





Farklı Taban Suyu Derinliği ve Tuzluluğu Koşullarında Şeker Mısırı (*Zea mays convar. Saccharata var. Rugose*) Bitkisinin Büyüme Performansı

Growth Performance of Sweet Corn (*zea mays convar. Saccharata var. Rugose*) Plants Under Different Groundwater Depth and Salinity Conditions

Mehmet Sait Kiremit¹ , Hussein Mohamed Osman² , Hakan Arslan³ 

Geliş Tarihi (Received): 26.05.2022

Kabul Tarihi (Accepted): 20.02.2023

Yayın Tarihi (Published): 25.04.2023

Öz: Bu çalışmada, şeker mısırı bitkilerinin 3 farklı taban suyu derinliği (30 (D₁), 55 (D₂) ve 80 (D₃) cm) ve 3 farklı taban suyu tuzluluğu (0.38 (T₁), 5 (T₂) ve 10 (T₃) dS m⁻¹) koşullarında büyüme performanslarının belirlenmesi amaçlanmıştır. Deneme, tesadüf blokları deneme desenine göre 3 tekerrürlü olarak yağmurdan korunaklı 120 m² lik alanda drene edilebilir lizimetre koşullarında yürütülmüştür. Çalışma sonucunda, taban suyu derinliği arttıkça mutlak büyüme oranı, nispi büyüme hızı, net asimilasyon oranı, bitki büyüme hızı, özgül yaprak alanı ve oransal yaprak alanı artmıştır. Ancak, taban suyu tuzluluğu arttıkça şeker mısırı bitkilerinin büyüme performansları önemli derecede azalmıştır. Çalışmada, mutlak büyüme oranı 1.51-2.37 cm g⁻¹, oransal yaprak alanı 69.48-90.96 cm² g⁻¹ ve net asimilasyon oranı 0.12-0.17 mg cm⁻² g⁻¹ arasında değişmiştir. En yüksek özgül yaprak ağırlığı değeri 215.69 cm² g⁻¹ ile D₃ konusunda elde edilirken en düşük değer ise 200.07 cm² g⁻¹ ile D₁ konusunda elde edilmiştir. En düşük bitki büyüme parametreleri değerleri D₁×T₃, en yüksek değerler ise D₂×T₁ konusunda tespit edilmiştir. Bununla birlikte, taban suyu derinliği <55 cm'den daha az ve taban suyu tuzluluğu 5 dS m⁻¹den daha yüksek olan bölgelerde şeker mısırı bitkilerinin gelişiminin önemli derecede azaldığı belirlenmiştir. Buna göre, şeker mısırı bitkilerinin taban suyunun tuzlu ve 30 cm derinlikte olduğu koşullara karşı düşük toleransa sahip olduğu belirlenmiştir. Sonuç olarak, şeker mısırı için yüksek bitki büyüme performansı değerleri taban suyu derinliğinin 55 cm ve taban suyu tuzluluğunun 0.38 dS m⁻¹ olduğu koşullarda gözlemlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Taban suyu tuzluluğu, bitki büyüme hızı, oransal yaprak alanı, şeker mısırı, büyüme parametreleri

&

Abstract: The objective of this study was to determine the growth performance of sweet corn plants under three different groundwater depths (30 (D₁), 55 (D₂), and 80 (D₃) cm) and three different groundwater salinities (0.38 (T₁), 5 (T₂), and 10 (T₃) dS m⁻¹). The experiment was conducted in three replicates according to the randomized complete block design in a rain area (120 m²) under drainable lysimeter conditions. As a result of the study, the absolute growth rate, relative growth rate, net assimilation rate, crop growth rate, specific leaf area, and leaf area ratio increased with increasing groundwater depth. However, the growth performance of sweet corn plants decreased significantly with increasing groundwater salinity. In the study, the absolute growth rate, leaf area ratio, and leaf area ratio varied between 1.51 - 2.37 cm d⁻¹, 69.48 - 90.96 cm² d⁻¹, and 0.12-0.17 mg cm⁻² d⁻¹, respectively. The highest value of specific leaf weight was obtained in D₃ with 215.69 cm² g⁻¹, while the lowest value was obtained in D₁ with 200.07 cm² g⁻¹. The lowest values of plant growth parameters were obtained in D₁×T₃, while the highest values were obtained in the D₂×T₁ treatment. It was also found that sweet corn plant growth was significantly reduced in regions with groundwater depth less than < 55 cm and groundwater salinity greater than 5 dS m⁻¹. It was concluded that sweet corn plants have a low tolerance to saline and 30 cm deep groundwater. In conclusion, high values for plant growth of sweet corn were observed at 55 cm groundwater depth and groundwater salinity of 0.38 dSm⁻¹.

Keywords: Groundwater salinity, crop growth rate, leaf area ratio, sweet corn, growth parameters

Atıf/Cite as: Kiremit, M. S. Osman, H.M. & Arslan, H. (2023). Farklı Taban Suyu Derinliği ve Tuzluluğu Koşullarında Şeker Mısırı (*zea mays convar. Saccharata var. Rugose*) Bitkisinin Büyüme Performansı. Uluslararası Tarım ve Yaban Hayatı Bilimleri Dergisi, 9(1), 68-79 doi: 10.24180/ijaws.1121575

İntihal-Plagiarizm/Etik-Ethik: Bu makale, en az iki hakem tarafından incelenmiş ve intihal içermediği, araştırma ve yayın etiğine uyulduğu teyit edilmiştir. / This article has been reviewed by at least two referees and it has been confirmed that it is plagiarism-free and complies with research and publication ethics. <https://dergipark.org.tr/tr/pub/ijaws>

Copyright © Published by Bolu Abant İzzet Baysal University, Since 2015 – Bolu

¹ Araş. Gör. Dr. Mehmet Sait Kiremit, Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Tarımsal Yapılar ve Sulama Bölümü, e-mail (Sorumlu Yazar / Corresponding author): mehmet.kiremit@omu.edu.tr

² Zir. Yük. Müh. Hussein Mohammed Osman, Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Tarımsal Yapılar ve Sulama Bölümü, e-mail: mayowagriculture25@gmail.com

³ Prof. Dr. Hakan Arslan, Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Tarımsal Yapılar ve Sulama Bölümü, e-mail: hakan.arslan@omu.edu.tr

GİRİŞ

Dünya'nın birçok bölgesinde tatlı su kaynaklarının aşırı kullanımı gıda güvenliğini ve insanlığın genel refahını tehdit etmektedir. Artan nüfus hızı ve iklim değişikliği nedeniyle, sektörel olarak değişen su ihtiyaçları tatlı su kaynaklarının sürdürülebilir şekilde yönetilmesinin zorlaşacağını göstermektedir (Kummu vd., 2016). Özellikle, tarım sektörü için gelecekte ortaya çıkabilecek su ihtiyacı sorunlarına karşın, yeni su yönetim stratejilerinin geliştirilmesi gerekmektedir. Bu nedenle, taban suyu olan bölgelerde tatlı su kaynaklarına alternatif olarak bitki su ihtiyacının önemli bir miktarını sağlayabilen taban suyunun kontrol edilerek sulama yönetimine entegre edilmesi tarımsal üretimde sulama suyu ihtiyacı ve üretim maliyetinin azalmasına katkı sağlayabilmektedir (Talebnejad ve Sepaskhah 2015; Kiremit vd., 2022; Sezer vd., 2022). Ancak, taban suyunun yüksek olduğu bölgelerde taban suyu derinliği, taban suyu kalitesi, bitki çeşidi ve özellikleri, iklim koşulları, toprak hidrolik özellikleri, sulama aralığı ve bitkilerin büyüme evresi gibi faktörler dikkate alınarak taban suyunun yönetilmesi hem kuru hem de sulu tarımsal üretim için önemli su kaynağı potansiyeli sağlayacaktır (Kahlownd ve Ashraf 2005; Ayars vd., 2006).

Birçok araştırmacı kontrollü drenaj koşullarında, bitki çeşidi için taban suyu derinliğinin en uygun düzeyde kontrol edilmesinin mevsimsel sulama suyu ihtiyacının önemli miktarını karşıladığını bildirmiştir (Ghamarnia ve Jalili 2014; Huo vd., 2012; Fidantemiz vd., 2019). Bu durum ise, su kaynaklarının etkin bir şekilde kullanılabilmesi için taban suyu bölgelerinde bitki verimlerinde önemli azalma meydana gelmeden bitkilerin sulama suyu ihtiyaçlarının azaltılabileceğini göstermektedir (Gao vd., 2017). Taban suyu düzeyinin toprak yüzeyine yakın veya çok derinde olması kılcal yükselme ile kök bölgesinde toprak nem içeriği ve mineral birikiminde farklılıklar oluşturmaktadır. Taban suyu düzeyi, bitki vejetasyonunun gelişimini ve kök bölgesinden besin maddelerinin emilimi ve kullanımını etkilemektedir (Zhang vd., 2018). Özellikle, taban suyu derinliğinin toprak yüzeyine yakın olduğu bölgelerde, toprak nem içeriğinin doymuş halde olması kök bölgesinde anaerobik koşulların oluşmasına neden olmaktadır (Ghobadi vd., 2017). Su ile doymuş kök bölgesi, bitki köklerinin karbondioksit stresine maruz kalmasına ve böylece köklerin su ve besin maddelerini alma gücünün azalmasına kök gelişimini sınırlandırmakta ve buna bağlı olarak bitkilerin morfolojik ve fizyolojik gelişimlerini azaltmaktadır (Pereira vd., 2015; Ren vd., 2016).

Taban suyu kalitesinin düşük olması toprakta ikincil tuzlulaşma veya sodyumlaşma gibi sorunların oluşmasına neden olmaktadır (Gou vd., 2020). Taban suyu koşullarının bitki kök bölgesine yakın ve tuzlu olması bitkilerin büyüme, gelişme ve verimini önemli derecede azaltmaktadır (Bernett vd., 2009). Bitkilerin tuzlu ve kök bölgesine yakın taban suyuna maruz kalmaları, bitkilerin yaprak ve gövdelerinde aşırı düzeyde Na⁺ ve Cl⁻ gibi toksik etkiye sahip minerallerin birikmesine neden olarak bitkilerin büyümesini ciddi şekilde sınırlandırmaktadır (Barrett-Lennard, 2003). Ayrıca, tuzlu ve toprak yüzeyine yakın taban suyu bitkilerin fotosentetik hızının azalmasına, klorofil pigmentlerinin bozulmasına, yaprak klorozunun artmasına, stomaların kapanmasına ve sonuç olarak fotoinhibisyonunun gerçekleşmesine neden olmaktadır.

Bitkilerin çevresel stres koşullarına karşı büyüme performanslarının belirlenmesi bitkilerin morfolojik ve fizyolojik yapısında meydana gelebilecek farklılıkların anlaşılmasına olanak sağlamaktadır. Büyüme ve verim, çevresel faktörlerin etkisi altında bitkide meydana gelen birçok metabolik süreçlerin ve bitki genetik faktörlerinin işlevsel sonucudur (Özalkan vd., 2010; Temizel ve Tok 2020; Tok ve Temizel 2022). Yetiştirme koşullarında meydana gelebilecek herhangi abiyotik veya biyotik stresler bitkileri doğrudan veya dolaylı bir şekilde etkilemektedir. Bu durum ise, ürünlerde önemli düzeyde verim kaybına ve ürün kalitesinin azalmasına neden olmaktadır. Bu nedenle, mutlak büyüme oranı, net asimilasyon oranı, bitki büyüme hızı ve yaprak alan indeksi gibi büyüme parametrelerinin incelenmesi stres altındaki bitkilerin hayatta kalmasını strese karşı tepkilerinin anlaşılması oldukça önemlidir.

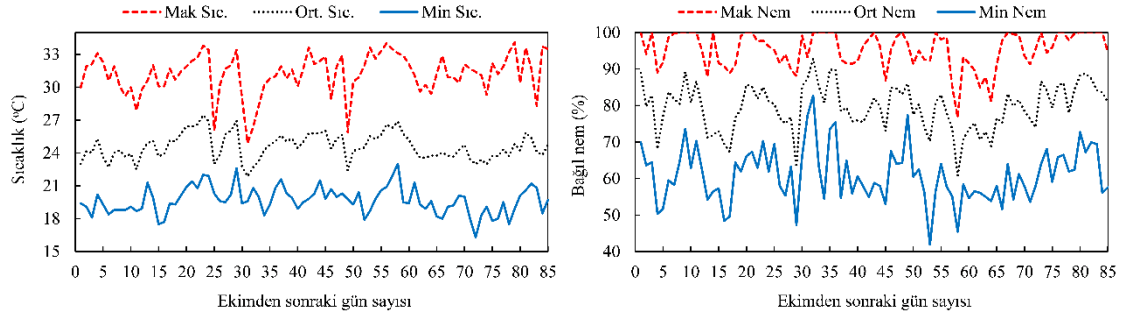
Son yıllarda şeker mısırı tüketiminin gıda sektöründe yaygınlaşması ile birlikte şeker mısırı üretim alanlarının da artmasına neden olmuştur. (Atakul vd., 2021). TÜİK (2021)'in verilerine göre, ülkemizde 758.237 hektar alanda mısır üretimi yapılmış ve 6.750.000 milyon ton verim elde edilmiştir. Literatür incelendiğinde, Dünya'da ve ülkemizde farklı taban suyu koşullarının mısır bitkilerinin büyüme, gelişme ve tane verimi üzerine etkilerini inceleyen çalışmaların sınırlı olduğu görülmektedir (Osman ve Arslan

2022). Özellikle, literatürde tuzlu taban suyu koşullarında şeker mısırı bitkilerinin büyüme performansını inceleyen çalışma bulunmamaktadır. Bu çalışmada, farklı taban suyu derinliği ve taban suyu tuzluluğu koşullarında şeker mısırı bitkilerinin büyüme performansının nasıl değişim gösterdiğini ortaya koymak ve en uygun taban suyu koşullarının tespit edilmesi amaçlanmıştır.

MATERYAL VE METOT

Yetiştirme Koşulları ve Deneme Planı

Bu çalışma, Haziran-Eylül 2020 tarihleri arasında, Ondokuz Mayıs Üniversitesi Ziraat Fakültesi Araştırma ve Uygulama Arazisinde yer alan dört tarafı açık üstü yağmurdan korunaklı alanda yürütülmüştür. Çalışma periyodu boyunca sıcaklık ve bağıl nem değerleri veri kayıt cihazı kullanarak ölçülmüştür. Buna göre, sıcaklık ve bağıl nem değerlerinin zamansal değişimi Şekil 1'de gösterilmiştir.



Şekil 1. Deneme süresince sıcaklık ve bağıl nem değerlerinin değişimi.
Figure 1. Change of temperature and relative humidity values during the study.

Denemede, yüksekliği ve çapı sırasıyla 100 cm ve 60 cm olan drene edilebilir lizimetreler kullanılmıştır. Çalışmada kullanılan toprağın fiziksel ve kimyasal özellikleri Çizelge 1'de verilmiştir. Deneme toprağı öncelikle yağmurdan korunaklı alan da hava kurusu olacak şekilde kurutulmuş ve daha sonra 4 mm gözenek açıklığına sahip elek ile elenmiştir. Lizimetreler toprak ile doldurulmadan önce, Mariotte bidonundan lizimetreye su akışını kolaylaştırmak için, her bir lizimetrenin tabanına sırasıyla 5 cm çakıl ve 5 cm kum ile doldurulmuştur. Daha sonra, 330 kg hava kurusu toprak ile doldurulmuş ve sıkıştırılmıştır.

Çizelge 1. Deneme toprağının fiziksel ve kimyasal özellikleri.

Table 1. Physical and chemical features of the study soil.

Fiziksel özellikler							
Kum (%)	Silt (%)	Kil (%)	TK (%)	SN (%)	Bünye		
43.4	31.3	25.3	34.2	20.9	Tınlı		
Kimyasal özellikler							
EC _e (dS m ⁻¹)	pH	P (kg da ⁻¹)	K (meq / 100g)	Ca ⁺² (meq / 100g)	Mg ⁺² (meq / 100g)	Na ⁺² (meq / 100g)	OM (%)
0.27	8.0	9.8	0.6	18.2	12.2	2.0	2.4

TK: Tarla Kapasitesi, SN: Solma Noktası, EC_e: Saturasyon toprak tuzluluğu, P: Fosfor, K: Potasyum, Ca: Kalsiyum, Mg: Magnezyum, Na: Sodyum, OM: Organik Madde

Deneme, tesadüf blokları deneme desenine göre 3 farklı taban suyu derinliği (D₁ = 30 cm, D₂ = 55 cm ve D₃ = 80 cm) ve 3 farklı taban suyu tuzluluğu (T₁ = 0.38 dS m⁻¹, T₂ = 5.0 dS m⁻¹ ve T₃ = 10.0 dS m⁻¹) koşullarında 3 tekerrürlü olarak yürütülmüştür. Çalışmada, Vega F1 hibrit şeker mısırı çeşidi kullanılmıştır. Toprak analiz sonuçlarına göre, her lizimetreye 10 kg da⁻¹ N, 9 kg da⁻¹ P₂O₅ ve 6 kg da⁻¹ K₂O olacak şekilde gübreleme yapılmıştır. Potasyum ve fosfor gübrelere, tohum ekiminden önce her lizimetrenin 10 cm derinliğindeki toprak ile karıştırılarak uygulanmıştır. Azot gübresi ise, iki farklı dönemde sulama suyu ile birlikte uygulanmıştır. Her lizimetreye 8 adet mısır tohumu 15 Haziran 2020 tarihinde ekilmiş, 14 gün sonra her lizimetre yüzeyinde homojen fide gelişimi göstermiş 5 adet fide kalacak şekilde seyreltme işlemi

gerçekleştirilmiştir. Deneme süresince hastalık ve zararlılarla karşı kimyasal ilaçlama yapılmış ve yabancı ot ile mücadele elle yapılmıştır.

Lizimetrelerde tohum çıkışını sağlamak için her lizimetreye çeşme suyu kullanılarak (0.38 dS m⁻¹) 15 gün boyunca toplam 20 mm sulama suyu uygulanmıştır. Çalışmada, 5 ve 10 dS m⁻¹ tuzlu suların hazırlanması için NaCl ve CaCl₂ kimyasal tuzları 1:1 oranında olacak şekilde kullanılmıştır. Seyreltme işleminden sonra, lizimetrelerde 30, 55 ve 80 cm taban suyu derinliği oluşturmak için Mariotte düzeneği yardımıyla istenilen taban suyu tuzluluğu ile alttan doyurulmuştur. Mariotte bidonlarındaki su seviyesi günlük olarak kontrol edilmiş ve eksilen su miktarı tuzluluk konusuna göre ilave edilmiştir. Lizimetrelerde taban suyu derinliğinin istenilen seviyeden daha yukarıya çıkmasını önlemek amacıyla her lizimetreye drenaj borusu yerleştirilmiştir. Drenaj borusu ile dışarı çıkan sular drenaj kaplarında toplanmış ve günlük olarak ölçülmüştür. Deneme süresince toprak nem içeriği 503 Dr nötron prob [CPN 503 Dr Hydro probe, CPN International, Inc. (Martinez, CA), ABD] cihazı kullanılarak tespit edilmiş ve kullanılabilir toprak nemi %40 azaldığında sulama suyu uygulanmıştır.

Büyüme Parametrelerinin Hesaplanması

Seyreltme işleminde her bir lizimetreden rastgele ikişer bitki köklü olarak sökülmüş ve kantitatif analizleri gerçekleştirilmiştir. Bunun için, bitki boyu şerit metre ile ölçülmüş, yaprak yaş ağırlığı, sap yaş ağırlığı, kök yaş ağırlığı değerleri ise 0.001 g hassasiyete sahip elektronik terazi [DİKOMSAN DHB, Duyar Tartı Sistemleri, Türkiye] ile tartılmıştır. Her bir fidenin yaprak alanı görüntü analizi yöntemi kullanılarak belirlenmiştir. Bunun için, Adobe Photoshop CS6 bilgisayar programı kullanılmıştır. Daha sonra, yaprak, sap ve kök kuru ağırlıklarını belirlemek için etüvde [Elektromag M420 P, Türkiye] 70 °C' de sabit ağırlığa ulaşmaya kadar kurutulmuştur. Benzer kantitatif ölçümler, hasat döneminde her lizimetreden köklü olarak sökülen 3 adet bitkiler içinde gerçekleştirilmiştir. Konulara göre bitkiler aynı zaman da hasat olgunluğuna ulaşmadığından dolayı farklı zamanlarda (1-8 Eylül 2020) hasat edilmiştir. Ertek ve Kara (2013) tarafından belirtilen şartlar dikkate alınarak şeker mısırında dane taze tüketimi için nem içeriği yaklaşık %72 olduğunda hasat edilmiştir. Kantitatif büyüme parametrelerinden; Mutlak Büyüme Oranı (MBO), Nispi Büyüme Hızı (NBH), Net Asimilasyon Oranı (NAO), Bitki Büyüme Hızı (BBH), Özgül Yaprak Alanı (ÖYA), Oransal Yaprak Alanı (OYA) parametreleri aşağıda ayrıntılı verilen formüller yardımıyla hesaplanmıştır (Atwell vd., 1999).

$$MBO = \frac{[H2 - H1]}{[t2 - t1]} \quad (1)$$

$$NBH = NAO \times OYA \quad (2)$$

$$NAO = \frac{(W2 - W1)}{(A2 - A1)} \times \frac{1}{(t2 - t1)} \quad (3)$$

$$BBH = \frac{(W2 - W1)}{(t2 - t1)} \times \frac{1}{LYA} \quad (4)$$

$$\text{ÖYA} = \frac{\text{Yaprak alanı}}{W2} \quad (5)$$

$$OYA \frac{\text{Yaprak alanı}}{\text{TDW}_2} \quad (6)$$

Burada;

H₁ : Taban suyu derinlikleri oluşturulmadan önceki bitki boyu (cm)

H₂ : Hasat döneminde bitki boyu (cm)

TDW₁ : Taban suyu derinlikleri oluşturulmadan önceki toplam bitki kuru ağırlığı (g)

TDW₂ : Hasat döneminde toplam bitki kuru ağırlığı (g)

W₁ : Taban suyu derinlikleri oluşturulmadan önceki yaprak kuru ağırlığı (g)

W₂ : Hasat döneminde yaprak kuru ağırlığı (g)

A₁ : Taban suyu derinlikleri oluşturulmadan önceki toplam yaprak alanı (cm²)

A₂ : Hasat döneminde toplam yaprak alanı (cm²)

LYA: Lizimetre yüzey alanı (m²)

t₁ : Birinci kantitatif analizin yapıldığı ekimden sonraki gün sayısı (gün)

t₂ : İkinci kantitatif analizin yapıldığı ekimden sonraki gün sayısı (gün)

İstatistiksel Analiz

Çalışmada elde edilen veriler JMP 13.0 istatistik paket programı kullanılarak iki yönlü varyans analizi ile değerlendirilmiştir. Konular arasındaki istatistiksel farklılıklar 0.05 önemlilik düzeyinde LSD testi kullanılarak karşılaştırılmıştır. Bar grafikleri, Microsoft Excel 2019 paket programı kullanılarak çizilmiştir. Bar grafikleri üzerindeki düşey çizgiler konulara ait standart hata değerlerini belirtmektedir.

BULGULAR VE TARTIŞMA

İki Yönlü ANOVA Sonuçları

Farklı taban suyu tuzluluğu ve taban suyu derinliğinin mutlak büyüme oranı, nispi büyüme hızı, net asimilasyon oranı, bitki büyüme hızı, özgül yaprak alanı ve oransal yaprak alanı üzerine istatistiksel olarak etkileri Çizelge 2’de verilmiştir.

Çizelge 2. Bitki büyüme parametrelerine ait iki yönlü varyans analiz sonuçları

Table 2. Two-way variance analysis results of plant growth parameters

Varyasyon Kaynakları	Sd	Mutlak Büyüme Oranı		Nispi Büyüme Hızı		Net Asimilasyon Oranı	
		(cm gün ⁻¹)		(g g ⁻¹ gün ⁻¹)		(mg cm ⁻² gün ⁻¹)	
		F _{değeri}	P _{değeri}	F _{değeri}	P _{değeri}	F _{değeri}	P _{değeri}
Tabansuyu Der.	2	4.25	<0.05	9.84	<0.01	25.16	<0.01
Tabansuyu Tuz.	2	19.14	<0.01	49.69	<0.01	54.90	<0.01
Tab. S. D. × Tab. S. T.	4	2.34	>0.10	10.81	<0.01	13.58	<0.05
LSD _{0.05} TSD			0.181		0.00055		0.0060
LSD _{0.05} TSD			0.181		0.00055		0.0060
LSD _{0.05} TSD×TST			0.314		0.00093		0.0104
VK (%)			8.750		4.545		4.075
Varyasyon Kaynakları	Sd	Bitki Büyüme Hızı		Özgül Yaprak Alanı		Oransal Yaprak Alanı	
		(g m ⁻² gün ⁻¹)		(cm ² g ⁻¹)		(cm ² gün ⁻¹)	
		F _{değeri}	P _{değeri}	F _{değeri}	P _{değeri}	F _{değeri}	P _{değeri}
Tabansuyu Der.	2	111.37	<0.01	7.07	<0.01	46.94	<0.01
Tabansuyu Tuz.	2	341.65	<0.01	45.67	<0.01	20.46	<0.01
Tab. S. D. × Tab. S. T.	4	69.31	<0.01	9.70	<0.01	3.96	<0.05
LSD _{0.05} TSD			0.0658		9.2399		2.9422
LSD _{0.05} TSD			0.0658		9.2399		2.9422
LSD _{0.05} TSD×TST			0.1139		16.0039		5.0960
VK (%)			3.618		4.417		3.624

VK: Varyasyon Katsayısı, Sd: Serbestlik derecesi

Taban suyu derinliğinin nispi büyüme hızı, bitki büyüme hızı, özgül yaprak alanı, net asimilasyon oranı ve oransal yaprak alanını (p<0.01) ve mutlak büyüme oranını (p<0.05) etkilediği belirlenmiştir (Çizelge 2). Taban suyu tuzluluğu ise, nispi büyüme hızı, mutlak büyüme oranı, bitki büyüme hızı, özgül yaprak alanı, net asimilasyon oranı ve oransal yaprak alanını (p<0.01) etkilediği tespit edilmiştir (Çizelge 2). Taban suyu

derinliği ve taban suyu tuzluluğu interaksiyonu nispi büyüme hızı, bitki büyüme hızı, özgül yaprak alanı, oransal yaprak alanını ($p<0.01$) ve net asimilasyon oranı ($p<0.05$) etkilerken, mutlak büyüme oranını etkilemediği tespit edilmiştir (Çizelge 2).

Mutlak Büyüme Oranı, Net Asimilasyon Oranı ve Oransal Yaprak Alanı

Mutlak büyüme oranı parametresi bitkilerin farklı yetiştirme koşullarına, maruz kaldıkları strese karşı bitki boyunda meydana gelen değişimi belirlemek için kullanılan önemli bir parametredir (Grime, 2001). Şeker mısırı bitkilerinin MBO değerleri taban suyu derinliği ve taban suyu tuzluluğuna göre farklılıklar göstermiştir. Taban suyu derinliği arttıkça şeker mısırı bitkilerinin MBO değerleri artmıştır (Çizelge 3). En yüksek MBO değeri (2.18 cm gün^{-1}) D₃ konusunda elde edilirken, en düşük değer ise (1.93 cm gün^{-1}) D₁ konusunda elde edilmiştir. Bununla birlikte, D₃ ve D₂ konuları arasında istatistiksel olarak farklılığın olmadığı tespit edilmiştir (Çizelge 3). Taban suyu tuzluluğu ile MBO arasında negatif ilişki tespit edilmiştir. Bir başka ifade ile, taban suyunun tuz içeriği arttıkça MBO değeri azalmıştır. T₃ konusuna ait MBO değeri T₁ konusuna kıyasla %21.7 oranında azalmıştır (Çizelge 3). Ancak, T₁ ve T₂ konularına ait MBO değerleri arasında istatistiksel farklılık görülmemiştir (Çizelge 3). Bununla birlikte, D₁×T₃ konusuna ait MBO oranı D₃×T₁ konusuna kıyasla %30.4 oranında azalmıştır. Elde edilen sonuçlara göre, şeker mısırı bitkilerinin taban suyu derinliği arttıkça mısır bitkilerinin fizyolojik gelişimi artmıştır. Bu durum, taban suyu koşullarında bitki gelişimi için uygun toprak nem içeriği, kök derinliği ve kök bölgesinin yeterli düzeyde havalanması ile açıklanabilir.

Çizelge 3. Farklı taban suyu derinliği ve taban suyu tuzluluğunun mutlak büyüme oranı, net asimilasyon oranı ve oransal yaprak alanı üzerine etkileri.

Table 3. Effects of different groundwater depth and groundwater salinity on absolute growth rate, net assimilation rate and leaf area ratio

Taban suyu derinliği	Mutlak büyüme oranı (cm gün ⁻¹)			Ortalama
	Taban suyu tuzluluğu			
	T ₁	T ₂	T ₃	
D ₁	2.25	2.03	1.51	1.93 B
D ₂	2.37	2.17	1.78	2.10 AB
D ₃	2.17	2.34	2.02	2.18 A
Ortalama	2.26 A	2.18 A	1.77 B	
Taban suyu derinliği	Net asimilasyon oranı (mg cm ⁻² gün ⁻¹)			Ortalama
	Taban suyu tuzluluğu			
	T ₁	T ₂	T ₃	
D ₁	0.171 a	0.153 b	0.120 d	0.148 B
D ₂	0.174 a	0.154 b	0.141 c	0.156 A
D ₃	0.136 c	0.139 c	0.133 c	0.136 C
Ortalama	0.160 A	0.149 B	0.131 C	
Taban suyu derinliği	Oransal yaprak alanı (cm ² g ⁻¹)			Ortalama
	Taban suyu tuzluluğu			
	T ₁	T ₂	T ₃	
D ₁	82.57 cd	79.65 d	69.48 e	77.23 B
D ₂	83.90 bcd	74.25 e	74.25 e	77.47 B
D ₃	90.96 a	88.90 ab	87.11 abc	88.99 A
Ortalama	85.81 A	80.93 B	76.95 C	

D₁, D₂ ve D₃ sırasıyla 30, 55 ve 80 cm taban suyu derinliklerini ifade etmektedir. T₁, T₂ ve T₃ sırasıyla 0.38, 5 ve 10 dSm⁻¹'i göstermektedir. Aynı satır ve sütunda farklı büyük harfler ile gösterilen ortalamalar arasında LSD testine göre %5 önemlilik düzeyinde farklılıklar bulunmaktadır. Küçük harfler ile gösterilen ortalamalar arasında LSD testine göre %5 önemlilik düzeyinde farklılıklar bulunmaktadır.

Korkmaz ve Akınoğlu (2021)'de kök bölgesinde gereğinden fazla karbondioksit birikiminin hücrelerin metabolik işlevlerini olumsuz yönde etkileyerek su ve iyon alımlarının azalmasına ve sonuç olarak da hücre büyümesinin ve uzamasını azalttığını ifade etmişlerdir. Çalışmamızda, tuzlu taban suyu kök bölgesine doğru yaklaştıkça kök bölgesinde biriken tuz miktarı artmakta ve bu da bitkilerin gelişimini

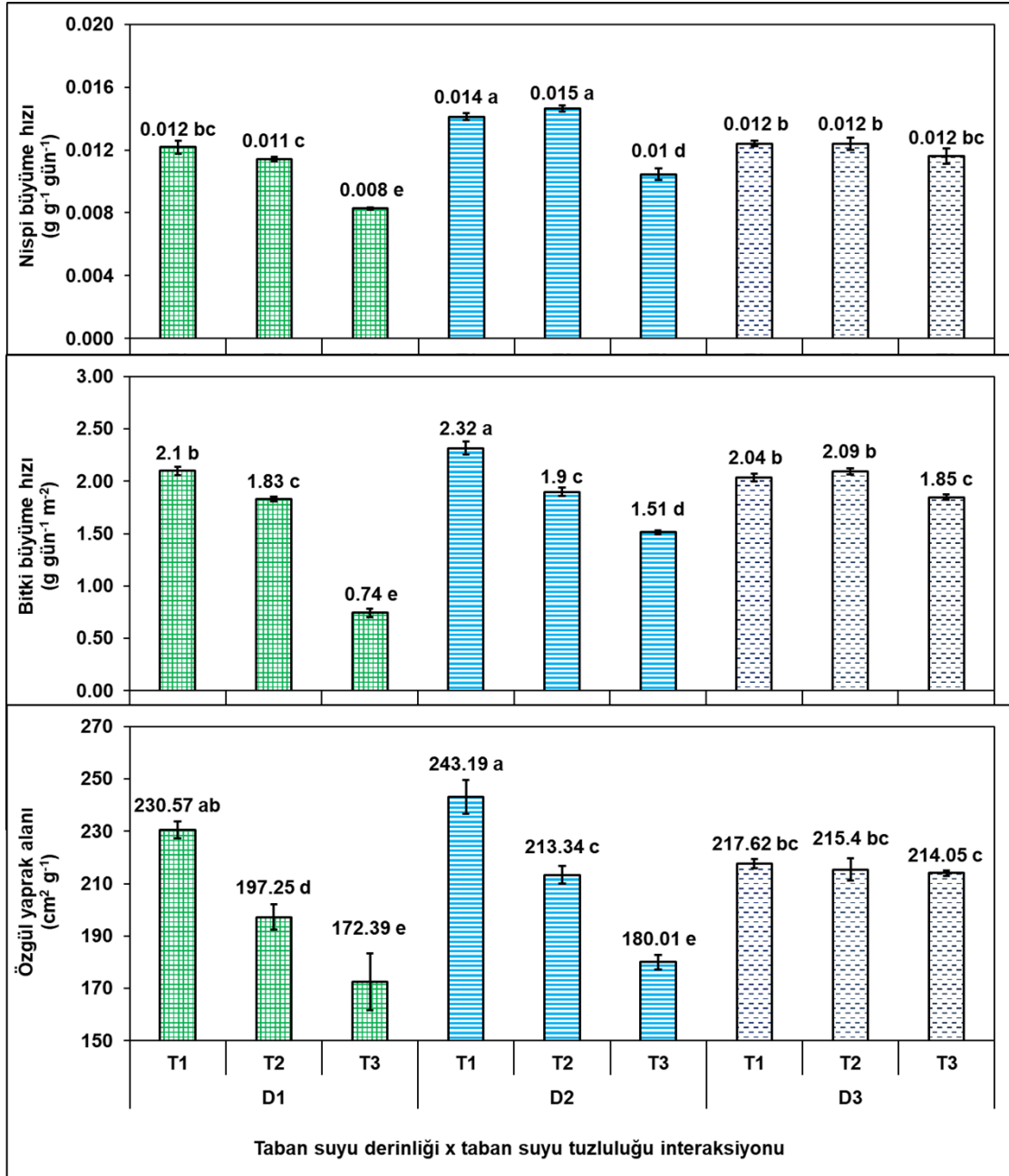
önemli derecede sınırlandırılan ortam koşullarının oluşmasına ve bitki gelişiminin azalmasına neden olduğu söylenebilir.

Şeker mısırı bitkileri için, farklı taban suyu derinliği koşullarında taban suyu tuzluluğunun NAO üzerine etkileri Çizelge 3' te verilmiştir. Buna göre, En yüksek NAO değeri $0.156 \text{ mg cm}^{-2} \text{ gün}^{-1}$ ile D₂ konusunda belirlenmiştir. Taban suyu tuzluluğuna göre en yüksek NAO değeri $0.160 \text{ mg cm}^{-2} \text{ gün}^{-1}$ ile T₁ konusundan tespit edilmiştir. İnteraksiyona göre ise, NAO değeri $0.120\text{-}0.174 \text{ mg cm}^{-2} \text{ gün}^{-1}$ değerleri arası değişmiş olup, en düşük NAO değeri $0.120 \text{ mg cm}^{-2} \text{ gün}^{-1}$ ile D₁×T₃ konusundan belirlenmiştir. Öner ve Sezer (2007)'de NAO değerinin bitki büyüme hızı ile yakından ilişkili olduğunu ve NAO değerinin artması vejetasyon süresinin kısalmasına neden olduğunu ifade etmişlerdir. Palm vd. (2022)'de bitkilerde net asimilasyon oranının yaprakta CO₂ difüzyonundaki (stoma iletkenliğinde azalmalar) veya yaprak biyokimyasındaki değişiklikler yoluyla azaldığını belirtmişlerdir. Özellikle, taban suyunun 30 cm ve 8.0 dS m⁻¹ olduğu koşullarda şeker mısırı bitkilerinin BBH'nı sınırlandırarak NAO değerinin azalmasına yol açmıştır. Bu durum ise, taban suyunun tuzlu olmasının ve kök bölgesinde aşırı tuz minerallerinin (Na⁺ ve Cl⁻ gibi) birikmesinin şeker mısırı bitkilerinin gelişiminin azalmasına neden olduğu söylenebilir.

Farklı taban suyu derinliği ve tuzluluğu koşullarında yetiştirilen şeker mısırı bitkilerinin OYA değerleri arasında önemli farklılıklar oluşmuştur (Çizelge 3). Özellikle, taban suyu derinliği arttıkça OYA değeri artmıştır (Çizelge 3). En yüksek OYA değeri $88.99 \text{ cm}^2 \text{ g}^{-1}$ ile D₃ konusunda elde edilirken, en düşük değer ise $77.23 \text{ cm}^2 \text{ g}^{-1}$ ile D₁ konusunda elde edilmiştir. Bununla birlikte, OYA değerleri taban suyu tuzluluğuna göre değişiklik göstermiş, T₃ konusuna ait OYA değeri T₁ konusuna kıyasla %10.3 oranında azalmıştır. Taban suyu derinliği × taban suyu tuzluluğu interaksiyonuna göre en yüksek OYA değerleri D₃×T₁, D₃×T₂ ve D₃×T₃ konularından elde edilmiştir (Çizelge 3). Ancak, taban suyu derinliğinin 80 cm olduğu koşullarda taban suyu tuzluluğunun artması istatistiksel olarak şeker mısırı bitkilerinin OYA değerlerinde önemli farklılıklar oluşturmamıştır. Bu durumun ise, D₃ koşullarında bitki gelişimini önemli derecede sınırlandırılan toprak tuzluluğunun oluşmamasından dolayı kaynaklandığı söylenebilir. Özellikle, taban suyu derinliğinin 30 cm ve taban suyu tuzluluğu 5 ve 10 dS m⁻¹ olduğu koşullarda OYA değerinin azalması, 30 cm taban suyu koşullarında bitkilerin hem oksidatif hem de tuz stresine uzun süre maruz kalmalarının bitkilerde fotosentez inhibisyonlarının oluşmasına neden olarak, bitkilerin su ve besin alımlarının azalmasına ve buna bağlı olarak da oransal yaprak alanının azalmasına neden olduğu söylenebilir.

Farklı taban suyu derinliği ve taban suyu tuzluluğu koşullarında şeker mısırı bitkilerinin NBH değerlerinde oluşan farklılıklar Şekil 2'de verilmiştir. Ghule vd. (2013) nispi büyüme hızını; birim zamanda bitkide kuru madde birikim hızı olarak ifade etmişlerdir. Araştırmada, en yüksek NBH değeri 55 ve 80 cm taban suyu koşullarında, en düşük NBH değeri ise 30 cm taban suyu koşullarında elde edilmiştir (Şekil 2). Bir başka ifade ile, taban suyu derinliği arttıkça bitkilerde kuru madde birikim hızı artmıştır. Bu artış, taban suyu derinliği arttıkça bitki kök sisteminin büyümesini ve gelişmesini teşvik eden yeterli miktarda toprak hacmi oluşmasından kaynaklanıyor olabilir. Yeterli miktarda toprak hacmi oluşması birim alanda kök miktarının artmasına neden olmuş ve buna bağlı olarak kök sisteminin toprak üstü aksamalarına daha fazla su ve mineral taşınımını gerçekleştirmiştir. Benzer sonuçlar Zhu vd. (2019) tarafından da rapor edilmiştir. Çalışmalarında hem kök uzunluğu hem de kök yoğunluğu dağılımının bitkilerin su ve mineral alımını önemli derecede etkilediğini, sığ taban suyu koşullarının bitkilerin su ve mineral absorpsiyonunu önemli ölçüde sınırlandırdığını ifade etmişlerdir. Taban suyu tuzluluğu arttıkça şeker mısırı bitkilerinin NBH değeri azalmıştır. En yüksek kuru madde birikim hızı 0.38 dS m^{-1} taban suyu koşullarında elde edilmiştir. Taban suyu derinliği × taban suyu tuzluluğuna göre en yüksek büyüme hızı değerleri (0.014 ve $0.015 \text{ g g}^{-1} \text{ gün}^{-1}$) D₂×T₁ ve D₂×T₂ konularında elde edilmiştir (Şekil 3). En düşük değer ise D₁×T₃ konusundan tespit edilmiştir. Özellikle, taban suyu derinliğinin 30 ve 55 cm olduğu koşullarda taban suyu tuzluluğu 5 dS m⁻¹'den daha yüksek olduğunda şeker mısırı bitkilerinin NBH değerleri önemli derecede azalmıştır. Bu durum, bitkilerin tuzlu ve 30 cm taban suyu koşullarında tuz stresine maruz kalma süresi ve kök bölgesinde tuz birikimi ile açıklanabilir. Ayrıca, taban suyunun 30 cm olduğu koşullarda kök bölgesinin suya doymuş olması toprakta CO₂ birikimini arttırmaktadır. Buda, bitkilerin kökleri aracılığıyla su ve besin emilimini azaltarak büyüme ve gelişimini engellemektedir. Bizim çalışmamıza benzer olarak, Zhao vd. (2020)'da taban suyu derinliğinin 1.5 m'den 0.5 m'ye kadar yükselmesi ikincil ürün mısırı bitkilerinde verim

ve biokütle ağırlığının önemli derecede azalmasına neden olduğunu ifade etmişlerdir. Azalışın nedenini ise, taban suyu derinliği toprak yüzeyine yaklaştıkça nispeten daha yüksek toprak nem içeriğinin oluşması ikincil ürün mısırın anaerobik stres koşullarına uzun süre maruz kalması ile açıklamışlardır. Elde edilen sonuçlar dikkate alındığında, 30 cm taban suyu koşullarının şeker mısırı bitkileri için uygun yetiştiricilik koşulları olmadığı tespit edilmiştir.

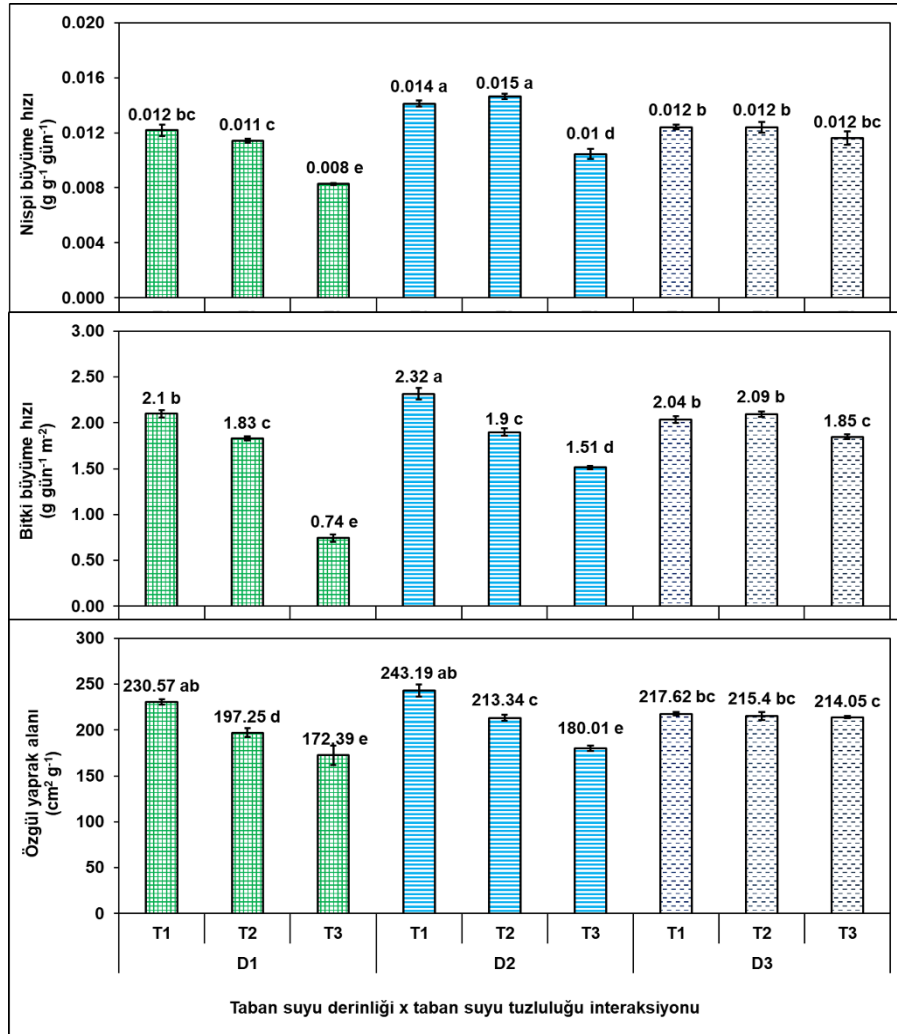


Şekil 2. Farklı taban suyu derinliği ve taban suyu tuzluluğunun nispi büyüme hızı, bitki büyüme hızı, özgül yaprak alanı üzerine etkileri.

Figure 2. Effects of different groundwater depth and groundwater salinity on relative growth rate, crop growth rate, specific leaf area.

Farklı taban suyu derinliği koşullarında taban suyunun tuz içeriği arttıkça şeker mısırı bitkilerinin BBH değerlerinde önemli derecede farklılıklar olduğu Şekil 2’de görülmektedir. Bitki büyüme hızı, birim alana başına birim zamanda bitkide biriken kuru madde miktarını ifade etmektedir. Buna göre, taban suyu derinliği arttıkça şeker mısırı bitkilerinin BBH artmış, en yüksek BBH değeri 1.99 g gün⁻¹ m⁻² ile 80 cm (D₃)

taban suyu derinliğinden elde edilmiştir (Şekil 2). D₁ ve D₂ konularına ait BBH değerleri D₃ konusuna kıyasla %21.9 ve %4.2 oranında azalmıştır. BBH değeri T₁, T₂ ve T₃ konuları için sırasıyla 2.15, 1.94 ve 1.37 g gün⁻¹ m⁻² olarak tespit edilmiştir (Şekil 2). Taban suyu derinliği × taban suyu tuzluluğuna göre ise, en düşük ve en yüksek BBH değerleri (0.74 ve 2.32 g gün⁻¹ m⁻²) sırasıyla D₁×T₃ ve D₂×T₁ konularından elde edilmiştir (Şekil 3). Çalışmada, tüm taban suyu koşullarında en yüksek BBH değerleri T₁ taban suyu koşullarında elde edilmiştir. Elde edilen sonuçlara göre, şeker mısırı bitkilerini taban suyu derinliği ve tuzluluğunun sırasıyla 55 cm ve 0.38 dS m⁻¹ olduğu koşullarda yetiştirilmesi bitki büyüme hızını 30 ve 80 cm taban suyu derinliklerine göre önemli derecede arttırdığı tespit edilmiştir. Bu durum ise, farklı taban suyu koşullarında oluşan toprak nem içeriği ve toprak tuzluluğu ile açıklanabilir. Taban suyu derinliği toprak yüzeyine doğru yaklaştıkça kılcal yükselme ile toprağın üst bölgelerine su taşınımı artmaktadır, bunun sonucunda toprak nem içeriği artması ile bitkilerin su ve karbonhidrat kullanımı artmaktadır. Özellikle, 30 cm taban suyu koşullarında, taban suyunun toprak yüzeyine çok yakın olması kök bölgesinde toprak nem içeriğinin su ile doymun hale gelmesine neden olarak, bitkilerin fizyolojik ve morfolojik gelişimi için önemli bir stres kaynağı oluşturduğu söylenebilir.



Şekil 3. Farklı taban suyu derinliği ve taban suyu tuzluluğu interaksiyonunun şeker mısırı bitkilerinin nispi büyüme hızı, bitki büyüme hızı ve özgül yaprak alanı üzerine etkileri.

Figure 3. The effects of different groundwater depth and groundwater salinity interactions on the relative growth rate, crop growth rate and specific leaf area of sweet maize plants.

Mano vd. (2006)'da kök bölgesinin su ile doymun olduğu koşullara mısır bitkisinin çok duyarlı olduğunu ve elverişli toprak nem içeriğinin %80'den daha fazla olduğu koşullarda mısır bitkilerinin büyüme ve gelişmesini önemli derecede azalttığını ifade etmişlerdir. Elde edilen bulgular dikkate alındığında, taban

suyu derinliği ve tuz içeriğinin şeker mısıırı bitkilerinin büyüme hızlarında önemli farklılıklara neden olduğu belirlenmiştir. Özellikle, taban suyu tuzluluğu 10 dS m⁻¹ olduğu koşullarda şeker mısıırı bitkilerinin BBH değerinin 0.38 dS m⁻¹ taban suyu koşullarına göre %36.3 oranında azaldığı tespit edilmiştir. Bu nedenle, şeker mısıırı bitkileri için kontrollü drenaj koşullarında taban suyu tuzluluğunun dikkate alınarak, taban suyu derinliğinin kontrol edilmesi durumunda bitkilerin su ve tuz stresine uzun süre maruz kalması önlenmiş olacaktır.

Farklı taban suyu koşullarında şeker mısıırı bitkisine ait ÖYA değerleri Şekil 2 ve Şekil 3'te gösterilmiştir. Bitkilerin yetiştirilme koşullarına karşı verdikleri tepkiler yaprak karakteristiklerinde farklılıkların oluşmasına neden olmaktadır. Cornelissen vd. (2003) özgül yaprak alanını parametresinin bitkilerin NBH ve NAO ile ilişkili olduğunu ifade etmişlerdir. Araştırmada, taban suyu derinliği arttıkça şeker mısıırı bitkilerinin ÖYA değerleri artarken, taban suyu tuzluluğu arttıkça ÖYA değerleri azalmıştır. Buna göre, en yüksek ÖYA değeri 215.69 cm² g⁻¹ ile D₃ konusunda elde edilirken en düşük değeri ise 200.07 cm² g⁻¹ ile D₁ konusunda elde edilmiştir. Taban suyu tuz içeriği T₁'den T₃'e kadar arttığında ÖYA değeri %18.1 oranında azalma gerçekleşmiştir. İnteraksiyona göre ise, en yüksek ÖYA değeri (243.19 cm² g⁻¹) D₂×T₁ interaksiyonunda, en düşük ÖYA değerleri (172.39 cm² g⁻¹ ve 180.01 cm² g⁻¹) ise D₁×T₃ ve D₂×T₃ interaksiyonlarından belirlenmiştir. Özellikle, 30 ve 55 taban suyu koşullarında taban suyu tuzluluğunun 10 dSm⁻¹ olduğu koşullarda diğer konulara kıyasla ÖYA değeri önemli derecede azalmıştır. Çalışmada, en yüksek ÖYA değeri D₂×T₁ konusunda elde edilmesine rağmen, D₂ koşullarında taban suyu tuzluluğu T₁'den T₃'e kadar arttığında ÖYA değeri %26 oranında azalmaktadır. Bu durum, şeker mısıırı yetiştiriciliği yapılan alanlarda taban suyu derinliği 55 cm olduğu koşullarda taban suyu tuzluluğunun 0.38 dSm⁻¹'ten daha yüksek olmasının bitkilerde yaprak gelişimini önemli derecede azalttığını göstermektedir. Ancak, taban suyu derinliği 80 cm olduğu koşullarda taban suyu tuzluluğu arttıkça şeker mısıırı bitkilerinin ÖYA değerlerinde belirgin farklılıklar oluşmamıştır. Bu durum ise, taban suyu tuzluluğundan dolayı bitki kök bölgesinde oluşan toprak tuzluluğu düzeyi şeker mısıırı bitkilerinin tolere edebileceği düzeylerde olduğu ve bitkilerin su ve mineral alımını sınırlandıracak düzeyde bir etkisinin olmadığını göstermektedir.

SONUÇ

Bu çalışmada, farklı taban suyu derinliği ve tuzluluğu koşullarının şeker mısıırı bitkilerinin bitki büyüme parametrelerini ne derece etkilendiği ve şeker mısıırı yetiştiriciliği için en uygun taban suyu derinliği ve tuzluluğu koşullarının tespit edilmesi amaçlanmıştır. Elde edilen sonuçlara göre, en yüksek MBO, NBH, BBH ve ÖYA değerleri taban suyu derinliği ve tuzluluğunun sırasıyla 55 cm ve 0.38 dS m⁻¹ olduğu koşullarda elde edilmiştir. Taban suyunun 30 cm derinlikte kontrol edilmesi, şeker mısıırı bitkilerinin büyüme performansını önemli derecede azalttığı tespit edilmiştir. Ayrıca 30 cm taban suyu koşullarında taban suyu tuz içeriği arttıkça şeker mısıırı bitkilerinin gelişimi daha çok azalmıştır. Tuzlu ve toprak yüzeyine yakın taban suyu olan bölgelerde bitki büyüme performansları ile birlikte kök bölgesinde birikecek toprak tuzluluğu da dikkate alınmalıdır. Bu nedenle şeker mısıırı bitkileri için en uygun büyüme performansının elde edilebilmesi için taban suyu derinliğinin 55 cm ve taban suyu tuzluluğunun ise 0.38 dS m⁻¹ olduğu koşullar önerilebilir. Ancak, taban suyu tuzluluğu 5 dS m⁻¹'den daha yüksek olduğu koşullarda taban suyu derinliğinin 80 cm'de kontrol edilmesi hem yüksek bitki büyüme performanslarının elde edilmesi hem de aşırı tuz birikiminin önlenmesinde yarar sağlayacaktır. Gelecekte yapılacak çalışmalarda, farklı taban suyu derinliği ve tuzluluğu koşullarında şeker mısıırı bitkilerinin tane kalite parametrelerinin incelenmesi hem yüksek kalitede mahsul üretilmesi hem de kontrollü drenaj planlamasına önemli katkılar sağlayabileceği söylenebilir.

ÇIKAR ÇATIŞMASI

Yazarlar, bu makalede rapor edilen çalışmayı etkileyebilecek hiçbir rekabet halindeki finansal çıkarları veya kişisel ilişkileri olmadığını beyan ederler.

YAZAR KATKISI

Mehmet Sait Kiremit: Makale yazımı, istatistiksel analiz, tasarım ve dizayn. **Husein Mohamed Osman:** Veri toplama. **Hakan Arslan:** Tasarım ve dizayn, makale yazımı, denetleme.

KAYNAKLAR

- Atwell, B. J., Kriedemann, P. E., & Turnbull, C. G. (Eds.). (1999). *Plants in action: adaptation in nature, performance in cultivation*. Macmillan Education AU.
- Atakul, Ş., Kahraman, Ş., & Kılınc, S. (2021). Ana ürün koşullarında bazı şeker mısır genotiplerinin verim ve verim unsurlarının belirlenmesi. *International Journal of Eastern Mediterranean Agricultural Research*, 4(1), 32-39.
- Ayars, J. E., Christen, E. W. & Hornbuckle, J. W. (2006). Controlled drainage for improved water management in arid regions irrigated agriculture. *Agricultural Water Management*, 86(1-2), 128-139. <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2006.07.004>
- Barrett-Lennard, E.G. (2003). The interaction between waterlogging and salinity in higher plants: Causes, consequences and implications. *Plant and Soil*, 253, 35–54.
- Cornelissen J.H.C., Lavorel, S., Garnier, E., Diaz, S., Buchmann, N., Gurvich, D.E., Reich, P.B., ter Steege H., Morgan, H. D., van der Heijden, M. G. A., Pausas, J. G., & Poorter, H. (2003). A handbook of protocols for standardized and easy measurement of plant functional traits worldwide. *Australian Journal of Botany*, 51(3).
- Ertek, A., & Kara, B. (2013). Yield and quality of sweet corn under deficit irrigation. *Agricultural Water Management*, 129, 138-144. <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2013.07.012>
- Fidantemiz, Y. F. Jia, X. Daigh, A. L. Hatterman-Valenti, H. Steele, D. D. Niaghi, A. R. & Simsek, H. (2019). Effect of water table depth on soybean water use, growth, and yield parameters. *Water*, 11(5), 931. <https://doi.org/10.3390/w11050931>
- Ghamarnia, H., & Jalili, Z. (2014). Shallow saline groundwater use by Black cumin (*Nigella sativa* L.) in the presence of surface water in a semi-arid region. *Agricultural Water Management*. 132, 89-100. <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2013.10.012>
- Ghobadi, M. E., Ghobadi, M., & Zebarjadi, A. (2017). Effect of waterlogging at different growth stages on some morphological traits of wheat varieties. *International Journal of Biometeorology*, 61(4), 635-645. <https://doi.org/10.1007/s00484-016-1240-x>.
- Gao, X., Huo, Z., Qu, Z., Xu, X., Huang, G., & Steenhuis, T. S. (2017). Modeling contribution of shallow groundwater to evapotranspiration and yield of maize in an arid area. *Scientific reports*, 7(1), 1-13. <https://doi.org/10.1038/srep43122>.
- Ghule, P. L., Dahiphale, V. V., Jadhav, J. D., & Palve, D. K. (2013). Absolute growth rate, relative growth rate, net assimilation rate as influenced on dry matter weight of Bt cotton. *International Research Journal of Agricultural Economics and Statistics*, 4(1), 42-46.
- Gou, Q. Zhu, Y. Horton, R. Lü, H. Wang, Z. Su, J. Cui, C. Zhang, H. Wang, X. Zhang, J. & Yuan, F. (2020). Effect of climate change on the contribution of groundwater to the root zone of winter wheat in the Huaibei Plain of China. *Agricultural Water Management*, 240, 106292. <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2020.106292>
- Grime J.P. (2001). *Plant strategies, vegetation processes, and ecosystem properties*. John Wiley and Sons, New Jersey (USA), 456 p.
- Huo, Z., Feng, S., Huang, G., Zheng, Y., Wang, Y., & Guo, P. (2012). Effect of groundwater level depth and irrigation amount on water fluxes at the groundwater table and water use of wheat. *Irrigation and Drainage*, 61(3), 348-356. <https://doi.org/10.1002/ird.685>
- Kahlow, M. A., & Ashraf, M. (2005). Effect of shallow groundwater table on crop water requirements and crop yields. *Agricultural Water Management*, 76(1), 24-35. <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2005.01.005>
- Korkmaz, A., & Akinoğlu, G. (2021). *Bitki beslemede toprak-kök etkileşimi*. Ankara: Gece Kitaplığı Yayın Evi.
- Kiremit, M. S., Arslan, H., Sezer, İ., & Akay, H. (2022). Evaluating and Modeling of the Seedling Growth Ability of Wheat Seeds as Affected by Shallow-Saline Groundwater Conditions. *Gesunde Pflanzen*, 74(2), 357-369. <https://doi.org/10.1007/s10343-021-00614-x>
- Kummu, M., Guillaume, J. H., de Moel, H., Eisner, S., Flörke, M., Porkka, M., Siebert, S., Veldkamp, T. I. E., & Ward, P. J. (2016). The world's road to water scarcity: shortage and stress in the 20th century and pathways towards sustainability. *Scientific Reports*, 6(1), 1-16. <https://doi.org/10.1038/srep38495>

- Mano, Y., Omori, F., Takamizo, T., Kindiger, B., Bird, R. M., & Loaisiga, C. H. (2006). Variation for root aerenchyma formation in flooded and non-flooded maize and teosinte seedlings. *Plant and Soil*, 281(1), 269-279. <https://doi.org/10.1007/s11104-005-4268-y>
- Osman, H. M., & Arslan, H. (2022). Response of leaf nutrients, yield, growth parameters, and evapotranspiration of sweet corn (*Zea mays L. saccharata* Sturt) to shallow and saline groundwater depths. *Archives of Agronomy and Soil Science*, 1-16. <https://doi.org/10.1080/03650340.2022.2140144>.
- Öner, F., & Sezer, İ. (2007). Işık ve sıcaklığın mısıırda (*Zea mays L.*) büyüme parametreleri üzerine kantitatif etkileri. *Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi*, 4(1), 55-64.
- Özalkan, Ç., Sepetoğlu, H., İhsanullah, D. A. U. R., & Şen, O. F. (2010). Relationship between some plant growth parameters and grain yield of chickpea (*Cicer arietinum L.*) during different growth stages. *Turkish journal of field crops*, 15(1), 79-83.
- Palm, E., Klein, J. D., Mancuso, S., & Guidi Nissim, W. (2022). The physiological response of different brook willow (*salix acmophylla boiss.*) ecotypes to salinity. *Plants*, 11(6), 739. <https://doi.org/10.3390/plants11060739>
- Ren, B., Zhang, J., Dong, S., Liu, P., & Zhao, B. (2016). Effects of waterlogging on leaf mesophyll cell ultrastructure and photosynthetic characteristics of summer maize. *PloS one*, 11(9), e0161424. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0161424>
- Pereira, E. S., Silva, O. N., Felipe, J. P., Alves, G. A., & Lobato, A. K. (2015). Antioxidant enzymes efficiently control leaf and root cell damage in young *Euterpe oleracea* plants exposed to waterlogging. *Indian Journal of Plant Physiology*, 20(3), 213-219. <https://doi.org/10.1007/s40502-015-0162-7>
- Sezer, İ., Akay, H., Mut, Z., Arslan, H., Öztürk, E., Erbaş Köse, Ö. D., & Kiremit, M. S. (2021). Effects of different water table depth and salinity levels on quality traits of bread wheat. *Agriculture*, 11(10), 969. <https://doi.org/10.3390/agriculture11100969>
- Talebnejad, R., & Sepaskhah, A. R. (2015). Effect of different saline groundwater depths and irrigation water salinities on yield and water use of quinoa in lysimeter. *Agricultural Water Management*, 148, 177-188. <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2014.10.005>
- Temizel, K. E., & Tok, S. (2020). The effect of irrigation waters with different sodium values on some soil and plant characteristics in red cabbage (*Brassica oleracea var. capitata f. rubra*) plant. *Uluslararası Tarım ve Yaban Hayatı Bilimleri Dergisi*, 6(1), 84-90. doi: 10.24180/ijaws.631837
- Tok, S., & Temizel, K. E. (2022). Effects of irrigation water in different salinity on yield and quality parameters of tobacco (*Nicotiana tabacum L.*) plant. *Gesunde Pflanzen*, 74(1), 9-16. <https://doi.org/10.1007/s10343-021-00584-0>
- TÜİK. (2021). Tahıllar ve diğer bitkisel ürünlerin alan ve üretim miktarları. <https://data.tuik.gov.tr/Kategori/GetKategori?p=tarim-111&dil=1> [Erişim tarihi: 25 Kasım 2022]
- Zhang, W., Zhu, J., Zhou, X., & Li, F. (2018). Effects of shallow groundwater table and fertilization level on soil physico-chemical properties, enzyme activities, and winter wheat yield. *Agricultural Water Management*, 208, 307-317. <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2018.06.039>
- Zhao, Y., Li, F., Wang, Y., & Jiang, R. (2020). Evaluating the effect of groundwater table on summer maize growth using the AquaCrop model. *Environmental Modeling & Assessment*, 25(3), 343-353. <https://doi.org/10.1007/s10666-019-09680-y>
- Zhu, Y., Ren, L., Horton, R., Lü, H., Wang, Z., & Yuan, F. (2018). Estimating the contribution of groundwater to the root zone of winter wheat using root density distribution functions. *Vadose Zone Journal*, 17(1), 1-15. <https://doi.org/10.2136/vzj2017.04.0075>