

Damla Sulama Sistemi ile Sulanan Mısırın Su Verim İlişkileri: İzmir Menemen Örneği

Perihan Tarı Akap^{a,*} , Şuayip Yüzbaşı^a , Mehmet Gündüz^a 

^aTürkiye Uluslararası Tarımsal Araştırma ve Eğitim Merkezi Müdürlüğü, Tarımsal Sulama ve Arazi Islahı Bölümü, İzmir, Türkiye

ÖNE ÇIKANLAR

• Menemen Ovası'nda yürütülen bu çalışmada, farklı damla sulama aralıkları ve su düzeylerinin mısır verimine etkisi araştırılmıştır. En yüksek verim, her sıraya lateral döşenip buharlaşmanın %100 ve %75'i kadar su verilen uygulamalarda elde edilmiştir. Ancak, iki sıraya bir lateral kullanılarak da tatmin edici verim sağlanmıştır. Sonuçlar, uygun projelendirme ve düzenli sulama ile damla sulamanın mısır tarımında etkili olduğunu göstermektedir.

MAKALE BİLGİSİ

Anahtar kelimeler:

Damla sulama

Mısır

Su tüketimi

Verim

Geliş tarihi: 21 Nisan 2025

Revizyon tarihi: 2 Mayıs 2025

Kabul tarihi: 5 Mayıs 2025

Yayın tarihi: 30 Haziran 2025

*Sorumlu yazar:

perihan.tariakap@tarimorman.gov.tr

ÖZET

Bu araştırma, mısırın su verim ilişkisinin belirlenmesi amacıyla 2009-2010 yıllarında Menemen Ovasında yürütülmüştür. Araştırmada damla sulama sistemi kullanılmış ve sulamalar 7 gün arayla A sınıfı buharlaşma kabından meydana gelen yığışimli buharlaşma miktarları dikkate alınarak yapılmıştır. Damla sulamada lateraller her sıraya bir lateral ve iki sıraya bir lateral olacak şekilde yerleştirilmiştir. Konulara, 7 günlük toplam buharlaşmanın %100, 75, 50, 25'i sulama suyu olarak uygulanmış ve ayrıca yağışa dayalı incelenmiştir. Her sıraya bir lateralın yerleştirildiği konudan daha yüksek verim alınmasına rağmen yapılan istatistiki analizde lateral sayısının verime etkisi önemsiz bulunmuştur. Sulama suyu miktarının mısır bitkisinin dane verimi üzerinde %1 önem seviyesinde ($p<0.01$) farklılıklar görülmüştür. En yüksek verimler her sıraya bir lateralın yerleştirildiği ve 7 günlük toplam buharlaşmanın %100'ünün sulama suyu olarak uygulandığı konudan elde edilmiştir. Bu konudan 2009 ve 2010 yıllarında elde edilen ortalama mısır dane verimi sırasıyla 1223-1125 kg da⁻¹, uygulanan sulama suyu 371-313 mm, su tüketimi ise 482-475 mm olmuştur.

Water-Yield Relationships of Maize under Drip Irrigation: The Menemen (İzmir) Case Study

Perihan Tarı Akap^a, Şuayip Yüzbaşı^{a, *}, Mehmet Gündüz^a

^aTürkiye International Agricultural Research and Training Center, Department of Agricultural Irrigation and Land Reclamation, İzmir, Türkiye

HIGHLIGHTS

- The effect of this effective drip irrigation intervals and water levels on corn yield provided in Menemen Plain was investigated. The highest yield was obtained in applications where 100% and 75% of the evaporation with lateral pavement was applied at each stage. However, a satisfactory yield was also achieved with a two-degree lateral. The results show that drip irrigation is effective in corn farming with appropriate design and regular irrigation.

ARTICLE INFO

Keywords:

Drip irrigation

Maize

Water consumption

Yield

Received: 21 April 2025

Revised : 2 May 2025

Accepted: 5 May 2025

Published: 30 June 2025

*Corresponding author:

perihan.tariakap@tarimorman.gov.tr

ABSTRACT

This study was conducted in the Menemen Plain during the 2009 and 2010 growing seasons to determine the water-yield relationship of maize. A drip irrigation system was employed, with irrigations scheduled at seven-day intervals based on cumulative evaporation measured from a Class-A pan. The drip laterals were arranged in two configurations: one lateral per row and one lateral for every two rows. Irrigation treatments applied water amounts equivalent to 100%, 75%, 50%, and 25% of the cumulative seven-day evaporation, alongside a rainfed control. Although higher yields were obtained from the treatment with one lateral per row, statistical analysis indicated that the number of laterals had no significant effect on yield. The amount of irrigation water significantly affected maize grain yield at the 1% significance level ($p < 0.01$). The highest yields were achieved in the treatment with one lateral per row and 100% replenishment of the seven-day cumulative evaporation. The average maize grain yields from this treatment were 1223 kg da⁻¹ in 2009 and 1125 kg da⁻¹ in 2010. The applied irrigation water amounts were 371 mm and 313 mm, and the total water consumption was 482 mm and 475 mm for 2009 and 2010, respectively.

1. GİRİŞ

Günümüzde küresel nüfus artışı, kentleşme ve sanayileşmenin hızlanması, tarımsal ürünlere olan talebin artmasına ve dolayısıyla tarımsal sulama suyu ihtiyacının önemli ölçüde yükselmesine neden olmaktadır (FAO, 2023; WWAP, 2024). Özellikle kurak ve yarı kurak bölgelerde, kısıtlı su kaynaklarıyla yüksek verim hedefleri arasında denge kurmak, tarımsal üretimin sürdürülebilirliği açısından kritik bir zorunluluk haline gelmiştir (Feres & Soriano, 2007; Pereira et al., 2020). Artan içme ve kullanma suyu talepleri, tarımsal sulama için kullanılabilir su kaynaklarının azalmasına yol açarken, su ve arazi kullanım etkinliğini artıracak

yenilikçi sulama yöntemlerine olan ihtiyaç da giderek artmaktadır (Chartzoulakis & Bertaki, 2015; Daccache et al., 2022).

Bu çerçevede, damla sulama sistemi gibi modern ve kontrollü sulama yöntemleri, suyun doğrudan bitki kök bölgesine verilmesi sayesinde buharlaşma ve derine sızma gibi kayıpları minimize ederek su kullanım verimliliğini artırmakta ve bitki stresini azaltmaktadır (Ayars et al., 2015; Shock & Wang, 2021). Damla sulama yöntemiyle, yüzey akışı ve su kayıpları asgariye indirildiğinden, uygulanan birim su başına elde edilen ürün verimi (su verimliliği) yükselmekte, aynı zamanda çevresel etkiler azaltılmaktadır (Nogueira et al., 2020; Hanson et

al., 2022).

Mısır (*Zea mays* L.), yüksek ekonomik değeri ve dünya genelindeki geniş adaptasyonu nedeniyle, etkin su yönetimi gerektiren stratejik bir üründür. Türkiye ve diğer kurak-yarı kurak bölgelerde yapılan çok sayıda araştırma, mısırın su tüketimi, sulama suyu verim ilişkileri ve farklı sulama yöntemlerinin verim üzerindeki etkilerini değerlendirmiştir (Çetin et al., 2019; Karaman et al., 2021; Kaya et al., 2023). Özellikle gelişim dönemlerine göre kısıntılı sulama uygulamaları ve farklı sulama yönetim teknikleri, verim kaybını minimize ederken su tasarrufu sağlamaktadır (Abdelraouf et al., 2020; Gül et al., 2024).

Bu çalışmada, damla sulama yöntemiyle sulanan mısır bitkisinin su-verim ilişkileri

araştırılmış ve farklı sulama seviyelerinin dane verimi üzerindeki etkileri değerlendirilmiştir.

2. MATERYAL ve YÖNTEM

2.1. Araştırma Alanı

Araştırma, Menemen Ovasında bulunan Uluslararası Tarımsal Araştırma ve Eğitim Merkezi arazisinde 2009-2010 yıllarında yürütülmüştür. Aluviyal araziler ile koluviyal dağ eteklerini kapsayan Menemen Ovası'nı doğu ve kuzeyden dik eğimli tepeler kuşatmaktadır. Gediz aluviyal tabanı 0-6 m, yan aluviyaller ise 6-30 m yükseltide olup çevre dağlarının yüksekliği ise 1100 m'ye yaklaşmaktadır. Ovada 5 toprak birliği içinde 16 toprak serisi bulunmaktadır (Topraksu, 1971).

Çizelge 1. Menemen İlçesi 2009 ve 2010 yılları ile uzun yıllar iklim verileri

Aylar	Ortalama sıcaklık (oC)			Yağış (mm)			Buharlaşma (mm)			Nispi nem (%)		
	2008-2009	2009-2010	1954-2015	2008-2009	2009-2010	1954-2015	2008-2009	2009-2010	1954-2015	2008-2009	2009-2010	1954-2015
Ekim	18.5	19.6	17.4	13.4	17.0	38	85.4	81.8	99.2	63.9	66.9	60.8
Kasım	14.4	13.3	13.0	75.2	70.0	75	47.4	43.2	57.0	73.5	75.4	65.0
Aralık	9.8	11.8	9.6	58.6	165.8	108	40.4	40.4	43.8	72.9	76.9	68.0
Ocak	9.0	9.4	7.9	148.4	108.8	91	42.5	43.7	43.8	74.2	74.3	66.6
Şubat	9.2	11.6	8.8	114.2	199.6	74	44.7	48.1	49.1	73.9	74.4	63.9
Mart	10.6	11.7	11.0	131.8	20.2	62	67.8	74.0	77.6	72.2	69.5	62.2
Nisan	15.1	15.7	15.0	46.6	51.0	43	93.2	107.8	109.7	70.0	63.6	59.2
Mayıs	20.5	20.6	20.0	9.6	23.4	27	158.2	151.1	167.3	55.5	58.5	55.7
Haziran	25.2	24.2	24.7	7.6	16.6	9	194.2	152.9	218.6	51.3	61.4	49.3
Temmuz	27.9	27.6	27.0	-	7.0	2	216.8	185.6	258.2	50.6	55.4	47.3
Ağustos	26.9	28.6	26.4	-	-	3	202.5	170.6	226.8	47.2	58.3	49.0
Eylül	22.3	23.1	22.3	34.8	28.0	13	119.6	117.0	159.1	60.9	62.5	55.0
Yıllık	17.5	18.1	16.9	640.2	707.4	545	1312.7	1216.2	1510	63.8	66.4	58.5

Menemen Ovasında Akdeniz iklimi hakim olup yazları sıcak ve kurak, kışları ılık ve yağışlıdır. Uzun yıllar ortalama iklim verilerine göre; toplam yıllık yağış 545 mm, ortalama sıcaklık 16.9 oC olup, en sıcak ay ortalaması 27.0 oC ile temmuz ve en soğuk ay ortalaması 7.9 oC ile ocak ayıdır. Çizelge 1'de görüldüğü gibi araştırmanın yürütüldüğü 2009-2010 yıllarında sırasıyla ortalama sıcaklık 17.5-18.1 oC, yıllık toplam yağış 640.2-707.4 mm ve ortalama nispi nem %63.8-66.4 olarak ölçülmüştür (MGM, 2016).

Deneme toprakları tın bünyeli olup bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri Çizelge 2'de verilmiştir. Araştırmada kullanılan sulama

suyunun kalitesi Atıksu Arıtma Tesisleri Teknik Usuller Tebliğine göre T2 (1.01 dS m⁻¹) olup sulamada kullanılması zararı az ve orta derecededir.

Araştırmada kullanılan damla sulama sisteminde 3.75 l/s debili basınç düzenleyicili, lateral üzerine geçik (on line) damlatıcılar 20 mm PE borulara yerleştirilmiştir. Sulama sisteminin projelendirilmesinde toprak bünyesi ve infiltrasyon hızı (8 mm/h) göz önünde bulundurulmuş ve sistem 1.5 atm basınçta çalıştırılmıştır.

Araştırma tesadüf bloklarında bölünmüş parseller deneme deseninde üç tekrarlamalı olarak yürütülmüştür.

Çizelge 1. Deneme alanı topraklarının bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri

Toprak derinliği (cm)	Bünye	Tarla kapasitesi (Pw%)	Solma noktası (Pw%)	Hacim ağırlığı (g cm ⁻³)	EC (dS m ⁻¹)	CaCO ₃ (%)	Organik madde (%)	pH
0-30	L	24.8	11.8	1.40	0.78	4.1	1.4	7.6
30-60	L	23.6	10.8	1.31	1.18	4.5	1.3	7.5
60-90	CL	23.5	12.5	1.24	1.11	6.4	1.1	7.8

Denemede ana konular, L1: her sıraya bir lateral, L2: iki sıraya bir lateral döşenmesi; alt konular, Kp1.0: 7 günlük toplam buharlaşmanın %100'ünün sulama suyu olarak uygulanması, Kp0.75: Kp1.0 konusuna verilen suyun %75'inin sulama suyu olarak uygulanması, Kp0.50: Kp1.0 konusuna verilen suyun %50'inin sulama suyu olarak uygulanması, Kp0.25: Kp1.0 konusuna verilen suyun %25'inin sulama suyu olarak uygulanması, Kp0: yağışa dayalı sulama konularıdır.

Sulama suyu miktarı Eşitlik 1 ile hesaplanmıştır (Yıldırım ve Madanoğlu, 1985).

$$I = A \cdot E_{pan} \cdot K_p \cdot P_{10} \quad (1)$$

Eşitlikte; I: sulama suyu miktarı (l), A: parsel alanı (m²), E_{pan}: sulama aralığındaki toplam buharlaşma miktarı (mm), K_p: pan katsayısı, P₁₀= ıslatma oranıdır. Buharlaşma değerleri araştırma alanına yerleştirilen A sınıfı buharlaşma kabından ölçülmüştür. Sulamalarda her sıraya bir lateralın yerleştirildiği L1 konularında arazi yüzeyinin tamamı ıslandığından P₁₀ =1 olarak alınırken, iki sıraya bir lateralın yerleştirildiği L2 konularında arazi yüzeyinin %65'i ıslandığından P₁₀ =0.65 olarak alınmıştır.

Bitki su tüketimleri 0-100 cm toprak derinliği için aşağıdaki su dengesi eşitliği (Eşitlik 2) ile hesaplanmıştır (James, 1988).

$$ET = I + P \pm \Delta SW - D_p - R_f \quad (2)$$

Eşitlikte; ET: bitki su tüketimi (mm), I: sulama suyu miktarı (mm), P: yağış (mm), ΔSW: toprak su içeriğindeki değişim (mm), D_p: derine sızma (mm) ve R_f: yüzey akış (mm)'dir. Sulamaların damla sulama sistemi ile yapılmasından dolayı R_f değeri ve derine sızma tespit edilemediğinden D_p değeri sıfır olarak alınmıştır.

Deneme alanı topraklarından 0-30, 30-60, 60-90 cm derinliklerde alınan örneklerde tarla kapasitesi, solma noktası, hacim ağırlığı ve toprak bünyesi gibi fiziksel analizler ile toprak reaksiyonu, elektriki geçirgenlik, organik madde, fosfor, potasyum ve kireç gibi kimyasal analizler Tüzüner ve ark. (1990) ile Richards (1954)'de verilen metotlarla yapılmıştır.

Toprak işleme ve gübreleme: Deneme kurulacak arazi her yıl sonbaharda pulluk ile sürülmüştür. İlkbaharda toprak koşulları uygun olduğunda gerekli gübreler atıldıktan sonra ikileme aletleri ile toprak işlemesi yapılmıştır. Verilecek gübre miktarı ocak ayında alınan toprak örneklerinde yapılan analizlerle belirlenmiştir. Fosforlu gübrenin (P₂O₅, %43 triple süper fosfat) tamamı ve azotlu gübrenin (N, %21 amonyum sülfat) yarısı ilk toprak işlemesinden önce toprağa amonyum sülfat formunda verilmiştir. Azotlu gübrenin diğer yarısı (N, %26 amonyum nitrat), ilk çapadan önce gübre makinesi ile sıra aralarına uygulanmıştır.

Tarımsal işlemler: İlkbahardaki toprak hazırlığı bittikten sonra sıra üzeri 25 cm ve sıra arası 70 cm olacak şekilde Mayıs ayında ekim yapılmıştır. Araştırmada Pioneer 3167 mısır çeşidi kullanılmıştır. Ege ve Akdeniz bölgelerinde ana ürün olarak tavsiye edilen bu çeşit makinalı hasada uygundur (Köseoğlu Tarım, 2011). Mısır çıkışlarının tamamlanmasından sonra azotlu gübrenin ikinci yarısı atılarak ara çapası yapılmıştır. Eylül ayının ilk günlerinde hasat yapılmış ve dane verimleri %15 neme göre düzeltilmiştir.

Sulama: Sulamalarda araştırma alanında bulunan A sınıfı buharlaşma kabından olan buharlaşma miktarları dikkate alınmıştır. Sulamalara 0-90 cm toprak katmanındaki elverişli nemin yaklaşık %40'ının tüketildiği Haziran ayı başında başlanmış ve Temmuz ayı sonuna kadar 7 gün arayla 8 sulama yapılmıştır.

Deneme konularının birikmiş su tüketimleri nem azalma yöntemine göre hesaplanmıştır (Beyce ve Madanoğlu, 1978).

2.2. Verilerin Analizinde Kullanılan Yöntemler

Mısır verimi ile ilgili analiz ve ölçme sonuçlarının değerlendirilmesinde varyans analizi ve Duncan testi uygulanmıştır (Yurtsever, 1984).

3. BULGULAR

3.1. Sulama Konularının Sulama Suyu Miktarı, Su Tüketimi ve Mısır Dane Verimleri

Araştırmanın yürütüldüğü 2009 ve 2010 yıllarında konuların mevsimlik sulama suyu, su tüketimi ve elde edilen mısır dane verimleri, varyans analizi sonuçları Çizelge 3'te, verim ortalamaları ve Duncan grupları ise Çizelge 4'de verilmiştir. Sulamalara 0-90 cm toprak katmanındaki elverişli nemin yaklaşık %40'ının tüketildiği haziran ayı başında başlanmış ve temmuz ayı sonuna kadar 7 gün arayla 8 sulama yapılmıştır. Sulamalarda 7 günlük toplam buharlaşma miktarları, damla sulama

sistemindeki ıslatma oranları ($L_1 = 1.00$, $L_2 = 0.65$) ile düzeltilerek uygulanmıştır.

Çizelgeden görüleceği gibi 2009 yılında konulara uygulanan sulama suyu 60 ($L_2K_p 0.25$) - 371 mm ($L_1K_p 1.00$), konuların su tüketimleri 160 (S_0 yağışa dayalı) - 482 mm ($L_1K_p 1.00$) ve elde edilen mısır dane verimleri de 465 (S_0 yağışa dayalı) - 1223 kg/da ($L_1K_p 1.00$) arasında değişmiştir. 2010 yılında ise konulara uygulanan sulama suyu 51 ($L_2K_p 0.25$) - 313 mm ($L_1K_p 1.00$), konuların su tüketimleri 204 (S_0 yağışa dayalı) - 475 mm ($L_1K_p 1.00$) ve elde edilen mısır dane verimleri de 524 (S_0 yağışa dayalı) - 1125 kg/da ($L_1K_p 1.00$) arasında değişmiştir.

Çizelge 2. Konuların mevsimlik sulama suyu, su tüketimi, dane verimi ve varyans analiz değerleri

Konular	2009				2010			
	Sulama suyu, mm	Su tüketimi, mm	Verim, kg da ⁻¹	Su kul.rand. kg da ⁻¹ mm ⁻¹	Sulama suyu, mm	Su tüketimi, mm	Verim, kg da ⁻¹	Su kul.rand. kg da ⁻¹ mm ⁻¹
$L_1K_p 1.00$	371	482	1223	2.54	313	475	1125	2.37
$L_1K_p 0.75$	278	394	1174	2.98	235	410	1095	2.67
$L_1K_p 0.50$	186	313	982	3.14	156	341	936	2.74
$L_1K_p 0.25$	93	239	782	3.27	78	279	777	2.78
$L_2K_p 1.00$	241	363	1161	3.20	203	386	1033	2.68
$L_2K_p 0.75$	181	309	995	3.22	152	345	984	2.85
$L_2K_p 0.50$	121	259	899	3.47	102	300	866	2.89
$L_2K_p 0.25$	60	213	734	3.45	51	255	744	2.92
S_0 -yağışa dayalı	-	160	465	2.91	-	204	524	2.57

VK	SD	2009			2010		Tablo F		
		KO	F		KO	F	0.05	0.01	
Tekrar	2	3426	1.05		3341	0.52	19.00	99.00	
Lateral	1	41590	12.69		28274	4.59	18.51	98.50	
Su	4	494063	225.50	**	306924	72.93	**	3.01	4.77
Lateral*Su	4	6509	2.97		3007	0.71		3.01	4.77
Hata	16	2191			4208				
Genel	29	72150			46701				
CV		9			10				
(P<0.01 **) %1 önemli									

Araştırma süresince deneme alanındaki tabansuyu seviyesi izlenmiş ve maksimum seviyenin temmuz ve ağustos aylarında 170-180 cm olduğu görülmüştür. Diğer katmanlara göre 60-90 cm toprak katmanındaki nem değişimlerinin daha az olması nedeniyle; tabansuyundan bir beslenmenin olabileceği düşünülmektedir. Sulama suyu ve su tüketimi arttıkça verimlerin de arttığı görülmekle birlikte en yüksek su kullanım randımanı 2009 yılında 3.47 kg da⁻¹ mm⁻¹ ile $L_2K_p 0.50$ konusunda 2010 yılında ise 2.92 kg/da/mm ile $L_2K_p 0.25$ konusunda olmuştur. En yüksek verimler 2009

yılında 1223 kg da⁻¹ ve 2010 yılında 1125 kg da⁻¹ ile $L_1K_p 1.00$ konusunda alınırken, en düşük verimler ise her iki yılda da S_0 konusundan elde edilmiştir. Verim değerleri ile yapılan varyans analizinde her iki yılda da konular arasında 0.01 hata seviyesinde fark çıkmıştır. Yapılan Duncan testi sonucunda 2009 yılında 5, 2010 yılında ise üç farklı grup oluşurken denemenin birinci yılında $K_p 1.00$, ikinci yılında ise $K_p 1.00$ ve $K_p 0.75$ konuları I. Grupta yer almışlardır.

Denemenin yürütüldüğü yıllarda konulara verilen sulama suyu Çizelge 5'de ve aylık su tüketim miktarları Çizelge 6'da verilmiştir.

Çizelge 3. Ortalama verim değerleri ve Duncan grupları

Pan katsayısı	2009		2010	
	Verim (kg da ⁻¹)	Duncan grubu	Verim (kg da ⁻¹)	Duncan grubu
K _p 1.00	1192	a	1079	a
K _p 0.75	1084	ab	1039	a
K _p 0.50	941	bc	901	ab
K _p 0.25	758	c	761	bc
K _p 0.0	465	d	524	c

Çizelge 4. Konulara uygulanan sulama suyu, mm

Yıl	Sulamalar	Tarih	Sulama suyu								S ₀
			L ₁ K _p 1.00	L ₁ K _p 0.75	L ₁ K _p 0.50	L ₁ K _p 0.25	L ₂ K _p 1.00	L ₂ K _p 0.75	L ₁₂ K _p 0.50	L ₂ K _p 0.25	
2009	1. Sulama	08.06.2009	38.9	29.2	19.5	9.7	25.3	19.0	12.6	6.3	-
	2. Sulama	15.06.2009	50.9	38.2	25.5	12.7	33.1	24.8	16.5	8.3	-
	3. Sulama	22.06.2009	52.2	39.2	26.1	13.1	33.9	25.4	17.0	8.5	-
	4. Sulama	29.06.2009	40.9	30.7	20.5	10.2	26.6	19.9	13.3	6.6	-
	5. Sulama	06.07.2009	41.6	31.2	20.8	10.4	27.0	20.3	13.5	6.8	-
	6. Sulama	13.07.2009	43.7	32.8	21.9	10.9	28.4	21.3	14.2	7.1	-
	7. Sulama	20.07.2009	47.9	35.9	24.0	12.0	31.1	23.4	15.6	7.8	-
	8. Sulama	27.07.2009	55.2	41.4	27.6	13.8	35.9	26.9	17.9	9.0	-
Toplam			371	278	186	93	241	181	121	60	-
2010	1. Sulama	07.06.2010	33.2	24.9	16.6	8.3	21.6	16.2	10.8	5.4	-
	2. Sulama	14.06.2010	35.8	26.9	17.9	9.0	23.3	17.5	11.6	5.8	-
	3. Sulama	21.06.2010	43.4	32.6	21.7	10.9	28.2	21.2	14.1	7.1	-
	4. Sulama	28.06.2010	30.7	23.0	15.4	7.7	20.0	15.0	10.0	5.0	-
	5. Sulama	05.07.2010	37.7	28.3	18.9	9.4	24.5	18.4	12.3	6.1	-
	6. Sulama	12.07.2010	42.2	31.7	21.1	10.6	27.4	20.6	13.7	6.9	-
	7. Sulama	19.07.2010	47.1	35.3	23.6	11.8	30.6	23.0	15.3	7.7	-
	8. Sulama	27.07.2010	42.6	32.0	21.3	10.7	27.7	20.8	13.8	6.9	-
Toplam			313	235	156	78	203	152	102	51	-

2009 yılında en fazla su verilen L₁K_p1.00 konusuna 38.9 – 55.2 mm arasında 8 defada toplam 371 mm, en az su verilen L₂K_p0.25 konusuna 6.3-9.0 mm arasında yine 8 defada toplam 60 mm sulama suyu uygulanmıştır. 2010

yılında ise en fazla su verilen L₁K_p1.00 konusuna 30.7 – 47.1 mm arasında 8 defada toplam 313 mm, en az su verilen L₂K_p0.25 konusuna 5.4-7.7 mm arasında yine 8 defada toplam 51 mm sulama suyu uygulanmıştır.

Çizelge 5. Konuların aylık su tüketimleri, mm

Yıl	Aylar	Aylık su tüketimi								S ₀
		L ₁ K _p 1.00	L ₁ K _p 0.75	L ₁ K _p 0.50	L ₁ K _p 0.25	L ₂ K _p 1.00	L ₂ K _p 0.75	L ₁₂ K _p 0.50	L ₂ K _p 0.25	
2009	Mayıs	59	59	59	59	59	59	59	59	59
	Haziran	163	125	98	72	117	92	81	62	55
	Temmuz	180	142	113	61	128	111	75	59	23
	Ağustos	80	68	43	48	59	48	44	33	23
	Toplam	482	394	313	240	363	309	259	213	160
2010	Mayıs	57	57	57	57	57	57	57	57	57
	Haziran	151	125	106	88	118	107	93	84	70
	Temmuz	187	142	104	65	126	104	76	59	32
	Ağustos	66	74	62	54	74	64	59	42	36
	Eylül	15	12	12	15	12	15	15	13	9
Toplam		476	410	341	279	387	345	300	255	204

En fazla sulamanın yapıldığı L₁K_p1.00 konusunun 2009 yılındaki en az aylık su tüketimi 59 mm ile Mayıs, en fazla aylık su tüketimi ise 180 mm ile Temmuz ayında olurken, 2010

yılında ise en az aylık su tüketimi 57 mm ile Mayıs, en fazla aylık su tüketimi ise 187 mm ile Temmuz ayında olmuştur. Yağışa dayalı S₀ konusunun 2009 yılındaki en az aylık su tüketimi

23 mm ile Temmuz ve Ağustos aylarında, en fazla aylık su tüketimi ise 59 mm ile Mayıs ayında olurken, 2010 yılında ise en az aylık su tüketimi 9 mm ile Ağustos, en fazla aylık su tüketimi ise 70 mm ile Haziran ayında olmuştur.

Araştırmanın yürütüldüğü yıllardaki konuların ortalama sulama suyu, su tüketimi ve verimlerdeki oransal azalışlar Çizelge 7' de verilmiştir. Çizelge 7 incelendiğinde 0-90 cm

toprak katmanındaki eksik nemin tamamının tüm sıraların sulandığı $L_1K_p 1.00$ konusuna göre, %25 su kısıntısının yapıldığı ve yine tüm sıraların sulandığı $L_1K_p 0.75$ konusundaki su tüketimi azalışı %16, verim azalışı %3 iken, iki sıra arasına bir lateral ile sulamanın yapıldığı $L_2K_p 1.00$ konusunda ise $L_1K_p 1.00$ konusuna göre sulama suyundaki %35 su tasarrufuna karşılık verimdeki azalma sadece %7 olmuştur.

Çizelge 6. Konulara göre sulama suyu, su tüketimi ve verimdeki azalış oranları, %

Konular	Sulama suyu azalışı	Su tüketimi azalışı	Verim azalması
$L_1K_p 1.00$	0	0	0
$L_1K_p 0.75$	25	16	3
$L_1K_p 0.50$	50	32	18
$L_1K_p 0.25$	75	46	34
$L_2K_p 1.00$	35	22	7
$L_2K_p 0.75$	51	31	16
$L_2K_p 0.50$	67	42	25
$L_2K_p 0.25$	84	51	37
S_0 - yağışa dayalı	100	62	58

Çizelge 7. Bazı verim unsurlarının ortalama değerleri (2010)

Konular	Bitki boyu, cm	100 dane ağırlığı, gr	Hektolitreye ağırlığı, kg
$K_p 1.00$	235.3 a **	29.7 a*	78.3 a **
$K_p 0.75$	225.0 ab	28.7 ab	78.2 a
$K_p 0.50$	228.2 ab	28.3 abc	77.9 a
$K_p 0.25$	211.8 ab	26.9 bc	77.1 ab
S_0 - yağışa dayalı	202.2 b	26.7 c	69.9 b

Araştırmada 2010 yılında verim unsurlarından bitki boyu, yüz dane ağırlığı ve hektolitreye ağırlıkları belirlenmiştir. Verim unsurlarının istatistiki analizlerinde lateral sayısının etkisi olmazken, sulama suyunun bitki boyuna ve hektolitreye ağırlığına 0.01 hata seviyesinde, yüz dane ağırlığına ise 0.05 hata seviyesinde etkisi olmuştur (Çizelge 8).

En yüksek bitki boyu, 100 dane ağırlığı ve hektolitreye ağırlığı $K_p 1.00$ konularından elde edilirken, bu verim unsurlarının en düşük değerleri ise yağışa dayalı konudan elde edilmiştir.

En fazla mısır dane verimi 7 gün arayla 7 günlük toplam buharlaşmanın tamamının sulama suyu olarak uygulamasından alınmıştır. Bu uygulamada her sulamada ortalama 46.4 mm su verilmiş ve bu durumda yaklaşık 1174 kg da⁻¹ dane verimi elde edilmiştir. Bu sulama uygulamasında her sıraya bir lateral döşenmesi durumunda, iki bitki sırasına bir lateral

döşenmesine göre 77 kg/da daha yüksek verim alınmaktadır. Ancak her sıraya bir lateral döşenmesi durumunda, iki bitki sırasına bir lateral döşenmesine göre lateral boru uzunluğu iki katına çıkarken, kapasite yükselmesinden dolayı diğer sistem unsurlarının maliyetinin de artacağı göz önünde bulundurulmalıdır. Bu amaçla ekonomik açıdan çok basit bir hesaplama yapılır ise;

Her bitki sırasına bir lateral yerleştirildiğinde, iki sıraya bir lateral döşenmesine göre bir dekar alana yaklaşık 710 m daha fazla lateral kullanılmıştır.

710 m: Her sıraya bir lateral yerleştirildiğinde boru uzunluğu farkı,

77 kg da⁻¹: Her sıraya bir lateral yerleştirildiğinde elde edilen mısır dane verimi farkı,

0.74 TL/kg: Dane mısır fiyatı,

0.7 TL/m: Damlatıcı boru birim fiyatı,

3 yıl: Damlatıcı borunun ekonomik ömrü, olarak alındığında,

77 kg*0.74TL/kg=57 TL: Fazla verimden elde edilen yıllık gelir,
 710m*0.7TL/m=497 TL: Damlatıcılı fazla borunun maliyeti,
 497 TL/3 yıl=166TL/yıl: Fazla borunun bir yıllık maliyeti,
 166 - 57=109 TL/yıl/da,

İki sıraya bir lateral yerleştirilmesine göre, her sıraya bir lateral boru yerleştirildiğinde dekar başına her yıl 109 TL/da zarar elde edilir.

4. TARTIŞMA

Bu çalışma, Menemen Ovası koşullarında damla sulama altında farklı lateral aralıkları ve sulama seviyelerinin mısır bitkisinin dane verimi üzerindeki etkilerini değerlendirmek amacıyla yürütülmüştür. Araştırma sonuçları, sulama suyu miktarının ve lateral yerleşim düzeninin dane verimi üzerinde anlamlı etkiler yarattığını ortaya koymuştur. Hem 2009 hem de 2010 yıllarında, yedi günlük toplam buharlaşmanın %100'ü ve %75'i oranında sulama yapılan, her sıraya bir lateral yerleştirilen uygulamalar en yüksek verimleri sağlamıştır. Bununla birlikte, iki sıraya

bir lateral yerleştirilen ve %100 sulama uygulanan konular da kabul edilebilir düzeyde yüksek verim değerleri sunmuştur.

Araştırmanın bulguları, sulama suyunun etkin kullanımı ve sistem tasarımında optimizasyonun, yüksek verimlilikle birlikte su tasarrufu sağlanabileceğini göstermektedir. Özellikle, iki sıraya bir lateral yerleştirilerek yapılan sulamalarda, daha düşük su uygulamalarına rağmen makul dane verimleri elde edilmiş ve bu durum, su kullanım verimliliği açısından önemli bir avantaj sunmuştur.

5. SONUÇ

Sonuç olarak, Menemen Ovası gibi yarı kurak bölgelerde damla sulama sistemlerinin uygun tasarım ve yönetim stratejileri ile uygulanması, mısır üretiminde hem su kaynaklarının sürdürülebilir kullanımını hem de ekonomik verimliliği artırma potansiyeline sahiptir. Gelecek çalışmalarda, bu tür uygulamaların uzun vadeli etkileri ile su kullanım verimliliği ve enerji maliyetleri arasındaki ilişkilerin detaylı olarak araştırılması önerilmektedir.

Yazar katkısı: Tüm yazarlar çalışmanın, tamamında eşit oranda katkıda bulunmuşlardır.

Çıkar çatışması beyanı: Herhangi bir çıkar çatışması bulunmamaktadır.

KAYNAKÇA

- Abdelraouf, R. E., Hegab, M. Y., & Abuarab, M. E. (2020). Maize yield response to deficit irrigation under drip system in arid region. *Water*, 12(5), 1275. <https://doi.org/10.3390/w12051275>
- Ayars, J. E., Fulton, A., & Taylor, B. (2015). Subsurface drip irrigation in California—Here to stay? *Agricultural Water Management*, 157, 39–47. <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2015.01.001>
- Chartzoulakis, K., & Bertaki, M. (2015). Sustainable water management in agriculture under climate change. *Agricultural Water Management*, 160, 1–13. <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2015.07.009>
- Çetin, Ö., Yazar, A., & Sezen, S. M. (2019). Water use efficiency and yield response of maize under different irrigation regimes in Turkey. *Agricultural Water Management*, 213, 498–507. <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2018.11.030>
- Daccache, A., Ciurana, J. S., Rodriguez Diaz, J. A., & Knox, J. W. (2022). Advancements in irrigation strategies for water-scarce regions: A review. *Irrigation Science*, 40, 85–99. <https://doi.org/10.1007/s00271-021-00764-5>
- FAO. (2023). The State of Food and Agriculture 2023. Food and Agriculture Organization of the United Nations.
- Fereres, E., & Soriano, M. A. (2007). Deficit irrigation for reducing agricultural water use. *Journal of Experimental Botany*, 58(2), 147–159. <https://doi.org/10.1093/jxb/erl165>
- Gül, A., Yıldırım, O., & Aydın, M. (2024). Deficit irrigation management in maize production under semi-arid conditions. *Irrigation and Drainage*, 73(2), 230–242. <https://doi.org/10.1002/ird.2758>
- Hanson, B. R., Schwankl, L. J., & Fulton, A. (2022). Modern irrigation practices and water productivity. *Irrigation Science*, 40, 123–137. <https://doi.org/10.1007/s00271-021-00786-z>
- Karaman, M., Kaya, U., & Öztürk, H. (2021). Yield and water productivity of maize in response to deficit irrigation. *Field Crops Research*, 263, 108071. <https://doi.org/10.1016/j.fcr.2020.108071>

- Kaya, U., Karaman, M., & Öztürk, H. (2023). Evaluation of maize irrigation methods in semi-arid conditions. *Journal of Agronomy and Crop Science*, 209(5), 872–882. <https://doi.org/10.1111/jac.12602>
- Nogueira, L. M., Silva, J. V., & Zwart, S. J. (2020). Advances in drip irrigation for sustainable agriculture: A review. *Agricultural Systems*, 178, 102736. <https://doi.org/10.1016/j.agsy.2019.102736>
- Pereira, L. S., Paredes, P., Melvin, S. R., Johnson, L. F., & Trout, T. J. (2020). Irrigation methods for efficient water application and management: Advances and challenges. *Agricultural Water Management*, 239, 106267. <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2020.106267>
- Shock, C. C., & Wang, F. (2021). Drip irrigation: Impacts on water use efficiency and crop yield. *Irrigation Science*, 39, 93–109. <https://doi.org/10.1007/s00271-020-00704-9>
- WWAP (United Nations World Water Assessment Programme). (2024). The United Nations World Water Development Report 2024: Water for prosperity and peace. UNESCO.
- Balçın, M., (2004). Karık Sulama Sistemlerinde Planlama Ölçütlerinin Değiştirilmesinin Sulama Performansına Etkisi, Ç.Ü.Fen Bilimleri Enstitüsü, Tarımsal Yapılar ve Sulama Anabilim Dalı, Adana.
- Beyazgül, M. 1997. Menemen ovasında ikinci ürün mısırın su tüketimi. *Toprak ve Su Kaynakları Araştırma Yıllığı 1996*. Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğü. Genel yayın no: 102. Ankara
- Beyce, Ö., Madanoğlu, K., (1978). “Bitki su tüketiminin saptanması”, *Topraksu Ana Projesi*, No: 433, Ankara.
- Çetin, Ö. 1996. Harran ovası koşullarında ikinci ürün mısır su gereksinimi. *Köy Hizmetleri Şanlıurfa Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü*. Genel yayın no: 90. Şanlıurfa
- Değirmenci, V., M. Gündüz ve C. Kara. 1998. GAP Bölgesi Harran Ovası Koşullarında II. Ürün mısırın su verim ilişkileri. *Toprak ve Su Kaynakları Araştırma Yıllığı*. Yayın No: 108. Ankara
- Değirmenci, V., M.A. Taş ve A.S. Nacar. 2012. Harran Ovası Koşullarında Karık Sulama Yönteminde Farklı İşletim Tekniklerinin Toprak ve Su Kayıpları ile II. Ürün mısır verimine Etkisi. *Proje Sonuç Raporu*. GAP Tarımsal Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü. Şanlıurfa
- Gündüz, M., N. Korkmaz., S. ŞEN. 2008. Güney Marmara Koşullarında Mısırın Su-Verim İlişkisi. TAYEK 2008 Yılı Tarla Bitkileri Grubu Bilgi Alışveriş Toplantısı Bildirileri. Ege Tarımsal Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü. Yayın No: 132. S: 158–175, Menemen
- Gündüz, M., N. Korkmaz 2014. Karık ve Ardeşik karıkta Kısıntılı Sulama Uygulamalarının Mısır Bitkisinde Karşılaştırılması. 12. Ulusal Kültürteknik Sempozyumu. 21-23 Mayıs 2014 Tekirdağ
- Köseoğlu Tarım, 2011. <http://www.koseoglutarim.com.tr/>. Erişim tarihi 2011.
- Özyurt K., O. Aydın ve C. Aymak., 2009. Ardeşik Karık Sulama İşletim Biçiminin Toprak Ve Su Kayıpları İle Mısır Verimine Etkisi. *Tarımsal Araştırmalar Genel Müdürlüğü Tokat Toprak ve Su kaynakları Araştırma Enstitüsü*. Tokat.
- Richards, L.A., (1954). Diagnosis and improvement of salina and alcaly soil, *Agricultural Handbook*, No: 60, USA.
- Topraksu, (1971). Menemen Ovası temel toprak etüdü, *Topraksu Genel Müdürlüğü, Toprak ve Etüd Haritalama Dairesi Raporları*, Seri No: 24, Ankara.
- Tüzüner, A., (1990). Toprak ve su analiz laboratuvarları el kitabı, *Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğü*, Ankara.
- Ul, M.A. 1990. Menemen ovası koşullarında ikinci ürün olarak yetiştirilen mısır bitkisinin değişik gelişim aşamalarında uygulanan sulamaların verime etkisi üzerine bir araştırma. *Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tarımsal Yapılar ve Sulama Anabilimdalı (doktora)*. İzmir.
- MGM, 2016. Menemen 2009-2010 Su Yılları Hidrometeorolojik Rasat Verileri kayıtları. MGM.
- Yıldırım, O. ve Madanoğlu, K., 1985. A Sınıfı Buharlaşma Kaplarının Bitki Su Tüketiminin Tahmininde Kullanılması, *Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğü Yayınları*, Sayı: 433, Ankara.
- Yurtsever, N., (1984). Deneyisel istatistik metotları, *Toprak ve Gübre Araştırma Enstitüsü*, Genel Yayın No: 121, Ankara.