

## Su Stresi Koşullarında Mısır Bitkisinde Silisyumlu Mineral Gübrenin Verim ve Bitki Gelişimine Etkisinin Belirlenmesi

İsmail ÇINKAYA\*<sup>ID</sup>, Şafak CEYLAN<sup>ID</sup>, Durmuş Ali KİPRİTÇİ<sup>ID</sup>

<sup>1</sup> Konya Toprak Su ve Çölleşme ile Mücadele Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü

### Makale Bilgisi

**Geliş Tarihi:** 16.03.2026  
**Kabul Tarihi:** 25.06.2026  
**Yayın Tarihi:** 30.06.2026

### Anahtar Kelimeler:

Mısır,  
Su kıstı,  
Silisyum.

### ÖZET

Bu çalışmada, su stresi koşullarında mısır (*Zea mays* L.) bitkisinde silisyum içerikli mineral gübre uygulamalarının verim ve bazı agronomik özellikler üzerine etkisi araştırılmıştır. Deneme, Konya ekolojik koşullarında tesadüf bloklarında bölünen parseller deneme desenine göre 27 parselde yürütülmüştür. Ana parselleri üç farklı sulama seviyesi (%100, %75 ve %50 evapotranspirasyon düzeyi), alt parselleri ise üç farklı silisyum düzeyi (kontrol, 2 uygulama, 3 uygulama) oluşturmuştur. Uygulamalar yaprakтан püskürtme ve tohum ilaçlaması şeklinde gerçekleştirilmiştir. Araştırma sonuçlarına göre ortalama koçan sayısı 14.0–18.3 adet/1.4 m<sup>2</sup> arasında değişmiş, en yüksek değer %100 sulama + kontrol uygulamasında (18.3 adet), en düşük değer %50 sulama + kontrol uygulamasında (14.0 adet) elde edilmiştir. Ortalama tane ağırlığı 610.7–2735.7 g/1.4 m<sup>2</sup> aralığında değişmiş, en yüksek değer tam sulama koşulunda kontrol parselinde (2735.7 g), en düşük değer ise %75 sulama + kontrol uygulamasında (610.7 g) belirlenmiştir. Hektolitreye ağırlığı 82.2–87.3 kg/hl arasında, hasat nemi ise %14.1–%15.1 arasında ölçülmüş ve bu parametreler bakımından uygulamalar arasında istatistiksel olarak anlamlı fark bulunmamıştır. Verim değerleri 436.1–1968.5 kg/da arasında değişmiştir. En yüksek verim %100 sulama koşulunda kontrol uygulamasında (1968.5 kg/da), en düşük verim ise %50 sulama + kontrol uygulamasında (436.1 kg/da) elde edilmiştir. Varyans analizi sonuçlarına göre sulama seviyelerinin verim üzerine etkisi önemli iken ( $p < 0.01$ ), silisyum uygulamalarının verim üzerine etkisi önemli değildir ( $p > 0.05$ ). Sonuç olarak, silisyum içerikli mineral gübre uygulamalarının mısırdaki koçan sayısı, tane ağırlığı, hektolitreye, hasat nemi ve dekara verim üzerinde istatistiksel olarak anlamlı olmadığı; buna karşın su kıstının verim bileşenlerini belirgin şekilde düşürdüğü tespit edilmiştir. Özellikle %50 sulama düzeyinde %100 sulamaya göre verimde yaklaşık %75'e varan azalma gözlenmiştir. Bu bulgular, Konya koşullarında mısır üretiminde verimi belirleyen temel faktörün su yönetimi olduğunu, silisyum uygulamalarının ise bu deneme koşullarında stres toleransını artırmadığını göstermektedir.

## Determining the Effect of Silica-Containing Mineral Fertilizer on Yield and Plant Growth in Maize Under Water Stress Conditions

### Article Info

**Received:** 16.03.2026  
**Accepted:** 25.06.2026  
**Published:** 30.06.2026

### Keywords:

Maize,  
deficit irrigation,  
Silicon.

### ABSTRACT

This study investigated the effects of silicon-containing mineral fertilizer applications on grain yield and selected agronomic traits of maize (*Zea mays* L.) under water stress conditions. The experiment was conducted under the ecological conditions of Konya, Türkiye, using a split-plot design arranged in randomized complete blocks with 27 plots. Three irrigation levels (100%, 75%, and 50% of evapotranspiration requirement) were assigned to the main plots, while three silicon treatments (control, two applications, and three applications) were allocated to the subplots. Silicon treatments were applied through both foliar spraying and seed coating. The results showed that the average number of ears ranged from 14.0 to 18.3 ears per 1.4 m<sup>2</sup>. The highest value was obtained from the 100% irrigation + control treatment (18.3 ears), whereas the lowest value was recorded in the 50% irrigation + control treatment (14.0 ears). Mean grain weight varied between 610.7 and 2735.7 g per 1.4 m<sup>2</sup>, with the highest value observed under full irrigation in the control treatment (2735.7 g) and the lowest value under the 75% irrigation + control treatment (610.7 g). Test weight ranged from 82.2 to 87.3 kg hL<sup>-1</sup>, while harvest moisture content varied between 14.1% and 15.1%. No statistically significant differences were detected among treatments for either of these parameters. Grain yield ranged from 436.1 to 1968.5 kg da<sup>-1</sup>. The highest yield was obtained under the 100% irrigation + control treatment (1968.5 kg da<sup>-1</sup>), whereas the lowest yield was recorded under the 50% irrigation + control treatment (436.1 kg da<sup>-1</sup>). Analysis of variance indicated that irrigation level had a highly significant effect on grain yield ( $p < 0.01$ ), while silicon applications had no significant effect ( $p > 0.05$ ). In conclusion, silicon-containing mineral fertilizer applications did not significantly affect ear number, grain weight, test weight, harvest moisture content, or grain yield of maize. In contrast, water deficit substantially reduced yield and its components. In particular, grain yield decreased by approximately 75% under the 50% irrigation level compared with full irrigation. These findings indicate that water management is the primary factor determining maize productivity under Konya conditions, whereas silicon applications did not improve stress tolerance under the conditions of this experiment.

### Bu makaleye atıfta bulunmak için:

Çinkaya, İ., Ceylan, Ş., & Kirpiti, D. A. (2026). *Su stresi koşullarında mısır bitkisinde silisyumlu mineral gübrenin verim ve bitki gelişimine etkisinin belirlenmesi*. *Ereğli Tarım Bilimleri Dergisi*, 6(1), 61-69.

\*Sorumlu Yazar: İsmail Çinkaya, [ismail.cinkaya@tarimorman.gov.tr](mailto:ismail.cinkaya@tarimorman.gov.tr)



This article is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License (CC BY-NC 4.0)

## GİRİŞ

Mısır (*Zea mays L.*), dünya genelinde hem insan beslenmesi hem de hayvansal üretim için temel bir C4 tahıl bitkisi olup, küresel tarımsal üretimde stratejik bir konuma sahiptir. FAO verilerine göre 2000–2025 döneminde mısır üretimi, artan ekim alanları ve genetik ilerlemelere bağlı olarak önemli bir artış göstermiş olsa da, verim artışının sürdürülebilirliği giderek artan çevresel baskılar tarafından sınırlandırılmaktadır (FAO, 2024). Özellikle su kaynaklarının azalması ve iklim değişikliğine bağlı kuraklık frekansındaki artış, mısır üretim sistemlerinde verim stabilitesini tehdit eden en kritik faktörlerden biri haline gelmiştir (IPCC, 2021).

Mısır bitkisi, yüksek biyokütle üretimi ve geniş yaprak alanı nedeniyle evapotranspirasyon yoluyla yoğun su kaybı gerçekleştirmekte olup, büyüme dönemi boyunca düzenli su teminine bağımlıdır. Yapılan çok sayıda çalışma, su kısıtının özellikle vegetatif gelişim ve tane doldurma dönemlerinde meydana geldiğinde fotosentetik kapasiteyi düşürdüğünü, stomatal iletkenliği azalttığını ve sonuç olarak tane sayısı ile tane ağırlığında ciddi kayıplara yol açtığını göstermektedir (Farooq ve ark., 2014; Lizaso ve ark., 2018). Meta-analitik çalışmalar, mısırdaki orta ve şiddetli su stresinin verimi %20–90 arasında azaltabildiğini ortaya koymaktadır (Li ve ark., 2025; Zhao ve ark., 2025).

Su kısıtı koşullarında verim kayıplarını azaltmak amacıyla geliştirilen en önemli stratejilerden biri kısıtlı sulama uygulamalarıdır. Bu yaklaşım, belirli büyüme dönemlerinde kontrollü su stresi oluşturarak su kullanım etkinliğini artırmayı hedeflemektedir. Ancak literatür, su kısıtının zamanlaması ve şiddetine bağlı olarak verim tepkisinin oldukça değişken olduğunu göstermektedir. Özellikle kritik fenolojik dönemlerde uygulanan su stresinin, toplam verim üzerinde geri dönüşü olmayan kayıplara neden olduğu bildirilmektedir (Geerts & Raes, 2009; Grassini ve ark., 2015). Diğer yandan, bitkilerin su stresine toleransını artırmaya yönelik besleme stratejileri son yıllarda yoğun şekilde araştırılmaktadır. Bu kapsamda silisyum (Si), esansiyel element olmamakla birlikte birçok türde “fonksiyonel faydalı element” olarak kabul edilmekte ve özellikle abiyotik stres koşullarında bitki performansını iyileştiren bir unsur olarak öne çıkmaktadır (Ma & Yamaji, 2015). Silisyumun yaprak epidermisinde birikerek transpirasyon kaybını azaltması, hücre duvarlarını güçlendirmesi ve antioksidan sistemleri aktive etmesi, kuraklık stresine karşı önemli fizyolojik avantajlar sağlayabileceğini göstermektedir (Coskun ve ark., 2019).

Son yıllarda yapılan çalışmalar, silisyum uygulamalarının mısırdaki su kullanım etkinliğini artırabildiğini, yaprak su potansiyelini iyileştirebildiğini ve bazı durumlarda biyokütle üretimini artırdığını rapor etmiştir (Guntzer ve ark., 2012; Zargar ve ark., 2019). Bununla birlikte literatürde önemli bir tutarsızlık bulunmaktadır; bazı çalışmalarda silisyum uygulamasının verim ve stres toleransı üzerinde anlamlı etkiler gösterdiği bildirilirken, bazı çalışmalarda ise özellikle düşük silisyum mobilitesi ve uygulama koşullarına bağlı olarak etkilerin sınırlı kaldığı ifade edilmektedir (Savant ve ark., 1997; Deshmukh & Bélanger, 2016).

Bu çerçevede mevcut literatürde üç temel bilgi boşluğu dikkat çekmektedir:

- (i) Mısırdaki su stresi seviyesinin (%100, %75, %50 ET gibi) kademeli etkileri ile silisyum uygulamalarının etkileşimi yeterince netleştirilmemiştir.
- (ii) Silisyumun farklı uygulama sayılarının (örneğin tohum + yaprak uygulamaları) verim bileşenleri üzerindeki etkisi konusunda sonuçlar çelişkilidir.
- (iii) Özellikle Anadolu gibi yarı kurak ekosistemlerde, silisyumun su stresi toleransına katkısı konusunda uzun dönemli saha verisi sınırlıdır.

Bu nedenle bu çalışma, Konya ekolojik koşullarında mısır bitkisinde farklı sulama seviyeleri

(%100, %75 ve %50 ET) altında silisyum içerikli mineral gübre uygulamalarının (kontrol, 2 ve 3 uygulama) verim ve temel agronomik özellikler üzerine etkisinin belirlenmesi amacıyla yürütülmüştür.

## **MATERYAL VE YÖNTEM**

### **Materyal**

Tarla denemeleri Konya Toprak Su ve Çölleşme ile Mücadele Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü'nün merkez arazisinde gerçekleştirilmiştir. Deneme alanı Konya İl sınırları içerisinde olup Konya – Karaman yolu üzerinde, il merkezine 9 km mesafede bulunmaktadır. İç Anadolu Bölgesi'nde yer alan Konya ilinin ortalama yükseltisi 1016 m'dir.

Araştırma arazisinin bulunduğu Konya Ovası kurak-yarı kurak karasal iklim özelliklerine sahiptir. Konya Meteoroloji 4. Bölge Müdürlüğü'nden alınan uzun yıllar (1985-2020) ortalamalarına göre; yıllık ortalama sıcaklık 11.8 °C'dir. Aylık sıcaklık ortalamaları açısından en soğuk ay-0.3°C ile ocak ayı, en sıcak ay ise 24 °C ile temmuz ayıdır. Yıllık ortalama toplam buharlaşma 1352.5 mm, ortalama toplam yağış miktarı ise 325.6 mm olup yağışların %25.9'u sonbahar, %31.3'ü kış, %30.9'u ilkbahar ve %11.9'u yaz mevsiminde düşmektedir. Ortalama nispi nem %59.5 olup, nispi nem miktarları %40.1 ile %79.8 arasında değişmektedir. En düşük nispi nem temmuz ve ağustos aylarında, en yüksek nispi nem ise aralık ayında gerçekleşmektedir.

Bitki yetiştirme periyodu boyunca iklim verileri Enstitü sahasında bulunan meteoroloji istasyonundan temin edilmiştir. Meteorolojik veriler Tablo 1'de verilmiştir.

**Tablo 1**

*Bitki yetiştirme periyodu meteorolojik verileri*

<b>Tarih</b>	<b>Ort. Sıcaklık (°C)</b>	<b>Nem (%)</b>	<b>Yağış (mm)</b>	<b>Ortalama Rüzgâr Hızı (m/sn)</b>	<b>ET (mm)</b>
05.May-2023	15.16	67.91	3.20	0.63	21.49
Haz-2023	21.38	53.15	11.00	1.20	67.31
Tem-2023	24.49	39.73	8.00	2.00	220.93
Ağu-2023	26.61	37.60	0.00	1.30	203.68
15.Eyl-2023	19.97	46.15	0.00	1.50	144.15

Denemeye başlamadan önce deneme alanının farklı noktalarından 0-30 cm derinliklerinde toprak örnekleri alınmıştır. Alınan toprak örnekleri Enstitü toprak analiz laboratuvarında analiz edilmiştir. Analiz edilen deneme alanı toprak özellikleri Tablo 2'de verilmiştir. Analiz sonuçları incelendiğinde özellikle toprak organik maddesi bakımında deneme alanının tarımsal üreticilik açısından çok verimli bir arazi olduğu, tuzluluk ve kireç miktarı bakımından ise herhangi bir kısıtlayıcı etkisinin olmadığı söylenebilmektedir.

**Tablo 2**

*Deneme alanı toprak analiz sonuçları*

<b>pH</b>	<b>Organik Madde (%)</b>	<b>E.C. (mmhos/cm)</b>	<b>Tuz (%)</b>	<b>Kireç</b>	<b>Fosfor (kg/da)</b>	<b>Potasyum (kg/da)</b>
7.45	2.42	0.54	0.02	18.91	29.06	143.81

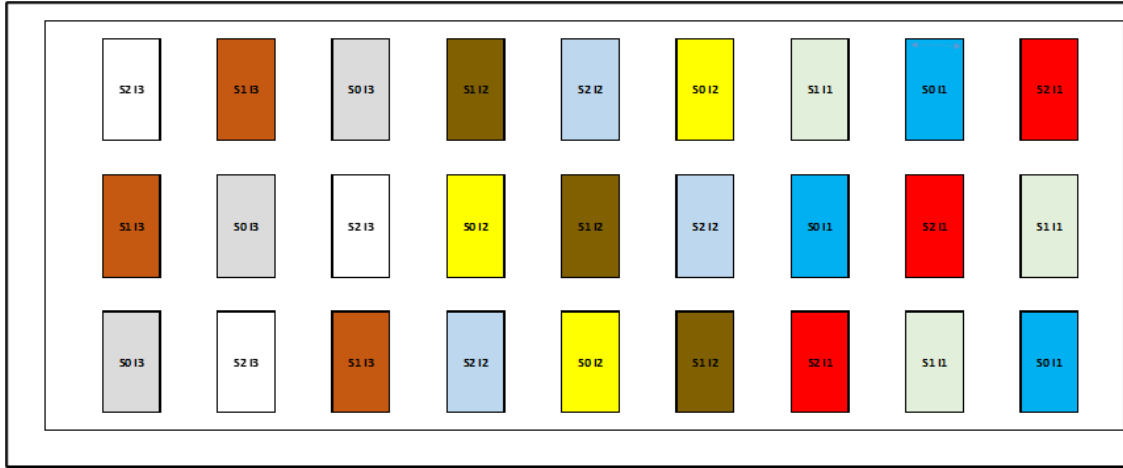
Silisyumlu mineral gübre olarak %17-22 silisyum, %1-4 demir, %0.05-0.1 bakır ve %0.05-0.1 çinko içermektedir. 1 ha için 100-500 litre suya 75-100 g silisyumlu mineral gübre uygulanmıştır. Uygulama tohum ekim öncesi, 4 ve 8 yaprak olduğu dönemlerde yapraklara püskürtülmüştür.

## Yöntem

Deneme T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı Bitkisel Üretim Genel Müdürlüğü Tohumluk Tescil ve Sertifikasyon Merkez Müdürlüğü'ne ait Tarımsal Değerleri Ölçme Denemeleri Teknik Talimatı (Mısır) dikkate alınarak hazırlanmıştır. Denemede uygulama kolaylığı açısından sulama konuları bir arada olacak şekilde tesadüf bloklarına yerleştirilmiştir. Denemede ana konularda sulama uygulamaları yer almaktadır. Sulama uygulamaları deneme süresi boyunca haftalık olarak gerçekleşen ve deneme alanı yakınlarındaki meteoroloji istasyonundan elde edilen evapotranspirasyon miktarının tamamının (%100) uygulandığı I<sub>1</sub> konusu, %75'inin uygulandığı I<sub>2</sub> konusu ve %50'sinin uygulandığı I<sub>3</sub> konusudur. Alt konularda ise silisyumlu mineral gübre uygulama konuları yer almaktadır. Uygulama konularından S<sub>0</sub> konusu herhangi bir uygulamanın yapılmadığı kontrol konusudur. S<sub>1</sub> konusu mısır bitkisinin gelişme evreleri boyunca yaprak yüzeyinden 2 kez sprej uygulamasının yapıldığı konudur. S<sub>2</sub> konusu ise S<sub>1</sub> konusuna ek olarak ekimden önce tohumlara sprej ile uygulamanın yapıldığı toplam 3 uygulama yapılan konudur. Denemede 9 uygulama yer almış ve üç yinelemeli olarak 27 parselde tesadüf bloklarında bölünen parseller deneme desenine göre yürütülmüştür (Şekil 1).

## Şekil 1

Deneme deseni



Deneme parselleri oluşturulurken 6'lı ekim mibzeri kullanılmış olup parsel genişliği 4.2 metre (0.7 m x 6 sıra) parsel uzunluğu ise 7 metre olarak belirlenmiştir. Böylece her bir parsel alanı  $4.2 \times 6 = 25.2 \text{ m}^2$  olmuştur. Parseller arası mesafe ise 5 m olarak tesis edilmiştir. Denemede sulama damla sulama ile yapılmıştır. Damla sulama sistemi damlatıcı debisi 4 l/saat, damlatıcı aralığı 40 cm olan borular kullanılmıştır. Parsellere verilen sulama suyu miktarları parsel başlarına yerleştirilen su saatleri ile ölçülmüştür. Hasat işlemleri Tarımsal Değerleri Ölçme Denemeleri Teknik Talimatı (Mısır) dikkate alınarak deneme parsellerinin ortasında  $1.4 \text{ m}^2$  alan hasat edilmiş olup elde edilen verilerde dekara verim hesaplanmıştır.

## BULGULAR ve TARTIŞMA

### Bulgular

Denemede elde edilen mısırlar parsellerde çuvallandıktan sonra hasat edilmiş, hasat edilen mısırların hasat alanı koçan ağırlığı, tane ağırlığı, hektolitreye, nem ve parsel verimi değerleri hesaplanmıştır.

### **Ortalama Koçan Sayısı**

Deneme hasat parsel alanından elde edilen ortalama koçan sayısı Tablo 3'te verilmiştir. Tablo incelendiğinde buharlaşma miktarının tamamının uygulandığı %100 konusunda kontrol uygulamasından elde edilen koçan sayısı 2 ve 3 kez uygulama yapılan konulardan daha fazla koçan sayısına sahip olduğu tespit edilmiş olup ürün uygulamasının koçan sayısına pozitif bir etkisinin olmadığı tespit edilmiştir. Diğer sulama konuları incelendiğinde ise 2 ve 3 uygulama konularının %75 su uygulamasında koçan sayısını bir miktar arttırdığı tespit edilmiş olup kontrol konusu ile aralarında önemli bir fark bulunmamıştır.

**Tablo 3**

*Ortalama koçan sayısı*

Silisyumlu mineral gübre uygulaması	Ortalama Koçan Sayısı (adet / 1.4 m <sup>2</sup> )		
	Sulama Seviyeleri		
	I <sub>1</sub>	I <sub>2</sub>	I <sub>3</sub>
S <sub>1</sub>	17.0	18.0	15.7
S <sub>2</sub>	17.0	17.7	15.0
S <sub>0</sub>	18.3	17.7	14.0

### **Ortalama Tane Ağırlığı**

Deneme alanından hasat edilen koçanlar tanelenerek tartılmış ve hasat parseline ait tane ağırlığı değerleri Tablo 4'te verilmiştir. Tane ağırlığı değerleri incelendiğinde %100 sulama konusunda kontrol uygulaması 2735 g ile en yüksek değere sahip olup ürün uygulamasının yapıldığı diğer iki konudan yüksek değerlere sahip olmuştur. %75 su konusunda da 2 uygulama konusu en yüksek tane ağırlığı değerine sahip iken %50 konusunda ise ürün uygulamaları konularında önemli bir fark bulunmamıştır.

**Tablo 4**

*Ortalama koçan ağırlığı*

Silisyumlu mineral gübre uygulaması	Ortalama Tane Ağırlığı (g/1.4 m <sup>2</sup> )		
	Sulama Seviyeleri		
	I <sub>1</sub>	I <sub>2</sub>	I <sub>3</sub>
S <sub>1</sub>	2526.30	842.70	1766.30
S <sub>2</sub>	2628.00	687.00	1808.30
S <sub>0</sub>	2735.70	610.70	1722.30

### **Hektolitre Ağırlığı**

Tane haline getirilen mısır bitkisinin hektolitre ölçüm cihazı ile hektolitre ağırlığı değerleri tespit edilmiş olup Tablo 5'te verilmiştir. Tüm konular incelendiğinde hektolitre değerinin ürün uygulaması ya da sulama konusu gözetmeksizin tüm konularda istatistiki olarak önemli olmadığı tespit edilmiştir. Konular arasında fark bulunmamıştır.

**Tablo 5**  
*Ortalama Hektolitre Ağırlığı Değerleri*

Silisyumlu mineral gübre uygulaması	Ortalama Hektolitre Ağırlığı (kg/HL)		
	Sulama Seviyeleri		
	I <sub>1</sub>	I <sub>2</sub>	I <sub>3</sub>
S <sub>1</sub>	83.70	82.30	83.10
S <sub>2</sub>	84.30	87.30	85.20
S <sub>0</sub>	83.20	82.70	82.20

**Ortalama Hasat Nem Değerleri**

Mısır bitkisinin fiyatının belirlenmesinde önemli bir etken olan hasat nemi değerleri Tablo 6'da verilmiştir. Elde edilen verilere göre tıpkı hektolitre ağırlığında olduğu gibi hasat nemi konusunda da konular arasında istatistiki olarak önemli bir fark bulunamamıştır. %100 sulama konusunda ortalama %14 civarı olan nem değerleri diğer konularda da benzer sonuçlar vermiştir.

**Tablo 6**  
*Ortalama hasat nemi değerleri*

Silisyumlu mineral gübre uygulaması	Ortalama Nem Değerleri (%)		
	Sulama Seviyeleri		
	I <sub>1</sub>	I <sub>2</sub>	I <sub>3</sub>
S <sub>1</sub>	14.40	15.10	14.90
S <sub>2</sub>	14.10	14.30	15.10
S <sub>0</sub>	14.40	15.10	15.10

**Ortalama Verim**

Hasat parselinde elde edilen verim değerleri dikkate alınarak yapılan uygulamaların dekara verim değerleri hesaplanmış olup sonuçlar Tablo 7'de verilmiştir. Deneme alanından elde edilen verim değerlerinin ortalamaları Tablo 7'de verilmiş olup bu değerlere ait istatistiksel değerler ise Tablo 8 ve 9'da verilmiştir. Verim değerleri araştırma konuları bakımından en net gösterge olduğundan değerler varyans analizine tabi tutulmuş ve konular arasındaki farklar istatistiki olarak ifade edilmiştir.

**Tablo 7**  
*Ortalama verim değerleri*

Silisyumlu mineral gübre uygulaması	Ortalama Verim (kg/da)		
	Sulama Seviyeleri		
	I <sub>1</sub>	I <sub>2</sub>	I <sub>3</sub>
S <sub>1</sub>	1818.60	1260.00	604.00
S <sub>2</sub>	1896.80	1304.40	490.50
S <sub>0</sub>	1968.50	1228.60	436.10

Verim değerlerine ait istatistiksel analizler Tablo 8'de verilmiştir. Varyans analiz sonuçları incelendiğinde ürün uygulamalarının istatistiki olarak önemli olmadığı ve verime istatistiksel olarak fark oluşturacak herhangi bir katkısının olmadığı tespit edilmiştir. Sulama konularında ise fark su seviyelerinin verim parametrelerinde %1 önem seviyesinde etkisinin olduğu tespit edilmiş olup mısır bitkisinin su kısıtı koşullarında verim değerlerinde ciddi düşüşleri olduğu göz önüne alındığında beklenen bir sonuç olmuştur.

**Tablo 8**

*Verim parametresine ait varyans analizi*

Varyasyon Kaynağı	DF Num	K.T.	K.O.	F Değeri
Tekerrür	2	348165	174082	0.2623
Sulama	2	8647425	4323713	0.0016**
Silisyumlu mineral gübre uygulaması	2	1981.34	990.668	0.9554
Sulama* Silisyumlu mineral gübre uygulaması	4	84475.7	21118.9	0.4558
Hata	4	365480	91370	0.0231

\* : %5 önem seviyesi

\*\* : %1 önem seviyesi

Verim değerlerinin varyans analizlerinin tablo haline getirildiği Tablo 9 incelendiğinde ise sulama konularından tam su uygulaması olan %100 konusunun istatistiksel olarak birinci grupta yer aldığı tespit edilmiştir. %75 sulama seviyesi ikinci grupta yer almakta olup %50 ile verim açısından son grupta yer almaktadır.

**Tablo 9**

*Varyans analizi gruplandırma tablosu*

Sulama	Kontrol	2 Uygulama	3 Uygulama	Ortalama
I <sub>3</sub>	436	604	490	510 C
I <sub>2</sub>	1228	1259	1304	1264 B
I <sub>1</sub>	1968	1818	1896	1894 A
Ortalama	1211	1227	1230	
C.V.	11.9			
Lsd (Sulama)	395			

Tam su konusu dikkate alındığında kontrol konusunda ortalama 1968 kg/da, 3 uygulama konusunda 1896 kg/da ve 2 uygulama konusunda 1818 kg /da verim elde edilmiştir. Tam su konusu özelinde incelendiğinde yapılan ürün uygulamalarının verimi artırıcı herhangi bir etkisinin olmadığı tespit edilmiştir. % 75 su konusunda en yüksek verim 3 uygulamanın yapıldığı konuda 1304 kg/da ile gerçekleşmiş olup 2 uygulama konusunda 1259 kg/da ve kontrol konusunda 1228 kg/da olarak tespit edilmiş olmakla birlikte yine istatistiki olarak önemli bir fark tespit edilmemiştir. %50 sulama konusunda ise en yüksek dekara verim 2 uygulamanın yapıldığı konuda 604 kg ile gerçekleşmiş olup bunu 3 uygulama ve kontrol konuları 490 kg ve 436 kg verim değerleri ile takip etmiştir.

## TARTIŞMA

Bu çalışmada elde edilen sonuçlar, mısır bitkisinde verim ve verim bileşenlerini belirleyen temel faktörün su yönetimi olduğunu açık şekilde göstermiştir. Varyans analizi sonuçlarına göre sulama seviyeleri verim üzerinde %1 düzeyinde istatistiksel olarak önemli ( $p < 0.01$ ) bulunurken, silisyum içerikli mineral gübre uygulamalarının hiçbir verim parametresi üzerinde anlamlı bir etkisi tespit edilmemiştir ( $p > 0.05$ ). Bu durum, su stresinin mısır fizyolojisi üzerindeki baskın belirleyici rolünü bir kez daha doğrulamaktadır. Elde edilen bulgulara göre verim 436.1–1968.5 kg/da arasında değişmiş ve %50 sulama koşulunda yaklaşık %75'e varan ciddi verim kayıpları gözlenmiştir. Bu sonuç, mısırın kritik gelişme dönemlerinde su kısıtına karşı oldukça hassas olduğunu ve özellikle tane doldurma döneminde oluşan su eksikliğinin geri dönüşü olmayan verim kayıplarına yol açtığını bildiren önceki çalışmalarla uyumludur (Farooq ve ark., 2014; Lizaso ve ark., 2018). Su stresinin stomatal kapanmayı tetikleyerek CO<sub>2</sub> alımını sınırlaması, fotosentetik karbon asimilasyonunu azaltması ve asimilant taşınımını bozması, gözlenen verim düşüşlerinin temel fizyolojik nedenleri olarak değerlendirilmektedir. Silisyum uygulamalarının incelenen tüm

parametrelerde (koçan sayısı: 14.0–18.3 adet/1.4 m<sup>2</sup>, tane ağırlığı: 610.7–2735.7 g/1.4 m<sup>2</sup>, hektolitreye: 82.2–87.3 kg/hl, hasat nemi: %14.1–%15.1) istatistiksel olarak anlamlı bir etki oluşturmadığı, bu elementin mısır–silisyum etkileşiminde sınırlı bir agronomik yanıt oluşturduğunu göstermektedir. Literatürde silisyumun kuraklık stresini azaltıcı etkileri rapor edilmekle birlikte, bu etkinin çoğunlukla tür, uygulama yöntemi, silisyum formu ve çevresel koşullara bağlı olarak değiştiği bildirilmektedir (Guntzer ve ark., 2012; Coskun ve ark., 2019).

Özellikle mısır gibi silisyum biriktirme kapasitesi düşük-orta seviyede olan bitkilerde, dışsal silisyum uygulamalarının yaprak epidermisinde yeterli düzeyde birikim oluşturamaması, beklenen fizyolojik iyileşmenin gerçekleşmemesine neden olabilir. Bu durum, silisyumun transpirasyon akışıyla taşınma sınırlılığı ve kök alım etkinliğinin düşük olması ile açıklanabilir (Ma & Yamaji, 2015). Dolayısıyla çalışmada gözlenen etkisizlik, silisyumun potansiyel faydasının tamamen reddi değil, daha çok uygulama koşullarına bağlı bir “etki sınırlılığı” olarak değerlendirilmelidir. Bununla birlikte, bazı çalışmalar silisyum uygulamalarının su kullanım etkinliğini artırdığını, yaprak su potansiyelini iyileştirdiğini ve stres koşullarında biyokütle kaybını azalttığını bildirmiştir (Liang ve ark., 2007; Zargar ve ark., 2019). Ancak bu olumlu etkiler genellikle daha uzun süreli stres koşullarında veya farklı silisyum kaynaklarının (örneğin stabilize silikatlar) kullanıldığı deneylerde daha belirgin hale gelmektedir. Bu çalışmada kullanılan uygulama şekli (tohum + yaprak uygulaması) ve uygulama sayısının (2 ve 3 uygulama) tek başına yeterli fizyolojik birikim oluşturamamış olabileceği değerlendirilmektedir. Hektolitreye ağırlığı ve hasat nemi gibi kalite parametrelerinde de anlamlı fark bulunmaması, silisyum uygulamasının yalnızca verim değil, dane kalite bileşenleri üzerinde de sınırlı etkiye sahip olduğunu göstermektedir. Bu durum, su stresinin özellikle tane dolmuş sürecini belirleyen asimilasyon kapasitesini sınırlaması nedeniyle, kalite parametrelerinin daha çok çevresel koşullar tarafından kontrol edildiğini desteklemektedir.

## ÖNERİLER

Genel olarak elde edilen sonuçlar, Konya gibi yarı kurak ekosistemlerde mısır üretiminde ana belirleyicinin su yönetimi olduğunu ortaya koymaktadır. Silisyum uygulamalarının ise bu çalışmanın koşullarında su stresine karşı anlamlı bir tolerans artışı sağlamadığı görülmüştür. Bu durum literatürdeki bazı çelişkili sonuçlarla uyumlu olup, silisyumun etkinliğinin “koşul bağımlı” bir özellik gösterdiğini desteklemektedir.

## REFERANSLAR

- Anonim. (2011). Türkiye'de Mısır Üretim İstatistikleri, 2010 Yılı Rakamları.
- Coskun, D., Deshmukh, R., Sonah, H., Menzies, J. G., Reynolds, O., Ma, J. F., & Kronzucker, H. J. (2019). The controversies of silicon's role in plant biology. *New Phytologist*, 221(1), 67–85. <https://doi.org/10.1111/nph.15343>
- Farooq, M., Hussain, M., Wakeel, A., & Siddique, K. H. M. (2014). Drought stress in plants: An overview. *Plant Stress*, 7, 1–7.
- FAO (2024). *FAOSTAT Crop Production Database*. Food and Agriculture Organization of the United Nations. <https://www.fao.org/faostat>
- Geerts, S., & Raes, D. (2009). Deficit irrigation as an on-farm strategy to maximize crop water productivity. *Agricultural Water Management*, 96(10), 1275–1284. <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2009.04.009>
- Grassini, P., Yang, H., Irmak, S., Thorburn, J., Burr, C., & Cassman, K. G. (2015). Limitations to maize yield in the US Corn Belt. *Field Crops Research*, 180, 1–12.

<https://doi.org/10.1016/j.fcr.2015.05.012>

- Guntzer, F., Keller, C., & Meunier, J. D. (2012). Benefits of plant silicon for crops. *Plant and Soil*, 352, 1–22. <https://doi.org/10.1007/s11104-011-0944-8>
- IPCC (2021). *Sixth Assessment Report: Climate Change 2021*. Intergovernmental Panel on Climate Change. <https://www.ipcc.ch>
- Koca, M., ve Ereku, M. (2011). Geçici Mısır Çeřitlerinin Uygunuz Kořullarda Yetiřtirilmesinin Maliyet Etkileri.
- Li, L., Ding, R., Kang, S., Du, T., Tong, L., Kang, J., Xu, W., & Tang, G. (2025). Grain yield and water productivity of maize under deficit irrigation and salt stress: Evidences from field experiment and literatures. *Agricultural Water Management*, 307, 109260. <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2024.109260>
- Liang, Y., Sun, W., Zhu, Y. G., & Christie, P. (2007). Mechanisms of silicon-mediated alleviation of abiotic stresses in higher plants: a review. *Environmental Pollution*, 147(2), 422–428. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2006.06.008>
- Lizaso, J. I., Sun, W., Kumar, A. (2018). Modeling maize drought response. *Field Crops Research*, 216, 1–14. <https://doi.org/10.1016/j.fcr.2017.11.020>
- Ma, J. F., & Yamaji, N. (2015). A cooperative system of silicon transport in plants. *Trends in Plant Science*, 20(7), 435–442. <https://doi.org/10.1016/j.tplants.2015.04.007>
- Savant, N. K., Snyder, G. H., & Datnoff, L. E. (1997). Silicon management and sustainable rice production. *Advances in Agronomy*, 58, 151–199. [https://doi.org/10.1016/S0065-2113\(08\)60255-2](https://doi.org/10.1016/S0065-2113(08)60255-2)
- Takahashi, E., Hoshino, M., ve Koga, H. (1990). Effect of Silicon Application on Plant Resistance to Abiotic Stress.
- Zargar SM, Mahajan R, Bhat JA, Nazir M, Deshmukh R. Role of silicon in plant stress tolerance: opportunities to achieve a sustainable cropping system. 3 Biotech. 2019 Mar;9(3):73. doi: 10.1007/s13205-019-1613-z. Epub 2019 Feb 9. PMID: 30800584; PMCID: PMC6368905.
- Zhao, B., Wang, S., Wang, A., Liu, T., Li, K., Zhang, M., Yu, Y., & Cao, J. (2025). Water and Nitrogen Transport in Wheat and Maize: Impacts of Irrigation, Fertilization, and Soil Management. *Agriculture*, 15(23), 2442. <https://doi.org/10.3390/agriculture15232442>