

Yüzey Altı Damla Sulama Yöntemi İle Sulanan Silajlık Mısırdaki (*Zea mays L.*) Kısıtlı Su Uygulamalarının Verim ve Kalite Üzerine Etkileri

Fatoş Güllü ÇELEBİ¹, Mevlüt TÜRK*¹

Ziraat Fakültesi Dergisi,
Cilt 16, Sayı 2,
Sayfa 207-213, 2021

Journal of the Faculty of Agriculture
Volume 16, Issue 2,
Page 207-213, 2021

Özet: Bu araştırma, kısıtlı su uygulamalarının silajlık mısırdaki verim ve kalite parametreleri üzerine etkisini belirlemek amacıyla 2017 yılında Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi Ziraat Fakültesi, Eğitim, Araştırma ve Uygulama Çiftliği'nde yürütülmüştür. Çalışmada silajlık mısıra altı farklı sulama konusu (I₁₅₀, I₁₂₅, I₁₀₀, I₇₅, I₅₀ ve I₂₅) uygulanmıştır. Sulama uygulamaları yüzey altı damla sulama sistemi kullanılarak yapılmıştır. Deneme tesadüf blokları deneme desenine göre 3 tekrarlamalı olarak yürütülmüştür. Araştırmada bitki boyu, sap kalınlığı, ilk koçan yüksekliği, koçan uzunluğu, sap oranı, yaprak oranı, koçan oranı, yeşil ot verimi, kuru ot verimi, ham protein oranı, ham protein verimi, ADF ve NDF oranları belirlenmiştir. Varyans analiz sonuçlarına göre, kısıtlı sulama uygulamalarının incelenen tüm özellikler üzerine etkisinin istatistiki olarak önemli olduğu belirlenmiştir. Araştırma sonuçlarına göre uygulanan su miktarı arttıkça bitki boyu, sap kalınlığı, ilk koçan yüksekliği, koçan uzunluğu, sap oranı, yeşil ot verimi, kuru madde verimi, ham protein verimi, ADF, NDF oranları artarken, koçan oranı ve ham protein oranında azalmalar olduğu tespit edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Toprak altı damla sulama, silajlık mısır, kısıtlı su uygulaması, verim

The Effects of Deficit Irrigations on Yield and Quality of Silage Corn (*Zea mays L.*) Irrigated with The Subsurface Drip Irrigation Method

Abstract: This study was conducted to determine the effects of deficit irrigations on yield and quality parameters of the silage corn at Isparta University of Applied Sciences, Faculty of Agricultural, Education, Research and Application Farm in 2017. In this research, six different irrigation subjects (I₁₅₀, I₁₂₅, I₁₀₀, I₇₅, I₅₀ and I₂₅) were applied to silage corn. Irrigation applications were made using subsurface drip irrigation system. The experiment was conducted with 3 replications according to randomized block design. Plant height, stalk thickness, first cob height, cob length, stalk ratio, leaf ratio, cob ratio, green yield, hay yield, crude protein ratio, crude protein yield, ADF and NDF ratios were determined in this research. According to the analysis of variance, the effect of deficit irrigation application on all investigated features except leaf ratio were statistically significant. According to results, as the amount of water applied increased, plant height, stalk thickness, first cob height, cob length, stalk ratio, green yield, hay yield, crude protein yield, ADF and NDF ratios increased, cob ratio and crude protein ratio decreased.

*Sorumlu yazar (Corresponding author)
mevlutturk@isparta.edu.tr

Alınış (Received): 04/10/2021
Kabul (Accepted): 15/11/2021

¹Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi,
Ziraat Fakültesi, Tarla Bitkileri Bölümü
Isparta, Türkiye.

Keywords: Subsurface drip irrigation, silage corn, deficit irrigations, yield

1. Giriş

Mısır, ülkemizde buğday ve arpadan sonra en çok üretilen tahıldır. Türkiye'de 2019 yılında 640 bin ha alanda 6 milyon ton tane mısır, 507 bin ha alanda 26 milyon ton silajlık mısır üretimi gerçekleşmiştir (TUIK, 2019). 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. Ayrıca mısır bitkisinin yetişme dönemi boyunca istediği su miktarı diğer tahıllardan farklıdır. Yağışların aralıklı olması ve önemli bir kısmının olgunlaşma devresinde olması

gerekmektedir. Bu nedenle yaz yağışları mısır yetiştiriciliğinde büyük önem taşımaktadır (Şahin, 2001). Bitkisel üretimde, yetiştirme periyodu boyunca kök bölgesinde yeterli seviyede nemin bulunması bitki gelişimi, verimi ve ürün kalitesi açısından önemlidir. Kurak ve yarı kurak bölgelerde bitkisel üretim sezonu boyunca düşen yağışlar hem miktar hem de dağılım açısından yetersiz kalmakta ve bitki su ihtiyacını karşılayamamaktadır. Bu nedenle bitki kök bölgesindeki eksik nem sulama ile tamamlanmaktadır. Türkiye'nin büyük bir bölümünde kurak ve yarı kurak iklim hakim olduğundan, sulama, bitkisel üretim için oldukça önemlidir (Şahin ve ark., 2010; Kara, 2005).

Sulama suyunun bitki kök bölgesine en etkin şekilde uygulanmasını sağlayan yöntem damla sulama yöntemi ve bunun farklı uygulamalarıdır. Temelde damla sulama yönteminin bir uygulaması olarak değerlendirilen toprak altı damla sulama yöntemi, sulama suyunun toprak altına, genellikle toprak üstü damla sulama yöntemi ile debisi aynı olan damlaticılar aracılığıyla uygulanması olarak tanımlanmaktadır (Camp ve ark., 2000). Özellikle Amerika Birleşik Devletleri'nde yaklaşık 20 yıldır kullanılan toprak altı damla sulama yöntemi, son dönemlerde Türkiye'de çok yıllık bitkilerde ve sıraya ekilen tarla bitkilerinin sulanmasında yaygınlaşmaya başlamıştır. Birim alana maliyetinin yüksek olması ve damlaticıların tıkanması gibi bazı olumsuz yönlerinin yanında, özellikle sulamadan sonra toprak yüzeyinden olan evaporasyonu azaltması ve yabancı ot gelişiminin azalması gibi pek çok avantajı bulunmaktadır (Camp ve ark., 2000; Uçar ve ark., 2020).

Bütün diğer sulama yöntemlerinde olduğu gibi, Türkiye için yeni bir sulama yöntemi olan bu yöntem ile sulanan bitkilerdeki su-verim ilişkilerinin araştırılması gerekir. Bu ilişkilerin araştırılması ise yapılacak tarla denemeleri ile mümkündür. Bu durum özellikle suya karşı duyarlılığı daha önceki araştırmalarla belirlenmiş olan mısır gibi bitkilerde daha da önem kazanmaktadır. Bu çalışmada silajlık mısırdaki su verim ilişkileri gözlemlenmiş, farklı su düzeylerinin verim ve kalite üzerine etkilerinin belirlenmesi amaçlanmıştır.

2. Materyal ve Metot

Bu araştırma, 2017 yılında Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Eğitim, Araştırma ve Uygulama Çiftliği'nde yürütülmüştür. Bu çalışmada, bitki materyali olarak özel sektörden temin edilen Kolosseus çeşidi kullanılmıştır.

Denemenin yürütüldüğü döneme (mayıs-eylül) ait iklim verilerine göre, sıcaklık ortalaması 21.0 °C ile uzun yıllar ortalamasının (20.2 °C) üzerinde, nispi nem %52.3 ile uzun yıllar ortalamasının (%52.5) altında, yağış toplamı ise 219.6 mm ile uzun yıllar ortalamasının (127 mm) üzerinde olmuştur. Denemenin kurulduğu arazinin toprakları,

FAO/UNESCO sınıflandırma sistemine göre calcaric fulvisol olarak sınıflandırılmıştır (Şenol ve ark., 2020). ISUBÜ Ziraat Fakültesi Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümüne ait laboratuvarında yapılan toprak analizi sonuçlarına göre deneme alanı toprağının tınlı, hafif alkali, elverişli fosfor ve potasyum yönünden az, organik madde bakımından ise yetersiz olduğu belirlenmiştir.

Deneme, tesadüf blokları deneme desenine göre 3 tekrarlamalı olarak kurulmuştur. Çalışmada 6 farklı sulama suyu miktarı uygulanmıştır. Parseller 6×15 m boyutlarında oluşturulmuştur. Her parselde 75 cm aralıklı 8 sıra olacak şekilde ve parseller ve bloklar arasında su geçişlerinin önlenmesi açısından 2'şer m boşluk bırakılmıştır. Denemedeki toplam parsel sayısı 18, parsel alanı 90 m², toplam deneme alanı 2254 m² olmuştur.

Çalışmada 6 farklı sulama suyu miktarı uygulanmıştır. Sulama konularının oluşturulmasında deneme yakınlarında bulunan ve tarımsal amaçlı olarak kullanılan meteoroloji istasyonundan faydalanılmıştır. Meteoroloji istasyonunda Penman-Monteith yöntemine göre günlük hesaplanan kıyas bitki su tüketiminin (ET₀) belirli oranları yedi gün aralıklarla uygulanmıştır. Çalışmadaki sulama konuları aşağıdaki şekilde oluşturulmuştur.

- I₁: Hesaplanan ET₀'ün 1.50 katı sulama suyu uygulama,
- I₂: Hesaplanan ET₀'ün 1.25 katı sulama suyu uygulama,
- I₃: Hesaplanan ET₀'ün 1.00 katı sulama suyu uygulama,
- I₄: Hesaplanan ET₀'ün 0.75 katı sulama suyu uygulama,
- I₅: Hesaplanan ET₀'ün 0.50 katı sulama suyu uygulama,
- I₆: Hesaplanan ET₀'ün 0.25 katı sulama suyu uygulama,

Ekim öncesi toprak hazırlığına azami özen gösterilmiştir. Pullukla sürülen toprak rotatiller çekilerek ekime hazır hale getirilmiştir. Ekim mayıs ayında, sıra üzeri 15 cm, sıra arası 75 cm olacak şekilde yapılmıştır. Toprak analizleri dikkate alınarak, 20 kg/da azot, 10 kg/da P₂O₅ ve K₂O olacak şekilde gübreleme yapılmıştır. Azotun yarısı ekimle birlikte, diğer yarısı bitkiler 40-50 cm olduğunda uygulanmış, fosfor ve potasyumun tamamı ekimle birlikte verilmiştir.

İlk sulamalar yağmurlama sulama yöntemi ile yapılmış ve toprak nemi tarla kapasitesine gelinceye kadar uygulanmıştır. Daha sonra denemede planlanan sulama konularına geçilmiştir. Yabancı ot kontrolü için ilk çapa, bitkiler 15-20 cm yüksekliğe ulaştıkları zaman 4 yapraklı dönemde yapılmış olup ikinci çapa bitki boyu 40-50 cm olunca 6-8 yapraklı dönemde yapılmıştır.

Denemede sulama suyu, yüzeysel damla sulama yöntemiyle uygulanmıştır. Mevcut toprak altı damla sulama sisteminde damlaticı aralığı ve lateral aralığı 0.75 m'dir. Damlaticı debisi ise 2 l/h'dir. Damlaticıların çeşitli nedenlerle tıkanmasının önlenmesi amacıyla sistemde antisifonlu damlaticılar kullanılmıştır. Damla sulama

sisteminin kontrol biriminde ise elek filtre, gübreleme ünitesi, basınç düzenleyiciler, vantuzlar ve su sayaçları bulunmaktadır.

Denemenin hasadı hamur olum döneminde yapılmıştır. Her parselin yanlarından 1'er sıra, parsel başı ve sonundan da 50'er cm kenar tesiri olarak ayrılmış olup her parsel için net hasat alanı 63 m² olmuştur. Araştırmada her parselden tesadüfü olarak belirlenen 10 bitkide bitki boyu, sap kalınlığı, ilk koçan yüksekliği, koçan uzunluğu, sap oranı, yaprak oranı ve koçan oranı belirlenmiştir (Sade, 1987). Her parselin hasat alanından biçilen bitkilerin tamamı yaş olarak tartılmış, parselin yeşil ot verimi belirlenmiş ve parselden elde edilen yeşil ot verimi dekara çevrilerek dekara yeşil ot verimi hesaplanmıştır. Her parselden alınan 2 adet tüm bitki yaş olarak tartıldıktan sonra, bitki parçalayıcıda parçalanmış, tamamen paçal yapıldıktan sonra tüm bitkiyi temsil edecek şekilde ve 2 paralel olarak 500 g'lık örnekler alınmıştır. Örnekler 70 °C'de ağırlığı sabit oluncaya kadar kurutulup tartılarak kuru madde oranı hesaplanmış, bu oran ile yeşil ot veriminin çarpılmasıyla da kuru ot verimi belirlenmiştir. Parsellerden alınan örnekler kurutulup öğütülmüş, Kjeldahl yöntemi kullanılarak azot içerikleri tespit edilmiş ve analiz sonucunda bulunan azot miktarları 6.25 katsayısı ile çarpılarak örneklerin ham protein oranları hesaplanmıştır (Kacar, 1972). Ham protein verimleri her parsel için ham protein oranları ile kuru madde verimleri çarpılarak hesaplanmıştır. ADF ve NDF analizleri Fiber Analyser cihazı yardımıyla ANKOM teknolojisinin bildirdiği esaslara göre yapılmıştır (Ankom, 2017).

Denemeye ait veriler, "Tesadüf Blokları Deneme Deseni" ne göre SAS (1998) bilgisayar programından yararlanılarak varyans analizine tabi tutulmuştur. İstatistiksel analiz sonucunda önemli farklılıklar %5 önemlilik düzeyinde Asgari Önemli Fark (LSD) testi uygulanmıştır.

3. Bulgular ve Tartışma

Toprak altı sulama sistemi ile uygulanan kısıtlı su seviyelerinin silajlık mısırdaki verim ve kalitesi üzerine

etkisine ilişkin varyans analiz sonuçları Tablo 1'de verilmiştir. Varyans analizi sonuçlarına göre sulama seviyeleri arasında bitki boyu, sap kalınlığı, ilk koçan yüksekliği, sap oranı, koçan uzunluğu, yeşil ot verimi, kuru madde verimi, ham protein verimi, ADF ve NDF oranları bakımından istatistiksel olarak %1, koçan oranı ve ham protein oranı bakımından %5 düzeyinde önemli farklılıklar tespit edilmiştir.

Çalışmada uygulanan su düzeyi arttıkça bitki boyları artmış, en kısa bitki boyu 237.5 cm ile I_{0.25} uygulamasında tespit edilirken, en uzun bitki boyu değerleri I_{1.50} ve I_{1.25} su seviyesi uygulanan parsellerde sırasıyla 311.8 cm ve 306.3 cm olarak belirlenmiştir (Tablo 2). Mısır bitkisine uygulanan su miktarlarının bitki boyları sonuçları üzerinde etkilerinin incelendiği çalışmalarda Derviş (1986), Sammis ve ark. (1988), Otegui ve ark. (1995), Gençoğlu (1996), Kang ve ark. (2000), Istanbuluoğlu ve ark. (2002), Kırnak ve ark. (2002), Bozkurt ve ark. (2006), Vural ve Dağdelen (2008), Kızıloğlu (2009), Bulut (2015) ve Baran (2015) sulama seviyesindeki artışların bitki boyunu arttırdığını ifade etmişlerdir. Bu çalışmalarda elde edilen sonuçlar çalışmamızda elde ettiğimiz sonuçlarla benzerlik göstermektedir.

Ortalama sap kalınlığı değerleri incelendiğinde, bitkinin ihtiyaç duyduğu suyun kısıtlanması sonucu sap kalınlığında azalma görülmüştür. En düşük sap kalınlığı değeri 24.7 mm ile I_{0.25} sulama seviyesi uygulanan parsellerden elde edilirken, en yüksek sap kalınlığı değeri ise 30.2 mm ile I_{1.50} sulama seviyesi uygulanan parsellerde saplanmıştır (Tablo 2). Elde ettiğimiz sonuçlara benzer şekilde, Baran (2015) da yaptığı çalışmada mısırdaki uygulanan su miktarı arttıkça sap kalınlığının arttığını tespit etmiştir.

Sulama seviyeleri karşılaştırıldığında, ortalama ilk koçan yüksekliğinin sulama suyu miktarındaki artışa bağlı olarak arttığı gözlemlenmiştir. Bitki su ihtiyacının %25'inin sağlandığı parsellerde ortalama ilk koçan yüksekliği 95.7 cm olarak belirlenirken, %125 ve %150'sinin uygulandığı parsellerde sırasıyla 122.6 cm ve 118.8 cm olarak elde edilmiştir (Tablo 2).

Tablo 1. Silajlık mısırdaki farklı sulama seviyelerinde elde edilen ortalama değerlere ait varyans analizi sonuçları

Varyasyon Kaynakları	SD	Bitki Boyu	Sap Kalınlığı	İlk Koçan Yüksekliği	Sap Oranı	Yaprak Oranı	Koçan Oranı	Koçan Uzunluğu
Blok	2	53.8	0.04	57.98	0.08	0.24	0.6	0.003
Sulama Seviyesi	5	2429.4**	16.1**	321.92**	15.83**	0.16	13.7*	7.007**
Hata	10	19.24	0.07	5.73	0.26	0.41	0.93	1.38
VK		1.56	0.94	2.15	1.31	1.56	4.74	2.00

Varyasyon Kaynakları	SD	Yeşil Ot verimi	Kuru Madde Verimi	Ham Protein Oranı	Ham Protein Verimi	ADF	NDF
Blok	2	76659.6	9785	0.44	46.65	1.34	1.28
Sulama Seviyesi	5	9486911.8**	338669.3**	0.54*	1296.49**	11.78**	11.88**
Hata	10	15406.8	1989.9	0.18	70.53	1.46	1.60
VK		1.57	2.11	4.97	4.64	3.03	2.35

Tablo 2. Silajlık mısırdaki farklı sulama seviyelerinde elde edilen ortalama bitki boyu, sap kalınlığı, ilk koçan yüksekliği, sap, yaprak, koçan oranları ve koçan uzunlukları

Sulama Seviyesi	Bitki Boyu (cm)	Sap Kalınlığı (mm)	İlk Koçan Yüksekliği (cm)	Sap Oranı (%)	Yaprak Oranı (%)	Koçan Oranı (%)	Koçan Uzunluğu (cm)
I _{0.25}	237.5 e	24.7 e	95.7 d	35.8 e	41.1	23.1 a	16.3 e
I _{0.50}	263.4 d	25.3 d	103.7 c	37.1 d	40.9	22.0 ab	17.3 d
I _{0.75}	274.9 c	25.5 d	107.2 c	37.8 cd	41.3	20.9 b	18.2 c
I _{1.00}	296.1 b	28.4 c	117.3 b	38.4 c	41.0	20.6 b	19.4 b
I _{1.25}	306.3 a	29.2 b	122.6 a	40.9 b	40.8	18.3 c	19.9 ab
I _{1.50}	311.8 a	30.2 a	118.8 ab	41.8 a	40.6	17.6 c	20.2 a
Lsd	7.98	0.47	4.36	0.92	1.16	1.76	0.68

Ortalama sap, yaprak ve koçan oranlarının verildiği tablo 2 incelendiğinde, sap oranı bakımından en yüksek değer I_{1.50} sulama seviyesi uygulanan parsellerde %41.8 olarak belirlenirken, sulama miktarının azalmasıyla I_{1.50}'den I_{0.25}'e kadar düzenli bir azalma gözlemlenmiş ve en az sap oranı %35.8 ile I_{0.25} uygulanan parsellerde görülmüştür. Yaprak oranı bakımından istatistiksel olarak farklılık görülmemekle birlikte, ortalama değerlerin %40.6 ile 41.3 arasında değiştiği belirlenmiştir. Koçan oranı ise sap oranının aksine sulama miktarının artmasıyla azalma eğilimi göstermiştir. Ortalama koçan oranı bakımından en yüksek değerler I_{0.25} (%23.1) ve I_{0.50} (%22.0) uygulamalarında, en düşük değer ise I_{1.50} (%17.6) uygulamasında belirlenmiştir. Mısırdaki sap, yaprak ve koçan oranı üzerine sulama uygulamalarının etkisi ile ilgili olarak yapılan çalışmalarda; Baran (2015) artan su uygulamalarının yaprak ve gövde oranlarını azalttığını, koçan oranını ise arttırdığını, Bulut (2015) artan su miktarlarının mısırdaki sap oranını arttırdığını, İslam ve ark. (2012) artan su uygulamalarının yaprak oranını azalttığını, bitkide gövde oranını önce artırdığı sonra azalttığını, Kızıloğlu (2009) azalan su miktarlarının bitkide gövde oranını, koçan oranını ve yaprak verimini azalttığını, Yan ve ark. (2011) artan su miktarlarının bitkide gövde oranını azalttığını, Phipps ve ark. (2000) ve Keady (2005) artan su miktarlarının koçan oranında artış meydana getirdiğini bildirmişlerdir. Bu sonuçların bazıları elde ettiğimiz sonuçlarla paralellik gösterirken, bazıları farklılık göstermektedir. Sonuçlarımızın diğer araştırmacıların bildirdikleri bulgularla tam uyumunun sebepleri, araştırma yerlerinin ekolojik özellikler, kullanılan çeşitler ve uygulama zamanlarındaki farklılıklardır.

Çalışmada, sulama seviyesindeki oransal azalma ile koçan uzunluğu arasında doğrusal bir ilişki olduğu tespit

edilmiştir (Tablo 2). En kısa koçanlar 16.3 cm ile I_{0.25} uygulamasında, en uzun koçanlar ise 20.2 ve 19.9 cm ile I_{1.50} ve I_{1.25} uygulamalarında elde edilmiştir.

Ortalama yeşil ot verimleri incelendiğinde, su kısıtlı uygulamasının verimi azalttığı görülmektedir. En yüksek yeşil ot verimi I_{1.50} uygulamasında, en düşük verim ise I_{0.25} uygulamasında belirlenmiştir. Sulama seviyesindeki artış ile birlikte yeşil ot veriminde I_{0.25} seviyesinden I_{1.50} seviyesinde kadar %87.25 oranında bir verim artışı sağlanmıştır (Tablo 3).

Sulama seviyesi ile yeşil ot verimi arasındaki ilişkileri araştırmak üzere yapılan birçok çalışmada elde edilen sonuçlar (Bulut, 2015; Kırnak ve ark., 2002; Yazar ve ark., 2002; Kang ve ark., 2000; Sammis ve ark., 1988), yürüttüğümüz çalışmanın sonuçları ile paralellik göstermektedir. Ayrıca Stutler ve ark. (1981), Braunwoth ve ark. (1989), Kızıloğlu (2009), İslam ve ark. (2012) ve Baran (2015)'in da yürüttükleri çalışmalarda uygulanan su miktarlarının artmasıyla yeşil ot veriminin arttığı yönündeki sonuçları bulgularımızı destekler niteliktedir.

Ortalama kuru ot verimleri incelendiğinde, yeşil ot veriminde olduğu gibi sulama miktarındaki artışa paralel olarak kuru ot veriminde de artış gözlemlenmiştir. Kıyas bitki su tüketimi yöntemine göre hesaplanan sulama miktarının, %150'si kadar sulanan parsellerde en yüksek kuru madde verimi (2506.8 kg/da) elde edilirken, %25'i kadar sulama yapılan parsellerde ise en düşük verim (1665.9 kg/da) değerleri saptanmıştır (Tablo 3). Sulama seviyesindeki artışla dekardan elde edilen kuru madde veriminde 840.9 kg'lık bir artış belirlenmiştir. Mısır bitkisi özellikle kritik dönemlerde su eksikliği ile karşılaştığında, fizyolojik olarak olumsuz etkilenmekte ve bu durum

Tablo 3. Silajlık mısırdaki farklı sulama seviyelerinde elde edilen ortalama yeşil ot verimi, kuru ot verimi, ham protein oranı, ham protein verimi, ADF ve NDF oranları.

Sulama Seviyesi	Yeşil Ot verimi (kg/da)	Kuru Ot Verimi (kg/da)	Ham Protein Oranı (%)	Ham Protein Verimi (kg/da)	ADF (%)	NDF (%)
I _{0.25}	5509.3 f	1665.9 f	9.2 a	159.9 c	37.3 d	51.2 d
I _{0.50}	6302.4 e	1779.9 e	8.9 ab	158.4 c	38.1 cd	51.9 cd
I _{0.75}	7854.1 d	2102.4 d	8.7 ab	182.2 b	39.6 bc	53.6 bc
I _{1.00}	8559.5 c	2282.5 c	8.2 b	187.8 b	40.6 ab	54.3 ab
I _{1.25}	9028.1 b	2377.5 b	8.3 b	197.3 ab	41.5 ab	55.4 ab
I _{1.50}	10316.4 a	2506.8 a	8.2 b	205.6 a	42.5 a	56.6 a
Lsd	225.82	81.2	0.78	15.28	2.2	2.3

verimde azalmalara neden olmaktadır (Kırnak ve ark., 2002; Kang ve ark., 2000). Özellikle su sıkıntısı olan yerlerde, su stresinden en fazla etkilenen dönemlerin bilinmesi, sulamanın kontrolü açısından oldukça önemlidir (Yazar ve ark., 1990). Yıldırım ve Kodal (1998) mısır bitkisinin suya en fazla tepki gösterdiği dönemlerin vejetatif, püskül çıkarma ve dane oluşum dönemleri olduğunu, bu dönemlerde yapılan su kısıntısının verimde önemli düşmelere neden olacağını belirtmişlerdir. Sulama seviyesi ile verimi arasındaki ilişkileri araştırmak üzere yapılan birçok çalışmanın sonuçları, elde ettiğimiz sonuçlarla paralellik göstermektedir (Bulut, 2015; Gürbüz ve ark., 2010; Kırnak ve ark., 2002; Yazar ve ark., 2002; Kang ve ark., 2000; Sammis ve ark., 1988).

Toprak altı damla sulama yöntemi ile sulanan silajlık mısırın ortalama ham protein oranları incelendiğinde, uygulanan su miktarı arttıkça ham protein oranında azalma olduğu görülmektedir (Tablo 3). Ham protein oranı bakımından en yüksek değerler %9.2, %8.9 ve %8.7 ile $I_{0.25}$, $I_{0.50}$ ve $I_{0.75}$ uygulamalarından elde edilmiştir. En düşük ham protein oranları ise %8.2, %8.3 ve % 8.2 ile sırasıyla $I_{1.00}$, $I_{1.25}$ ve $I_{1.50}$ uygulamalarından elde edilmiştir. Sulamanın mısırdaki ham protein oranı üzerine etkilerini inceleyen İslam ve ark. (2012) ve Pelleschi ve ark. (1997) artan su uygulamalarının mısır bitkisinde ham protein oranını azalttığını ifade etmişlerdir. Bu sonuçlar yaptığımız çalışma ile paralellik göstermektedir. Baran (2015) ve Bulut (2015) su uygulamaları arasındaki farklılığın ham protein oranı üzerine etkisinin istatistiki olarak önemli olmadığını tespit etmişlerdir. Yosef ve ark. (2009) ise artan su miktarlarının bitkide ham protein oranını artırdığı yönünde sonuçlara ulaşmıştır. Bu sonuçlar ise çalışmamızda elde ettiğimiz sonuçla uyuşmamaktadır. Sonuçlarımızın diğer araştırmacıların bildirdikleri bulgularla uyuşmamasının; ekolojik bölgelerin, kullanılan çeşitlerin, hasat dönemi vb. uygulamaların farklılığından kaynaklandığı düşünülmektedir.

Ham protein verimi sulama suyunun miktarına bağlı olarak artış göstermiştir (Tablo 3). Kıyas bitki su tüketimi yöntemine göre hesaplanan sulama miktarının, %150'si ve %125'i kadar sulama yapılan parsellerden, dekardan 205.6 kg ve 197.3 kg ile en yüksek ham protein verimi sağlanırken, %25'i ve %50'si kadar sulanan parsellerden, dekardan 159.9 kg ve 158.4 kg ile en düşük ham protein verimi değerleri elde edilmiştir. Ham protein oranında sulama miktarındaki artışla görülen azalma, ham protein veriminde görülmemektedir. Bu farklılık sulama miktarındaki artışın, ham protein oranında %10.9'luk bir azalmaya sebep olurken, birim alandan elde edilen kuru madde miktarında %50.5'lik bir artış göstermesiyle açıklanabilir.

Toprak altı damla sulama sistemi ile sulanan silajlık mısırdaki, uygulanan su miktarı arttıkça ADF oranı artmıştır. En düşük ADF oranları %37.3 ve 38.1 ile $I_{0.25}$ ve $I_{0.50}$

uygulamalarında elde edilirken, en yüksek oranlar %40.6, %41.5 ve %42.5 ile $I_{1.00}$, $I_{1.25}$ ve $I_{1.50}$ uygulamalarında belirlenmiştir (Tablo 3). Su uygulamalarının artmasıyla ADF oranlarının arttığı birçok araştırmacı (Uzun ve ark., 2017; Baran, 2015; Jahansouz ve ark., 2014; Kızıloğlu ve ark., 2009) tarafından da ifade edilmiştir. Farklı sulama seviyelerinin mısır bitkisine etkisi incelendiğinde, ortalama NDF oranının sulama suyu miktarındaki artışa bağlı olarak arttığı gözlemlenmiştir. En yüksek NDF değerleri $I_{1.50}$ (%56.6), $I_{1.25}$ (%54.4) ve $I_{1.00}$ (%54.3) uygulamalarında, en düşük değerler ise $I_{0.25}$ (%51.2) ve $I_{0.50}$ (%51.9) uygulamalarında tespit edilmiştir. Yosef ve ark. (2009), Baran (2015) ve İslam ve ark. (2012) yaptıkları çalışmalar sonucunda su uygulamalarındaki artışların NDF içeriğini arttırdığını ifade etmişlerdir. Bu sonuçlar çalışmamızda elde ettiğimiz sonuçlarla benzerlik göstermektedir.

4. Sonuç

Toprak altı damla sulama yöntemi ile uygulanan altı farklı sulama konusunun ($I_{0.25}$, $I_{0.50}$, $I_{0.75}$, $I_{1.00}$, $I_{1.25}$ ve $I_{1.50}$) silajlık mısırın verim ve kalite parametreleri üzerine etkisini belirlemek amacıyla Isparta şartlarında yürütülen bu çalışmanın sonuçları bir bütün olarak değerlendirildiğinde su kısıtı uygulamasının bitki boyu, sap kalınlığı, ilk koçan yüksekliği, koçan uzunluğu, sap oranı, yeşil ot verimi, kuru madde verimi, ham protein verimi, ADF, NDF oranlarında azalmaya neden olduğu, koçan oranı ve ham protein oranında ise artışa neden olduğu tespit edilmiştir. Su yetersizliği, kurak ve yarı kurak koşullarda tarımsal üretimin en önemli problemlerinden birisidir. Artan nüfusa bağlı olarak gıda ihtiyacı artarken, hem küresel ısınmaya bağlı olarak sulama suyuna ihtiyaç artmakta hem de başta endüstriyel olmak üzere diğer amaçlı su tüketimi artmaktadır. Bu durum sulama suyunun etkin kullanımı konusunda arayışlara hız verilmesine sebep olmaktadır. Su kaynaklarının etkin kullanımı ve birim suya karşılık elde edilecek verimin artırılması için su uygulama randımanları diğer yöntemlere göre daha yüksek olan toprak altı damla sulama gibi yöntemlerin yaygınlaştırılması ve bu yöntemle sulanan bitkilerin tam ve kısıtlı sulama koşullarında su-verim ilişkilerinin belirlenmesi oldukça önemlidir.

Teşekkür

Bu çalışma, Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Tarla Bitkileri Anabilim Dalında Fatoş Güllü ÇELEBİ tarafından sunulan Yüksek Lisans tezinden üretilmiştir. Bu çalışmanın planlanması ve yürütülmesindeki katkılarından dolayı Tarımsal Yapılar ve Sulama Bölümü öğretim üyesi Prof.Dr.Yusuf UÇAR'a teşekkür ederiz.

Kaynaklar

Ankom (2017). Ankom Technicology. Analytical Procedures. <http://www.ankom.com/analytical-procedures.aspx> (erişim tarihi: 04 Eylül 2021).

- Baran Ö (2015). Farklı sulama seviyeleri ve azot dozlarının silajlık mısırdaki (*Zea mays* L.) verim, verim öğeleri ile silaj kalitesine etkileri. Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi.
- Bozkurt Y, Yazar A, Gençel B, Sezen SM (2006). Optimum lateral spacing for drip irrigated corn in the Mediterranean Region of Turkey. *Agricultural Water Management*. 85: 113-120.
- Braunwovth WS Jr, Mack HJ (1989). Crop-water production functions for sweet corn. *Journal of American Society of Horticulture Science*, 114(2): 210-215.
- Bulut ME (2015). Farklı sulama yöntemleri ve seviyelerinin ikinci ürün silajlık mısır (*Zea mays* L.)'ın verim ve verim öğelerine etkileri. Iğdır Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi.
- Camp CR, Lamm FR, Evans RG, Phene CJ (2000). Subsurface drip irrigation: past, present and future. In: *Proceedings of the fourth decennial irrigation symposium*, November 14-16, pp 363-372, Phoenix, Arizona.
- Derviş Ö (1986). Çukurova koşullarında buğdaydan sonra ikinci ürün mısırın (NKPx 610'nun) su tüketimi. Tarım Orman ve Köyleri Bakanlığı, Tarsus Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü Yayınları Genel Yayın No: 106, Rapor Seri No: 56, Mersin.
- Gençoğlan C (1996). Mısır bitkisinin su verim ilişkileri, kök dağılımı ile bitki su stresi indeksinin belirlenmesi ve CERES Maize bitki büyüme modelinin yöreye uyumluluğunun irdelenmesi. Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi.
- Gürbüz T, Dağdelen N, Yılmaz E, Akçay S (2010). Farklı damla sulama rejimlerinin mısırdaki verim, verim komponentleri ve su kullanım randımanı üzerine etkileri. *Adnan Menderes Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 7(2): 25-32.
- İslam MR, Garcia SC, Horadagoda A (2012). Effects of irrigation and rates and timing of nitrogen fertilizer on dry matter yield, proportions of plant fractions of maize and nutritive value and in vitro gas production characteristics of whole crop maize silage. *Animal Feed Science and Technology*, 172: 125-135.
- İstanbuluoğlu A, Kocaman I, Konukcu F (2002). Water use-production relationship of maize under Tekirdag conditions in Turkey. *Pakistan Journal of Biological Sciences*, 5(3): 287-291.
- Jahansouz MR, Keshavarz AR, Heidari H, Hashemi M (2014). Evaluation of yield and quality of sorghum and millet as alternative forage crops to corn under normal and deficit irrigation regimes. *Jordan Journal of Agricultural Sciences*, 10(4): 699-715.
- Kacar B (1972). Bitki ve toprağın kimyasal analizleri: II. Bitki analizleri. Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları No:453, Ankara.
- Kang S, Liang Z, Pan Y, Shi P, Zhang J (2000). Soil water distribution, uniformity and water-use efficiency under alternate furrow irrigation in arid areas. *Irrigation Science*, 19: 181-190.
- Kara M (2005). Sulama ve sulama tesisleri. Selçuk Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Konya.
- Keady TWJ (2005). Ensiled maize and whole crop wheat forages for beef and dairy cattle: effects on animal performance, in: Park, RS, Stronge, MD. (eds.), *Silage production and utilization. Proceedings of the XIVth International Silage Conference*, Wageningen Academic Publishers.
- Kırnak H, Gençoğlan C, Değirmenci V (2002). Harran ovası koşullarında kısıtlı sulamanın II. ürün mısır verimine ve bitki gelişimine etkisi. *Journal of the Faculty of Agriculture*, 34(2): 117-123.
- Kızıloğlu FM, Sahin U, Kuslu Y, Tunc T (2009). Determining water-yield relationship, water use efficiency, crop and pan coefficients for silage maize in a semiarid region. *Irrigation Science*, 27: 129-137.
- Otegui ME, Andrade FH, Suero EE (1995). Growth, water use, and kernel abortion of maize subjected to drought at silking. *Field Crops Research*, 40(2): 87-94.
- Pelleschi S (1997). Recherche de locus a effets quantitatifs lie's au me'tabolisme glucidique au cours d'une contrainte hydrique chez le ma'is (*Zea mays* L). *Universite'de Paris-Sud (XI)*, PhD thesis.
- Phipps RH, Sutton JD, Beever DE, Jones AK (2000). The effect of crop maturity on the nutritional value of maize silage for lactating dairy cattle. 3. Food intake and milk production. *Anim. Sci.* 71:401-409.
- Sade B (1987). Çumra ilçesi sulu şartlarında bazı melez mısır çeşitlerinin önemli zirai karakterleri üzerine araştırmalar. Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi.
- Sammis TW, Smeal D, Williams S (1988). Predicting corn yield under limited irrigation using plant height. *Transactions of the American Society of Agricultural and Biological Engineers*, 31(3): 830-837.
- SAS Institute, 1998. *INC SAS/STAT Users' Guide Release 7.0*, Cary, NC, USA.
- Stutler RK, James DW, Fullerton TM, Wells RF, Shipe ER (1981). Corn yield functions of irrigation and nitrogen in central America. *Irrigation Science*, 2: 79-88.
- Şahin M, Zengin M, Soylu S, Süheri S, Yavuz D (2010). Konya Ovası'nda sulu tarımın sorunları ve çözüm

önerileri, Uluslararası Sürdürülebilir Su ve Atık Su Yönetimi Sempozyumu Bildiriler Kitabı, 26-28 Ekim, pp. 71-80, Konya.

Şahin S (2001). Türkiye’de mısır ekim alanlarının dağılışı ve mısır üretimi. Gazi Üniversitesi Gazi Eğitim Fakültesi Dergisi, 21(1): 73-90.

Şenol H, Alaboz P, Demir S, Dengiz O 2020. Computational intelligence applied to soil quality index using GIS and geostatistical approaches in semiarid ecosystem. Arabian Journal of Geosciences, 13:1235.

TUIK (2019). <http://tuikapp.tuik.gov.tr/bitkiselapp/bitkisel.zul> (erişim tarihi: 04 Eylül 2021)

Uçar Y, Türk M, Kale Çelik S (2020). Toprak altı damla sulama yöntemi ile sulanan yoncanın verim, kalite ve su kullanım özelliklerinin belirlenmesi. Tubitak Proje Sonuç Raporu (215 O 329). 235s.

Uzun F, Garipoğlu AV, Ocak N (2017). Water use efficiency, yield, and nutritive value of maize and sorghum cultivars irrigated in a shallow soil. Anadolu Tarım Bilimleri Dergisi, 32: 358-366.

Vural Ç, Dağdelen N (2008). Damla sulama yöntemiyle sulanan cin mısırdaki farklı sulama programlarının verim ve bazı agonomik özellikler üzerine etkisi. Adnan Menderes Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 5(2): 97-104.

Yan H, Shang A, Peng Y, Yu P, Li C (2011). Covering middle leaves and ears reveals differential regulatory roles of vegetative and reproductive organs in root growth and nitrogen uptake in maize. Crop Science, 51: 265–272.

Yazar A, Sezen SM, Gencil B (2002). Drip irrigation of corn in the Southeast Anatolia Project (GAP) area in Turkey. Irrigation and Drainage, 51: 293-300.

Yıldırım Y, Kodal S (1995). Ankara Koşullarında Sulamanın Mısır Verimine Etkileri. Turkish Journal of Agriculture and Forestry, 22(1): 65-70.

Yosef E, Carmi A, Nikbachat M, Zenou A, Umiel N, Miron J (2009). Characteristics of tall versus short-type varieties of forage sorghum grown under two irrigation levels, for summer and subsequent fall harvests, and digestibility by sheep of their silages. Animal Feed Science and Technology, 152: 1-11.