

Damla ve Toprak Altı Damla Sulamanın Mısır Verimi Üzerine Etkisi

Aslı Demirok¹, Gökhan İsmail Tuylu^{2*}

¹Harran Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Tarımsal Yapılar ve Sulama ABD

²Harran Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarımsal Yapılar ve Sulama Bölümü

11.04.2019 Geliş/Received, 03.05.2019 Kabul/Accepted

Özet

Harran Ovası koşullarına göre, 2016 yılında yürütülen çalışmada, mısır (*Zea mays L. indendata*) yetiştiriciliğinde farklı sulama uygulamaları içeren damla sulama sistemi (DSS) ve toprak altı damla sulama sistemi (TADSS)'nin karşılaştırılması amaçlanmıştır. Her iki sulama sisteminde sulama konuları; [I₁ (1.5), I₂ (1.25), I₃ (1.0), I₄ (0.75), I₅ (0.5)] Class A Pan yöntemine göre belirlenmiş ve en uygun Class A Pan bitki katsayıları (K_{cp}) araştırılmıştır. Mısır için verim miktarı, sulama suyu miktarı (I), bitki su tüketimi (ET), su kullanımı (WUE) ve sulama suyu kullanım randımanı (IWUE) elde edilmiştir. Sulama suyu ve bitki su tüketimine göre tane verim ve bin tane verim değerleri analiz edilmiştir. Sonuç olarak, K_{cp} katsayısı her iki sulama sistemi için 1.25 olarak belirlenmiştir. Verim miktarları, DSS kullanılarak 698.4 kg da⁻¹ ile 1151.5 kg da⁻¹ arasında ve TADSS kullanılarak 705.4 kg da⁻¹ ile 1157.5 kg da⁻¹ arasında elde edilmiştir. Damla Sulama Sistemi ve TADSS ile uygulanan sulama suyu miktarı, konulara göre aynıdır ve 421.5 ile 1264.5 mm arasında değişmiştir. Bitki su tüketimi değerleri; DSS'ye göre 585.7 ile 1294.6 mm arasında, TADSS'ye göre 572.5 ile 1286.7 mm arasında belirlenmiştir. Su kullanımı (WUE) ve IWUE değerleri sırasıyla; DSS için 0.82-1.19 kg m⁻³, 0.83-1.66 kg m⁻³ ve TADSS için 0.83-1.23 kg m⁻³, 0.84-1.67 kg m⁻³ olarak hesaplanmıştır.

Anahtar Kelimeler: A-sınıfı buharlaşma kabı, killi toprak, lateral derinlik, Şanlıurfa

Effect of Drip and Subsurface Drip Irrigation on Maize Yield

Abstract

A study was carried out under the conditions of Harran Plain in 2016 to compare drip irrigation system (DIS) and subsurface drip irrigation system (SDIS) that contained different irrigation applications in cultivation of maize (*Zea mays L. indendata*). The irrigation treatment [I₁ (1.5), I₂ (1.25), I₃ (1.0), I₄ (0.75), I₅ (0.5)] were determined according to Class A Pan method in both irrigation systems and optimum Class A Pan crop coefficients (K_{cp}) were investigated. The yield, the amount of irrigation water (I), the water consumption of plant (ET), the water use efficiency and the irrigation water use efficiency (WUE and IWUE) were obtained for maize. According to the irrigation water and the plant water consumption, the values of grain yield and 1000 grain yield were analyzed. As a result, the K_{cp} coefficient was determined as 1.25 for both irrigation systems. The yields were obtained to be between 698.4 and 1151.5 kg da⁻¹ by using DIS and they were obtained between 705.4 and 1157.5 kg

*Sorumlu Yazar (Corresponding Author): Gökhan İsmail Tuylu
(e-posta:gokhantuylu@harran.edu.tr)

Bu makale Harran Üniversitesi Bilimsel Araştırmalar Koordinatörlüğü (HÜBAK) tarafından desteklenen bir tez çalışması olup 16018 No'lu proje kapsamında yürütülmüştür.

da⁻¹ by using SDIS. According to the treatments, the amount of water applied by DIS and SSDIS were same and they changed between 421.5 and 1264.5 mm. The plant water consumption values were between 585.7 and 1294.6 mm according to DIS and they were between 572.5 and 1286.7 mm according to SSDIS. The water use efficiency and IWUE values were calculated as 0.82-1.19 kg m⁻³, 0.83-1.66 kg m⁻³ for DIS and 0.83-1.23 kg m⁻³, 0.84-1.67 kg m⁻³ for SSDIS respectively.

Keywords: class A pan, clay soil, lateral depth, Şanlıurfa

1. Giriş

Mısır dünyada ve ülkemizde yaygın olarak üretimi yapılan bitki deseni içerisinde yer almaktadır. Güneydoğu Anadolu Bölgesi'nde 2. ürün olarak ekilmesi yönünden önemlidir. Dünyada üretilen mısırların yaklaşık %90'ı insanların ve hayvanların beslenmesinde kullanılmaktadır. Bunun %65-70'i hayvan yemi olarak, %20'si ise direkt olarak insanlar tarafından tüketilmektedir. Geri kalan %8-10'luk kısım ise, sanayide hammadde olarak değerlendirilmektedir (Anonim, 2017).

Mısır tarımının yapılabilmesi için yıllık yağışın ortalama 600-1200 mm kadar olması gerekmektedir. Ülkemizde yıllık yağış miktarının ortalama 500-600 mm olduğu yerlerde dahi mısır yetiştirilebilmektedir. Ancak, böyle alanlarda sulama yoluyla yağış açığı giderilmelidir. Yağışların aralıklı ve önemli bir kısmının olgunlaşma devresinde olması gerekmektedir. Bu nedenle yaz yağışları mısır yetiştiriciliğinde büyük önem taşımaktadır (Şahin, 2001).

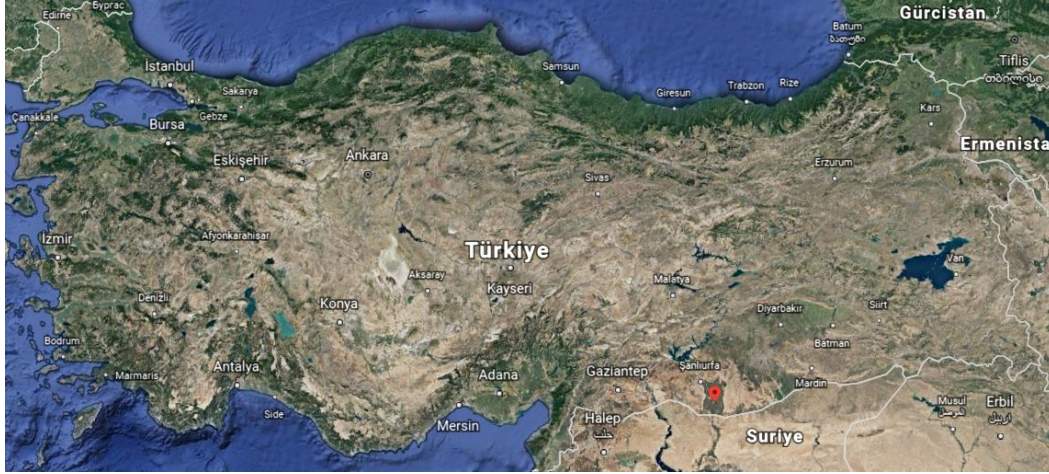
Mısırın suya önemli düzeyde ihtiyacı olduğu dönemler, püskül ve tane oluşumu dönemleridir. Su ihtiyacının karşılanmadığı durumda verimde azalmalar oluşur (Yıldırım ve ark., 1995). Mısırın sulanmasında özellikle bu dönemler gözetilerek sulama programları yapılır ve uygulanır. Kontrollü sulamanın yapılabildiği sistemler ise basınçlı sulama sistemleridir.

Basınçlı sulama sistemleri, dünyada ve ülkemizde gelişen sulama teknolojisine bağlı olarak hızla sulamada kullanılmak üzere yerini almıştır. Damla sulama sistemleri (DSS) su tasarrufu sağlayan, sulama işçiliğinde ve enerjide tasarruf sağlayan sistemlerdir. Toprak altı damla sulama sistemleri (TADSS) ise damla sulama sistemlerinin bir modifikasyonudur. Dünyada ve ülkemizde sulama konusunda her iki sulama sistemi kullanılarak yapılan bilimsel çalışmalar yaygındır. Harran Ovası koşullarında; Kırnak ve ark.(2002), biberde damla ve toprak altı damla sulama uygulamaları gerçekleştirmişlerdir. Kırnak ve ark.(2003) ve Şimşek ve Gerçek (2005) tarafından, mısır sulamasında damla sulama sistemleri kullanılmış ve su-verim ilişkileri analiz edilmiştir.

Çalışmada, Harran Ovası koşullarında, 2016 yılında, damla ve toprak altı damla sulama sistemlerinin mısırın sulanmasında kullanılabilirliklerini araştırmıştır. Verim miktarları, sulama suyu miktarı (I), bitki su tüketimi (ET), su kullanım ve sulama suyu kullanım randımanları (WUE ve IWUE) belirlenmiş ve her iki sulama sistemi için karşılaştırılmıştır. Sulama suyu ve bitki su tüketimine göre tane verim ilişkileri ve bin tane verim ilişkileri analiz edilmiştir. Bu çalışmada DSS ve TADSS koşullarında yetiştirilen mısır bitkisinin K_{cp} değeri yönünden karşılaştırılması amaçlanmıştır. Mısır konusunda çalışacak araştırmacılara, sulama koşullarının optimize edilmesi yönünden katkı sağlayacaktır.

2. Materyal ve Yöntem

Çalışma, Harran Ovası'nda Şanlıurfa sınırları içerisinde Harran Üniversitesi uygulama alanında yürütülmüştür. Harran Ovası, coğrafik konum olarak denizden yüksekliği ortalama 465 m olup $37^{\circ}08' N$ enlemi ve $38^{\circ}46' E$ boylamı arasındadır (Şekil 2.1).



Şekil 2.1. Harran Ovası'nın coğrafik konumu (Anonim, 2019)

Şanlıurfa, Güneydoğu Anadolu iklim bölgesinde yer almakla beraber, Akdeniz ikliminin uzak etkisini de kısmen göstermektedir. Yazları sıcak ve kurak, kışları ise ılık olan bir iklim özelliğine sahiptir. Çalışmanın yürütüldüğü 2016 yılında, mısırın ekim-hasat periyodu, ortalama sıcaklık değerleri $33.2-12.6^{\circ}C$ olarak gerçekleşmiştir. Deneme alanına ait bazı iklim parametreleri, 1985-2015 dönemine ait uzun yıllar ortalaması (UYO) ve 2016 yılı için, Çizelge 2.1'de sunulmuştur:

Çizelge 2.1. Deneme alanı bazı iklim parametreleri (Anonim, 2016)

İklim parametreleri		Max. Sıcaklık	Min. Sıcaklık	Ort. Sıcaklık	Nem	Rüzgâr Hızı	Güneşlenme Süresi	Yağış
Aylar	Yıl	($^{\circ}C$)	($^{\circ}C$)	($^{\circ}C$)	(%)	(m/s)	(saat)	(mm)
Haziran	2016	42.0	18.9	29.8	28.0	1.9	11.9	0.6
	U.Y.O	34.9	21.1	28.3	35.2	2.0	12.0	3.3
Temmuz	2016	43.0	20.9	33.0	25.4	1.9	12.4	0.2
	U.Y.O	39.6	25.6	33.3	29.1	1.9	12.0	0.0
Ağustos	2016	43.0	21.2	33.2	30.6	1.6	11.1	0.0
	U.Y.O	38.6	24.7	31.6	36.6	1.7	11.0	0.0
Eylül	2016	33.5	20.0	26.4	32.1	1.7	9.8	0.0
	U.Y.O	35.2	22.1	27.9	35.2	1.7	9.1	0.3
Ekim	2016	33.9	12.3	22.1	35.9	1.2	8.6	22.0
	U.Y.O	27.3	16.2	21.3	50.1	1.1	6.7	43.2
Kasım	2016	19.3	7.9	12.6	42.9	1.1	5.9	23.3
	U.Y.O	19.4	9.2	13.3	54.2	1.2	5.8	17.4

Harran Ovası toprakları ana materyali alüviyal ve derin profillidir. Profilin kireç ve potasyum oranı yüksek olup fosforca fakirdir. Toprak pH'sı 7.3-7.4 olup organik madde içeriği yüzeyden derine doğru azalan yapıdadır (% 1.20 -% 0.8) (Dinç ve ark., 1988). Deneme alanı toprakları killi bünyeli olup Harran Ovası koşullarını temsil etmektedir (Çizelge 2.2).

Çizelge 2.2. Deneme alanı toprak özellikleri (Tarı, 2015)

Derinlik (cm)	Ec (dS m ⁻¹)	TK (g g ⁻¹)	SN (g g ⁻¹)	As (g cm ⁻³)	Nem (mm)	Kil (%)	Silt (%)	Kum %	Bünye Sınıfı
0-30	1.04	32.50	22.10	1.15	35.88	56.6	20.0	23.4	C
30-60	1.07	31.40	21.20	1.40	42.84	54.6	17.0	24.4	C
60-90	1.08	29.60	22.08	1.16	26.17	62.6	17.0	21.4	C

C: Kil minerali

Bölgede sulama suyuna bağlı olarak yetiştiriciliği yapılan bitki deseni içerisinde ana ürün pamuk bitkisidir. Kışlık buğday yetiştirilen alanlarda yaz döneminde ikinci ürün olarak mısır ekilmektedir. Çalışmada, deneme materyali olarak PR32T83 mısır çeşidi kullanılmıştır.

Denemede kullanılan sulama suyu, kuyu suyu olup sulama suyu kalitesi olarak C₃S₁ özelliğindedir. Sulama suyu tuzlu ve sodyum düzeyi düşüktür. Suyun pH değeri 7.0, elektriksel iletkenlik (EC) içeriği 1080 µmhos cm⁻¹'dir (Çizelge 2.3).

Çizelge 2.3. Sulama suyunun bazı kimyasal özellikleri (Şimşek, 2015)

Elektriksel iletkenlik	Kasyonlar me l ⁻¹				Anyonlar me l ⁻¹				Ph değeri	Sulama suyu sınıfı
	Ca ⁺⁺ Mg ⁺⁺	K ⁺	Na ⁺	Top. Total	HCO ₃ ⁻	Cl ⁻	SO ⁻	Top. Total		
1080	1.98	0.02	0.25	2.25	0.90	0.60	0.75	2.25	7.0	C ₃ S ₁

Çalışmada, istatistik analizler için MİNİTAB16 paket programından yararlanılmıştır. Regresyon grafiklerinin belirlenmesinde ise EXCEL Microsoft Office programı kullanılmıştır.

Sulama suyu miktarları açık su yüzeyinden olan buharlaşma miktarı Class A Pan (A-sınıfı buharlaşma kabı) kullanılarak belirlenmiştir. Suyun ölçülü olarak uygulanmasında ise sayaç kullanılmıştır. Denemede sulama uygulamaları DSS ve TADSS kullanılarak yapılmıştır. Her iki sulama sistemi; ana boru hattı, manifold boru hattı, lateral, gübre tankı, elek filtre, manometre, sayaç ve bağlantı parçalarından oluşmaktadır. Lateraller 16 mm çapında olup 0.30 m damlatıcı aralığına sahiptir ve üzerinde 2 l h⁻¹ debili damlatıcılar bulundurmaktadır. İki sistem için de parsel hat başına 30 mm çaplı vanalar takılarak sulama suyu kontrollü uygulanmıştır. Lateraller, her bitki sırasına bir lateral gelecek şekilde 70 cm aralıklı olarak döşenmiştir. Toprak altı damla sulama sisteminde kullanılan lateral borular, toprak yüzeyinin 40 cm altına yerleştirilmiş özel tasarımı borulardır. Bu sistemde, ana hat ve manifold borular deneme alanında toprak yüzeyine yerleştirilmiştir. Toprak altı damla sulama sisteminde, lateral hattı sonunda ek bir boru ilave edilerek sistemin kontrolü ve temizlenebilmesi sağlanmıştır. Ayrıca, sistemler üzerine yerleştirilen manometreler yardımıyla işletme basınçları izlenmiştir.

Araştırma, tesadüf blokları bölünmüş parseller deneme deseninde 3 tekerrürlü olarak yürütülmüştür. Deneme parselleri, 3.50×3.00 m boyutlu (10.5 m²) olup mısır tohumları her bir sıra üzerinde, 13 adet bitki olacak şekilde, 5 sıralı ekilmiştir. Bitki sıra üzeri mesafe 18 cm,

sıra arası mesafe ise 70 cm'dir. Sulama suyu miktarları Class A Pan buharlaşma kabına göre I_1 (1.5), I_2 (1.25), I_3 (1.0), I_4 (0.75), I_5 (0.5) olarak belirlenmiş ve DSS ve TADSS kullanılarak uygulanmıştır.

Çalışmada, günlük buharlaşma miktarının belirlenmesinde açık su yüzeyinden olan buharlaşma esasına dayalı yöntem kullanılmıştır. Deneme alanının ortasına yerleştirilen Class A Pan buharlaşma kabı yardımıyla günlük buharlaşma miktarları ölçülmüştür (Kırnak ve ark., 2003; Şimşek ve Gerçek, 2005). Ölçümler her gün 17.00' da yapılmıştır. Buharlaşma kabı 5 günde bir temizlenmiştir. Çalışmada DSS ve TADSS ile uygulanacak sulama suyu miktarları (I) Class A Pan' dan ölçülen buharlaşma miktarı değerlerine bağlı olarak belirlenmiştir. Sulama suyunun miktarının hesaplanması, Kanber (1984)'e göre yapılmıştır. Uygulanacak sulama suyu miktarlarının belirlenmesinde aşağıdaki eşitlik kullanılmıştır:

$$I = A \times K_{cp} \times E_p \times P$$

Eşitlikte kullanılan ifadeler;

E_p : Class A Pan 'dan olan buharlaşma (mm),
 I : Uygulanacak sulama suyu miktarı (l),
 A : Pan kabı alanı (m²),
 P : Islatma alanı yüzdesi (Yıldırım, 2013),
 K_{cp} : Pan katsayısı.

Deneme konularına uygulanan sulama suyu ve yağışlar kaydedilerek, bitki su tüketimi (evapotranspirasyon) değerleri su bütçesi eşitliği yardımıyla hesaplanmıştır (James, 1988). Derine sızma ve yüzey akış miktarlarının ihmal edilebilecek düzeyde olduğu (Demirel, 2012) kabul edilerek aşağıdaki eşitlik yardımıyla hesaplanmıştır:

$$ET = I + P - D - R \pm \Delta S$$

Eşitlikte kullanılan ifadeler;

ET: Bitki su tüketimi (mm),
 I : Sulama suyu (mm),
 P : Yağış (mm),
 D : Derine sızma (mm),
 R : Yüzey akış (mm),
 ΔS : Bitki kök bölgesindeki su depolama farkı (mm)'ni ifade etmektedir.

Tane verimi (kg da⁻¹); her parselden elde edilen tane verimlerinin dekadaki verime çevrilmesiyle elde edilmiştir. Bin tane ağırlığı (g); her parselden rastgele alınan koçanlardan (5 adet) elde edilen tanelerin, (4×100)'e göre sayılıp tartılması ve 2.5 katsayısı ile çarpılmasıyla hesaplanmıştır (Şimşek ve Gerçek, 2005).

Su kullanım randımanı, sulama yöntemlerinin karşılaştırılmasında ve sulama programlarının değerlendirilmesinde kullanılan ölçütlerden birisidir (Tanner ve Sinclair, 1983). Ele alınan farklı sulama konuları ve sulama suyu kısıntılarının karşılaştırılarak en uygun sulama programının belirlenmesinde su kullanım ve sulama suyu randımanları değerlerinden yararlanılmıştır. Sudan yararlanma oranı olarak da ifade edilen su kullanım randımanı değerleri, her bir sulama konusuna ait elde edilen verimlerin, mevsimlik bitki su tüketimine

oranı olarak ifade edilmektedir. Bu çalışmada su kullanım randımanı aşağıda verilen eşitlik kullanılarak hesaplanmıştır (Howell ve ark., 1990).

$$WUE = E_y \times ET^{-1}$$

Eşitlikte kullanılan ifadeler;

WUE : Su kullanım randımanı ($kg\ m^{-3}$),

E_y : Verim ($kg\ da^{-1}$),

ET : Mevsimlik bitki su tüketimi (mm).

$$IWUE = E_y \times I^{-1}$$

Eşitlikte;

IWUE = Sulama suyu kullanma randımanı ($kg\ m^{-3}$),

I = Mevsimlik sulama suyu miktarı (mm).

Deneme alanında kùltivatörle 10-15 cm'lik derinlikte bir sürüm yapılmıştır. Daha sonra diskaro ile kesekler ufalandıktan sonra tapan çekilerek düzgün bir tohum yatağı hazırlanmıştır. Toprak hazırlığı sonrası deneme desenine göre parselasyon işlemi yapılmıştır. Parselasyon işlemi; sıra arası 70 cm, sıra üzeri 18 cm ve ekim derinliği 5-6 cm olacak şekilde düzenlenmiş ve 20 Haziran'da elle ekim işlemi yapılmıştır. Toprak hazırlığı sırasında 3-5 ton da^{-1} yanmış ahır gübresi, dikimle birlikte hesaplanan fosforlu gübrenin tamamı ve azotlu gübrenin yarısı uygulanmıştır. Azotlu gübrenin diğer yarısı ise ilk sulamadan önce verilmiştir. Deneme süresince, parsellerde gelişen yabancı otlar traktör ve el çapası ile sonraki dönemlerde parsel ve blok aralarında gelişen yabancı otlar ise el çapası ile temizlenmiş, ayrıca hastalık ve zararlıların denemenin sağlıklı yürütülmesini engelleyecek düzeyde zarar vermesi engellenmiştir. Başta koçan kurdu olmak üzere yaprak biti gibi zararlılara karşı kimyasal mücadele uygulanmıştır.

Tohum ekim işleminden 10 gün sonra mısır bitkilerinin çıkışı görülmüştür. Parselasyon işleminden önce bitki kök bölgesinin havalanması amacıyla bitki boyu 10-15 cm'ye ulaştığında, birinci çapa yapılmış, sonra sıra üzeri 18 cm olacak şekilde el ile seyreltme yapılmıştır. Bitkiler 8-10 yapraklı olduğunda ikinci çapa ve boğaz doldurma işlemi yapılmıştır. Son olarak, hasattan önce kenar tesirleri çıkarılarak 15 Kasım 2016 tarihinde el ile hasat yapılmıştır.

3. Bulgular ve Tartışma

3.1.Sulama Suyu Miktarlarına İlişkin Sonuçlar

Mısır tohumunun ekiminden deneme başlangıç tarihine kadar geçen periyotta (20 Haziran -15 Temmuz) her deneme parseline toplam 76 mm sulama suyu uygulanmıştır. Çalışmada, deneme konularının sulanmasına 15 Temmuz'da başlanmış ve 4 gün ara ile yapılmıştır. Damla sulama sistemi ve TADSS ile uygulanan sulama suyu miktarları aynı olup 1264.5 mm ile 421.5 mm arasında değişmiştir En fazla sulama suyu I_1 konusunda ($K_{cp}=1.5$), en az sulama suyu ise I_5 ($K_{cp}=0.50$) konusunda uygulanmıştır (Çizelge 3.1).

Çizelge 3.1. Konulara göre, sulama suyu miktarları (mm)

Sulama suyu miktarı	Konular				
	I ₁	I ₂	I ₃	I ₄	I ₅
	1264.5	1053.8	843.0	632.3	421.5

Kırnak ve ark. (2003), ardışık yıllar için mısırdaki 1215 mm ve 1295 mm sulama suyu uygulamışlardır. Şimşek ve Gerçek (2005) tarafından yapılan çalışmada, damla sulama ile gerçekleştirilen mısır sulanmasında sırasıyla; ilk yıl 814-1116 mm ve ikinci yıl 843-1206 mm sulama suyu miktarı uygulanmıştır.

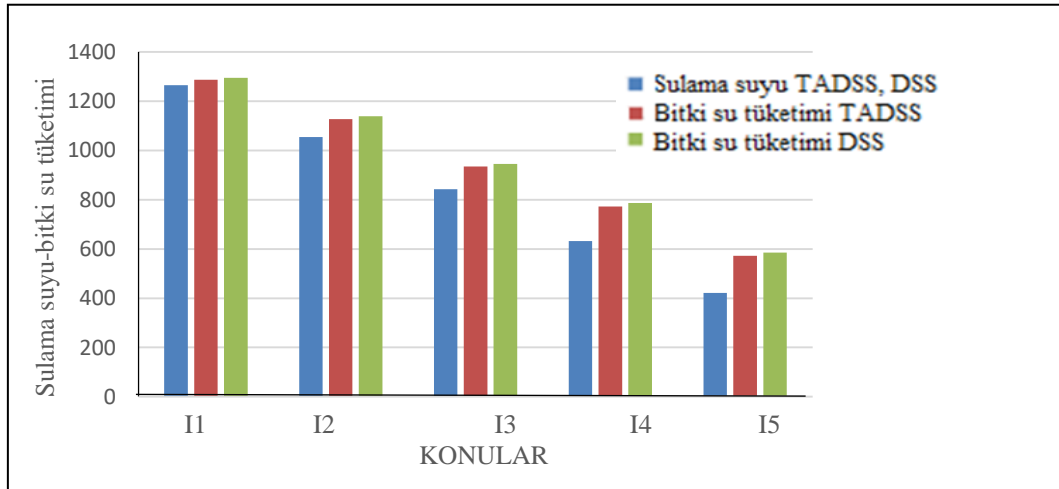
3.2. Bitki Su Tüketimine İlişkin Sonuçlar

Damla sulama sistemi, bitki su tüketim değerleri ise sırasıyla; 1294.6, 1138.6, 945.1, 787.1 ve 585.7 mm olarak hesaplanmıştır. Damla sulama sisteminde en fazla bitki su tüketim I₁ konusunda, en az bitki su tüketimi ise I₅ konusunda gerçekleşmiştir. Toprak altı damla sulama sistemi bitki su tüketim değerleri sırasıyla; 1286.7, 1127.3, 934.3, 772.2 ve 572.5 mm olarak hesaplanmıştır. Toprak altı damla sulama sisteminde en fazla bitki su tüketimi I₁ konusunda, en az bitki su tüketimi ise I₅ konusunda gerçekleşmiştir (Çizelge 3.2). Toprak altı damla sulama sistemi konularındaki bitki su tüketim değerleri DSS konularındaki bitki su tüketim değerlerine oranla daha az bulunmuştur (Şekil 3.1).

Çizelge 3.2. Sulama sistemlerine göre belirlenen bitki su tüketimi miktarları (mm)

Sulama Sistemleri	Deneme Konuları				
	I ₁	I ₂	I ₃	I ₄	I ₅
DSS	1294.6	1138.6	945.1	787.1	585.7
TADSS	1286.7	1127.3	934.3	772.1	572.5

Kırnak ve ark. (2003) tarafından, DSS ile gerçekleştirilen sulama uygulamalarında mısırın su tüketimini farklı yıllar için sırasıyla; 1320 mm, 1435 mm olarak belirlenmiştir. Şimşek ve Gerçek (2005) tarafından yapılan çalışmada ise mısırın bitki su tüketimi ardışık yıllar için sırasıyla; 909-1224 mm ve 923-1160 mm olarak elde edilmiştir.



Şekil 3.1. DSS ve TADSS'ne göre mısırın bitki su tüketimi (mm)

3.3. Mısır (*Zea mays L. intendata*)'ın Verim Miktarına İlişkin Sonuçlar

Çalışmada farklı sulama uygulamalarına göre verim değerleri DSS'de 698.4-1055.2 kg da⁻¹, TADSS'de 705.4-1065.4 kg da⁻¹ olarak bulunmuştur. Farklı sulama sistemlerinin ve sulama düzeylerinin tane verimi üzerine etkileri incelendiğinde; sulama düzeyi konularında istatistiksel açıdan 0.01 önem düzeyinde bir farklılık bulunmuştur (Çizelge 3.3). Verim sonuçlarına bağlı olarak, mısırın yetiştirilmesinde her iki sulama sistemi için Kcp katsayısı 1.25 olarak belirlenmiştir.

Çizelge 3.3. Mısır tane verimi varyans analizi

Varyasyon Kaynağı	Serbestlik Derecesi	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F	P
Sulama sistemi	1	1822	1822	1.12	0.302
Sulama sistemi * Sulama Düzeyi	4	215	54	0.03	0.998
Sulama Düzeyi	4	559615	139904	86.18**	0.000
Hata	20	32467	1623		

*: %5 düzeyinde önemli, **: %1 düzeyinde önemli

Konular arasındaki farklılıklar ise Duncan one-way ANOVA testine göre değerlendirilmiştir (Çizelge 3.4). Tane verimi, sulama düzeyleri bakımından 705.9 kg da⁻¹ ile 1154.5 kg da⁻¹ arasında değişmiştir. Sulama düzeylerinde en yüksek tane verimi TADSS'de 1157.5 kg da⁻¹ ile I₂ konusunda bulunurken, en düşük tane verimi DSS'de 698.4 kg da⁻¹ ile I₅ konusundan elde edilmiştir. Sulama sistemleri arasında tane verimi ortalaması DSS'de 942.3 kg da⁻¹ ve TADSS'de 962.2 kg da⁻¹ olarak belirlenmiştir.

Çizelge 3.4. Duncan'a göre tane verim miktarının gruplandırılması (kg da⁻¹)

Sulama Sistemleri	Sulama Düzeyleri					Ort.
	I ₁	I ₂	I ₃	I ₄	I ₅	
TADSS	1065.4 ab	1157.5 a	998.7bc	883.8 c	705.4de	962.2 A
DSS	1055.2 b	1151.5 a	942.4bc	864.2cd	698.4e	942.3 A
Ort.	1060.3 B	1154.5 A	970.6 C	874.0 CD	701.9D	

Not: Farklı harflerle gösterilen konu ortalamaları arasındaki fark önemlidir.

Kırnak ve ark. (2003), farklı sulama uygulamalarına göre mısırdaki tane verimini 1294 kg da^{-1} - 405 kg da^{-1} olarak belirlemişlerdir. Öktem ve Öktem (2009), mısır genotiplerinin çoğunda 1200 kg da^{-1} 'in üzerinde tane verimi elde etmişlerdir.

Çalışmada farklı sulama uygulamalarına göre bin tane ağırlığı; DSS'de 301.2 - 195.7 g , TADSS'de ise 302.9 - 196.5 g olarak bulunmuştur. Farklı sulama sistemlerinin ve sulama düzeylerinin bin tane ağırlığı üzerine etkileri incelendiğinde; sulama düzeyi konularında istatistiksel açıdan 0.01 önem düzeyinde farklılık bulunmuştur (Çizelge 3.5).

Çizelge 3.5. Mısırın bin tane ağırlığına ilişkin varyans analiz sonuçları

Varyasyon Kaynağı	Serbestlik Derecesi	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F	P
Sulama sistemi	1	32.0	32.0	0.06	0.815
Sulama sistemi * Sulama Düzeyi	4	8.2	2.1	0.00	1.000
Sulama Düzeyi	4	44696.8	11174.2	19.57**	0.000
Hata	20	11418.1	570.9		

*: %5 düzeyinde önemli, **: %1 düzeyinde önemli

Bin tane ağırlığının sulama düzeyleri bakımından 196.1 g ile 302.0 g arasında değişim gösterdiği belirlenmiştir. Sulama düzeylerinde en düşük bin tane ağırlığı DSS'de 195.7 g bulunurken, en yüksek bin tane ağırlığı TADSS'de 302.9 g olarak elde edilmiştir. Sulama sistemleri arasında bin tane ağırlığı ortalama DSS'de 256.3 g ve TADSS'de 258.3 g olarak belirlenmiştir. Konular arasındaki farklılıklar ise Duncan'a göre belirlenmiştir (Çizelge 3.6).

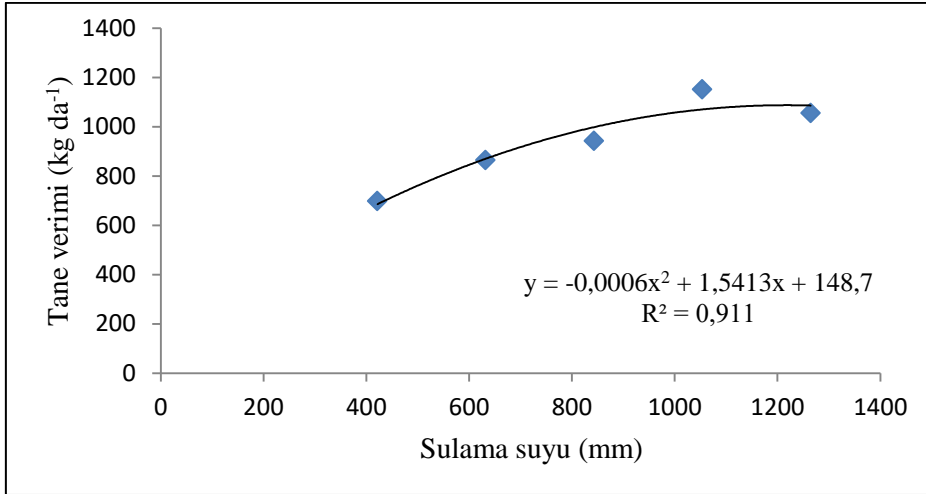
Çizelge 3.6. Duncan'a göre bin tane ağırlık değerlerinin göre gruplandırılması (g)

Sulama Sistemleri	Sulama Düzeyleri					Ort.
	I ₁	I ₂	I ₃	I ₄	I ₅	
TADSS	290.6 ab	302.9 a	267.5 ab	234.2 abc	196.5 c	258.3 A
DSS	288.9 ab	301.2 ab	263.5 abc	232.2 bc	195.7 c	256.3 A
Ort.	289.8 A	302.0 A	265.5 AB	233.2 BC	196.1 C	

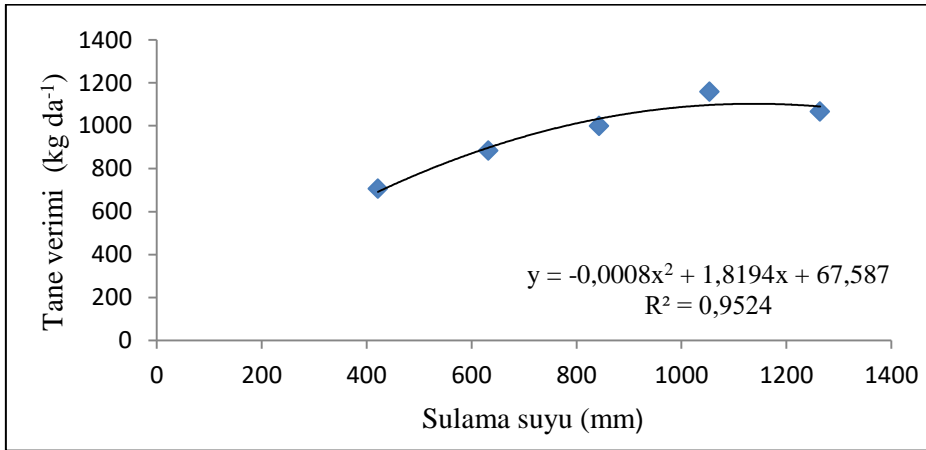
Özcan (2010) tarafından, farklı mısır çeşitlerine göre bin tane ağırlığı en fazla 338 g ve en az 268 g olarak elde edilmiştir. Bin tane ağırlığı, Öktem ve Toprak (2013) tarafından 397.5 - 533.3 g , Durmuş (2015) tarafından ise, 286.2 - 336.7 g olarak belirlenmiştir.

3.3.1. Sulama Suyu-Tane Verimi İlişkisi

Tane verimi ile uygulanan sulama suyu miktarları arasındaki ilişkileri tanımlayan su verim fonksiyonları incelenmiş ve aralarındaki ilişkiler belirlenmiştir (Şekil 3.2 ve 3.3). Sulama suyu miktarı artışına bağlı olarak tane verimi artmıştır. Ancak sulama suyunun miktarındaki artış belli bir seviyeden sonra tane veriminde azalmaya neden olmuştur. Çalışmada en fazla tane verimi, DSS ve TADSS için I₂ sulama konusunda elde edilmiştir. Kara (2011) ve Okay ve Yazgan (2016)'a göre, sulama suyu ile mısırın tane verimi doğrusal ilişkilidir.



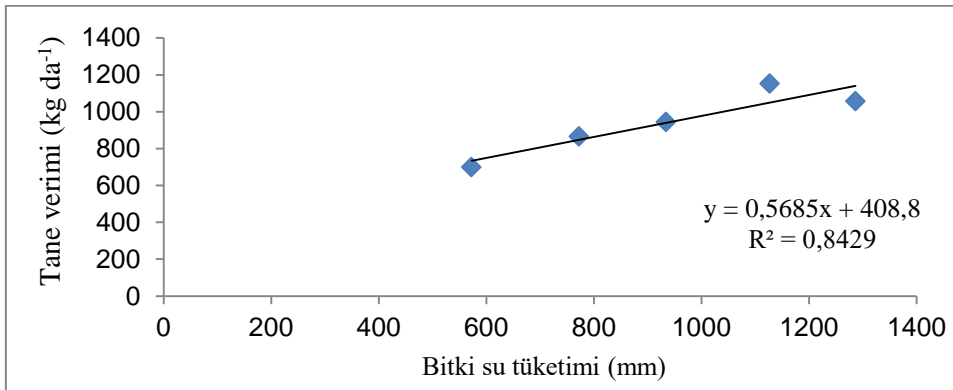
Şekil 3.2. DSS'e göre sulama suyu-tane verimi ilişkisi



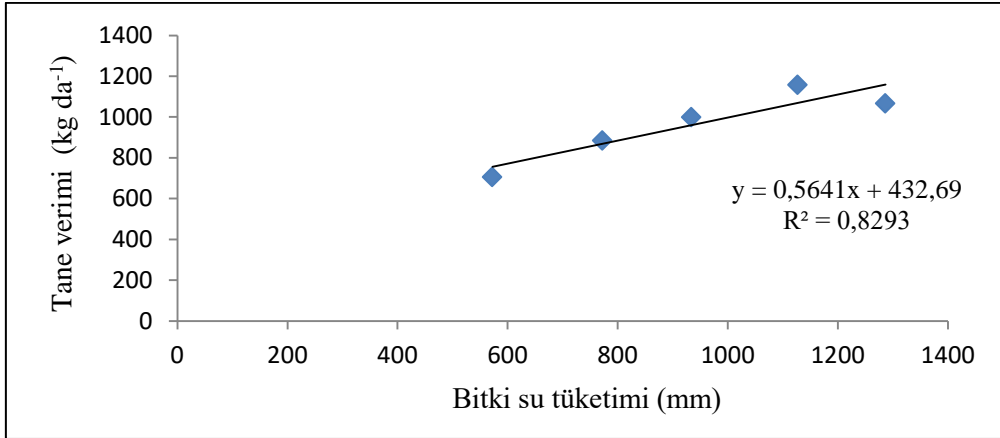
Şekil 3.3. TADSS'e göre sulama suyu-tane verimi ilişkisi

3.3.2. Bitki Su Tüketimi-Tane Verimi İlişkisi

Damla sulama sistemi ve toprak altı damla sulama sistemine göre, tane verimi ile mısırın su tüketimi arasındaki ilişkiler belirlenmiştir (Şekil 3.4 ve 3.5). Bitki su tüketimi ve mısırın tane verimi her iki sulama sistemi için doğrusal ilişkili olarak elde edilmiştir. Kara (2011) ve Okay ve Yazgan (2016)'e göre de damla sulama uygulamaları için tane verimi ve bitki su tüketimi doğrusal ilişkilidir.



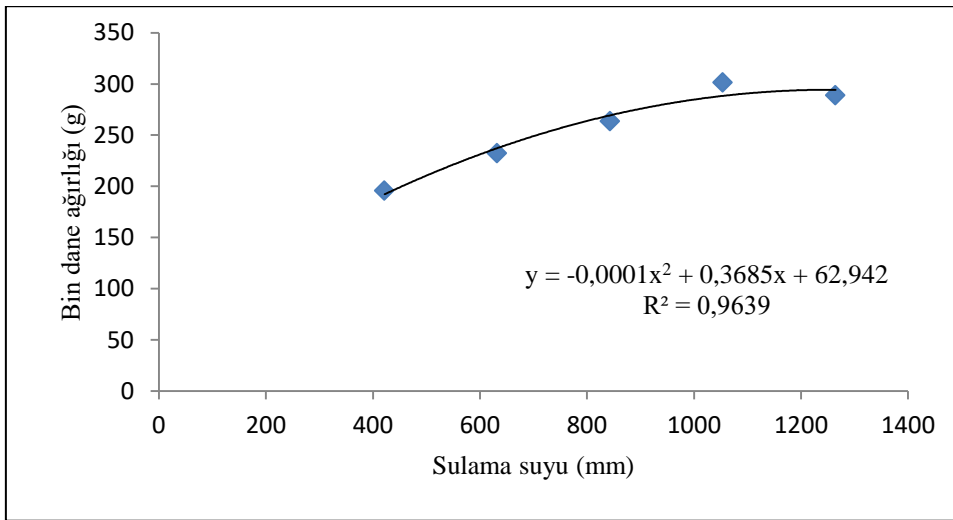
Şekil 3.4. DSS'e göre bitki su tüketimi- tane verimi ilişkisi



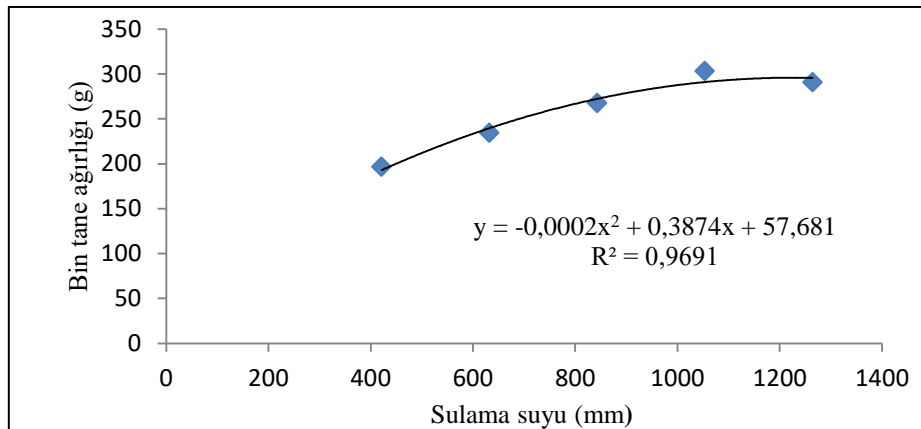
Şekil 3.5. TADSS'e göre bitki su tüketimi-tane verimi ilişkisi

3.3.3. Sulama Suyu-Bin Tane Ağırlığı İlişkisi

Her iki sulama sistemi için bin tane ağırlığı ve sulama suyu ilişkisi saptanmıştır. Sulama suyu miktarı ile mısırın bin tane ağırlığı arasında regresyon olarak güçlü bir ilişki (DSS; R² = 0,9639 ve TADSS; R² = 0,9691) gözlemlenmiştir (Şekil 3.6 ve 3.7). Kara (2011), mısır için bin tane ağırlığı-sulama suyu ilişkisini istatistiksel yönden önemli (P<0.05) bulmuştur.



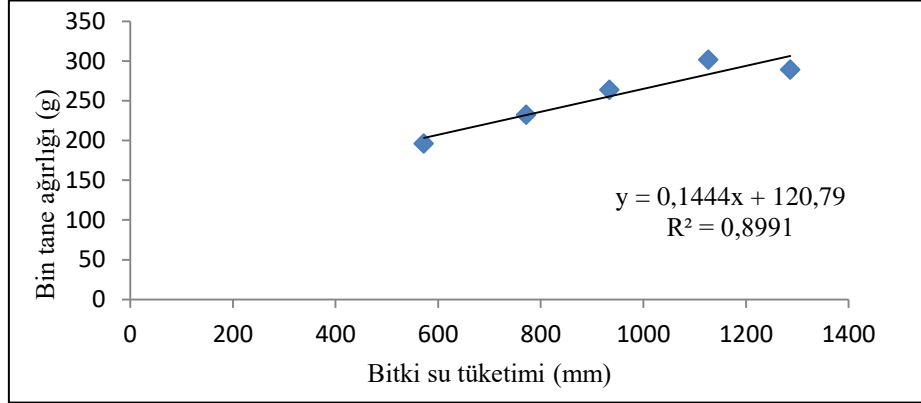
Şekil 3.6. DSS'e göre sulama suyu- bin tane ağırlığı ilişkisi



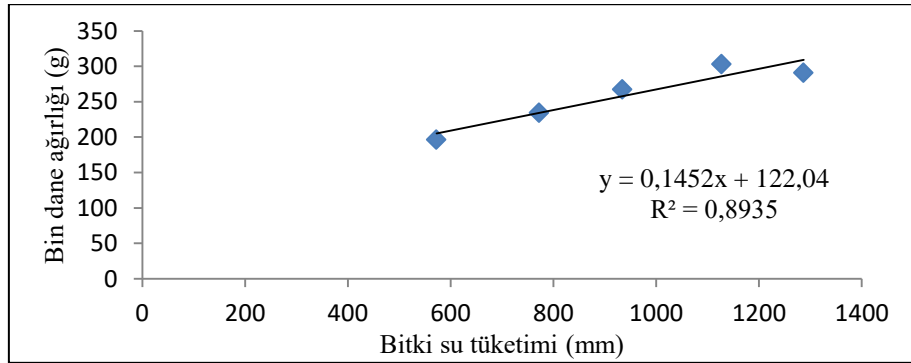
Şekil 3.7. TADSS'e göre sulama suyu-bin tane ağırlığı ilişkisi

3.3.4. Bitki Su Tüketimi - Bin Tane Ağırlığı İlişkisi

Damla sulama sistemi ve toprak altı damla sulama sistemine göre bin tane ağırlıkları ile bitki su tüketimi arasındaki ilişkiler tanımlanmıştır. Her iki sulama sistemi için parametreler arasında doğrusal bir ilişki mevcuttur (Şekil 3.8 ve 3.9). Kara (2011), mısırın bin tane ağırlığı ile bitki su tüketimi arasındaki ilişkiyi istatistiksel olarak önemli ($P < 0.05$) bulmuştur.



Şekil 3.8. DSS'e göre bin tane ağırlığı – bitki su tüketimi ilişkisi



Şekil 3.9. TADSS'e göre bin tane ağırlığı–bitki su tüketimi ilişkisi

3.4. Su Kullanım ve Sulama Suyu Kullanım Randımanı

Damla sulama sistemi konularına ilişkin su kullanım randımanı $0.82-1.19 \text{ kg m}^{-3}$, sulama suyu kullanım randımanları ise $0.83-1.66 \text{ kg m}^{-3}$ olarak bulunmuştur (Çizelge 3.7). Toprak altı damla sulama sistemine göre ise; su kullanım randımanı $0.83-1.23 \text{ kg m}^{-3}$, sulama suyu kullanım randımanı $0.84-1.67 \text{ kg m}^{-3}$ olarak elde edilmiştir (Çizelge 3.8). Şimşek ve Gerçek (2005), sulama suyu kullanım randımanını $1.43-1.22 \text{ kg m}^{-3}$, su kullanım randımanını ise $1.02-1.13 \text{ kg m}^{-3}$ olarak belirlemişlerdir

Çizelge 3.7. DSS'e göre su kullanım ve sulama suyu randımanları

Konular	I (mm)	ET (mm)	Verim (kg/da)	IWUE (kg m^{-3})	WUE (kg m^{-3})
I ₁	1264.5	1294.6	1055.2	0.83	0.82
I ₂	1053.8	1138.6	1151.5	1.09	1.01
I ₃	843	945.1	942.4	1.12	1.00
I ₄	632.3	787.1	864.2	1.37	1.10
I ₅	421.5	585.7	698.4	1.66	1.19

Çizelge 3.8. TADSS'e göre su ve sulama suyu kullanım randımanları

Konular	I (mm)	ET (mm)	Verim (kg da ⁻¹)	IWUE (kg m ⁻³)	WUE (kg m ⁻³)
I ₁	1264.5	1286.7	1065.4	0.84	0.83
I ₂	1053.8	1127.3	1157.5	1.10	1.03
I ₃	843	934.3	998.7	1.18	1.07
I ₄	632.3	772.2	883.8	1.40	1.14
I ₅	421.5	572.5	705.4	1.67	1.23

4. Sonuç

Harran Ovası'nda damla ve toprak altı damla sulama sistemleriyle uygulanan farklı sulama düzeylerine göre yetiştirilen mısırın verimi belirlenmiş, sulama suyu ve bitki su tüketimine göre tane verim ve bin tane verim ilişkileri elde edilmiştir. Su kullanım ve sulama kullanım randımanı hesaplanmıştır. Çalışmada; DSS ve TADSS kullanılarak, 4 gün ara ile, açık su yüzeyi buharlaşmasına bağlı olarak her bir sistem için 5 farklı sulama suyu miktarı; I₁ (1.5), I₂ (1.25), I₃ (1.0), I₄ (0.75), I₅ (0.5) uygulanmıştır. Damla sulama sistemi ve TADSS uygulama konularına göre en yüksek verim I₂ konusundan elde edilmiştir. Her iki sulama sistemi için K_{cp} katsayısı 1.25 olarak önerilmiştir. Damla sulama sistemi ile elde edilen verim miktarları 698.4 kg da⁻¹ ile 1151.5 kg da⁻¹ arasında, TADSS ile elde edilen verim miktarları ise 705.4 kg da⁻¹ ile 1157.5 kg da⁻¹ arasında elde edilmiştir. Her iki sistem arasında verim yönünden istatistiksel olarak bir farka rastlanmamıştır. Damla sulama sistemi ve TADSS ile uygulanan sulama suyu miktarları, konulara göre aynı olup 421.5 ile 1264.5 mm arasında değişiklik göstermiştir. Damla sulama sistemine göre ET değerleri; 585.7 ile 1294.6 mm arasında, TADSS'ye göre 572.5 ile 1286.7 mm arasındadır. Damla sulama sistemi konularında, TADSS konularına oranla daha yüksek bitki su tüketimi elde edilmiştir. Su kullanımı ve IWUE değerleri DSS için sırasıyla; 0.82-1.19 kg m⁻³, 0.83-1.66 kg m⁻³ ve TADSS için; 0.83-1.23 kg m⁻³, 0.84-1.67 kg m⁻³ olarak hesaplanmıştır. En yüksek WUE ve IWUE değeri TADSS'nin I₅ konusunda elde edilirken, en düşük değerler DSS'de I₁ konusundan elde edilmiştir. Çalışmadaki bulgular doğrultusunda, mısır bitkisinin sulanmasında, her iki sulama sisteminin kullanılabilmesi yetiştiricilere önerilmektedir. Aynı zamanda, mısır bitkisi üzerine her iki sulama sistemi için belirlenen Class A-Pan katsayısı diğer araştırmacılara katkı sağlayacaktır.

Teşekkür

Çalışma, Harran Üniversitesi Bilimsel Araştırmalar Koordinatörlüğü (HÜBAK) tarafından desteklenen bir tez çalışması olup 16018 No'lu proje kapsamında yürütülmüştür. Ekonomik desteklerinden dolayı teşekkürlerimizi sunarız.

Kaynakça

- Anonim, 2016. İklim Değerleri, Şanlıurfa Meteoroloji Bölge Müdürlüğü Şanlıurfa.
- Anonim, 2017. Mısır Tarımı. 7 Haziran 2017, www.http.arastirma.tarim.gov.tr
- Anonim, 2019. Harran Ovası 06 Mayıs 2019, <https://earth.google.com/web/search/>
- Demirel K., 2012. Toprak Altına Serilen Su Tutma Bariyerlerinin (stb) Toprak Su İçeriği ve Çim Bitkisi Gelişimi Üzerine Etkileri. ÇOMÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Toprak Anabilim Dalı, Doktora Tezi. 109 s.
- Dinç U., Şenol S., Sayın M., Kapur S., Güzel N., Derici R., Yeşilsoy M. Ş., Yeğencil İ., Sarı M., Kaya Z., Aydın M., Kettaş F., Berkman A., Çolak A. K., Yılmaz K., Tunçgöğüs B., Çavuşgil V., Özberk H., Gülüt K. Y., Karaman C., Dinç O., Öztürk N., Kara E.E., 1988. Güneydoğu Anadolu Bölgesi Toprakları. (GAT): I. Harran Ovası. TÜBİDAK Tarım ve Ormancılık Araştırma Grubu GÜDÜMLÜ Araştırma Projesi Kesin Raporu. TOAG, Proje No: 534, Adana.
- Durmuş E., 2015. Bazı Mısır Çeşitlerinin Tarla Koşullarında Su Kullanım Etkinliklerinin Belirlenmesi ve İlişkili Fizyolojik Parametrelerin İncelenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Ege Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İzmir.
- Howell T. A., Cuenca R. H., Solomon K. H., 1990. Crop Yield Response. Management of Farm Irrigation Systems. ASAE, 2p.
- James L.G., 1988, Principles of Farm Irrigation Systems Design. John Wiley and Sons. Inc. New York, 543s.
- Kanber R., 1984. Çukurova Koşullarında Açık Su Yüzeyi Buharlaşmasından Yararlanarak Birinci ve İkinci Ürün Yarfıstığının Sulanması Bölge Topraksu Arşt. Enst. Yay. 114 (64), Tarsus, 93.
- Kara S., 2011. Konya Ekolojik Koşullarında Damla Sulama Yöntemi ile Sulanan Mısır Bitkisinde Su-Verim İlişkileri. Selçuk Üniversitesi, Yüksek Lisans Tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Konya.
- Kırnak H., Kaya C., Değirmenci V., 2002. Growth and Yield Parameters of Bell Peppers with Surface and Subsurface Drip Irrigation Systems Under Different Irrigation Levels. Atatürk Üniversitesi, Ziraat Fakültesi Dergisi, 33 (4): 383-389.

- Kırnak H., Gençođlan C., Değirmenci V., 2003. Harran Ovası Koşullarında Kısıntılı Sulamanın II. Ürün Mısır Verimine ve Bitki Gelişimine Etkisi. Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 34(2): 117-123.
- Okay D., Yazgan S., 2016. Farklı Su Uygulama Düzeylerinin Mısır Bitkisi Verimi Üzerine Etkisi. Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 30(1): 1-1
- Öktem A., Öktem A.G., 2009. Bazı At dişi Hibrit Mısır (*Zea mays L. indentata*) Genotiplerinin Harran Ovası Koşullarında Performanslarının Belirlenmesi. Harran Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 13(2): 49-58.
- Öktem A., Toprak A., 2013. Çukurova Koşullarında Bazı Atdişi Mısır (*Zea Mays L. indentata*) Genotiplerinin Verim ve Morfolojik Özelliklerinin Belirlenmesi. Harran Tarım ve Gıda Bilimleri Dergisi, 17(4): 15-24.
- Özcan G., 2010. Mısır Çeşitlerinin Kısıntılı Su Uygulamalarına Tepkilerinin Belirlenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Selçuk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Konya.
- Şahin S., 2001. Türkiye’de Mısır Ekim Alanlarının Dağılışı ve Mısır Üretimi, Gazi Üniversitesi Gazi Eğitim Fakültesi Dergisi, 21(1): 73-90.
- Şimşek M., 2015. Harran Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarımsal Yapılar ve Sulama Bölümü Yaz Stajı Ders Notları (basılmamış), Şanlıurfa.
- Şimşek M., Gerçek S., 2005. Yarı Kurak Koşullarda Damla Sulamada Farklı Sulama Aralıklarının Mısır Bitkisinin (*Zea mays L. indentata*) Su Verim İlişkilerine Etkisi. Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 36(1): 77-82.
- Tanner O.B., Sinclair T.R., 1983. Efficient Water Use in Crop Production; Research Limitation to Efficient Water Use in Crop Production. ASA; CSSA, SSSA Pub., pp. 1-25, Madison, Wiskonsin.
- Tarı A.F., 2015. Deneme Alanı Topraklarının Bazı Fiziksel ve Kimyasal Özellikleri. Harran Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarımsal Yapılar ve Sulama Bölümü. Yaz Stajı Ders Notları (basılmamış), Şanlıurfa.
- Yıldırım O., Kodal S., Selenay M.F., Yıldırım E., 1995. Kısıntılı Sulamanın Verime Etkisi, 5. Ulusal Kültürteknik Kongresi Bildirileri Kitabı, Antalya, 347-365.

Yıldırım O., 2013. Sulama Sistemlerinin Tasarımı. Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları, yayın no: 1594, Ders kitabı: 546, 367s, Ankara.