



**Araştırma/Research**

Anadolu Tarım Bilim. Derg./Anadolu J Agr Sci, 34 (2019)

ISSN: 1308-8750 (Print) 1308-8769 (Online)

doi: 10.7161/omuanajas.473656

## Farklı ışık ve sıcaklık şartlarının sera biber yetiştiriciliğinde büyüme parametreleri üzerine kantitatif etkilerinin modellenmesi

Dilek Kandemir<sup>a\*</sup>, Sezgin Uzun<sup>b</sup>

<sup>a</sup>OMU Samsun Meslek Yüksekokulu, Samsun

<sup>b</sup>OMU Ziraat Fakültesi Bahçe Bitkileri Bölümü, Samsun

\*Sorumlu yazar/corresponding author: mdilek@omu.edu.tr

Geliş/Received 23/10/2018

Kabul/Accepted 05/12/2018

### ÖZET

Bu çalışma, farklı dönemlerde serada yetiştirilen biber bitkisinin (*Capsicum annuum* L.) vejetatif büyüme özellikleri üzerine farklı ışık ve sıcaklık şartlarının kantitatif etkilerinin belirlenmesi amacıyla yürütülmüştür. Araştırma, cam ve plastik serada, dört farklı dikim döneminde (Mayıs, Ağustos, Ekim ve Mart) gölgeli ve gölgesiz şartlarda gerçekleştirilmiştir. Gölgeleme materyali olarak %50 ışık geçirgenliği olan plastik ağ örtüden yararlanılmıştır. Çalışmada, Çetinel 150 biber çeşidi kullanılmıştır. Işık ve sıcaklığın, biber bitkisinde vejetatif büyüme parametreleri olan bitki boyu, bitki gövde çapı, yaprak sayısı, toplam bitki vejetatif kuru ağırlığı, yaprak alanı, oransal yaprak ağırlığı, oransal gövde ağırlığı, oransal kök ağırlığı, oransal yaprak alanı, net asimilasyon oranı ve nispi büyüme hızı üzerine olan etkileri ayrıntılı olarak incelenmiştir. İncelenen tüm özelliklerden elde edilen verilerin çoklu regresyon analizleri sonucunda matematiksel modeller elde edilmiş ve oluşturulan modeller 3 boyutlu grafiklere dönüştürülmüştür. Çalışmada, 14-28 °C sıcaklık ve 70-1500  $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$  ışık şiddeti sınırlarında incelenen büyüme parametrelerindeki önemli değişimler, grafiklerden faydalanılarak açıklanmıştır. Çoklu regresyon analizi sonucunda gerçek ve tahmin edilen büyüme parametreleri arasında istatistiksel olarak önemli düzeyde bir ilişkinin olduğu bulunmuştur. Büyüme parametreleri için üretilen denklemlerin regresyon katsayıları ( $R^2$ ), 0.72 (oransal gövde ağırlığı) ile 0.94 (yaprak sayısı) arasında değişim göstermiştir. Biber bitkisinde, bitki boyu ve yaprak alanı artan sıcaklık ve azalan ışıkla beraber eğrisel olarak artmıştır. Artan sıcaklık ve artan ışık şartlarında, bitki gövde çapı eğrisel olarak artış göstermiştir. Nispi büyüme hızı (NBH) için optimum sıcaklığın ışık şiddetine bağlı olarak 24-27 °C arasında olduğu saptanmıştır. Bu araştırmadan elde edilen sonuçlar ile özellikle kontrollü seralarda biber üretim planlamasının oluşturulması yönünde ilk adım atılmıştır.

Anahtar Sözcükler:

Biber  
Büyüme parametreleri  
Çevre faktörleri  
Modelleme  
Sera

### Modelling of the quantitative effects of different light and temperature values on growth parameters of pepper grown in greenhouse

#### ABSTRACT

This study was carried out to determine the quantitative effects of different light and temperature conditions on vegetative growth characteristics of pepper plant (*Capsicum annuum* L.) grown in greenhouses in different periods. Plants were grown under shaded and unshaded conditions in four different planting periods (May, August, October and March) in glass and plastic greenhouse. 50% transparent green polyethylene netting cover was used for shading. In the study, Çetinel 150 pepper variety was used. The effects of light and temperature on plant growth parameters (plant height, stem diameter, leaf number, total plant dry weight, leaf area, root weight ratio, stem weight ratio, leaf weight ratio, leaf area ratio, net assimilation rate and relative growth rate) were determined in detail. As a result of multiple regression analysis of the data obtained from all parameters, mathematical models were obtained and the models were converted to 3D graphics. The effects of temperature and light on all the parameters examined were explained depending on the light integral (70-1500  $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ) and temperature (14-28 °C) by using these graphs. As a result of the multi-regression analysis, it was found that there was a close relationship between actual and predicted growth parameters. The regression coefficients of the newly produced equations for growth parameters for pepper changed between 0.72

Keywords:  
Pepper  
Growth parameters  
Environmental factors  
Modelling  
Greenhouse

(stem weight ratio) and 0.99 (leaf number). The results obtained from the present study shown that the plant height and leaf area were increased curvilinearly with increasing temperature and decreasing light intensity. With the increasing temperature and light conditions, the stem diameter increased curvilinear. The optimum temperature for the relative growth rate (NBH) was determined to be between 24-27 ° C depending on the light intensity. With the results obtained from this research, the first step was taken to establish pepper production planning especially in controlled greenhouses.

## 1. Giriş

Türkiye, sahip olduğu uygun ekolojik faktörler nedeniyle gerek örtüaltında ve gerekse açıkta sebze yetiştiriciliği açısından önemli bir potansiyele sahiptir. Örtüaltında en çok yetiştirilen sebze türü, 3.829.831 ton üretim miktarı ile domatestir. Domates üretimi 1.121.625 ton ile hıyar, 791.277 ton ile karpuz ve 704.293 ton ile biber izlemektedir (TÜİK, 2018). Ülkemizde örtüaltı yetiştiriciliği, sebzeçilik sektörünün gelişmesiyle birlikte büyük bir önem kazanmıştır (Tüzel ve ark., 2015). Örtüaltı üretim alanımız, 752.168 dekadır ve bunun yaklaşık %59'u seradır (TÜİK, 2018). Seracılığın yaygınlaştırılması, üretimden elde edilen kazancın cazibesine bağlıdır. Elde edilecek kazancın artırılması; yüksek verim değeri, kalite yüksekliği ve pazara uygun zamanda arzla sağlanmaktadır. Yüksek verim ve kalite ile zamanlama bakımından; sera iklimsel faktörlerinin kontrolü yetiştiricilikte önemli bir rol oynamaktadır. İklimsel faktörler, örtüaltı yetiştiricilik sistemlerinde bitki türlerinin büyüme ve gelişmesi üzerine farklı etkide bulunmaktadır. Bu sistemlerde, çevre faktörlerinin kontrol altına alınmasıyla birlikte bitki büyümesi, gelişmesi ile verim potansiyeli kontrol edilebilmektedir. Son yıllarda, ülkemizde iklim kontrollü modern sera işletmelerinin sayıları artmaya başlamıştır. Bu seralarda yazılımsal (bitki büyüme modelleri) ve donanımsal sistemler sayesinde; ısıtma, havalandırma, nemlendirme, ışıklandırma vb. sera çevre koşulları kolaylıkla düzenlenebilmektedir (Balkaya ve ark., 2015; Tüzel ve ark., 2015; Kandemir ve ark., 2016).

Çevre faktörlerinden özellikle ışık ve sıcaklık, bitkilerde gerçekleşen temel fizyolojik olayların seyrinde önemli bir rol oynamaktadır (Ağaoğlu ve ark., 1995; Uzun ve Demir, 1996). Bitkilerin büyüme ve gelişmeleri için belirli düzeylerde ışığa ihtiyaçları vardır. (Vardar, 1975), ışık şiddetinin belli bir sınır içinde artışı ile orantılı olarak, büyüme ve gelişmenin hızlandığı ifade etmiştir Monteith (1996) ve Uzun (1996) bitkilerde kuru madde birikiminin genellikle bitki tarafından kesilen toplam fotosentetik aktif radyasyon ile belirli bir noktaya kadar doğru orantılı olduğunu ortaya koymuşlardır. Bitki üzerine gelen radyasyondan bitkilerin faydalanma yetenekleri türlere, çeşitlere, teknik ve kültürel uygulamalara göre değişiklik göstermektedir. Işık yoğunluğunun bitkinin istediğinden fazla olması, sıcaklıkla bağlantılı olarak sürgün uzunluğunun azalmasına, bodurlaşmaya, çiçek tomurcuğu oluşumunun engellenmesine, yapraklarda kalınlaşma ve tüylenmeye, yaprakların küçülmesine ve yaprak veya meyveleri tüketilen türlerde mevcut rengin açılmasına neden olmaktadır (Eriş, 1990).

Sebze yetiştiriciliğinde köklerin topraktaki su ve mineral besin maddelerini alması, bunların farklı organlara iletilmesi, suyun transpirasyon ile atılması ve diğer fizyolojik olayların meydana gelmesi, ancak belirli sıcaklık derecelerinde gerçekleşmektedir. Uzun (2000), yüksek sıcaklıkların genellikle bitkilerin büyüme sürelerini kısalttığını, toplam verim potansiyellerini azalttığını ancak erkenciliği artırdığını bildirmiştir. Yüksek sıcaklıklar, yaprakların yaşlanmasını hızlandırmakta ve daha düşük sıcaklıklara maruz kalan yapraklardan çok daha erken fotosentetik kapasitenin düşmesine neden olmaktadır. Yüksek sıcaklık kadar, düşük sıcaklıklar da bitki büyüme ve gelişmesini olumsuz yönde etkilemektedir.

Son yıllarda, çevre şartlarının (ışık, sıcaklık, nem, su ve toprak sıcaklığı vb.) etkisi ile bitki büyümesinde meydana gelen değişiklikler, tarımda gelişmiş ülkelerde yapılan bitki büyüme model çalışmaları ile ortaya konulmuş ve bu modellerle bitki büyümesi ile verim arasındaki ilişkiler incelenmiştir. Bitki büyüme ve gelişme modellerinin geliştirilmesi ile verim tahminlerinde kullanılacak olan alt modellerin oluşturulması mümkün olabilmektedir. Ülkemizde de, çevre şartlarının, bitkilerin büyüme ve verimleri üzerine olan etkisinin tamamen açıklığa kavuşturulması amacıyla çok sayıda araştırma yürütülmüştür (Uzun, 1996; Uzun ve ark., 2001; Cemek, 2002; Balkaya, 2004; Demirsoy ve ark., 2004; Özkaraman, 2004; Odabaş ve ark., 2007; Kurtar ve Odabaş, 2010; Sarıbaş, 2013; Köse, 2014; Demirsoy ve ark., 2016; Özkaplan, 2018).

Bazı sebze türlerinde büyüme, gelişme ve verim tahmin modelleri oluşturulmuş olmasına rağmen, biber bitkisinde bu alanda önemli bir eksiklik belirlenmiştir. Bu çalışmada, farklı sıcaklık ve ışık değerleri oluşturularak, bu faktörlerin biber bitkisinde vejetatif büyüme parametreleri üzerine olan etkileri kantitatif olarak incelenmiş ve modeller üretilmiştir.

## 2. Materyal ve Yöntem

### 2.1. Materyal

Bu araştırma, Ondokuz Mayıs Üniversitesi Ziraat Fakültesi kampüs uygulama arazisinde kurulmuş olan plastik sera ile ısıtılmalı cam serada yürütülmüştür. Çalışmada, Çetinel 150 biber çeşidi kullanılmıştır. Gölgeleme materyali olarak, ışık geçirgenliği %50 olan koyu yeşil renkte ağ plastik kullanılmıştır.

### 2.2. Yöntem

Plastik ve cam seralarda yürütülen çalışmada tohum ekimleri, 240 hücreli viyollere Mart, Temmuz, Eylül ve

Ocak ayları olmak üzere dört farklı dönemde yapılmıştır. Fideler, 4-5 gerçek yapraklı dönemlerinde 40 x 100 cm boyutlu ve 35 litre hacimli siyah plastik yetiştirme torbalarına ve her torbaya 3 adet fide olacak şekilde Mayıs, Ağustos, Kasım ve Mart aylarında dikilmiştir. Yetiştirme torbalarında 1:2:0.5 (bahçe toprağı, yanmış çiftlik gübresi, dere kumu) oranında oluşturulan yetiştirme ortamı kullanılmıştır. Farklı ekim ve dikim zamanlarıyla, yıllık var olan tabii ışık ve sıcaklık değerlerinden yararlanılarak varyasyon sağlanmıştır.

İlk iki dikim döneminde (Mayıs, Ağustos), hem plastik ve hem de cam serada 30 bitki gölgeli şartlarda, 30 bitki ise direk güneş ışığı (gölgesiz şartlar) altında yetiştirilmiştir. Sıcaklığın düşük olduğu üçüncü dikim döneminde ise (Kasım) ısıtma uygulandığı için 30'ar adet bitki cam serada hem güneş ışığı ve hem de gölgeli şartlar altında yetiştirilmiştir. Bu yetiştiricilik döneminde, plastik sera kullanılmamıştır. Dördüncü dikim döneminde (Mart) 30 bitki cam serada gölgeli şartlarda, 30 bitki cam serada direk güneş ışığı altında ve 30 bitki ise plastik serada güneş ışığı altında yetiştirilmiştir. Yetiştiricilik dönemi boyunca tüm bakım işlemleri tekniğine uygun olarak yapılmıştır.

Sera içi sıcaklık değerleri, bilgisayar yardımı ile programlanabilen Hobo marka veri kaydediciler ile kaydedilmiştir. Yetiştirme dönemi boyunca kaydedilen ortalama günlük sıcaklık değerlerinin ortalama alınarak, yetiştirme dönemine ait ortalama sıcaklık değerleri belirlenmiştir. Sera içi ışık değerleri, Delta-T Devices Type SS1 Sun Scan Canopy Analyser (400 nm-800 nm) aleti kullanılarak  $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$  cinsinden ölçülmüştür.

Ölçüm sonucunda, bitki üzerine gelen ışık miktarı, % fotosentetik aktif radyasyon değeri olarak belirlenmiştir. Işık ölçümleri 15 gün aralıklarla her gruptaki deneme bitkilerinde, bitki üzerinden üç noktada (bu değerlerin ortalaması alınmıştır) uzun günlerde saat 13.00'de, kısa günlerde ise saat 12.00'de yapılmıştır. Ölçüm günlerinde havanın tamamen güneşli olmasına dikkat edilmiştir. Ölçüm yapılan değerlerin ortalaması alınarak yetiştirme dönemlerine ait ortalama ışık miktarı değerleri hesaplanmıştır (Uzun, 1996).

Kantitatif analizler için, dikim zamanında her uygulamadan 12 adet fidede bitki vejetatif kuru ağırlık değerleri belirlenmiştir. Her dikim dönemi için, vejetasyon periyodunun sonunda her bir sera ortamından 12 adet bitki köküyle beraber sökülüştür. Bu bitkilerde bitki boyu gövde çapı, yaprak sayısı, toplam bitki vejetatif kuru ağırlığı (kök, gövde ve yaprak kuru ağırlığı) ve yaprak alanı değerleri belirlenmiştir. Sökülen bitkilerin vejetatif kuru ağırlıkları belirlenmeden önce, yaprak alanlarının belirlenebilmesi için her bitkinin tüm yapraklarında en boy ölçümleri yapılmış ve bitkilerin toplam yaprak alanı Uzun ve Çelik (1999)'a göre yaprak alan modeli kullanılarak belirlenmiştir. Kantitatif büyüme parametrelerinin hesaplanması Uzun (1996)'a göre yapılmıştır (Çizelge 1).

### 2.3. Verilerin değerlendirilmesi

Araştırma sonucunda elde edilen verilerin değerlendirilmesinde, Microsoft Excel 5.0 ve Slide Write 2.0 paket 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.

Çizelge 1. Kantitatif büyüme parametrelerinin hesaplanmasında kullanılan formüller (Uzun, 1996)

Oransal Kök Ağırlığı (OKA)	=	Toplam Kök Kuru Ağırlığı (g) / Toplam Bitki Kuru Ağırlığı (g)
Oransal Gövde Ağırlığı (OGA)	=	Toplam Gövde Kuru Ağırlığı (g) / Toplam Bitki Kuru Ağırlığı (g)
Oransal Yaprak Ağırlığı (OYA)	=	Toplam Yaprak Kuru Ağırlığı (g) / Toplam Bitki Kuru Ağırlığı (g)
Oransal Yaprak Alanı (YAO)	=	Toplam Yaprak Alanı ( $\text{cm}^2$ ) / Toplam Bitki Kuru Ağırlığı (g)
Net Asimilasyon Oranı (NAO)	=	$[W2 \text{ (g)} - W1 \text{ (g)} / A2 \text{ (cm}^2\text{)} - A1 \text{ (cm}^2\text{)}] / (T2 - T1)$
W1: Birinci kantitatif analizde bitki kuru ağırlığı (g), W2: İkinci kantitatif analizde yaprak kuru ağırlığı (g)		
A1: Birinci kantitatif analizde toplam yaprak alanı ( $\text{cm}^2$ ), A2: İkinci kantitatif analizde toplam yaprak alanı ( $\text{cm}^2$ ),		
T2-T1: İki kantitatif analiz arasında geçen süre (gün),		
Nispi Büyüme Hızı (NBH)	=	NAO * YAO

### 3. Bulgular ve Tartışma

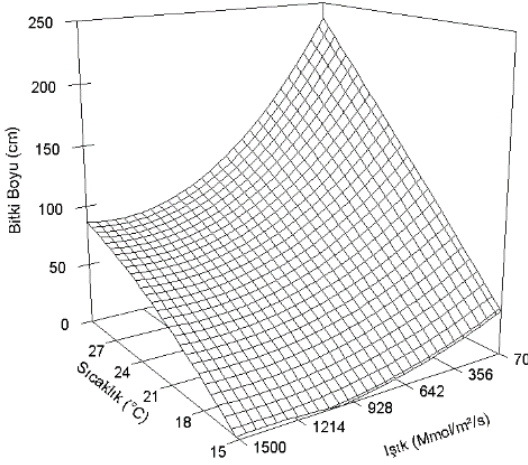
#### 3.1. Bitki büyüme parametreleri

##### 3.1.1. Bitki boyu

Regresyon analizi sonucunda bitki boyu (BB) ile sıcaklık ve ışık şiddeti arasındaki ilişkinin derecesi önemli ( $R^2=0.97$ ) bulunmuş ve denklemi Eşitlik 1'de verilmiştir. Işık ve sıcaklığın bitki boyu üzerine etkisi, Şekil 1'de ayrıntılı olarak gösterilmiştir.

$$BB = -174.51 + 14.27 \times S - 0.00028 \times S^2 \times I + 1.04E^{-07} \times S^2 \times I^2 \quad (1)$$

$$SH = (18.03)^{***} (1.16)^{***} (5.4E^{-05})^{***} (2.99E^{-08})^{**} \\ R^2 = 0.97$$



Şekil 1. Işık ( $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ) ve sıcaklığa ( $^{\circ}\text{C}$ ) bağlı olarak biberde bitki boyunun değişimi

Işığın  $70 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$  den  $1500 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ 'ye artmasıyla birlikte bitki boyunun eğrisel bir şekilde ortalama  $240 \text{ cm}$ 'den  $85 \text{ cm}$ 'ye kadar azaldığı belirlenmiştir (Şekil 1). Düşük sıcaklık şartlarında ışığın  $70 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ 'den  $950 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ 'ye kadar artmasıyla beraber bitki boyunda eğrisel olarak bir miktar azalmanın olduğu tespit edilmiştir. Yüksek ışık şartlarında, sıcaklığın  $30 \text{ }^{\circ}\text{C}$ 'den  $15 \text{ }^{\circ}\text{C}$ 'ye azalmasıyla birlikte bitki boyunun eğrisel olarak azalış gösterdiği saptanmıştır. Düşük ışık şartlarında, azalan sıcaklıkla beraber bitki boyunda da belirgin düzeyde azalma meydana gelmiş ve bu azalış yüksek ışık şartlarındaki azalmadan daha belirgin olarak gerçekleşmiştir. En uzun bitki boyunun; düşük ışık ( $70 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ) ve yüksek sıcaklık ( $30 \text{ }^{\circ}\text{C}$ ) şartlarında, en kısa bitki boyunun ise yüksek ışık ( $1500 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ) ve düşük sıcaklık ( $15 \text{ }^{\circ}\text{C}$ ) şartlarında olduğu belirlenmiştir. Günay (1982) ışık şiddetindeki azalmanın, bitki boyunun uzamasına ve gövdenin cılızlaşmasına neden olduğunu bildirmiştir. Uzun (1996) birçok bitkide belirli sınırlar içerisinde, sıcaklık ile hızlı boy kazanımı arasında doğrusal bir ilişkinin olduğunu

belirtmiştir. Birçok araştırmacı, farklı sebze türlerinde yaptıkları çalışmalarda bitki boyu üzerine sıcaklık ve ışık şiddetinin çok önemli interaktif etkisinin olduğunu ve en yüksek bitki boyunun düşük ışık, yüksek sıcaklık şartlarında oluştuğunu bildirmişlerdir (Uzun, 2001; Cemek, 2002; Özkaraman, 2004; Sarıbaş, 2013).

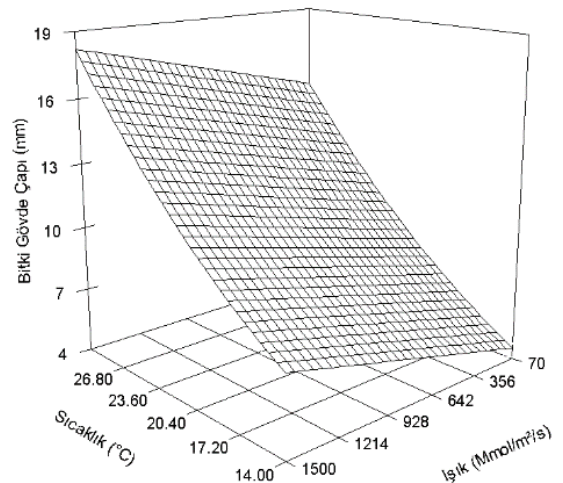
##### 3.1.2. Bitki gövde çapı

Bitki gövde çapı (BGÇ) ile sıcaklık ve ışık şiddeti arasındaki ilişkinin derecesi ( $R^2$ ) regresyon analizi sonucunda  $0.98$  olarak önemli düzeyde bulunmuş ve denklemi Eşitlik 2'de verilmiştir. Şekil 2'de ışık ve hava sıcaklığının gövde çapı üzerine etkisi gösterilmiştir.

$$BGÇ = 1.41 + 0.015 \times S^2 + 0.0022 \times I \quad (2)$$

$$SH = (0.41)^{**} (0.0011)^{***} (0.00045)^{***} R^2 = 0.98$$

Hem yüksek ve hem de düşük sıcaklık şartlarında, ışığın  $1500 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ 'den  $70 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ 'ye azalmasıyla birlikte bitki gövde çapında belirgin azalışların olduğu saptanmıştır. En yüksek bitki gövde çapı değeri; yüksek ışık ( $1500 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ), yüksek sıcaklık ( $30 \text{ }^{\circ}\text{C}$ ) şartlarında ve en düşük bitki gövde çapı ise düşük ışık ( $70 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ), düşük sıcaklık ( $15 \text{ }^{\circ}\text{C}$ ) şartlarında belirlenmiştir (Şekil 2). Günay (1982), ışık şiddetinin artmasıyla birlikte 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 hıyar gövde çapının arttığını tespit etmiştir. Araştırma sonuçları, belirtilen literatürleri destekler nitelikte olmuştur.



Şekil 2. Işık ( $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ) ve sıcaklığa ( $^{\circ}\text{C}$ ) bağlı olarak biberde bitki gövde çapının değişimi

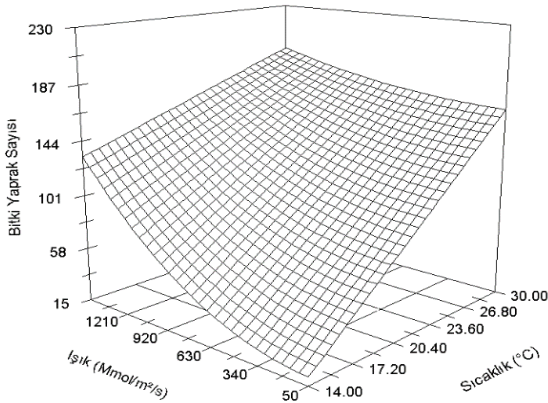
### 3.1.3. Bitki yaprak sayısı

Bitki yaprak sayısı (BYS) ile sıcaklık ve ışık şiddeti arasındaki ilişkinin derecesi regresyon analizi sonucunda önemli düzeyde bulunmuş ( $R^2=0.99$ ) ve model denklemi Eşitlik 3'de ve ışık ve sıcaklığın bitki gövde çapı üzerine etkisi, Şekil 3'de verilmiştir.

$$BYS = -104.20 + 8.98 \times S + 8.12E^{-05} \times I^2 - 2.3E^{-06} \times S \times I^2 \quad (3)$$

$$SH = (10.07)^{***} (0.48)^{***} (2.68E^{-05})^* (9.63E^{-07})^* R^2 = 0.99$$

Yüksek sıcaklık şartlarında, ışığın azalmasıyla bitki yaprak sayısında eğrisel olarak hafif bir azalma olurken, düşük sıcaklık şartlarında ışığın azalmasıyla birlikte bitki yaprak sayısında eğrisel olarak belirgin bir azalış meydana gelmiştir (Şekil 3). Yüksek ışık ve düşük ışık şartlarında, sıcaklığın 14 °C'den 30 °C'ye artmasıyla birlikte bitki yaprak sayısı doğrusal olarak artış göstermiştir. Birçok araştırmacı, farklı sebze türlerinde, yaprak sayısını sıcaklıkla ilişkilendirmişler ve bitkilerde yaprak çıkışının sıcaklık tarafından kontrol edildiğini, artan sıcaklık ile pozitif yönde bir ilişkinin olduğunu kaydetmişlerdir (Kürklü, 1994; Grimstadt, 1995; Uzun, 1996; Uzun ve ark., 1998). Diaz Perez (2013), düşük ışık şartlarının biberde yaprak sayısını azalttığını, McCall (1992) ise uygulanan ek ışıklandırmanın domateste yaprak sayısını artırdığını belirtmişlerdir.



Şekil 3. Işık ( $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ) ve sıcaklığa ( $^{\circ}\text{C}$ ) bağlı olarak biberde bitki yaprak sayısının değişimi

### 3.1.4. Toplam bitki vegetatif kuru ağırlığı

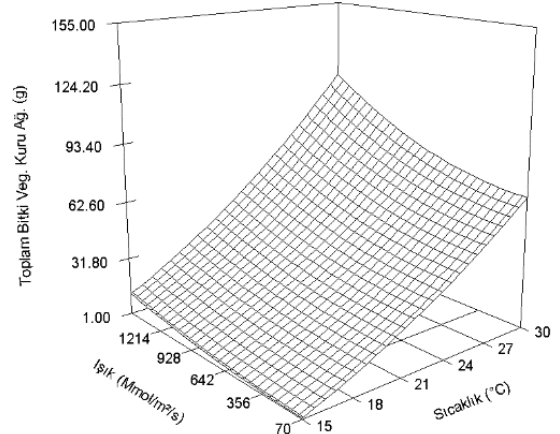
Regresyon analizi sonucunda toplam bitki vegetatif kuru ağırlığı (TBVKA) ile sıcaklık ve ışık şiddeti arasındaki ilişkinin derecesi  $R^2=0.96$  olarak önemli düzeyde bulunmuştur. Denklemi Eşitlik 4'de verilmiştir.

$$TBVKA = -21.45 + 2.1E^{-08} \times S^2 \times I^2 + 0.10 \times S^2 \quad (4)$$

$$SH = (5.91)^{**} (4.39E^{-09})^{**} (0.013)^{***} R^2 = 96$$

Işık ve sıcaklığın toplam bitki vegetatif kuru ağırlığı üzerine etkisi, Şekil 4'de sunulmuştur. Toplam bitki vegetatif kuru ağırlığı, yüksek ışık şartlarında sıcaklığın

azalmasıyla beraber eğrisel olarak azalmıştır. Benzer şekilde, düşük ışık şartlarında azalan sıcaklıkla beraber toplam bitki vejetatif kuru ağırlığında eğrisel olarak azalma gerçekleşmiştir. Yüksek ve düşük sıcaklık şartlarında, ışığın  $1500 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ 'den  $70 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ 'ye doğru azalmasıyla birlikte toplam bitki vejetatif kuru ağırlığı eğrisel azalış göstermiştir.



Şekil 4. Işık ( $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ) ve sıcaklığa ( $^{\circ}\text{C}$ ) bağlı olarak biberde toplam bitki vegetatif kuru ağırlığının değişimi

Düşük sıcaklık şartlarında gerçekleşen azalma, yüksek sıcaklık şartlarında meydana gelen azalmadan daha az düzeyde olmuştur. Araştırmada, en yüksek toplam bitki vejetatif kuru ağırlığı yüksek sıcaklık ve yüksek ışık şartlarında saptanmıştır. En düşük toplam bitki vejetatif kuru ağırlığı ise düşük sıcaklık ve düşük ışık şartlarında belirlenmiştir. Düşük ışık koşullarında yetiştirilen bitkilerde, daha az kuru madde birikiminin söz konusu olduğu birçok araştırmacı tarafından da ortaya konulmuştur (Cockshull ve ark., 1992; Uzun, 1996; Cemek, 2002; Özkaraman, 2004). Fotosentetik etkinliği hava sıcaklığı etkilemektedir ve her tür için optimum bir sıcaklık değeri vardır. Biber bitkisi için bu değer, 21-30 °C olarak belirlenmiştir. Sıcaklığın 30 °C'nin üzerine çıkması ve 21 °C'nin altına düşmesiyle birlikte vejetatif 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 birlikte toplam bitki kuru ağırlığının arttığını bildirmişlerdir. Kürklü (1994), patlıcanda 14-32 °C'ler arasındaki sıcaklık artışının kuru madde birikimini eğrisel olarak artırdığını belirtmiştir.

### 3.1.5. Toplam bitki yaprak alanı

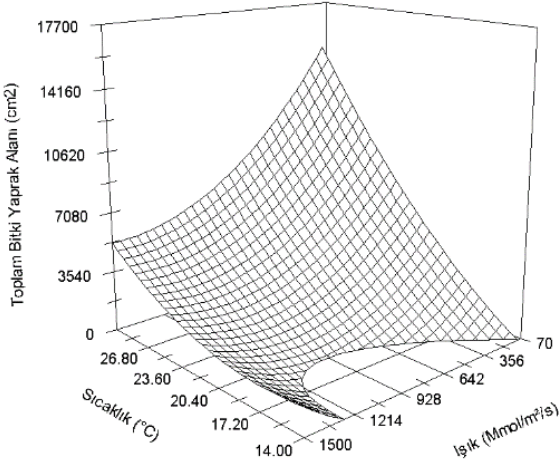
Toplam bitki yaprak alanı (TBYA) ile sıcaklık ve ışık şiddeti arasındaki ilişkinin derecesi ( $R^2$ ) regresyon analizi sonucunda 0.98 olarak önemli düzeyde bulunmuş ve denklemi Eşitlik 5'de verilmiştir. Ayrıca, toplam bitki yaprak alanı üzerine ışık ve sıcaklığın etkisi, Şekil 5'de gösterilmiştir.

$$TBYA = -3750.04 + 22.29 \times S^2 - 0.50 \times S \times I + 0.0051 \times I^2 \quad (5)$$

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

$$R^2 = 98$$

Yaprak alanının belirlenmesi; solunum, terleme, fotosentez, ışık kesimi, su ve besin maddelerinin kullanımı, çiçeklenme, meyve tutumu, verim ve meyve kalitesini etkilemesi bakımından oldukça önemlidir (Demirsoy ve ark., 2004).



Şekil 5. Işık ( $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ) ve sıcaklığa ( $^{\circ}\text{C}$ ) bağlı olarak biberde toplam bitki yaprak alanının değişimi

Çalışmada, yüksek sıcaklık şartlarında, ışığın azalmasıyla birlikte toplam bitki yaprak alanının eğrisel olarak arttığı ve en yüksek değerine ulaştığı tespit edilmiştir. Yüksek ışıpta azalan sıcaklıkla birlikte toplam bitki yaprak alanı eğrisel olarak azalış göstermiştir. Yine düşük ışık şartlarında sıcaklığın azalmasıyla birlikte, yaprak alanı değerlerinde önemli miktarda azalmalar olduğu da saptanmıştır. Bitki yapraklarının düşük ışık şiddetinde, yüksek ışık şiddetine göre daha geniş bir yüzey alanına sahip olduğu (Günay, 1982; Diaz Perez, 2013; Yıldız, 2013); düşük ışık ve yüksek sıcaklık şartlarında yaprak alanlarının arttığı ve yaprak alanının sıcaklık ile pozitif ilişkide olduğu birçok araştırmacı tarafından belirtilmiştir (Uzun, 1996; Uzun, 1997; Uzun ve ark., 1998; Özkaraman, 2004; Demirsoy ve ark., 2016). Araştırmacılar farklı sebze türlerinde yaptıkları çalışmalarda, yüksek sıcaklıklarda yetiştirilen bitkilerin, düşük sıcaklıklarda yetiştirilen bitkilere göre daha geniş yüzeyli yapraklar oluşturduklarını bildirmişlerdir (Kürklü, 1994; Leskovar ve Daniel, 1994). Yaprak alanı ile ilgili bulduğumuz sonuçlar, diğer araştırmacıların sonuçları ve ifadeleriyle uyum göstermiştir.

### 3.2. Kantitatif büyüme parametreleri

#### 3.2.1. Oransal kök ağırlığı (OKA)

Işık ve sıcaklık bakımından farklı çevre koşullarında yetiştirilen bitkilerde belirlenen oransal kök ağırlıkları ile sıcaklık ve ışık şiddeti arasında yapılan regresyon analizi

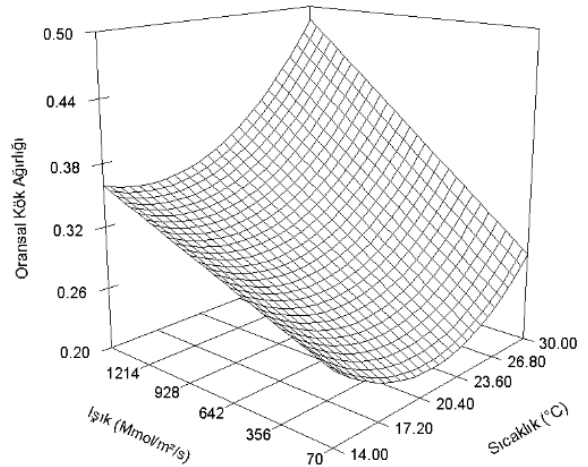
sonucunda  $R^2=0.90$  olarak önemli düzeyde bulunmuş ve denklemi Eşitlik 6'da verilmiştir.

$$OKA = 0.59 + 4.68E^{-06} \times S \times I - 0.0365 \times S + 0.00084 S^2 \quad (6)$$

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

$$R^2 = 0.90$$

Işık ve sıcaklığın oransal kök ağırlığı üzerine etkisi Şekil 6'da sunulmuştur. Oransal kök ağırlığı yüksek ve düşük sıcaklık şartlarında ışığın azalmasıyla beraber doğrusal olarak azalmıştır. Ancak düşük sıcaklık şartlarında gerçekleşen azalma, yüksek sıcaklık şartlarında gerçekleşen azalmadan daha az düzeyde olmuştur. Yüksek ışık şartlarında sıcaklığın  $30^{\circ}\text{C}$ 'den  $17^{\circ}\text{C}$ 'ye kadar azalmasıyla beraber, oransal kök ağırlığında azalış meydana gelmiştir. Düşük ışık şartlarında ise sıcaklığın  $30^{\circ}\text{C}$ 'den  $21^{\circ}\text{C}$ 'ye kadar düşmesiyle birlikte oransal kök ağırlığı azalmıştır. En yüksek oransal kök ağırlığı değeri, yüksek ışık ve yüksek sıcaklık şartlarında belirlenmiştir. Uzun (1997), yüksek sıcaklıklarda bitkinin vejetatif büyümesi sonucu bitki kuru maddesinin öncelikle kök, gövde ve yapraklarda biriktiğini bildirmiştir. Fierro ve ark (1994), domates ve biber bitkilerinde ve Özkaraman (2004) ise kavun bitkisinde oransal kök ağırlığının yüksek ışık şiddetinde yetiştirilen bitkilerde belirgin olarak arttığını belirtmişlerdir.



Şekil 6. Işık ( $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ) ve sıcaklığa ( $^{\circ}\text{C}$ ) bağlı olarak biberde oransal kök ağırlığının değişimi

#### 3.2.2. Oransal gövde ağırlığı (OGA)

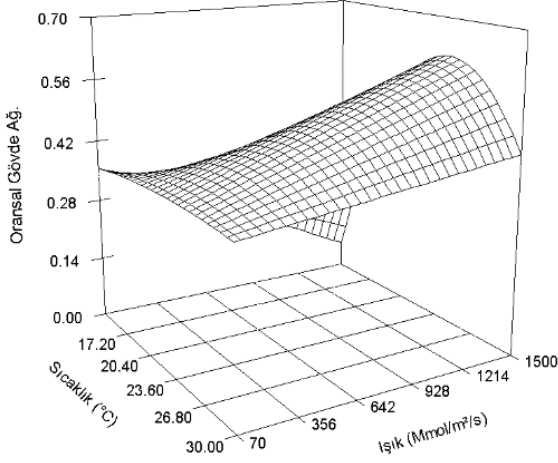
Oransal gövde ağırlığı ile sıcaklık ve ışık arasındaki ilişkileri ortaya koymak amacıyla yapılan regresyon analizi sonucunda  $R^2=0.72$  olarak önemli bulunmuş ve denklemi Eşitlik 7'de; ışık ve sıcaklığın oransal gövde ağırlığı üzerine etkisi Şekil 7'de verilmiştir.

$$OGA = 0.37 + 0.0017 \times S \times I - 3.5E^{-06} \times S^2 \times I - 0.0019 \times I \quad (7)$$

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

$$R^2 = 0.72$$

Şekil 7 incelendiğinde, yüksek sıcaklıkta ışığın artmasıyla birlikte oransal gövde ağırlığında doğrusal olarak çok az düzeyde bir artışın meydana geldiği görülmektedir. Düşük sıcaklık şartlarında, ışığın azalmasıyla birlikte oransal gövde ağırlığında doğrusal yönde bir artış gerçekleşmiştir. Oransal gövde ağırlığı, yüksek ışık şartlarında sıcaklığın 14 °C'den 23 °C'ye kadar artmasıyla birlikte eğrisel olarak artmış ve daha yüksek sıcaklıklarda ise eğrisel olarak azalış göstermiştir.



Şekil 7. Işık ( $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ) ve sıcaklığa ( $^{\circ}\text{C}$ ) bağlı olarak biberde oransal gövde ağırlığının değişimi

Düşük ışık şartlarında sıcaklığın değişmesi, oransal gövde ağırlığı üzerine önemli düzeyde bir etki yapmamıştır. Sonuç olarak, yüksek ışık şartlarında belli bir noktaya kadar sıcaklık artışıyla birlikte oransal gövde ağırlığı artmış ve en yüksek değerine ulaştıktan sonra ise daha yüksek sıcaklıklarda bu artış azalışa dönüşmüştür. Buradaki azalışın nedeni, yüksek sıcaklık ve yüksek ışık koşullarında kuru maddenin köklerde daha fazla birikmesi şeklinde açıklanabilir. 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 düzeyde etkide bulunduğunu ve yüksek sıcaklık, yüksek ışık koşullarında yetiştirilen bitkilerin, düşük ışık, düşük sıcaklık koşullarında yetiştirilen bitkilerden daha yüksek oransal gövde ağırlığına sahip olduklarını bildirmiştir.

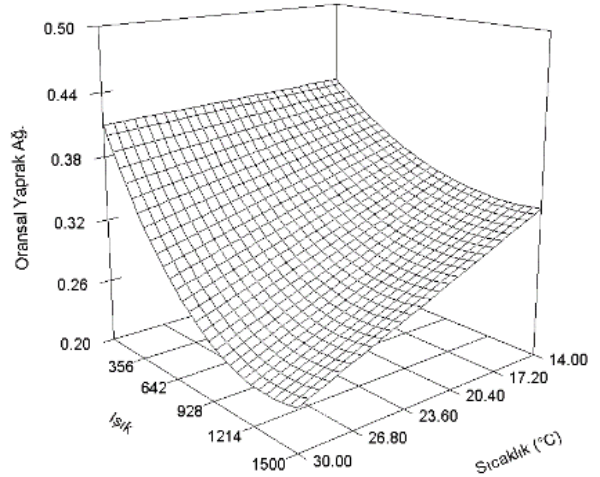
### 3.2.3. Oransal Yaprak Ağırlığı (OYA)

Araştırmada regresyon analizi sonucunda; oransal yaprak ağırlığı ile sıcaklık ve ışık şiddeti arasındaki ilişkinin derecesi  $R^2=0.88$  olarak önemli düzeyde bulunmuş ve denklemi Eşitlik 8'de verilmiştir.

$$OYA = 0.43 - 1E^{-05} \times S \times I + 3.83E^{-09} \times S \times I^2 \quad (8)$$

$$SH = (0.018)^{***} (2.59E^{-06})^{**} (1.67E^{-09})^* R^2 = 0.88$$

Bitki oransal yaprak ağırlığı üzerine ışık ve sıcaklığın etkisi, Şekil 8'de gösterilmiştir. Yüksek ve düşük sıcaklık şartlarında ışığın azalmasıyla birlikte, oransal yaprak ağırlığının eğrisel olarak azaldığı saptanmıştır. Bu azalış, yüksek sıcaklık şartlarında gerçekleşen azalmadan daha az düzeyde olmuştur. Oransal yaprak ağırlığı yüksek ışık şartlarında, sıcaklığın azalmasıyla birlikte doğrusal olarak artmıştır. Düşük ışık şartlarında sıcaklığın değişmesi, oransal yaprak ağırlığı değeri üzerine önemli düzeyde bir etki yapmamıştır.



Şekil 8. Işık ( $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ) ve sıcaklığa ( $^{\circ}\text{C}$ ) bağlı olarak biberde oransal yaprak ağırlığının değişimi

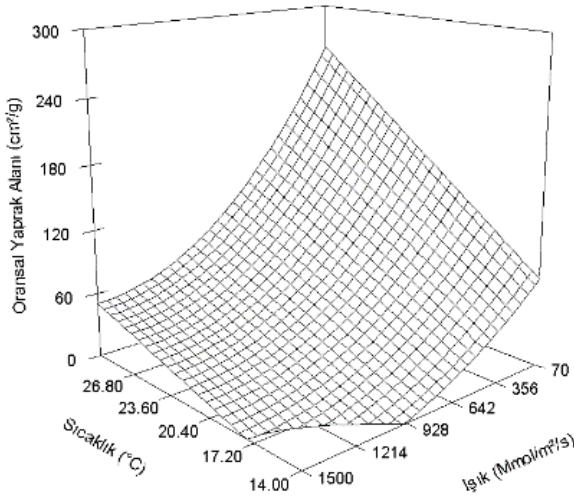
Araştırma sonucunda, yüksek ışık koşullarında sıcaklık artışı oransal yaprak ağırlığını artırırken, düşük ışık koşullarında ise sıcaklık artışının belirgin bir etkisi olmamıştır. Fitter ve Hay (2001) domatesteki büyüme parametreleri üzerine yaptıkları araştırmalarında oransal yaprak ağırlığının, sıcaklığın etkisiyle değişmediğini ancak ışığı fazla seven ve az seven bitki türlerine göre değiştiğini ifade etmişlerdir. Bu çalışma sonucunda, düşük ışık koşullarında oransal yaprak ağırlığı sıcaklık değişimlerinden etkilenmemiştir.

### 3.2.4. Oransal Yaprak Alanı (YAO)

Işık ve sıcaklık bakımından farklı çevre şartlarında yetiştirilen bitkilerin oransal yaprak alanlarıyla, sıcaklık ve ışık şiddeti arasındaki ilişkinin derecesi yapılan regresyon analizi sonucunda  $R^2=0.90$  olarak önemli düzeyde bulunmuş ve denklemi Eşitlik 9'da verilmiştir. Işık ve sıcaklığın bitki oransal yaprak alanı üzerine etkisi ise Şekil 9'da sunulmuştur.

$$YAO = -72.82 + 11.74 \times S - 0.010 \times S \times I + 3.33E^{-06} \times S \times I(9)$$

$$SH = (30.84)^* (1.98)^{***} (0.0024)^{**} (1.32E^{-06})^* R^2 = 0.90$$



Şekil 9. Işık ( $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ) ve sıcaklığa ( $^{\circ}\text{C}$ ) bağlı olarak biberde oransal yaprak alanının değişimi

Yüksek sıcaklık şartlarında ışığın azalmasıyla beraber oransal yaprak alanının  $60 \text{ cm}^2/\text{g}$ 'dan  $255 \text{ cm}^2/\text{g}$ 'a kadar eğrisel olarak arttığı tespit edilmiştir (Şekil 9). Düşük sıcaklık şartlarında azalan ışıkla beraber oransal yaprak alanında eğrisel olarak artış olduğu belirlenmiştir. Buradaki artış düzeyi, yüksek sıcaklıkta gerçekleşen artıştan daha az düzeyde olmuştur. Işığın düşük olduğu koşullarda, sıcaklığın artmasıyla beraber oransal yaprak alanı  $80 \text{ cm}^2/\text{g}$ 'dan  $255 \text{ cm}^2/\text{g}$ 'a kadar doğrusal olarak artmıştır. Düşük ışık ve yüksek sıcaklık koşullarında en yüksek oransal yaprak alanı değeri belirlenmiştir. En düşük oransal yaprak alanı; yüksek ışık düşük sıcaklık koşullarında gerçekleşmiştir. Yüksek sıcaklık ve düşük ışık koşullarında yetiştirilen bitkilerde oransal yaprak alanının artması, yaprak yüzey alanının artması ve toplam vejetatif kuru maddenin azalmasından kaynaklanmaktadır. Bu konuda yapılan çalışmalarda, sıcaklık artışının oransal yaprak alanını artırdığı (Hunt ve ark., 1984; Picken ve Stewart, 1986; Heuvelink, 1989; Uzun, 1996) ve ışık yoğunluğu artışının oransal yaprak alanını önemli derecede azalttığı (Picken ve Stewart, 1986; Bruggink, 1992; Uzun, 1996; Caliskan ve ark., 2009) belirtilmiştir.

### 3.2.5. Net Asimilasyon Oranı (NAO)

Net asimilasyon oranı ile sıcaklık ve ışık arasındaki ilişkilerin ortaya konulması amacıyla yapılan regresyon analizinde net asimilasyon oranı ile sıcaklık ve ışık şiddeti arasındaki ilişkinin derecesi  $R^2=0.95$  olarak bulunmuş ve denklemi Eşitlik 10'da gösterilmiştir.

$$NAO = 0.19 + 7.98E^{-06} \times S \times I - 0.0069 \times S \quad (10)$$

$$SH = (0.040)** (7.4E^{-07})*** (0.0021)* R^2 = 0.95$$

Işık ve sıcaklığın, bitki net asimilasyon oranı üzerine etkisi Şekil 10'da verilmiştir. Her türlü sıcaklık şartlarında, ışığın azalmasıyla birlikte net asimilasyon

oranı değerleri doğrusal olarak azalmıştır. Bu azalış yüksek sıcaklık şartlarında daha belirgin olarak gerçekleşmiştir. Yüksek ışık koşullarında sıcaklığın,  $14^{\circ}\text{C}$ 'den  $30^{\circ}\text{C}$ 'ye artmasıyla birlikte net asimilasyon oranında doğrusal olarak bir artış meydana gelmiştir. Düşük ışık koşullarında, sıcaklığın artmasıyla net asimilasyon oranında doğrusal olarak azalış gerçekleşmiştir. Yani sıcaklıkla ışığın net asimilasyon oranı üzerine interaktif etkisi söz konusu olmuştur. En yüksek net asimilasyon oranı, yüksek ışık yüksek sıcaklık şartlarında ve en düşük net asimilasyon oranı ise yüksek sıcaklık düşük ışık şartlarında gerçekleşmiştir. 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 Stewart, 1986; Bruggink, 1992; Uzun, 1996; Caliskan ve ark., 2009). Ayrıca Uzun (1996), bitki yaşının artmasıyla fotosentezin azaldığını bildirmiştir. Araştırmacı bu azalışın sebebini; yaprak alanının artmasıyla bitkinin kendini gölgelemesi sonucu yaprakların fotosentetik etkilerinin azalmasına, yaşlı yaprakların fotosentetik kapasitelerinin azalmasına ve bitki üzerinde fotosentetik etkisi olmayan doku oranlarının artmasına bağlamıştır. 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 belirtmiştir. Uzun (1996), patlıcan ve domateste net asimilasyon oranının artan sıcaklık ve ışık şiddetiyle beraber arttığını kaydetmiştir. Bruggink ve Heuvelink (1987), domateste net asimilasyon oranının artan ışıkla eğrisel olarak arttığını bildirmişlerdir.

### 3.2.6. Nispi büyüme hızı (NBH)

Farklı ışık ve sıcaklık değerlerinde yetiştirilen biber bitkilerinin nispi büyüme hızları arasında (NBH) yapılan regresyon analizi sonucunda, nispi büyüme hızı ile sıcaklık ve ışık şiddeti arasındaki ilişkinin derecesi  $R^2=0.91$  olarak önemli düzeyde bulunmuş ve denklemi Eşitlik 11'de sunulmuştur. Bitki nispi büyüme hızı üzerine ışık ve sıcaklığın etkisi Şekil 11'de verilmiştir.

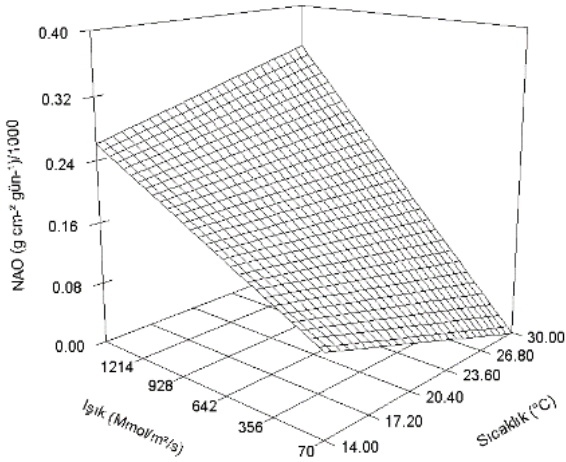
$$NBH = -0.083 + 4.76E^{-09} \times I^2 - 0.00021 \times S^2 + 0.011 \times S \quad (11)$$

$$SH = (0.021)** (1.97E^{-09})* (5.04E^{-05})** (0.0021)*** R^2 = 0.91$$

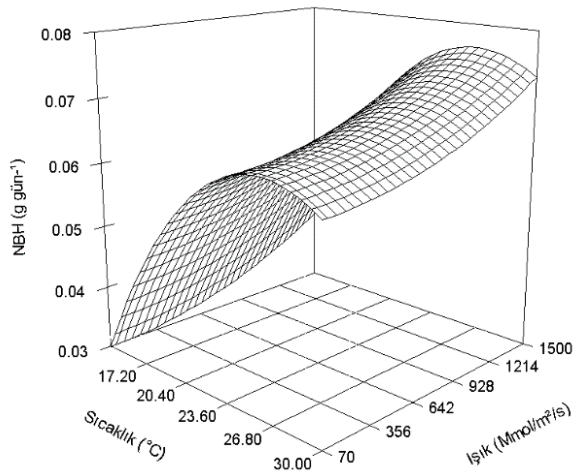
Yüksek ışık koşullarında, sıcaklık artışıyla birlikte ( $26^{\circ}\text{C}$ 'ye kadar) nispi büyüme hızında önce bir artışın ve daha sonra azalışın olduğu kaydedilmiştir. Her türlü sıcaklık şartında, ışığın artmasıyla birlikte nispi büyüme hızının da arttığı belirlenmiştir. Öner ve Sezer (2007), düşük ve yüksek sıcaklıkta artan ışık şiddetinin nispi büyüme hızını artırdığını bildirmişlerdir. Işığın nispi büyüme hızını artırdığı birçok araştırma sonucunda



ortaya konulmuştur (Uzun, 1997, Özkaraman, 2004; Caliskan ve ark., 2009; Özbakır ve ark., 2012; Öztürk ve Demirsoy, 2014; Öztürk ve ark., 2014).



Şekil 10. Işık ( $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ) ve sıcaklığa ( $^{\circ}\text{C}$ ) bağlı olarak biberde net asimilasyon oranının değişimi



Şekil 11. Işık ( $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ) ve sıcaklığa ( $^{\circ}\text{C}$ ) bağlı olarak biber bitkisinde nispi büyüme hızının değişimi

#### 4. Sonuç

Bu çalışmada biber bitkisinde büyüme parametreleri ile sıcaklık ve ışık arasındaki ilişkiler tanımlanmıştır. Bitkilerde büyüme ve gelişme işlemlerinin tamamı verim ile sonuçlanır. Son yıllarda, çevre şartlarının bitkilerin büyümesi üzerine olan etkisinin tamamen açıklığa kavuşturulması amacıyla yoğun olarak yürütülen araştırma sonuçları, verimdeki değişmelerin büyük bir kısmının anlaşılmasında önemli bir etken olmuştur. Özellikle ışık ve sıcaklık gibi çevre şartlarının bitki verimleri üzerine etkileri araştırılırken, araştırmacılar genelde bitki net fotosentezini göz önüne almanın yanında, net fotosenteze etki eden unsurları da ele alarak,

bu unsurlar ile sıcaklık ve ışık arasındaki ilişkileri araştırmışlardır. Bir sonraki adım olarak da elde edilen kuru maddenin bitkilerdeki dağılımı üzerine çevre faktörlerinin etkilerini incelemişlerdir. Bu çalışmalar, ürün fotosentezini etkileyen faktörleri anlamada çok önemli temel oluşturmuşlardır.

Bir tarım ülkesi olan ülkemizde tarımsal çalışmaların modellenmesinin faydalı olabileceği düşüncesiyle planlanmış olan bu çalışmada, ışık ve sıcaklığın biber bitkisinde vejetatif büyümeye olan etkileri tespit edilmiş ve bunlar matematiksel modellere dönüştürülmüştür. İncelenen sıcaklık ( $14\text{-}28\text{ }^{\circ}\text{C}$ ) ve ışık şiddeti ( $70\text{-}1500\ \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ) çerçevesinde ele alınan büyüme parametrelerindeki önemli değişimler ayrıntılı olarak ortaya konulmuştur. Böylece, çoklu regresyon denklemleri kullanılarak, sıcaklık ve ışık şiddeti ile biber bitkisinin vejetatif büyümesinde kaydedilen varyasyonun yüksek olasılıkla tahmin edilmesi mümkündür. Elde edilen bu modeller ile özellikle kontrollü seralarda biber üretim planlaması oluşturma yolunda ilk adım atılmıştır. Işık ve sıcaklığa ek olarak diğer çevre faktörleri (nem, toprak sıcaklığı vb.) ve kültürel işlemlerin etkileri de göz önünde bulundurularak, mevcut modeller geliştirilebilir ve iklim kontrollü seralarda biber yetiştiriciliğinde bitkilerin büyümesi kontrol altına alınabilir.

#### Teşekkür

Doktora çalışmam sürecinde yönlendirici katkılarını esirgemeyen danışman hocam merhum Prof. Dr. Sezgin UZUN'a teşekkür ederim.

#### Kaynaklar

- Acock, B., Charles Edwards, D.A., Fitter, D.J., Hand, D.W., Ludwig, L.J., Wilson Warren, J., Withers, A.C., 1978. The contribution of leaves from different levels within a tomato crop to canopy net photosynthesis: An experimental examination of two canopy models. *Journal of Experimental Botany*, 29(4): 815-827.
- Ağaoğlu, S.Y., Ayfer, M., Fidan, F., Köksal, İ., Çelik, M., Abak, K., Çelik, H., Kaynak, L., Gülşen, Y., 1995. Bahçe bitkileri. Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları No: 1009, Ankara.
- Aybak, H.Ç., 2002. Biber yetiştiriciliği. Hasad Yayıncılık. İstanbul
- Balkaya, A., 2004. Modelling the effect of temperature on the germination speed in some legume crops. *Journal of Agronomy*, 3(3): 179-183.
- Balkaya, A., Kandemir, D., Sarıbaş, H., 2015. Türkiye sebze fidesi üretimindeki son gelişmeler. *Türkiye Tohumcular Birliği Dergisi*, 4(13): 4-8.
- Bruggink, G.T., 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 Horticulturae*, 31(3-4): 161-174.

- Bruggink, G.T., 1992. A comparative analysis of the influence of light on growth of young tomato and carnation plants. *Scientia Horticulturae*, 51: 71-81.
- Caliskan, Ö., Odabas M.S., Cirak, C., 2009. The modeling of the relation among the temperature and light intensity of growth in *Ocimum basilicum* L.. *Journal of Medicinal Plants Research*, 3(11): 965-977.
- Cemek, B., 2002. Farklı Sera örtü malzemelerinin bitki büyüme, gelişme, verim ve sera içi çevre koşullarına etkisi. Doktora Tezi. OMÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Samsun.
- Cockshull, K.E., Graves, C.J., Carol, R.J., 1992. The influence of shading on yield of glasshouse tomatoes. *Journal of Horticultural Science*, 67(1): 11-24.
- Demirsoy, H., Demirsoy, L., Uzun, S., Ersoy, B., 2004. Non-destructive leaf area estimation in peach. *European Journal of Horticultural Science*, 69(4): 144-146.
- Demirsoy, M., Balkaya, A., Uzun, S., 2016. Farklı ışık kaynağı ve renk uygulamalarının patlıcan (*Solanum melongena* L.) fidelerinin büyüme parametreleri üzerine etkileri. *Selçuk Tarım Bilimleri Dergisi*, 3(2): 238-247.
- Diaz Perez, J.C., 2013. Bell pepper (*Capsicum annum* L.) crop as affected by shade level: micro environment, plant growth, leaf gas exchange, and leaf mineral nutrient concentration. *HortScience*, 48(2): 175-182.
- Eriş, A., 1990. Bahçe bitkileri fizyolojisi. Uludağ Üniversitesi Ders Notları, No: 11, Bursa.
- Fierro, A., Tremblay, N., Gosselin, A., 1994. Supplemental carbon dioxide and light improved tomato and pepper seedling growth and yield. *HortScience*, 29(3): 152-154.
- Fitter, A.H., Hay, R.K.M., 2001. *Environmental Physiology of Plants*. Academic Press, London.
- Grimstadt, S.O., 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(3): 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.
- Heuvelink, E., 1989. Influence of sub-optimal temperature on tomato growth and yield: A review. *Journal of Horticultural Science and Biotechnology*, 80(6): 652-659.
- Hunt, R., Warron, L., Hand, D.W., Sweeney, D.G., 1984. Integrated analysis of growth and light interception in winter lettuce. I. analytical methods and environmental influences. *Annals of Botany*, 39: 745-755.
- Kandemir, D., Kurtar, E.S., Demirsoy, M., 2016. Türkiye örtüaltı domates yetiştiriciliğindeki gelişmeler. *Türkiye Tohumcular Birliği Dergisi*, 5(17): 22-27.
- Köse B., 2014. Effect of light intensity and temperature on growth and quality parameters of grafted vines. *Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca*, 42(2): 507-515.
- Kurtar, E.S., Odabaş, M.S., 2010. Modelling the yield of cucumber (*Cucumis sativus* L.) using light intensity, temperature and SPAD value. *Advances in Food Sciences* 32(3): 170-174.
- Kürklü, A. 1994. Energy management in greenhouses using phase change materials. PhD Thesis. The University of Reading, London.
- Leskovar, D.I., Daniel, J.C., 1994. Transplant production systems influence growth and yield of fresh-market tomatoes. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, 119(4): 662-668.
- McCall, D., 1992. Effect of supplementary light on tomato transplant growth and the after effects on yield. *Scientia Hort.*, 51(1-2): 65-70.
- Monteith, J.L., 1996. The quest for balance in crop modelling. *Agronomy Journal*, 88(5): 695-697.
- Odabaş, M., Gülümser, A., Uzun, S., 2007. The quantitative effects of temperature and light on growth, development and yield of faba bean (*Vicia faba* L.): I. growth. *International Journal of Agricultural Research*, 2(9): 765-775.
- Öner, F., Sezer, İ., 2007. Işık ve sıcaklığın mısırdaki (*Zea mays* L.) büyüme parametreleri üzerine kantitatif etkileri. *Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi*, 4(1): 55-64.
- Özbakır, M., Balkaya, A., Uzun, S., 2012. Samsun ekolojik koşullarında sonbahar dönemi alabaş (*Brassica oleracea* var. *gongylodes* L.) yetiştiriciliğinde değişik tohum ekim zamanlarının büyüme üzerine kantitatif etkileri. *Anadolu Tarım Bilim. Dergisi*, 27(2): 55-63.
- Özkaplan, M., 2018. Serada topraksiz domates yetiştiriciliğinde büyüme, gelişme ve verim üzerine ışık ve sıcaklığın kantitatif etkilerinin modellenmesi. Doktora Tezi. OMÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Samsun.
- Özkaraman F., 2004. Sera koşullarında sıcaklık, ışık ve farklı budamaların kavunda (*Cucumis melo* L.) büyüme, gelişme ve verime kantitatif etkileri. Doktora Tezi. OMÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Samsun.
- Öztürk, A., Demirsoy, L., 2014. Değişik gölgeleme uygulamalarının 'Sweet Charlie' çilek çeşidinde büyüme etkisinin kantitatif analizlerle incelenmesi. *Anadolu Tarım Bilimleri Dergisi*, 29(2): 87-99.
- Öztürk A., Demirsoy L., Demirsoy, H., 2014. Çilekte net asimilasyon oranı ve nispi büyüme hızı üzerine değişik gölgeleme uygulamalarının etkisi. *Anadolu Tarım Bilimleri Dergisi*, 29(3): 167-173.
- Picken, A.J.F., Stewart K., 1986. Germination and vegetative development. In: Atherton, J.G., Rudich, J. (Eds), *The Tomato Crop*. Chapman and Hall, London,
- Sarıbaş, H.Ş., 2013. Organik domates ve patlıcan fidesi üretiminde fide kalitesi ile çevre şartları arasındaki ilişkilerin belirlenmesi ve üretimin planlanması.

- Yüksek Lisans Tezi. OMÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Samsun.
- TÜİK, 2018. Türkiye İstatistik Kurumu, www.tuik.gov.tr (Erişim tarihi: 10 Eylül 2018).
- Tüzel, Y., Gül, A., Daşgan, H.Y., Öztekin, G.B., Engindemiz, S., Boyacı, H.F., 2015. Örtüaltı yetiştiriciliğinde değişimler ve yeni arayışlar. Türkiye Ziraat Mühendisliği VIII. Teknik Kongresi, Bildiriler Kitabı-I, 12-16 Ocak, Ankara.
- Uzun, S., 1996. The quantitative effects of temperature and light environment on the growth, development and yield of tomato and aubergine. PhD Thesis. The University of Reading, London,
- Uzun, S., Demir, Y., 1996. Sıcaklık ve ışığın bitki büyüme, gelişme ve verimine etkisi. (II. Gelişme). OMÜ Ziraat Fakültesi Dergisi, 11(3): 201-212.
- Uzun, S., 1997. Sıcaklık ve ışığın bitki büyüme, gelişme ve verimine etkisi (I. Büyüme). OMÜ Ziraat Fakültesi Dergisi, 12(1): 147-156.
- Uzun, S., Demir, Y., Özkaraman, F., 1998. Bitkilerde ışık kesimi ve kuru madde üretimi. OMÜ Ziraat Fakültesi Dergisi, 13(2): 133-154.
- Uzun, S., Çelik, H., 1999. Leaf area prediction models (Uzcelik-I) for different horticultural plants. Turkish Journal of Agriculture and Forestry, 23: 645-650.
- Uzun, S., 2000. Sıcaklık ve ışığın bitki büyüme, gelişme ve verimine etkisi (III. Verim). OMÜ Ziraat Fakültesi 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, Muğla.
- Uzun, S., Marangoz, D., 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.
- Yıldız, D., 2013. Gölgelemenin sırtık domates yetiştiriciliğinde verim, kalite ve bazı agronomik özellikler üzerine etkisi. Yüksek Lisans Tezi. Gaziosmanpaşa Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Tokat.