

Çukurova koşullarında farklı su düzeylerinin tatlı sorgumun biyokütle verimine ve yem kalitesine etkileri

Muammer DÜNDAR¹ Celal YÜCEL² Mustafa ÜNLÜ¹ Aylin OLUK³

¹ Çukurova Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarımsal Yapılar ve Sulama Bölümü, Adana

² Şırnak Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarla Bitkileri Bölümü, Şırnak

³ Doğu Akdeniz Tarımsal Araştırma Enstitüsü, Adana

Sorumlu Yazar/Corresponding Author: celalyucel1@gmail.com

ORCID:0000-0001-6792-5890

Makale Bilgisi/Article Info

Derim, 2020/37(1):86-94

doi: 10.16882/derim.2020.689049

Araştırma Makalesi/Research Article

Geliş Tarihi/Received: 13.02.2020

Kabul Tarihi/Accepted: 27.04.2020



Öz

Araştırma, Çukurova koşullarında farklı su düzeylerinin tatlı sorgumun biyokütle verimine ve yem kalitesine etkilerini saptamak amacıyla yürütülmüştür. Araştırmada M81-E tatlı sorgum (*Sorghum bicolor* var. *saccharatum* (L.) Mohlenbr.) çeşidi materyal olarak kullanılmıştır. Araştırma, Çukurova Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarımsal Yapılar ve Sulama Bölümü deneme alanında 2017 yılında 2. ürün koşullarında (Haziran-Ekim), tesadüf blokları deneme desenine göre 3 tekrarlamalı olarak yürütülmüştür. Araştırmada, bitki gelişim dönemleri boyunca 4 farklı sulama suyu düzeyleri, %100 sulama (I₁), %75 sulama (I₂), %50 sulama (I₃) ve %25 sulama (I₄) uygulanmıştır. Sulamalar, 7 günlük aralıklarla ölçülen A sınıfı buharlaşma kabı (Class A-pan) değerlerine göre yapılmıştır. Araştırmada, deneme konularına toplam 227.8 ile 479.6 mm arasında sulama suyu uygulanmıştır. Hasat, salıkındaki tanelerin süt-hamur olum arası dönemde yapılmıştır. Biyokütle veriminin saptanmasının yanı sıra hasat edilen bitkiler ile silaj yapılmış olup silaj kalite özellikleri de saptanmıştır. Araştırma sonucunda biyokütle (hasıl) veriminin sulama düzeylerine göre 8733 ile 13300 kg da⁻¹ arasında değiştiği, ayrıca en yüksek verimin I₁ ve en düşük verimin ise I₄ sulama düzeylerinde gerçekleştiği saptanmıştır. Uygulanan farklı su düzeylerinin, silajların başlıca kalite özelliklerinden olan nötral deterjan lif (NDF), ham protein (HP) oranı, ham kül (HK), kuru madde alımı (KMA) ve nispi yem değeri (NYD) üzerine istatistiki olarak önemli etkide bulunduğu saptanmıştır.

Anahtar Kelimeler: Tatlı sorgum; Sulama düzeyleri; Biyokütle; Yem; Kalite

The effects of different irrigation water levels on the biomass and forage quality of sweet sorghum in Çukurova condition

Abstract

The aim of this study was to investigate the effects of different irrigation water levels on the biomass yield and forage quality. M81-E sweet sorghum (*Sorghum bicolor* var. *saccharatum* (L.) Mohlenbr.) genotype was used as the plant material for the study. Field experiments were conducted at the experimental fields of Çukurova University, Faculty of Agriculture, Department of Agricultural Structures and Irrigation, in 2017 and second-crop conditions (June-October) in a randomized complete blocks design (RCBD) with 3 replications. In the experiment, 4 different irrigation levels 100% (I₁), 75% (I₂), 50% (I₃) and 25% (I₄) were applied during plant development periods. Irrigation was done according to the Class-A pan evaporation values measured at 7-day intervals. In this research, total irrigation water was applied to the experimental treatments between 227.8 and 479.6 mm. Harvest was performed between milk and soft dough stages. In addition to the determination of biomass yield, whole plant was ensiled and silage quality attributes were also determined. As a result of the research, according to irrigation levels applied; biomass yield ranged between 8733 and 13300 kg da⁻¹, and the highest yield was found at I₁ and the lowest yield at I₄ treatments. Besides, it has been determined that different irrigation water levels have statistically significant effect on neutral detergent fiber (NDF), crude protein (CP) ratio, crude ash (CA), dry matter intake (DMI), and relative feed value (RFV) amongst the main quality characteristics of silage.

Keywords: Sweet sorghum; Irrigation levels; Biomass; Fodder; Quality

1. Giriş

Küresel ısınma ve iklim değişiklikleri, yeni çevresel faktörleri beraberinde getirmektedir. Kurak ve yarı kurak alanlarda şiddetli kuraklık,

muhtemel küresel sıcaklık artışı, düzensiz yağış rejimi gibi faktörlerin bitkisel üretimi etkileyeceği bildirilmektedir. Sorgum, kök yapısı nedeniyle kurağa dayanıklılığı ve kurak koşullarda mısıra göre daha iyi performans göstermesi nedeniyle,

yarı kurak koşullarda stresten dolayı mısırın bırakmış olduğu alanları doldurmaktadır (FAO, 2011).

Kuraklık stresi, bitkisel üretimi etkileyen birçok çevresel streslerden biri olmakta ve Dünyada verimi %50'den fazla azalttığı bildirilmektedir (Boyer, 1982). Dünyanın kurak ve yarı kurak bölgelerinde yetiştirilen sorgumdan maksimum verim elde edilebilmesi için yeterli suyun sağlanamaması, sorgumun biyokütlesinde ve şeker verimlerinde düşüşler olmaktadır (Habyarimana vd., 2004). Topraktaki su stresinin, bitkinin erken dönemlerinde önemli düzeyde su kullanım etkinliğini azalttığını, fakat geç gelişme dönemlerinde ise su kullanım etkinliği üzerinde önemli etkide bulunmadığı bildirilmektedir (Mastrorilli vd., 1999). Şiddetli kuraklık stresi, sorgumda ışık engellemesine neden olmakta, su kullanım etkinliğini ve biyokütleyi düşürmektedir (Tingting vd., 2010). Bitkinin dokularındaki su dengesi ile gelişimi arasında doğrudan ilişki olduğu bilinmektedir. Su stresi durumunda, bitkilerdeki fizyolojik süreçler bozulmakta, bitki büyümesi ve sonrasında verim etkilenmektedir. Düşük miktarda su kullanarak, atmosferdeki CO₂'yi şekere dönüştüren sorgum bitkisi biyoenerji üretiminde umut verici olarak da bilinmektedir (Reddy vd., 2007).

Sorgum bitkisi, kısa periyotta daha düşük su stresini tolere edebilmektedir, ancak uzun dönemde ciddi stres altında kaldığında bitki gelişimini ve verimi etkileyebilen sorunlarla karşılaşmaktadır. Çiçeklenme periyodundan sonra ortaya çıkan su eksikliğinin, ilk hasattaki ürün miktarını etkilediği bildirilmektedir (Abdel-Matagaly, 2010). Kuraklık stresi, değişik bitkilerde yaprak sıcaklığı, yaprak klorofil içeriği, stoma iletkenliği, solunum ve fotosentez gibi fizyolojik olayları etkilemektedir (Silva vd., 2007). Küresel iklim değişikliği nedeniyle su kit ve değerli kaynak haline gelmekte ve bu nedenle sorgum son derece değerli bir yem kaynağı olmaktadır. Şeker (tatlı) sorgum az miktarda gübre ve su kullanımının yanı sıra, yüksek miktarda biyokütle veriminin elde edilmesi ve farklı koşullara kolay adaptasyon yeteneği gibi özellikleri ile önemli bir tarımsal ürün konumuna gelmiş bulunmaktadır. Sorgum bitkisi direkt olarak silaj yapılabildiği gibi, etanol elde etmek amacıyla özsuyu alınmış olan saplarının da (posa) silaj yapılarak hayvan beslemede kullanılabileceği bildirilmektedir

(Yücel vd., 2018). Ancak kuru madde veriminin ve yem kalite parametrelerinin sulama rejimlerinden, bitki sıklığından ve çeşit farklılığından önemli derece etkilendiği bildirilmektedir (Jahanzad vd., 2013). Sorgum, Dünyadaki birçok kurak ve yarı kurak bölgede, diğer yem bitkilerine göre avantajları nedeniyle, giderek daha önemli bir yem bitkisi haline gelmektedir (Zerbini ve Thomas, 2003).

Bu araştırma, Çukurova ekolojik koşullarında buğday hasadından sonra yazlık ikinci ürün olarak yetiştirilen tatlı sorgumda, farklı su düzeylerinin hasıl (biyokütle) verimi ve bazı silaj kalite parametrelerine etkisini saptamak amacıyla yürütülmüştür.

2. Materyal ve Yöntem

2.1. Materyal

Çalışmada tatlı sorgum (*Sorghum bicolor* var. *saccharatum* (L.) Mohlenbr.) M81E çeşidi (ABD orijinli) bitkisel materyal olarak kullanılmıştır.

2.1.1. Araştırma yerinin iklim ve toprak özellikleri

Araştırma, Çukurova Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarımsal Yapılar ve Sulama Bölümü deneme alanında yürütülmüştür. Yörede Akdeniz iklimi hüküm sürmekte olup; yazlar sıcak ve kurak, kışlar ılık ve yağışlıdır. Deneme alanında bulunan istasyondan alınan çok yıllık gözlem sonuçlarına göre, yıllık ortalama sıcaklık 18.8°C; en soğuk ay 9.4°C ile Ocak, en sıcak ay ise 28.0°C ile Ağustos ayıdır. Yıllık ortalama yağış değeri ise 646 mm'dir. Yağış dağılımı homojen olmayıp genellikle kış aylarında düşmektedir. Ortalama yıllık oransal nem %66, yıllık buharlaşma 1308 mm, rüzgâr hızı 2.0 m sn⁻¹ dolayındadır. Mutlu serisine giren deneme alanı toprakları, düz ve düze yakın topoğrafyada yer alırlar. Yüksek oranda şişme özelliği taşıyan ince kil içeren bu topraklar kireççe orta derecede zengin ve koyu kırmızımsı kahverengindedirler. Kil oranı her zaman %50'den fazla olan bu toprakların kurak aylarda, 2-4 cm genişliğinde ve 150 cm'den daha derin çatlaklar oluşturdukları gözlenmiştir (Özbek vd., 1974).

Denemede kullanılan sulama suyu, Ç.Ü. Ziraat Fakültesi Döner Sermaye İşletmesi Araştırma

ve Uygulama Çiftliğinden geçen DSİ sulama kanalından sağlanmıştır. Denemede can suyu amacıyla yapılan sulamalarda yağmurlama yöntemi kullanılmıştır. Damla sulama sisteminin kurulmasından sonra konulu sulamalara başlanmıştır. Damla sulama sisteminde her bitki sıra arasına bir lateral yerleştirilmiştir. Sistemin denetim biriminde; basınç düzenleyicisi, kum tankı, mesh filtre, manometre, vana ve su sayacı yer almıştır. İletim biriminde ise ana boru, yan boru (monifold), lateraller ve damlatıcılar kullanılmıştır. Sistemde 16 mm çapında PE lateral borular ve damlatıcı debileri 2 atmosfer basınçta 4 L h^{-1} su verecek biçimde seçilmiştir. Damlatıcı aralığı toprak özellikleri ve damlatıcı debisine göre belirlenmiştir. Bu amaçla, damlatıcı aralığı deneme alanı topraklarının önceden [Yavuz \(1993\)](#) tarafından belirlenmiş olan kararlı infiltrasyon hızı ($I=4.5 \text{ mm h}^{-1}$) dikkate alınarak aşağıdaki eşitlik ile bulunmuştur.

$$S_d = 0.90 \sqrt{q/I} \quad (1)$$

Eşitlikte; S_d : Damlatıcı aralığı (m), q : Damlatıcı debisi (L h^{-1}), I : Toprağın kararlı infiltrasyon hızı (mm h^{-1})'dir.

Sulama suyu hesabı için [Kanber \(1984\)](#)'de verilen esaslardan yararlanılarak açık su yüzeyi buharlaşması değerleri kullanılmıştır.

$$I = A \times E_{\text{pan}} \times K_{\text{cp}} \times P \quad (2)$$

Eşitlikte; I : sulama suyu miktarı (L), A : parsel alanı (m^2), E_{pan} : sulama aralıklarındaki yığılımlı buharlaşma (A sınıfı buharlaşma kabından olan buharlaşma, mm), K_{cp} : bitki-pan katsayısı, P : örtü yüzdesi (%)'dir. P değeri, bitki taç genişliğinin bitki sıra aralığına bölünmesi ile hesaplanmıştır. P için bitki gelişme süresi boyunca örtü yüzdelere göre değişen değerler kullanılmıştır. P değeri %70'e ulaştığında ise anılan değer sulama sezonu boyunca sabit olarak alınmıştır ([Kanber ve Güngör, 1986](#)).

2.2. Yöntem

Çizelge 1. Deneme konuları ve uygulanan toplam sulama suyu miktarları

Konu	Özellik	Sulama suyu miktarı (mm)
I_1	E_{pan} değerinin %100'nün uygulandığı konu	479.6
I_2	I_1 konusunun %75'nin uygulandığı konu	395.7
I_3	I_1 konusunun, %50'nin uygulandığı konu	307.8
I_4	I_1 konusunun %25'nin uygulandığı konu	227.8

Tarla denemeleri, 2. ürün koşullarında (Haziran ayının 2. haftasında) 2017 yılında buğday hasadını takiben yürütülmüştür. Deneme, tesadüf blokları deneme desenine göre üç tekerrürlü olarak kurulmuştur. Ekimlerde her uygulama 4 sıra, sıra arası 70 cm ve sıra üzeri 15 cm olacak şekilde planlanmıştır. Ekimden önce dekara 7 kg saf azot (N), 7 kg saf fosfor (P) gelecek şekilde taban gübresi kullanılmıştır. Bitki diz boyu (40-50 cm) olduğunda ikinci defa dekara yine 7 kg saf azot (N) verilmiştir. Deneme parsellerinde mibzer ile kuruya ekim yapıp, çıkışlar için yağmurlama sulama uygulanmıştır. Vegetasyon süresince ihtiyaç duyulan dönemlerde sulama yapılmıştır.

Biyokütle ve etanol verimleri için bitkilerin hasadı, salkımlarındaki tanelerin süt olum ile hamur olum arasındaki dönemde yapılmıştır. Hasatta, parsel başlarında 0.5 m kenar tesiri atıldıktan sonra ortadaki 2 sıra hasat ($2 \times 0.7 \times 4 = 5.6 \text{ m}^2$) edilip, biyokütle verimleri saptanmıştır. Hasat sırasında, her parselde ortadaki 2 sıradan 2'şer bitki tesadüfü olarak seçilmiş ve silaj yapılmıştır.

2.2.1. Denemenin düzenlenmesi ve deneme konuları

Deneme parsellerinde toprak nem ölçümleri sulamalardan önce ve hasatta gravimetrik yöntem ile etkili kök bölgesine kadar her konuda ayrı ayrı yapılmıştır. İlk sulama 120 cm toprak profilindeki elverişli su kapasitesi %50 düzeyine düştüğünde yapılmış ve mevcut su içeriğini tarla kapasitesine getirecek kadar sulama suyu uygulanmıştır. Sonraki sulamalar ise 7 günlük aralıklarla A sınıfı buharlaşma kabı (Class A-pan) değerlerine göre yapılmıştır. Çalışmada dört farklı bitki-pan katsayısı ($K_{\text{cp}1}=1.00$, $K_{\text{cp}2}=0.75$, $K_{\text{cp}3}=0.50$, $K_{\text{cp}4}=0.25$) kullanılmıştır. Konular, 3 yinelemeli olarak tesadüf blokları deneme desenine göre düzenlenmiştir. Böylece, denemede 4 konu için 12 parsel oluşturulmuştur. Çalışmada oluşturulan deneme konuları ve uygulanan toplam sulama suyu miktarları, Çizelge 1'de verilmiştir.

2.2.2. Bitki örneklerin hazırlanması ve kimyasal analizler

Hasat sırasında her parselden tesadüfi olarak 2'şer bitki seçilmiş olup silaj yapılmak üzere kullanılmıştır. Seçilen 2'şer bitki (yaprak-sap ve salkımlı) yaprak dal öğütme makinesinde 3-5 cm boyutlarından parçalanarak silaj yapımına hazır hale getirilmiştir. Silaj yapılmak üzere parçalanmış bitkisel materyalden her parsel için 2 adet 1 kg yaş örnek (2 paralelli) özel plastik torbalar (kalınlığı 110 mikron veya daha fazla) içerisine yerleştirilerek ve Crompack vakum cihazı ile içerisindeki oksijen %99.9 oranında alındıktan sonra otomatik olarak yapılandırılıp kapatılarak silolama işlemi gerçekleştirilmiştir. Vakumlanan silaj materyali etiketlenerek oda koşullarında muhafaza edilmiş ve 60 gün, silaj kalite analizlerinin yapılması için bekletilmiştir. Açılan örneklerde pH ölçüldükten sonra 500 g yaş materyal alınıp kurutulması için kese kâğıtlarına konularak kurutma dolabında 60°C derecede 48 saat veya daha fazla bir sürede ağırlıkları sabitleşinceye kadar kurutulduktan sonra tartılıp, kuru madde (KM) içeriği saptanmıştır. Tüm uygulamalar için hazırlanmış olan örnekler, kurutulup tartıldıktan sonra, örneğin tamamı 1-2 mm elek çapına sahip değirmende öğütülerek analize hazırlanmıştır. Örneklerin azot (N) içeriğinin belirlenmesinde Kjeldahl metodu kullanılmıştır. Ham protein oranı ise Nx6.25 formülü ile belirlenmiştir (AOAC, 1990). Yemlerin hücre duvarı bileşenlerini oluşturan NDF, ADF ve ADL içerikleri Van Soest vd. (1991) tarafından açıklanan yöntemle göre ANKOM lif analiz cihazı (Fiber analizör) ile saptanmıştır. Sindirilebilir kuru madde oranı (SKMO), kuru madde alımı (KMA) ve nispi yem değeri (NYD) Schroeder (1994) tarafından açıklanan formüle göre hesaplanmıştır.

SKMO=88.9-(0.779x%ADF); KMA=120/%NDF. Örneklerin nispi yem değerleri ise, NYD=(%SKMO X %KMA)/1.29 eşitliğine göre hesaplanmıştır. Net Enerji (NEL) (Mcal kg⁻¹) =1.892-(0.0141*ADF) formülünden hesaplanmıştır. Sonuçlar, JMP istatistik programında, tesadüf blokları deneme deseninde analiz edilmiş olup, önemli çıkan ortalamalar, LSD (0.05)'e göre gruplandırılmıştır (Yurtsever,1984).

3. Bulgular ve Tartışma

3.1. Biyokütle verimi (kg da⁻¹)

Farklı su düzeylerinin biyokütle verimi üzerine istatistiki olarak önemli etkide bulunduğu, biyokütle veriminin 8733 ile 13300 kg da⁻¹ arasında değiştiği saptanmıştır. En yüksek biyokütle verimi I₁ sulama konusundan elde edilirken, en düşük verim ise I₄ sulama konusundan elde edilmiştir. Diğer konuların verimlerinde ise uygulanan su düzeyine bağlı olarak azalmalar saptanmıştır (Çizelge 2). Almodares vd. (2013), İran (İsfahan) koşullarında farklı sulama aralıkları baz alınarak (7, 10, 14 ve 21 gün) ile yapmış oldukları çalışmada, en yüksek biyokütlenin 5650 kg da⁻¹ ile 7-10 gün sulama aralığında elde edildiğini bildirmişlerdir. Kaplan vd. (2019), artan sulama düzeylerinde verimin arttığı, ancak kalite değerlerinde azalma olduğunu bildirmektedir. Sınırlı sulama koşullarında kuru madde (KM) veriminin azaldığı, sindirilebilir kuru madde (SKM) veriminin arttığı bildirilmektedir (Caravetta vd., 1990). Yücel vd. (2018), Çukurova'da sulamalı koşullarda biyokütle veriminin genotiplere bağlı olarak 8340 ile 21491 kg da⁻¹ arasında değiştiğini saptamışlardır.

Çizelge 2. Farklı su düzeylerinin tatlı sorgumun verim ve bazı özellikleri üzerine etkisi

SD	Biyokütle verimi (kg da ⁻¹)	Bitki boyu (cm)	Sapın çapı (mm)	Sap/Yaprak oranı	NDF (%)	ADF (%)	ADL (%)	HK (%)
I ₁	13300 a ^x	368.3 a	25.73	8.12 a	40.19 b	27.07	6.52	4.94 c
I ₂	11967 ab	344.5 a	21.40	7.38 ab	38.60 b	27.10	6.06	5.68 a
I ₃	9600 bc	295.3 b	20.73	6.50 bc	45.13 a	28.82	5.95	5.22 b
I ₄	8733 c	268.7 b	20.33	5.70 c	40.50 b	24.22	5.49	5.50 b
Ortalama	10900	319.2	22.05	6.92	41.11	26.80	6.01	5.30
CV (%)	12.44	6.76	10.7	11.37	4.62	6.94	13.07	2.95
Önemlilik	*	**	ÖD	*	*	ÖD	ÖD	**

*, ** ve ÖD, sırasıyla %1, %5 düzeyinde önemli ve önemli değil.

^x Aynı sütun içinde benzer harf ile gösterilen ortalamalar LSD testine göre P ≤ 0.05 hata sınırları içinde birbirinden önemli derecede farklı değildir.

NDF: Nötral deterjan lif, ADF: Asit deterjan lif, ADL: Asit deterjan lignin, HK: ham kül.

3.2. Bitki boyu (cm)

Farklı su düzeylerinin bitki boyu üzerine istatistiki olarak önemli etkisi olduğu saptanmıştır. En yüksek bitki boyu I₁ sulama konusunda 388.5 cm olarak belirlenirken, en düşük bitki boyu ise I₄ sulama konusunda 283 cm olarak saptanmıştır. I₁ ile I₂ ve I₃ ile I₄ sulama konuları istatistiki olarak aynı gruplarda yer almışlardır. I₂ konusunda 352.6 cm ve I₃ konusunda ise 307.5 cm bitki boyları ölçülmüştür (Çizelge 2). Bitki boyu yüksek olan genotiplerin saplarının da kalın olduğu ve birim alandaki verimlerinin de yüksek olduğu bildirilmiştir (Yücel vd., 2018). İyanar vd. (2010), bitki boyu ile biyokütle verimi arasında önemli ve olumlu ilişkiler saptamışlardır. Tatlı sorgum, uygun koşullarda 4-5 ay gibi yetiştirme süresinde 4.5 m'ye kadar boylanmaktadır (Subramanian, 2013; Dweikat, 2014).

3.3. Sap çapı (mm)

Farklı su düzeylerinin bitki sap çapı üzerine istatistiki olarak önemli etkide bulunmadığı saptanmıştır. Farklı sulama uygulamaların ortalamasının 22.05 mm olduğu ve sulama suyu miktarının azalmasına paralel olarak sap çapının da düşük olduğu saptanmıştır (Çizelge 2). Tatlı sorgumun sap çapının 8-27 mm arasında değiştiği bildirilmektedir (Subramanian, 2013; Yücel vd., 2018). Bitki boyu yüksek genotiplerin aynı zamanda sap çaplarının da yüksek olduğu görülmektedir.

3.4. Sap-yaprak oranı

Yapılan varyans analizi sonuçlarına göre sap/yaprak oranı (S/Y) bakımından farklı sulama düzeylerinin istatistiki olarak önemli olduğu ve farklı gruplarda yer aldığı saptanmıştır (Çizelge 2). En yüksek sap/yaprak oranı I₁ ve en düşük S/Y oranı I₄ uygulamasında elde edilmiştir. Sulama miktarının artması yani istenilen su miktarının bitki tarafından alınması, buna paralel olarak bitkilerin daha fazla gelişmesi ile bitkilerin sapları daha kalın olmakta ve sap oranı da buna paralel olarak da artmaktadır. Sorgumda su stresi koşullarında yaprak alanı azalmaktadır (Munamava vd., 2001). Yapraklar bitkinin fotosentez yapması bakımından önemli ve ayrıca yaprak oranının fazla olması yem kalitesi açısından da önemlidir. Selüloz ve lignin gibi hücre duvarı bileşenlerinin yapraklara göre

sapta daha yüksek oranda bulunduğu, bu bileşenlerin yemin sindirimi ile negatif ilişkilerinin olduğu bildirilmektedir (Aman, 1993; Hatfield, 1993).

3.5. Hücre çeperi bileşenleri

Yapılan varyans analiz sonuçlarına göre, hücre çeperi bileşenleri bakımından farklı sulama düzeylerinin yalnızca nötral deterjan lif (NDF) oranı üzerine istatistiki olarak önemli etkide bulunduğu, asit deterjan lif (ADF) ve asit deterjan lignin (ADL) bakımından istatistiki olarak önemli etkide bulunmadığı saptanmıştır (Çizelge 2). Nötral deterjan lif oranı %38.60-%45.13 arasında değiştiği, en yüksek değerin I₃ sulama konusunda saptandığı, diğer uygulamaların istatistiki olarak aynı grupta yer aldığı saptanmıştır. Asit deterjan lif (ADF) oranın %24.22-%28.82 arasında değiştiği, NDF değerinde olduğu gibi I₃ uygulamasının ADF değerinin diğerlerine göre daha yüksek olduğu saptanmıştır. NDF değeri yüksek olan yemlerin ADF değerlerin de yüksek olması beklenmektedir. Bilindiği gibi NDF ile ADF arasında önemli ve olumlu ilişkiler mevcuttur. ADL oranının %5.49-%6.52 arasında değiştiği ve uygulamalar istatistiki olarak önemli olmamasına rağmen, sulama suyu miktarının azalmasına paralel olarak ADL değerlerinin de azaldığı saptanmıştır (Çizelge 2). Tatlı sorgumun ortalama NDF değerinin %32.6-%54.9 arasında değiştiği bildirilmektedir (Gomes vd., 2006; Machado vd., 2012; Neto vd., 2017). Sulama seviyelerinin ham lifleri arttırdığı bildirilmiştir (Sasani vd., 2004; Tahir vd., 2014). Kurak koşulların, sapların hücre duvarı bileşenlerinin içeriğini azaltmaktadır (McKinley vd., 2018; Perrier vd., 2017). Yemlik sorgum çeşitlerinin yetiştirildiği kurak koşulların, NDF ve ADF konsantrasyonunun azalmasına, HP, SKM, suda çözünür karbonhidratlar (SÇK) konsantrasyonunun artmasına yol açtığı bildirilmektedir (Jahanzad vd., 2013; Newman, 2014). Amaducci vd. (2000), iyi sulama koşullarında yetiştirilen bitkilerin, su eksikliği çeken bitkilere kıyasla daha fazla lignin biriktirdiğini, aynı şekilde ek sulamanın sorgum bitkisinin fazla gelişmesine katkı sağlaması nedeniyle yemin sindirimini azalttığını belirtmişlerdir. Yem bitkilerin bazı kalite parametreleri olan SÇK, HP, ADF ve NDF değerlerinin, sınırlı sulama koşullarında arttığı ve SKM oranının azaldığı bildirilmektedir (Seif vd., 2016).

Çizelge 3. Farklı su düzeylerinin tatlı sorgumun bazı yem kalite özellikleri üzerine etkisi

SD	HPO (%)	pH	KMO (%)	SKMO (%)	KMA (%)	NYD	NEL (Mcal kg ⁻¹)
I ₁	4.26 b	3.33	31.40	67.81	3.01 a	157.7 a	1.510
I ₂	4.62 b	3.28	27.97	67.79	3.13 a	164.5 a	1.510
I ₃	4.87 b	3.31	27.84	66.45	2.66 b	137.0 b	1.485
I ₄	5.86 a	3.45	29.67	70.03	2.97 a	161.0 a	1.550
Ortalama	4.90	3.34	29.23	68.02	2.94	155.0	1.514
CV (%)	9.08	2.18	7.70	2.13	4.87	5.46	1.72
F	*	ÖD	ÖD	ÖD	*	*	ÖD

*, ve ÖD, sırasıyla %1 düzeyinde önemli ve önemli değil.

* Aynı sütun içinde benzer harf ile gösterilen ortalamalar LSD testine göre $P \leq 0.05$ hata sınırları içinde birbirinden önemli derecede farklı değildir.

HPO: Ham protein oranı, KMO: Kuru madde oranı, SKMO: Sindirilebilir kuru madde oranı, KMA: Kuru madde alımı, NYD: Nispi yem değeri, NEL: Net enerji laktasyon.

3.6. Ham kül oranı (%)

Farklı su düzeylerinin HKO üzerine istatistiki olarak önemli etkide bulunduğu, HKO değerleri %4.94-%5.68 arasında değiştiği, en yüksek değer I_2 sulama konusunda elde edildiği, I_3 ve I_4 konularının istatistiki olarak aynı grupta yer aldığı saptanmıştır. Tatlı sorgum çeşitlerinin HK içeriğinin %6.15-%13.08 arasında değiştiği bildirilmektedir (Chakravarthi vd., 2017). Ayrıca, HK içeriği Cattani vd. (2017) 79.3 g kg⁻¹ HKO, Naeini vd. (2014) 59 g kg⁻¹ HKO, Trulea vd. (2013) %3.35 olarak saptamışlar.

3.7. Ham protein oranı (%)

Farklı su düzeylerinin silajın HPO oranı üzerine istatistiki olarak önemli etkide bulunduğu, HPO değerlerinin %4.26-%5.86 arasında değiştiği, en yüksek değer I_4 sulama konusundan elde edildiği ve diğer uygulamaların ise istatistiki olarak aynı grupta yer aldıkları görülmektedir (Çizelge 3).

Konulara uygulanan su miktarlarının azalmasına paralel olarak HP oranları artış göstermiştir. Kuraklık stresinin sorgum ve kamışsı yumak bitkilerinin kuru madde verimini düşürdüğü ve HP içeriğini arttırdığına yönelik literatür bildirişleri (Jahanzad vd., 2013; Asay vd., 2002) ile çalışmadan elde edilen bulgular örtüşmektedir. Tatlı sorgum silajında HP oranının %4.08-%8.01 arasında değiştiği saptanmıştır (Rodrigues vd., 2006; Junior vd., 2015). Bazı araştırmacılar ise çalışmadan elde edilen bulguların aksine, en düşük HP oranını %8.41 değeri ile su kısıtı uygulanan veya sulamasız koşullardan elde edildiğini bildirmektedirler (Sasani vd., 2004; Tahir vd., 2014).

3.8. pH

Silaj pH değerlerinin 3.28-3.45 arasında değiştiği ve ortalama 3.34 olarak belirlenmiş ancak uygulamalar arasında istatistiki olarak önemli bir farklılık saptanmamıştır. Junior vd. (2015), sorgum silajının pH'sının 3.60-3.68 arasında değiştiğini bildirmektedirler. Yücel ve Erkan (2020), sulamalı koşullarda pH değerinin 3.29-3.59 arasında değiştiğini ve en düşük değer M81-E çeşidinde elde edildiğini bildirmişlerdir. Önceki çalışmaların sonuçlarının bu çalışmadan elde edilen bulgularla benzer sonuçlar verdiği görülmektedir.

3.9. Kuru madde oranı (%)

Silajların KMO %27.84-%31.40 arasında değiştiği belirlenmiş ancak uygulamalar arasında istatistiki olarak önemli bir farklılık saptanmamıştır. Chakravarthi vd. (2017), tatlı sorgumda kuru madde içeriğinin %11.82-%38.19 arasında değiştiğini, Yücel ve Erkan (2020), farklı tatlı sorgum genotipleri ile yürütmüş oldukları araştırmada iki yıllık ortalamalara göre, silajın KMO %24.75-%38.94 arasında değiştiğini bildirmişlerdir.

3.10. Sindirilebilir kuru madde oranı (%)

Sindirilebilir kuru madde oranı %66.45-%70.03 arasında değiştiği belirlenmiş ancak uygulamalar arasında istatistiki bir farklılık saptanmamıştır. Sorgum silajının sindirilebilirliğinin %57.02-%72.18 arasında değiştiği bildirilmiştir (Junior vd., 2015; Karthikeyan vd., 2017; Yücel ve Erkan, 2020). Sınırlı sulama koşullarında KM veriminin azaldığı, SKMO arttığı bildirilmiştir (Caravetta vd., 1990; Amaducci vd., 2000). Yem bitkileri

kalite parametreleri olan SÇK, HPO, ADF ve NDF değerlerinin sınırlı sulama koşullarında arttığı ve kuru madde sindirilebilirliğinin de azaldığı bildirilmektedir (Seif vd., 2016).

3.11. Kuru madde alımı (%)

Silajların KMA değerleri sulama konularına göre %2.66-%3.13 arasında değiştiği, I₃'ün diğer uygulamalara göre daha düşük değere sahip olduğu ve diğer sulama konularının istatistiki olarak aynı grupta yer aldığı saptanmıştır. Sorgumda KMA oranının, çeşitlere göre değişmekle birlikte %1.67-%3.12 arasında değiştiği bildirilmektedir (Karthikeyan vd., 2017; Yücel ve Erkan, 2020).

3.12. Nispi yem değeri

Nispi yem değeri sulama konularına göre değişmekle birlikte 137.0-164.5 arasında değiştiği, en düşük değer I₃ uygulamasında elde edilirken, diğer sulama konularının istatistiki olarak aynı grupta yer aldığı ve I₃ sulama konusuna göre daha yüksek değerlere sahip oldukları saptanmıştır. Nispi yem değeri, SKMO ve KMA baz alınarak hesaplandığı için SKMO ve KMA yüksek olan sulama konularının NYD paralel olarak yüksek bulunmuştur. Yücel ve Erkan (2020), sulamalı koşullarda iki yıllık birleştirilmiş ortalamalara göre NYD 133.9-187.1 arasında değiştiğini bildirmişlerdir.

3.13. Net enerji laktasyonu (Mcal kg⁻¹)

Net enerji laktasyon değerinin 1.485-1.550 Mcal kg⁻¹ arasında değiştiği, sulama konuları bakımından istatistiki olarak bir önemli bir farklılığın olmadığı ve sulama konularının ortalama net enerji değerinin 1.514 Mcal kg⁻¹ olduğu saptanmıştır. Tatlı sorgumun yüksek oranda suda çözülebilir karbonhidrat içeriği nedeniyle enerji içeriğinin de yüksek olduğu bildirilmektedir (Kaiser vd., 2004). Sorgum silajının Net enerji içeriğinin 0.92 ile 1.82 Mcal kg⁻¹ arasında değiştiği bildirilmektedir (Cattani vd., 2017; Yücel ve Erkan, 2020).

4. Sonuç

Tatlı sorgumda farklı su düzeylerinin biyokütle (hasıl) verimi üzerine önemli etkide bulunduğu ve verimin 8733-13300 kg da⁻¹ arasında değiştiği, su düzeyinin azalmasına paralel

olarak verimlerin de düştüğü belirlenmiştir. En yüksek biyokütle verimi I₁ sulama konusundan, en düşük biyokütle veriminin ise I₄ sulama konusundan elde edilmiştir. Ayrıca bitki ile yapılan silajlarda, uygulanan sulama suyu miktarının azalmasına paralel olarak önemli yem kalite özelliklerinden düşük olması istenen ADF ve ADL değerlerinin düştüğü ve bunun yanı sıra HPO, SKMO, KMA, NYD ve NEI gibi yüksek olması istenen bu özelliklerin arttığı da saptanmıştır. Sulama suyu miktarının azalmasının biyokütle veriminde düşüslere neden olurken, yem kalite değerlerinde bir düşüşün olmadığı hatta olumlu katkıda bulunduğu saptanmıştır. Sonuç olarak kısıtlı sulama koşullarında yetiştirilecek tatlı sorgumda, yem kalite parametrelerinde her hangi bir düşüş olmadan rahatlıkla yetiştirileceği gözlemlenmiştir. Ancak bu çalışmaların uzun süreli yapılmasından sonra daha sağlıklı öneriler yapılabilir.

Kaynakça

- Abdel-Motagally, F.M.F. (2010). Evaluation of water use efficiency under different water regimes in grain sorghum (*Sorghum bicolor* (L.) Moench). *World Journal Agricultural Science*, 6(5):499-505.
- Almodares, A., Hotjatabdy, R.H., & Mirniam, E. (2013). Effect of drought stres on biomass and carbohydrate contents of two sweet sorghum cultivars. *Journal of Environmental Biology*, 34(3):585-589.
- Amaducci, S., Amaducci, M.T., Benati, R., & Venturi, G. (2000). Crop yield and quality parameters of four annual fibre crops (hemp, kenaf, maize and sorghum) in the north of Italy. *Industrial Crops and Products*, 11(2-3):179-186.
- Aman, P. (1993). Composition and structure of cell wall polysaccharides in forages. In: Jung HG, Buxton DR, Hatfield RD, Ralph J. (Eds.), *Forage Cell Wall Structure and Digestibility*. ASA, CSSA, and SSSA, Madison, WI, pp. 183-199.
- AOAC. 1990. Association of Official Analytical Chemists. Official method of analysis. 15th ed. Washington, DC. USA, 66-88.
- Asay, K.H., Jensen, K.B., Waldron, B.L., Han, G., & Monaco, T.A. (2002). Forage quality of tall fescue cross an irrigation gradient. *Agronomy Journal*, 94(6):1337-1343.
- Boyer, J.S. (1982). Plant productivity and environment. *Science*, 218(4571):443-448.
- Caravetta, G.J., Cherney, J.H., & Johnson, K.D. (1990). Within-row spacing influences on diverse sorghum genotypes. 2. Dry matter yield and forage quality. *Agronomy Journal*, 82(2):210-215.
- Cattani, M., Guzzo, N., Mantovani, R., & Bailoni, L. (2017). Effects of total replacement of corn silage with sorghum silage on milk yield, composition,

- and quality. *Journal of Animal Science and Biotechnology*, 8(15):1-8.
- Chakravarthi, M.K., Reddy, Y.R., Rao, K.S., Ravi, A., Punyakumari, B., & Ekambaram B. (2017). A study on nutritive value and chemical composition of sorghum fodder. *International Journal of Science, Environment and Technology*, 6(1):104-109.
- Dweikat, I. (2014). Sorghum Diversity Paper. <http://agronomy.unl.edu/sweetsorghum>. Erişim Tarihi: 7 Temmuz 2014.
- FAO, Food and Agricultural Organization, (2011). Grassland Index. A searchable catalogue of grass and forage legumes. FAO.
- Gomes, S.O., Pitombeira, J.B., Neiva, J.N.M., & Candidado, M.J.D. (2006). Agronomic behavior and forage composition of sorghum cultivars in the State of Ceará. *Revista Ciência Agronômica*, 37(2):221-227.
- Habyarimana, E., Laureti, D., Ninno, M.D., & Lorenzoni, C. (2004). Performances of biomass sorghum [*Sorghum bicolor* (L.) Moench] under different water regimes in Mediterranean region. *Indian Crop Production*, 20(1):23-28.
- Hatfield, R.D. (1993). Cell wall polysaccharide interactions and digestibility. In: Jung HG, Buxton DR, Hatfield RD, Ralph J. (Eds.), Forage Cell wall Structure and Digestibility. ASA, CSSA, and SSSA, Madison, WI, pp. 285-313.
- Iyanar, K., Vijayakumar G., & Fazlullah Khan A.K. 2010. Correlation and path analysis in multicut fodder sorghum. *Electronic Journal of Plant Breeding*, 1(4):1006-1009.
- Jahanzad, E., Jorat, M., Moghadam, H., Sadeghpour, A., Chaichi, M.R., & Dashtaki, M. (2013). Response of a new and a commonly grown forage sorghum cultivar to limited irrigation and planting density. *Agricultural Water Management*, 117(1):62-69.
- Junior, M.A.P.O., Retore, M., Manarelli, D.M., de Souza, F.B., Ledesma, L.L.M., & Orrico A.C.A. (2015). Forage potential and silage quality of four varieties of saccharine sorghum, *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, 50(12):1201-1207.
- Kaiser, A.G., Plitz J.W., Burns H.M., & Griffiths N.W. (2004). Successful Silage. Dairy Australia NSW Department of Primary Industries, 468 p.
- Kanber, R. (1984). Çukurova koşullarında açık su yüzeyi buharlaşmasından (Class A Pan) yararlanarak birinci ve ikinci ürün yerfistiğinin sulanması. Bölge Toprak Araştırma Enstitüsü Yayınları, 114 (64), Tarsus.
- Kanber, R., & Güngör, H. (1986). Açık su yüzeyi (Class A Pan) buharlaşmasının sulama programlarının oluşturulmasında kullanılması. Köy Hizmetleri Araştırma Ana Projesi. 5 Nolu Ek Talimat. Bitki su Tüketiminin saptanması Ana Projesi No:433, Eskişehir, 1 s.
- Kaplan, M., Kara, K., Unlukara, A., Kale, H., Buyukkilic, S.B., Varol, I.S., Kizilsimsek, M., & Kamalak, A. (2019). Water deficit and nitrogen affects yield and feed value of sorghum sudangrass silage. *Agricultural Water Management*, 218(6):30-36.
- Karthikeyan, B.J., Babu, C., & Amalraj, J.J. (2017). Nutritive value and fodder potential of different sorghum (*Sorghum bicolor* L. Moench) cultivars. *International Journal of Current Microbiology Applied Science*, 6(8):898-911.
- Machado, L.C., Ferreira, W.M., & Scpinello, C. (2012). Apparent digestibility of simplified and semi-simplified diets, with and without addition of enzymes, and nutritional value of fibrous sources for rabbits. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 41(7):1662-1670.
- Mastorilli, M., Katerji, N., & Rana, G. (1999). Productivity and water use efficiency of sweet sorghum as affected by soil water deficit occurring at different vegetative growth stages. *European Journal of Agronomy*, 11(3-4):207-215.
- McKinley, B. A., Olson, S. N., Ritter, K. B., Herb, D. W., Karlen, S. D., Lu, F., & Mullet, J. E. (2018). Variation in energy sorghum hybrid TX08001 biomass composition and lignin chemistry during development under irrigated and non-irrigated field conditions. *PLoS One*, 13(4):e0195863.
- Munamava, M., & Riddoch, I. (2001) Responses of three sorghum (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) varieties to soil moisture stress at different developmental stages. *South African Journal Plant Soil*, 18(2):75-79.
- Naeini, S.Z., Khorvash, M., Rowghani, E., Bayat, A., & Nikousefat, Z. (2014). Effects of urea and molasses supplementation on chemical composition, protein fractionation and fermentation characteristics of sweet sorghum and bagasse silages alternative silage crop compared with maize silage in the arid areas. *Research Opinions in Animal and Veterinary Sciences*, 4(6):343-352.
- Neto, A.B., Pereira dos Reis R.H., Cabral L.da S., Abreu J G., Sousa D.P., Sousa F.G. 2017. Nutritional value of sorghum silage of different purposes. *Ciência e Agrotecnologia*, 41(3):288-299.
- Newman, M.A. (2014). Defining the energy and nutrient content of corn grown in drought-stressed conditions and determining the relationship between energy content of corn and the response of growing pigs to xylanase supplementation. MSc thesis submitted to the Iowa State University, Pp 5-25.
- Özbek, H., Dinç, U., & Kapur, S. (1974). Çukurova Üniversitesi Yerleşim Sahası Topraklarının Detaylı Etüd ve Haritası. Ç.Ü. Ziraat Fakültesi Yayın No: 23, Bilimsel Araştırma ve İncelemeler 8, Adana, 149 s.
- Perrier, L., Rouan, L., Jaffuel, S., Clément Vidal, A., Roques, S., Soutiras, A., & Luquet, D. (2017). Plasticity of sorghum stem biomass accumulation in response to water deficit: A multiscale analysis

- from internode tissue to plant level. *Frontiers in Plant Science*, 8(1516).
- Reddy, B., Kumar, A., & Ramesh, S. (2007). Sweet sorghum: a water saving bioenergy crop. ICRISAT, International Conference on Linkages Between Energy and Water Management for Agriculture in Developing Countries, January 29-30, 2007, IWMI, ICRISAT Campus, Hyderabad, India.
- Rodrigues, F.O., França A.F. de S., Oliveira R.de P., Oliveria, E.R. de., Rosa, B., Soares, T.V., & Mello, S.Q.S. (2006). Produção e composição bromatológica de quatro híbridos de sorgo forrageiro (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) submetidos através doses de nitrogênio. *Ciência Animal Brasileira*, 7(1):37-48.
- Sasani, S., Jahansooz, M.R., & Ahmadi, A. (2004). The effects of deficit irrigation on water-use efficiency, yield, and quality of forage pearl millet. Proceedings of the 4th International Crop Science Congress Brisbane, Australia, 26 Sep-1 Oct.
- Schroeder, J.W. (1994). Interpreting forage Analysis. Extension Dairy specialist (NDSU). AS-1080, North Dakota State University.
- Seif, F., Paknejad, F., Azizi, F., Kashani, A., & Shahabifar, M. (2016). Effect of different irrigation regimes and zeolite application on yield and quality of silage corn hybrids. *Journal of Experimental Biology and Agricultural Sciences*, 4(VIS):721-729.
- Silva, M. A., Jifon J.L., Da Silva, J.A.G., & Sharma, V. (2007). Use of physiological parameters as fast tools to screen for drought tolerance in sugarcane. *Brazilian Journal of Plant Physiology*, 19(3):193-201.
- Subramanian, S.K. (2013). Agronomical, physiological and biochemical approaches to characterize sweet sorghum genotypes for biofuel production. PhD Thesis, Kansas State University, USA.
- Tahir, G. M., Ul-Haq, A., Khaliq, T., Rehman, M., & Hussain, S. (2014). Effect of different irrigation levels on yield and forage quality of oat (*A. sativa* L.). *Applied Science Report*, 7(1):42-46.
- Tingting, X., Peixi S.U., Lishan S. (2010). Photosynthetic characteristics and water use efficiency of sweet sorghum under different watering regimes. *Pakistan Journal of Botany*, 42(6):3981-3994.
- Trulea, A., Vintila, T., Pop, G., Sumalan, R., Gaspar, S. (2013). Ensiling sweet sorghum and maize stalks as feedstock for renewable energy production. *Research Journal of Agricultural Science*, 45(3):193-199.
- Van Soest, P.J., Robertson, J.D., & Lewis, B.A. (1991). Methods for dietary fibre, neutral detergent fibre and non-starch polysaccharides in relation to animal nutrition. *Journal of Dairy Science*, 74(10):3583-3597.
- Yavuz, M.Y. (1993). Farklı sulama yöntemlerinin pamukta verim ve su kullanımına etkileri. Doktora Tezi, Çukurova Üniversitesi, Adana.
- Yurtsever, N. 1984. Deneysel İstatistik Metotları. Toprak ve Gübre Araştırma Enstitüsü Müd. Yay, Genel Yayın No: 56, Ankara.
- Yücel, C., Hatipoğlu, R., Dweikat, I., İnal, İ., Gündel, F., & Yücel, H. ve ark. (2018). Farklı tatlı sorgum (*Sorghum bicolor* var. *saccharatum* (L.) Mohlenbr.) genotiplerinin Çukurova ve GAP bölgelerinde biyo-etanol üretim potansiyellerinin saptanması. TÜBİTAK 1003, 114O945 nolu Proje Sonuç Raporu, 298 s.
- Yücel, C., & Erkan, M.E. (2020). Evaluation of forage yield and silage quality of sweet sorghum in the Eastern Mediterranean region. *Journal of Animal and Plant Science* (accepted to publishing, August-2020).
- Zerbini, E., & Thomas, D. (2003). Opportunities for improvement of nutritive value in sorghum and pearl millet residues in south Asia through genetic enhancement. *Field Crops Research*, 84(1-2):3-15.