Bitkinin toplam yaprak kuru ağırlığının bitki vegetatif kuru ağırlığına oranı ile hesaplanmıştır.

$$OYA = \text{Toplam Yaprak Kuru Ağırlığı (g)} / \text{Toplam Bitki Vegetatif Kuru Ağırlığı (g)}$$

-Oransal Gövde Ağırlığı (OGA): Toplam gövde kuru ağırlığının bitki vegetatif kuru ağırlığına oranı ile hesaplanmıştır.

$$OGA = \text{Toplam Gövde Kuru Ağırlığı (g)} / \text{Toplam Bitki Vegetatif Kuru Ağırlığı (g)}$$

-Oransal Kök Ağırlığı (OKA): Toplam kök kuru ağırlığının bitki vegetatif kuru ağırlığına oranı ile hesaplanmıştır.

$$OKA = \text{Toplam Kök Kuru Ağırlığı (g)} / \text{Toplam Vegetatif Kuru Ağırlığı (g)}$$

-Net Asimilasyon Oranı (NAO): Bitkilerde net asimilasyon oranı, her birim yaprak alanı için büyüme oranları olarak tarif edilir ve 1 / yaprak alanının toplam bitki vegetatif kuru ağırlığının zamana göre türevinin çarpımından elde edilmiştir.

$$NAO = (1/YA) dA/dt \text{ (g / cm}^2 \text{ /gün)}$$

-Nispi Büyüme Hızı (NBH): Net asimilasyon oranının oransal yaprak alanı ile çarpımından elde edilmiştir.

$$NBH = (\ln A_2 - \ln A_1) / (t_2 - t_1) \text{ veya}$$

$$NBH = NAO \times YAO \text{ (g / g / gün)}$$

-Yaprak Kalınlığı (YK) = 1/Özgöl Yaprak Alanı

3.2.4. Farklı Dikim Dönemlerindeki Ortamların Yetiştirme Dönemine Ait Sıcaklık ve Işık Değerleri

Dört farklı dikim döneminde (Mayıs, Ağustos, Kasım ve Mart) ışık ve sıcaklıkta varyasyon elde etmek amacıyla oluşturulan ortamlarda yetiştirme dönemi boyunca saptanan ortalama sıcaklık ve ışık değerleri Çizelge 3.3.'de verilmiştir.

Çizelge 3.3. Farklı dikim dönemlerindeki sera ortamlarının yetiştirme dönemine ait ortalama sıcaklık ve ışık değerleri

1. Dikim Dönemi					
I. Ortam	Cam sera gölgesiz	27.34 °C	1360	Mmol/cm ² /s	
II. Ortam	Cam sera gölgeli	25.34 °C	395	Mmol/cm ² /s	
III. Ortam	Plastik sera gölgesiz	28.09 °C	1429	Mmol/cm ² /s	
IV. Ortam	Plastik sera gölgeli	26.9 °C	534	Mmol/cm ² /s	
2. Dikim Dönemi					
I. Ortam	Cam sera gölgesiz	22.95 °C	566	Mmol/cm ² /s	
II. Ortam	Cam sera gölgeli	21.52 °C	216	Mmol/cm ² /s	
III. Ortam	Plastik sera gölgesiz	23.92 °C	877	Mmol/cm ² /s	
IV. Ortam	Plastik sera gölgeli	22.16 °C	391	Mmol/cm ² /s	
3. Dikim Dönemi					
I. Ortam	Cam sera gölgesiz	22.35 °C	996	Mmol/cm ² /s	
II. Ortam	Cam sera gölgeli	15.02 °C	360	Mmol/cm ² /s	
4. Dikim Dönemi					
I. Ortam	Cam sera gölgesiz	15.02 °C	188	Mmol/cm ² /s	
II. Ortam	Cam sera gölgeli	14.32 °C	73	Mmol/cm ² /s	
III. Ortam	Plastik sera gölgesiz	9.73 °C	201	Mmol/cm ² /s	

3.2.5. Elde Edilen Verilerin İstatistiksel Değerlendirilmesi

Araştırma, tesadüf parselleri deneme desenine göre kurulmuştur. Araştırmadan elde edilen verilerin değerlendirilmesinde bilgisayar programları kullanılmıştır. Çoklu regresyon analizleri Excel 5.0 paket programında gerçekleştirilmiş ve elde edilen modeller, Slide Write 2.0 paket programında 3 boyutlu grafiklere dönüştürülmüştür.

Verilerin ortalama standart hataları Excell 5.0 paket programında belirlenmiştir. Daha sonra Slide Write 2.0 paket programında 2 boyutlu grafikler elde edilmiş, elde edilen verilerin istatistiksel karşılaştırılmalarında standart hata barları kullanılmıştır ve verilerin üzerine standart hata barları $P < 0.05$ düzeyinde yerleştirilmiştir (**Gomez ve Gomez, 1984**).

4. BULGULAR VE TARTIŞMA

4.1. Işık ve Hava Sıcaklığının Bitki Büyüme Özellikleri Üzerine Etkisi

4.1.1. Bitki Boyu (BB)

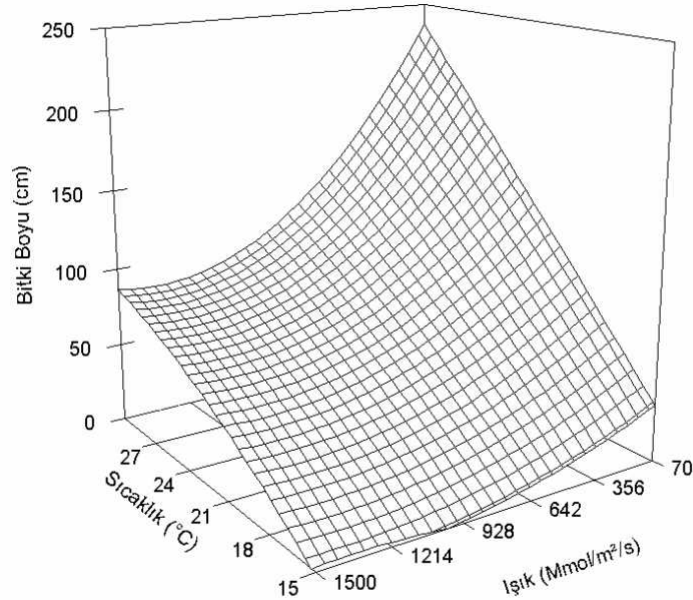
Bitki boyu ile sıcaklık ve ışık arasındaki ilişkileri ortaya koymak amacıyla yapılan regresyon analizi sonucunda bitki boyu ile sıcaklık ve ışık şiddeti arasındaki ilişkinin derecesi (r^2) 0.97 olarak önemli bulunmuş ve denklemi Eşitlik 4.1'de verilmiştir.

$$BB = -174.51 + 14.27 \times S - 0.00028 \times S^2 \times I + 1.04E^{-07} \times S^2 \times I^2 \dots\dots\dots 4.1$$

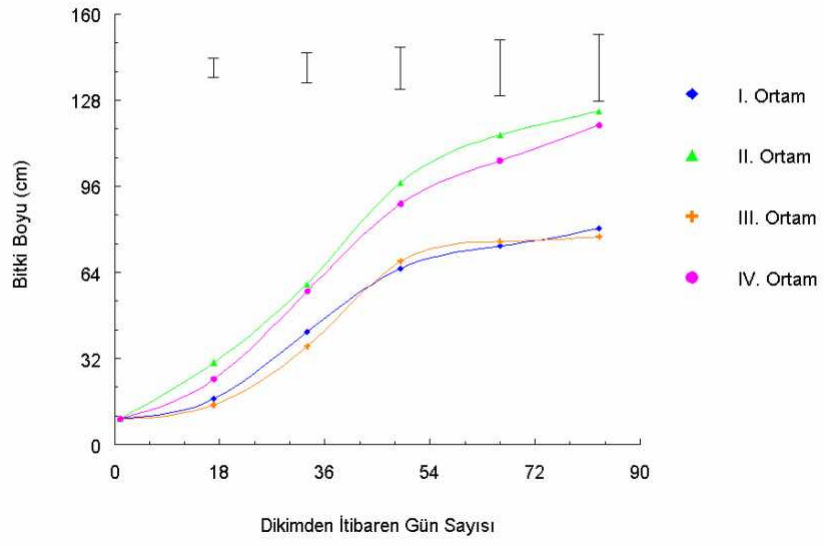
$$SH = (18.03)^{***} \quad (1.16)^{***} \quad (5.4E^{-05})^{***} \quad (2.99E^{-08})^{**}$$

$$r^2 = 0.97$$

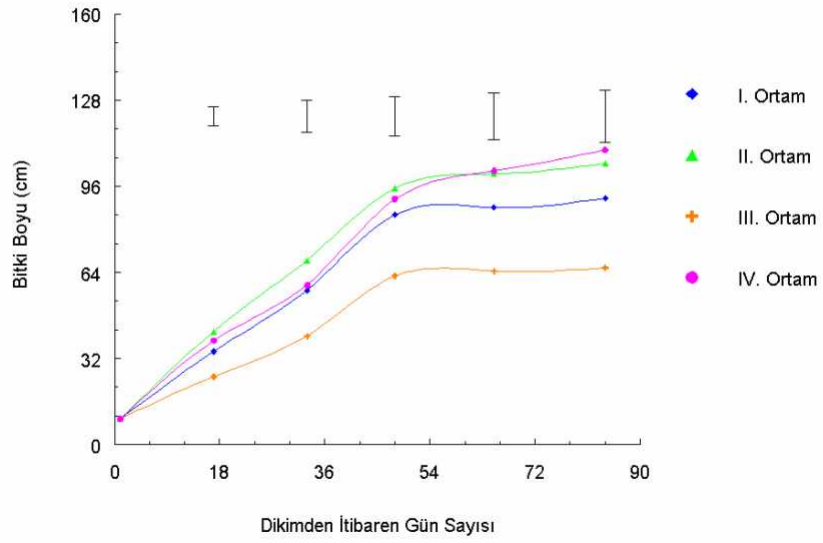
Biberde ışık ve hava sıcaklığının bitki boyu üzerine etkisi **Şekil 4.1.**'de ve farklı dikim dönemlerindeki ortamlara göre bitki boyunun dikimden itibaren geçen zamana (gün) göre değişimi **Şekil 4.2.**'de gösterilmiştir.



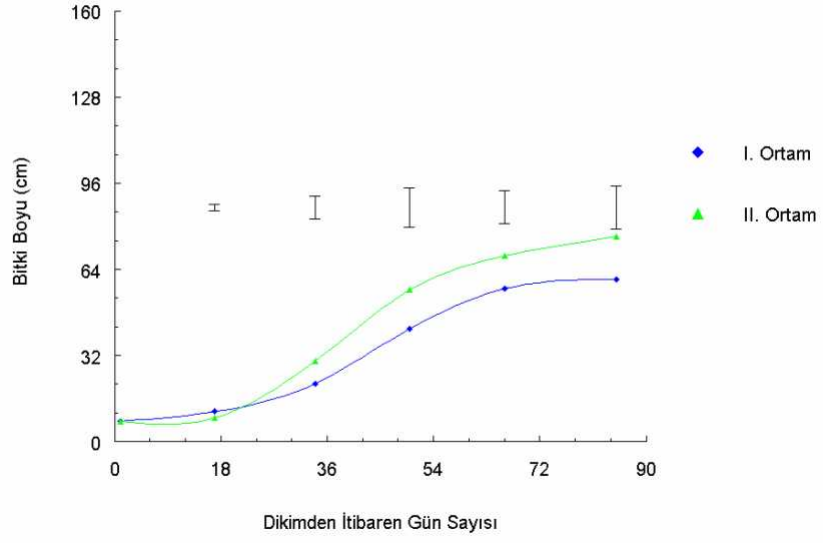
Şekil 4.1. Işık ($Mmol/m^2/s$) ve hava sıcaklığına ($^{\circ}C$) bağlı olarak biberde bitki boyunun (cm) değişimi



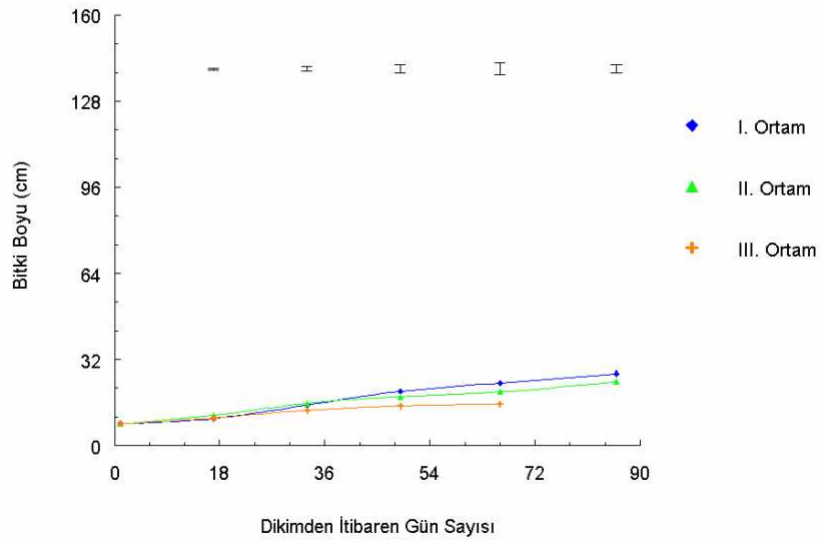
(a)



(b)



(c)



(d)

Şekil 4.2. Dört farklı dikim döneminde (a: 1. Dönem, b: 2. Dönem c: 3. Dönem ve d: 4. Dönem) günlük ortalama sıcaklık ($^{\circ}\text{C}$) ve ışık ($\text{Mmol/m}^2/\text{s}$) bakımından farklı ortamlarda bitki boyunun (cm), dikimden sonraki gün sayısına göre değişimi (Hata barları % 5 olasılık düzeyine göre yerleştirilmiştir).

Şekil 4.1. incelendiğinde yüksek sıcaklık şartlarında ışığın 70 Mmol/m²/s'den 1500 Mmol/m²/s'ye artmasıyla bitki boyunun eğrisel bir şekilde yaklaşık 240 cm'den 80-90 cm'ye kadar azaldığı görülmektedir.

Düşük sıcaklık şartlarında ışığın 70 Mmol/m²/s'den 950 Mmol/m²/s'ye kadar artmasıyla bitki boyunda eğrisel bir şekilde hafif bir azalma olmuş, ışık 950 Mmol/m²/s'den 1500 Mmol/m²/s'ye kadar artarken bitki boyu hemen hemen sabit kalmıştır.

Yüksek ışık şartlarında sıcaklığın 30 °C'den, 15 °C'ye azalmasıyla bitki boyu da eğrisel olarak azalmıştır.

Düşük ışık şartlarında azalan sıcaklıkla beraber bitki boyunda da azalma meydana gelmiş, bu azalma yüksek ışık şartlarındaki azalmadan daha belirgin olarak gerçekleşmiştir.

Sıcaklıkla ışığın bitki boyu üzerine interaktif bir etkisi de bulunmaktadır.

En yüksek bitki boyu düşük ışık (70 Mmol/ m²/s) yüksek sıcaklık (30 °C) şartlarında, en düşük bitki boyu ise yüksek ışık (1500 Mmol/ m²/s) düşük sıcaklık (15 °C) şartlarında oluşmuştur.

Bitki boyunun zaman ve çevre şartlarına (sıcaklık, ışık) göre değişimi incelendiğinde (Şekil 4.2.), 1. ve 2. dikim dönemlerinde (a ve b) dikimden itibaren 50. güne kadar bitki boyunda hızlı bir artış olduğu, vegetasyon periyodu sonuna doğru bitki boyu artışının yavaşladığı ve hatta 2. dönem (b) dikiminde hemen hemen sabit kaldığı görülmektedir. 3. ve 4. dikim dönemlerinde (c ve d) bitki boyu dikimden itibaren 18. güne kadar hemen hemen sabit kalmış, 3. dikim döneminde (c) 20. günden 68. güne kadar hızlı artmış daha sonra artış yavaşlamıştır. 4. dikim döneminde (d) ise 20. günden vegetasyon periyodu sonuna doğru hafif bir artış gerçekleşmiştir.

Birinci dikim döneminde (a) II. ortam ile IV ortamlar arasında ve I. ortam ile III. ortam arasında, 2. dikim döneminde (b) I., II. ve IV. ortamlar arasında , 3. dikim döneminde (c) ortamlar arasında ve 4. dikim döneminde (d) 66. günde I. ortam ile II. ortam arasında ve II. ortam ile III. ortam arasında bitki boyu açısından istatistiksel olarak fark bulunamamıştır. III. ortam bitkileri 66. günden hemen sonra çok düşük sıcaklıkta (gece -3 °C) donduğundan dolayı 86. günde ölçüm yapılmamıştır. 4. dikim döneminde 86. günde 2 ortam arasında istatistiksel olarak fark bulunamamıştır.

En uzun bitki boyu 1. dikim döneminde II. ve IV. ortamlardaki yüksek sıcaklık ve düşük ışık şartlarında yetiştirilen (25.34°C sıcaklık ile $395 \text{ Mmol/m}^2/\text{s}$ ışık ve 26.9°C sıcaklık ile $534 \text{ Mmol/m}^2/\text{s}$ ışık) bitkilerde; en kısa bitki boyu ise 4. dikim dönemindeki çok düşük sıcaklık çok düşük ışık (14.32°C sıcaklık ile $73 \text{ Mmol/m}^2/\text{s}$ ışık ve 15.02°C ile $188 \text{ Mmol/m}^2/\text{s}$ ışık) şartlarında yetiştirilen bitkilerde oluşmuştur.

İkinci ve dördüncü ortamların % 50 gölgelenmesiyle oluşan düşük ışık şiddeti ve yüksek sıcaklık şartlarından dolayı bitkiler generatif organlarını çok geç oluşturmuş ve vegetatif büyümeye yönelmişlerdir. Yüksek ışık yüksek sıcaklık koşullarında ise bitkiler erken generatif devreye geçmiş, üretilen kuru madde bu organlarda kullanılmış ve boylanma baskı altına alınmıştır.

Günay (1982) ışık şiddetinin azalmasının bitkide hücre ve bitki boyunun uzamasına, gövdenin cılızlaşmasına, sararmasına ve beyazlaşmasına neden olduğunu bildirmiştir. **Atherton ve Haris (1986)** birçok bitkide belirli sınırlar içerisinde, sıcaklık ile bitki boylanma hızı arasında doğrusal bir ilişki olduğunu; **Kürklü (1994)**'de artan sıcaklıkların (32°C 'ye kadar) patlıcanda bitki boyunu artırdığını ancak artan bitki yaşıyla birlikte bu artışın azaldığını belirtmişlerdir. **Uzun (1996)**'da domates ve patlıcanda en yüksek bitki boyunu düşük ışık, yüksek sıcaklık şartlarında elde etmiştir. **Uzun (2001)** yaptığı çalışmada domateste bitki boyu üzerine sıcaklık ve ışık şiddetinin çok önemli interaktif etkisinin olduğunu, en yüksek bitki boyunun düşük ışık yüksek sıcaklık şartlarında elde edildiğini, patlıcanda bitki boyunun sıcaklıkla doğrusal, ışıkla eğrisel olarak artış gösterdiğini bulmuştur. **Cemek (2002)**'de hıyar bitkisinde bitki boyu üzerine sıcaklık ve ışığın önemli interaktif etkisinin olduğunu, bitki boyunun sıcaklık değerlerinin artmasıyla arttığını kaydetmiştir.

Ertekin (2002)'de ışık enerjisinin organik madde üretiminde fotosentez için önemli olduğunu belirterek, az ışıpta ince, soluk renkli ve uzun gövde oluşumunun söz konusu olduğunu bildirmiştir.

Bitki boyuyla ilgili sonuçlar, bizim çalışmamızdan elde edilen bulgularla paralellik göstermektedir.

4.1.2. Bitki Gövde Çapı (BGÇ)

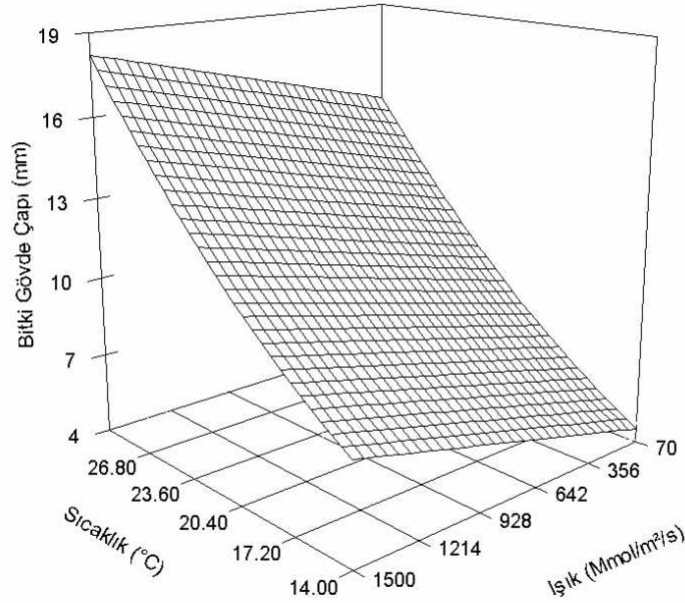
Bitki gövde çapı ile sıcaklık ve ışık arasındaki ilişkileri ortaya koymak amacıyla yapılan regresyon analizi sonucunda bitki gövde çapı ile sıcaklık ve ışık şiddeti arasındaki ilişkinin derecesi (r^2) 0.98 olarak önemli bulunmuş ve denklemi Eşitlik 4.2'de verilmiştir.

$$BGÇ = 1.41 + 0.015 \times S^2 + 0.0022 \times I \dots\dots\dots 4.2$$

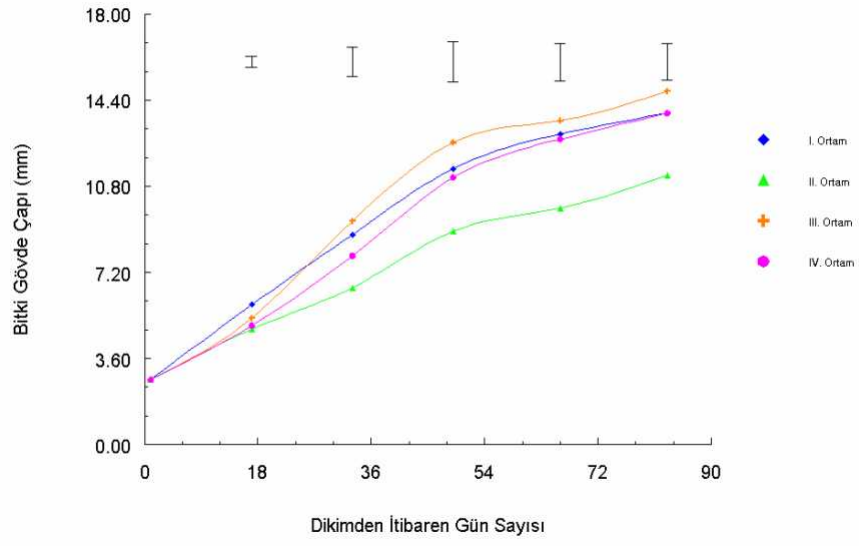
$$SH = (0.41)^{**} \quad (0.0011)^{***} \quad (0.00045)^{***}$$

$$r^2 = 0.98$$

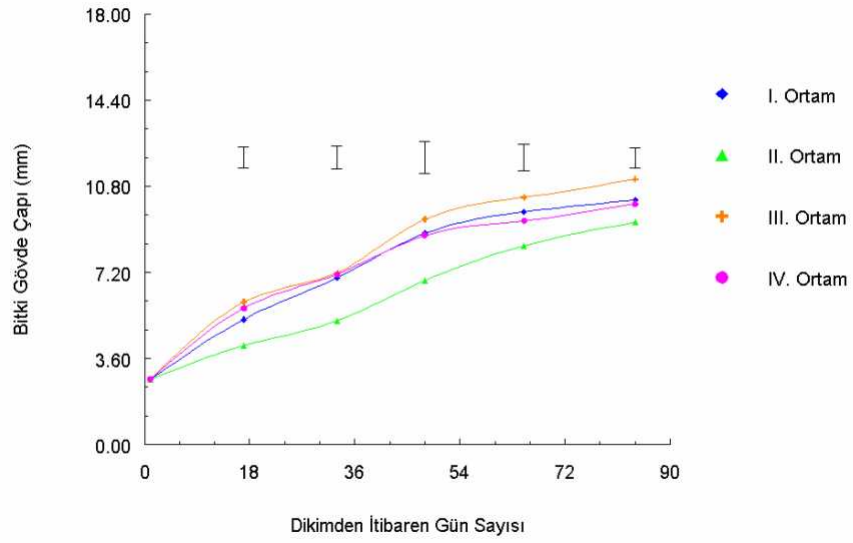
Bitki gövde çapı üzerine ışık ve hava sıcaklığının etkisi **Şekil 4.3.**'de, farklı dikim dönemlerindeki ortamlara göre yetiştirme dönemi boyunca değişimi de **Şekil 4.4.**'de verilmiştir.



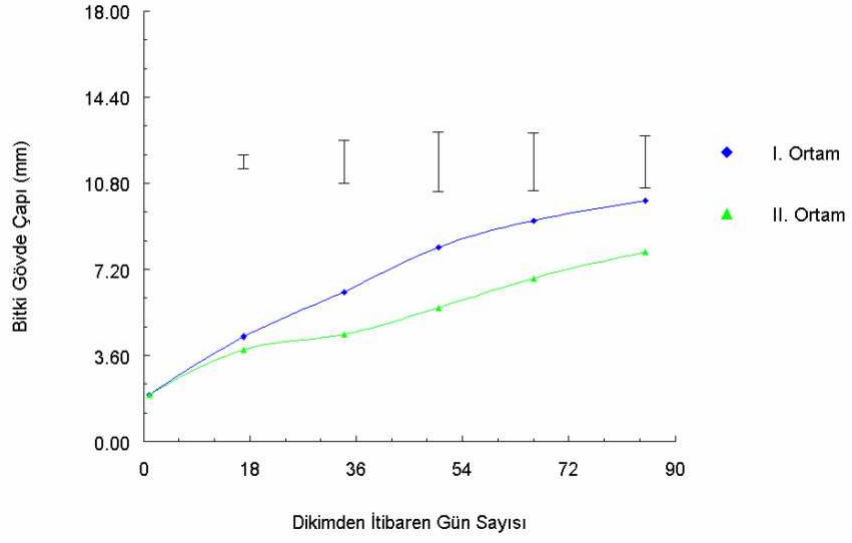
Şekil 4.3. Işık ($Mmol/m^2/s$) ve hava sıcaklığına ($^{\circ}C$) bağlı olarak biberde bitki gövde çapının (mm) değişimi



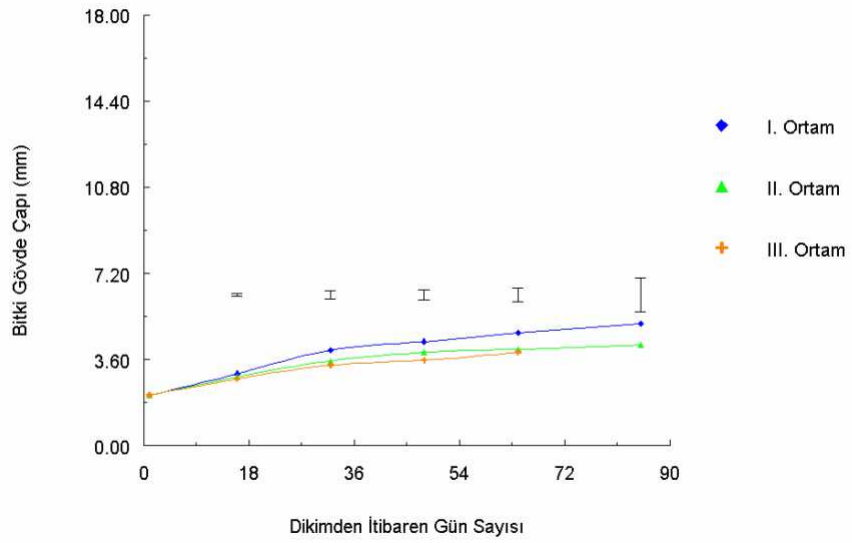
(a)



(b)



(c)



(d)

Şekil 4.4. Dört farklı dikim döneminde (a: 1. Dönem, b: 2. Dönem c: 3. Dönem ve d: 4. Dönem) günlük ortalama sıcaklık ($^{\circ}\text{C}$) ve ışık ($\text{Mmol/m}^2/\text{s}$) bakımından farklı ortamlarda bitki gövde çapının (mm), dikimden sonraki gün sayısına göre değişimi (Hata barları % 5 olasılık düzeyine göre yerleştirilmiştir).

Şekil 4.3. incelendiğinde yüksek ve düşük ışık şartlarında sıcaklığın 30 °C'den 14 °C'ye azalmasıyla bitki gövde çapının da eğrisel olarak azaldığı görülmektedir.

Hem yüksek hem de düşük sıcaklık şartlarında ışığın 1500 Mmol/m²/s'den 70 Mmol/m²/s'ye azalmasıyla bitki gövde çapında azalma gerçekleşmiştir..

En yüksek bitki gövde çapı yüksek ışık (1500 Mmol/ m²/s) yüksek sıcaklık (30 °C) şartlarında, en düşük bitki gövde çapı ise düşük ışık (70Mmol/ m²/s) düşük sıcaklık (15 °C) şartlarında elde edilmiştir.

Bitki gövde çapının yetiştirme dönemi boyunca değişimi incelendiğinde ise (Şekil 4.4.), 1. dikim döneminde (a) dikimden itibaren 50. güne kadar bitki gövde çapında hızlı bir artış olduğu, vegetasyon periyodu sonuna doğru bitki gövde çapı artışının yavaşladığı tespit edilmiştir. İkinci ve 3. dikim döneminde (b ve c) bitki gövde çapında düzenli bir artış olduğu görülmektedir. Dördüncü dikim döneminde (c) hızlı bitki gövde çapı artışı dikimden 33. güne kadar gerçekleşmiş, 33. günden sonra artış yok denecek kadar azalmıştır.

Birinci dikim döneminde (a) I., III. ve IV. ortamlar ile II. ortam arasında, 2. dikim döneminde (b) II. ortam ile III. ortam arasında istatistiksel olarak fark bulunmuştur. 3. ve 4. dikim dönemlerindeki (c ve d) ortamlar arasında bitki gövde çapı açısından istatistiksel olarak fark bulunamamıştır.

Sonuç olarak en kalın bitki gövde çapı 1. dikim döneminde III., I. ve IV. ortamlardaki yüksek sıcaklık yüksek veya orta ışık şartlarında yetiştirilen bitkilerden, en ince bitki gövde çapı ise 4. dikim döneminde I. ve II. ortamlardaki çok düşük sıcaklık ve ışık şartlarında yetiştirilen bitkilerden elde edilmiştir.

Bitki gövde çapı bitki boyu ile ilişki içerisindedir. Yüksek sıcaklık yüksek ışık şartlarında bitkilerde boylanmanın az olması sonucunda fotosentezde üretilen kuru maddenin gövde de daha fazla biriktiği söylenebilir. Nitekim **Robinson ve Decker-Walter (1997)**, sıcaklığın optimum şartların üzerine çıkmasıyla genç bitkilerin yapraklarında hücre bölünmesinin azalacağını ve dolayısıyla yaprak büyüme hızının azalması sonucunda fotosentezde üretilen kuru maddenin gövdeye dağılacığını belirtmektedirler.

Günay (1982) ışık şiddetinin artmasıyla bitkilerin bodurlaşarak gövde çaplarını artırdıklarını; **Uzun (2001)** domates ve patlıcanda yaptığı çalışmada bitki gövde çapı ile sıcaklık arasında pozitif eğrisel, ışık şiddeti ile pozitif doğrusal bir ilişki bulunduğunu; **Cemek (2002)**, sıcaklığın artmasıyla gövde çapının arttığını; **Ertekin (2002)** düşük ışıpta ince gövdeli bitki oluşumunun söz konusu olduğunu bildirmişlerdir.

Bitki gövde çapı dikimden başlayarak artış göstermektedir. **Uzun ve ark. (1998)**'lerine göre bitki gövde çapındaki artış iki nedenle olabilmektedir. Bunlardan bir tanesi bitkinin çoğunlukla vegetatif olarak büyümesi sonucu bitki kuru maddesinin öncelikle kök ve gövde gibi organlarda birikmesi (bu durum genellikle yüksek sıcaklıklarda olur) diğeri ise genelde ortalama olarak daha düşük sıcaklıklarda yetişen bitkilerin yavaş ancak vejetatif ve generatif organları arasında dengeli bir büyüme sonucu gövde çapının arttığıdır.

4.1.3. Bitki Yaprak Sayısı (BYS)

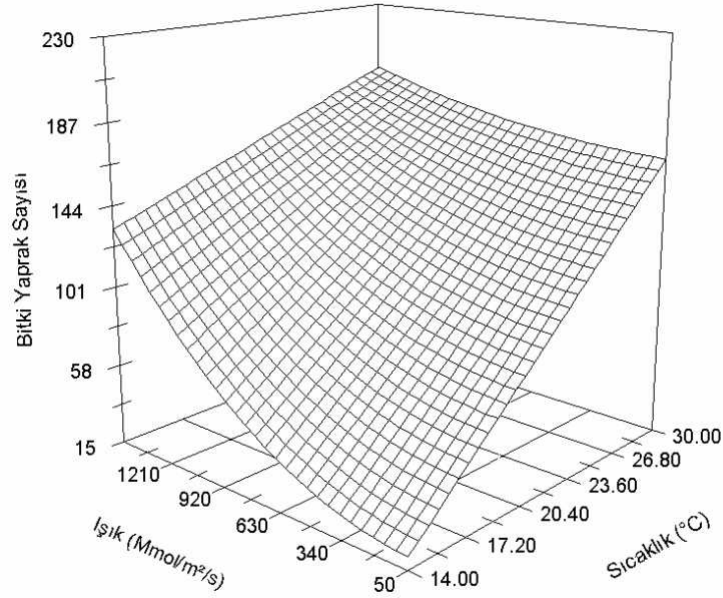
Değişik ortamlarda yetiştirilen bitkilerin yaprak sayılarıyla yapılan regresyon analizi sonucunda bitki yaprak sayısı ile sıcaklık ve ışık şiddeti arasındaki ilişkinin derecesi (r^2) 0.99 olarak önemli bulunmuş ve denklemi Eşitlik 4.3'de verilmiştir.

$$\text{BYS} = -104.20 + 8.98 \times S + 8.12E^{-05} \times I^2 - 2.3E^{-06} \times S \times I^2 \dots\dots\dots 4.3$$

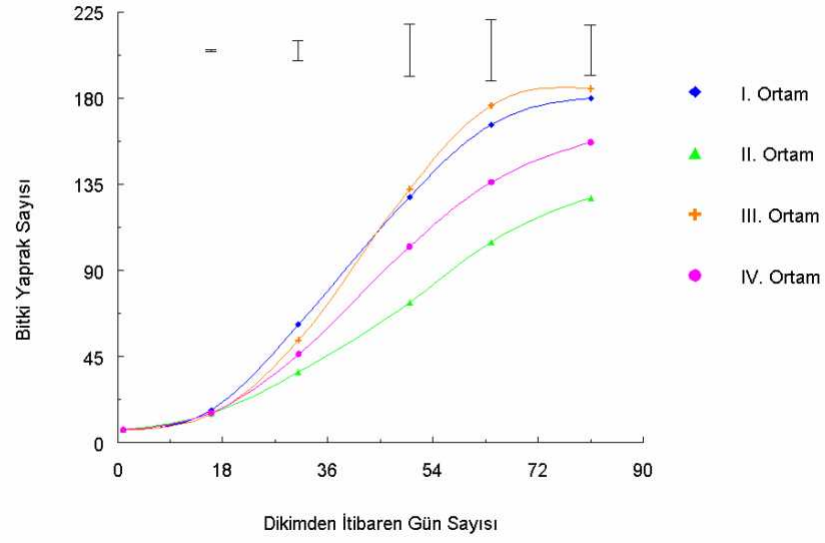
$$\text{SH} = (10.07)^{***} (0.48)^{***} (2.68E^{-05})^* (9.63E^{-07})^*$$

$$r^2 = 0.99$$

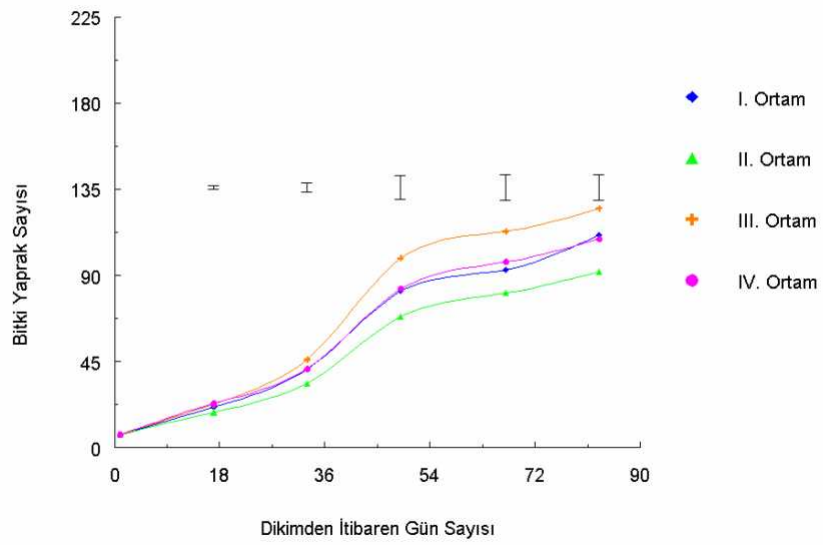
Işık ve hava sıcaklığının bitki gövde çapı üzerine etkisi **Şekil 4.5.**'de ve farklı dikim dönemlerindeki ortamlara göre biberde bitki yaprak sayısının, dikimden itibaren geçen zamana (gün) göre değişimi **Şekil 4.6.**'da gösterilmiştir.



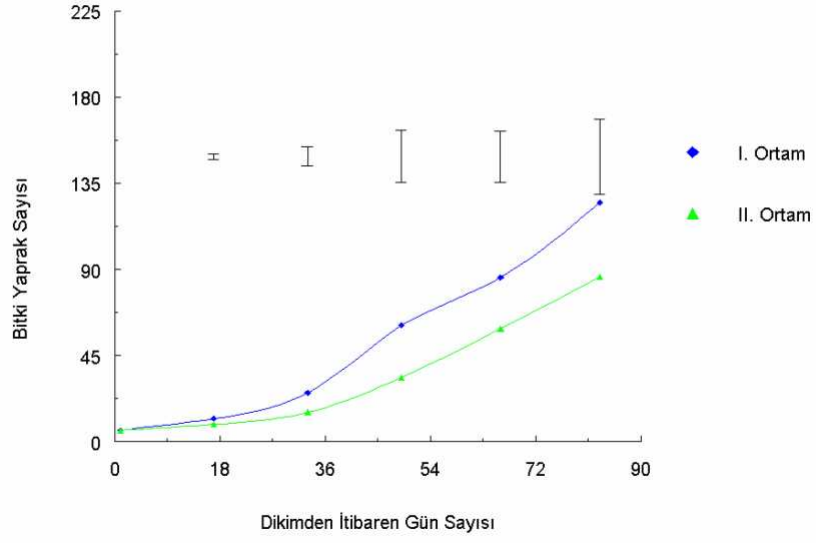
Şekil 4.5. Işık ($\text{Mmol/m}^2/\text{s}$) ve hava sıcaklığına ($^{\circ}\text{C}$) bağlı olarak biberde bitki yaprak sayısının değişimi



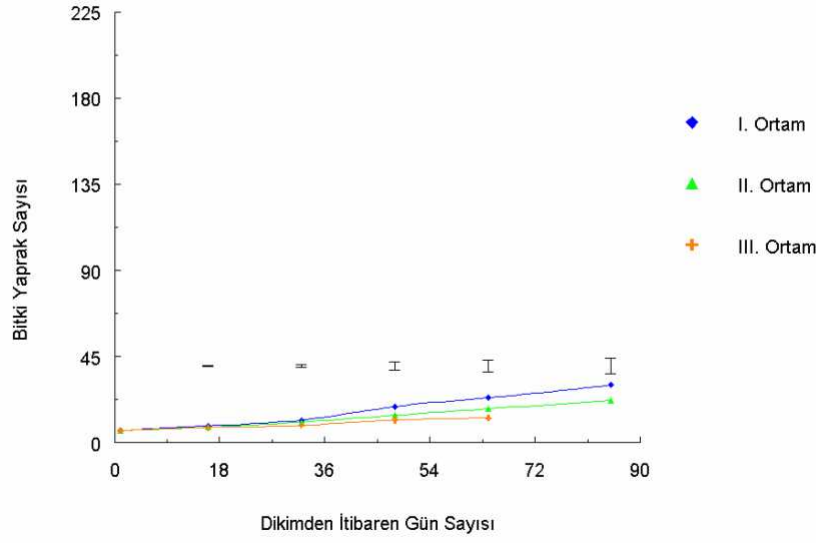
(a)



(b)



(c)



(d)

Şekil 4.6. Dört farklı dikim döneminde (a: 1. Dönem, b: 2. Dönem c: 3. Dönem ve d: 4. Dönem) günlük ortalama sıcaklık ($^{\circ}\text{C}$) ve ışık ($\text{Mmol/m}^2/\text{s}$) bakımından farklı ortamlarda bitki yaprak sayısının, dikimden sonraki gün sayısına göre değişimi (Hata barları % 5 olasılık düzeyine göre yerleştirilmiştir).

Şekil 4.5. incelendiğinde yüksek sıcaklık şartlarında ışığın azalmasıyla bitki yaprak sayısında eğrisel olarak hafif bir azalma olurken, düşük sıcaklık şartlarında ışığın azalmasıyla bitki yaprak sayısında eğrisel olarak belirgin bir azalma meydana geldiği görülmektedir.

Yüksek ve düşük ışık şartlarında sıcaklığın 14 °C'den 30 °C'ye artmasıyla bitki yaprak sayısı da doğrusal olarak artmıştır. Düşük ışık şartlarında yaprak sayısının artan sıcaklıkla artması daha belirgin olarak gerçekleşmiştir.

En yüksek yaprak sayısı yüksek ışık ve yüksek sıcaklık şartlarında oluşurken, en düşük yaprak sayısı düşük sıcaklık ve düşük ışık şartlarında oluşmuştur.

Şekil 4.6. incelendiğinde, 1. ve 2. dikim dönemlerinde (a ve b) 16. günden itibaren bitki yaprak sayısında belirgin bir artış olduğu, 1. dikim döneminde III. ve I. ortamlarda, 2. dikim döneminde ise bütün ortamlarda 66. günden itibaren bitki yaprak sayısındaki artışın yavaşladığı görülmektedir. 3. dikim döneminde (c) hızlı bitki yaprak sayısı artışı 33. günden itibaren başlamış ve düzenli olarak devam etmiştir. 4. dikim döneminde de (d) 33. günden sonra belirginleşen hafif artış vegetasyon periyodu sonuna doğru devam etmiştir.

Birinci ve 2. dikim dönemlerinde I. III. ve IV. ortamlar arasında ve II. ortam ile IV. ortam arasında, 3. dikim döneminde ortamlar arasında, 4. dikim döneminde (d) 66. günde I. ortam ile II. ortam arasında ve II. ortam ile III. ortam arasında bitki yaprak sayısı açısından istatistiksel olarak fark bulunamamıştır. 4. dikim döneminde III. ortam bitkileri 66. günden hemen sonra çok düşük sıcaklıkta (gece -3 °C) donduğundan dolayı 86. günde ölçüm yapılmamıştır, 86. günde 2 ortam arasında istatistiksel olarak fark bulunamamıştır.

En fazla bitki yaprak sayısı 1. dikim döneminde I. ve III. ortamlardaki yüksek sıcaklık ve yüksek ışık ve yüksek sıcaklık düşük ışık şartlarında (28.09 °C sıcaklık ile 1429 Mmol/m²/s ışık ve 27.84°C sıcaklık ile 1360 Mmol/m²/s ışık ve 26.9 84°C sıcaklık ile 534 Mmol/m²/s ışık) yetiştirilen bitkilerde; en az bitki yaprak sayısı 4. dikim dönemindeki çok düşük sıcaklık çok düşük ışık (14.32 °C sıcaklık ile 73 Mmol/m²/s ışık ve 15.02 °C ile 188 Mmol/m²/s ışık) şartlarında yetiştirilen bitkilerde oluşmuştur.

Yüksek sıcaklık ve yüksek ışıktaki biber bitkilerinde ana gövdenin ilk dallanmasından önceki yaprak koltuklarından çıkan sürgünler üzerindeki yapraklar yaprak sayısını artırmıştır. Düşük ışık yüksek sıcaklıkta ise bitkiler vegetatif gelişme göstermiş ve buna paralel olarak yaprak sayıları sıcaklık artışı ile artmıştır.

Toplam yaprak sayısının önemi, bitki morfolojisini ve bitki habitüsü tarafından kesilen ışık miktarının belirlenmesinde ortaya çıktığını belirten **Pearson ve ark. (1993)** toplam yaprak sayısını sıcaklık ve ışık bakımından tam olarak tarif edememişlerdir. Buna karşılık birçok araştırmacı farklı türlerde yaptıkları çalışmalarda yaprak sayısını sıcaklıkla ilişkilendirmişler ve bitkilerde yaprak çıkışının sıcaklık tarafından kontrol edildiğini ve artan sıcaklık ile pozitif yönde ilişki olduğunu kaydetmişlerdir (**Kristoffersen, 1963; Knave, 1988; Grimstadt, 1995; Uzun, 1996**). **Kürklü (1994)**'de patlıcanda yaptığı çalışmasında, gövde üzerindeki yaprak sayısı ile 16-30 °C sıcaklıklar arasında doğrusal bir ilişki olduğunu bildirmiştir. **McCall (1992)** domatestede uygulanan ek ışıklandırmanın yaprak sayısını artırdığını tespit etmiştir.

Bu çalışmada da sıcaklık artışı ile birlikte bitki yaprak sayısı pozitif doğrusal artış göstermiştir. Ayrıca vegetasyon periyodunun başlangıcında bitki yaprak sayısı hızlı bir artış göstermiş, daha sonra bu artış hızı bitkilerin generatif devreye geçişiyle yavaşlamıştır. Bitkilerin generatif devreye başlamasıyla vegetatif gelişmenin baskı altına alınacağı birçok araştırmacı tarafından dile getirilmiştir (**Went, 1945; Uzun, 1996; Uzun ve ark., 1998**).

4.1.4. Bitki Kök Kuru Ağırlığı (BKKA)

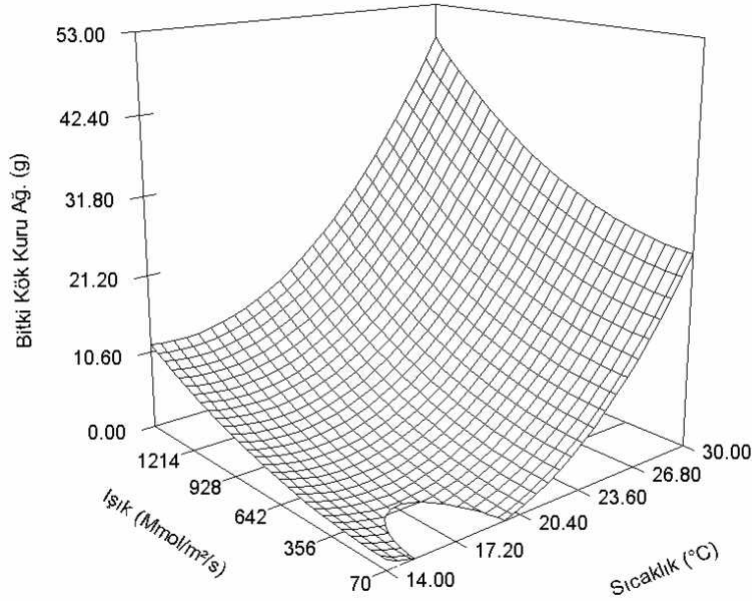
Denemede değişik ortamlarda yetiştirilen bitkilerden elde edilen bitki kök ağırlıklarıyla yapılan regresyon analizi sonucunda bitki kök kuru ağırlığı ile sıcaklık ve ışık şiddeti arasındaki ilişkinin derecesi (r^2) 0.96 olarak önemli bulunmuş ve denklemi Eşitlik 4.4'de verilmiştir.

$$BKKA = 51.04 + 3.31E^{-07} \times S \times I^2 + 0.17 \times S^2 - 5.94 \times S \dots\dots\dots 4.4$$

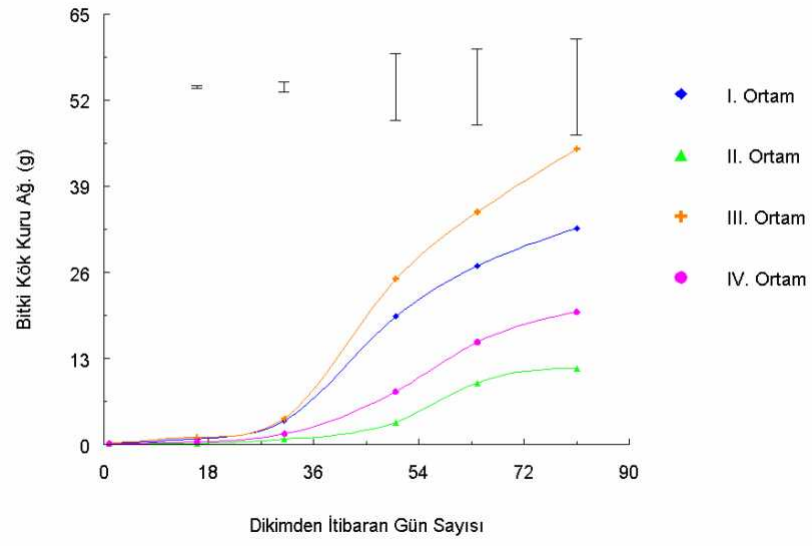
$$SH = (21.95)^* (7.68E-08)^{**} (0.055)^* (2.22)^*$$

$$r^2 = 96$$

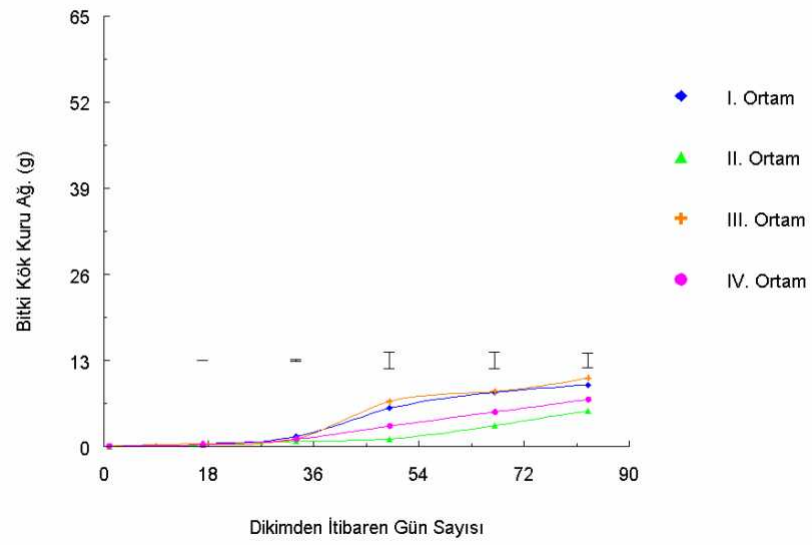
Kök kuru ağırlığı üzerine ışık ve hava sıcaklığının etkisi **Şekil 4.7.**'de ve farklı dikim dönemlerindeki ortamlara göre bitki kök kuru ağırlığının, dikimden itibaren geçen zamana (gün) göre değişimi **Şekil 4.8.**'de gösterilmiştir.



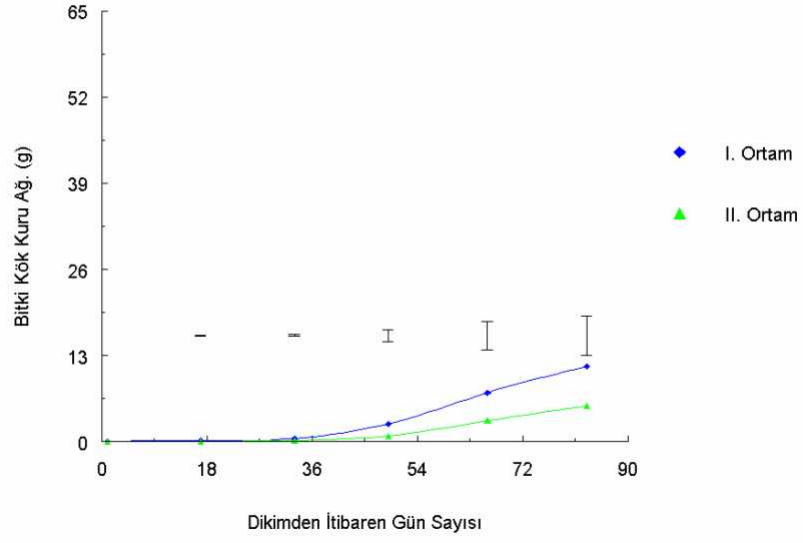
Şekil 4.7. Işık (Mmol/m²/s) ve hava sıcaklığına (°C) bağlı olarak biberde bitki kök kuru ağırlığının (g) değişimi



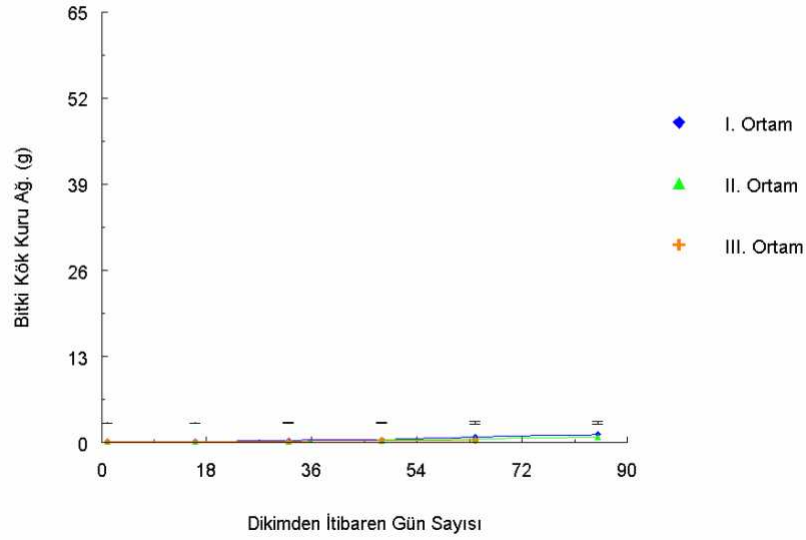
(a)



(b)



(c)



(d)

Şekil 4.8. Dört farklı dikim döneminde (a: 1. Dönem, b: 2. Dönem c: 3. Dönem ve d: 4. Dönem) günlük ortalama sıcaklık ($^{\circ}\text{C}$) ve ışık ($\text{Mmol/m}^2/\text{s}$) bakımından farklı ortamlarda bitki kök kuru ağırlığının (g), dikimden sonraki gün sayısına göre değişimi (Hata barları % 5 olasılık düzeyine göre yerleştirilmiştir).

Şekil 4.7. incelendiğinde, yüksek sıcaklık şartlarında ışığın 70 Mmol/m²/sn'den 1500 Mmol/m²/s'ye artmasıyla bitki kök kuru ağırlığında da eğrisel olarak artış olduğu görülmektedir.

Düşük sıcaklık şartlarında da ışığın artmasıyla bitki kök kuru ağırlığında eğrisel olarak artış meydana gelmiş ancak bu artış yüksek sıcaklık şartlarında görülenden daha az olmuştur.

Yüksek ışık şartlarında sıcaklığın 30 °C'den 18 °C'ye kadar azalmasıyla beraber bitki kök kuru ağırlığında eğrisel olarak azalma olmuş, 18 °C'den 14 °C'ye kadar azalmasıyla ise bitki kök kuru ağırlığında eğrisel olarak hafif bir artış meydana gelmiştir.

Düşük ışık şartlarında sıcaklığın 30 °C'den 14 °C'ye azalmasıyla beraber bitki kök kuru ağırlığında da eğrisel olarak azalma olmuş, 20 °C'den 14 °C'ye kadar azalmasıyla ise bitki kök kuru ağırlığında eğrisel olarak hafif bir artış olmuştur.

En yüksek bitki kök kuru ağırlığı yüksek sıcaklık (30 °C) yüksek ışık (1500 Mmol/m²/s) şartlarında, en düşük bitki kök kuru ağırlığı ise 14-20 °C sıcaklıklar arası ve 70 Mmol/m²/s ışıktaki oluşmuştur.

Şekil 4.8. incelendiğinde 1. ve 2. dikim dönemlerinde (a ve b) dikimden itibaren 33. güne kadar bitki kök kuru ağırlığında çok az artış olduğu, 33. günden sonra her iki dönem bitkilerinde de belirgin artış gerçekleştiği özellikle 1. dikim dönemi bitkilerinde artışın çok hızlı olduğu görülmektedir. 3. ve 4. dikim dönemlerinde (c ve d) bitki kök kuru ağırlığı dikimden itibaren 33. güne kadar sabit kalmış, 3. dikim döneminde (c) 33. günden sonra belirgin olarak artmaya başlamış, 4. dikim döneminde (d) ise 33. günden sonra yok denecek kadar az artış gerçekleşmiştir.

Birinci ve 2. dikim dönemlerinde (a ve b) bitki kök kuru ağırlığı bakımından II. ortam ile IV ortam ve I. ortam ile III. ortam arasında istatistiksel olarak fark bulunamamıştır. 3. ve 4. dikim dönemlerinde (c ve d) ortamlar arasında istatistiksel olarak fark bulunamamıştır.

En fazla bitki kök kuru ağırlığı 1. dikim döneminde III. ve I. ortamlardaki yüksek sıcaklık ve yüksek ışık (28.09 °C sıcaklık ile 1429 Mmol/m²/s ışık ve 27.84 °C sıcaklık ile 1360 Mmol/m²/s ışık) şartlarında yetiştirilen bitkilerde en az

bitki kök kuru ağırlığı ise 4. dikim dönemindeki çok düşük sıcaklık çok düşük ışık (14.32 °C sıcaklık ile 73.25 Mmol/m²/s ışık ve 15.02 °C ile 188.36 Mmol/m²/s ışık) şartlarında yetiştirilen bitkilerde oluşmuştur.

Toplam kök kuru ağırlığı ile sıcaklık ve ışık arasındaki ilişkilerin doğrusal olduğu tespit edilmiştir. Bu da yüksek sıcaklık ve ışıkta bitki kuru madde birikiminin yüksek olduğunu göstermektedir. Gölgeleme yapılan ortamlarda (düşük ışık koşullarında) yetersiz ışıklandırmadan dolayı bitkiler daha az fotosentez yapmakta, üretilen kuru madde azalmakta, buda ancak gövde ve yapraklara dağılmaktadır.

Ertekin (2002) az ışıkta köklerin şeker azlığından kısaldığını bildirmiştir. **Heuvelink (1989)** bitkinin aldığı ışığın azalmasıyla büyümenin de yavaşlayacağını bildirmiştir. Alınan solar radyasyon ile bitki büyümesi arasında önemli bir korelasyonun olduğu **Monteith (1977)** ve **Kasım ve Dennett (1986)** tarafından da bildirilmiştir.

Vardar (1975) ve **Eriş (1990)** ışık yoğunluğunun bitkinin isteğinden fazla olması durumunda yüksek sıcaklıkla bağlantılı olarak gelişmiş kök sistemi oluşumuna neden olacağını ifade etmişlerdir. **Cemek (2002)**'de sıcaklıkla bitki kök kuru ağırlığı arasında doğrusal bir ilişki olduğunu belirtmiştir.

4.1.5. Bitki Gövde Kuru Ağırlığı (BGKA)

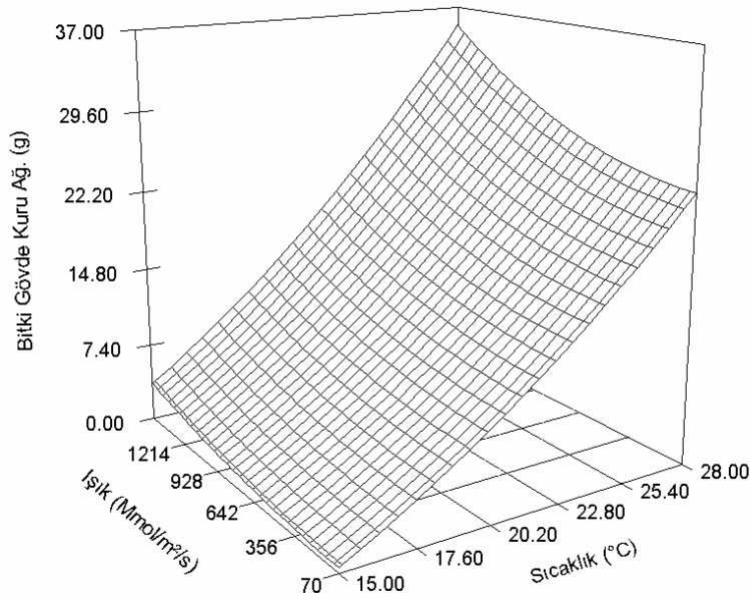
Değişik ortamlarda yetiştirilen bitkilerin gövde kuru ağırlıklarıyla yapılan regresyon analizi sonucunda bitki gövde kuru ağırlığı ile sıcaklık ve ışık şiddeti arasındaki ilişkinin derecesi (r^2) 0.96 olarak önemli bulunmuş ve denklemi Eşitlik 4.5'de verilmiştir.

$$BGKA = -9.19 + 0.043 \times S^2 + 6.09E^{-09} \times S^2 \times I^2 \dots\dots\dots 4.5$$

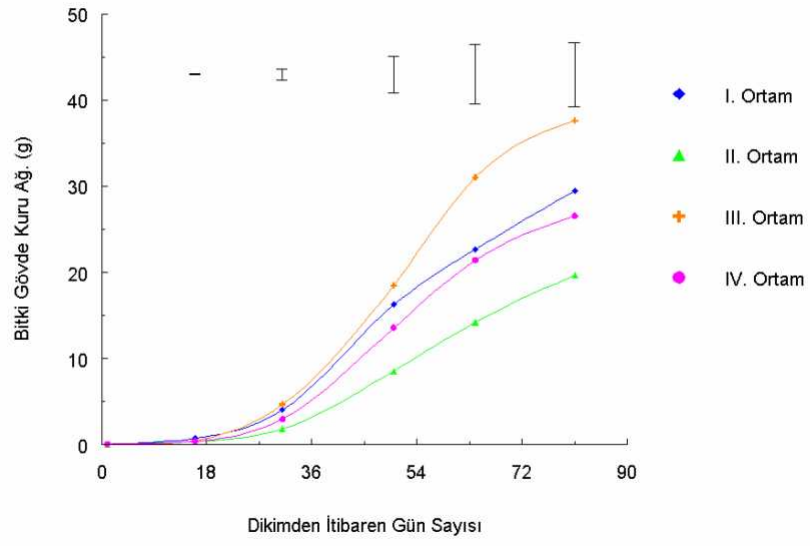
$$SH = (2.51)^{**} (0.0055)^{***} (1.88E^{-09})^*$$

$$r^2 = 96$$

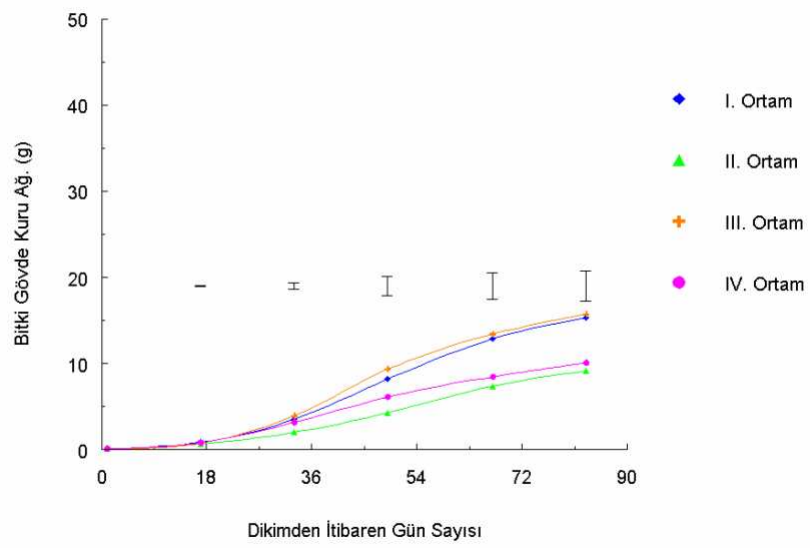
Işık ve hava sıcaklığının biberde bitki gövde kuru ağırlığı üzerine etkisi **Şekil 4.9.**'da ve farklı dikim dönemlerindeki ortamlara göre gövde kuru ağırlığının, yetiştirme dönemi boyunca değişimi de **Şekil 4.10.**'da gösterilmiştir.



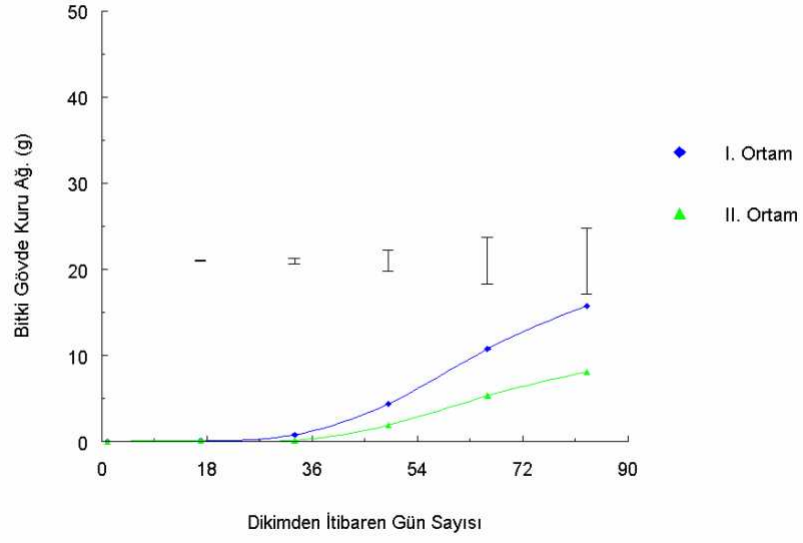
Şekil 4.9. Işık ($Mmol/m^2/s$) ve hava sıcaklığına ($^{\circ}C$) bağlı olarak biberde bitki gövde kuru ağırlığının (g) değişimi



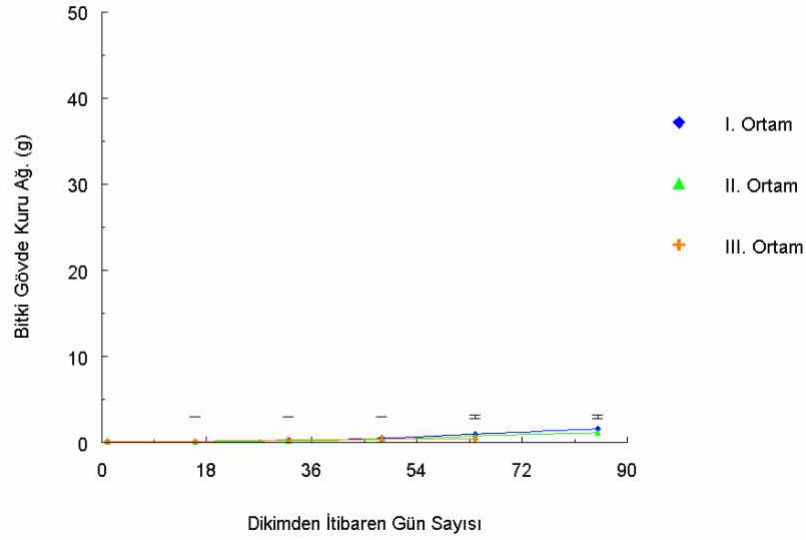
(a)



(b)



(c)



(d)

Şekil 4.10. Dört farklı dikim döneminde (a: 1. Dönem, b: 2. Dönem c: 3. Dönem ve d: 4. Dönem) günlük ortalama sıcaklık ($^{\circ}\text{C}$) ve ışık ($\text{Mmol/m}^2/\text{s}$) bakımından farklı ortamlarda bitki gövde kuru ağırlığının (g), dikimden sonraki gün sayısına göre değişimi (Hata barları % 5 olasılık düzeyine göre yerleştirilmiştir).

Şekil 4.9.'da da görüldüğü gibi, bitki gövde kuru ağırlığının yüksek ışık şartlarında sıcaklığın azalmasıyla beraber eğrisel olarak azaldığı görülmektedir.

Düşük ışık şartlarında da azalan sıcaklıkla beraber bitki gövde kuru ağırlığında eğrisel olarak azalma olmuştur.

Yüksek sıcaklık şartlarında ışığın $1500 \text{ Mmol/m}^2/\text{s}$ 'den $70 \text{ Mmol/m}^2/\text{s}$ 'ye doğru azalmasıyla bitki gövde kuru ağırlığında da eğrisel olarak azalmanın gerçekleştiği görülmektedir.

Düşük sıcaklık şartlarında da ışığın azalmasıyla beraber bitki gövde kuru ağırlığında eğrisel olarak azalmanın olduğu tespit edilmiştir. Ancak bu azalma yüksek sıcaklık şartlarında meydana gelen azalmadan daha az olmuştur.

Sıcaklıkla ışığın gövde kuru ağırlığı üzerine interaktif etkisi ortaya çıkmıştır.

Yüksek sıcaklık ve yüksek ışık şartlarında en yüksek bitki gövde kuru ağırlığı oluşurken, en düşük bitki gövde kuru ağırlığı düşük sıcaklık düşük ışık şartlarında oluşmuştur.

Şekil 4.10. incelendiğinde 1. ve 2. dikim dönemlerinde (a ve b) dikimden itibaren 33. güne kadar bitki gövde kuru ağırlığında çok az artış olduğu, 33. günden sonra her iki dönem bitkilerinde de belirgin artış gerçekleştiği özellikle 1. dikim dönemi bitkilerinde artışın çok hızlı olduğu görülmektedir. 3. ve 4. dikim dönemlerinde (c ve d) bitki kök kuru ağırlığı dikimden itibaren 33. güne kadar hemen hemen sabit kalmış, 3. dikim döneminde (c) 33. günden sonra belirgin olarak artmaya başlamış, 4. dikim döneminde (d) ise 33. günden sonra çok az artış gerçekleşmiştir.

Birinci dikim döneminde (a) bitki gövde kuru ağırlığı bakımından I. ortam ile IV ortam ve II. ortam ile IV. ortam arasında, 2. dikim döneminde (b) I. ortam ile III ortam ve II. ortam ile IV. ortam arasında ve 3. ve 4. dikim dönemlerinde (c ve d) ortamlar arasında istatistiksel olarak fark bulunamamıştır. 4. dikim döneminde 66. günde I. ortam ile III. ortam arasında istatistiksel olarak fark bulunmuştur.

En fazla bitki gövde kuru ağırlığı 1. dikim döneminde III. ortamdaki yüksek sıcaklık ve yüksek ışık (28.09°C sıcaklık ile $1429 \text{ Mmol/m}^2/\text{s}$ ışık) şartlarında yetiştirilen bitkilerde en az bitki gövde kuru ağırlığı ise 4. dikim dönemindeki çok düşük sıcaklık çok düşük ışık (14.32°C sıcaklık ile 73.25

Mmol/m²/s ışık ve 15.02 °C ve 188.36 Mmol/m²/s ışık) şartlarında yetiştirilen bitkilerde oluşmuştur.

Toplam gövde kuru ağırlığı ile sıcaklık ve ışık arasında doğrusal ilişki olduğu tespit edilmiştir. Yüksek sıcaklık ve ışıktaki toplam gövde kuru ağırlığı daha fazla bulunmuştur. Yüksek sıcaklık ve yüksek ışıktaki biber bitkilerinde ana gövdenin ilk dallanmasından önceki yaprak koltuklarından çıkan sürgünler gövde kuru ağırlığının artmasında etkili olmuştur.

Şiddetli gölgelemenin hem bitki hem de sürgün ağırlığında azalmalara yol açtığı **Cockshull ve ark. (1992)** tarafından kaydedilmiştir. **Masson ve ark. (1990)** yüksek ışık şiddetinin fotosentez hızını artırmakla kalmayıp, bitkinin morfolojik parametrelerini de etkilediğini ifade etmişlerdir. Ek ışıklandırma ile domates, brokoli, kereviz bitkilerinin sürgün ve kök kuru ağırlığında artış olduğunu belirlemişlerdir. **Fierro ve ark. (1994)**'da ek ışıklandırma ile gövde kuru ağırlığının artacağını ve ışığın gövdede kuru madde birikimi üzerine etki eden en önemli faktör olduğunu bildirmiştir. **Ertekin (2002)** az ışıktaki ince, soluk renkli gövde oluşumunun söz konusu olduğunu ve gövde gelişmesinin yavaşladığını ifade etmiştir.

Robinson ve Decker-Walter (1997) sıcaklığın optimum şartların üzerine çıkmasıyla genç bitkilerin yapraklarında hücre bölünmesinin azalacağını ve dolayısıyla yaprak büyüme hızının azalması sonucunda fotosentezde üretilen kuru maddenin gövdeye dağılacağını belirtmektedirler.

4.1.6. Bitki Yaprak Kuru Ağırlığı (BYKA)

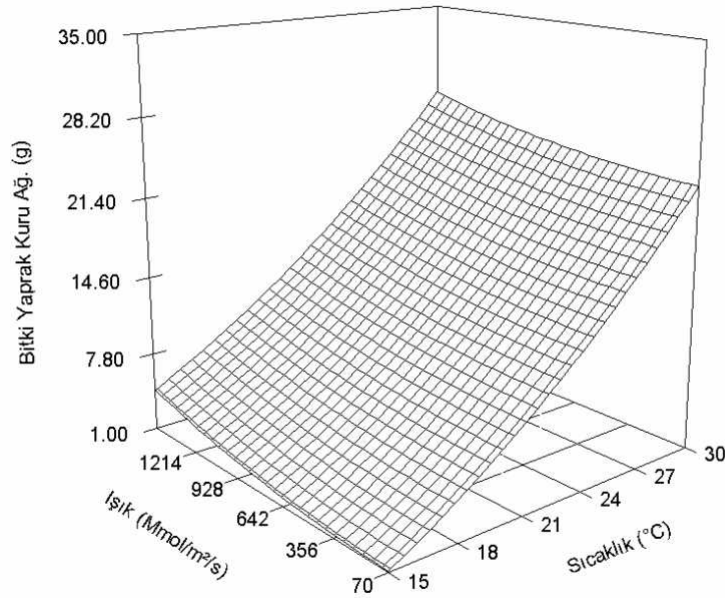
Bitki yaprak kuru ağırlığı ile sıcaklık ve ışık arasındaki ilişkileri ortaya koymak amacıyla yapılan regresyon analizi sonucunda bitki yaprak kuru ağırlığı ile sıcaklık ve ışık şiddeti arasındaki ilişkinin derecesi (r^2) 0.98 olarak önemli bulunmuş ve denklemi Eşitlik 4.6'da verilmiştir.

$$BYKA = -6.32 + 0.033 \times S^2 + 1.52E^{-06} \times I^2 \dots\dots\dots 4.6$$

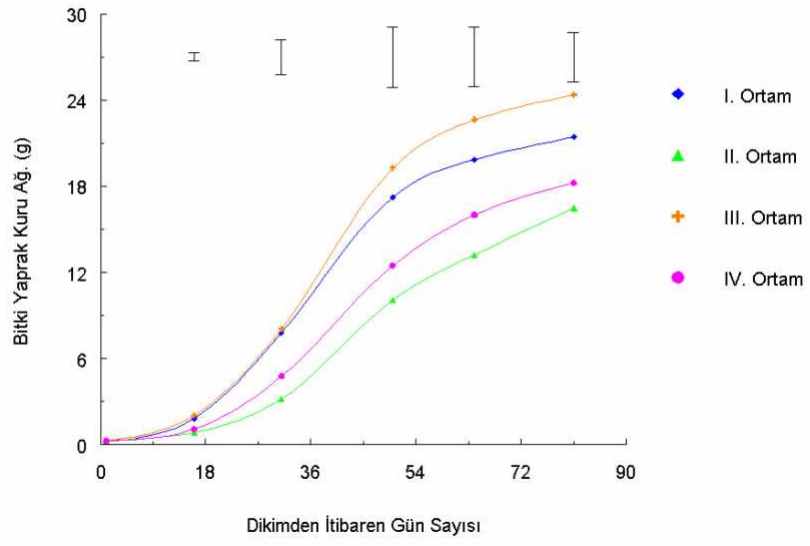
$$SH = (0.90)^{***} (0.0019)^{***} (5.25E^{-07})^*$$

$$r^2 = 98$$

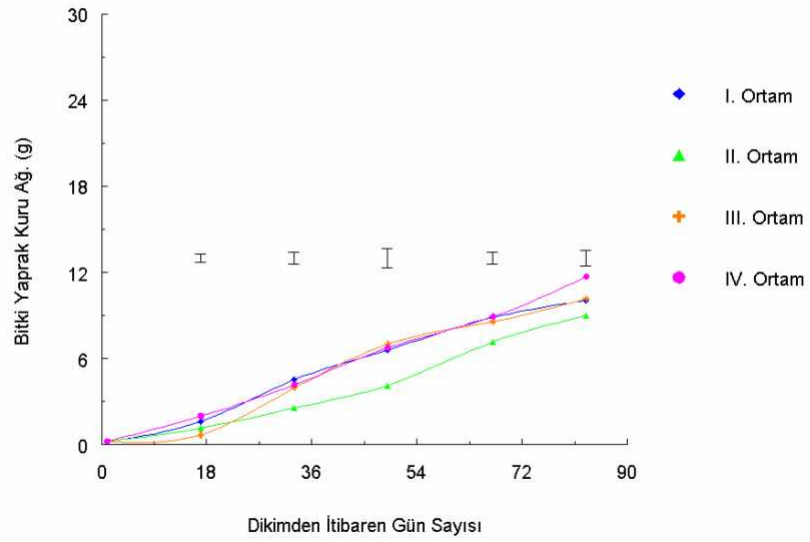
Işık ve hava sıcaklığının yaprak kuru ağırlığı üzerine etkisi **Şekil 4.11.**'de ve farklı dikim dönemlerindeki ortamlara göre biberde bitki yaprak kuru ağırlığının, dikimden itibaren geçen zamana (gün) göre değişimi **Şekil 4.12.**'de gösterilmiştir.



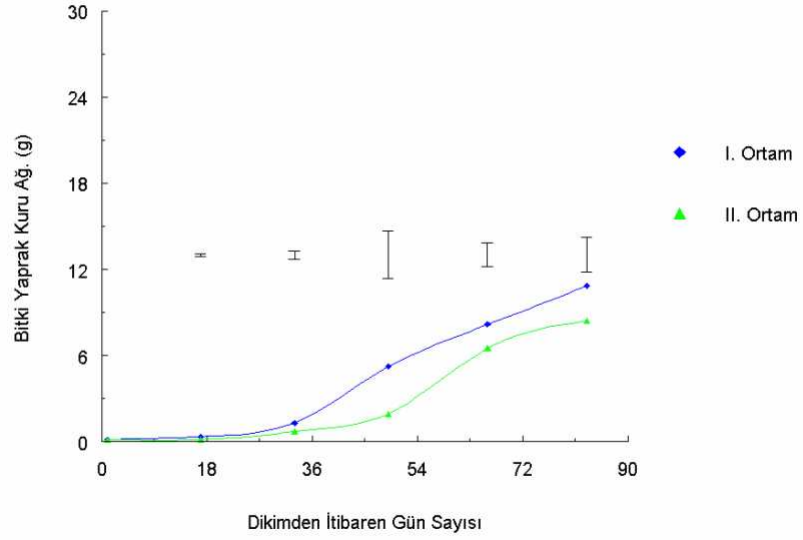
Şekil 4.11. Işık (Mmol/m²/s) ve hava sıcaklığına (°C) bağlı olarak biberde bitki yaprak kuru ağırlığının (g) değişimi



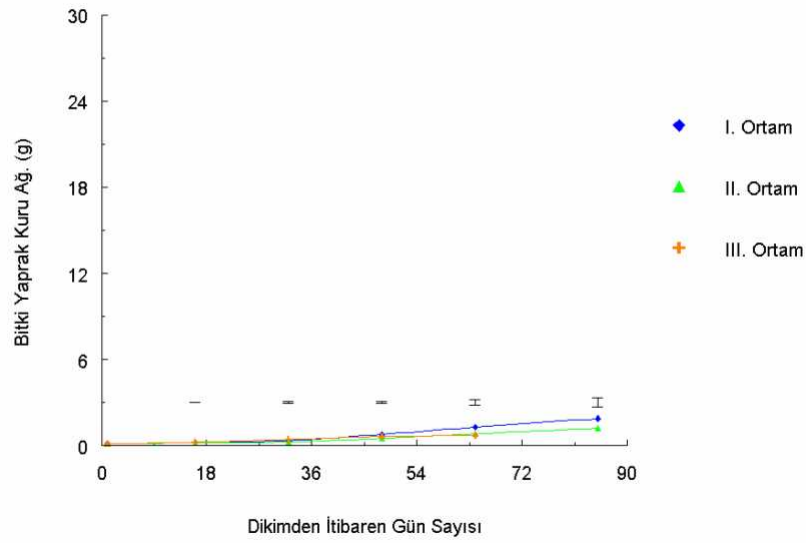
(a)



(b)



(c)



(d)

Şekil 4.12. Dört farklı dikim döneminde (a: 1. Dönem, b: 2. Dönem c: 3. Dönem ve d: 4. Dönem) günlük ortalama sıcaklık ($^{\circ}\text{C}$) ve ışık ($\text{Mmol/m}^2/\text{s}$) bakımından farklı ortamlarda bitki yaprak kuru ağırlığının (g), dikimden sonraki gün sayısına göre değişimi (Hata barları % 5 olasılık düzeyine göre yerleştirilmiştir).

Şekil 4.11. incelendiğinde, bitki yaprak kuru ağırlığının yüksek ışık şartlarında sıcaklığın azalmasıyla beraber eğrisel olarak azaldığı görülmektedir.

Düşük ışık şartlarında da azalan sıcaklıkla beraber bitki yaprak kuru ağırlığında eğrisel olarak azalma meydana gelmiştir.

Yüksek sıcaklık ve düşük sıcaklık şartlarında ışığın $1500 \text{ Mmol/m}^2/\text{s}$ 'den $70 \text{ Mmol/m}^2/\text{s}$ 'ye doğru azalmasıyla bitki yaprak kuru ağırlığında da eğrisel olarak azalma gerçekleşmiştir.

Yüksek sıcaklık ve yüksek ışık şartlarında en yüksek bitki yaprak kuru ağırlığı oluşurken, en düşük bitki yaprak kuru ağırlığı düşük sıcaklık düşük ışık şartlarında oluşmuştur.

Şekil 4.12. incelendiğinde 1. ve 2. dikim dönemlerinde (a ve b) dikimden itibaren 16. güne kadar bitki yaprak kuru ağırlığında çok az artış olduğu, 16. günden sonra her iki dönem bitkilerinde de belirgin artış gerçekleştiği özellikle 1. dikim dönemi bitkilerinde artışın çok hızlı olduğu görülmektedir. 3. dikim döneminde (c) bitki yaprak kuru ağırlığı dikimden itibaren 33. güne kadar çok az artmış, 33. günden sonra artış belirginleşmiştir. 4. dikim döneminde (d) ise bitki yaprak kuru ağırlığında çok az artış olmuştur.

Birinci dikim döneminde (a) bitki yaprak kuru ağırlığı bakımından I. ortam ile III ortam, II. ortam ile IV. ortam ve I. ortam ile IV. ortam arasında, 2. dikim döneminde (b) I. II. ve III. ortamlar arasında ve 3. ve 4. dikim dönemlerinde (c ve d) ortamlar arasında istatistiksel olarak fark bulunamamıştır. 4. dikim döneminde 66. günde I. ortam ile III. ortam arasında istatistiksel olarak fark bulunmuştur.

En fazla bitki yaprak kuru ağırlığı 1. dikim döneminde III. ve I. ortamlardaki yüksek sıcaklık ve yüksek ışık (28.09°C sıcaklık ile $1429 \text{ Mmol/m}^2/\text{s}$ ışık ve 27.84°C sıcaklık ile $1360 \text{ Mmol/m}^2/\text{s}$ ışık) şartlarında yetiştirilen bitkilerde en az bitki gövde kuru ağırlığı ise 4. dikim dönemindeki çok düşük sıcaklık çok düşük ışık (14.32°C sıcaklık ile $73.25 \text{ Mmol/m}^2/\text{s}$ ışık ve 15.02°C ile $188.36 \text{ Mmol/m}^2/\text{s}$ ışık) şartlarında yetiştirilen bitkilerde oluşmuştur.

Sonuç olarak toplam yaprak kuru ağırlığının artan sıcaklık ve ışıkla beraber arttığı söylenebilir. Yapraklar fotosentez olayında rol alan en önemli organlardır. Verim üzerine olan etkisi bakımından da önemli bir parametredir. Yüksek sıcaklık ve yüksek ışık şartlarında yaprak sayısının arttığı daha önce

belirtilmişti (şekil 4.5.). Yaprak sayısının artmasıyla birlikte yaprak kuru ağırlığı da artış göstermiştir. Burada yüksek ışık şiddetinin yaprak kalınlığını artırmış olması da yaprak kuru ağırlığı artışında etkili olmuştur. **Ertekin (2002)** az ışıkta dūřūk karbonhidrat ihtiva eden yaprakların meydana geleceğini bildirmiştir. **Odabař (2003)** belli bir noktaya kadar ışık ve hava sıcaklığındaki artışın toplam yaprak kuru madde birikimini artırdığını tespit etmiştir.

4.1.7. Toplam Bitki Vegetatif Kuru Ağırlığı (TBVKA)

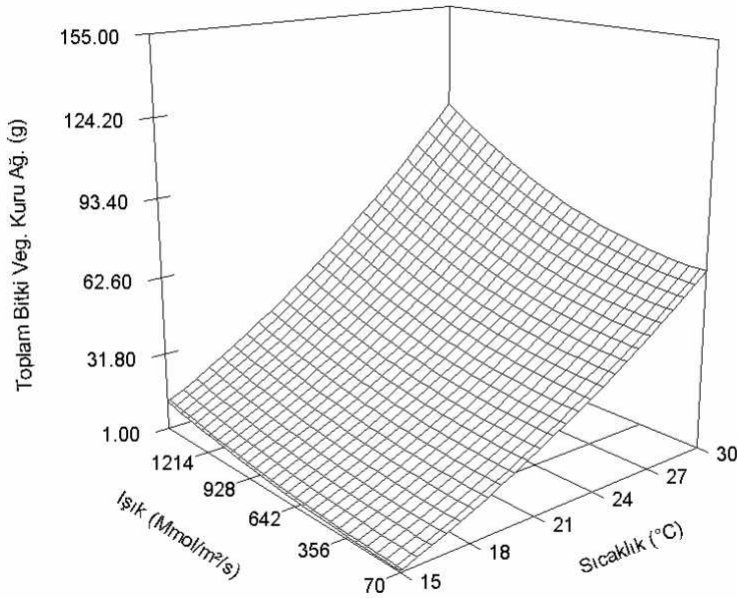
Değişik ortamlarda yetiştirilen bitkilerin toplam bitki vegetatif kuru ağırlıklarıyla yapılan regresyon analizi sonucunda toplam bitki vegetatif kuru ağırlığı ile sıcaklık ve ışık şiddeti arasındaki ilişkinin derecesi (r^2) 0.96 olarak önemli bulunmuş ve denklemleri Eşitlik 4.7’de verilmiştir.

$$TBVKA = -21.45 + 2.1E^{-08} \times S^2 \times I^2 + 0.10 \times S^2 \dots\dots\dots 4.7$$

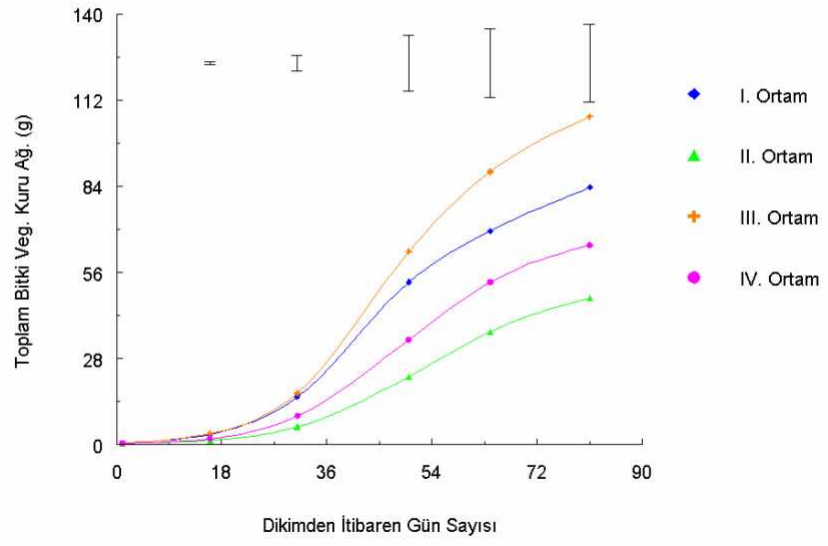
$$SH = (5.91)^{**} (4.39E^{-09})^{**} (0.013)^{***}$$

$$r^2 = 96$$

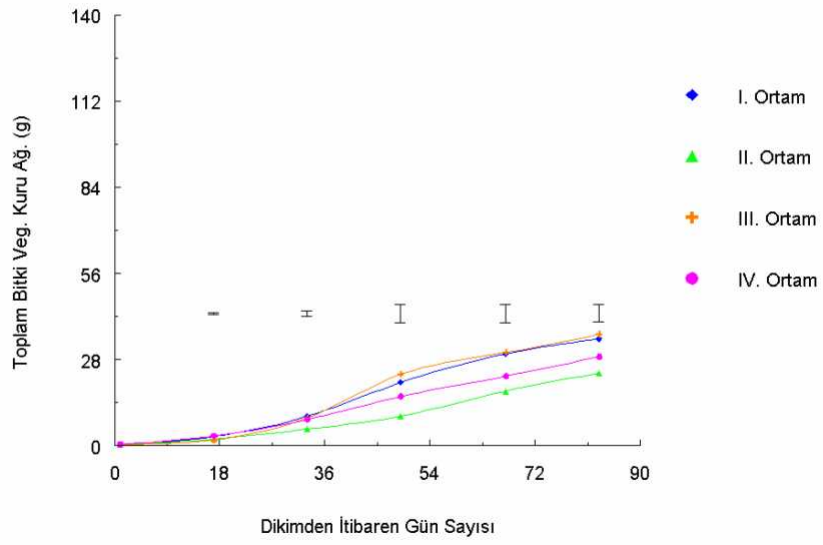
Toplam bitki vegetatif kuru ağırlığı üzerine ışık ve hava sıcaklığının etkisi **Şekil 4.13.**’de ve farklı dikim dönemlerindeki ortamlara göre toplam bitki vegetatif kuru ağırlığının, yetiştirme dönemi boyunca değişimi de **Şekil 4.14.**’de gösterilmiştir.



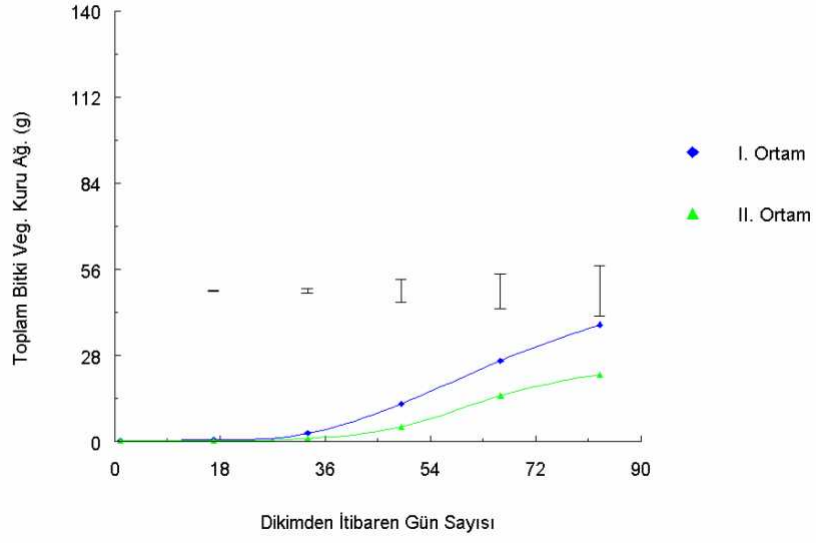
Şekil 4.13. Işık ($Mmol/m^2/s$) ve hava sıcaklığına ($^{\circ}C$) bağlı olarak biberde toplam bitki vegetatif kuru ağırlığının (g) değişimi



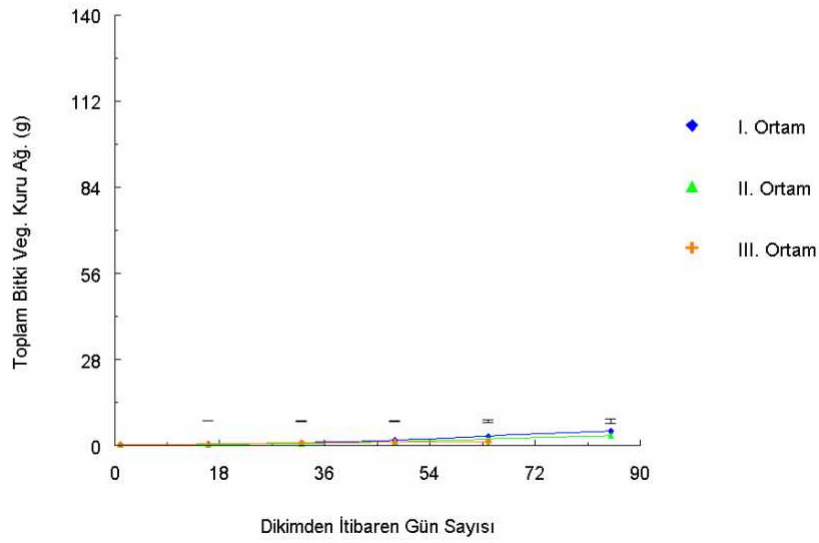
(a)



(b)



(c)



(d)

Şekil 4.14. Dört farklı dikim döneminde (a: 1. Dönem, b: 2. Dönem c: 3. Dönem ve d: 4. Dönem) günlük ortalama sıcaklık ($^{\circ}\text{C}$) ve ışık ($\text{Mmol/m}^2/\text{s}$) bakımından farklı ortamlarda toplam bitki vegetatif kuru ağırlığının (g), dikimden sonraki gün sayısına göre değişimi (Hata barları % 5 olasılık düzeyine göre yerleştirilmiştir).

Toplam bitki vejetatif kuru ağırlığı, bitkinin generatif organları dışındaki bütün organların (kök, gövde ve yaprak) kuru ağırlıklarının toplamından elde edilmiştir.

Şekil 4.13. incelendiğinde, toplam bitki vejetatif kuru ağırlığının yüksek ışık şartlarında sıcaklığın azalmasıyla beraber eğrisel olarak azaldığı görülmektedir.

Düşük ışık şartlarında da azalan sıcaklıkla beraber toplam bitki vejetatif kuru ağırlığında eğrisel olarak azalma olmuştur.

Yüksek sıcaklık ve düşük sıcaklık şartlarında ışığın $1500 \text{ Mmol/m}^2/\text{s}$ 'den $70 \text{ Mmol/m}^2/\text{s}$ 'ye doğru azalmasıyla toplam bitki vejetatif kuru ağırlığında da eğrisel olarak azalma gerçekleşmiştir. Düşük sıcaklık şartlarında gerçekleşen azalma yüksek sıcaklık şartlarında meydana gelen azalmadan daha az olmuştur.

Sıcaklıkla ışığın toplam bitki vejetatif kuru ağırlığı üzerine interaktif bir etkisi de bulunmuştur.

Yüksek sıcaklık ve yüksek ışık şartlarında en yüksek toplam bitki vejetatif kuru ağırlığı oluşurken, en düşük toplam bitki vejetatif kuru ağırlığı düşük sıcaklık düşük ışık şartlarında oluşmuştur.

Şekil 4.14. incelendiğinde 1., 2. ve 3. dikim dönemlerinde (a, b ve c) dikimden itibaren 33. güne kadar toplam bitki vejetatif kuru ağırlığında çok az artış olduğu, 33. günden sonra her üç dönem bitkilerinde de belirgin artış gerçekleştiği özellikle 1. dikim dönemi bitkilerinde artışın çok fazla olduğu görülmektedir. 4. dikim döneminde (d) ise dikimden itibaren 33. güne kadar toplam bitki vejetatif ağırlığı hemen hemen sabit kalmış, 33. günden sonra ise çok az artış olmuştur.

Birinci ve 2. dikim dönemlerinde (a ve b) toplam bitki vejetatif kuru ağırlığı bakımından I. ortam ile III ortam, II. ortam ile IV. ortam ve I. ortam ile IV. ortam arasında, 3. dikim döneminde (c) ortamlar arasında istatistiksel olarak fark bulunamazken, 4. dikim döneminde 66. günde I. ortam ile III. ortam arasında, 86. günde ortamlar arasında istatistiksel olarak fark bulunmuştur.

En fazla toplam bitki vejetatif kuru ağırlığı 1. dikim döneminde III. ve I. ortamlardaki yüksek ışık yüksek sıcaklık (28.09°C sıcaklık ile $1429 \text{ Mmol/m}^2/\text{s}$

ışık ve 27.84 °C sıcaklık ile 1360 Mmol/m²/s ışıık) şartlarında yetiştirilen bitkilerde, en az bitki gövde kuru ağırlığı ise 4. dikim döneminde II. ortamdaki çok düşük sıcaklık çok düşük ışııkta (14.32 °C sıcaklık ile 73.25 Mmol/m²/s ışıık) yetiştirilen bitkilerde oluşmuştur.

Sonuç olarak toplam bitki vejetatif kuru ağırlığının artan sıcaklık ve ışııkla beraber arttığı söylenebilir. Işıık fotosentezde neden olduğu değişikliklerin yanında, bitkilerin morfolojik yapılarını da etkilemektedir. **Bruggink (1992)** ışıığın bitki morfolojisine olan etkisi sonucu farklı yaprak/toplam bitki kuru ağırlık oranları oluşabileceğini ifade etmiştir. Düşük ışıık koşullarında bitkilerde daha az kuru madde birikimi olacağı birçok araştırmacı tarafından bildirilmiştir (**Verkerk, 1955; Cockshull ve ark., 1992; Uzun, 1996**). **Marshall ve ark. (1992)**'da çimlenmeden sonra herhangi bir zamanda kuru madde miktarının sıcaklıkla beraber artacağını kaydetmişlerdir.

Fotosentetik etkinliği hava sıcaklığı da etkilemektedir ve her tür için optimum bir sıcaklık değeri vardır. Biber bitkisi için bu sıcaklık değeri 21-30 °C olarak belirlenmiştir. Sıcaklık 32 °C'nin üzerine çıktığında ve 21 °C'nin altına indiğinde büyümenin yavaşladığı yani fotosentetik etkinliğin azaldığı ifade edilmiştir. (**Acock ve ark., 1978; Aybak, 2002**). **Grimstadt ve Frimanslund (1993)** domates ve hıyar bitkilerinde sıcaklığın 17 °C'den 27 °C'ye artmasıyla toplam bitki kuru ağırlığının arttığını bildirmişlerdir. **Kürklü (1994)**'de patlıcanda 14-32 °C'ler arasındaki sıcaklık artışının kuru madde birikimini eğrisel olarak artırdığını belirtmiştir.

Uzun (1996) domates ve patlıcanda net asimilasyon oranının yüksek sıcaklık ve yüksek ışıık koşullarında arttığı düşünüldüğünde, net asimilasyon oranının, toplam bitki kuru ağırlığına etki edeceğinin mümkün olduğunu ifade etmiştir.

Bizim bulgularımız diğer araştırmacıların sonuçlarıyla paralellik göstermektedir.

4.1.8. Toplam Bitki Yaprak Alanı (TBYA)

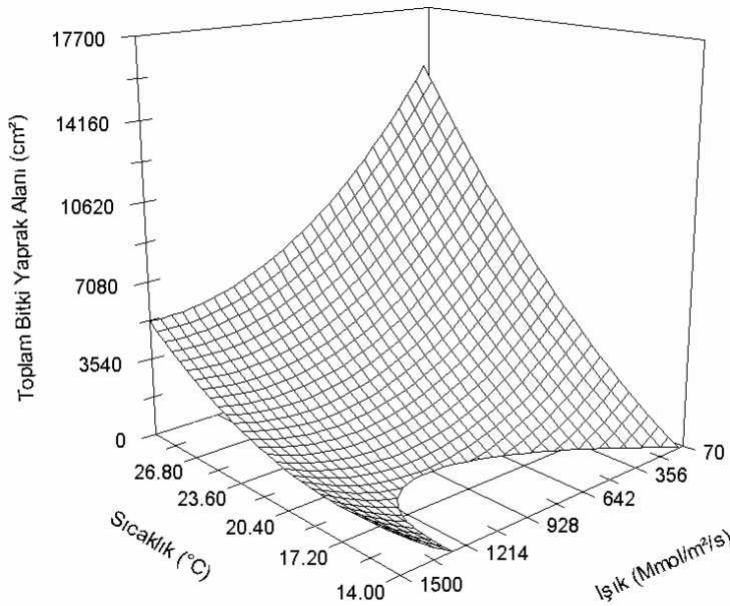
Değişik ortamlarda yetiştirilen bitkilerin toplam bitki yaprak alanlarıyla yapılan regresyon analizi sonucunda toplam bitki yaprak alanı ile sıcaklık ve ışık şiddeti arasındaki ilişkinin derecesi (r^2) 0.98 olarak önemli bulunmuş ve denklemi Eşitlik 4.8'de verilmiştir.

$$TBYA = -3750.04 + 22.29 \times S^2 - 0.50 \times S \times I + 0.0051 \times I^2 \dots\dots\dots 4.8$$

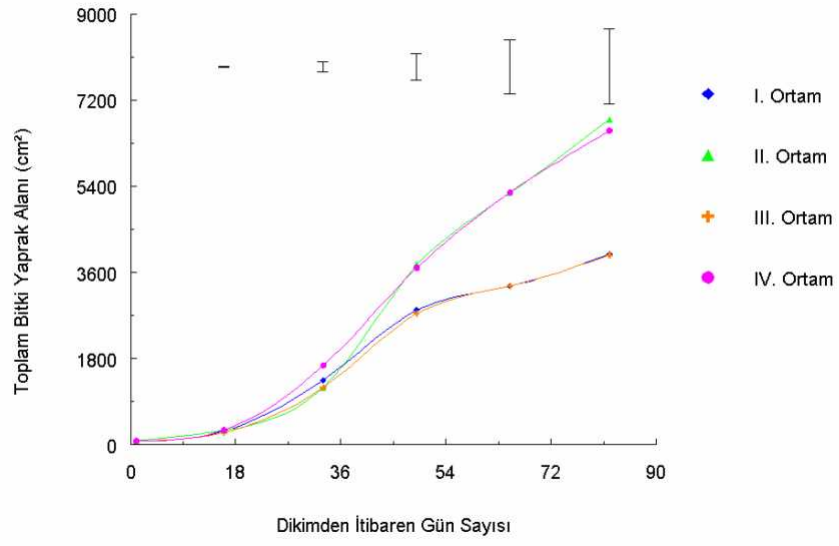
$$SH = (369.43)^{***} (1.65)^{***} (0.092)^{***} (0.0014)^{**}$$

$$r^2 = 98$$

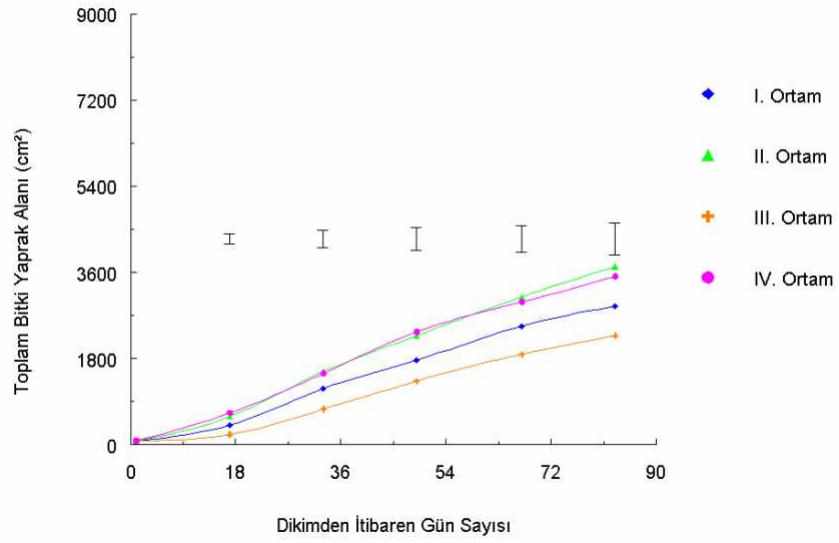
Işık ve hava sıcaklığının toplam bitki yaprak alanı üzerine etkisi **Şekil 4.15.**'de ve farklı dikim dönemlerindeki ortamlara göre biberde toplam bitki yaprak alanının, dikimden itibaren geçen zamana (gün) göre değişimi **Şekil 4.16.**'da gösterilmiştir.



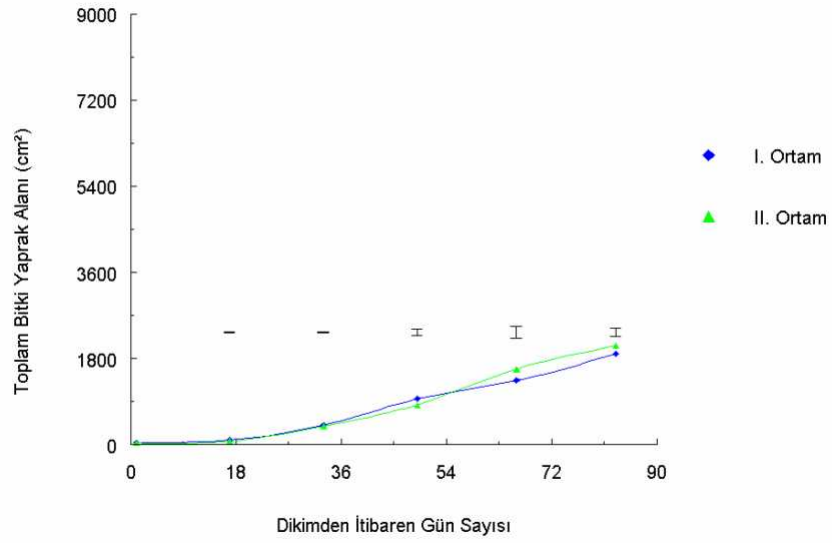
Şekil 4.15. Işık ($\text{Mmol/m}^2/\text{s}$) ve hava sıcaklığına ($^{\circ}\text{C}$) bağlı olarak biberde toplam bitki yaprak alanının (cm^2) değişimi



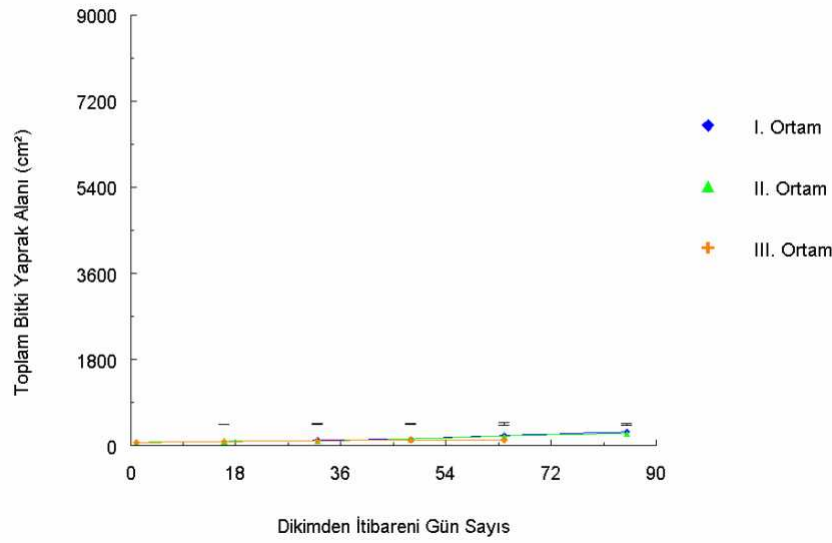
(a)



(b)



(c)



(d)

Şekil 4.16. Dört farklı dikim döneminde (a: 1. Dönem, b: 2. Dönem c: 3. Dönem ve d: 4. Dönem) günlük ortalama sıcaklık (°C) ve ışık (Mmol/m²/s) bakımından farklı ortamlarda toplam bitki yaprak alanının (cm²), dikimden sonraki gün sayısına göre değişimi (Hata barları % 5 olasılık düzeyine göre yerleştirilmiştir).

Şekil 4.15. incelendiğinde, yüksek sıcaklık şartlarında ışığın azalmasıyla beraber toplam bitki yaprak alanının eğrisel olarak arttığı ve en yüksek değerine ulaştığı görülmektedir.

Düşük sıcaklık şartlarında (14°C) ışığın $100 \text{ Mmol/m}^2/\text{s}$ 'den $1200 \text{ Mmol/m}^2/\text{s}$ 'ye kadar artmasıyla toplam bitki yaprak alanı azalmış, $1200 \text{ Mmol/m}^2/\text{s}$ 'den sonra çok az da olsa yaprak alanı artışı görülebilmektedir.

Yüksek ışık şartlarında azalan sıcaklık toplam bitki yaprak alanını eğrisel olarak azaltmıştır. Yine düşük ışıktaki da sıcaklığın azalmasıyla yaprak alanı önemli miktarda azalmıştır.

En yüksek yaprak alanı yüksek sıcaklık düşük ışık koşullarında, düşük yaprak alanı ise her türlü ışıktaki düşük sıcaklık koşullarında elde edilmiştir.

Şekil 4.16. incelendiğinde 1. ve 2. dikim dönemlerinde (a ve b) dikimden itibaren 18. güne kadar toplam bitki yaprak alanının da çok az artış olduğu, 18. günden sonra her iki dönem bitkilerinde de belirgin artış gerçekleştiği özellikle 1. dikim dönemi bitkilerinde artışın çok fazla olduğu görülmektedir. 3. ve 4. dikim dönemlerinde (c ve d) ise dikimden itibaren 18. güne kadar toplam bitki yaprak alanı hemen hemen sabit kalmış, 18. günden sonra ise 3. dikim dönemi bitkilerinde belirgin artış görülürken, 4. dikim dönemi bitkilerinde çok az artış olmuştur.

Birinci dikim döneminde (a) toplam bitki yaprak alanı bakımından I. ortam ile III ortam, II. ortam ile IV. ortam arasında, 2. dikim döneminde (b) I. ortam ile III ortam, II. ortam ile IV. ortam ve I. ortam ile IV. ortam arasında, 3. dikim döneminde (c) ortamlar arasında istatistiksel olarak fark bulunamazken, 4. dikim döneminde 66, günde I. ortam ile III. ortam arasında ve 86. günde ortamlar arasında istatistiksel olarak fark bulunmuştur.

En fazla toplam bitki yaprak alanı 1. dikim döneminde II. ve IV. ortamlardaki (25.34°C sıcaklık ile $396 \text{ Mmol/m}^2/\text{s}$ ışık ve 26.9°C sıcaklık ile $535 \text{ Mmol/m}^2/\text{s}$ ışık) bitkilerde en az bitki yaprak alanı ise 4. dikim döneminde II. ortam (14.32°C sıcaklık ile $73.25 \text{ Mmol/m}^2/\text{s}$ ışık) bitkilerinde oluşmuştur.

Sonuç olarak 1. dikim dönemi II. ve IV. ortam bitkilerinde yaprak alanlarının diğerlerinden fazla olması, bu ortamların gölgelenmesi sonucunda meydana gelen düşük ışık ve yüksek sıcaklıktan kaynaklanmıştır.

Bitkilerin yapraklarının düşük ışık şiddetinde yüksek ışık şiddetine göre daha geniş bir yüzey alanına sahip olduğu (**Günay,1982**) düşük ışık ve yüksek sıcaklık şartlarında yaprak alanlarının arttığı ve yaprak alanının sıcaklık ile pozitif ilişkide olduğu belirtilmiştir (**Uzun, 1996; Uzun, 1997; Uzun ve ark., 1998**). Ayrıca **Uzun (2000)**, düşük ışık ve yüksek sıcaklık şartlarında vegetatif büyümenin olduğunu, bu şartlarda yetiştirilen bitkilerde meyve sayısı ve verimin azaldığını kaydetmiştir.

Birçok araştırmacı (**Gosselin ve Trudel,1984; Kürklü, 1994; Leskovar ve Daniel, 1994**) farklı türlerde yaptıkları araştırmalarda, yüksek sıcaklıklarda yetiştirilen bitkilerin düşük sıcaklıklarda yetiştirilen bitkilerden daha geniş yüzeyli yapraklar oluşturduklarını kaydetmişlerdir. Ancak burada önemli olan yaprağın yüzey alan genişliği değil, yaprakların gövde üzerindeki dizilişi ve fotosentetik aktif radyasyondan faydalanma oranlarıdır (**Uzun, 1996**). **Heuvelink (1989)** düşük sıcaklıkta domates bitkisinin büyümesindeki azalmaya yaprak alanındaki azalmanın sebep olduğunu ortaya koymuş, bu durumda bitkinin aldığı ışığın azaldığını ve büyümenin de yavaşlayacağını bildirmiştir.

Bizim yaprak alanı ile ilgili bulduğumuz sonuçlar diğer araştırmacıların sonuçları ve ifadeleriyle paralellik göstermektedir.

4.1.9. Büyümeye Ait Kantitatif Parametreler

4.1.9.1. Oransal Kök Ağırlığı (OKA)

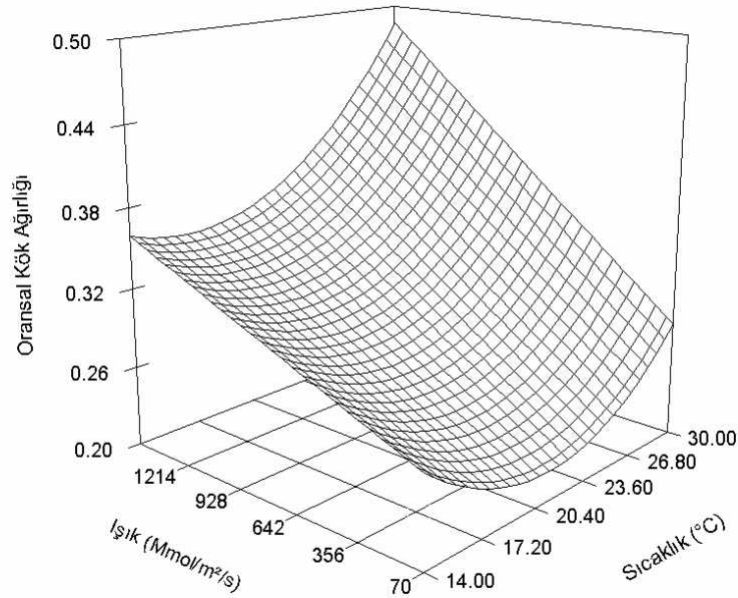
Değişik ortamlarda yetiştirilen bitkilerin oransal kök ağırlıklarıyla yapılan regresyon analizi sonucunda oransal kök ağırlığı ile sıcaklık ve ışık şiddeti arasındaki ilişkinin derecesi (r^2) 0.90 olarak önemli bulunmuş ve denklemi Eşitlik 4.9'da verilmiştir.

$$OKA = 0.59 + 4.68E^{-06} \times S \times I - 0.0365 \times S + 0.00084 S^2 \dots\dots\dots 4.9$$

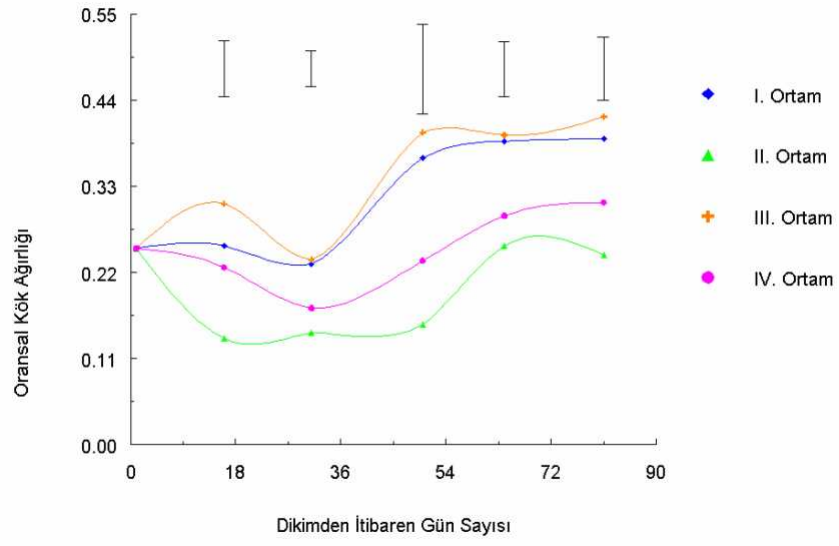
$$SH = (0.092)^{***} (5.69E-07)^{***} (0.092)^{**} (0.00023)^{**}$$

$$r^2 = 0.90$$

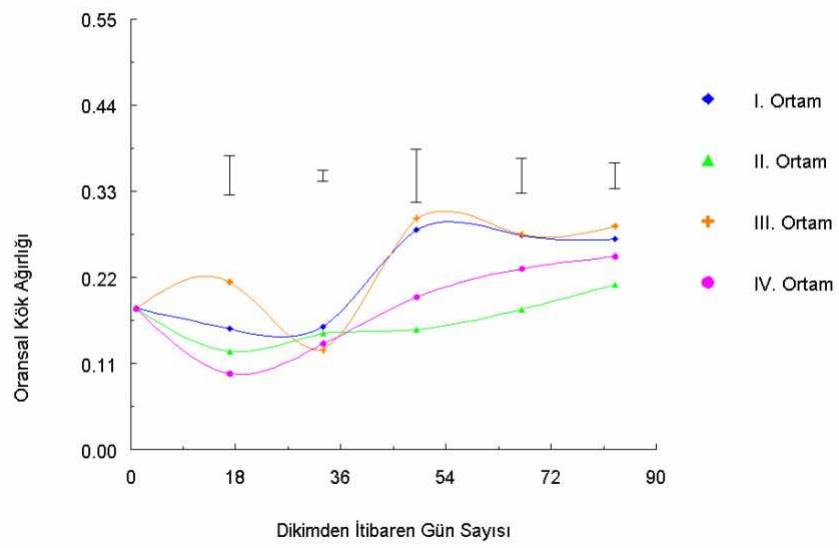
Oransal kök ağırlığı üzerine ışık ve hava sıcaklığının etkisi **Şekil 4.17.**'de ve farklı dikim dönemlerindeki ortamlara göre bitki oransal kök ağırlığının, yetiştirme dönemi boyunca değişimi de **Şekil 4.18.**'de gösterilmiştir.



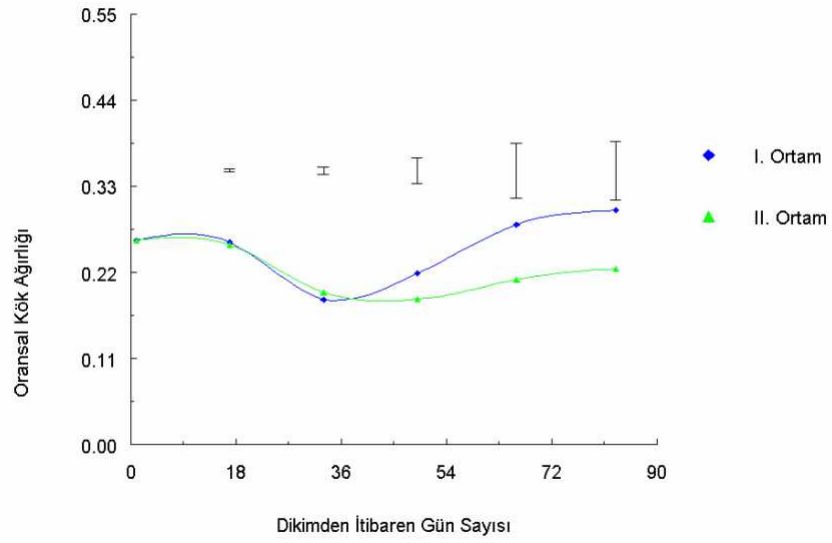
Şekil 4.17. Işık ($Mmol/m^2/s$) ve hava sıcaklığına ($^{\circ}C$) bağlı olarak biber bitkisinde oransal kök ağırlığının değişimi



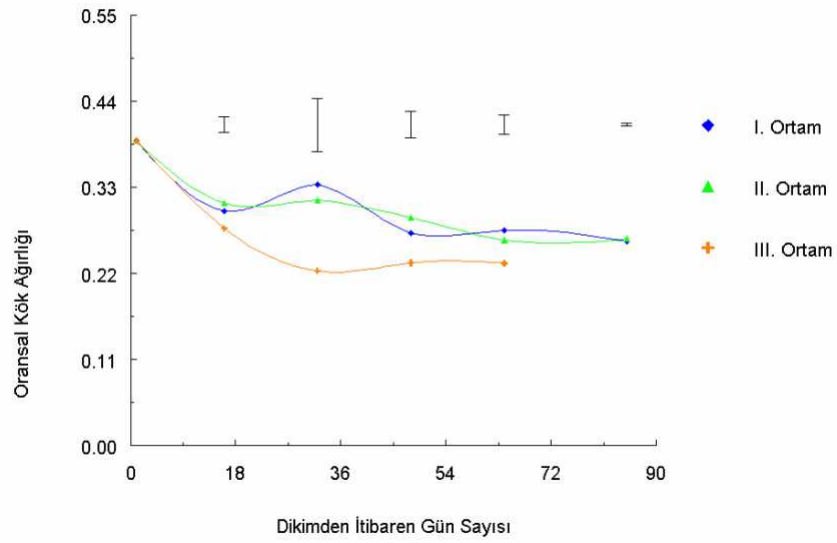
(a)



(b)



(c)



(d)

Şekil 4.18. Dört farklı dikim döneminde (a: 1. Dönem, b: 2. Dönem c: 3. Dönem ve d: 4. Dönem) günlük ortalama sıcaklık ($^{\circ}\text{C}$) ve ışık ($\text{Mmol/m}^2/\text{s}$) bakımından farklı ortamlarda bitki oransal kök ağırlığının, dikimden sonraki gün sayısına göre değişimi (Hata barları % 5 olasılık düzeyine göre yerleştirilmiştir).

Bitkilerin oransal kök ağırlıkları (OKA) bitki kök kuru ağırlığının (g), o bitkinin toplam vegetatif kuru ağırlığına (g) bölümü ile elde edilmiştir.

Şekil 4.17. incelendiğinde, oransal kök ağırlığının yüksek sıcaklık şartlarında ışığın azalmasıyla beraber doğrusal olarak azaldığı görülmektedir.

Oransal kök ağırlığı düşük sıcaklık şartlarında da ışığın azalmasıyla beraber doğrusal olarak azalmıştır. Ancak bu azalma yüksek sıcaklık şartlarında gerçekleşen azalmadan daha az olmuştur.

Yüksek ışık şartlarında sıcaklığın 30 °C'den 17 °C'ye kadar azalmasıyla beraber oransal kök ağırlığında azalma olmuş ancak sıcaklığın 17 °C'den 14 °C'ye kadar azalmasıyla oransal kök ağırlığında belli belirsiz eğrisel olarak bir artış söz konusu olmuştur.

Düşük ışık şartlarında ise sıcaklığın 30 °C'den 21 °C'ye kadar azalmasıyla oransal kök ağırlığı da azalmıştır. Oransal kök ağırlığı sıcaklığın 21 °C'den 14 °C'ye kadar düştüğü durumda ise eğrisel olarak bir artış göstermiştir.

Sıcaklıkla ışığın oransal kök ağırlığı üzerine interaktif bir etkisi de bulunmuştur.

En yüksek oransal kök ağırlığı yüksek ışık yüksek sıcaklık şartlarında, en düşük oransal kök ağırlığı ise düşük ışık (70 Mmol/m²/s) ve 21 °C sıcaklıkta oluşmuştur.

Şekil 4.20. incelendiğinde, 1. ve 2. dikim dönemlerinde III. ortam bitkilerinde oransal kök ağırlığının dikimden itibaren 16. güne kadar arttığı, 16. günden 33. güne kadar azaldığı ve sonra tekrar hızlı bir artıştan sonra vejetasyon sonuna doğru hemen hemen sabit kaldığı görülmektedir. Her iki dikim döneminde de I. ortam bitkilerinde oransal kök ağırlığı dikimden sonra azalıp, 33. günden sonra hızlı bir şekilde artıp vejetasyon sonuna doğru sabit kalmıştır. II. ve IV. ortam bitkileri oransal kök ağırlığı bakımından hemen hemen benzer seyir izlemiştir. 3. dikim dönemi bitkilerinde (c) dikimden itibaren 33. güne kadar oransal kök ağırlığı azalmış 33. günden sonra I. ortam bitkilerinde artmış, II. ortam bitkilerinde hemen hemen sabit kalmıştır. 4. dikim dönemi bitkilerinde genel olarak oransal kök ağırlığı dikimden itibaren azalmıştır.

Birinci ve 2. dikim dönemlerinde (a ve b) oransal kök ağırlığı bakımından I. ortam ile III. ortam, II. ortam ile IV. ortam ve I. ortam ile IV. ortam arasında, 3.

ve 4. dikim dönemlerinde (c ve d) ortamlar arasında istatistiksel olarak fark bulunamamıştır. 4. dikim döneminde 66. günde I. ortam ile III. ortam arasında istatistiksel olarak fark bulunmuştur.

Sonuç olarak yüksek ışık şiddetinde sıcaklık artışıyla birlikte oransal kök ağırlığı da artmıştır. Düşük ışık şiddetinde ise 21 °C'ye kadar olan sıcaklık artışı oransal kök ağırlığını azaltmış, 21 °C'den itibaren artırmıştır. **Uzun (1997)** yaptığı bir araştırmada, genellikle yüksek sıcaklıklarda bitkinin vejetatif büyümesi sonucu bitki kuru maddesinin öncelikle kök, gövde ve yapraklarda biriktiğini kaydetmiştir.

Işık şiddeti ile kök kuru ağırlığı arasında doğrusal bir ilişki olduğu saptanmıştır. **Heuvelink (1989)** bitkinin aldığı ışığın azalmasıyla büyümenin de yavaşlayacağını bildirmiştir. **Fierro ve ark (1994)**'da domates ve biber bitkilerinde ve **Özkaraman (2004)** kavun bitkisinde oransal kök ağırlığının yüksek ışık şiddetinde yetiştirildiklerinde arttığını tespit etmişlerdir.

4.1.9.2. Oransal Gövde Ağırlığı (OGA)

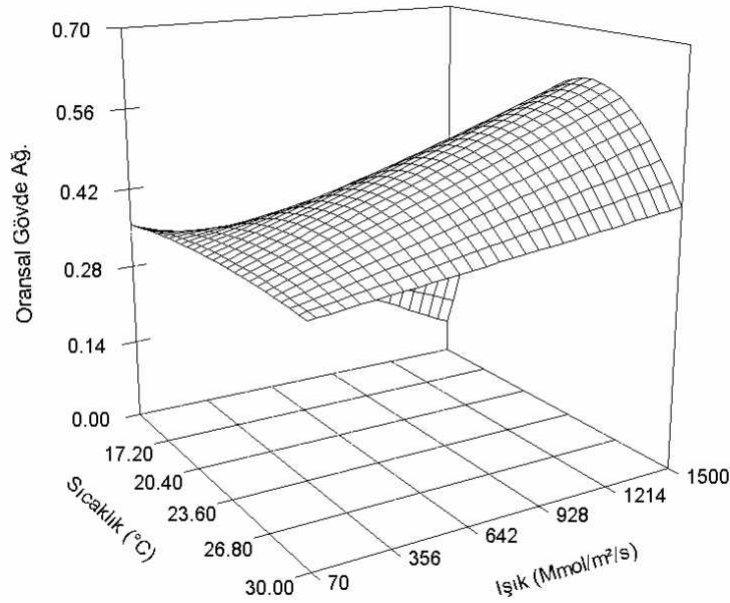
Oransal gövde ağırlığı ile sıcaklık ve ışık arasındaki ilişkileri ortaya koymak amacıyla yapılan regresyon analizi sonucunda oransal gövde ağırlığı ile sıcaklık ve ışık şiddeti arasındaki ilişkinin derecesi (r^2) 0.72 olarak önemli bulunmuş ve denklemi Eşitlik 4.10'da verilmiştir.

$$\text{OGA} = 0.37 + 0.0017 \times S \times I - 3.5E^{-06} \times S^2 \times I - 0.0019 \times I \dots\dots\dots 4.10$$

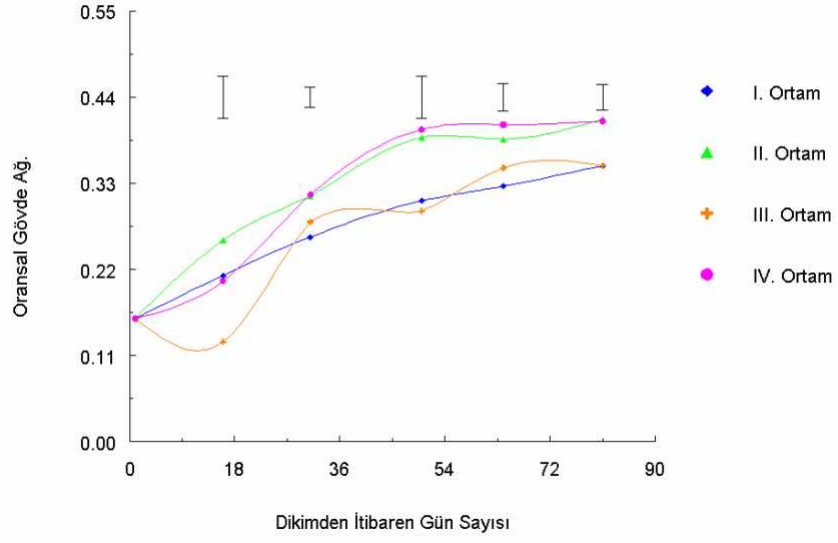
$$\text{SH} = (0.015)^{***} (5.68E^{-05})^* (1.12E^{-06})^* (0.00072)^*$$

$$r^2 = 0.72$$

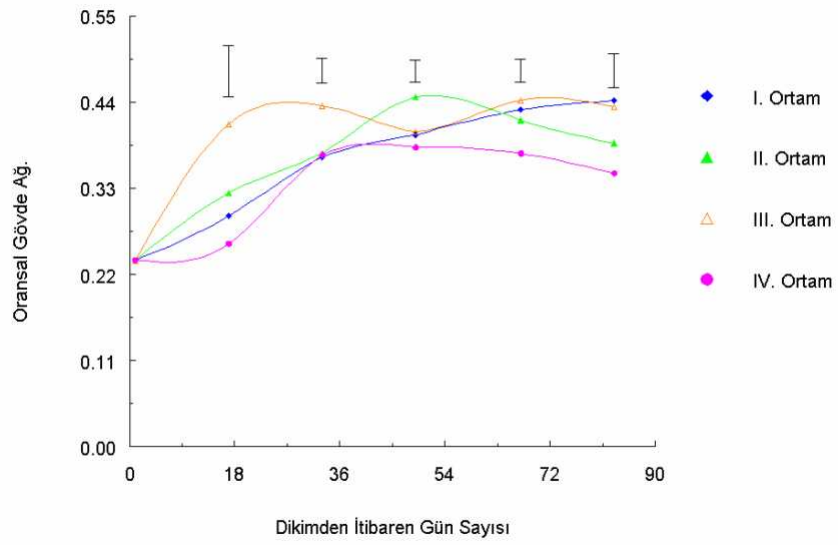
Işık ve hava sıcaklığının oransal gövde ağırlığı üzerine etkisi **Şekil 4.19.**'da ve farklı dikim dönemlerindeki ortamlara göre biberde bitki oransal gövde ağırlığının, dikimden itibaren geçen zamana (gün) göre değişimi **Şekil 4.20.**'de gösterilmiştir.



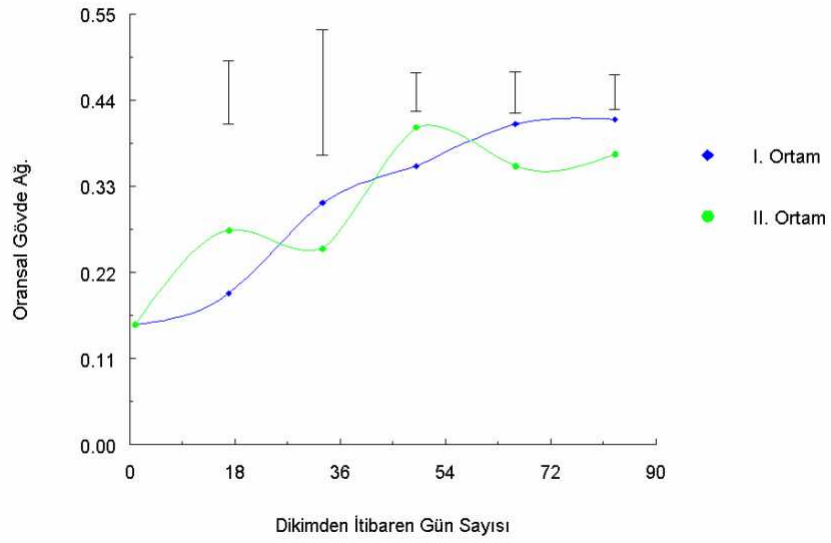
Şekil 4.19. Işık ($\text{Mmol/m}^2/\text{s}$) ve hava sıcaklığına ($^{\circ}\text{C}$) bağlı olarak biber bitkisinde oransal gövde ağırlığının değişimi



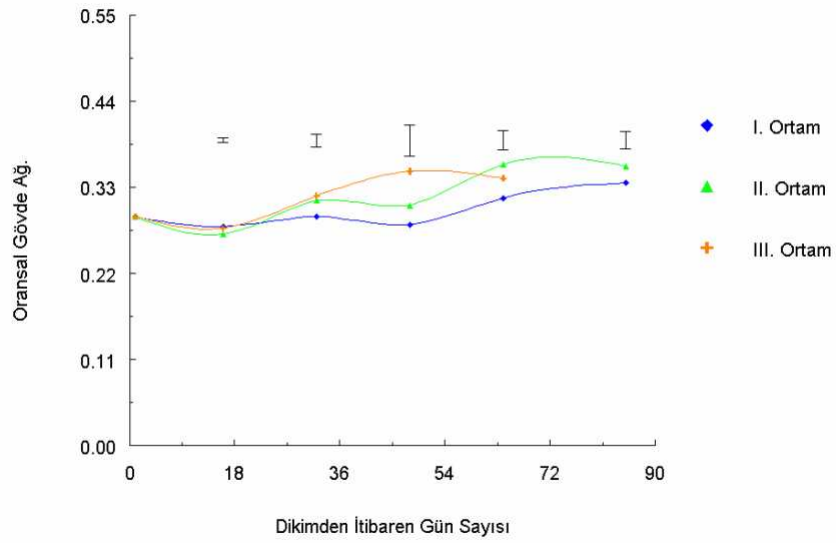
(a)



(b)



(c)



(d)

Şekil 4.20. Dört farklı dikim döneminde (a: 1. Dönem, b: 2. Dönem, c: 3. Dönem ve d: 4. Dönem) günlük ortalama sıcaklık ($^{\circ}\text{C}$) ve ışık ($\text{Mmol/m}^2/\text{s}$) bakımından farklı ortamlarda bitki oransal gövde ağırlığının, dikimden sonraki gün sayısına göre değişimi (Hata barları % 5 olasılık düzeyine göre yerleştirilmiştir).

Bitkilerin oransal gövde ağırlıkları (OGA), bitkinin gövde kuru ağırlığının (g) o bitkinin toplam vegetatif kuru ağırlığına (g) bölümü ile elde edilmiştir.

Şekil 4.19. incelendiğinde, yüksek sıcaklık şartlarında ışığın artmasıyla birlikte oransal gövde ağırlığında doğrusal olarak çok az artış meydana geldiği görülmektedir.

Düşük sıcaklık şartlarında ise ışığın azalmasıyla beraber oransal gövde ağırlığında doğrusal olarak artış olmaktadır.

Sıcaklıkla ışığın oransal gövde ağırlığı üzerine interaktif bir etkisi de bulunmuştur.

Oransal gövde ağırlığı yüksek ışık şartlarında sıcaklığın 14 °C'den 23 °C'ye kadar artmasıyla eğrisel olarak artmış, daha sonraki sıcaklıklarda eğrisel olarak azalma göstermiştir.

Oransal gövde ağırlığı düşük ışık şiddetinde her türlü sıcaklık şartlarında (14-30 °C) sabit kalmıştır, yani düşük ışık şartlarında sıcaklığın değişmesi oransal gövde ağırlığı üzerine önemli bir etki yapmamıştır.

Şekil 4.20. incelendiğinde, genel olarak 1., 2. ve 3. dikim dönemlerinde oransal gövde ağırlığının dikimden itibaren dalgalanmalar göstererek belirgin olarak arttığı görülmektedir. 4. dikim dönemi bitkilerinde de oransal gövde ağırlığında artış gerçekleşmiş, fakat bu artışın miktarı daha az olmuştur.

Birinci dikim döneminde (a) oransal gövde ağırlığı bakımından I. ortam ile III. ortam ve II. ortam ile IV. ortam arasında, 2. dikim döneminde 3. ve 4. dikim dönemlerinde (c ve d) ortamlar arasında istatistiksel olarak fark bulunamamıştır.

Sonuç olarak yüksek ışık şartlarında belli bir noktaya kadar sıcaklık artışıyla birlikte oransal gövde ağırlığı artmış ve en yüksek değerine ulaştıktan sonra daha yüksek sıcaklıklarda bu artış azalışa dönüşmüştür. Buradaki azalışın nedeni yüksek sıcaklık ve yüksek ışık koşullarında kuru maddenin köklerde daha fazla birikmesi olabilir.

Leskovar ve Daniel (1994), baharda yetiştirilen domates bitkilerinin oransal gövde ağırlığının kışın yetiştirilenlerden daha yüksek olduğunu tespit etmişlerdir. **Uzun (1996)** domates ve patlıcan bitkilerinde sıcaklık ve ışığın oransal gövde ağırlığı üzerine önemli etkide bulunduğunu ve yüksek sıcaklık ve yüksek ışık koşullarında yetiştirilen bitkilerin, düşük ışık düşük sıcaklık koşullarında yetiştirilen bitkilerden daha yüksek oransal gövde ağırlığına sahip olduklarını kaydetmiştir.

4.1.9.3. Oransal Yaprak Ağırlığı (OYA)

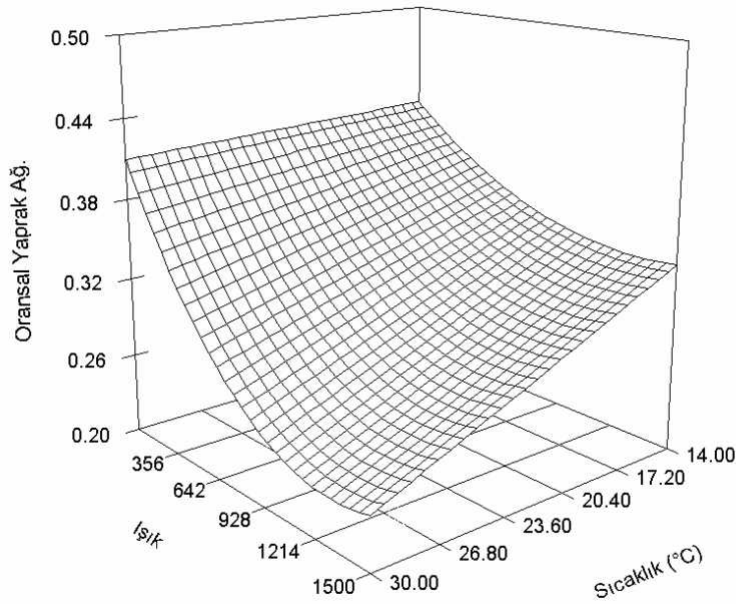
Oransal yaprak ağırlığı ile sıcaklık ve ışık arasındaki ilişkileri ortaya koymak amacıyla yapılan regresyon analizi sonucunda oransal yaprak ağırlığı ile sıcaklık ve ışık şiddeti arasındaki ilişkinin derecesi (r^2) 0.88 olarak önemli bulunmuş ve denklemi Eşitlik 4.11'de verilmiştir.

$$OYA = 0.43 - 1E^{-05} \times S \times I + 3.83E^{-09} \times S \times I^2 \dots\dots\dots 4.11$$

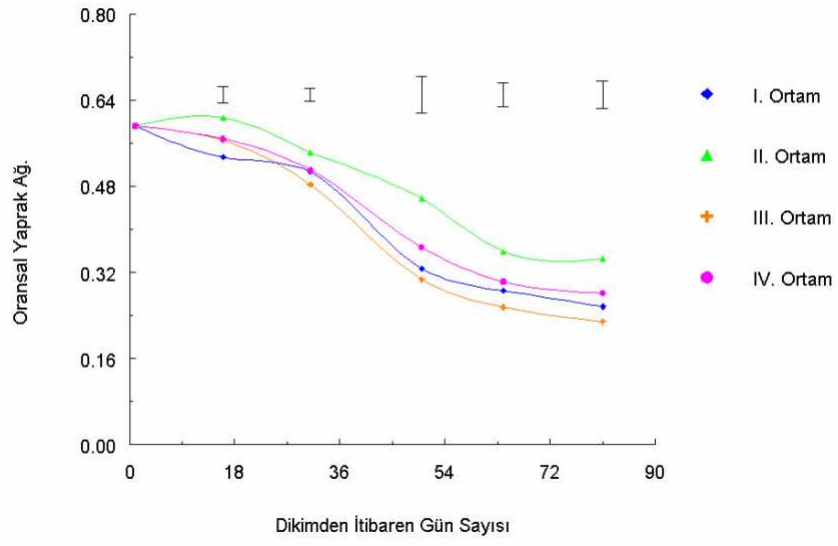
$$SH = (0.018)^{***} (2.59E^{-06})^{**} (1.67E^{-09})^*$$

$$r^2 = 0.88$$

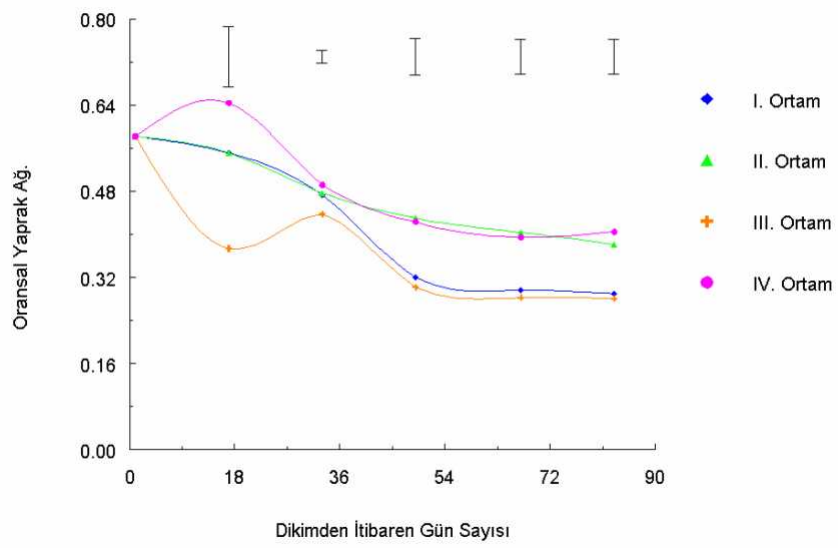
Bitki oransal yaprak ağırlığı üzerine ışık ve hava sıcaklığının etkisi **Şekil 4.21.**'de ve farklı dikim dönemlerindeki ortamlara göre bitki oransal yaprak ağırlığının, dikimden itibaren geçen zamana (gün) göre değişimi **Şekil 4.22.**'de gösterilmiştir.



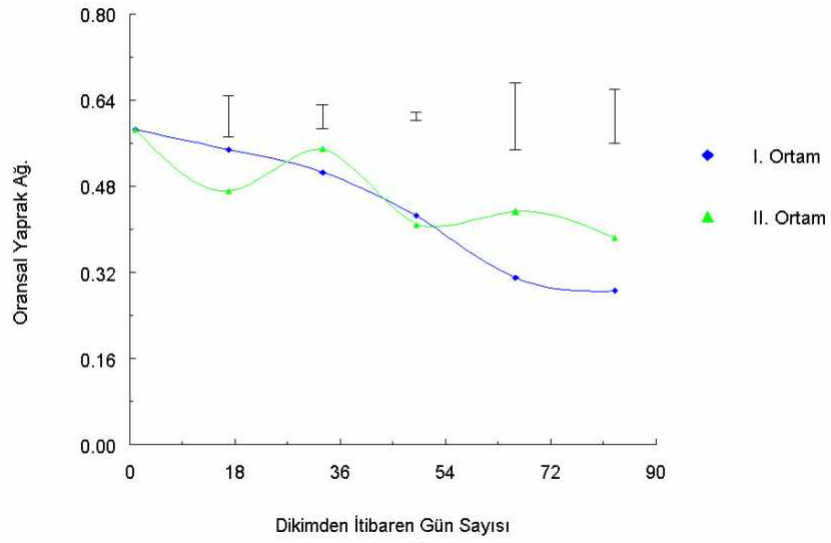
Şekil 4.21. Işık ($\text{Mmol/m}^2/\text{s}$) ve hava sıcaklığına ($^{\circ}\text{C}$) bağlı olarak biber bitkisinde oransal yaprak ağırlığının değişimi



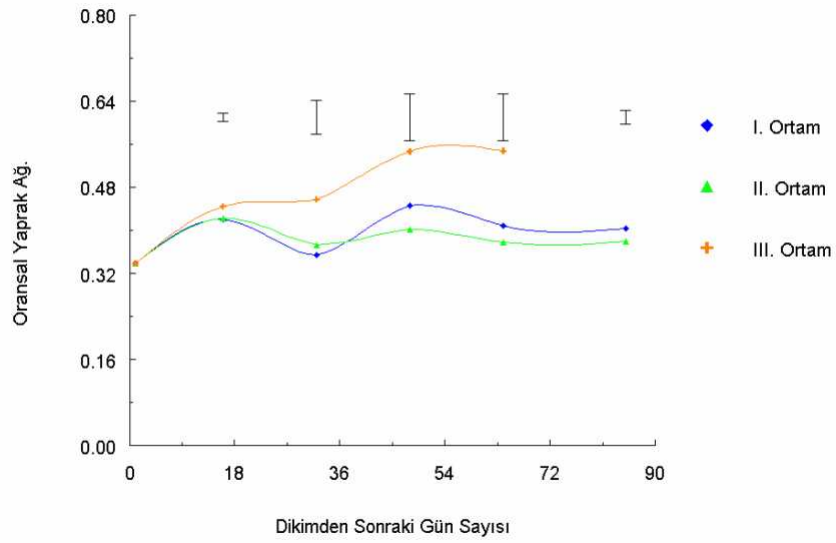
(a)



(b)



(c)



(d)

Şekil 4.22. Dört farklı dikim döneminde (a: 1. Dönem, b: 2. Dönem, c: 3. Dönem ve d: 4. Dönem) günlük ortalama sıcaklık ($^{\circ}\text{C}$) ve ışık ($\text{Mmol/m}^2/\text{s}$) bakımından farklı ortamlarda bitki oransal yaprak ağırlığının, dikimden sonraki gün sayısına göre değişimi (Hata barları % 5 olasılık düzeyine göre yerleştirilmiştir).

Şekil 4.21. incelendiğinde, yüksek ve düşük sıcaklık şartlarında ışığın azalmasıyla birlikte oransal yaprak ağırlığının eğrisel olarak azaldığı görülmektedir. Bu azalma yüksek sıcaklık şartlarında gerçekleşen azalmadan daha az olmuştur.

Oransal yaprak ağırlığı yüksek ışık şartlarında sıcaklığın azalmasıyla beraber doğrusal olarak artmıştır.

Oransal yaprak ağırlığı düşük ışık şiddetinde sıcaklık ne olursa olsun (14-30 °C) hemen hemen sabit kalmış, yani düşük ışık şartlarında sıcaklığın değişmesi oransal yaprak ağırlığı üzerine önemli bir etki yapmamıştır.

Şekil 4.22. incelendiğinde, 1. dikim döneminde (a) oransal yaprak ağırlığının dikimden itibaren devamlı olarak azaldığı, 2. ve 3. dikim dönemlerinde (b ve c) yine azalmayla beraber dalgalanmaların olduğu görülmektedir. 4. dikim döneminde (d) hafif bir artış olduktan sonra oransal yaprak ağırlığı hemen hemen sabit kalmıştır.

Birinci dikim döneminde (a) oransal yaprak ağırlığı bakımından I., III. ve IV. ortamlar ve II. ortam ile IV. ortam arasında, 2. dikim döneminde (b) II. ortam ile IV. ortam ve I. ortam ile III. ortam arasında, 3. ve 4. dikim dönemlerinde (c ve d) ortamlar arasında istatistiksel olarak fark bulunamamıştır. 4. dikim döneminde 66. günde I. ortam ve II. ortam ile III. ortam arasında istatistiksel olarak fark bulunmuştur.

Sonuç olarak yüksek ışık koşullarında sıcaklığın artması oransal yaprak ağırlığını artırırken, düşük ışık koşullarında pek etkisi olmamıştır. Genel olarak zamanla oransal yaprak ağırlığının azaldığı da belirlenmiştir.

Yapılan çalışmalar, genel olarak oransal yaprak ağırlığının sıcaklık, gün uzunluğu ve toprak faktörlerinin etkisi altında değişiklik gösterdiğini ortaya koymuştur (**Evans, 1972**). Buna karşılık **Fitter ve Hay (1987)** domatestte büyüme parametreleri üzerine yaptıkları araştırmalarında oransal yaprak ağırlığının sıcaklığa karşı duyarlılık göstermediğini bildirerek, oransal yaprak ağırlığının ışığı fazla seven ve az seven bitki türlerine göre değişik karşılık verdiğini ifade etmişlerdir. Bizim çalışmamızda da düşük ışık koşullarında oransal yaprak ağırlığı sıcaklık değişimlerinden etkilenmemiştir.

Uzun (1996) domates ve patlıcan bitkilerinde yaptığı çalışmasında bitki yaşıyla birlikte oransal yaprak ağırlığında azalmanın meydana geldiğini ve bu

azalmanın yüksek ışık koşullarında yetişen bitkilerde düşük ışık koşullarında yetişenlerden daha hızlı olduğunu belirtmiştir. Araştırmacı düşük ışık koşullarında domates ve patlıcanın genellikle vejetatif büyüdüğünü, gövdede daha az kuru madde birikiminin söz konusu olduğunu ve oransal yaprak ağırlığının arttığını kaydetmiştir. **Ofluoğlu (2000)**'da patlıcanda yaptığı çalışmasında oransal yaprak ağırlığının dikimden itibaren azaldığını tespit etmiştir.

4.1.9.4. Özgöl Yaprak Alanı (ÖYA)

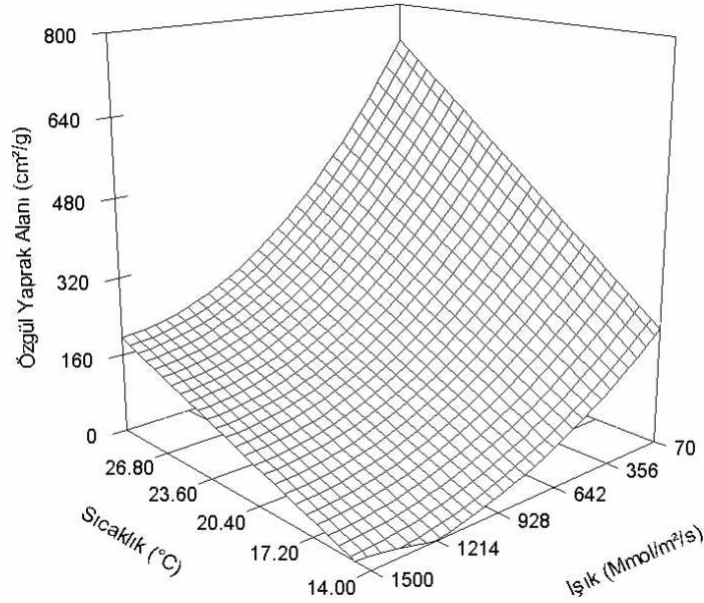
Özgöl yaprak alanı ile sıcaklık ve ışık arasındaki ilişkileri ortaya koymak amacıyla yapılan regresyon analizi sonucunda özgöl yaprak alanı ile sıcaklık ve ışık şiddeti arasındaki ilişkinin derecesi (r^2) 0.97 olarak önemli bulunmuş ve denklemi Eşitlik 4.12'de verilmiştir.

$$\text{ÖYA} = -192.65 + 32.20 \times S - 0.025 \times S \times I + 8.14E^{-06} \times S \times I^2 \dots\dots\dots 4.12$$

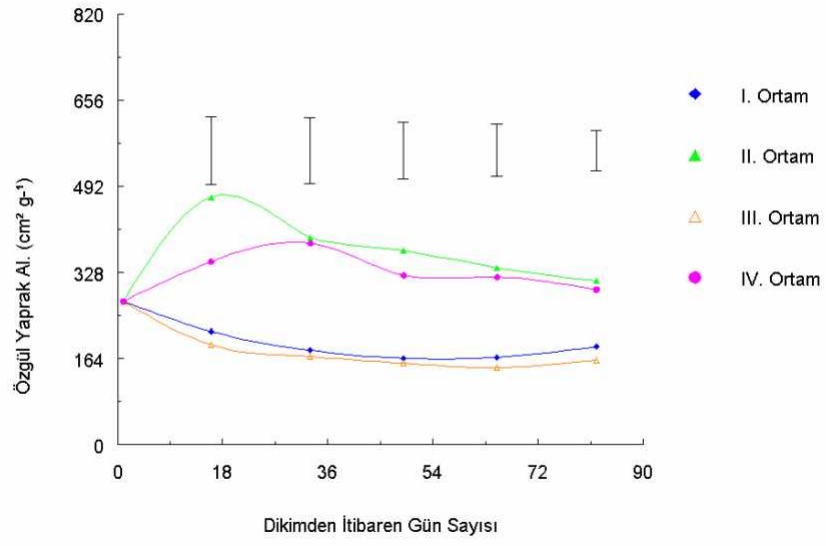
$$SH = (38.56)^{**} (2.47)^{***} (0.0029)^{***} (1.65E^{-06})^{**}$$

$$r^2 = 0.97$$

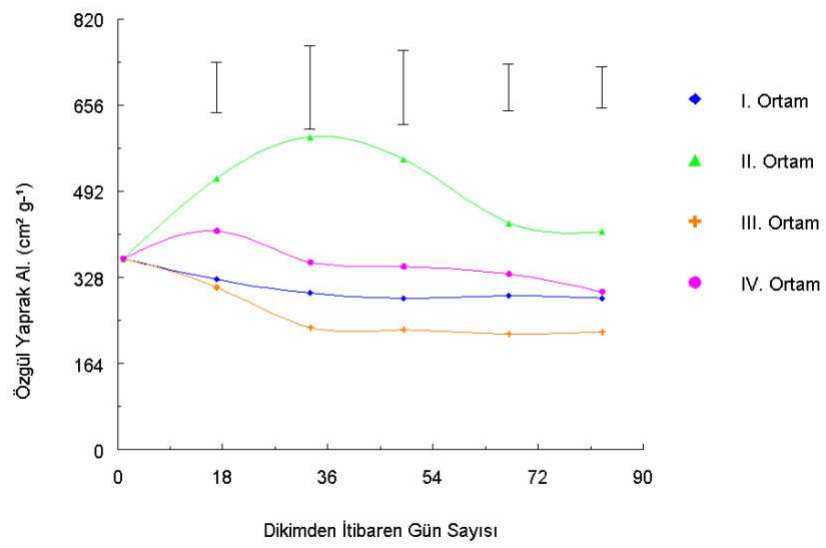
Işık ve hava sıcaklığının bitki özgöl yaprak alanı üzerine etkisi **Şekil 4.23.**'de ve farklı dikim dönemlerindeki ortamlara göre bitki özgöl yaprak alanının, yetiştirme dönemi boyunca değişimi de **Şekil 4.24.**'de gösterilmiştir.



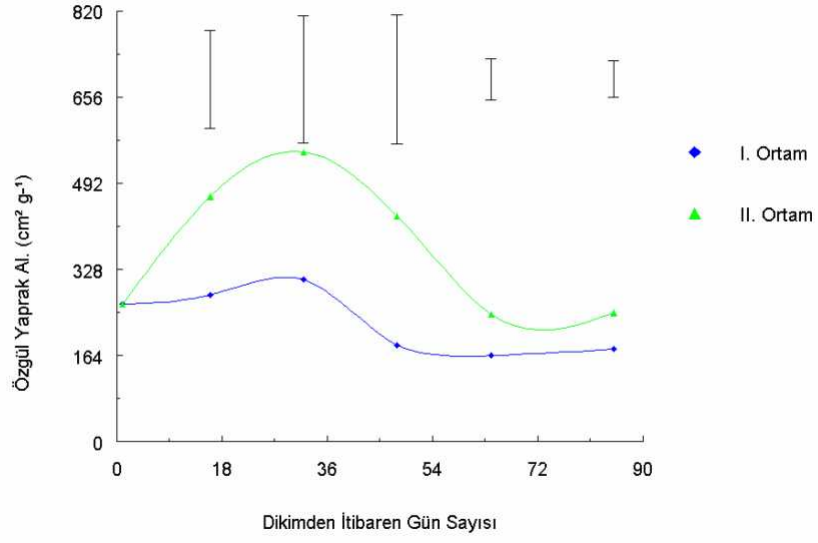
Şekil 4.23. Işık (Mmol/m²/s) ve hava sıcaklığına (°C) bağlı olarak biber bitkisinde özgöl yaprak alanının (cm²/g) değişimi



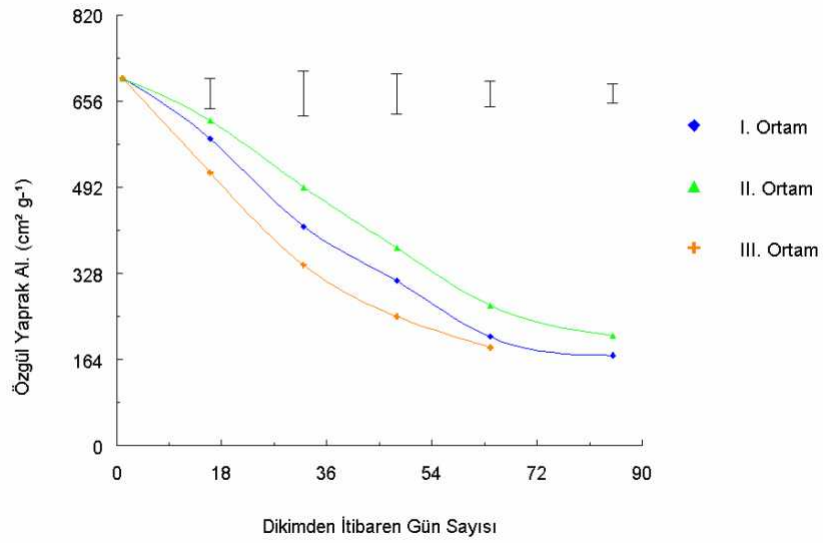
(a)



(b)



(c)



(d)

Şekil 4.24. Dört farklı dikim döneminde (a: 1. Dönem, b: 2. Dönem, c: 3. Dönem ve d: 4. Dönem) günlük ortalama sıcaklık ($^{\circ}\text{C}$) ve ışık ($\text{Mmol/m}^2/\text{s}$) bakımından farklı ortamlarda bitki özgül yaprak alanının (cm^2/g), dikimden sonraki gün sayısına göre değişimi (Hata barları % 5 olasılık düzeyine göre yerleştirilmiştir).

Şekil 4.23. incelendiğinde, yüksek sıcaklık şartlarında ışığın azalmasıyla beraber özgül yaprak alanının yaklaşık olarak $160 \text{ cm}^2/\text{g}$ 'dan $720 \text{ cm}^2/\text{g}$ 'a kadar eğrisel olarak arttığı görülmektedir.

Düşük sıcaklık şartlarında da azalan ışıkla beraber özgül yaprak alanında eğrisel olarak artış belirlenmiş, ancak buradaki artış yüksek sıcaklıkta gerçekleşen artıştan daha az olmuştur.

Işığın düşük olduğu koşullarda sıcaklığın artmasıyla beraber özgül yaprak alanı da yaklaşık olarak $240 \text{ cm}^2/\text{g}$ 'dan $720 \text{ cm}^2/\text{g}$ 'a kadar doğrusal olarak artmıştır.

Özgül yaprak alanı ışığın yüksek olduğu koşullarda artan sıcaklıkla beraber doğrusal olarak artmıştır.

Sıcaklıkla ışığın özgül yaprak alanı üzerine interaktif bir etkisi de bulunmuştur.

Düşük ışık yüksek sıcaklık koşullarında en yüksek özgül yaprak alanı oluşurken, en düşük özgül yaprak alanı ise yüksek ışık düşük sıcaklık koşullarında oluşmuştur.

Şekil 4.24. incelendiğinde, 1. ve 2. dikim dönemlerinde (a ve b) özgül yaprak alanı bakımından ortamlar birbirleriyle hemen hemen benzer seyir izlemişlerdir. II. ve IV. ortamlarda özgül yaprak alanı dikimden itibaren önce artıp sonra azalırken, I. ve III. ortamlarda azalmıştır. 3. dikim dönemindeki (c) ortamlarda da özgül yaprak alanında önce artma sonra azalma gerçekleşirken, 4. dikim döneminde devamlı olarak azalma olmuştur.

Birinci dikim döneminde (a) özgül yaprak alanı bakımından I. ortam ile III. ortam ve II. ortam ile IV. ortam arasında, 2. dikim döneminde I., III. ve IV. ortamlar arasında ve 3. ve 4. dikim dönemlerinde (c ve d) ortamlar arasında istatistiksel olarak fark bulunamamıştır. 4. dikim döneminde 66. günde II. ortam ile III. ortam arasında istatistiksel olarak fark bulunmuştur.

Sonuç olarak özgül yaprak alanı ile oransal yaprak alanı birbirleriyle yakın ilişki içerisinde. Yani ışık yoğunluğu ve sıcaklıkta olan değişimler özgül yaprak alanını aynı şekilde etkilemiştir. En yüksek özgül yaprak alanı düşük ışık ve yüksek sıcaklık koşullarında, en düşük özgül yaprak alanı yüksek ışık ve

düşük sıcaklık şartlarında kaydedilmiştir. Genellikle zamanla (bitki yaşı ilerledikçe) özgül yaprak alanı azalmıştır.

Özgül yaprak alanı değerinin yüksek olması, yaprak yüzey alanının fazla olduğunu ve bu bitkilerin üst yaprakları alt yaprakları gölgeleyeceğinden fotosentetik etkinliğin düşük olduğunu yani bitkilerin fotosentetik aktif radyasyondan yeterince yararlanamadığını söyleyebiliriz. Özgül yaprak alanı değerinin düşük olması (düşük sıcaklık ve yüksek ışık şartları) durumunda ise bu bitkilerin fotosentetik aktif radyasyondan diğerlerine göre daha fazla faydalandığını ve bunun sonucunda kuru madde birikiminin yüksek olduğunu ifade edebiliriz..

Uzun (1996) domates ve patlıcanda düşük sıcaklıklarda oransal yaprak alanında meydana gelen azalmaya, daha çok özgül yaprak alanının azalmasının neden olduğunu belirterek özgül yaprak alanı ile oransal yaprak alanı arasında önemli bir pozitif korelasyonun bulunduğunu kaydetmiştir. Ayrıca **Fitter ve Hay (1987)**'de domateste büyüme parametreleri üzerine yaptıkları araştırmalarda oransal yaprak alanındaki değişimlerin özellikle özgül yaprak alanındaki değişikliklerden kaynaklandığını bildirmişlerdir.

Birçok araştırmacı farklı bitki türlerinde yaptıkları çalışmalarda özgül yaprak alanının sıcaklıkla doğru ve ışıkla ters orantılı olarak değiştiğini yani özgül yaprak alanının artan sıcaklıklarla arttığını fakat artan ışık yoğunluğu ile azaldığını bildirmişlerdir (**Charles-Edwards, 1979; Charles-Edwards ve ark., 1986; Heuvelink, 1989; Uzun, 1996**). Ayrıca **De Koning (1991)** ve **Uzun (1996)** farklı bitki türlerinde yaptıkları araştırmalarda özgül yaprak alanının yetiştirme dönemi boyunca (dikiimden sonra gün sayısının artmasıyla) azaldığını ifade etmişlerdir.

Bu araştırmadan çıkan sonuçlar, önceki yapılan çalışmaların sonuçlarıyla paralellik göstermiştir.

4.1.9.5. Oransal Yaprak Alanı (YAO)

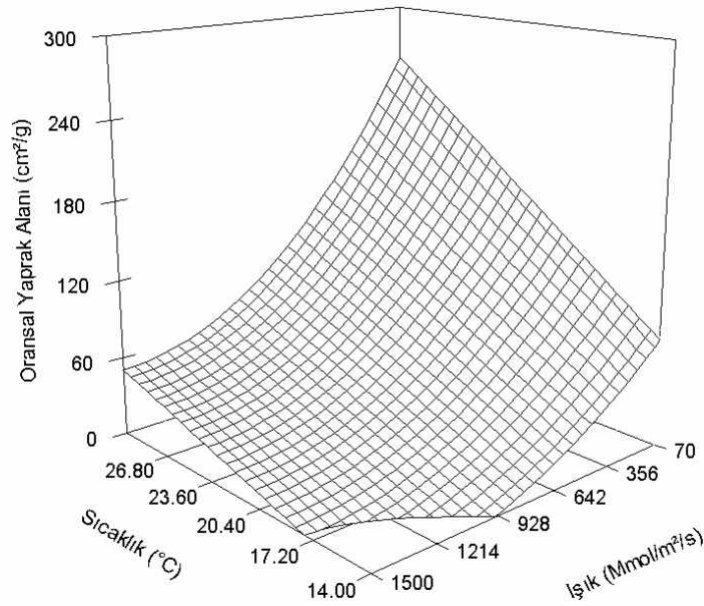
Değişik ortamlarda yetiştirilen bitkilerin oransal yaprak alanlarıyla yapılan regresyon analizi sonucunda oransal yaprak alanı ile sıcaklık ve ışık şiddeti arasındaki ilişkinin derecesi (r^2) 0.90 olarak önemli bulunmuş ve denklemi Eşitlik 4.13'de verilmiştir.

$$YAO = -72.82 + 11.74 \times S - 0.010 \times S \times I + 3.33E^{-06} \times S \times I^2 \dots\dots\dots 4.13$$

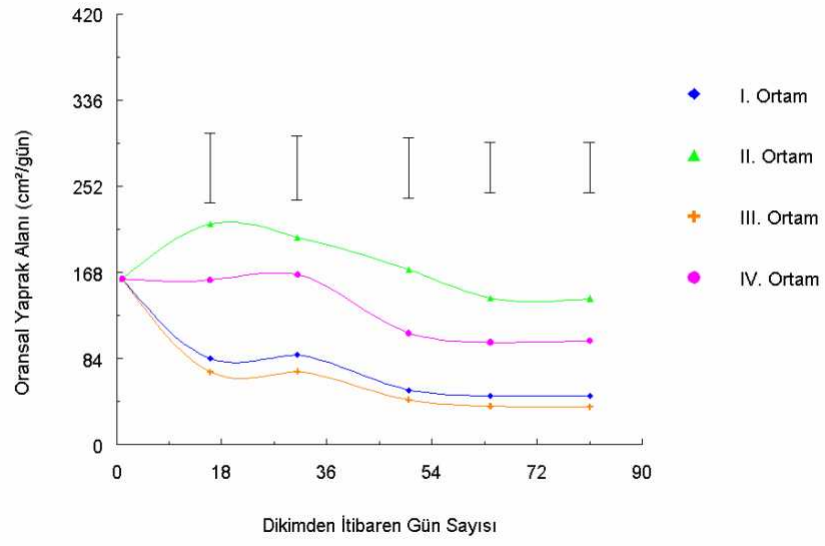
$$SH = (30.84)^* (1.98)^{***} (0.0024)^{**} (1.32E^{-06})^*$$

$$r^2 = 0.90$$

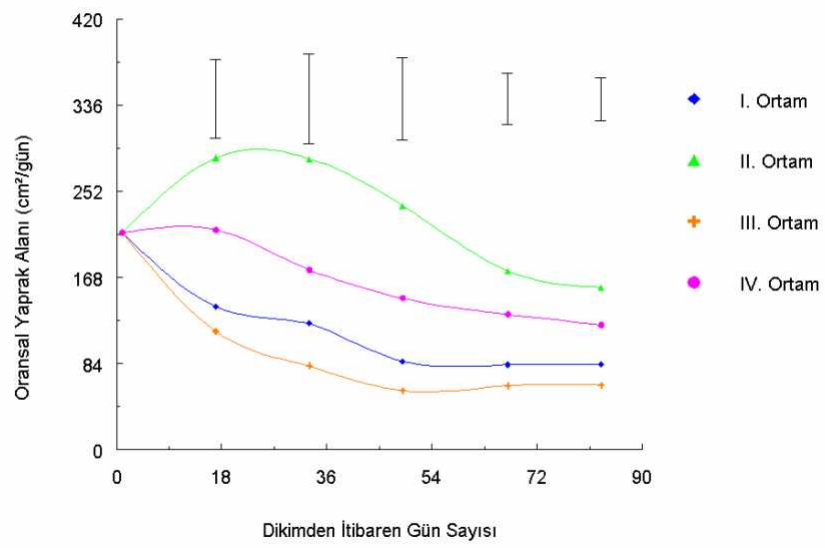
Işık ve hava sıcaklığının bitki oransal yaprak alanı üzerine etkisi **Şekil 4.25.**'de ve farklı dikim dönemlerindeki ortamlara göre biberde bitki oransal yaprak alanının, dikimden itibaren geçen zamana (gün) göre değişimi **Şekil 4.26.**'da gösterilmiştir.



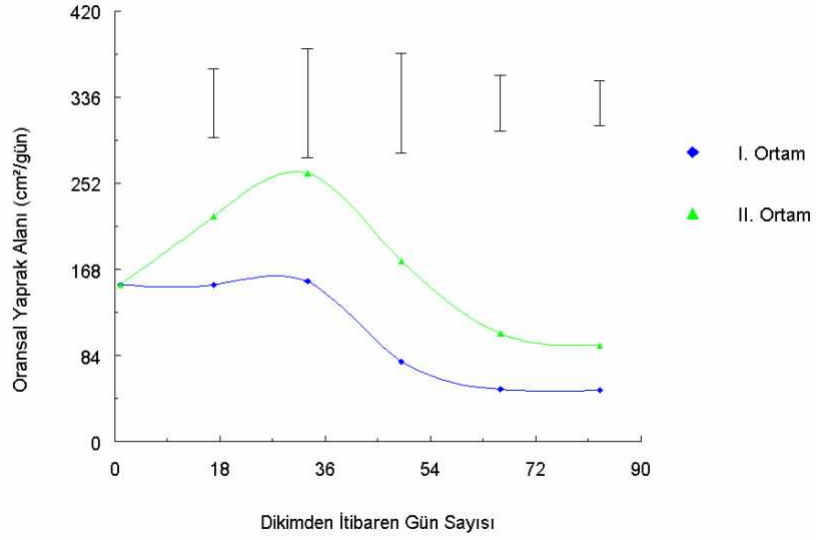
Şekil 4.25. Işık ($Mmol/m^2/s$) ve hava sıcaklığına ($^{\circ}C$) bağlı olarak biber bitkisinde oransal yaprak alanının (cm^2/g) değişimi



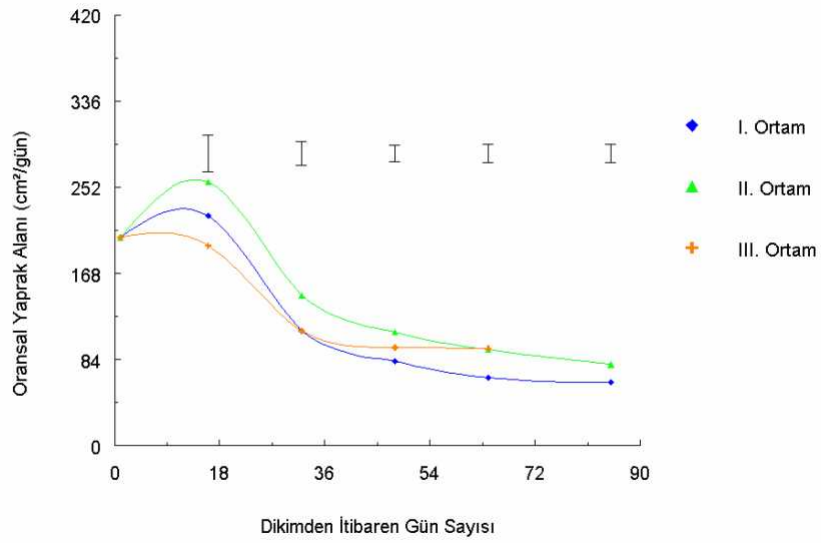
(a)



(b)



(c)



(d)

Şekil 4.26. Dört farklı dikim döneminde (a: 1. Dönem, b: 2. Dönem, c: 3. Dönem ve d: 4. Dönem) günlük ortalama sıcaklık ($^{\circ}\text{C}$) ve ışık ($\text{Mmol/m}^2/\text{s}$) bakımından farklı ortamlarda bitki oransal yaprak alanının (cm^2/g), dikimden sonraki gün sayısına göre değişimi (Hata barları % 5 olasılık düzeyine göre yerleştirilmiştir).

Şekil 4.25. incelendiğinde, yüksek sıcaklık şartlarında ışığın azalmasıyla beraber oransal yaprak alanının yaklaşık olarak $60 \text{ cm}^2/\text{g}$ 'dan $255 \text{ cm}^2/\text{g}$ 'a kadar eğrisel olarak arttığı görülmektedir.

Düşük sıcaklık şartlarında da azalan ışıkla beraber oransal yaprak alanında eğrisel olarak artış belirlenmiştir, ancak buradaki artış yüksek sıcaklıkta gerçekleşen artıştan daha az olmuştur.

Işığın düşük olduğu koşullarda sıcaklığın artmasıyla beraber oransal yaprak alanı da yaklaşık olarak $80 \text{ cm}^2/\text{g}$ 'dan $255 \text{ cm}^2/\text{g}$ 'a kadar doğrusal olarak artmıştır.

Oransal yaprak alanı ışığın yüksek olduğu koşullarda artan sıcaklıkla beraber doğrusal olarak artmıştır.

Sıcaklıkla ışığın oransal yaprak alanı üzerine interaktif bir etkisi de bulunmuştur.

Düşük ışık yüksek sıcaklık koşullarında en yüksek oransal yaprak alanı oluşurken, en düşük oransal yaprak alanı ise yüksek ışık düşük sıcaklık koşullarında oluşmuştur.

Şekil 4.26. incelendiğinde, 1. ve 2. dikim dönemlerinde (a ve b) oransal yaprak alanı bakımından ortamlar birbirleriyle benzer seyir izlemişlerdir. II. ve IV. ortamlarda oransal yaprak alanı dikimden itibaren önce artıp sonra azalırken, I. ve III. ortamlarda devamlı olarak azalmıştır. 3. ve 4. dikim dönemlerindeki (c ve d) ortamlarda da oransal yaprak alanında önce artma (3. dikim döneminde 33. güne kadar, 4. dikim döneminde 16. güne kadar) sonra azalma gerçekleşmiştir.

Birinci dikim döneminde (a) oransal yaprak alanı bakımından I. ortam ile III. ortam ve II. ortam ile IV. ortam arasında, 2. dikim döneminde (b) I. ortam ile III. ortam, II. ortam ile IV. ortam ve I. ortam ile IV. ortam arasında 3. ve 4. dikim dönemlerinde (c ve d) ortamlar arasında istatistiksel olarak fark bulunamamıştır.

Sonuç olarak en yüksek oransal yaprak alanı düşük ışık ve yüksek sıcaklık koşullarında, en düşük oransal yaprak alanı yüksek ışık ve düşük sıcaklık şartlarında kaydedilmiştir. Genellikle zamanla (bitki yaşı ilerledikçe) oransal yaprak alanı azalmıştır.

Yüksek sıcaklık ve düşük ışık koşullarında yetiştirilen bitkilerde yaprak yüzey alanının artması ve toplam vejetatif kuru maddenin azalması sonucunda oransal yaprak alanının arttığı söylenebilir. Bu konuda yapılan çalışmalarda sıcaklık artışının oransal yaprak alanını artırdığı (**Hunt ve ark., 1984; Picken ve ark., 1986; Heuvelink, 1989; Uzun, 1996**) ve ışık yoğunluğu artışının oransal yaprak alanını önemli derecede azalttığı (**Picken ve ark.,1986; Bruggink, 1992; Uzun, 1996**) belirtilmektedir.

Heuvelink (1989) domateste ve **Uzun (1996)** domates ve patlıcanda, büyümede meydana gelen azalmanın, düşük sıcaklıkların oransal yaprak alanını azaltmasından kaynaklandığını belirtmişlerdir.

Charles-Edwards (1979) ve **Uzun (1996)** oransal yaprak alanının, bitki yaşının artmasıyla azalma gösterdiğini bildirmişlerdir.

Bizim bulgularımızla diğer araştırmacıların sonuçları uyum içerisindedir.

4.1.9.6. Yaprak Kalınlığı (YK)

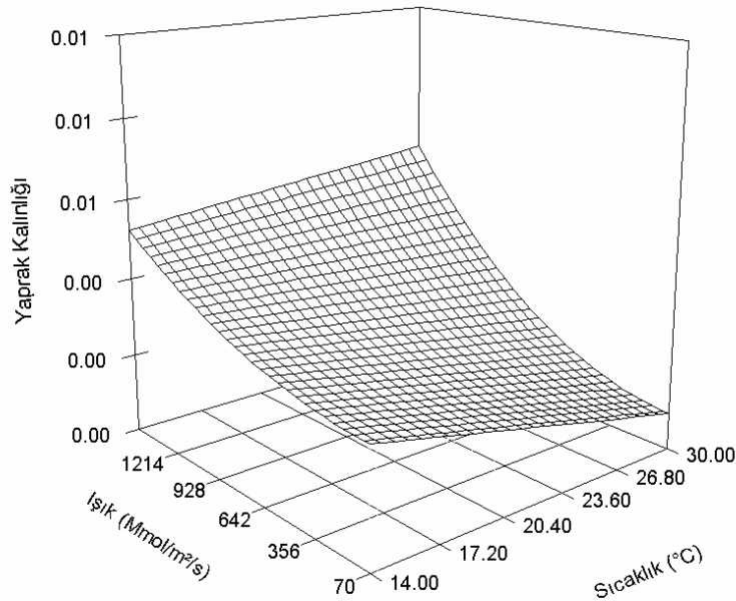
Yaprak kalınlığı ile sıcaklık ve ışık arasındaki ilişkileri ortaya koymak amacıyla yapılan regresyon analizi sonucunda yaprak kalınlığı ile sıcaklık ve ışık şiddeti arasındaki ilişkinin derecesi (r^2) 0.93 olarak önemli bulunmuş ve denklemi Eşitlik 4.14'de verilmiştir.

$$YK = 0.0055 + 7.65E^{-11} S \times I^2 - 0.00012 \times S \dots\dots\dots 4.14$$

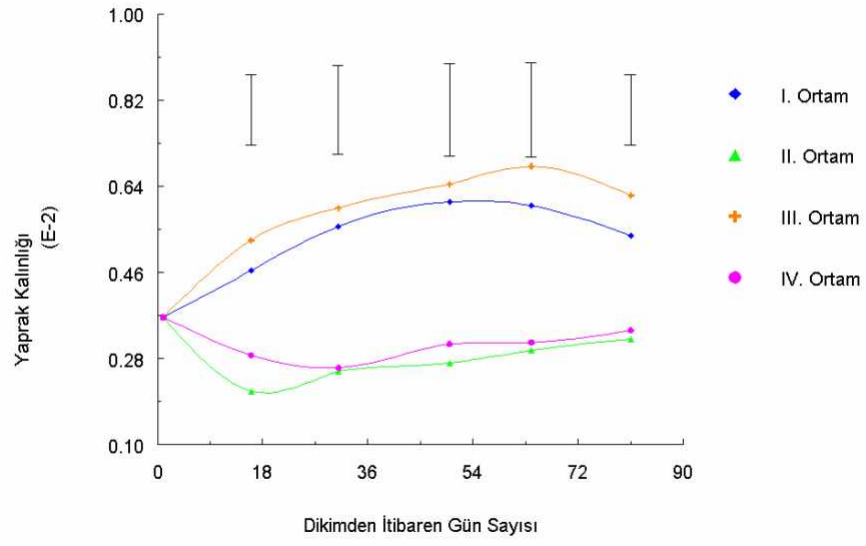
$$SH = (0.0007)^{***} (7.53E^{-12})^{***} (3.37E^{-05})^{**}$$

$$r^2 = 0.93$$

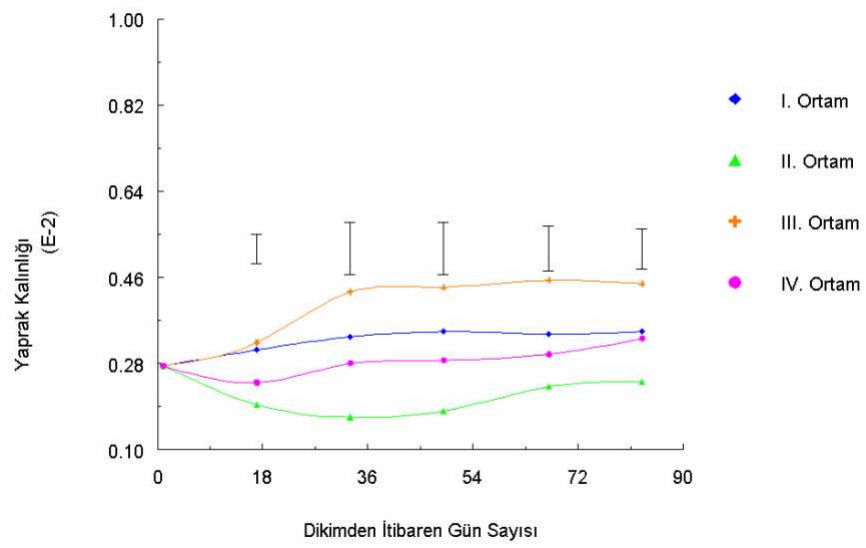
Bitki yaprak kalınlığı üzerine ışık ve hava sıcaklığının etkisi **Şekil 4.27.**'de ve farklı dikim dönemlerindeki ortamlara göre yetiştirme dönemi boyunca bitki yaprak kalınlığının değişimi de **Şekil 4.28.**'de gösterilmiştir.



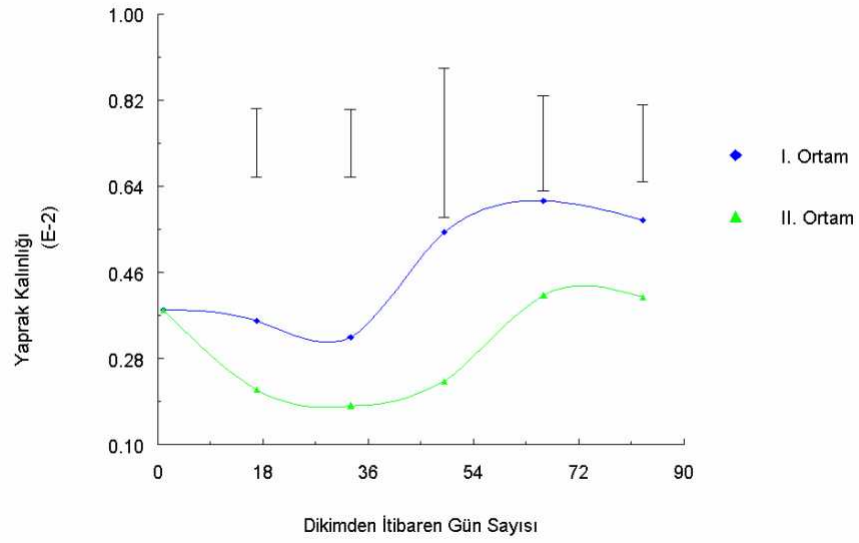
Şekil 4.27. Işık ($Mmol/m^2/s$) ve hava sıcaklığına ($^{\circ}C$) bağlı olarak biber bitkisinde yaprak kalınlığının değişimi



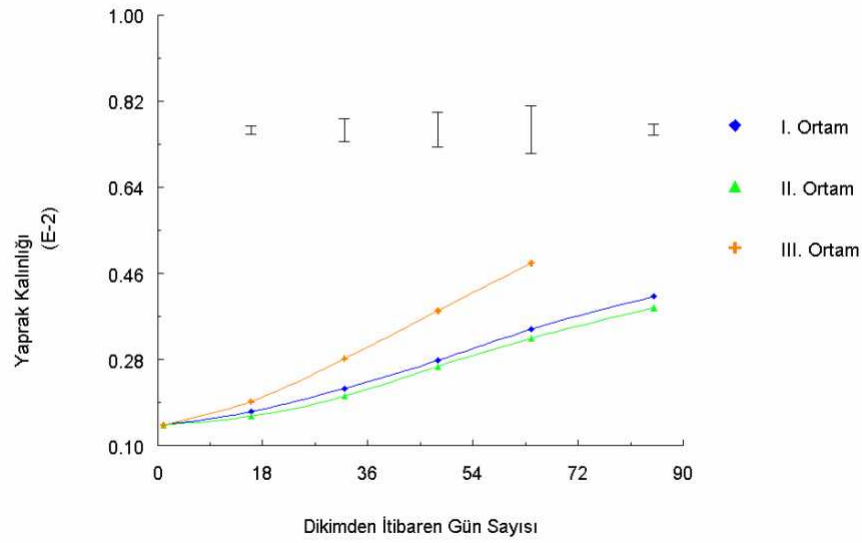
(a)



(b)



(c)



(d)

Şekil 4.28. Dört farklı dikim döneminde (a: 1. Dönem, b: 2. Dönem, c: 3. Dönem ve d: 4. Dönem) günlük ortalama sıcaklık ($^{\circ}\text{C}$) ve ışık ($\text{Mmol/m}^2/\text{s}$) bakımından farklı ortamlarda bitki yaprak kalınlığının, dikimden sonraki gün sayısına göre % 5 olasılık düzeyine göre yerleştirilmiştir).

Şekil 4.27. incelendiğinde, yaprak kalınlığının yüksek sıcaklık şartlarında azalan ışıkla beraber azaldığı görülmektedir.

Düşük sıcaklık şartlarında da ışığın azalmasıyla beraber yaprak kalınlığında eğrisel olarak azalma görülmüş ancak buradaki azalma yüksek sıcaklık şartlarında gerçekleşen azalmadan daha az olmuştur.

Yüksek ışık şartlarında sıcaklığın artmasıyla birlikte yaprak kalınlığında çok hafif bir artış tespit edilmiştir. Buna karşılık düşük ışık koşullarında sıcaklığın artması yaprak kalınlığını azaltmıştır.

Sıcaklıkla ışığın yaprak kalınlığı üzerine interaktif bir etkisi de bulunmuştur.

En yüksek yaprak kalınlığı yüksek ışık yüksek sıcaklık şartlarında oluşurken, en düşük yaprak kalınlığı düşük ışık yüksek sıcaklık koşullarında oluşmuştur.

Şekil 4.28. incelendiğinde, 1. dikim döneminde yaprak kalınlığının III. ve I. ortamlarda (yüksek sıcaklık, yüksek ışık) dikimden itibaren 66. güne kadar arttığı ve sonra azaldığı, II. ve IV. ortamlarda (düşük ışık yüksek sıcaklık) ise önce azalıp (33. güne kadar) sonra az da olsa arttığı görülmektedir. 2. dikim döneminde yaprak kalınlığı 33. güne kadar III. ortamda artmış, II. ortamda azalmış, I. ve IV. ortamlarda hemen hemen sabit kalmıştır. Bu dikim döneminde yaprak kalınlığı bütün ortamlarda vejetasyon sonuna doğru yaklaşık sabit bir seyir izlemiştir. 3. dikim döneminde yaprak kalınlığı 33. güne kadar azalmış, sonra 66. güne kadar artmış ve sonra tekrar az da olsa azalmıştır. IV. dikim döneminde yaprak kalınlığında devamlı olarak artış olmuştur.

Birinci dikim döneminde (a) yaprak kalınlığı bakımından I. ortam ile III. ortam ve II. ortam ile IV. ortam arasında, 2. dikim döneminde I. II. ve IV. ortamlar arasında ve I. ortam ile III. ortam arasında, 3. ve 4. dikim dönemlerinde (c ve d) ortamlar arasında istatistiksel olarak fark bulunamamıştır. 4. dikim döneminde 66. günde I. ortam ve II. ortam ile III. ortam arasında istatistiksel olarak fark bulunmuştur.

Sonuç olarak yüksek ışık yüksek sıcaklık ve yüksek ışık düşük sıcaklık şartlarında yaprak kalınlığı en yüksek değerine ulaşmıştır. Yaprak kalınlığının yüksek ışık ve yüksek sıcaklık şartlarında artmasının nedeni bu şartlarda bitki yapraklarında stomal rezistansın artması sonucunda fotosentezde üretilen kuru maddenin

yapraklarda daha fazla birikmesi (**Uzun 1996**) ve yaprak yüzey alanının artmamasından kaynaklandığı söylenebilir. Yaprak kalınlığının yüksek ışık ve düşük sıcaklıklarda artmasının; bu şartlarda vejetatif büyümenin az olması sonucunda fotosentezde üretilen kuru maddenin yapraklarda fazla birikmesinden kaynaklandığı söylenebilir.

Eser (1986) ve **Kevseroğlu (1999)**, bol ışıklı yerlerde büyüyen bitkilerin yaprak hücre zarlarının ve kutikula katının kalınlaştığını, yaprakların daralıp ve dikleştiğini, yaprak yüzeyinde hücre ve stoma sayısının arttığını bildirmiştir. Araştırmacılar, bu bitkilerin birim yaprak alanında, az ışıklı yerde yetişen bitkiye oranla 2,5 katı kadar fazla kuru madde meydana getirdiğini ve ayrıca bu bitkilerin yapraklarının daha kalın olduğunu da belirtmiştir.

Picken ve ark. (1986) ışığın bitkideki kuru madde dağılımı üzerine çok önemli etkisinin olduğunu belirterek ışık yoğunluğunun artması ile özgül yaprak alanının önemli derecede azaldığını ve yaprak kalınlığının artan ışık miktarıyla arttığını tespit etmişlerdir. **Heuvelink (1989)**'de domatestede yaprak doku sıcaklığının sabit kaldığını varsayarak, artan sıcaklık ve azalan ışık yoğunluğunda yaprak kalınlığının azaldığını belirtmiştir. Domatestede yaprak kalınlığının artan ışık miktarıyla arttığı **Uzun (1996)** tarafından da ortaya konmuştur.

4.1.9.7. Net Asimilasyon Oranı (NAO)

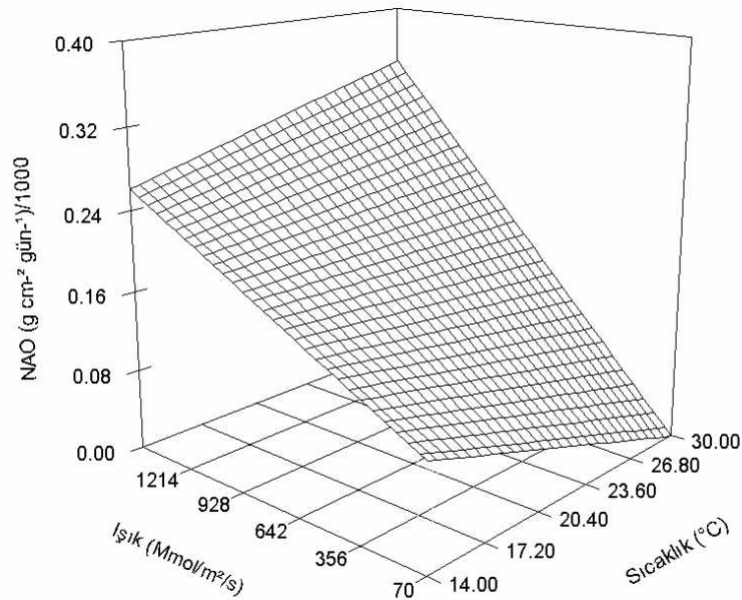
Net asimilasyon oranı ile sıcaklık ve ışık arasındaki ilişkileri ortaya koymak amacıyla yapılan Regresyon analizi sonucunda net asimilasyon oranı ile sıcaklık ve ışık şiddeti arasındaki ilişkinin derecesi (r^2) 0.95 olarak önemli bulunmuş ve denklemi Eşitlik 4.15’de verilmiştir.

$$NAO = 0.19 + 7.98E^{-06} \times S \times I - 0.0069 \times S \dots\dots\dots 4.15$$

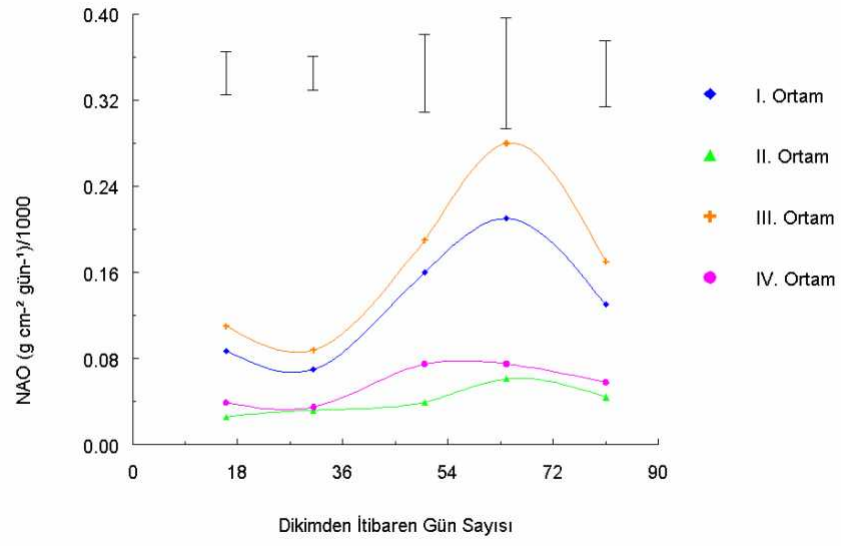
$$SH = (0.040)^{**} (7.4E^{-07})^{***} (0.0021)^{*}$$

$$r^2 = 0.95$$

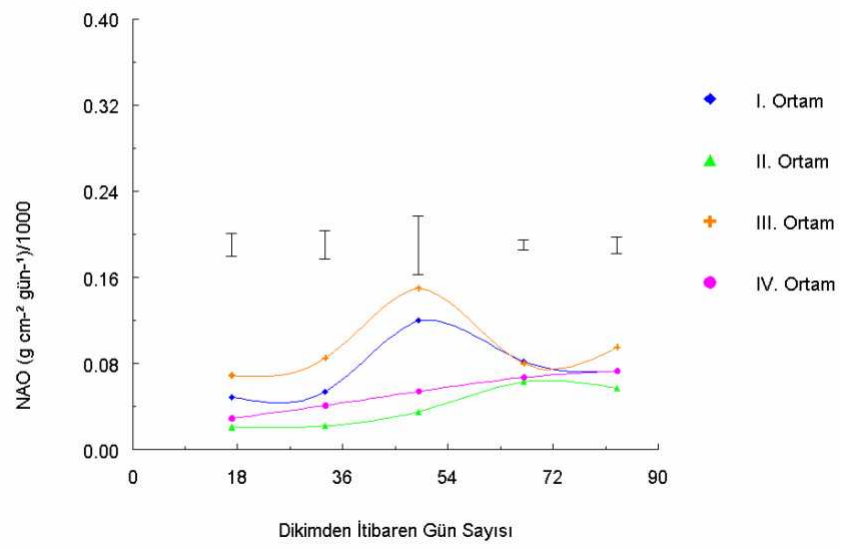
Işık ve hava sıcaklığının bitki net asimilasyon oranı üzerine etkisi **Şekil 4.29.**’da ve farklı dikim dönemlerindeki ortamlara göre biber bitkisinde net asimilasyon oranının, dikimden itibaren geçen zamana (gün) göre değişimi **Şekil 4.30.**’da gösterilmiştir.



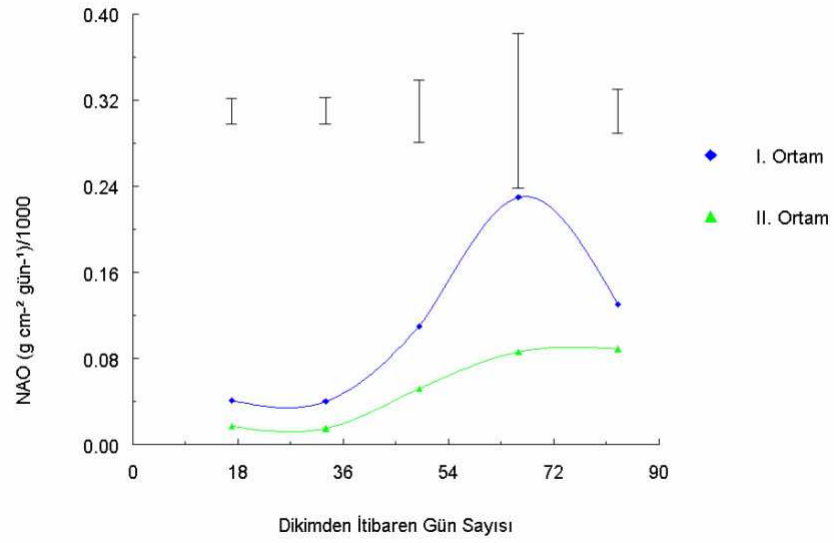
Şekil 4.29. Işık ($Mmol/m^2/s$) ve hava sıcaklığına ($^{\circ}C$) bağlı olarak biber bitkisinde net asimilasyon oranının ($g/cm^2/gün$)/1000 değişimi



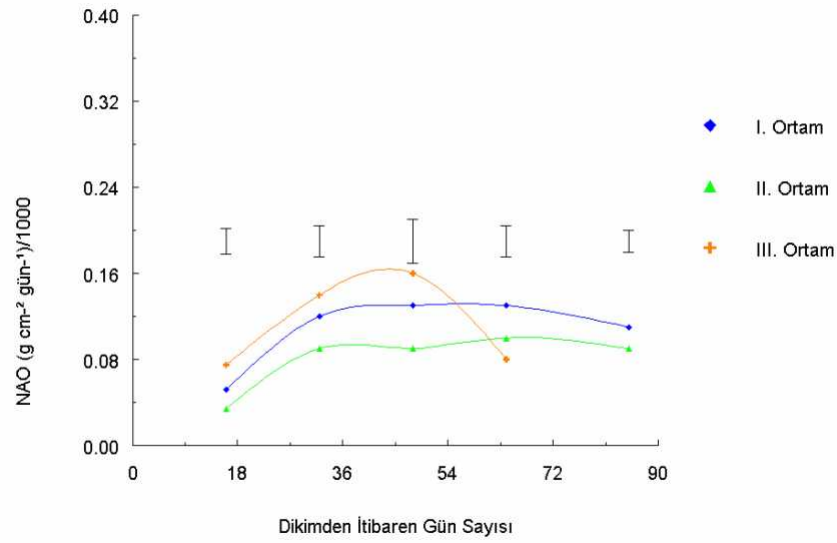
(a)



(b)



(c)



(d)

Şekil 4.30. Dört farklı dikim döneminde (a: 1. Dönem, b: 2. Dönem, c: 3. Dönem ve d: 4. Dönem) günlük ortalama sıcaklık ($^{\circ}\text{C}$) ve ışık ($\text{Mmol/m}^2/\text{s}$) bakımından farklı ortamlarda net asimilasyon oranının ($\text{g/cm}^2/\text{gün}$)/1000, dikimden sonraki gün sayısına göre değişimi (Hata barları % 5 olasılık düzeyine göre yerleştirilmiştir).

Her türlü sıcaklık şartlarında ışığın azalması ile net asimilasyon oranı ile doğrusal olarak azalmıştır. Bu azalmanın yüksek sıcaklık şartlarında daha hızlı olduğu Şekil 4.29'da görülmektedir.

Yüksek ışık koşullarında sıcaklığın 14 °C'den 30 °C'ye doğru artmasıyla net asimilasyon oranında doğrusal artış meydana gelirken, düşük ışık koşullarında sıcaklığın artmasıyla net asimilasyon oranında doğrusal olarak azalma gerçekleşmiştir. Yani sıcaklıkla ışığın net asimilasyon oranı üzerine interaktif etkisi de söz konusu olmuştur.

Yüksek ışık yüksek sıcaklık şartlarında en yüksek net asimilasyon oranı gerçekleşmişken en düşük net asimilasyon oranı yüksek sıcaklık düşük ışık şartlarında gerçekleşmiştir.

Şekil 4.30. incelendiğinde, ışık şiddetinin ve sıcaklığın yüksek olduğu durumlarda (1.dikim dönemi (a), III. ve I. ortam) net asimilasyon oranının dikimden itibaren 33. güne kadar hafif bir azalma gösterdiği, 33. günden sonra hızlı bir şekilde arttığı, 66. günde en yüksek değerine ulaştığı ve vejetasyon sonuna doğru tekrar azaldığı görülmektedir. Işık şiddetinin düşük ve sıcaklığın 22-20 °C'ler arasında olduğu durumlarda (2. dikim dönemi (b) II. ve IV. ortam ve 3. dikim dönemi (c) II. ortam) net asimilasyon oranı 33. güne kadar hemen hemen sabit kalmış, 33. günden sonra az da olsa artmaya başlamıştır. Işık şiddetinin ve sıcaklığın çok düşük olduğu 4. dikim dönemi bitkilerine ait net asimilasyon oranı incelendiğinde 33. güne kadar artış olduğu ve daha sonra hemen hemen sabit kaldığı görülmektedir.

Birinci dikim döneminde (a) net asimilasyon oranı bakımından I. ortam ile III. ortam ve II. ortam ile IV. ortam arasında, 2. dikim döneminde (b) I., II., IV. ortamlar arasında ve 3. ve 4. dikim dönemlerinde (c ve d) ortamlar arasında istatistiksel olarak fark bulunmamıştır. 4. dikim döneminde 66. günde I. ortam ile III. ortam arasında istatistiksel olarak fark bulunmuştur.

Bitkilerde yaprak fotosentezinin net asimilasyon oranını etkileyen en önemli faktörlerden birisi olduğu kabul edilerek, yüksek ışık şiddetinde yetiştirilen bitkilerin düşük ışık şiddetinde yetiştirilenlere göre daha yüksek fotosentez oranına sahip olduğu belirtilmiştir (**Acock ve ark., 1978; Picken ve ark., 1986; Bruggink, 1992; Uzun, 1996**). **Uzun (1996)**, ayrıca yaprak

fotosentezinin bitki türüne bağlı olarak değişebileceğini ve domateslerde yaprak fotosentezinin bitki yaşının artmasıyla azaldığını tespit etmiştir. Birçok araştırmacı bunun sebebini yaprak alanının artmasıyla bitkinin kendini gölgelemesi sonucu yaprakların fotosentetik etkilerinin azalmasına, yaşlı yaprakların fotosentetik kapasitelerinin azalmasına, bitki üzerinde fotosentetik etkisi olmayan doku oranlarının artmasına bağlamıştır (**Charles-Edwards ve ark., 1986; Goudriaan ve Monteith, 1990; Hay ve Walker, 1989**).

Kürklü (1994), patlıcanda net asimilasyon oranının bitki gelişmesinin ilk devrelerinde zamana bağlı olarak arttığını, bu artışın yüksek sıcaklıklara göre düşük sıcaklık uygulamalarında daha yavaş olduğunu kaydetmiştir. **Uzun (1996)**, patlıcan ve domateste net asimilasyon oranının artan sıcaklık ve ışık şiddetiyle beraber arttığını ve zamanla azaldığını kaydetmiştir. **Bruggink ve Heuvelink (1987)**'de domates ve karanfil bitkilerinde net asimilasyon oranının artan ışıkla eğrisel olarak arttığını bildirmişlerdir.

Heuvelink (1989), sıcaklığın net asimilasyon oranı üzerine çok az etkiye sahip olduğunu, ancak çok yüksek veya çok düşük sıcaklıklarda net asimilasyon oranında önemli değişikliklerin olduğunu belirtmiştir.

4.1.9.8. Nispi Büyüme Hızı (NBH)

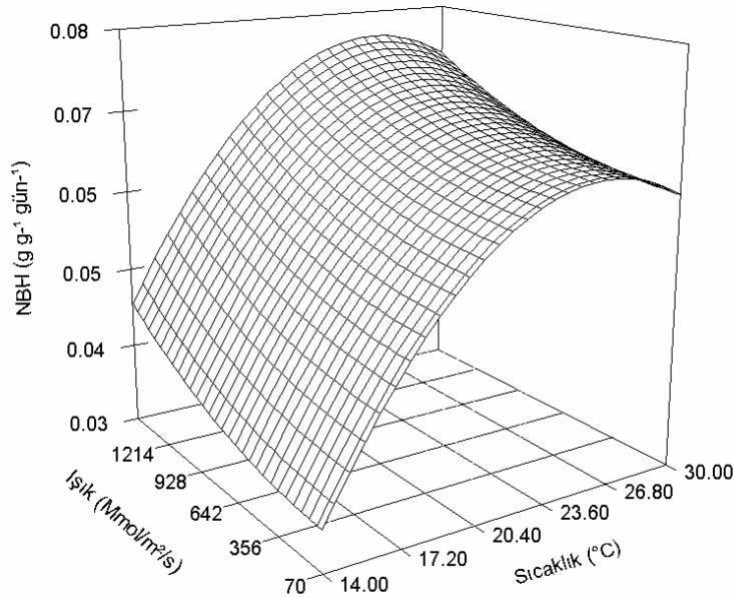
Değişik ortamlarda yetiştirilen bitkilerin nispi büyüme hızlarıyla yapılan regresyon analizi sonucunda nispi büyüme hızı ile sıcaklık ve ışık şiddeti arasındaki ilişkinin derecesi (r^2) 0.91 olarak önemli bulunmuş ve denklemi Eşitlik 4.16'da verilmiştir.

$$NBH = - 0.083 + 4.76E^{-09} \times I^2 - 0.00021 \times S^2 + 0.011 \times S \dots\dots\dots 4.16$$

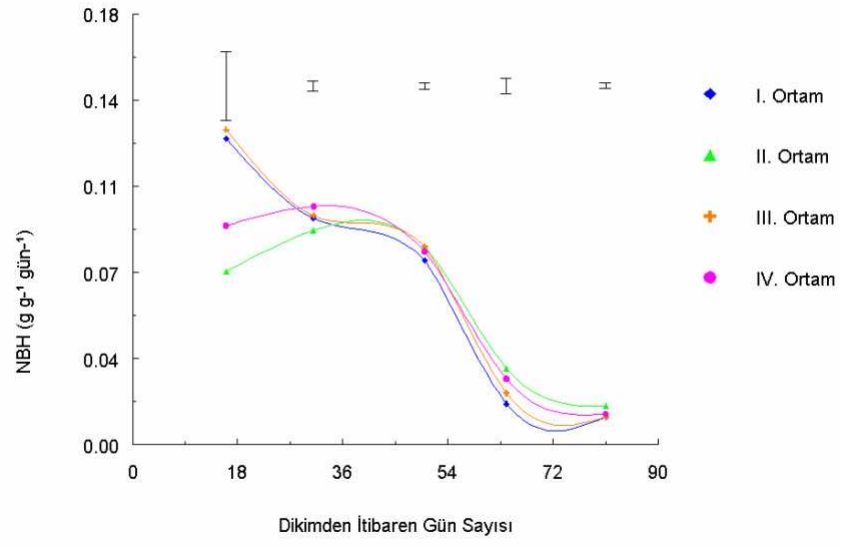
$$SH = (0.021)^{**} (1.97E^{-09})^* (5.04E^{-05})^{**} (0.0021)^{***}$$

$$r^2 = 0.91$$

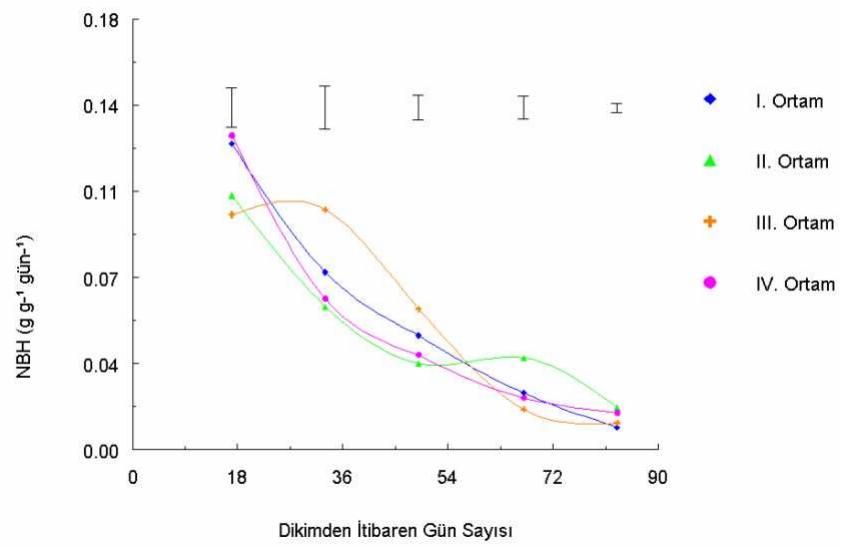
Bitki nispi büyüme hızı üzerine ışık ve hava sıcaklığının etkisi **Şekil 4.31.**'de ve farklı dikim dönemlerindeki ortamlara göre nispi büyüme hızının, dikimden itibaren geçen zamana (gün) göre değişimi de **Şekil 4.32.**'de verilmiştir.



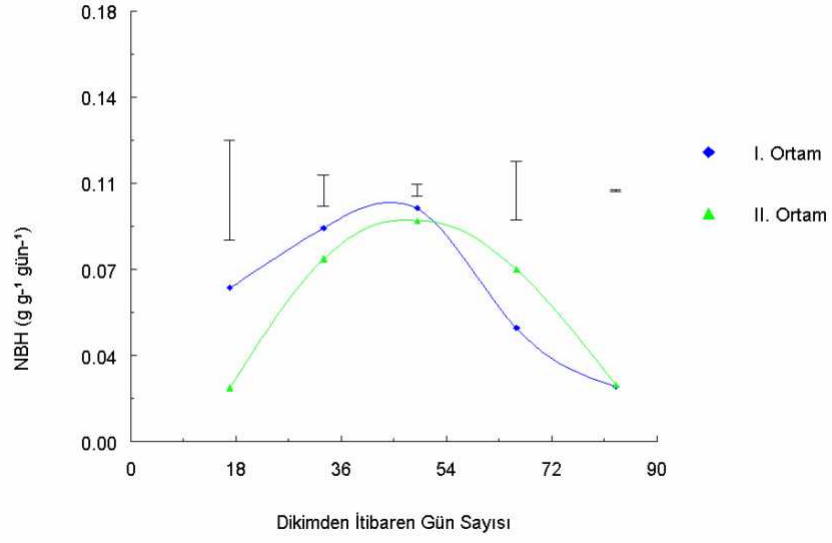
Şekil 4.31. Işık (Mmol/m²/s) ve hava sıcaklığına (°C) bağlı olarak biber bitkisinde nispi büyüme hızının (gg⁻¹gün⁻¹) değişimi



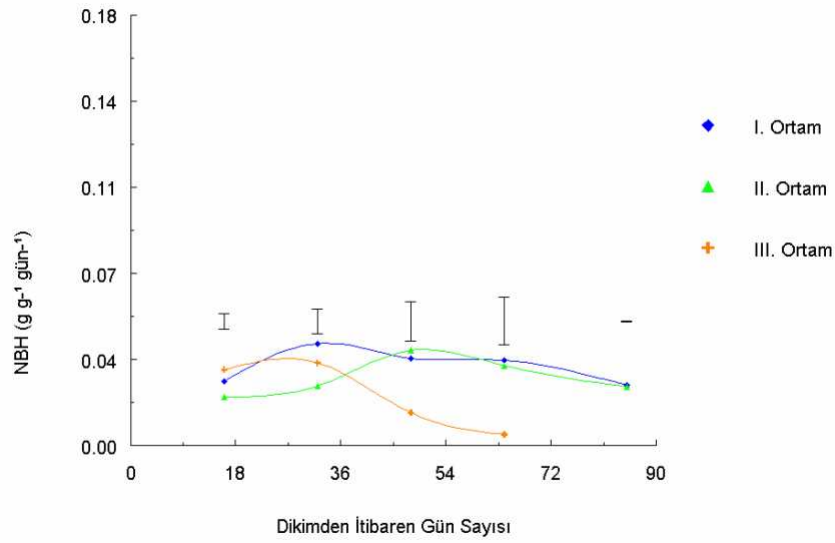
(a)



(b)



(c)



(d)

Şekil 4.32. Dört farklı dikim döneminde (a: 1. Dönem, b: 2. Dönem, c: 3. Dönem ve d: 4. Dönem) günlük ortalama sıcaklık (°C) ve ışık (Mmol/m²/s) bakımından farklı ortamlarda nispi büyüme hızının (gg⁻¹gün⁻¹), dikimden sonraki gün sayısına göre değişimi (Hata barları % 5 olasılık düzeyine göre yerleştirilmiştir).

Şekil 4.31. incelendiğinde, yüksek ışık koşullarında sıcaklığın (14 °C'den yaklaşık olarak 24 °C'ye kadar) artmaya başlamasıyla nispi büyüme hızının arttığı, 24 °C'de en yüksek değerine ulaştığı yaklaşık 24 °C'den sonra ise azaldığı görülmektedir.

Düşük ışık koşullarında da sıcaklığın artmasıyla (yaklaşık olarak 26 °C'ye kadar) birlikte nispi büyüme hızında önce bir artış olmuş daha sonra yine azalma gerçekleşmiştir.

Her türlü sıcaklık şartında ışığın artması NBH'ını artırmıştır. Bu artış yavaş ve kararlı trend izlemiştir.

En düşük nispi büyüme hızı düşük ışık düşük sıcaklık koşullarında oluşmuştur.

Şekil 4.32 incelendiğinde, 1. ve 2. dikim dönemlerinde (a ve b) nispi büyüme hızının dikimden itibaren geçen zamanla beraber önemli derecede azaldığı görülmektedir. 3. dikim döneminde (c) nispi büyüme hızı dikimden itibaren yaklaşık 50. güne kadar artmış, 50. günden sonra azalmıştır. 4. dikim döneminde 3. ortamda nispi büyüme hızı dikimden itibaren azalırken diğer iki ortamda önce çok az artmış sonra hafif de olsa azalmıştır.

Birinci dikim döneminde (a) nispi büyüme hızı bakımından II. ortam ile I. ve III. ortam arasında, 2. dikim döneminde (b) II. ortam ve IV. ortam ile I. ve III. ortam arasında, 4. dikim döneminde 66. günde I. ve II. ortam ile III. ortam arasında istatistiksel olarak fark bulunmuştur.

Sonuç olarak en düşük nispi büyüme hızı düşük ışık düşük sıcaklık koşullarında, en yüksek ise yüksek ışık 24 °C sıcaklıkta oluşmuştur ve nispi büyüme hızı zamanla azalmıştır.

Charles-Edwards ve ark. (1986) büyümeyi, bir bitkinin birim büyüklüğündeki kuru madde artışı veya bitki kısımlarının sayısal olarak artması şeklinde tarif etmişlerdir. Tabiatta oluşan bitki büyüme artışı sıcaklık ve zamana bağlı olarak katlanan bir şekilde geometrik olarak ortaya çıkar. Bu yüzden büyümenin tanımının oransal olarak yapılmasının önemi ortaya çıkmaktadır (**Hadley ve ark., 1983**).

Bitki büyümesi, bitki hayatının en erken devrelerinde çok hızlı olduğundan nispi büyüme hızının değeri devamlı olarak değişir ve genellikle

azalır. Toplam bitki ağırlığı göz önüne alındığında, meristem dokulardaki azalmanın nispi büyüme hızının azalmasında temel sebep olarak kabul edildiği belirtilmiştir (**Fitter ve Hay, 1987**). **Friend ve ark. (1962)**'da, nispi büyüme hızının bitki yaşı ile azaldığını ve nispi büyüme hızındaki azalmanın sıcaklıkla doğru orantılı olduğunu bildirmişlerdir. **Kürklü (1994)**, **Uzun (1996)**, ve **Uzun (1997)** ışığın nispi büyüme hızını artırdığını kaydetmişlerdir.

Yine birçok araştırmacı bitkinin erken devresinde yaprak oluşturma hızının artması ile net asimilasyon oranında buna paralel olarak belirli bir noktadan sonra bir artışın olduğunu, daha sonra üretilen yapraklar önce oluşmaları gölgelediğinden toplam bitki net asimilasyonu göz önüne alındığında oransal olarak bir azalmanın ortaya çıktığını bunun da nispi büyüme hızına etki ettiğini ortaya koymuşlardır (**Charles-Edwards ve ark., 1986**; **Goudriaan ve Monteith, 1990**; **Uzun, 1996**).

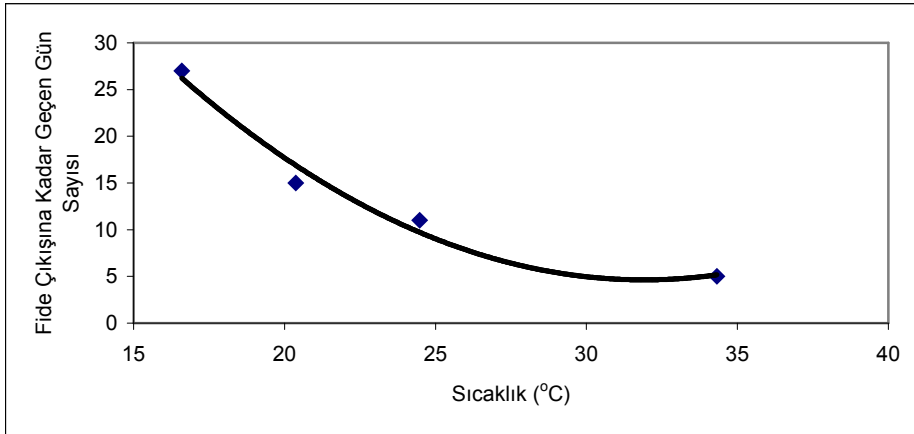
Nilwik (1981) ve **Heuvelink (1989)**, sıcaklık uygulamalarına bağlı olarak nispi büyüme hızındaki değişikliklerin oransal yaprak alanındaki değişikliklerden kaynaklanacağını bildirmişlerdir. Günlük ortalama ışık şiddetlerine göre nispi büyüme hızındaki değişiklikleri gözden geçiren **Bruggink (1992)**, farklı ışık seviyelerinde oransal yaprak alanı ile net asimilasyon arasında negatif korelasyon olduğunu kaydetmiştir.

Nispi büyüme hızı ile ilgili farklı türlerde yapılmış diğer çalışmaların sonuçları bizim bulgularımızla paralellik göstermektedir.

4.2. Işık ve Hava Sıcaklığının Bitki Gelişme Özellikleri Üzerine Etkisi

4.2.1. Fide Çıkışına Kadar Geçen Süre

Dört farklı tohum ekim dönemine ait günlük ortalama sıcaklığın tohum ekiminden fide çıkışına kadar geçen gün sayısı üzerine etkisi **Şekil 4.33.**'de gösterilmiştir.



Şekil 4.33. Biber bitkisinde tohum ekiminden fide çıkışına kadar geçen gün sayısı ile günlük ortalama sıcaklık (°C) arasındaki ilişki

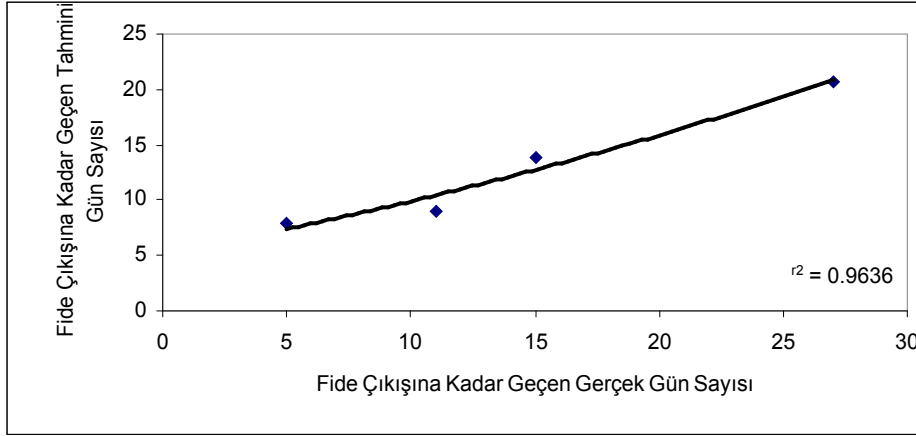
16 Aralık 2002 tarihinde yapılan tohum ekiminde (3. ekim dönemi) çıkış 10 Ocak 2002 tarihinde gerçekleşmiş, tohum ekiminden çıkışa kadar 27 gün geçmiştir. Bu dönem boyunca günlük ortalama sıcaklık 16.6°C olarak ölçülmüştür.

1 Mart 2002 tarihinde yapılan tohum ekiminde (1. ekim dönemi) çıkış 15 Mart 2002 tarihinde gerçekleşmiş, tohum ekiminden çıkışa kadar 15 gün geçmiştir. Bu dönem boyunca günlük ortalama sıcaklık 20.37°C olarak ölçülmüştür.

8 Eylül 2003 tarihinde yapılan tohum ekiminde çıkış (4. ekim dönemi) 19 Eylül 2003 tarihinde gerçekleşmiş, tohum ekiminden çıkışa kadar 11 gün geçmiştir. Bu dönem boyunca günlük ortalama sıcaklık 24.48°C olarak ölçülmüştür.

15 Temmuz 2002 tarihinde yapılan tohum ekiminde (2.Ekim dönemi) çıkış 20 Temmuz 2002 tarihinde gerçekleşmiş, tohum ekiminden çıkışa kadar 5 gün geçmiştir. Bu dönem boyunca günlük ortalama sıcaklık 34.32 °C olarak ölçülmüştür.

Tohum ekiminden fide çıkışına kadar geçen gerçek gün sayısı ile bu süreyi tahmin eden **Uzun ve ark.'nın (2001)** kullandığı $G = a - b \times S - c \times S^2$ (G: Çıkışa kadar geçen gün sayısı, S: Sıcaklık (°C), a-b-c katsayıları sırasıyla 77.27, 4.70 ve 0.078) modele göre tahmini gün sayısı arasındaki ilişki **Şekil 4.34.**'de gösterilmiştir.



Şekil 4.34. Biber bitkisinde tohum ekiminden fide çıkışına kadar geçen gerçek gün sayısı ile tohum ekiminden fide çıkışına kadar geçen tahmini gün sayısı arasındaki ilişki

Tohum ekiminden fide çıkışına kadar geçen gerçek gün sayısı ile modele göre tahmini gün sayısı arasındaki ilişkinin derecesi (r^2) 0.96 olarak oldukça önemli bulunmuştur.

Ertekin (2002) biber tohumlarının 8 °C'nin üzerindeki sıcaklıklarda çimlenebileceklerini, 21-28 °C sıcaklıklarda en iyi çimlendiklerini ve 28 °C sıcaklıkta çimlenmenin 21 °C sıcaklıktan bir hafta önce olacağını bildirmiştir. **Aybak (2002)**'da biber tohumlarının iyi çimlenebilmesi için toprak sıcaklığının 22-28 °C arasında, toprak üstü sıcaklığın 25-30 °C arasında olması gerektiğini kaydetmiştir. Diğer yandan Uzun ve ark. (2001), biberde optimum çıkış

sıcaklığının 30 °C olduğunu, bu sıcaklıktan sonra çıkışa kadar geçen sürenin artmaya başladığını belirtmişlerdir.

Bu çalışmadan elde edilen sonuçlar da **Uzun ve ark. (2001)** ile uyum içerisindedir.

4.2.2. Dikimden Çiçeklenmeye Kadar Gün Sayısı (DÇKGS)

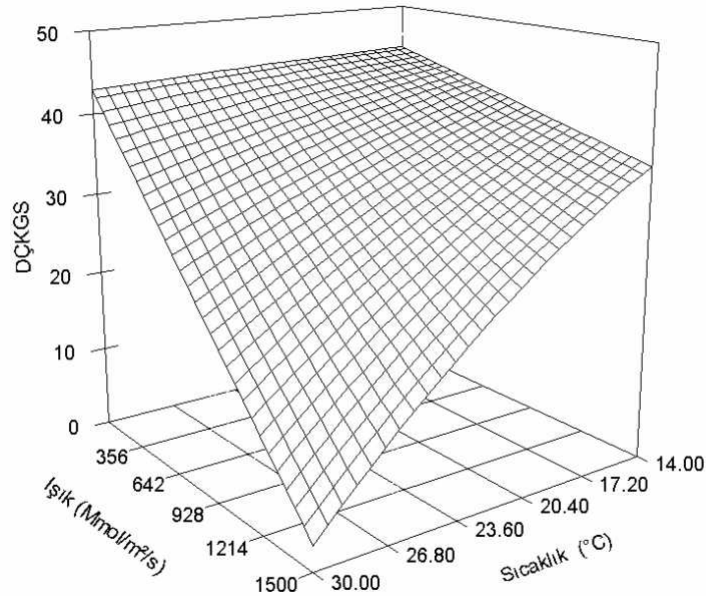
Dikimden çiçeklenmeye kadar geçen gün sayısı ile sıcaklık ve ışık arasındaki ilişkileri ortaya koymak amacıyla yapılan regresyon analizi sonucunda dikimden çiçeklenmeye kadar geçen gün sayısı ile sıcaklık ve ışık şiddeti arasındaki ilişkinin derecesi (r^2) 0.76 olarak önemli bulunmuş ve denklemi Eşitlik 4.17'de verilmiştir.

$$DÇKGS = 44.86 - 3.1E^{-05} \times S^2 \times I \dots\dots\dots 4.17$$

$$SH = (2.77)^{***} (5.71E^{-06})^{***}$$

$$r^2 = 0.76$$

Işık ve hava sıcaklığının dikimden çiçeklenmeye kadar geçen gün sayısı üzerine etkisi de **Şekil 4.35.**'de gösterilmiştir.



Şekil 4.35. Işık ($Mmol/m^2/s$) ve hava sıcaklığına ($^{\circ}C$) bağlı olarak biber bitkisinde dikimden çiçeklenmeye kadar geçen gün sayısının değişimi

Bitki gelişme özelliklerinden olan dikimden çiçeklenmeye kadar gün sayısının yüksek sıcaklık koşullarında ışığın artmasıyla beraber doğrusal olarak azaldığı Şekil 4.35.'de görülmektedir.

Düşük sıcaklık koşullarında da dikimden çiçeklenmeye kadar gün sayısında artan ışıkla birlikte doğrusal olarak azalma gerçekleşmiş, ancak bu azalma çok daha yavaş olmuştur.

Yüksek ışık koşullarında azalan sıcaklık dikimden çiçeklenmeye kadar gün sayısını eğrisel olarak artırmıştır. Buna karşılık düşük ışık koşullarında azalan sıcaklıkla dikimden çiçeklenmeye kadar gün sayısı fazla etkilenmemiş, hemen hemen sabit kalmıştır.

Yüksek sıcaklık yüksek ışık koşullarında dikimden çiçeklenmeye kadarki gün sayısı en düşük değerini alırken, en yüksek değerini düşük ışık düşük sıcaklık koşullarında almıştır.

Atherton ve Haris (1986), bitkilerde verim erkenciliği bakımından ilk çiçek gözünün oluşmasının ve görünmesinin büyük önem taşıdığını bildirmişlerdir.

Uzun (1996), domates ve patlıcanda, tohum ekiminden çiçeklenmeye kadar geçen sürenin ışık şiddetinin artmasıyla azaldığını ve sıcaklığın artmasıyla arttığını tespit etmiştir. Bitkilerde çiçek gözü üretimine kadar geçen sürenin, artan sıcaklık ile azaldığı birçok araştırmacı tarafından da ortaya konmuştur (**Atherton ve Haris, 1986; De Koning, 1994; Uzun, 1997**).

Yaping ve Royal (1996), hava ve toprak sıcaklığının biber bitkisinin gelişmesinde ve çiçeklenmesinde önemli etkiye sahip olduğunu, sıcaklığın azalmasıyla birlikte gelişme hızının da azalacağını kaydetmiştir.

Kış günlerinin kısa olmasından dolayı fide yetiştiriciliğinde kısıtlayıcı faktörün ışık olduğunu kaydeden **Ertekin (2002)** düşük ışık şiddetinin çiçeklenmeyi 10-20 gün kadar geciktirerek meyve tutumunu azalttığını bildirmiştir.

Özellikle düşük ışık şartlarında sıcaklığın artması ile DÇKGS'nda beklenen azalmanın ortaya çıkmaması düşük ışık şartlarında sıcaklığın artması ile bitkilerin daha çok vegetatif büyümeye meyilli olmalarından ve bitki tarafından üretilen kuru maddenin azlığından kaynaklanmaktadır. Bu şartlarda çiçeklenmenin gecikmesi yukarıda belirtilen araştırmacılar tarafından da ortaya konmuştur.

4.2.3. Bitki Boylanma Hızı (BBH)

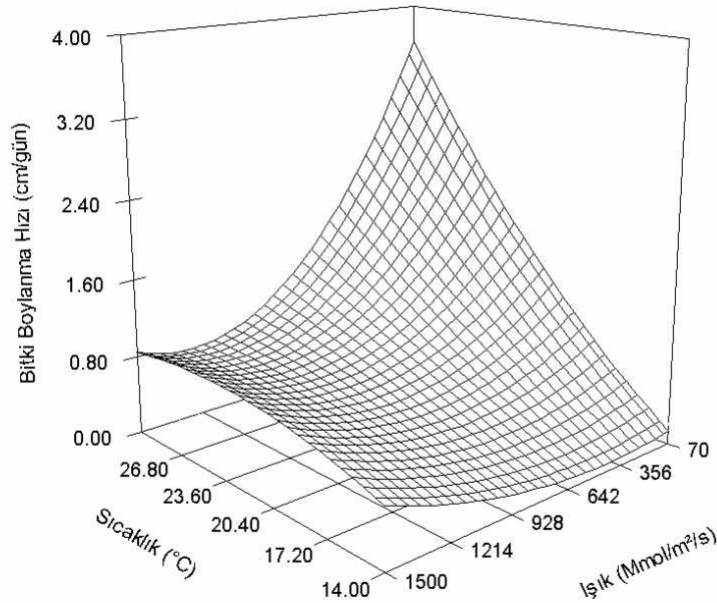
Bitki boylanma hızı üzerine sıcaklık ve ışığın etkisini belirlemek amacıyla yapılan regresyon analizi sonucunda bitki boylanma hızı ile sıcaklık ve ışık şiddeti arasındaki ilişkinin derecesi (r^2) 0.96 olarak önemli bulunmuş ve denklemi Eşitlik 4.18'de verilmiştir.

$$BBH = -0.90 - 9E^{-06} \times S^2 \times I + 0.0054 \times S^2 + 2.26E^{-09} \times S^2 \times I^2 + 9.91E^{-05} \times S \times Y \dots\dots\dots 4.18$$

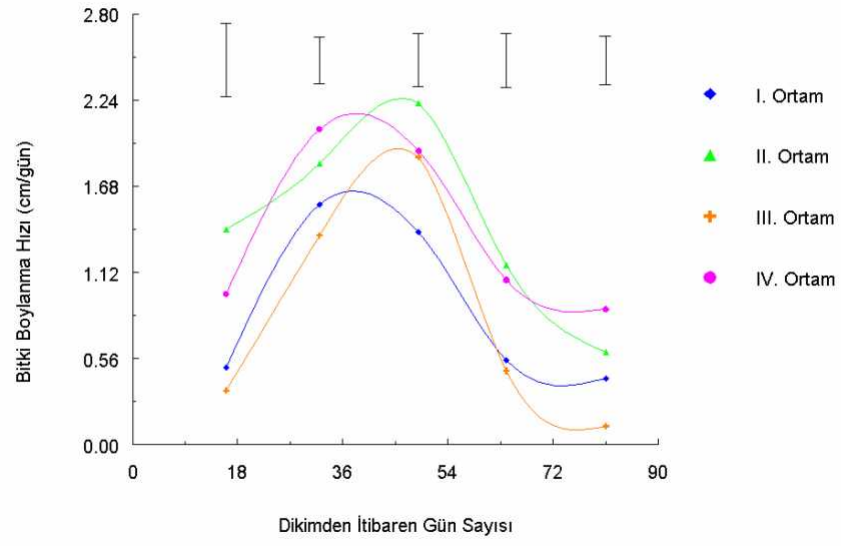
$$SH = (0.19)^{**} (2.57E^{-06})^{**} (0.00068)^{***} (7.14E^{-10})^* (3.87E^{-05})^*$$

$$r^2 = 0.96$$

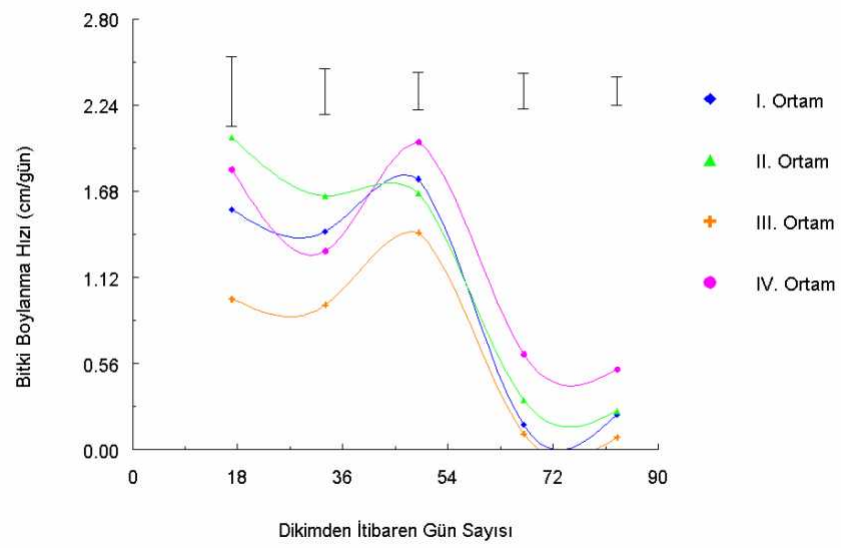
Işık ve hava sıcaklığının bitki boylanma hızı üzerine etkisi **Şekil 4.36.**'da ve farklı dikim dönemlerindeki ortamlara göre boylanma hızının, dikimden itibaren geçen zamana (gün) göre değişimi de **Şekil 4.37.**'de gösterilmiştir.



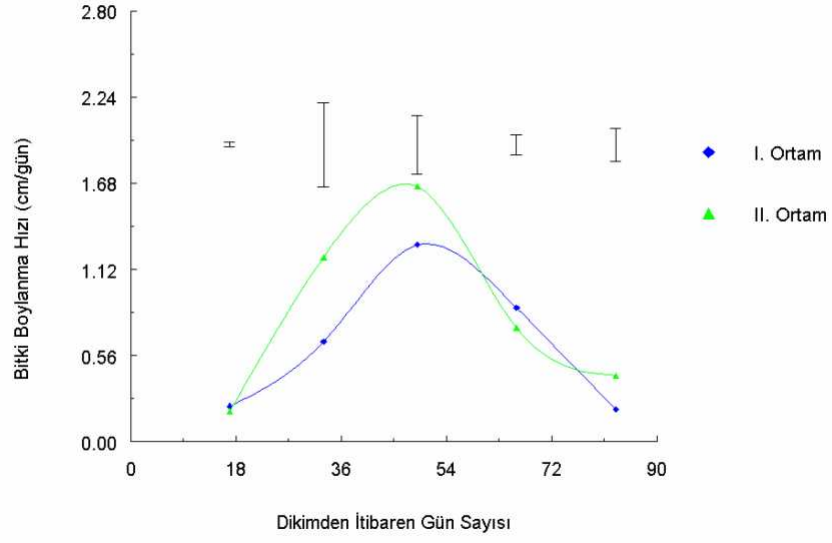
Şekil 4.36. Işık ($Mmol/m^2/s$) ve hava sıcaklığına ($^{\circ}C$) bağlı olarak biber bitkisinde boylanma hızının ($cm/gün$) değişimi



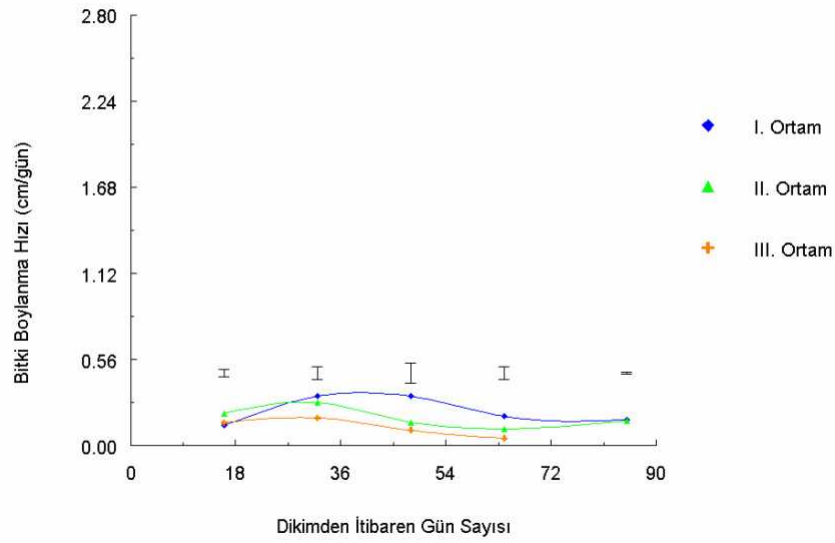
(a)



(b)



(c)



(d)

Şekil 4.37. Dört farklı dikim döneminde (a: 1. Dönem, b: 2. Dönem, c: 3. Dönem ve d: 4. Dönem) günlük ortalama sıcaklık (°C) ve ışık ($\text{Mmol/m}^2/\text{s}$) bakımından farklı ortamlarda bitki boylanma hızının (cm/gün), dikimden sonraki gün sayısına göre değişimi (Hata barları % 5 olasılık düzeyine göre yerleştirilmiştir).

Şekil 4.36. incelendiğinde, yüksek sıcaklık şartlarında ışık arttıkça bitki boylanma hızının yaklaşık olarak 3.5 cm/gün'den 0.8 cm/gün'e kadar eğrisel olarak azaldığı görülmektedir.

Düşük sıcaklık şartlarında ışık azaldıkça bitki boylanma hızında da eğrisel olarak hafif bir azalma olmuştur.

Yüksek ışık şartlarında sıcaklık 14 °C'den 30 °C'ye doğru artarken bitki boylanma hızında çok yavaş bir artış görülmüştür.

Düşük ışık şartlarında sıcaklık 30 °C'den 14 °C'ye azalırken bitki boylanma hızı eğrisel olarak çok hızlı bir şekilde azalmıştır.

En yüksek bitki boylanma hızı düşük ışık yüksek sıcaklık şartlarında, en düşük bitki boylanma hızı ise düşük sıcaklık düşük ışık şartlarında oluşmuştur.

Şekil 4.37. incelendiğinde 1. dikim döneminde (a) II. ve IV. ortam bitkilerinde (yüksek sıcaklık ve düşük ışık şartları) dikimden itibaren bitki boylanma hızının arttığı, bitki boylanma hızı bakımından en yüksek değerine ulaştığı (45. ve 39. günde) ve tekrar azalmaya başladığı görülmektedir. 2. ve 3. dikim dönemlerinde de (b ve c) bitki boylanma hızı 1. dikim dönemine benzer seyir izlemiştir. Dördüncü dikim döneminde (çok düşük sıcaklık ve çok düşük ışık şartları) dikimden itibaren bitki boylanma hızında az da olsa artış olmuş, 64. günde en düşük değerini aldıktan sonra hemen hemen sabit kalmıştır.

Birinci dikim döneminde (a) bitki boylanma hızı bakımından I. ortam ile III. ortam, II. ortam ile IV. ortam ve I. ortam ile II. ortam arasında, 2. dikim döneminde (b) III., I. ve II. ortamlar arasında ve 3. ve 4. dikim dönemlerinde (c ve d) ortamlar arasında istatistiksel olarak fark bulunmamıştır. 66. günde I. Ortam ile III. ortam arasında bitki boylanma hızı açısından istatistiksel olarak fark bulunmuştur.

Şekil 4.37. genel olarak incelendiğinde en fazla bitki boylanma hızına 1. dikim döneminde, en azına ise 4. dikim döneminde ulaşıldığı görülmektedir.

Atherton ve Haris (1986) ve **Uzun (1997)**, birçok bitkide belirli sınırlar içerisinde sıcaklık ile bitki boylanma hızı arasında doğrusal bir ilişkinin olduğunu ortaya koymuşlardır. Bu ilişki özellikle azalan ışık şiddetinin bulunduğu durumlarda çok daha belirgin olmuştur.

Fitter ve Hay (1987), Kürklü (1994) ve Uzun (1996), yaptıkları çalışmalarda başlangıçta yüksek büyüme hızına sahip olan bitkilerin yani yüksek sıcaklığa maruz kalan bitkilerin düşük sıcaklığa maruz kalanlardan daha çabuk hayat döngülerini tamamlayacaklarını belirterek, böyle bitkilerin erken generatif devreye geçeceklerini ve böylece hayatlarının orta ve son dönemlerindeki boylanma ve yapraklanma hızlarının, başlangıçtaki hızlarına tersi bir seyir izleyeceğini bildirmişlerdir. **Uzun (1996),** ayrıca, özellikle bitkilerin generatif devreye geçmesi ve meyve tutumuyla birlikte üretilen kuru maddenin bu organlara gideceğini belirterek boylanma hızının azalacağını kaydetmiştir.

4.2.4. Bitki Gövde Çapı Artış Hızı (BGÇAH)

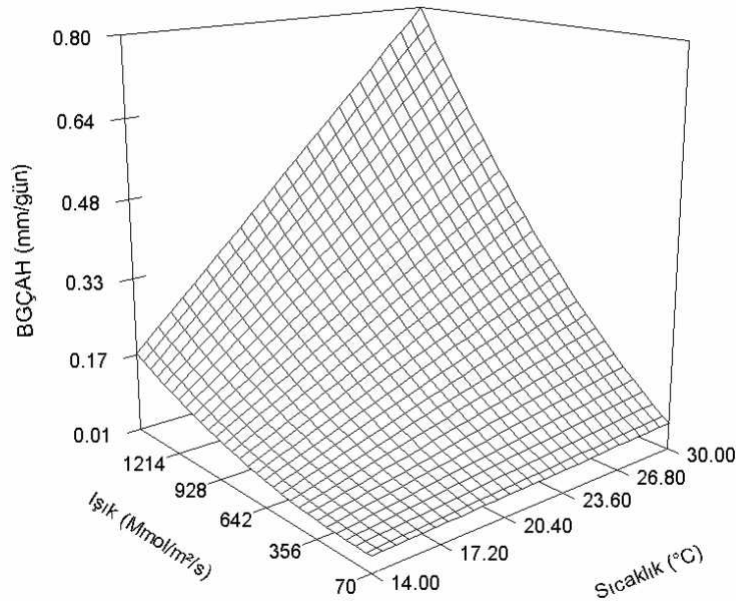
Bitki gövde çapı artış hızı ile sıcaklık ve ışık arasındaki ilişkileri ortaya koymak amacıyla yapılan regresyon analizi sonucunda bitki gövde çapı artış hızı ile sıcaklık ve ışık şiddeti arasındaki ilişkinin derecesi (r^2) 0.96 olarak önemli bulunmuş ve denklemi Eşitlik 4.19'da verilmiştir.

$$\text{BGÇAH} = 0.041 - 0.00028 \times I + 1.93E^{-05} \times S \times I - 4.6E^{-09} \times S \times I^2 \dots\dots\dots 4.19$$

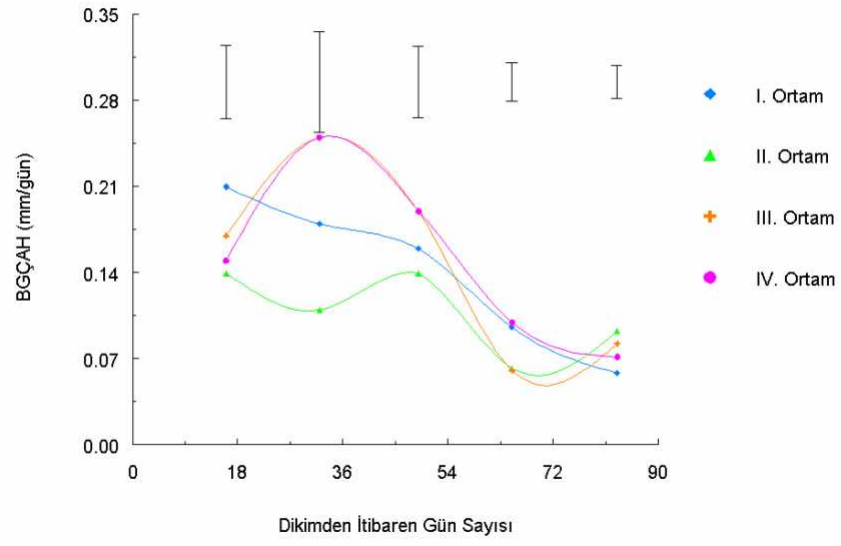
$$\text{SH} = (0.0071)^{***} (5.44E^{-05})^{***} (2.55E^{-06})^{***} (6.99E^{-10})^{***}$$

$$r^2 = 0.96$$

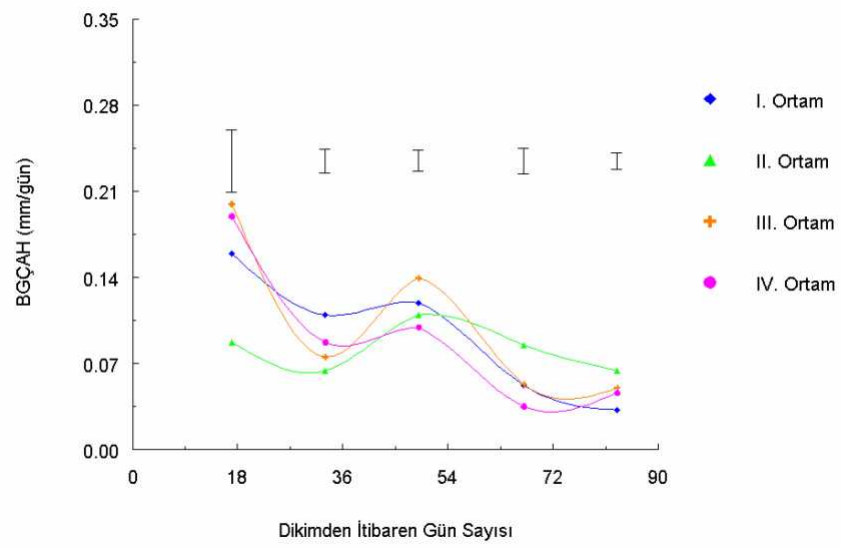
Bitki gövde çapı artış hızı üzerine ışık ve hava sıcaklığının etkisi **Şekil 4.38.**'de ve farklı dikim dönemlerindeki ortamlara göre gövde çapı artış hızının, yetiştirme dönemi boyunca değişimi de **Şekil 4.39.**'da verilmiştir.



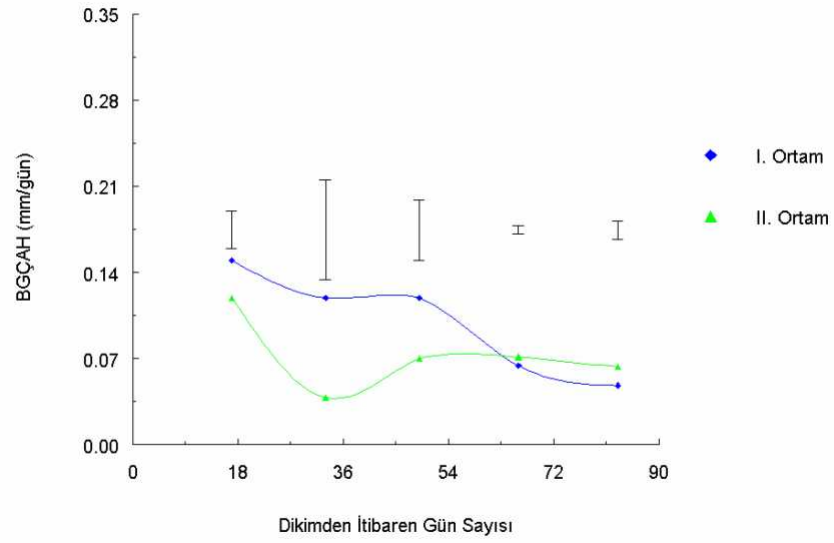
Şekil 4.38. Işık ($\text{Mmol/m}^2/\text{s}$) ve hava sıcaklığına ($^{\circ}\text{C}$) bağlı olarak biber bitkisinde gövde çapı artış hızının (mm/gün) değişimi



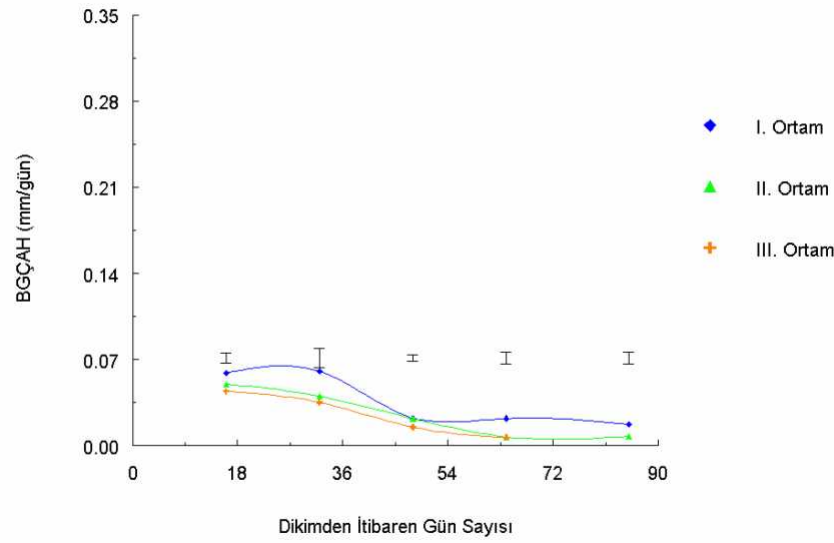
(a)



(b)



(c)



(d)

Şekil 4.39. Dört farklı dikim döneminde (a: 1. Dönem, b: 2. Dönem, c: 3. Dönem ve d: 4. Dönem) günlük ortalama sıcaklık ($^{\circ}\text{C}$) ve ışık ($\text{Mmol/m}^2/\text{s}$) bakımından farklı ortamlarda bitki gövde çapı artış hızının (mm/gün), dikimden sonraki gün sayısına göre değişimi (Hata barları % 5 olasılık düzeyine göre yerleştirilmiştir).

Bitki gövde çapı artış hızının yüksek ışıktaki sıcaklığın artmasıyla beraber doğrusal olarak hızlı bir artış gösterdiği ve en yüksek değerine ulaştığı Şekil 4.38.'de görülmektedir.

Düşük ışık koşullarında sıcaklığın artması bitki gövde çapı artış hızı üzerine önemli bir etki yapmamıştır, yani düşük ışıktaki sıcaklığın değişmesiyle bitki gövde çapı artış hızı belirgin bir değişim göstermemiş ve en düşük değerini almıştır.

Yüksek sıcaklık koşullarında ışığın azalması bitki gövde çapı artış hızını önemli derecede eğrisel olarak azaltmıştır. Düşük sıcaklık koşullarında da ışığın azalması bitki gövde çapı artış hızını eğrisel olarak azaltmıştır, ancak bu azalma çok daha yavaş olmuştur. Yani, sıcaklıkla ışığın bitki gövde çapı artış hızı üzerine interaktif etkisi de söz konusu olmuştur.

Elde edilen sonuçlar, sıcaklık artışı ve buna bağlı olarak ışık şiddetindeki artışın bitki gövde çapı artış hızını artırdığını ortaya koymaktadır.

Şekil 4.39 genel olarak incelendiğinde bütün dikim dönemlerindeki her ortamda bitki gövde çapı artış hızının bitki yaşı ilerledikçe (dikimden itibaren geçen zamanla) azaldığı görülmektedir. Ayrıca bazı ortamlarda artan ve azalan trendlerde ortaya çıkmıştır.

Birinci dikim döneminde (a) GÇAH bakımından II. ortam ile III. ortam, III. ortam ile IV. ortam ve I. ortam ile IV. ortam arasında, 2. dikim döneminde (b) II. ortam ile III. ortam, I. ortam ile IV. ortam ve III. ortam ile IV. ortam arasında ve 3. ve 4. dikim dönemlerinde (c ve d) ortamlar arasında istatistiksel olarak fark bulunmamıştır. 66. günde I. Ortam ile III. ortam arasında bitki gövde çapı artış hızı açısından istatistiksel olarak fark bulunmuştur.

Şekil 4.39.'da görüldüğü gibi en fazla bitki gövde çapı artış hızına 1. dikim döneminde, en azına ise 4. dikim döneminde ulaşılmıştır.

Uzun (1996), ilave ışıklandırma yapıldığında domatesin gövde ağırlık oranının arttığını ve gövde de kuru madde birikimi üzerine etki eden en önemli faktörün ışık olduğunu belirtmiştir. **Uzun (2001)**, domates ve patlıcan bitkilerinde ışık şiddeti artışı ile gövde çapı arasında pozitif bir ilişki olduğunu ortaya çıkarmıştır. Araştırmacı hem patlıcanda hem de domateste gövde çapı üzerine sıcaklık ve ışığın interaktif etkisinin ortaya çıktığını belirtmiştir. Ayrıca,

domateste bitki boyunun çok yüksek olduğu durumlarda (özellikle düşük ışık şiddeti ile yüksek sıcaklık şartları) gövde çapının düşük olduğunu ve bu durumdaki bitkilerinden en az verim alındığını, patlıcanda ise özellikle çok düşük gövde çapı ve çok yüksek bitki boylarında hiç verim alınamadığını kaydetmiştir.

4.2.5. Bitki Yapraklanma Hızı (BYH)

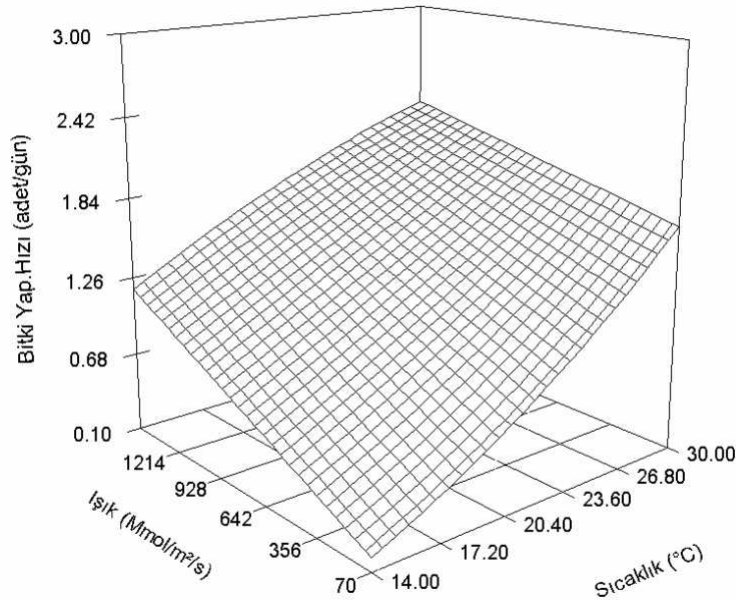
Değişik ortamlarda yetiştirilen bitkilerin bitki yapraklanma hızlarıyla yapılan regresyon analizi sonucunda bitki yapraklanma hızı ile sıcaklık ve ışık şiddeti arasındaki ilişkinin derecesi (r^2) 0.99 olarak önemli bulunmuş ve denklemi Eşitlik 4.20'de verilmiştir.

$$BYH = -0.28 + 8.07E^{-05} \times S \times I + 0.0022 \times S^2 - 2.3E^{-06} \times S^2 \times I \dots\dots\dots 4.20$$

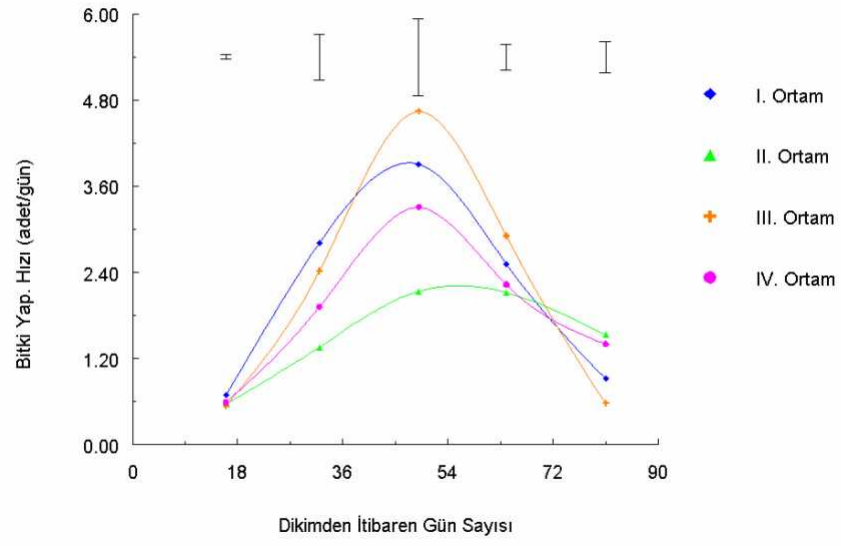
$$SH = (0.12)^* (2.445E^{-05})^* (0.000028)^{***} (8.79E^{-07})^*$$

$$r^2 = 0.97$$

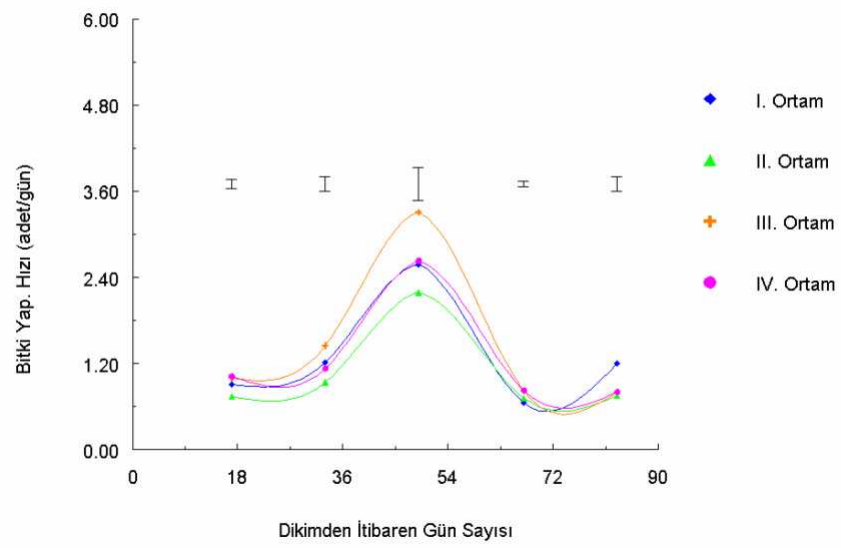
Işık ve hava sıcaklığının bitki yapraklanma hızı üzerine etkisi **Şekil 4.40.**'da ve farklı dikim dönemlerindeki ortamlara göre yapraklanma hızının, dikimden itibaren geçen zamana (gün) göre değişimi de **Şekil 4.41.**'de gösterilmiştir.



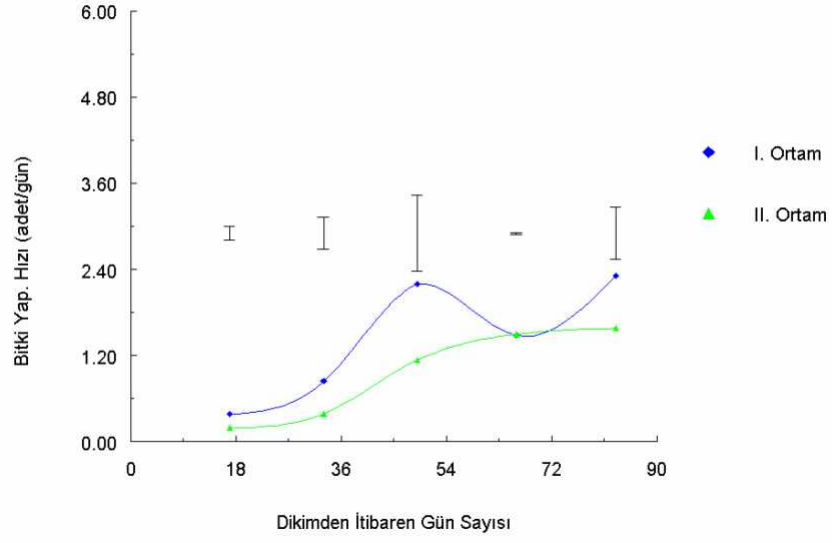
Şekil 4.40. Işık ($Mmol/m^2/s$) ve hava sıcaklığına ($^{\circ}C$) bağlı olarak biber bitkisinde yapraklanma hızının (adet/gün) değişimi



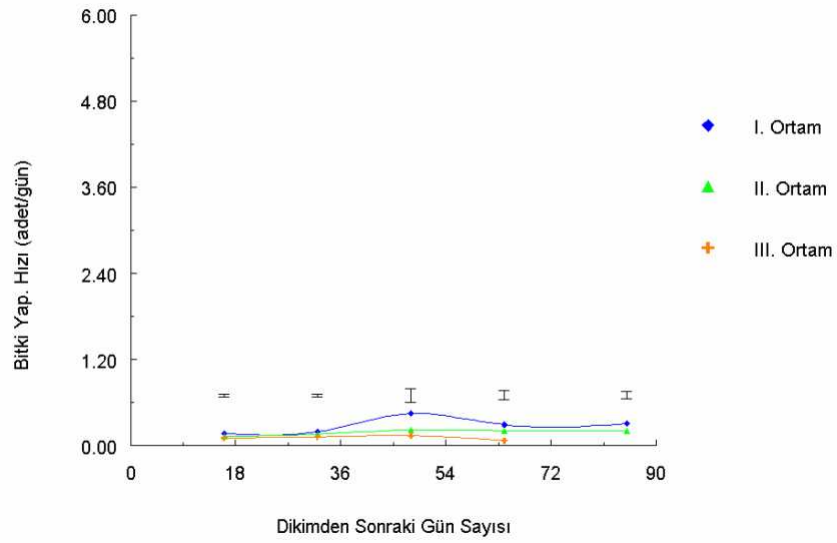
(a)



(b)



(c)



(d)

Şekil 4.41. Dört farklı dikim döneminde (a: 1. Dönem, b: 2. Dönem, c: 3. Dönem ve d: 4. Dönem) günlük ortalama sıcaklık ($^{\circ}\text{C}$) ve ışık ($\text{Mmol/m}^2/\text{s}$) bakımından farklı ortamlarda bitki yapraklanma hızının (adet/gün), dikimden sonraki gün sayısına göre değişimi (Hata barları % 5 olasılık düzeyine göre yerleştirilmiştir).

Şekil 4.40. incelendiğinde, yüksek sıcaklıkta ışığın azalmasıyla bitki yapraklanma hızında doğrusal olarak çok az bir azalma görülmüştür.

Düşük sıcaklıkta ışığın azalması bitki yapraklanma hızını doğrusal olarak azaltmıştır ve düşük sıcaklık düşük ışık noktasında bitki yapraklanma hızı en düşük değerini almıştır.

Bitki yapraklanma hızı her türlü ışık koşullarında artan sıcaklıkla eğrisel olarak artmıştır.

Sıcaklıkla ışığın bitki yapraklanma hızı üzerine interaktif bir etkisi de ortaya çıkmıştır.

Yüksek ışık ve yüksek sıcaklıkta bitki yapraklanma hızı en yüksek değerine ulaşmıştır.

Şekil 4.41. incelendiğinde, 1. dikim döneminde (a) III. ortam bitkilerinde (yüksek ışık, yüksek sıcaklık şartları) bitki yapraklanma hızının dikimden itibaren 49. güne kadar hızlı bir şekilde artmaya başladığı, 49. günde en yüksek değerine ulaşmış, vejetasyon sonuna kadar tekrar azaldığı görülmektedir. Diğer ortamlarda da I. ortamdaki gibi önce artış, sonra azalış olmuştur. II. dikim döneminde (b) her 4 ortam bitkilerinde bitki yapraklanma hızı dikimden itibaren başlayarak hızlı bir şekilde artmış, 49. günde en yüksek değerine ulaştıktan sonra yine hızlı bir şekilde 72. güne kadar azalmış, 72. günden sonra vejetasyon sonuna doğru az da olsa artmıştır. III. dikim döneminde (c) I. ortam bitkileri bitki yapraklanma hızı bakımından 2. dikim dönemi (b) bitkileriyle benzer bir seyir izlerken II. ortam bitkilerinde bitki yapraklanma hızı 64. güne kadar artmış ve sonra sabit kalmıştır. 4. dikim döneminde (d) II. ortam bitkilerinde dikimden itibaren başlayarak bitki yapraklanma hızında çok az artış gerçekleşirken, I. ortam bitkilerinde 49. güne kadar artış olmuş ve 49. günden sonra tekrar azalarak sabit kalmıştır.

Birinci dikim döneminde (a) bitki yapraklanma hızı bakımından II. ortam ile IV. ortam arasında, I. ortam ile III. ortam arasında, 2. dikim döneminde (b) II., III. ve IV. ortamlar arasında, 3. ve 4. dikim dönemlerinde (c ve d) ortamlar arasında istatistiksel olarak fark bulunmamıştır. Dördüncü dikim döneminde 66. günde I. ortam ile III. ortam arasında bitki yapraklanma hızı bakımından fark bulunmuştur.

Şekil 4.41.'de görüldüğü gibi en fazla bitki yapraklanma hızına 1. dikim döneminde, en azına ise 4. dikim döneminde ulaşılmıştır.

Dennett ve Auld (1980) tarla fasulyesinde; **Atherton ve ark. (1987)** karnabarda yaptıkları çalışmalarında yapraklanma hızının artan sıcaklıkla arttığını belirlemişlerdir.

De Koning ve Ruiter (1992) ve Dileman ve Heuvelink (1992), domateste yapraklanma hızının artan ışık yoğunluğuyla arttığını kaydetmiştir. Araştırmacı aynı zamanda yapraklanma hızının asimilat üretim hızıyla beraber arttığını bildirmiştir. **Uzun (1996)**'da yapraklanma hızının domates ve patlıcanda artan ışık ve sıcaklıkla beraber arttığını tespit etmiştir.

Picken ve ark. (1986) domateste yapraklanma hızının yaz aylarında yüksek ışık sebebiyle arttığını, kış aylarında düşük ışık miktarından dolayı engellendiğini bildirmişlerdir.

Heuvelink (1989) yaptığı çalışmada artan sıcaklıkların bitki büyüme noktası ile yapraklar arasındaki besin maddesi yarışını büyüme ucu lehine bozduğunu belirtmektedir.

Fitter ve Hay (1987) ve Uzun ve ark. (1998)'na göre hızlı yapraklanan bitkilerde, yapraklanma hızının önce artması ve daha sonra aniden azalmasının sebepleri; başlangıçta hızlı yapraklanma sonucu yaprakların birbirlerini gölgelemesi ve sonuçta bitkinin net asimilasyon hızında bir azalma meydana gelmesi, bunun bir sonucu olarak da bitkinin kuru madde birikim hızında bir azalmanın söz konusu olmasıdır.

Bulduğumuz sonuçlar diğer araştırmacıların bulgularıyla benzerlik göstermektedir.

4.3. Işık ve Hava Sıcaklığının Bitki Verimi Üzerine Etkisi

4.3.1. Bitki Başına Meyve Sayısı (BBMS)

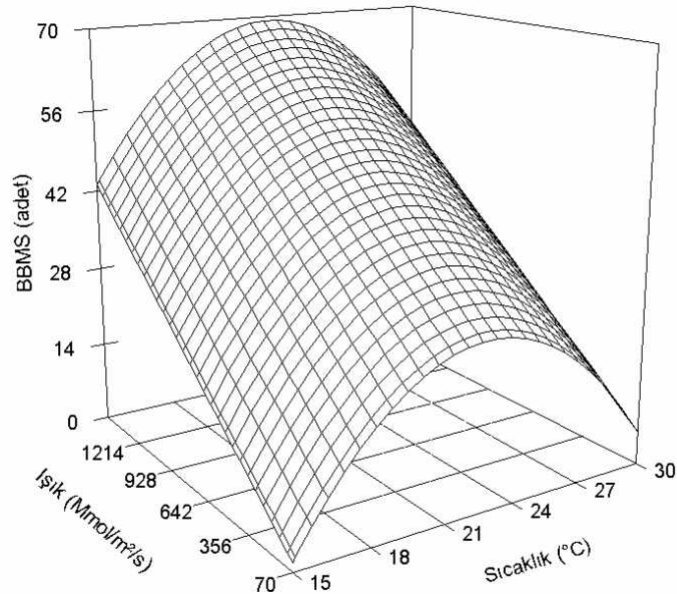
Işık ve sıcaklık bakımından farklı ortamlarda yetiştirilen bitkilerde bitki başına meyve sayısının değişimini belirlemek amacıyla yapılan regresyon analizi sonucunda bitki başına meyve sayısı ile sıcaklık ve ışık şiddeti arasındaki ilişkinin derecesi (r^2) 0.94 olarak önemli bulunmuş ve denklemi Eşitlik 4.21’de verilmiştir.

$$BBMS = -197.97 + 0.030 \times I + 19.62 \times S - 0.43 \times S^2 \dots\dots\dots 4.21$$

$$SH = (36.21)^{***} (0.0059)^{***} (3.54)^{***} (0.086)^{**}$$

$$r^2 = 0.94$$

Işık ve hava sıcaklığının bitki başına meyve sayısı üzerine etkisi **Şekil 4.42**’de gösterilmiştir.



Şekil 4.42. Işık ($\text{Mmol/m}^2/\text{s}$) ve hava sıcaklığına ($^{\circ}\text{C}$) bağlı olarak biber bitkisinde bitki başına meyve sayısının (adet) değişimi

Yüksek ışık şiddetinde sıcaklığın yaklaşık 21 °C'ye kadar artmasıyla birlikte bitki başına meyve sayısının arttığı, 21 °C'den sonraki sıcaklık artışında bitki başına meyve sayısının azaldığı şekil 4.42.'de görülmektedir. Yani yüksek ışıkta bitki başına meyve sayısı için optimum sıcaklık derecesi 21 °C olmuştur.

Düşük ışık şiddetinde ise sıcaklığın yaklaşık 24 °C'ye kadar artmasıyla birlikte bitki başına meyve sayısı artmış, 24 °C'den sonraki sıcaklık artışında bitki başına meyve sayısı azalmıştır. Düşük ışıkta optimum sıcaklık derecesi ise 24 °C olmuştur.

Sıcaklık ne olursa olsun ışık arttıkça bitki başına meyve sayısı da doğrusal olarak artmıştır. En düşük meyve sayısı düşük ışık ve sıcaklık koşullarında oluşmuştur. Belli bir optimum noktadan sonra sıcaklık artışı bitki başına meyve sayısını azaltmıştır.

Burada ortaya çıkan çok belirgin bir sonuç ise BBMS için gerekli olan optimum sıcaklıkların artan ışık şiddeti ile azalma göstermesidir. Özellikle yavaş ve kararlı büyüyen bitkilerin daha uzun süre yeşil kalmaları ve fotosentez yapmaları sonucu, bitkide daha fazla ve uzun süre kuru madde birikimi söz konusu olacağından bitkilerde meyve sayısı da fazla olacaktır.

Doaris ve ark. (1991) ışığın domateste çiçek gözü ve sonuçta meyve sayısı üzerine etkisini araştırmışlar ve yüksek ışık yoğunluğunun düşük ışık yoğunluğuna oranla meyve sayısını % 10 artırdığını ortaya koymuşlardır. Aynı araştırmacılar, domateste salkım başına pazarlanabilir meyve sayısının ilk on salkımın çoğunda aşırı gölgeleme ile azaltıldığını kaydetmişlerdir. **Cocksull ve ark. (1992), Pearson (1992) ve Uzun (1996)** farklı türlerde yaptıkları çalışmalarda, meyve sayısının artan ışık şiddetiyle beraber arttığını bildirmişlerdir.

LeBoeuf (2004) biber bitkisinde 15.5 °C'den düşük sıcaklıklarda ve 24 °C'den yüksek sıcaklıklarda düşük meyve tutumunun olduğunu bildirmiştir. Araştırmacı 32 °C'den yüksek sıcaklıklarda polen kısırlığı oluştuğunu, çiçeklerin dökülerek meyve sayısını azalttığını belirtmiştir.

Uzun (2000) patlıcan ve domateste sıcaklık artışıyla meyve sayısında azalma tespit ettiğini bildirmiştir. Araştırmacı bitki başına düşük meyve sayısının bitki başına toplam çiçek sayısının azalmasından kaynaklanmayıp, yüksek sıcaklıklarda fazla çiçek dökülmesinden kaynaklandığını belirtmiştir.

4.3.2. Bitki Başına Ortalama Meyve Ağırlığı (BBOMA)

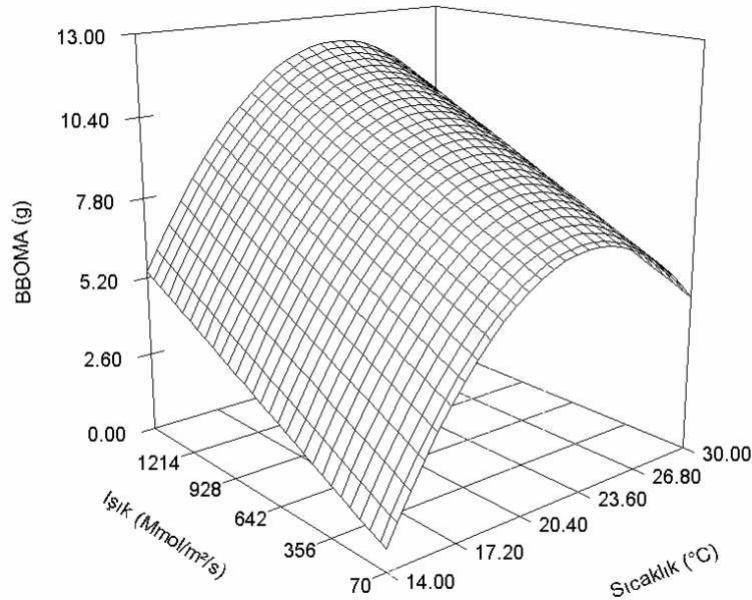
Bitki başına ortalama meyve ağırlığı ile sıcaklık ve ışık arasındaki ilişkileri ortaya koymak amacıyla yapılan regresyon analizi sonucunda bitki başına ortalama meyve ağırlığı ile sıcaklık ve ışık şiddeti arasındaki ilişkinin derecesi (r^2) 0.97 olarak önemli bulunmuş ve denklemi Eşitlik 4.22’de verilmiştir.

$$BBOMA = -31.50 + 0.0033 \times I + 3.22 \times S - 0.067 \times S^2 \dots\dots\dots 4.22$$

$$SH = (4.05)^{***} (0.00066)^{**} (0.40)^{***} (0.0097)^{***}$$

$$r^2 = 0.97$$

Işık ve hava sıcaklığının bitki başına ortalama meyve ağırlığı üzerine etkisi **Şekil 4.43.**’de gösterilmiştir.



Şekil 4.43. Işık ($Mmol/m^2/s$) ve hava sıcaklığına ($^{\circ}C$) bağlı olarak biber bitkisinde bitki başına ortalama meyve ağırlığının (g) değişimi

Yüksek ışık şiddetinde sıcaklığın yaklaşık 21 °C'ye kadar artmasıyla birlikte bitki başına ortalama meyve ağırlığının arttığı, 21 °C'den sonraki sıcaklık artışında bitki başına ortalama meyve ağırlığının azaldığı şekil 4.43.'de görülmektedir. Yani yüksek ışıktaki bitki başına ortalama meyve ağırlığı için optimum sıcaklık derecesi 21 °C olmuştur.

Düşük ışık şiddetinde ise sıcaklığın yaklaşık 24.5 °C'ye kadar artmasıyla birlikte bitki başına ortalama meyve ağırlığı artmış, 24.5 °C'den sonraki sıcaklık artışında bitki başına ortalama meyve ağırlığı azalmıştır. Düşük ışıktaki optimum sıcaklık derecesi ise 24.5 °C olmuştur.

Sonuç olarak sıcaklık ne olursa olsun ışık arttıkça bitki başına ortalama meyve ağırlığı da doğrusal olarak artmıştır. En düşük ortalama meyve ağırlığı düşük ışık düşük sıcaklık koşullarında oluşmuştur. Belli bir optimum noktadan sonra sıcaklık artışı bitki başına ortalama meyve ağırlığını azaltmıştır.

De Koning (1994) ve **Uzun (1996)** düşük ışık integrallerinde sıcaklığın ortalama taze meyve ağırlığı üzerine etkisinin oldukça az olduğunu belirterek, hangi sıcaklıkta olursa olsun ışık integralinin artmasının taze meyve ağırlığını da artırdığını bildirmişlerdir. Ayrıca **Uzun (1996)** yükselen ışık integrali ile taze meyve ağırlığı için gerekli olan optimum sıcaklık derecesinin azaldığını belirlemiştir.

Rylski ve ark. (1994) biber bitkisinde çiçek gelişimi sırasındaki düşük sıcaklıkların meyve boyutunu azalttığını hatta çok düşük sıcaklıklarda büyüyen çiçeklerin küçük ve yassı meyveler oluşturduklarını kaydetmişlerdir.

Khah ve Passam (1992) ortalama sıcaklıkta bir derece artışın meyve büyümesi için gereken süreyi iki-üç gün azalttığını, ancak yüksek sıcaklıkların ortalama meyve ağırlığını azalttığını kaydetmişlerdir. **Pearson (1992)** ve **Uzun (1996)**, artan sıcaklıklarla meyve ağırlığında oluşan azalmanın sebebini ise yüksek sıcaklıkların meyve büyüme süresini uzatması oransal olarak meyve ağırlığındaki bu azalmanın hızının aynı sıcaklıkların sebep olduğu meyve büyüme hızından daha fazla olmasından kaynaklandığını belirtmişlerdir. Ayrıca, yüksek sıcaklıklar bitkide yapraklanma hızını ve yaprak genişleme hızını artırmasının yanında yaprağın ömrünü kısaltmakta ve daha düşük sıcaklığa maruz kalan yapraklardan (uzun ömürlü yapraklardan) daha erken

fotosentetik kapasiteyi düşürmektedir. Uzun ömürlü yaprakların meyveyi besleme süresi uzayacağından OMA'da artmaktadır (**Uzun, 2000**).

Uzun (2001) domates ve patlıcanda ortalama meyve ağırlığının ışık şiddeti ile doğrusal artarken, sıcaklıkla eğrisel bir artış gösterdiğini tespit etmiştir.

Diğer araştırmacıların ortalama meyve ağırlığı ile ilgili bulguları bizim çalışmamızın sonuçlarıyla paralellik göstermektedir.

4.3.3. Bitki Başına Verim (BBV)

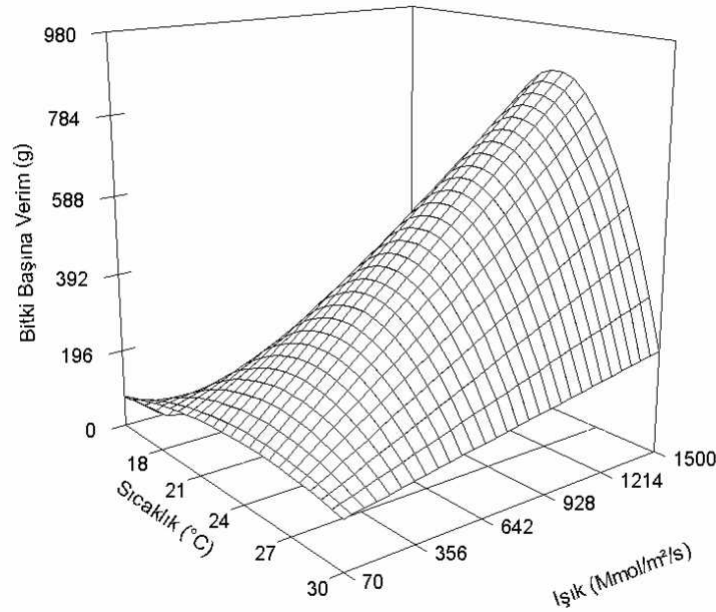
Değişik ortamlarda yetiştirilen bitkilerin bitki başına verimleriyle yapılan regresyon analizi sonucunda bitki başına verim ile sıcaklık ve ışık şiddeti arasındaki ilişkinin derecesi (r^2) 0.94 olarak önemli bulunmuş ve denklemi Eşitlik 4.23'de verilmiştir.

$$BBV = 91.71 - 0.012 \times S^2 \times I + 0.59 \times S \times I - 6.56 \times I \dots\dots\dots 4.23$$

$$SH = (36.08)^* (0.0027)^{**} (0.14)^{**} (1.72)^{**}$$

$$r^2 = 0.94$$

Işık ve hava sıcaklığının bitki başına verim üzerine etkisi **Şekil 4.44.**'de gösterilmiştir.



Şekil 4.44. Işık (Mmol/m²/s) ve hava sıcaklığına (°C) bağlı olarak biber bitkisinde bitki başına verimin (g) değişimi

Şekil 4.44. incelendiğinde, yüksek ışık koşullarında sıcaklığın yaklaşık olarak 21°C'ye artmasıyla bitki başına verimin arttığı 21 °C'den sonra ise azaldığı görülmektedir.

Düşük ışık şiddetinde ise sıcaklığın yaklaşık 24-25 °C'ye artmasıyla birlikte bitki başına verim de çok az eğrisel olarak artmış, 24-25 °C'den sonra yine çok az eğrisel olarak azalmıştır.

Sıcaklık ne olursa olsun ışığın artmasıyla beraber bitki başına verimde doğrusal olarak artış olmuştur. Bu artış özellikle 17-24 °C'ler arası çok hızlı olmuştur. Bu sıcaklıklar dışında kalan sınırlarda ışığın artması verimi çok yavaş artırmıştır. 17 °C'nin altındaki sıcaklıklarda, özellikle düşük sıcaklık şartlarının oluşması ve bitki büyümesinin oldukça yavaş olması, 25 °C'nin üzerinde ise yüksek sıcaklık ve fotosentez hızının yavaşlaması verimin azalmasında etkili olmuştur. Düşük sıcaklık derecesindeki artış yüksek sıcaklık derecesindeki artıştan daha belirgin olmuştur. Yani, sıcaklıkla ışığın toplam bitki başına verim üzerine interaktif bir etkisi ortaya çıkmıştır.

Bitkilerde büyüme ve gelişme işlemlerinin tamamı verim ile sonuçlanmaktadır. Sonuç olarak en düşük bitki başına verim düşük ışık ve düşük sıcaklık koşullarında, en yüksek verim ise 1500 Mmol/m²/s ışık ve 21 °C sıcaklıkta elde edilmiştir.

Doaris ve ark. (1991), Pearson (1992) ve Uzun (1996) farklı türlerde yaptıkları araştırmalarında, toplam verimin artan ışık şiddetiyle arttığını tespit etmişlerdir. **Cocshull ve ark. (1992)** büyüme sezonu boyunca ışıklanmadaki % 1'lik artışın (ışık doyumu noktasının altındaki ışık şiddetlerinde) verimi yaklaşık % 1 artırdığını ve bu verim artışının ortalama meyve ağırlığındaki artıştan kaynaklandığını kaydetmiştir.

Pearson ve ark. (1994) domateste ve Uzun (1996), hem domates hem de patlıcanda verimin sıcaklıkla belirli bir optimuma kadar artıp daha sonra azaldığını ortaya koymuştur. **Kürklü (1994),** patlıcanda toplam verim açısından optimum sıcaklığın 22 °C olduğunu **Uzun (1996)** ise düşük ışık şiddetinde 20.4 °C olduğunu tespit etmişlerdir. **Uzun (1996 ve 2001)** toplam verim açısından optimum sıcaklığın günlük ortalama ışık şiddetindeki değişikliklere bağlı olarak

farklılık gösterebileceğini ve optimum sıcaklıkların artan ışık şiddeti ile azaldığını ortaya koymuştur.

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Çalışmada bitki büyüme özellikleri, bitki gelişme özellikleri ve verim olmak üzere üç ana başlık altında ışık ve sıcaklığın biber bitkisi üzerine etkileri incelenmiş, elde edilen verilerden yararlanılarak matematiksel modeller ve bunlara ait üç boyutlu grafikler ortaya konulmuştur.

İncelenen sıcaklık (14-28 °C) ve ışık şiddeti (70-1500 Mmol/m²/s) çerçevesinde ele alınan büyüme, gelişme ve verim parametrelerindeki önemli değişimler aşağıda verilmiştir.

En düşük bitki boyu yüksek ışık şiddeti ve düşük sıcaklık şartlarında, en yüksek ise düşük ışık şiddeti ve yüksek sıcaklık şartlarında elde edilmiştir. Bitki boyu genel olarak dikimden itibaren 50. güne kadar hızlı bir şekilde artmıştır. Bitkilerde vejetatif büyüme döneminde hızlı büyümeye paralel olarak bitki boyu da artmaktadır. 50. günden itibaren üretilen kuru maddenin generatif organlara taşınmasıyla boy artışı yavaşlamıştır.

Bitkilerin yaprak sayıları sıcaklıkla doğrusal ve ışık şiddeti ile eğrisel olarak artmıştır. En fazla bitki yaprak sayısına yüksek ışık ve sıcaklık koşullarında ulaşılmıştır.

Kök kuru ağırlığı ile sıcaklık ve ışık şiddeti arasında pozitif bir ilişki olduğu tespit edilmiştir. Genel olarak bitki kök kuru ağırlığı yüksek ışık ve yüksek sıcaklık şartlarında en yüksek değerini almıştır.

Yüksek sıcaklık ve yüksek ışık şartlarında en yüksek bitki gövde kuru ağırlığı oluşurken, en düşük ise düşük ışık ve sıcaklık şartlarında oluşmuştur. Yüksek ışık ve yüksek sıcaklıkta biber bitkilerinde ana gövdenin ilk dallanmasından önceki yaprak koltuklarından çıkan sürgünler gövde kuru ağırlığının artmasında etkili olmuştur.

Toplam yaprak kuru ağırlığı artan sıcaklık ve ışıkla beraber artmıştır. Yüksek sıcaklık ve ışık şartlarında yaprak sayısının ve yaprak kalınlığının artışı toplam yaprak kuru ağırlığını da artırmıştır.

Bitkilerin toplam bitki vejetatif kuru ağırlıkları kök, gövde ve yaprak kuru ağırlıklarına paralel sonuç göstermiştir. Artan sıcaklık ve ışık şiddeti toplam bitki vejetatif kuru ağırlığını artırmıştır.

En yüksek toplam bitki yaprak alanı düşük ışık şiddeti ve yüksek sıcaklık şartlarında belirlenmiştir.

En yüksek oransal kök ağırlığı yüksek ışık ve yüksek sıcaklık şartlarında elde edilmiştir. Oransal kök ağırlığı ile ışık arasında pozitif doğrusal bir ilişki, sıcaklık arasında ise eğrisel bir ilişki bulunmuştur.

Yüksek ışık şartlarında belli bir noktaya kadar sıcaklık artışıyla birlikte oransal gövde ağırlığı artmış ve en yüksek değerine ulaştıktan sonra daha yüksek sıcaklıklarda bu artış azalışa dönüşmüştür. Buradaki azalışın nedeni yüksek sıcaklık ve ışık koşullarında kuru maddenin köklerde daha fazla birikmesi olabilir.

Yüksek ışık koşullarında sıcaklığın artması oransal yaprak ağırlığını artırırken, düşük ışık koşullarında OYA sıcaklık değişimlerinden etkilenmemiştir. Genel olarak bitki yaşıyla birlikte OYA'da azalmıştır. Generatif devreye geçiş ve yaşlı ve sararan yaprakların dökülmesi bu azalma da etkili olmuştur.

Oransal yaprak alanı ile ışık şiddeti arasında negatif, sıcaklıkla pozitif bir ilişki bulunmuştur. En yüksek oransal yaprak alanı düşük ışık ve yüksek sıcaklık koşullarında, en düşük YAO ise yüksek ışık ve düşük sıcaklık şartlarında kaydedilmiştir. Genellikle zamanla yani bitki yaşının ilerlemesiyle OYA azalmıştır.

Özgül yaprak alanı birçok araştırmacının da belirttiği üzere ışık ve sıcaklıkla olan ilişkisi bakımından oransal yaprak alanıyla paralel bir sonuç göstermiştir yani ışık şiddeti ve sıcaklıkta olan değişimler özgül yaprak alanını aynı şekilde etkilemiştir. ÖYA'da zamanla azalmıştır.

Yaprak kalınlığının yüksek ışık yüksek sıcaklık ve yüksek ışık düşük sıcaklık şartlarında arttığı yüksek sıcaklık düşük ışık şartlarında ise azaldığı söylenebilir.

Büyüme parametreleri içerisinde en önemlilerinden biri olan net asimilasyon oranıyla ışık arasında pozitif doğrusal bir ilişki söz konusu olmuştur. Yani incelenen ışık sınırları içerisinde, artan ışık şiddetiyle doğrusal olarak artmıştır. Sıcaklıkla aynı durum söz konusu olmamıştır. Nitekim yüksek ışık şartlarında sıcaklık artışı NAO'nı doğrusal artırırken düşük ışık şiddetindeki sıcaklık artışı NAO'nı doğrusal azaltmıştır. Ayrıca NAO hemen hemen bütün dikim dönemlerindeki ortamlarda vegetasyon periyodunun sonuna doğru azalmıştır.

Nispi büyüme hızı da büyüme parametrelerinin en önemlilerindendir ve NAO ile YAO parametrelerinin çarpımından elde edilmiştir. Nispi büyüme hızı

(NBH) için optimum sıcaklık ışık şiddetine bağlı olarak yaklaşık 24-27 °C olarak belirlenmiş ve NBH dikimden itibaren geçen gün sayısı azalmıştır.

Kontrollü yetiştirme ortamlarında bitki gelişme devreleri ile çevre faktörleri arasındaki ilişkiler araştırılarak modeller kurulmaya çalışılmakta, bitki kalite ve kantitesinin iyileştirilmesi ve yetiştiricilik uygulamalarının kolaylaştırılması amaçlanmaktadır.

Dört farklı tohum ekim dönemine ait günlük ortalama sıcaklık derecesi arttıkça tohum ekiminden fide çıkışına kadar geçen süre azalmıştır.

Özellikle verim erkenciliği bakımından önemli olan dikimden çiçeklenmeye kadar geçen gün sayısı, düşük ışık düşük sıcaklık koşullarında artarken, yüksek sıcaklık yüksek ışık koşullarında azalmıştır.

En yüksek bitki boylanma hızı düşük ışık yüksek sıcaklık şartlarında, en düşük bitki boylanma hızı ise düşük sıcaklık düşük ışık şartlarında oluşmuştur. Genel olarak dikimden itibaren bitki boylanma hızı başlangıçta artmıştır ancak generatif dönemin başlamasıyla büyüme yavaşlamış ve bitki boylanma hızı da azalmıştır.

Sıcaklık artışının ve buna bağlı olarak ışık şiddetindeki artışın bitki gövde çapı artış hızını artırdığı ortaya konmuştur. Genel olarak bitki gövde çapı artış hızı da zamanla azalmıştır.

Bitki yapraklanma hızı (BYH) her türlü ışık koşullarında artan sıcaklıkla beraber artmıştır ve yüksek sıcaklık ve yüksek ışık şartlarında en yüksek değerine ulaşmıştır.

Şu ana kadar bütün büyüme ve gelişme parametrelerinin ışık ve sıcaklıkla olan değişimlerinin incelenmesindeki temel amaç verimi ve bunun yanında kaliteyi artırmaktır. Çünkü daha önce de değindiğimiz gibi bitkilerde büyüme ve gelişme işlemleri verimle sonuçlanmaktadır.

Sıcaklık ne olursa olsun ışık arttıkça bitki başına meyve sayısı da doğrusal olarak artmıştır. En düşük meyve sayısı düşük ışık ve sıcaklık koşullarında oluşmuştur. Belli bir optimum noktadan (24 °C) sonra sıcaklık artışı bitki başına meyve sayısını azaltmıştır.

Bitki başına ortalama meyve ağırlığı da her türlü sıcaklık şartlarında ışık arttıkça doğrusal olarak artmıştır. En düşük ortalama meyve ağırlığı düşük ışık

düşük sıcaklık koşullarında oluşmuştur. Belli bir optimum noktadan (24°C) sonra sıcaklık artışı bitki başına ortalama meyve ağırlığını azaltmıştır.

Biber bitkisi için en yüksek bitki başına verim $1500 \text{ Mmol/m}^2/\text{s}$ ışık ve optimum sıcaklık olan 21°C 'de ve en düşük bitki başına verim ise düşük ışık düşük sıcaklık koşullarında elde edilmiştir. Sıcaklık ne olursa olsun ışığın artması bitki başına verimi doğrusal olarak artırmıştır. Bitki başına verim bakımından optimum sıcaklık, günlük ortalama ışık şiddetindeki değişikliklere bağlı olarak farklılık göstermiş ve artan ışık şiddetiyle azalmıştır.

Sonuç olarak bir tarım ülkesi olan ülkemizde verimle ilgili parametrelerin araştırıldığı tarımsal çalışmaların modellenmesi gerektiği düşüncesiyle planlanmış olan bu çalışmada ışık ve sıcaklığın biber bitkisinde kantitatif etkileri tespit edilmiş ve bunlar matematiksel modellere dönüştürülmüştür. Elde edilen modeller ışığında verim tahmin model programı geliştirilecektir. Hazırlanacak olan program $70\text{-}1500 \text{ Mmol/m}^2/\text{s}$ ışık şiddetinde ve $14\text{-}28^{\circ}\text{C}$ sıcaklıklar arasındaki değerlerde verim tahmini yapacaktır. Böylelikle elde edilen sonuçlar ile özellikle kontrollü seralarda biber üretim planlaması oluşturma yolunda ilk adım atılmıştır.

Bundan sonraki çalışmalarda ışık ve sıcaklığa ek olarak diğer çevre faktörleri (nem, toprak sıcaklığı vb.) ve kültürel işlemlerin etkileri de göz önünde bulundurularak mevcut modellerin geliştirilmesi yapılacaktır. Ayrıca modellerin diğer biber çeşitlerine (örneğin dolmalık biber) adaptasyonu araştırılacaktır.

Kontrollü şartlarda yetiştirilecek olan diğer sebze türlerinin çevre şartlarına olan tepkilerinin, bu çalışmada belirtilen temel kurallar ışığında ortaya konması ileriki çalışmalarımız arasında olacaktır.

6. KAYNAKLAR

- Acock, B., Charles Edwards, D.A., Fitter, D.J., Hand, D.W., Ludwig, L.J., Wilson Warren, J. and Withers, A.C., 1978.** The contribution of leaves from different levels within a tomato crop to canopy net photoynthesis: An experimental examination of two canopy models. J. Exp. Bot., 29: 815-827.
- Ağaoğlu, S.Y., Ayfer, M., Fidan, F., Köksal, İ., Çelik, M., Abak, K., Çelik, H., Kaynak, L. and Gülşen, Y., 1995.** Bahçe Bitkileri. Ankara Üniv. Zir. Fak. Yayınları No: 1009, Ankara.
- Anonim, 2003a.** www.fao.org
- Anonim, 2003b.** Tarımsal Yapı ve Üretim. DİE
- Apaydın, A., Kar, H. ve Karaağaç, O., 2003.** Karadeniz Bölgesinde bazı örtü sistemlerinin biberin verim ve erkenciliğine etkisinin ekonomik yönden değerlendirilmesi. Türkiye IV. Bahçe Bitkileri Kongresi, 8-12 Eylül 2003. 370-371, Antalya.
- Aybak, H.Ç., 2002.** Biber Yetiştiriciliği. Hasad Yayıncılık, İstanbul.
- Atherton, J.G. and Harris, G.P., 1986.** Flowering. In: J.G. Atherton and J. Rudich (Eds), The Tomato Crop. Chapman And Hall, London: 167-200.
- Atherton, J.G., Hand, D.J. and Williams, C.A., 1987.** Curd initiation in the cauliflower (*Brassica oleracea* var *botryris* L.). Manipulation of Flowering, 133-145, Butterworths, London.
- Aung, L.H., 1976.** Effects of photoperiod and temperature on vegetative and reproductive responses of *Lycopersicon esculentum* Mill. J. Amer. Soc. Hort. Sci., 101: 348-360.
- Bayraktar K., 1976.** Sebze Yetistirme. Sebzelerde tohum üretimi. Ege Üniversitesi Zir. Fak. Yayınları, Cilt-III, No:244, Ege Üniversitesi Matbaası, Bornova-İzmir.
- Bierhuizen, J.F and Wagenvoort, W.A., 1974.** Some aspects of seed germination in vegetables. The determination and application of heat sums and minimum temperature for germination. Scientia Horticulture, 2: 213-219.

- Bruggink, G.T. and Heuvelink, E., 1987.** Influence of light on the growth of young tomato, cucumber and sweet pepper plants in the greenhouse: Effects on relative growth rate, net assimilation rate and leaf area ratio. *Scientia Horticulture*, 31: 161-174.
- Bruggink, G.T., 1992.** A comparative analysis of the influence of light on growth of young tomato and carnation plants. *Scientia Horticulture*, 51 :71-81.
- Causton, D.R., Ellis, C.O. and Hadley, P., 1978.** Biometrical studies of plant growth. *Plant , Cell and Environment*, (1): 163-184.
- Cemek, B. 2002.** Farklı Sera Örtü Malzemelerinin Bitki Büyüme, Gelişme, Verim ve Sera İçi Çevre Koşullarına Etkisi, Doktora Tezi, OMÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Samsun.
- Challa, H. and Schapendonk, A.H.C.M., 1984.** Quantification of effects of light reduction in greenhouses on yield. *Acta Horticulturae*, 148: 501–510.
- Charles-Edwards, A.D., 1979.** Photosynthesis and Crop Grown. *Photosynthesis and Plant Development* (R. Marcelle, H. Clijters and M. Van. Pouke, Eds), Junk, The Hague.
- Charles-Edwards, A.D., Doley D. and Rimmingon G.M., 1986.** Modelling Plant Growth and Development. Academic Press.
- Cockshull, K.E., Hand, D.W. and Langton, G.A., 1981.** The effects of day and night temperature on flower initiation and development in chrysanthemum. *Acta Horticulturae.*, 125: 101-110.
- Cockshull, K.E., Graves C.J. and Carol R.J., 1992.** The influence of shading on yield of glasshouse tomatoes. *J. Hort. Sci.*, 67(1):11-24
- De Koning, A.N.M., 1988.** The Effect of different day/night temperature regimes on growth, development and yield of glasshouse tomatoes. *J. Hort. Sci.*, 63 (3): 465-471
- De Koning, A.N.M., 1991.** Tomatoes. Higher temperatures gives fewer trusses. *Groenten En Fruit. Glasgroenten*, 1 (5): 15.
- De Koning, A.N.M., and Ruiter, H.W., 1992.** Leaf area index (LAI) and dry matter content of the fruits of the commercially grown crops. Annual report for 1990, Glasshouse Crop Research Station, Naaldwijk: 29.

- De Koning, A.N.M., 1994.** Development and Dry Matter Distribution in Glasshouse Tomato Quantitative Approach. Thesis, Wageningen.
- DelPozo, A. and Dennett M.D., 1991.** Modelling the effect of leaf nitrogen content on crop photosynthesis and radiation use efficiency. Aspects of Applied Biology, 26: 285-289.
- Dennett, M.D. and Auld, B.A., 1980.** The effects of position and temperature on the expansion of leaves of *Vicia faba* L. Ann. Bot., 46: 511-516.
- Dileman, J. A. and Heuvelink, E., 1992.** Factors affecting the number of leaves preceding the first inflorescence in tomato. J. Hort. Sci., 67 (1): 1-10
- Doaris, M., Andre, G. and Trudel, M.J., 1991.** Annual greenhouse tomato production under a sequential intercropping system using supplemental light. Scientia Hort., 45: 225-234.
- Ellis, R.H., Hadley, P., Roberts, E.H. and Summerfield, R.J., 1990.** Quantitative Relations Between Temperature and Crop Development and Growth. Climatic Change And Plant Genetic Resources. Belhaven Pres, London and New York.
- Eriş, A., 1990.** Bahçe Bitkileri Fizyolojisi. Uludağ Üniversitesi Ders Notları, No: 11, Bursa.
- Ertekin, Ü. 2002.** Seracılık ve Örtüaltı "Biber Domates Hıyar Patlıcan" Yetiştiriciliği, Antalya.
- Eser, D. 1986.** Tarımsal Ekoloji. Ankara Üniv. Ziraat Fakültesi Yayınları, Ders Kitabı, No: 287, Ankara.
- Evans, G.C., 1972.** The Quantitative Analyses of Plant Growth. William Clowes and Sons Ltd. Oxford.
- Fierro, A., Tremblay, N. and Gosselin, A., 1994.** Supplemental carbon dioxide and light improved tomato and pepper seedling growth and yield. Hort. Sci., 29 (3): 152-154.
- Finch Savage, W.E. and Phelps, K., 1993.** Onion (*Allium cepa* L.) seedling emergence pattern can be explained by the influence of soil temperature and water potential on seed germination. Journal of Experimental Botany, 44: 407-414.

- Finch Savage, W.E., Steckel, J.R. and Phelps, K., 1998.** Germination and post-germination growth to carrot seedling emergence: predictive threshold models and sources of variation between sowing occasions. *New Phytologist*, 139: 505-516
- Fitter, A.H. and Hay, R.K.M., 1987.** *Environmental Physiology of Plants*. 2nd Edition. Academic Press. Harcourt. Brace and Company Publishers. London.
- Friend, D.J.C., Helson, V.A. and Fisher, J.E., 1962.** Rate of dry matter accumulation in Marquis wheat as affected by temperature and light intensity. *Can. J. Bot.*, 40: 939-945.
- Gomez, K.A. and Gomez, A.A., 1984.** *Statistical Procedures for Agricultural Research*, 2nd Edition, John Wiley and Sons Ltd., Singapore.
- Gosselin, A. and Trudel, M.J., 1984.** Interactions between root-zone temperature and light levels on growth, development and photosynthesis of *Lycopersicon esculentum* Mill. Cultivar 'Vendor'. *Scientia Horticulturae.*, 23: 313-321.
- Goudriaan, J. and Monteith, J.L., 1990.** A mathematical function for crop growth based on light interception and leaf area expansion. *Annals of Botany* 66: 695-701.
- Grimstadt, S.O. and Frimanslund, E., 1993.** The effect of different day and night regimes on greenhouse cucumber young plant production, flower bud formation and early yield. *Scientia Horticulturae.*, 53: 191-204
- Grimstadt, S.O., 1995.** Low temperature pulse affects growth and development of young cucumber and tomato plants. *J. Hort. Sci.*, 70: 75-80.
- Günay, A., 1982.** Genel Sebze Yetiştiriciliği, Cilt I, Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Bahçe Bitkileri Bölümü, Ankara.
- Hadley, P., Roberts, E.H., Summerfield, R.J. and Minchen, F.R., 1983.** A quantitative model of reproductive development in cowpea in relation to photoperiod and temperature and implications for screening germplasm. *Ann. Bot.*, 51: 531-543.
- Hay, R.K.M. and Walker, A.J., 1989.** *An Introduction to the Physiology of Crop Yield*. Longman Group UK Limited.

- Heuvelink, E., 1989.** Influence of day and night temperature on the growth of young tomato plants. *Scientia Hort.*, 38: 11-22.
- Heuvelink, E. and Bertin, N., 1994.** Dry matter partitioning in a tomato crop: Comparison of two simulation models. *J. Hort. Sci.*, 69 (5): 885-903.
- Heuvelink, E., 1995.** Growth, development and yield of a tomato crop: Periodic destructive measurements in a greenhouse. *Scientia Hort.*, 61: 77-99.
- Hunt, R., Warron, L., Hand, D.W. and Sweeney, D.G., 1984.** Integrated analysis of growth and light interception in winter lettuce. I. Analytical methods and environmental influences. *Ann. Bot.*, 39: 745-755.
- Jones, J.W., Dayan, H., Keulen, H. and Challa, H., 1989.** Modelling tomato growth for optimizing greenhouse temperature and carbon dioxide concentrations. *Acta Hort.*, 248: 285-294.
- Kasım, K. and Dennett, M.D., 1986.** Radiation absorbtion and growth of *Vicia faba* under shade of two densities. *Ann. Appl. Biol.*, 109: 639-650.
- Kevseroğlu, K. ve Çalışkan, Ö., 1995.** Farklı sıcaklık derecelerinin bazı endüstri bitkileri tohumlarının çimlenmesine etkisi. *O.M.Ü.Z.F. Dergisi*, 10 (1): 23-31.
- Kevseroğlu, K., 1999.** Bitki Ekolojisi. O.M.Ü. Ziraat Fakültesi Ders Kitabı No: 31, Samsun.
- Khah, E.M. and Passam, H.C., 1992.** Flowering, fruit set and development of the fruit and seed of sweet pepper (*Capsicum annum* L.) cultivated under conditions of high ambient temperature. *J. Hortic. Sci.*, 67 (2): 251-258.
- Knavel, D.E., 1988.** Growth development and yield potential of short-internode Muskmelon. *J. of Amer. Soc. Hort. Sci.*, 113 (4): 595-599.
- Kocabaş, Z., 1995.** Bir bitki simulasyon modelinin oluşturulması ve dikkat edilecek noktalar. *Kooperatifçilik*, Sayı:110, 99-109.
- Kristoffersen, T., 1963.** Interactions of photoperiod and temperature in growth and development young tomato plants (*Lycopersicon esculentum* Mill.). *Physiol. Plant. Suppl.*, 1: 1-98.

- Kürklü, A. 1994.** Energy Management in Greenhouses Using Phase Change Materials (PCMS). (Unpublished PhD Thesis), The Univ. of Reading, England.
- Kürklü, A., Wheldon, A.E and Hadley, P., 1998.** Effects of temperature and time of harvest on the growth and yield of aubergine (*Solanum melongena* L.). Türk Tarım ve Ormancılık Dergisi, 22 (4): 341-348.
- LeBoeuf, J., 2004.** The effect of extreme temperatures on the tomato and pepper crop. [http:// www.gov.on.ca. / OMAFRA / english / crops / facts / info_tomtemp.htm](http://www.gov.on.ca./OMAFRA/english/crops/facts/info_tomtemp.htm)
- Leskovar, D.I. and Daniel, J.C., 1994.** Transplant production systems influence growth and yield of fresh-market tomatoes. J. Amer. Soc. Hort. Sci., 119 (4): 662-668.
- Loach, K., 1970.** Shade tolerance in tree seedlings. 2. Growth analysis of plants raised under artificial shade. New. Phytol., 67: 789-792.
- Maddonni, G.A., Otegui, M.E. and Cirilo, A.G., 2001.** Plant population density, row spacing, and hybrid effects on maize canopy architecture and light interception. Field Crops Res., 71: 183-193.
- Marshall, B., Squire, G.R. and Terry, A.C., 1992.** Effect of temperature on interception and conversion of solar radiation by stands of groundnut. J. Exp. Bot., 246 :95-101.
- Masson, J., Tremblay, N. and Gosselin, A., 1990.** Nitrogen fertilization and HPS supplementary lighting influence vegetable transplant production. I. Transplant growth. J. Amer. Soc. Hort. Sci., 116 (4): 594-598.
- Monteith, J. L., 1977.** Climate and the efficiency of crop production in Britain. Physiological Translocations of the Royal Society of London, 281: 277-294.
- McCall, D., 1992.** Effect of supplementary light on tomato transplant growth, and the after effects on yield. Scientia Hort., 51: 65-70.
- Nederhoff, E., 2004.** HortFACT - Growing Greenhouse Capsicums. [http:// www.hortnet.co.nz / publications / hortfacts / hf359001. htm](http://www.hortnet.co.nz/publications/hortfacts/hf359001.htm)

- Nilwik, H.J.M., 1981.** Growth analysis of sweet pepper (*Capsicum annum* L.).
2. Interacting effects of irradiance, temperature and plant age in controlled conditions. *Annals of Botany*, 48: 137-145.
- Ofluoğlu, A., 2000.** Farklı Dikim Zamanları ve Sera Tiplerinin Patlıcanda (*Solanum melongena* L.) Büyüme, Gelişme ve Verim Üzerine Kantitatif Etkileri. OMÜ Fen. Bil. Enst. Yüksek Lisans Tezi. (Basılmamış), Samsun.
- Odabaş, M.S., 2003.** Sıcaklık ve Işığın Baklada (*Vicia faba* L.) Büyüme, Gelişme ve Verime Kantitatif Etkileri. OMÜ Fen. Bil. Enst. Doktora Tezi. (Basılmamış), Samsun.
- Onus, N., 2000.** *Capsicum* cinsine genel bakış. *Derim Dergisi* 19 (2).
- Özkaraman F., 2004.** Sera Koşullarında Sıcaklık, Işık ve Farklı Budamaların Kavunda (*Cucumis melo* L.) Büyüme, Gelişme ve Verime Kantitatif Etkileri. OMÜ Fen. Bil. Enst. Doktora Tezi. (Basılmamış), Samsun.
- Pearson, S., 1992.** Modelling the effect of temperature on the growth and development of horticultural crops (Unpublished Thesis).
- Pearson, S., Hadley, P. and Wheldon, A.E., 1993.** A reanalysis of the effects of temperature and irradiance on time to flowering in chrysanthemum (*Dendranthema grandiflora*). *J. Hort. Sci.*, 6(81): 89-97.
- Pearson, S., Hadley, P. and Wheldon, A.E., 1994.** A model of the effects of temperature on the growth and development of cauliflower (*Brassica oleracea* L. Botrytis). *Scientia Hort.*, 59: 91-106.
- Picken, A.J.F., Stewart K., and Klapwicz, 1986.** Germination and Vegetative Development. In: J.G. Atherton And J. Rudich (Eds), *The Tomato Crop*. Chapman And Hall, London: 167-200.
- Robinson, R.W. and Decker-Walters, D.S., 1997.** Cucurbits. Cab International Wallingford, Oxon OX10 8DE p1-04. UK.
- Roberts, E.H., Hadley, P. and Summerfield, R.J., 1985.** Effects of temperature and photoperiod on flowering in chickpeas (*Cicer arietinum* L.). *Annals of Botany*, 55:881-892.
- Rylski, I., Aloni, B., Karni, L. and Zaidman, Z., 1994.** Flowering, fruit set, fruit development and fruit quality under different environmental conditions

in tomato and pepper crops. Acta Horticulture 366: II. Symposium on Protected Cultivation of Solanacea in Mild Winter Climates, Adana, Turkey.

- Şeniz, V. 1992.** Domates Biber ve Patlıcan Yetiştiriciliği. Tarımsal Araştırmaları Destekleme ve Geliştirme Vakfı, Yayın No: 26, Yalova.
- Titiz, S., 2003.** Seracılığımızın sorunları ve çözüm önerileri. Türkiye IV. Bahçe Bitkileri Kongresi, 8-12 Eylül 2003. 339-346, Antalya.
- Tüzel, Y., 2003.** Protected cultivation in Turkey. 5th FAO Regional Working Group Meeting on "Greenhouse Crop Production in the Mediterranean Region", 10-13 November 2003. Nicosia, Cyprus.
- Udinkten Cate, A.J., Bot, G.P.S. and van Dijk, J.J., 1978.** Computer control of greenhouse climates. Acta Horticulture, 87: 265-272.
- Uzun, S., 1996.** The Quantitative Effects of Temperature and Light Environment on the Growth, Development and Yield of Tomato and Aubergine (Unpublished PhD Thesis). The Univ. of Reading, England 1996.
- Uzun, S. ve Demir, Y., 1996.** Sıcaklık ve ışığın bitki büyüme, gelişme ve verimine etkisi. (II. Gelişme). OMÜ Ziraat Fak. Dergisi, 11 (3): 201-212.
- Uzun, S., 1997.** Sıcaklık ve ışığın bitki büyüme, gelişme ve verimine etkisi (I.Büyüme). OMÜ. Ziraat Fak. Dergisi, 12 (1): 147-156.
- Uzun, S., Demir, Y. ve Özkaraman, F., 1998.** Bitkilerde ışık kesimi ve kuru madde üretimine etkileri. OMÜ. Ziraat Fak. Dergisi, 13 (2): 133-154.
- Uzun, S. ve Çelik, H., 1999.** Leaf area prediction models (Uzcelik-I) for different horticultural plants. Tr. J. of Agriculture and Forestry, 23: 645-650.
- Uzun, S., 2000.** Sıcaklık ve Işığın Bitki Büyüme, Gelişme ve Verimine Etkisi (III. Verim). O.M.Ü. Ziraat Fak. Dergisi 15 (1): 105-108.
- Uzun, S., 2001.** Serada domates ve patlıcan yetiştiriciliğinde bazı büyüme ve verim parametreleri ile sıcaklık ve ışık arasındaki ilişkiler. 6. Ulusal Seracılık Sempozyumu. 5-7 Eylül 2001, Fethiye-Muğla.
- Uzun, S., Marangoz, D. ve Özkaraman, F., 2001.** Modelling the time elapsing from seed sowing to emergence in some vegetable crops. Pakistan Journal of Biological Sciences, 4 (4): 442-445.
- Vardar, Y., 1975.** Bitki Fizyolojisine Giriş. Ticaret Gazetesi Matbaası, İzmir.

- Verkerk, K., 1955.** Temperature, light and the tomato. Mededelingen Landbouwhogeschool Wageningen, 55 (4): 175-224.
- Vural, H., Eşiyok, D. ve Duman, İ., 2000.** Kültür Sebzeleri (Sebze Yetiştirme). Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Bahçe Bitkileri Bölümü, Bornova, İzmir.
- Warrington, I.J. and Kanamasu, E.T., 1983.** Corn growth response to temperature and photoperiod I. Seedling emergence, tassel initiation and anthesis. Agronomy J., 75: 749-754.
- Went, F.W., 1945.** Plant growth under controlled conditions, V. the relation between age, light, variety and thermoperiodicity of tomatoes. Amer. J. Bot., 32: 469-479.
- Whitehead, F.H., 1973.** The Relationship Between Light Intensity and Reproductive Capacity. Plant Response to Climatic Factors. Unesco, Paris.
- Yaping, S. and Royal, D. H. 1996.** Influence of day and night temperatures on sweet pepper seedling development. J. Amer. Soc. Sci. 121 (4): 699-704.

ÖZGEÇMİŞ

1973 yılında Muş'un Bulanık İlçesinde doğdu. İlk öğrenimini Erzurum Atatürk İlkokulunda, orta ve lise öğrenimini Samsun Anadolu Lisesinde tamamladı. 1992 yılında Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Bahçe Bitkileri Bölümünü kazandı. 1996 yılında mezun oldu ve aynı yıl Ondokuz Mayıs Üniversitesi Ziraat Fakültesi Bahçe Bitkileri Anabilim Dalında yüksek lisans eğitime başladı. 1998 yılında Bahçe Bitkileri Bölümüne Araştırma Görevlisi olarak atandı. Yüksek lisans eğitimini 1999 yılında tamamladı. 1999 yılında aynı anabilim dalında doktora eğitime başladı. Evli ve bir çocuk annesidir.