

Işık ve Sıcaklığın Mısırdaki (*Zea mays L.*) Büyüme Parametreleri Üzerine Kantitatif Etkileri

F. Öner İ. Sezer

Ondokuz Mayıs Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarla Bitkileri Bölümü, Samsun.

Bu çalışma mısırın (*Zea mays L.*) büyüme parametreleri üzerine ışık ve sıcaklığın kantitatif etkilerinin belirlenmesi amacıyla yapılmıştır. Tesadüf Blokları Deneme Desenine göre üç tekrarlamalı olarak yürütülmüştür. Büyüme parametrelerinde varyasyon sağlamak amacıyla 5 farklı ekim zamanı uygulanmıştır. Mısırdaki bitki büyüme parametreleri olarak Yaprak Alanı (YA), Oransal Kök Ağırlığı (OKA), Oransal Yaprak Ağırlığı (OYA), Oransal Yaprak Alanı (YAO), Özgül Yaprak Alanı (ÖYA), Net Asimilasyon Oranı (NAO) ve Nispi Büyüme Hızı (NBH) incelenmiştir. İncelenen tüm parametrelerden elde edilen verilerin çoklu regresyon analizleri matematiksel modeller haline getirilmiş ve oluşturulan modeller üç boyutlu grafiklere dönüştürülmüştür. Elde edilen bu modeller 200-2000 Mmol/m²/s ışık şiddetinde ve 2-40°C sıcaklıklar arasında ki değerlerde verim tahmini yapabilmektedir.

Anahtar Kelimeler: mısır, ışık, sıcaklık, büyüme parametreleri

The Quantitative Effects of Temperature and Light on Growth Parameters on Maize (*Zea mays L.*)

This study was carried out to determine the quantitative effects of light and temperature on growth parameters of maize. Five different sowing dates were evaluated as experimental subjects. Experimental design was randomized plots arrangement with three replications. Effects of light and temperature on growing parameters of maize (such as; leaf area, relative root weight, relative leaf weight, relative leaf area, specific leaf area, net assimilation ratio and relative growth rate) were analyzed. Multiple Regression Analysis of data were transferred to mathematical models and the models were expressed as 3D graphs. These models enable the researchers to predetermine the yield at 200-2000 Mmol/m²/s light intensity and 2-40 °C air temperature ranges.

Key Words: maize, light, temperature, growth parameters

Giriş

Türkiye için önemli bir tahıl olan mısır, son yıllarda yurdumuzda gerek hayvan besleme, gerekse endüstriyel kullanım açısından tüketimi giderek artan bitkilerdendir. Türkiye'de 575 bin ha alanda, 2.8 milyon ton üretimi olan mısırın dekara verimi 487.0 kg'dır (Anon., 2004). Tarımda gelişmiş ülkelerde, son yıllarda bitki büyümesinin matematiksel modellerle ifade edilmesi üzerine yoğun çalışmalar yapılmaktadır. Çevre şartlarının (ışık, hava, nem ve toprak sıcaklığı vb.) etkisi ile bitki büyümesindeki değişiklikler bitki büyüme modelleri olarak ifade edilmektedir. Bu sebeple bitki büyüme ve gelişme modellerinin geliştirilmesi verim tahminlerinde kullanılacak

olan alt modellerin oluşturulmasını kolaylaştırmaktadır. Bunun için bitki büyüme parametreleri ile sıcaklık ve ışık arasındaki ilişkilerin incelenmesi araştırmacıların ilgi odağı olmuştur (Uzun, 1997).

Matematiksel modellerin bitki büyümesine uyarlanmasının birçok avantajlarının olduğu bildirilmektedir. Uygulanan matematiksel model, elde edilen bitki büyüme verilerinin uygun bir şekilde özetlenmesine yardım eder. Bitkideki biyolojik değişimlerden çok az etkilenmek suretiyle istenildiği kadar büyüme tahminleri yapılabilir. Eldeki verilere uygulanan Logaritmik fonksiyonlar, nispi gelişme fonksiyonları elde etmek amacı ile farklı

şekillere sokulabilir. Eğer uygulanan fonksiyon biyolojik anlamı olan bazı modellere dayandırılırsa, fonksiyon parametreleri faydalı bilgiler elde edilmesini sağlar (Odabaş, 2003).

Bitkilerde büyüme analizleri yapmak ve bitki büyümesinin sıcaklık ve ışıkla olan ilişkilerini incelemek için bazı kavramların sıcaklık ve ışıkla olan ilişkilerinin anlaşılması gerekmektedir. Bu kavramlar nispi büyüme hızı

(NBH), net asimilasyon oranı (NAO), özgül yaprak alanı (ÖYA), oransal yaprak alanı (YAO) ve oransal yaprak ağırlığından (OYA) ibarettir. Bu çalışmada ışık ve sıcaklığa bağlı olarak mısırdaki büyüme parametrelerinin değişimi ve bu değişimden elde edilen matematiksel modellerin belirlenmesi amaçlanmıştır.

Materyal ve Metot

Bu araştırma, Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Ziraat Fakültesi Tarla Bitkileri Bölümü deneme alanında 2004-2005 yılları arasında Otello (at dışı) mısır çeşidi kullanılarak yürütülmüştür. Çeşidin safiyeti % 99.9 ve çimlenme gücü % 88'dir. Deneme, "Tesadüf Blokları Deneme desenine" göre üç tekrarlamalı olarak kurulmuştur. Denemede her bir parsel 5 m uzunluğunda 2,8 m genişliğinde ve 17 m² olacak şekilde boyutlandırılmıştır. Hasatta parsel başlarından 0.5'er m., kenarlardan da 1'er sıra kenar tesiri olarak işlem dışı bırakılmıştır. Denemede bitki sıklığı 70 cm x 20 cm (7150 bitki/da) olacak şekilde ayarlanmıştır (Sezer ve Gülümser., 1994).

Deneme yeri sonbaharda işlenmiş, ilkbaharda tohum yatağı hazırlanmıştır. Tohum ekimi 20'şer gün ara ile 13 Mayıs, 2 Haziran, 22 Haziran, 10 Temmuz ve 30 Temmuz olmak üzere 5 farklı zamanda elle yapılmıştır. Ekimden önce parsellere dekara 10 kg azot olacak şekilde % 26 N'lık CAN, 10 kg fosfor olacak şekilde % 45'lik TSP gübreleri verilmiştir. Bitkiler 50-60 cm boylandıklarında 6 kg/da daha azot (% 26 CAN) verilmiştir. Yetiştirme döneminde 500 mm civarında su açığı olduğu için yaklaşık 10 gün ara ile sulama yapılarak bitkilerin su ihtiyacı giderilmiş olup su stresi olmamıştır. Hasat, koçan üzerindeki taneler tam olum döneminde iken yapılmıştır.

Bulgular ve Tartışma

Bitki Büyüme Parametreleri

Yaprak Alanı (YA): Yapılan istatistikî analiz sonucuna göre ışık ve sıcaklığın yaprak alanına etkisi ($P < 0,5$) önemli bulunmuştur. Regresyon analizinden elde edilen ve aşağıda verilen

Araştırmada yapılan ölçüm ve gözlemler

Sıcaklık ve ışık ölçümü: Çalışmada hava sıcaklığı değerleri Samsun Meteoroloji istasyonundan temin edilmiştir. Işık değerleri ise, güneşten gelen fotosentetik aktif radyasyonu ölçen Delta- T Sun Scan Canopy Analyzer ile yapılmıştır. Araştırma süresince meteorolojiden alınan değerlerden yararlanılarak, günlük ortalama sıcaklık hesaplanmıştır.

Tohum ekimi, ölçüm ve gözlemler: Her parselde 4 sıra ve her sırada 25 bitki olmak üzere bir parselde 100 bitki bulunacak şekilde elle ekim yapılmıştır. Parseldeki 4 sıranın ortasındaki iki sıranın her birinde 2 adet olmak üzere bir parselde toplam 4 bitki etiketlerle işaretlenip ışık ölçümü yapılarak bitki büyüme parametreleri değerlendirilmesinde kullanılmıştır. Bitkinin tüm yaprak alanları PLACOM marka dijital planimetre ile ölçülmüş ve ölçülen her yaprağın eni ve boyu tespit edilmiştir.

Bitki büyüme parametrelerinin tespitinde Uzun (1996) tarafından verilen hesaplama modeli kullanılmıştır (Çizelge 1.)

Elde edilen verilerin istatistiksel değerlendirilmesi: Denemede elde edilen veriler, Excel 2003 ve SlideWrite 2.0 programları ile istatistiksel analizler ve grafik çizimleri gerçekleştirilmiştir.

formül (1)den yararlanılarak çizilen grafikte ışık ve hava sıcaklığının yaprak alanına etkisi gösterilmiştir (Şekil 1).

Çizelge 1. 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) |
| Nispi Büyüme Hızı (NBH) | Net Asimilasyon Oranı (NAO) x Oransal Yaprak Alanı(YOA)(g g ⁻¹ gün ⁻¹) |
| Net Asimilasyon Oranı (NAO) | 1/YA x dA/dt (g cm ⁻² gün ⁻¹) |
| Oransal Kök Ağırlığı (OKA) | Toplam Kök Ağırlığı (g)/Toplam Bitki Kuru Ağırlığı (g) |
| Oransal Gövde Ağırlığı (OGA) | Toplam Gövde Ağırlığı (g)/Toplam Bitki Kuru Ağırlığı (g) |

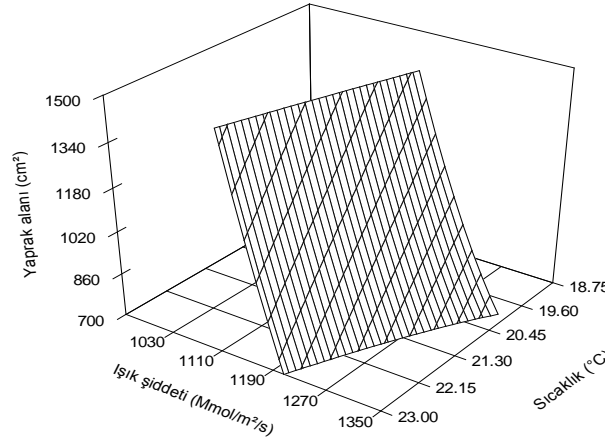
Table 1. Plant Growth Parameters and calculation models used for performing of quantitative analyses (Uzun, 1996).

| Growth Parameters | Calculation Model |
|--------------------------------|---|
| Relative Leaf Area (YAO) | Total Leaf Area (cm ²) / Total Plant Dry Weight (g) |
| Specific Leaf Area (SLA) | Total Leaf Area (cm ²) / Total Leaf Dry Weight (g) |
| Proportional Leaf Weight (PLW) | Total Leaf Dry Weight (g) / Total Plant Dry Weight (g) |
| Relative Growth Speed (RGS) | Net Assimilation Ratio (NAR) x Proportional Leaf Area (PLA)(g g ⁻¹ day ⁻¹) |
| Net Asimilasyon Oranı (NAR) | 1/YA x dA/dt (g cm ⁻² day ⁻¹) |
| Proportional Root Weight (PRW) | Total Root Weight (g) / Total Plant Dry Weight (g) |
| Proportional Stem Weight (PGA) | Total Stem Weight (g) / Total Plant Dry Weight (g) |

$$YA = 37142.89 + (-252.6 \times S) + (-42.69 \times I) + (0.014 \times I^2) \dots \dots \dots (1)$$

$$SH = 652.2^{**} \quad 2.99^{**} \quad 0.87^{**} \quad 0.00029^{**}$$

$$r^2 = 0.99$$



Şekil 1. Işık (Mmol/m²/s) ve hava sıcaklığına (°C) bağlı olarak mısırdaki yaprak alanının değişimi
Figure 1. Change in leaf area of corn depending on light (Mmol/m²/s) and temperature (°C).

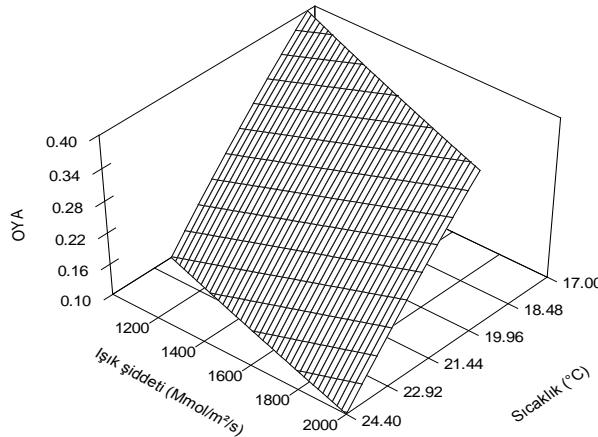
Düşük hava sıcaklığında (18°C) artan ışık şiddeti yaprak alanını artırmıştır (Şekil 1.). Hava sıcaklığının artmasıyla birlikte yaprak alanında azalma görülmektedir. Düşük ışık şiddetinde artan hava sıcaklığı yaprak alanının doğrusal olarak azalmasına neden olmaktadır. Yüksek ışık şiddetinde de artan sıcaklık yaprak alanının artmasını sağlamaktadır. En fazla yaprak alanı yüksek ışık (1190 Mmol/m²/s) ve 19,1°C de tespit edilmiştir. En az yaprak alanı ise fotospektrumda bitkilerin özümleme yapabilmesi için gerekli olan ışık dalga boylarından en uygun olan ve ortanın altındaki ışıkta (1030 Mmol/m²/s) ve 20.40°C de görülmüştür.

Koç ve Barutçular (2000) buğdayda yaptıkları çalışmada, yaprak büyümesinin aşırı teşvik edildiği koşullarda, başak büyümesinin olumsuz etkilendiğini ve yeterince tane oluşturamadığını, belirli bir seviyeden sonraki yaprak alanından etkin yararlanılamadığını tespit etmişlerdir. Ayrıca, Stewart ve Dwyer (1993a), yaprakların görünme ve büyüme tarihleri, büyüme unsurlarının en önemlisi olan kanopinin yaprak alanı hesaplanmasında kritik parametreler olduğunu belirtmişlerdir. Yine aynı araştırmacılar; yaprak alanının kanopi fotosentezi ve kuru madde birikimini tanımladığını belirtmiş, yaprak alanı ve yaprak açılılarıyla mısır bitkisinin morfolojisini karakterize eden metotlar geliştirmişlerdir. Bitkilerin yaprak alanlarının 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 ve ark., 1998; Uzun, 1997; Uzun, 1996).

Oransal Yaprak Ağırlığı (OYA): Yapılan istatistiki analiz sonucuna göre ışık ve sıcaklığının oransal yaprak ağırlığına etkisi önemli bulunmuştur. Regresyon analizinden elde edilen ve aşağıda verilen formül (2)den yararlanılarak çizilen grafikte ışık ve hava sıcaklığının oransal yaprak ağırlığına etkisi gösterilmiştir (Şekil 2). Düşük hava sıcaklığında (17°C) artan ışık şiddeti oransal yaprak ağırlığını doğrusal olarak artırmıştır (Şekil 2.). Yüksek sıcaklıkta da ışık şiddetinin oransal yaprak ağırlığına etkisi olumsuz yönde olmaktadır. Yüksek ışık şiddetinde (2000 Mmol/m²/s) sıcaklığın 17 °C'den 24 °C'ye doğru artması oransal yaprak ağırlığının azalmasına neden olmaktadır. Bu azalış ışık şiddetinin artmasına paralel olarak artarak devam etmektedir. Düşük sıcaklıkta (17°C) artan ışık şiddeti oransal yaprak ağırlığında önemli artışa neden olmuştur. Sıcaklığın artmasıyla oransal yaprak ağırlığında doğrusal bir azalış olmuştur. Bu azalış ışık şiddetinin artması ile artışa dönüşmüştür Oransal yaprak ağırlığının bitkinin normal gelişme özelliklerini koruma yeteneğinin bir yansıması olarak ifade edilebilir.

$$\begin{aligned} \text{OYA} &= 0.702 + (1.45E^{-04} \times I) + (-0.0015 \times S^2) \dots \dots \dots (2) \\ \text{SH} &= 0.121 * \quad 2.96E^{-05} * \quad 2.34E^{-04} * \\ r^2 &= 0.97 \end{aligned}$$



Şekil 2. Işık (Mmol/m²/s) ve hava sıcaklığına (°C) bağlı olarak mısırdaki oransal yaprak ağırlığı değişimi

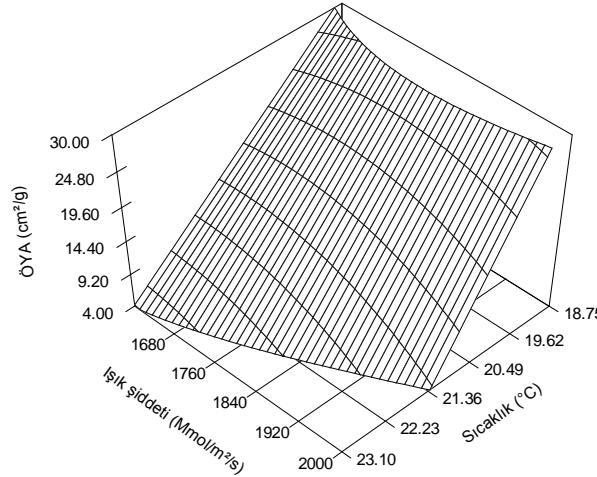
Figure 2. Change in proportional leaf weight of corn depending on light (Mmol/m²/s) and temperature (°C).

Özgül Yaprak Alanı (ÖYA): Yapılan istatistiksel analiz sonucuna göre ışık ve sıcaklığın özgül yaprak alanına etkisi önemli bulunmuştur. Regresyon sonucu elde edilen formül (3)den yararlanılarak grafikte ışık ve sıcaklığın özgül yaprak alanına etkisi gösterilmiştir (Şekil 3). Artan sıcaklıklarla özgül yaprak alanının doğrusal olarak azaldığı görülmektedir (Şekil 3.). Sıcaklığın artması esnasında ışık şiddetindeki artış, özgül yaprak alanını eğrisel olarak azaltmaktadır. 22°C ve daha yüksek sıcaklıklarda ise ışık şiddetindeki değişime bağlı olmaksızın en düşük özgül yaprak alanı tespit edilmiştir. Charles-Edwards ve ark. (1986), yaptıkları bir çalışmada özgül yaprak alanı ışıkla doğru, sıcaklıkla ters orantılı olarak arttığını bildirmişlerdir. Bu ilişkiden faydalanarak domateste özgül yaprak alanını hesaplamak amacı ile bir model geliştirmişlerdir. Bu modelde, özgül yaprak alanı sıcaklık ve ışığın bir fonksiyonu olarak ifade edilmiştir. Bir sıcak iklim ve kısa gün bitkisi olan mısırdaki bu durum domates gibi bir değişim göstermiştir.

Oransal Yaprak Alanı (YAO): Oransal yaprak alanına ışık ve sıcaklığın etkisi istatistiksel

analiz sonucunda önemli bulunmuştur. Regresyon analizinden elde edilen ve aşağıda verilen formül (4)den yararlanılarak çizilen grafikte ışık ve hava sıcaklığının oransal yaprak alanına etkisi gösterilmiştir (Şekil 4). Düşük hava sıcaklığında (16°C) azalan ışık şiddeti oransal yaprak alanını eğrisel olarak azaltmaktadır (Şekil 4.). Bu azalış sıcaklığın 24°C'ye kadar artmasıyla birlikte çok hızlı ve eğrisel olarak kendini göstermektedir. En fazla oransal yaprak alanı yüksek ışık (2000 Mmol/m²/s) ve 24°C sıcaklıkta tespit edilmiştir. En az oransal yaprak alanı ise 16°C ve 1000 Mmol/m²/s 'de tespit edilmiştir. Bu noktadan itibaren sıcaklık ve ışık şiddetindeki değişimler oransal yaprak alanını etkilememiştir. Charles-Edwards (1979), yaptığı bir çalışmada oransal yaprak alanının bitki yaşı ile azaldığını ortaya koymuştur. Oransal yaprak alanı, özgül yaprak alanı ve oransal yaprak ağırlığının bir fonksiyonu olduğundan, özgül yaprak alanında bir azalma veya artış bu değerlerde bir değişim göstermektedir. Oransal yaprak ağırlığında ekimden sonra zamanla gerçekleşen azalmanın oransal yaprak alanında da olduğu belirtilmektedir.

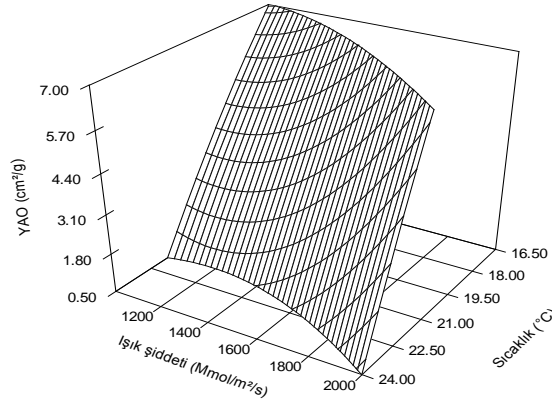
$$\begin{aligned} \text{ÖYA} &= -56.13 + (7.9E^{-05} \times I^2) + (-1.5E^{-09} \times (S \times I^3)) \dots \dots \dots (3) \\ \text{SH} &= 4.35^{***} \quad 5.91E^{-06}^{***} \quad 1.24E^{-10}^{***} \\ r^2 &= 0.99 \end{aligned}$$



Şekil 3. Işık (Mmol/m²/s) ve hava sıcaklığına (°C) bağlı olarak mısırdaki özgül yaprak alanının değişimi.

Figure 3. Change in specific leaf area of corn depending on light (Mmol/m²/s) and temperature (°C).

$$\begin{aligned} \text{YAO} &= 12.05 + (3.84\text{E}^{-07} \times (\text{S} \times \text{I}^2)) + (-4.2\text{E}^{-05} \times (\text{S}^2 \times \text{I})) \dots \dots \dots (4) \\ \text{SH} &= 2.35^* \quad 4.95\text{E}^{-08}^{**} \quad 6.71\text{E}^{-06}^{**} \\ r^2 &= 0.97 \end{aligned}$$



Şekil 4. Işık (Mmol/m²/s) ve hava sıcaklığına (°C) bağlı olarak mısırdaki oransal yaprak alanının değişimi.

Figure 4. Change in proportional leaf area of corn depending on light (Mmol/m²/s) and temperature (°C).

Net asimilasyon Oranı (NAO): Net asimilasyon oranına ışık ve hava sıcaklığının etkisi yapılan istatistiki analiz sonucuna göre önemli bulunmuştur. Yapılan regresyon analizi ile elde edilen formül (5)'den ışık ve hava sıcaklığının net asimilasyon oranına etkisi gösterilmiştir (Şekil 5). Düşük hava sıcaklığında (17°C) ışık şiddeti ne olursa olsun net asimilasyon oranı eğrisel olarak artmıştır (Şekil 5.). Bu artış sıcaklığın artmasıyla birlikte 20°C'ye kadar eğrisel bir azalış göstermektedir. Yüksek sıcaklıkta artan ışık şiddeti net asimilasyon oranını azaltmaktadır.

Düşük ışık miktarında artan hava sıcaklığı net asimilasyon oranının doğrusal olarak azalmasına neden olmuştur. En fazla net asimilasyon oranı yüksek ışık (2000 Mmol/m²/s) ve 17°C de tespit edilmiştir. En az net asimilasyon oranı yüksek ışık (2000 Mmol/m²/s) ve 20°C de tespit edilmiştir. Burada net asimilasyon oranına sıcaklığın önemli düzeyde etki ettiği görülmektedir. Sıcaklığın net asimilasyon oranına etkisinin tek başına olmadığını fakat sıcaklıkla birlikte ışık kesiminin artmasıyla net asimilasyon oranının arttığını görmekteyiz. Kürklü (1989)'ye göre, bitki gelişmesinin ilk devrelerinde net asimilasyon oranının zamana bağlı olarak artması yüksek sıcaklıklara göre düşük sıcaklık uygulamalarında daha yavaş olmuştur. Sonuçta net asimilasyon oranını genel olarak değerlendirdiğimizde net asimilasyon hızındaki

hızlı artışlar daha sonraki hızlı azalmalara sebep olmaktadır. Bu durum bitki büyüme hızıyla yakından ilişkili olup vejetasyon süresini kısaltmaktadır.

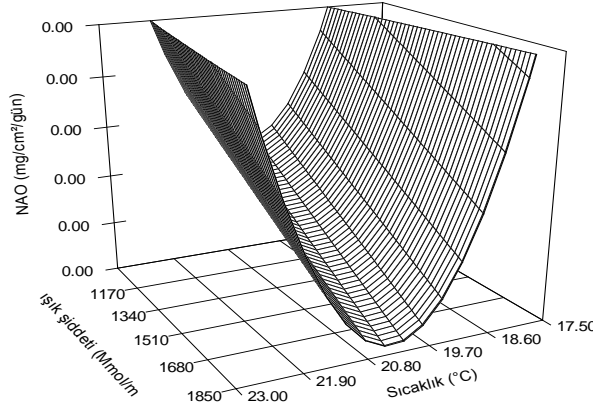
Nispi Büyüme Hızı (NBH): Nispi büyüme hızına ışık ve hava sıcaklığının etkisi yapılan istatistiki analiz sonucuna göre önemli bulunmuştur. Yapılan regresyon analizinden elde edilen ve aşağıda verilen formül (6)'dan yararlanılarak çizilen grafikte ışık ve hava sıcaklığının nispi büyüme hızına etkisi şekilsel olarak gösterilmiştir (Şekil 6.).

Düşük hava sıcaklığında artan ışık şiddeti nispi büyüme hızını az da olsa doğrusal olarak artırmıştır (Şekil 6.). Bu artış hava sıcaklığının artmasıyla birlikte doğrusal bir artış göstermektedir. Yüksek hava sıcaklığında artan ışık şiddeti nispi büyüme hızını doğrusal olarak artırmaktadır. En fazla nispi büyüme hızı yüksek ışık (2000 Mmol/m²/s) ve 30°C de, en az nispi büyüme ise hızı düşük ışık (1000 Mmol/m²/s) ve 10°C de tespit edilmiştir. Fitter ve Hay (1987), yaptıkları bir çalışmada bitki büyümesinin, bitki hayatının erken devrelerinde çok hızlı olduğunu ve nispi büyüme hızı değerinin devamlı olarak değiştiğini ve büyüme ile birlikte genellikle azaldığını bildirmektedirler. Friend ve ark. (1962), yaptıkları çalışmada sıcaklığın buğdayın nispi büyüme hızı üzerine etkisini araştırarak en yüksek nispi büyüme hızının 30°C de

oluşturduğunu ve bitki yaşı ile azaldığını ortaya koymuşlardır. Sıcaklığın nispi büyüme hızına etkisinin tek başına olmadığını fakat sıcaklıkla birlikte ışık kesiminin artmasıyla nispi büyüme

hızının arttığını görmekteyiz. Domateste en yüksek nispi büyüme hızının 24°C de elde edildiği bildirilmektedir. (Heuvelink 1989),

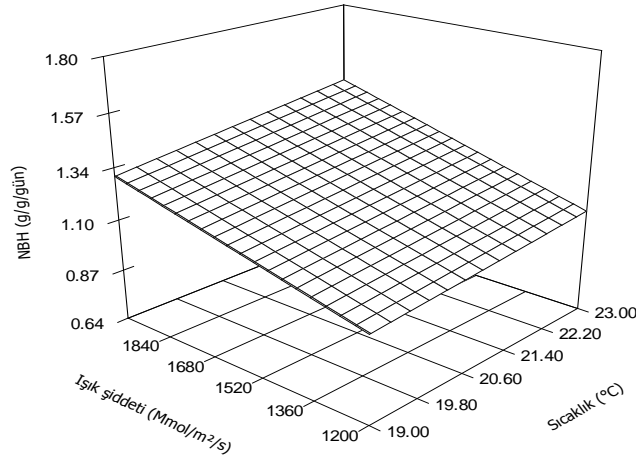
$$\begin{aligned} \text{NAO} &= 0.113 + (-0.01 \times S) + (-7.796 \times 10^{-7} \times I) + (0.00026 \times S^2) \dots \dots \dots (5) \\ \text{SH} &= 0.00053^{***} \quad 5.08 \times 10^{-5}^{***} \quad 2.64 \times 10^{-9}^{***} \quad 1.22 \times 10^{-6}^{***} \\ r^2 &= 0.99 \end{aligned}$$



Şekil 5. Işık (Mmol/m²/s) ve hava sıcaklığına (°C) bağlı olarak mısırdaki net asimilasyon oranının değişimi.

Figure 5. Change in net assimilation ratio of corn depending on light (Mmol/m²/s) and temperature (°C).

$$\begin{aligned} \text{NBH} &= 0.012 + (-0.00123 \times S) + (-3.9 \times 10^{-8} \times I) + (3.06 \times 10^{-5} \times S^2) \dots \dots \dots (6) \\ \text{SH} &= 3.81 \times 10^{-4}^{**} \quad 3.64 \times 10^{-5}^{**} \quad 1.89 \times 10^{-9}^{**} \quad 8.71 \times 10^{-7}^{**} \\ r^2 &= 0.99 \end{aligned}$$



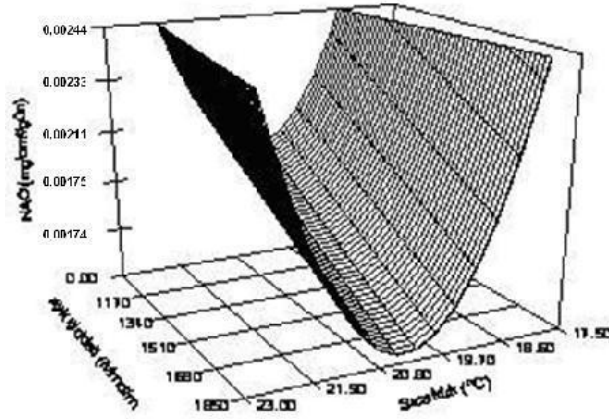
Şekil 6. Işık (Mmol/m²/s) ve hava sıcaklığına (°C) bağlı olarak mısırdaki nispi büyüme hızının değişimi.

Figure 6. Change in relative growth speed of corn depending on light (Mmol/m²/s) and temperature (°C).

Oransal Kök Ağırlığı (OKA): Işık ve sıcaklığın bitkilerde kök, gövde ve dolayısıyla toplam verime etkileri şüphesiz çok önemlidir. Bitkilerin kök gövde ve yaprak gibi organları arasında ağırlık bakımından farklılıklar oluşmaktadır. Mısırdaki ışık ve hava sıcaklığının

oransal kök ağırlığına etkisi bu çalışmada çok önemli bulunmuştur. Yapılan regresyon analizinden elde edilen ve aşağıda verilen formül (7)'den yararlanılarak çizilen grafikte ışık ve hava sıcaklığının oransal kök ağırlığına etkisi gösterilmiştir (Şekil 7).

$$\begin{aligned} \text{OKA} &= 8.65 + (-0.754 \times S) + (4.29E^{-05} \times I) + (0.016 \times S^2) \dots \dots \dots (7) \\ \text{SH} &= 0.278^{**} \quad 0.026^{**} \quad 1.38E^{-06**} \quad 6.37E^{-04**} \\ r^2 &= 0.99 \end{aligned}$$



Şekil 7. Işık (Mmol/m²/s) ve hava sıcaklığına (°C) bağlı olarak mısırdaki oransal kök ağırlığının değişimi

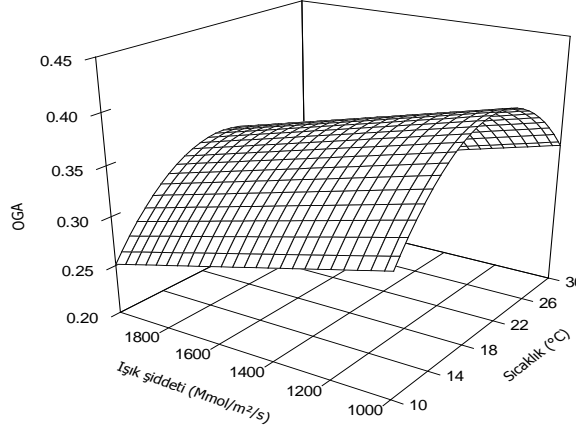
Figure 7. Change in proportional root weight of corn depending on light (Mmol/m²/s) and temperature (°C).

Düşük hava sıcaklığında (10°C) artan ışık şiddeti oransal kök ağırlığını pek değiştirmemiştir (Şekil 7.). Bu durum hava sıcaklığının artmasıyla birlikte daha hızlı ve doğrusal olarak ortaya çıkmıştır. Düşük ışık şiddetinde artan hava sıcaklığı oransal kök ağırlığının doğrusal olarak azda olsa artmasına neden olmaktadır. Yüksek ışık şiddetinde ve artan sıcaklıkta oransal kök ağırlığı hızlı bir şekilde artmaktadır. En fazla oransal kök ağırlığı yüksek ışık (2000 Mmol/m²/s) ve yüksek hava sıcaklığında (30°C), en düşük oransal kök ağırlığı ise düşük ışık (1000 Mmol/m²/s) ve 10°C de tespit edilmiştir. Hava sıcaklığı ve ışık şiddetine bağlı olarak oransal kök ağırlığı eğrisel olarak artış göstermektedir. Kürklü (1994); Pearson (1992); Uzun (1996), sıcaklığın artmasının bitkilerde oransal kök

ağırlığını azalttığını belirtmektedirler. Bununla birlikte, sıcaklık değerlerinin artmasıyla oransal kök ağırlığının arttığı ve bunun doğrusal bir ilişki gösterdiği göz önüne alındığında bitki köklerinde biriken kuru maddenin azalması doğal bir sonuçtur. Çalışmamızda sıcaklık ve ışık artışının oransal kök ağırlığına olumlu etki yaptığı ortaya çıkmıştır.

Oransal Gövde Ağırlığı (OGA): Oransal gövde ağırlığına ışık ve hava sıcaklığının etkisi yapılan istatistiki analiz sonucu önemli bulunmuştur. Işık ve hava sıcaklığının oransal gövde ağırlığına etkisini belirlemek amacıyla yapılan regresyon analizi sonucu elde edilen formül (8)'den yararlanılarak çizilen grafik aşağıda gösterilmiştir (Şekil 8).

$$\begin{aligned} \text{OGA} &= 0.55 + (-9.5 \times S) + (0.228 \times S^2) + (-1.4E^{-05} \times (S \times I)) \dots \dots \dots (8) \\ \text{SH} &= 2.82^{**} \quad 0.27^{**} \quad 0.006^{**} \quad 6.66E^{-07}^{**} \\ r^2 &= 0.99 \end{aligned}$$



Şekil 8. Işık (Mmol/m²/s) ve hava sıcaklığına (°C) bağlı olarak mısırdaki oransal gövde ağırlığının değişimi.

Figure 8. Change in proportional stem weight of corn depending on light (Mmol/m²/s) and temperature (°C).

Düşük hava sıcaklığında artan ışık şiddeti oransal gövde ağırlığını doğrusal olarak azaltmaktadır (Şekil 8.). Bu azalış hava sıcaklığının artmasıyla birlikte 26°C'ye kadar eğrisel bir artış gösterse de bu sıcaklığın üstündeki değerlerde eğrisel olarak azalışa geçmektedir. Yüksek ışık miktarlarında da artan sıcaklık oransal gövde ağırlığında önce eğrisel bir artış ve 22°C'den daha yüksek sıcaklıklarda da azalan bir seyir göstermiştir. En fazla oransal gövde ağırlığı düşük ışık (1000 Mmol/m²/s) ve 26°C de tespit edilirken, en az oransal gövde

ağırlığı yüksek ışık (2000 Mmol/m²/s) ve 30°C de tespit edilmiştir. Sonuç olarak oransal gövde ağırlığı değerlendirildiğinde başlangıçta sıcaklık artışıyla birlikte artış meydana gelirken yüksek sıcaklıklarda ise bu artış azalışa dönüşmüştür. Işık şiddetindeki artış sıcaklık artışına neden olduğundan ışık şiddetinin artması oransal gövde ağırlığını olumsuz yönde etkilemiştir. Mısır için optimum ekim zamanı hangi dönemde olursa olsun ışık şiddeti ve hava sıcaklığı değerleri aynı etkiyi göstermektedir.

Sonuç

Bu çalışma ile mısırın (*Zea mays L*) farklı ekim zamanlarında sıcaklık ve ışığın, büyümeyi nasıl etkilediği kantitatif olarak incelenmiş ve ürün modeli ortaya çıkarılmıştır. Büyüme parametrelerinden sırasıyla, yaprak alanı, oransal yaprak ağırlığı, özgül yaprak alanı, oransal yaprak alanı, net asimilasyon oranı, nispi büyüme hızı, oransal kök ağırlığı ve oransal gövde ağırlığındaki değişimler incelenmiştir.

En fazla yaprak alanı yüksek ışık (1190 Mmol/m²/s) ve 19.1°C de tespit edilmiştir. En az yaprak alanı ise fotospektrumda bitkilerin

özümleme yapabilmesi için gerekli olan ışık dalga boylarından en uygun olan (1030 Mmol/m²/s) ve 20.40°C de tespit edilmiştir. Düşük sıcaklıkta (17°C) artan ışık şiddeti oransal yaprak ağırlığında önemli bir artışa neden olmuştur. Sıcaklığın artması ile oransal yaprak ağırlığında doğrusal bir azalış olmuştur.

Artan sıcaklıklarda (14°C'den 22°C'ye) özgül yaprak alanı ışık şiddetindeki artışa bağlı olarak eğrisel olarak azaltmakta, düşük sıcaklıkta (16°C) azalan ışık şiddeti oransal yaprak alanı eğrisel olarak azaltmaktadır.

Düşük sıcaklıkta, artan ışık şiddeti oransal gövde ağırlığını doğrusal olarak azaltmaktadır.

Düşük ışık şiddetinde artan hava sıcaklığı oransal kök ağırlığının doğrusal olarak az da olsa artmasına neden olmaktadır. Sıcaklık ve ışık şiddetine bağlı olarak oransal kök ağırlığı eğrisel olarak artış göstermektedir. Düşük hava sıcaklığında (17°C) ışık şiddeti ne olursa olsun net asimilasyon oranını eğrisel olarak artırmaktadır. Yüksek sıcaklıkta artan ışık şiddeti net asimilasyon oranını azaltmaktadır. Burada net asimilasyon oranına sıcaklığın önemli düzeyde etki ettiği görülmektedir.

Düşük hava sıcaklığında (10°C) artan ışık şiddeti nispi büyüme hızını az da olsa doğrusal olarak artırmaktadır. Bu artış hava sıcaklığının artmasıyla birlikte 30°C'ye kadar doğrusal olarak görülmektedir. Yüksek hava sıcaklığında artan ışık şiddeti nispi büyüme hızını doğrusal olarak artırmaktadır.

Sonuç olarak; ışık ve sıcaklığın mısırdaki kantitatif etkileri tespit edilip, matematiksel modellere dönüştürülmüştür. Bundan sonraki çalışmalarda ışık ve sıcaklığa ek olarak diğer kültürel işlemlerinde ele alınarak bu modellerin daha da geliştirilmesi gerekmektedir.

Kaynaklar

- Anonim, 2004. Türkiye Ülkesel Mısır Araştırma Projesi Gelişme Raporu, Samsun.
- Charles-Edwards., 1979. Photosynthesis And Crop Drown. In: Photosynthesis And Plant Development. The Hague.
- Charles-Edwards, A.D., D., Doley And Rimington, G.M. 1986. Modelling Plant Growth And Development. Academic Press.
- Fitter, A.H. And R.K.M., Hay. 1987. Environmental Physiology Of Plants 2nd Edn. Academic Press.
- 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
- Günay, A., 1982. Genel Sebze Yetiştiriciliği. Cilt. I. Ankara Üniversitesi Ziraat Fak. Bahçe Bitkileri Bölümü. S82. Ankara.
- Heuvelink, E., 1989. Influence Of Day And Night Temperature On The Growth Of Young Tomato Plants. *Scientia Hort.*, 38: 11-22.
- Koç, M. ve Barutçular, C. 2000. Buğdayda Çiçeklenme Dönemindeki Yaprak Alan İndeksi İle Verim Arasındaki İlişkinin Çukurova Koşullarındaki Durumu. Turk J. Agric. For. 24: 585-593.
- Kürklü, A. 1994. Energy Management İn Greenhouses Using Phase Change Materials (PCMS). *Phd Thesis*. Reading University, June 1994.
- Odabaş, M.S., 2003. Işık ve Sıcaklığın Baklada (*Vicia faba L.*) Büyüme, Gelişme ve Verimine Kantitatif Etkileri. OMÜ Fen Bilimleri Enst. Basılmamış Doktora Tezi.
- Pearson, S., 1992. Modelling The Effect Of Temperature On The Growth And Development Of Horticultural Crops.
- Sezer, İ. ve Gülümser, A., 1999. Çarşamba Ovasında Ana Ürün Olarak Yetiştirilebilecek Mısır Çeşitlerinin (*Zea Mays L. İndentata*) Belirlenmesi Üzerine Bir Araştırma. Türkiye 3. Tarla Bitkileri Kongresi. Cilt I, Genel Ve Tahıllar, 275-280. Adana.
- Stewart, D. W. and Dwyer, L. M. 1993a. Appearance Time, Expansion Rate, And Expansion Duration for Leaves of Field-Grown Maize (*Zea Mays L.*). Canadian Journal Of Plant Science.31-36.
- Stewart, D. W. and Dwyer, L. M. 1993b. Mathematical Characterization Of Maize Canopies. Agricultural And Forest Meteorology 66: 247-265.
- 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.
- Uzun, S. 1997. Sıcaklık Ve Işığın Bitki Büyüme, Gelişme Ve Verimine Etkisi (I.Büyüme). OMÜ. Ziraat Fak. Dergisi 12(1): 147-156.
- Uzun, S., Demir, Y., Özkaraman, F. 1998. Bitkilerde ışık kesimi ve kuru madde üretimine etkileri. OMÜ. Ziraat Fak. Dergisi 13(2):133-154.