



Improving of sweet sorghum (*Sorghum bicolor* (L.) Moench var. *saccharatum*) productivity and quality through nitrogen and potassium management[#]

Shiva Sadighfard^{1,a,*}, Hakan Geren^{2,b}

¹Tokat Gaziosmanpaşa University, Faculty of Agriculture, Department of Field Crops, 60250 Tokat, Türkiye

²Ege University, Faculty of Agriculture, Department of Field Crops, 35040 Bornova/Izmir, Türkiye

*Corresponding author

ARTICLE INFO	ABSTRACT
<p>[#]This article is a part of the first author's doctoral thesis. Research Article</p> <p>Received : 18/07/2022 Accepted : 05/09/2022</p> <p>Keywords: Sweet sorghum Fertilizer Crude Protein Forage yield Silage quality</p>	<p>Sweet sorghum, which is one of the bioethanol sources, has been increasing in importance in recent years. It is used in the production of bioethanol due to the high content of sugar in it. This study were carried out at Ege University, Faculty of Agriculture, Department of Field Crops, Izmir/Turkey on the experimental fields, two-factor coincidence plots were carried out in the form of a three-repeated potting experiment according to the trial pattern during the summer growth seasons of 2013 and 2014. Effects of different nitrogen (0, 50, 100, 150, 200 N ha⁻¹) and potassium (0, 50, 100, 150 kg K₂O ha⁻¹) levels of on ethanol yield of sweet sorghum were investigated, in the experiment. In the study, some traits were investigated such as plant height, dry matter yield, silage pH, crude protein content. The results of the experiment revealed significant effect of different N and K levels on growth, yield and some silage quality parameters. Increasing N and K levels increased plant height, dry matter yield, crude protein content and silage pH compared to the control (N0-K0) treatment. It is concluded that sweet sorghum crop performed better in N150-K100 level and hence recommended for further studies to authenticate higher forage yield and quality in the agroclimatic conditions of Izmir.</p>

Türk Tarım – Gıda Bilim ve Teknoloji Dergisi, 10(9): 1778-1788, 2022

Azot ve Potasyum Yönetimi ile Tatlı Sorgum (*Sorghum bicolor* (L.) Moench var. *saccharatum*)'da Verimlilik ve Kalitenin İyileştirilmesi[#]

MAKALE BİLGİSİ	ÖZ
<p>[#]Bu makale birinci yazarın doktora tezinin bir kısmından üretilmiştir.</p> <p>Araştırma Makalesi</p> <p>Geliş : 18/07/2022 Kabul : 05/09/2022</p> <p>Anahtar Kelimeler: Tatlı sorgum Gübre Ham Protein Ot verimi Silaj kalitesi</p>	<p>Tatlı sorgum yem bitkisi olarak hayvan beslenmesindeki önemi giderek artmaktadır. Farklı azot (0, 50, 100, 150, 200 kg N ha⁻¹) ve potasyum (0, 50, 100, 150 kg K₂O ha⁻¹) seviyelerinin tatlı sorgum verimliliği ve yem kalitesini artırmaya etkisini incelemek için 2013 ve 2014 yıllarında, İzmir/Bornova Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarla Bitkileri Bölümü deneme tarlasında yürütülmüştür. Çalışmada bitki boyu, kuru madde verimi, silaj pH'ı, ham protein içeriği gibi bazı özellikler araştırılmıştır. Deneme sonuçları, farklı N ve K seviyelerinin büyüme, verim ve bazı silaj kalite parametreleri üzerinde önemli bir etkisi olduğunu ortaya koymuştur. Kontrol (N0-K0) uygulamasına göre artan N ve K seviyeleri; bitki boyu, kuru madde verimi, ham protein içeriği ve silaj pH'sını yükseltmiştir. Tatlı sorgum bitkisinin N150-K100 oranlarında daha iyi performans gösterdiği ve bu nedenle İzmir yöresi tarımsal iklim koşullarında daha yüksek yem verimi ve kalitesinin doğrulanması için ileriki araştırmalarda önerilebileceği sonucuna varılmıştır.</p>

^a shiva.sadighfard@gop.edu.tr

^{ib} <http://orcid.org/0000-0003-0617-4856>

^b hakan.geren@ege.edu.tr

^{id} <http://orcid.org/0000-0003-0426-1120>



Giriş

Son zamanlarda küresel ısınma nedeniyle bir C4 bitkisi olan sorgumun önemi giderek artmaktadır (Gyawali ve ark., 2021; Visarada ve Aruna, 2019). Ülkemizde tarla tarımı içerisinde yeşil ot ve silaj amaçlı yetiştirilen bitkilerin başında sorgum ve mısır bitkisi gelmektedir (Geren ve Kavut, 2009). Tatlı sorgum, silajlık mısırın iklim ve toprak koşulların uygun olmadığı bölgelerde kaliteli alternatif kaba yem kaynağıdır (Pupo ve ark., 2022). Diğer taraftan Fazla sulama ve gübre ihtiyacı olmayıp, kuraklığa dayanıklı olması nedeniyle her iklim koşulunda yetişebilmektedir (Propheter ve ark., 2010). Sorgumun verimini ve kalitesini etkileyen en önemli faktörlerin başında Azot (N) ve potasyum (K) gelmektedir (Wang ve ark., 2017). Fakat bir çok araştırmacı sorgum bitkisinin verimini hızlı bir şekilde arttırmak için gübre ihtiyacının en uygun zamanda ve en uygun seviyede karşılanması gerektiğini belirtmişlerdir (Irshad ve ark., 2022). Azot ve potasyumun tatlı sorgum bitkisinin verimi üzerine olumlu etkilerinin olduğu yapılan çalışmalarda saptanmıştır (Ayoub ve ark., 2003; Almodares ve ark., 2008; Pholsen ve ark., 2001). Örneğin, Gajanan ve ark., (2016), tatlı sorgum bitkine uyguladıkları farklı azot dozlarında en yüksek bitki boyunu N150 kg/ha azot uygulamasından elde edildiğini belirtmişlerdir. Michael ve ark., (2016), (Dale ve Top 76-6) tatlı sorgum çeşitlerine uyguladıkları farklı azot dozlarında en yüksek kuru madde verimini 168 kg/ha azot dozunda elde etmişlerdir. Dahmardeh ve ark., (2015), tatlı sorguma uyguladıkları farklı seviyelerde potasyum doz çalışmalarında en yüksek bitki boyu, yaş biyokütle ve kuru madde (KM) verimini N150 dozundan elde edildiğini saptamışlardır. Kurai ve ark., (2015), tatlı sorgumda uyguladıkları farklı azot dozlarındaki çalışmalarında azot seviyesi yükseldikçe yaprak alan indeksinin de arttığını bildirmişlerdir. Hiroshi ve ark., (2015) ise sorgum bitkisinde azot seviyesi arttıkça kuru madde veriminde arttığını ve en yüksek kuru madde verimin N150 kg/ha dozunda elde edildiğini saptamışlardır. Hussein ve Ashok, (2014)'de tatlı sorgum bitkisinde farklı seviyelerde azot fosfor ve potasyum dozlarının etkisini araştırmışlardır. Bu araştırmacıların sonucuna göre NPK seviyesi yükseldikçe bitki boyu, yaprak alan indeksi, yaş biyokütle verimi ve KM veriminin de artmıştır. Khaled, (2013) 3 farklı tatlı sorgum çeşidine (CSH22SS, RSSV, SSV 84) uyguladıkları farklı azot dozlarındaki çalışmalarında en yüksek bitki boyu, yaprak alan indeksi ve kuru madde verimini N 150 kg/ha azot dozundan elde ettiklerini vurgulamışlardır. Wajid ve ark., (2007) tatlı sorguma uyguladıkları farklı azot dozlarındaki çalışmalarında sabit tutulan P ve K dozları

altında artan N dozlarının bitkilerde hücre sayısını çoğaltarak ve hücre boyutunu büyütürerek, sap üzerindeki boğum araların uzaması ve sonuçta bitki boyunun artmasına neden olduğunu vurgulamışlardır. Pholsen and Somsungnoen, (2004) yaptıkları çalışmada yemlik sorguma farklı dozlarda azot ve potasyum uygulamışlardır ve en yüksek ham protein verimi, kuru madde verimi, bitki boyu, yaprak alan indeksi 65 kg/da Azot ve 10 kg/da potasyum seviyelerinden elde ettiklerini vurgulamışlardır. Güler ve ark., (2003), tatlı sorgumda yaptıkları çalışmada kuru ve yeşil ot veriminin azot seviyesinin arttıkça verimlerin arttığını saptamışlardır. Sevimay ve ark., (2001), sorgum bitkisinde yaptıkları çalışmada, Azot oranlarının artışıyla birlikte bitki boyu (169-185 cm), yeşil ot verimi (2386-3163 kg/da) ve kuru ot verimi (783-909 kg/da), ham protein oranı (%5,3-8,9) ve veriminde (41,8-78,9 kg/da) artışlar kaydedildiğini belirtmişlerdir. Bu çalışmanın amacı, ikinci ürün koşullarında yetiştirilen tatlı sorgum bitkisinde N ve K yönetiminin yem verimi ve silaj kalitesinin iyileştirilmesi üzerine etkisini belirlemektir.

Materyal ve Yöntem

Bu çalışma Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarla Bitkileri Bölümü'nün deneme tarlalarında saksı denemesi (dış ortam) şeklinde, 2013 ve 2014 yıllarının yaz döneminde yürütülmüştür. İklim verileri İzmir Meteoroloji Bölge İstasyonu'ndan elde edilen iklim verilerinden yararlanılarak Çizelge 1'de sunulmuştur (Anonim, 2013; Anonim, 2014).

Denemede kullanılan toprak özellikleri Çizelge 2'de belirtilmiştir. Sonuçlar, araştırma toprağının kireççe fakir olduğunu ve suda eriyebilir tuz değerlerin bitki yetiştirmede sorun oluşturmayacağını göstermektedir. Deneme toprağının organik madde ve toplam azotça fakir düzeyde, faydalı P, K ve Ca miktarı bakımından sırasıyla fakir, noksan ve alt sınıra yakın normal olduğunu ortaya koymuştur (Kovancı, 1990). Bir başka ifadeyle, saksı denemesinde kullanılan toprak özellikleri, uygulanan N, P ve K seviyelerine olumlu tepki vereceği belirlenmiştir.

Denemede, Keller isimli tatlı sorgum genotipi kullanılmıştır. Bu deneme iki faktörlü tesadüf parselleri deneme desenine göre üç tekerrürlü olarak düzenlenmiştir ve 5 farklı azot (N0:0, N5:5, N10:10, N15:15 ve N20:20 kg/da) ile 4 değişik potasyum (K0:0, K5:5, K10:10 ve K15:15 kg/da) seviyesinin etkisi incelenmiştir. Çalışmada 5x4x3=60 adet saksı kullanılmıştır.

Çizelge 1. Araştırma Yerinin Bazı İklim Verileri.

Table 1. Some Climate Data of the Research Site.

	2013		2014		Çok Yıllık Ortalama	
	Sıcaklık (°C)	Yağış (mm)	Sıcaklık (°C)	Yağış (mm)	Sıcaklık (°C)	Yağış (mm)
Haziran	25,7	20,1	23,8	75,2	26,0	7,5
Temmuz	28,4	0	26,8	16,0	28,3	2,1
Ağustos	28,7	20,2	28,3	6,0	27,9	1,7
Eylül	24,0	5,1	23,0	18,6	23,9	19,9
Ekim	17,2	94,1	18,8	49	19,1	43,2
X- Σ	24,8	139,5	24,1	164,8	25,0	74,4

Çizelge 2. Araştırma Toprağının Bazı Fiziksel ve Kimyasal Özellikleri

Table 2. Some Physical and Chemical Properties of Experimental Soil

Özellikler	Değer
Kum (%)	80,2
Kil (%)	1,8
Mil (%)	18,0
Bünye	Tınlı kum
pH	5,83
Eriyebilir Toplam Tuz (%)	0,03
Kireç (%)	0,82
Organik Madde (%)	1,27
Toplam Azot (%)	0,092
Faydalı Fosfor (ppm)	1,14
Faydalı Potasyum (ppm)	40
Faydalı Kalsiyum (ppm)	1450

Denemede azot seviyesinin yarısı ekimle birlikte (üre), kalan yarısı ise, bitkiler 40-50 cm kadar boylandığında (amonyum nitrat) uygulanmıştır. Potasyum (K_2SO_4) seviyelerinin hepsi ekimle birlikte, tohumların 4-5 cm altına verilmiştir. Ayrıca tüm saksılara (kontrol dahil) 10 kg/da P_2O_5 uygulanmıştır. Tohumlar, her iki yıl 27 Haziran tarihinde ekilmiş ve tüm saksılar tarla kapasitesi kadar çeşme suyuyla sulanmıştır. Çıkışı garanti altına almak için her saksıya beş adet tohum ekimi yapılmış olup, bitkiler 8-10 boylandığında en kuvvetli olan iki bitki bırakılarak diğerleri yok edilmiştir. 4-5 günde bir saksılar tartılarak ve topraktaki su, tarla kapasitesinin %50'nin altına düştüğünde çeşme suyu ile sulama işlemi yapılmıştır. Saksı içinde çıkan yabancı bitkiler elle temizlenmiş, tatlı sorgum bitkisinin su ve besin maddesine ortak edilmemiştir. Çalışmamızda 20.08.2013 tarihinde görülmüş olan mısır kurdu (*Ostrinia nubilalis*) zararına karşı "alphacypermethrin" etkili maddesiyle sırt tipi pülverizatör ile ilaçlama yapılmıştır. Tatlı sorgumda biyokütle ve silaj özelliklerinin incelemek için salkımdaki tanelerin sarı olum (hamur olum) dönemi başlangıcında (Ağustos ayının birinci haftasının sonu) biçilmiştir (Chavan ve ark., 2009).

Bitki boyunun ölçümü için hasattan hemen önce, toprak seviyesi ile salkımın en uç noktası arasında kalan dikey mesafe cetvel yardımıyla ölçülmüştür (Anonim, 2010). Yaş biyokütle verimi için elde edilen yeşil aksam tartılmıştır (Anonim, 2010). Kuru madde (KM) oranı (%) ve verimi için yaş biyokütle verimi saptanan bitkiden örnek alınarak kurutma dolabında 48 saat $105^{\circ}C$ 'de kurutularak ve KM oranları hesaplanmıştır. KM oranları yaş biyokütle verimleriyle çarpılarak KM verimleri hesaplanmıştır (Anonim, 2010). Silaj pH'ını ölçmek için tüm yeşil bitki, laboratuvar tipi silaj parçalama makinesiyle 0,5-1 cm'lik boyutlarda kıyılmış, içlerine koruyucu amaçlı %0,5 oranında sofr tuzu serpilerek karıştırılmış (Kılıç, 1986) ve Grabb Testi ile saptanan kuru madde içerikleri %~30 civarına yükselineceye kadar da soldurulduktan sonra 250'şer gramlık partiler halinde özel naylon torba içine konup, vakum makinesi yardımıyla paketlenmiştir ve daha sonra karanlık ortamda 40 gün mayalanmaya bırakılmıştır. Mayalanma sürecini tamamlamış tatlı sorgum silaj örneklerinin pH değeri, bir pH-metre yardımıyla belirlenmiştir (Anonim, 2010). Hava kurusu hale getirilen tatlı sorgum silaj örneklerinin bünyesindeki ham protein

(HP) ve ham kül (HK) oranları, Bulgurlu ve Ergül (1978)'nin esaslarını açıkladığı Weende analiz Yöntemi ile gerçekleştirilmiştir. Elde edilen veriler iki faktörlü tesadüf parselleri deneme desenine uygun olarak varyans analizine tabi tutulmuş, farklılıklar LSD testi (%1) ile gruplandırılarak ve her çizelgenin alt bölümünde sunulmuştur.

Bulgular ve Tartışma

Bornova koşullarında ikinci ürün olarak yetiştirilen tatlı sorgumda, farklı N ve K seviyelerinin bitki boyuna etkisini gösteren ortalama değerler ve oluşan gruplar Çizelge 3'te sunulmuştur.

Çizelge 3'ün, 2013 yetiştirme dönemindeki verileri incelendiğinde, farklı N dozu uygulamalarının etkisiyle 4 farklı grup oluşmuş ve N seviyeleri ortalaması içinde rakamsal olarak en yüksek bitki boyu değeri 193,4 cm ile N15 uygulamasından elde edilirken, en düşük bitki boyu değeri 156,2 cm ile N0 (kontrol) uygulamasından elde edilmiştir. K ortalamaları arasında ise 4 farklı grup oluşmuş ve en yüksek boy değeri rakamsal olarak 194,3 cm ile K10, en düşük bitki boy değeri ise 163,4 ile K0 (kontrol) uygulamasında sağlanmıştır.

2014 yetiştirme döneminde N dozu uygulamalarının etkisiyle 3 farklı grup oluşmuş ve N seviyeleri ortalaması içinde en yüksek bitki boy değeri rakamsal olarak N20 (191,4 cm) uygulamasında saptanırken, en düşük bitki boy değeri N0 (152,1 cm) ve seviyesinde belirlenmiştir. K seviyelerinin ortalamalarına bakıldığında, en yüksek boy değeri rakamsal olarak K10 (192,7 cm) ve en düşük bitki boy değeri ise rakamsal olarak K0 (158,4 cm) uygulamasından elde edilmiştir.

Çalışmamızda her iki yıl tatlı sorgum bitkisine uygulanan azot seviyesi N0 seviyesinden N15 seviyesine kadar yükseltildiğinde bitki boylarının arttığı ancak N20 seviyesinde hafifçe düştüğü, buna karşılık N10 ile N15 ve N20 seviyelerinin arasında önemli bir farkın olmadığı saptanmıştır. Diğer taraftan bitkilere uygulanan potasyum seviyesi K0'dan K10 seviyesine yükseldiğinde bitki boylarının arttığı ancak K15 seviyesinde hafifçe düştüğü, fakat her iki yıl K10 ile K15 seviyeleri arasında önemli bir farkın olmadığı belirlenmiştir.

Bilindiği gibi azot, bitkilerde hücre sayısını artırarak ve hücre boyutunu büyütürken, sap üzerindeki boğum aralarının uzamasına ve sonuçta bitki boyunun artmasına neden olmaktadır (Wajid ve ark., 2007). Diğer taraftan, gelişme ortamında bulunan potasyum da, bitkinin daha fazla su almasını ve bünyesinde tutmasını sağladığından bitki boyu üzerine olumlu etki yapmaktadır. Ayrıca bitkiler, gereksinim duydukları potasyumun büyük bir bölümünü vejetatif gelişme döneminde almaktadırlar. Bu bilgiler ışığında, çalışmamızda, kontrol uygulamasına göre artan N ve K seviyelerinin tatlı sorgum boyu üzerinde olumlu etkileri saptanmıştır.

Benzer sonuçlar pek çok araştırmacı tarafından da vurgulanmıştır (Gajanan ve ark., 2016; Sujathamma ve ark., 2015; Sawargaonkar ve ark., 2013; Acar ve Akgün, 2009). Örneğin, Asgharipour ve Heidari, (2011), sorgum bitkisine uygulanan K dozunun (0-10-15-20-25 kg/da) yükselmesiyle bitki boyunun da arttığını ancak dekara 20 ile 25 kg K uygulaması arasında fark olmadığını bildirmiştir. Hossein ve Ashok, (2014), sorgumda NPK

dozunun yükselmesiyle bitki boyu arttığını, 0-0-0 NPK uygulamasında 74 cm olan bitki boyunun dekara 14-37-28 kg NPK uygulamasında 115 cm'ye yükseldiğini bildirmişlerdir. Girgin, (2012) Bornova ekolojik koşullarında, yazlık ikinci ürün olarak yetiştirdiği tatlı sorgumda, N0 (198 cm)'dan N22.5'e (225 cm) yükselen N seviyesinin bitki boyunu arttırdığını ancak bu seviyeden sonra verilen azotun boy değerlerini (210 cm) düşürdüğünü bildirmiştir.

Diğer taraftan Masebo ve Menamo, (2016)'da tatlı sorgumda N0P0 uygulamasında 140 cm olan bitki boyunun dekara 9 kg N ve 3 kg P uygulamasında 150 cm'ye yükseldiği, ancak N0P0 dozuyla aralarında fark olmadığını bildirmişlerdir. Khaled, (2013) Hindistan ekolojik koşullarında, değişik tatlı sorgum çeşitlerine uyguladıkları farklı azot dozlarının (0- 50-100-150 kg/ha) bitki boyu üzerinde önemli etkisinin bulunduğunu ve azot dozunun N0'dan N150 seviyesine yükseldiğinde bitki boyunun 230 cm'den 271 cm'ye çıktığını ifade etmiştir. Bulgularımız, yukarıdaki araştırmacıların sonuçlarıyla uyum içerisindedir. Zira çalışmamızda her iki yıl bitkilere uygulanan azot seviyesi arttığında bitki boyları da yükselmiş Fakat bu yükselişin N10 dozundan sonra istatistikî bakımdan bir

farklılık oluşturmadığı saptanmıştır. Dahmardeh ve ark., (2015) sorguma uygulanan potasyumun K0'dan K15 seviyesine yükseldiğinde bitki boyunun da 140 cm'den 156 cm'ye yükseldiğini fakat K10 ve K15 dozları arasında istatistikî anlamda fark bulunmadığını ifade etmişlerdir. Çalışmamızda benzer durum potasyum açısından da saptanmış olup, bitkilere uygulanan potasyum seviyesi K0'dan K10 seviyesine yükseldiğinde bitki boylarının yine arttığı ancak K15 seviyesinde hafifçe düştüğü, fakat her iki yıl K10 ile K15 seviyeleri arasında istatistikî açıdan bir farklılığın bulunmadığı kaydedilmiştir. Çalışmamızda besin elementlerinin bitki boyu üzerine etkisi, diğer araştırmacıların sonuçlarıyla uyumlu olmasına karşılık, bitki boyuna ilişkin sayısal değerlerimizin farklı olması, çalışmaların yürütüldüğü ekolojik koşulların farklı olmasına, kullanılan sorgum tür ve çeşitlerinin değişik kökenli olmasına, denemelerde kullanılan yöntem farklılıklarına (saksı denemesi, tarla denemesi, vb.) dayandırılmaktadır.

Bornova koşullarında ikinci ürün olarak yetiştirilen tatlı sorgumda, N ve K seviyelerinin yaş biyokütle verimine etkisini gösteren ortalama değerler ve oluşan gruplar Çizelge 4'te sunulmuştur.

Çizelge 3. 2013-2014 gelişme döneminde farklı N ve K seviyelerinin tatlı sorgumda bitki boyuna (cm) etkileri
Table 3. Effects of different N and K levels on plant height (cm) of sweet sorghum during 2013-2014 growth period

Yıl	Uygulamalar	K-0	K-5	K-10	K-15	Ortalamalar
2013	N-0	144,0	150,3	165,0	165,3	156,2 ^c
	N-5	157,8	177,9	186,2	180,6	175,6 ^b
	N-10	169,9	178,9	201,9	190,5	185,3 ^{ab}
	N-15	170,7	181,7	213,6	207,7	193,4 ^a
	N-20	174,4	182,6	204,9	196,5	189,6 ^{ab}
	Ortalamalar	163,4 ^c	174,3 ^{bc}	194,3 ^a	188,1 ^{ab}	180,0
	LSD (1%)	N:15,916	K:14,236	N×K:ÖD		CV(%):8
2014	N-0	136,1	146,0	162,9	163,5	152,1 ^c
	N-5	155,2	166,0	184,1	178,9	171,0 ^c
	N-10	157,3	176,5	199,9	188,4	180,5 ^{ab}
	N-15	168,1	180,9	211,5	205,3	191,5 ^a
	N-20	175,5	180,2	205,2	204,6	191,4 ^a
	Ortalama	158,4 ^b	169,9 ^b	192,7 ^a	188,1 ^a	177,3
	LSD (1%)	N:18,064	K:16,157	N×K:ÖD		CV(%):9,23

Aynı satır veya sütun içerisinde benzer harf ile gösterilen ortalamalar arasında LSD testine göre P<0,01 seviyesinde istatistiksel olarak önemli farklılık yoktur.

Çizelge 4. 2013-2014 gelişme döneminde N ve K seviyelerinin tatlı sorgumda yaş biyokütle verimine (g/bitki) etkileri
Table 4. Effects of N and K levels on fresh biomass yield (g/plant) of sweet sorghum during 2013-2014 growth period

Yıl	Uygulamalar	K-0	K-5	K-10	K-15	Ortalamalar
2013	N-0	247,8	267,8	283,5	274,5	268,4
	N-5	290,3	295,3	342,0	345,3	318,3
	N-10	307,8	322,8	354,5	346,2	332,8
	N-15	318,7	338,7	377,8	363,0	349,5
	N-20	329,5	350,3	360,3	358,7	349,7
	Ortalamalar	298,8	315,0	343,6	337,5	323,7
	LSD (1%)	N:10,937	K:9,299	N×K:20,794		CV(%):2,91
2014	N-0	227,0	252,3	273,0	276,0	257,1
	N-5	259,7	279,7	330,3	330,3	300,0
	N-10	287,7	306,0	344,0	341,7	319,8
	N-15	297,7	322,7	367,7	372,3	340,1
	N-20	312,7	335,3	351,0	353,3	338,1
	Ortalama	276,9	299,2	333,2	334,7	311,0
	LSD (1%)	N:8,407	K:7,519	N×K:16,814		CV(%):2,45

Aynı satır veya sütun içerisinde benzer harf ile gösterilen ortalamalar arasında LSD testine göre P<0,01 seviyesinde istatistiksel olarak önemli farklılık yoktur.

Çizelge 4 incelendiğinde, 2013 döneminde en yüksek yaş biyokütle verimi rakamsal olarak 377,8 g/bitki ile N15-K10 kombinasyonundan elde edilirken, en düşük biyokütle verim değeri 247,8 g/bitki ile N0-K0 uygulamasından elde edilmiştir. 2014 döneminde ise, en yüksek yaş biyokütle verimi 372,3 g/bitki ile N15-K15 kombinasyonundan elde edilirken, en düşük biyokütle verim değeri 227,0 g/bitki ile N0-K0 uygulamasından elde edilmiştir.

Çalışmamızın her iki yılda da tatlı sorgum bitkisine uygulanan N seviyesi N0 seviyesinden N15 seviyesine kadar yükseldiğinde yaş biyokütle veriminin de arttığı ancak N20 seviyesinde hafifçe düştüğü (istatistiki bakımdan önemli değil) saptanmıştır. Diğer taraftan bitkilere uygulanan potasyum seviyesi K0'dan K10 seviyesine yükseldiğinde yaş biyokütle verimlerinin de arttığı ancak K15 seviyesinde çok hafifçe düştüğü belirlenmiştir. Bu azalma miktarı da istatistiki anlamda önemli bulunmamıştır.

Tatlı sorgum bitkisinin gerek enerji bitkisi olarak kullanımında, gerekse hayvan besleme amacıyla kullanımında biyokütle verimi büyük önem taşımaktadır. Bilindiği gibi, bitkisel üretimde birim alan verimlerini kısa sürede yükseltmenin yollarından birisi de gübrelemedir (Kacar, 1986; Kacar ve Katkat, 1999). Özellikle azot, bitkilerde vejetatif gelişmeyi teşvik ederek (hücre sayısı ve hacmini artırması) verimin yükselmesine neden olmaktadır (Wajid ve ark., 2007). Benzer şekilde, gelişme ortamında bulunan yeterli potasyum seviyesi de, bitkinin daha fazla su almasını ve bünyesinde tutmasını sağladığından verim üzerine olumlu etki yapmaktadır.

Çalışmamızda N15-K10 uygulamasında elde edilen verim değerinin, kontrol uygulamasına göre %50 daha yüksek olduğu belirlenmiştir. Ayrıca, yaş biyokütle verimi bakımından K10 ve K15 seviyeleri altında N0'dan N15'e kadar artan verimlerin N20 seviyesinde istatistiki bakımından önemli olmayan bir azalış sergilemesi, çalışmamızda N15 seviyesinin bir kırılma noktası olduğunu göstermektedir. Diğer taraftan K10 ve K15 seviyeleri arasında da yaş biyokütle verimi açısından bir önemli bir fark olmaması, K10 seviyesinin ekonomik doz olarak değerlendirilmesine yol açmıştır.

Pek çok araştırmacı (Khaled, 2013; Hussein ve Ashok, 2014; Dahmardeh ve ark., 2015), sorguma artan seviyelerde verilen azotun yaş (taze) biyokütle verimini olumlu yönde etkilediğini vurgulamıştır. Masebo ve Menamo, (2016) sorguma uygulanan N ve P seviyeleri yükseldikçe, verimin kontrole göre 4,5 kat yükseldiğini belirtmişlerdir. Acar ve Akgün,(2009) Konya ekolojik koşullarında şeker darısı üzerinde yürüttükleri çalışmalarında, yüksek yeşil ot verimi eldesi için 15 kg/da N dozunun kullanılabileceğini ifade etmişlerdir. Michael ve ark., (2016) Missouri koşullarında yetiştirdikleri tatlı darı çeşitlerine beş farklı azot dozu (0, 56, 112, 168, 224 kg N/ha) uygulamışlardır. Her deneme yılında, incelenen tüm özellikler üzerinde azotun önemli etkilerinin saptandığını bildiren araştırmacılar, en yüksek verimlerin 168 kg/ha N uygulamasından sağlandığını belirtmişlerdir. Girgin, (2012) Bornova ekolojik koşullarında, tatlı sorguma uyguladığı farklı N seviyelerinin (0-7,5-15-22,5-30-37,5 kg/da) yaş biyokütle verimi üzerinde önemli etkisinin bulunduğunu, N0 seviyesinde 6008 kg/da olan

toplam yaş biyokütle veriminin, N22,5 dozunda 7823 kg/da yükseldiğini, ancak N30 ve N37,5 uygulamalarının verimi sırasıyla 6800 ve 6300 kg/da'a düşürdüğünü bildirmiştir. Khaled, (2013) Hindistan ekolojik koşullarında üç farklı tatlı sorgum çeşidine uygulanan dört farklı N dozunun (0- 50-100-150 kg/ha) yaş biyokütle verimi üzerinde önemli etkisinin olduğunu bildirmiş ve en yüksek verimin 15 kg/da N dozunda elde edildiğini ifade etmiştir.

Hussein ve Ashok, (2014) sorguma farklı dozlarda uygulanan NPK kombinasyonlarının (0:0-0-0, 1:36-8,4-32, 2:72-16,8-64, 3:144-33,6-28) yaş biyokütle verimini etkilediğini kontrol (0) uygulamasından üçüncü uygulamaya doğru NPK seviyesi yükseldikçe yaş biyokütle veriminin de (60,3 g'dan 107 g'a) arttığını ifade etmiştir. Asgharipour ve Heidari, (2011) Güney İran ekolojik koşullarında sorguma uyguladığı farklı K dozlarının (0-10-15-20-25 kg/da) biyokütle verimi üzerinde önemli etkisinin bulunduğunu, K0'dan K20 seviyesine kadar artan potasyum dozlarının verimi yükselttiğini, ancak K20 ile K25 dozu arasında önemli fark olmadığını vurgulamışlardır.

Dış ortam koşullarında ve saksı denemesi şeklinde yürüttüğümüz bu çalışmada, her iki yıl, tatlı sorguma uygulanan N15 ile K10 seviyelerinde en yüksek yaş biyokütle verimi saptanmıştır. Çalışmamızda incelenen besin elementlerinin (N ve K) tatlı sorgumun yaş biyokütle verimi üzerine olan etkileri, diğer araştırmacıların sonuçlarıyla uyumlu olmasına karşılık, verimlere ilişkin sayısal değerlerimiz çok farklıdır. Bu farklılığın temel nedeni denemelerin farklı ortamlarda (saksı, tarla, vb) yürütülmesinden kaynaklanmaktadır.

Bornova koşullarında ikinci ürün olarak yetiştirilen tatlı sorgumda, farklı N ve K seviyelerinin KM verimine etkisini gösteren ortalama değerler ve oluşan gruplar Çizelge 5'te sunulmuştur.

Çizelge 5 incelendiğinde, 2013 yetiştirme döneminde farklı azot seviyesi uygulamalarının etkisiyle 3 farklı grup oluşmuş ve farklı azot seviyeleri ortalaması içinde rakamsal olarak en yüksek KM verimi (90,9 g/bitki) ile N15 uygulamasından elde edilirken, en düşük KM verimi 81,5 g/bitki ile N0 uygulamalarından elde edilmiştir. Farklı potasyum ortalamaları arasında istatistiki olarak bir fark bulunmamıştır ve KM verimi genel ortalaması ise 84,8 g/bitki olarak kaydedilmiştir. 2014 yetiştirme döneminde farklı azot seviyesi uygulamalarının etkisiyle 4 farklı grup oluşmuş ve farklı azot seviyeleri ortalaması içinde rakamsal olarak en yüksek KM verimi değeri 90,2 g/bitki ile N15 uygulamasında saptanırken, en düşük kuru madde verimi değeri N0 (76,3 g/bitki) seviyesinde belirlenmiştir. Farklı K seviyelerinin ortalamaları arasında ise 2 farklı grup oluşmuş ve rakamsal olarak en yüksek KM verimi değeri K15 (88,9 g/bitki) ile K10 ve en düşük KM verimi değeri ise K0 (78,3 g/bitki) uygulamalarından elde edilmiştir.

Araştırma koşullarının çevresel etkilerine bağlı kalmaksızın, dünyanın her yerinde geçerli olarak, bitkilerin topraküstü üretimlerini saptamada güvenilir ve geçerli bir ölçüt olan KM verimleri, N ve K uygulamalarından önemli derece etkilenmiştir.

Çizelge 5. 2013-2014 gelişme döneminde farklı N ve K seviyelerinin tatlı sorgumda, kuru madde verimine (g/bitki) etkileri
Table 5. Effects of different N and K levels on dry matter yield(g/plant) of sweet sorghum during 2013-2014 growth period

Yıl	Uygulamalar	K-0	K-5	K-10	K-15	Ortalamalar
2013	N-0	80,2	82,9	81,2	81,7	81,5 ^b
	N-5	82,0	83,1	94,1	95,4	88,7 ^a
	N-10	84,3	87,7	90,7	90,4	88,3 ^a
	N-15	87,1	91,6	92,9	92,0	90,9 ^a
	N-20	87,6	93,3	80,3	81,2	85,6 ^{ab}
	Ortalamalar	84,2	87,7	87,8	88,1	87,0
	LSD (1%)	N:7,703	K:ÖD	N×K: ÖD		CV(%):8,02
2014	N-0	72,2	74,9	78,5	79,5	76,3 ^c
	N-5	72,6	78,6	92,5	89,1	83,2 ^b
	N-10	79,9	84,1	91,7	91,1	86,7 ^{ab}
	N-15	82,6	88,4	93,6	96,0	90,2 ^a
	N-20	84,4	90,6	86,9	88,7	87,6 ^{ab}
	Ortalama	78,3 ^b	83,3 ^b	88,7 ^a	88,9 ^a	84,8
	LSD (1%)	N:5,717	K:5,114	N×K: ÖD	CV(%):6,11	

Aynı satır veya sütun içerisinde benzer harf ile gösterilen ortalamalar arasında LSD testine göre $P \leq 0,01$ seviyesinde istatistiksel olarak önemli farklılık yoktur.

Çalışmamızda her iki yıl tatlı sorgum bitkisine uygulanan azot, N0 seviyesinden N15 seviyesine kadar yükseltildiğinde KM verimlerinin arttığı, ancak N20 seviyesinde KM veriminin hafifçe düştüğü saptanmıştır. Fakat istatistik olarak birinci yılda N5, N10, N15, N20 ve ikinci yılda N10, N15, N20 seviyelerin arasında önemli bir fark görülmemiştir. Diğer taraftan birinci yılda bitkilere uygulanan potasyum seviyesinin artışıyla KM verimi üzerine herhangi bir etki belirlenmemiş olmasına karşılık, ikinci yılda K0'dan K15 seviyesine çıktığında KM veriminin yükseldiği, ancak K15 ve K10 seviyeleri arasında önemli bir fark olmadığı saptanmıştır.

KM verimi, yaş biyokütle verimi ve KM oranı temel alınarak saptandığından, çalışmamızda da bu iki karakterin gösterdiği eğilimlerin etkisinde kaldığı anlaşılmıştır. Almodares et al. (2007 ve 2008), tatlı sorguma uygulanan N seviyesi yükseldikçe (200 kg/ha) KM veriminin de arttığını bildirmiştir. Michael ve ark., (2016), Missouri koşullarında değişik tatlı sorgum çeşitlerine uygulanan farklı N dozlarının (0-5,6-11,2-16,8-22,4 kg/da) KM verimi üzerine önemli etkisinin olduğunu ve 1680 kg/da'lık en yüksek KM verimine 16,8 kg/da N uygulamasının sağladığını, Khaled, (2013) ise, Hindistan ekolojik koşullarında değişik tatlı sorgum çeşitlerine uygulanan farklı N dozlarının (0-5-10-15 kg/da), KM verimi üzerine önemli etkisinin olduğunu ve 2465 kg/da'lık en yüksek KM verimini 15 kg/da N uygulamasından sağladığını belirtmişlerdir. Diğer taraftan Tamang ve ark., (2011) sorgum çeşitlerinde N0 dozunda 11,7 t/ha KM veriminin dekara 10,1 kg dozunda N uygulamasıyla 16,2 t/ha'a yükseldiğini, söz konusu dozdan dekara 16,8 kg N uygulamasına kadar ise KMV'nin düştüğünü belirtmişlerdir.

Hussein ve Ashok, (2014) sorgumda kontrol (NPK: 0-0-0) uygulamasında 31 g/bitki olan KM veriminin, dekara 14,4-3,36-2,8 kg NPK uygulamasıyla 50 gram/bitkiye yükseldiğini vurgulamışlardır. Hiroshi ve ark., (2015) Hindistan'da tatlı sorgumda N0 seviyesinde 12,9 t/ha olan en düşük KM veriminin dekara 15 kg N uygulamasıyla 20,3 t/ha'a yükseldiğini belirtmişlerdir. Dahmardeh ve ark., (2015) silajlık sorgum çeşitlerinde 16 t/ha'lık en yüksek KM veriminin dekara 10 kg ve 15 kg potasyum uygulamasından elde edildiğini bildirmişler ve bu iki doz arasında istatistiksel anlamda fark bulunmadığını da ifade etmişlerdir.

Pholsen ve Suksri, (2007) Kuzeydoğu Tayland ekolojik koşullarında yemlik sorgum bitkisine uygulanan farklı fosfor (0-3,75-7,5-15 kg/da P) ve potasyum (0-5,625-11,25- 22,5 kg/da K) seviyelerinin KM oranı üzerinde önemli ancak yüksek P ve K seviyelerinin KM verimi ve diğer verim özellikleri üzerinde önemli etkisinin olmadığını vurgulamışlardır. Pholsen ve Somsungnoen, (2004) Kuzeydoğu Tayland ekolojik koşullarında yemlik sorguma dekara 45 kg N ve 5 kg K uygulamasında 12,47 t/ha olan KM veriminin, 65 kg N ve 10 kg K'a artırılması karşısında 14,11 t/ha'a yükseldiğini bildirmişlerdir.

Bulgularımız ile yukarıdaki araştırmacıların sonuçları karşılaştırıldığında, sorgum bitkisine uygulanan azot ve potasyum dozlarının, kontrol uygulamasına göre artmasıyla, birim alan veya bitki başına elde edilen KM veriminin de yükseldiği sonucu ortaya çıkmaktadır. Ancak bu artışın genellikle dekara 15-20 kg azot veya 10-15 kg potasyum uygulamasından sonra sabit kaldığı veya gerilemeye başladığı da saptanmıştır. Yüksek azot dozlarının bitkiler üzerindeki olumsuz (hastalık, ölüm, vb) etkisi, yüksek potasyum dozlarının ise bitkilerin azot, kalsiyum ve manganez alımını olumsuz etkileyerek zarar vermesi, bu durağanlaşmanın veya gerilemenin temel nedenidir.

Diğer taraftan, çalışmamızda en yüksek KM verimine ulaşmamızı sağlayan N dozlarının, diğer araştırmacıların belirttiği dozların biraz daha geri pozisyonda kalmasının temel nedeni, çalışmaların saksı veya tarla koşullarında yürütülmesidir. Zira tarla koşullarında bitkilere uygulanan azotun bir kısmı sulama suyu ile toprağın derinlere gitmekte (mobil bir element olduğundan) ve bitkiler yararlanamamakta, bu nedenle daha yüksek bir doz uygulanmaktadır. Ancak saksı denememizde uygulanan su miktarı zaten hesaplanarak verildiğinden hiçbir kayıp olmamakta ve nispeten daha az bir N seviyesiyle bitkiler beslenebilmekte veya diğer etkileri gözlemlenebilmektedir.

Bornova koşullarında ikinci ürün olarak yetiştirilen tatlı sorgumda, farklı N ve K seviyelerinin ham protein (HP) oranına etkisini gösteren ortalama değerler ve oluşan gruplar Çizelge 6'da sunulmuştur. Çizelge 6 incelendiğinde, çalışmanın 2013 yetiştirme döneminde rakamsal olarak en yüksek HP oranı değeri %7,9 ile N20-K10 kombinasyonundan elde edilirken, en düşük HP oranı ise %4,9 ile N0-K0, N5-K0, N0-K5 ve N0-K15

uygulamalarından elde edilmiştir. 2014 döneminde de, rakamsal olarak en yüksek HP oranı %7,20 ile N20-K10 kombinasyonundan elde edilirken, en düşük HP oranı değeri %4,64 ile N0-K0 uygulamasından elde edilmiştir.

Çalışmamızdaki tatlı sorgum bitkilerinden elde edilen silaj yemi içindeki HP oranları üzerine, uygulanan azot ve potasyum seviyeleri arasında istatistikî anlamda önemli farkların olduğu belirlenmiştir. Her iki yıl, tatlı sorgum bitkisine uygulanan azot seviyesi N0'dan N20'ye yükseltildiğinde, HP oranının arttığı saptanmıştır. Diğer taraftan bitkilere uygulanan potasyum seviyesi K0'dan K10'a arttırıldığında HP oranlarının yine yükseldiği, ancak K10 ile K15 seviyesi arasında önemli bir farkın olmadığı belirlenmiştir. Birçok araştırmacı, bitkilere uygulanan N ve K miktarının artması durumunda bitki bünyesindeki HP miktarının da yükseldiğini bildirmişlerdir (Kacar, 1986; Salisbury ve Ross, 1992). Bulgularımız, bu araştırmacıların sonuçlarıyla desteklenmektedir. Özellikle potasyum, protein sentezinin yapıldığı yerlere taşınması, enzim aktivitesi ve elektrikî yük dengesinin sağlanmasında kilit rol oynaması nedeniyle protein oranı üzerinde çok etkilidir.

HP oranı üzerinde bitki organlarının (yaprak, sap, salkım) içerdiği azot kapsamı da önemli etki yapmaktadır. HP oranı üzerinde arttırıcı bir etki ortaya çıkarmaktadır. Tarla koşullarında bol ışık altında yetişen tatlı sorgum yapraklarının her iki yüzeyinde oluşan palizat hücrelerinin verilen N ve K sayesinde sayıca artışı, sünger parankima dokusu oluşumunu gerilediğinden, hücreler arası boşluklar azalmakta ve bu da HP oranının yükselmesine neden olmaktadır (Salisbury ve Ross, 1992).

Girgin, (2012) tatlı sorgumda N0 (kontrol) dozunda %4,61 olan HP oranının, dekara 30 ve 37,5 kg N uygulamasıyla %6,56'ya yükseldiğini, N30 ile N37,5 arasında fark olmadığını ifade etmiştir. Sevimay ve ark., (2001) Ankara şartlarında silaj sorgum çeşitlerine uygulanan N dozlarının (0-5-10-15 kg/da) HP oranı üzerine önemli etkilerinin olduğunu belirtmişler, N0 uygulamasında %5,3

olan HP oranının, N15'te %8,9'a yükseldiğini ve en uygun N dozunun dekara 15 kg olduğunu bildirmişlerdir. Abou-Amer ve Kewan, (2014) tarafından Güney İskenderiye/Mısır koşullarında yetiştirilen sorguma 0-24-29 kg/da N ile 0-7-9,5 kg/da P uygulanmıştır. N0P0 uygulamasında %7,7 olan HP oranının, uygulanan N ve P seviyesinin yükselmesine paralel olarak artış gösterdiğini ifade eden araştırmacılar, dekara 29 kg N ile 9,5 kg P uygulamasının en yüksek HP (%11,5) oranı sağladığını da bildirmişlerdir. Pholsen ve Somsungnoen, (2004) Kuzeydoğu Tayland ekolojik koşullarında yemlik sorguma dekara 45 kg N+5 kg K uygulamasında %7,8 olan HP oranının, 65 kg N+10 kg K'a arttırılması durumunda %8,3'e yükseldiğini bildirmişlerdir. Mirlohi ve ark., (2000) İsfahan koşullarında sorgum çeşitlerine dekara 30 kg olarak uygulanan azotun 50 kg'a çıkarılmasıyla HP oranının %5,9'dan %6,8'e yükseldiğini saptamışlardır.

Çalışmamızda N ve K elementlerinin HP oranına etkisi, diğer araştırmacıların sonuçlarıyla uyumlu olmasına karşılık, sayısal değerlerimizin farklı olması, çalışmaların yürütüldüğü bölgenin toprak ve iklim koşullarının farklı olmasına, kullanılan sorgum çeşitlerinin değişik kökenli olmasına ve kullanılan yöntemlerin (saksı denemesi, tarla denemesi, vb.) farklı olmasından kaynaklanmaktadır.

Bornova koşullarında ikinci ürün olarak yetiştirilen tatlı sorgumda, farklı N ve K seviyelerinin ham kül (HK) oranına etkisini gösteren ortalama değerler ve oluşan gruplar Çizelge 7'de sunulmuştur.

Çizelge 7'nin HK oranına ilişkin verileri incelendiğinde, 2013 yetiştirme döneminde farklı azot dozu uygulamalarının etkisiyle 5 farklı grup oluşmuş ve farklı azot seviyeleri ortalaması içinde rakamsal olarak en yüksek HK oranı değeri sırasıyla N20 (%7,6) uygulamasında saptanırken, en düşük HK oranı değeri N0 (%5,1) seviyesinde belirlenmiştir. birinci yıl K seviyesi genel ortalaması ise %6,2 olarak kaydedilmiştir. 2014 yetiştirme döneminde ise azot ve potasyum seviyelerinin HK oranı genel ortalama değeri %5,8 olarak kaydedilmiştir. Çalışmamızın birinci yılda N0'dan N20 seviyesine çıktığında HK oranı değerinin yükseldiği saptanmış, ikinci yılda ise bitkilere uygulanan N ve K seviyelerinin artışıyla HK oranı üzerine herhangi bir etki belirlenmemiştir.

Çizelge 6. 2013-2014 gelişme döneminde N ve K seviyelerinin tatlı sorgumda ham protein oranına(%) etkileri
Table 6. Effects of N and K levels on crude protein content (%) of sweet sorghum during 2013-2014 growth period

Yıl	Uygulamalar	K-0	K-5	K-10	K-15	Ortalamalar
2013	N-0	4,9	4,9	5,1	4,9	4,9
	N-5	4,9	5,1	5,1	5,1	5,1
	N-10	5,6	5,5	5,7	5,7	5,6
	N-15	6,0	6,4	6,6	6,7	6,4
	N-20	6,8	7,3	7,9	7,7	7,4
	Ortalamalar	5,6	5,8	6,1	6,0	5,9
	LSD (1%)	N:0,187	K:0,168	N×K:0,375		CV(%):2,88
2014	N-0	4,6	4,6	4,6	4,6	4,6
	N-5	4,7	4,7	4,8	5,3	4,9
	N-10	4,8	5,2	6,1	6,2	5,6
	N-15	5,3	6,0	7,1	6,5	6,2
	N-20	5,4	6,2	7,2	6,8	6,4
	Ortalama	4,97	5,39	5,99	5,94	4,9
	LSD (1%)	N:0,118	K:0,105	N×K:0,235		CV(%):3,26

Aynı satır veya sütun içerisinde benzer harf ile gösterilen ortalamalar arasında LSD testine göre $P \leq 0,01$ seviyesinde istatistiksel olarak önemli farklılık yoktur.

Çizelge 7. 2013-2014 gelişme döneminde N ve K seviyelerinin tatlı sorgumda ham kül oranına (%) etkileri
 Table 7. Effects of N and K levels on crude ash content (%) of sweet sorghum during 2013-2014 growth period

Yıl	Uygulamalar	K-0	K-5	K-10	K-15	Ortalamalar
2013	N-0	4,7	5,1	5,3	5,4	5,1 ^d
	N-5	4,9	5,3	5,7	5,8	5,4 ^{cd}
	N-10	6,2	6,2	6,3	6,4	6,3 ^{bc}
	N-15	6,4	6,5	6,6	6,8	6,6 ^{ab}
	N-20	7,0	7,2	7,5	8,6	7,6 ^a
	Ortalamalar	5,8	6,1	6,3	6,6	6,2
	LSD (1%)	N:1,119	K:ÖD	N×K:ÖD		CV(%):16,34
2014	N-0	5,1	5,2	5,3	5,3	5,2
	N-5	5,4	5,4	5,5	5,5	5,5
	N-10	5,5	5,7	5,7	6,0	5,7
	N-15	5,8	6,0	6,6	6,5	6,2
	N-20	6,1	6,2	6,5	6,9	6,4
	Ortalama	5,6	5,7	5,9	6,0	5,8
	LSD (1%)	N:ÖD	K:ÖD	N×K:ÖD		CV(%):10,17

Aynı satır veya sütun içerisinde benzer harf ile gösterilen ortalamalar arasında LSD testine göre $P \leq 0.01$ seviyesinde istatistiksel olarak önemli farklılık yoktur.

Nitekim Girgin, (2012) Bornova ekolojik koşullarında tatlı sorguma artan dozlarda uyguladığı azotun, HK oranı (%7,01-7,62) üzerine önemli etkisinin bulunmadığını bildirmiştir. Aynı ekolojide çalışan Geren ve ark., (2011) ise tatlı sorgumda HK oranını ortalama %6,6 olarak bildirmişlerdir. Bitkilerde, hücre fonksiyonlarının etkinliği açısından hayati rolü olan nükleoproteinlerin yapısında yer alan, oksijenin taşınmasında, vb. gibi birçok olayda etkili olan mineralleri içeren HK, KM'nin yakılmasından sonra geriye kalan ve yanmayan fraksiyondan ibarettir. Bir başka deyişle, analiz sonucunda saptanan HK'ü oluşturan mineral maddeler veya inorganik maddeler, makro ve mikro olmak üzere iki guruptan oluşmakta, hayvansal organizmalar tarafından sentezlenmeleri mümkün olmadığından, mutlaka dışarıdan alınması gereken maddeleri temsil etmektedir. Tüm iz element analizlerinde temel veriyi oluşturan ve genel olarak, ılıman bölgelerde yetişen yem bitkilerinde yeterli düzeyde bulunan ham kül içeriğinin artırılması, bu özelliğın topraküstü biyokütle verimiyle arasındaki antagonistik ve sinergistik ilişkilerden dolayı, yem bitkileri ıslahında temel amaçlardan birini oluşturmaktadır (Özyiğit ve Bilgen, 2006; Salisbury ve Ross, 1992).

Hayvan beslemede büyük öneme sahip olan HK oranının; çalışmamızda artan N ve K seviyeleri karşısında istatistikî bakımdan önemli olmayan hafif yükseldiği ancak ilk yıl N seviyeleri arasında önemli farklılık da saptanmıştır. Ham kül oranına ait bu karmaşık varyasyonun polifaktöriyel etkilerden kaynaklandığı kuşkusuzdur (Avcioglu ve ark., 2009). Örneğın, topraktaki mineral birikimlerin mevsimsel değişiklikleri, minerallerin karşılıklı etkileşimleri sonucu, bitkiler tarafından alımlarının çok değişken olabilmesi, tarımsal uygulamaların mevsimin koşullarına göre farklı sonuç vermesi ve yine minerallerin iklime bağlı olarak taşınmalarının değişmesi, bu faktörler arasında sayılabilmektedir. Nitekim basit bir HK analizi ile bu varyasyonların açıklanmaya çalışılması rasyonel bir yaklaşım sayılamayacaktır. Ancak çalışmamızda en üst HK içeriğine ulaşan N ve K birleşiminin belirlenmesi, amaca ulaşmak açısından yeterli görülmektedir.

İptaş ve ark., (1997) tarafından Tokat-Kazova sulu koşullarında ana ürün olarak yetiştirilen sorgum x sudanotu melezine, ekimle birlikte 3-6-9-12 kg/da N ve birinci

biçimden sonra 3-6-9-12 kg/da N uygulaması incelenmiş ve ekimle beraber 9 kg/da N ve ilk biçimden sonra 6 kg/da N dozu uygulamasının (%12,2) kontrole göre (%11,1), bitkilerdeki HK oranının yükselmesine neden olduğu belirtilmiştir. Clegg et al. (1986), Nebraska-ABD şartlarında tatlı sorgum çeşitlerinin ortalama HK oranının %4,6-6,6 arasında değiştiğini ifade etmiştir.

Bornova koşullarında ikinci ürün olarak yetiştirilen tatlı sorgumda, farklı N ve K seviyelerinin silaj pH değerine etkisini gösteren ortalama değerler ve oluşan gruplar Çizelge 8'de sunulmuştur.

Çizelge 8'in pH değerine ilişkin verileri incelendiğinde, 2013 yetiştirme döneminde farklı azot seviyesi uygulamalarının etkisiyle 3 farklı grup oluşmuş ve farklı azot seviyeleri ortalaması içinde rakamsal olarak en yüksek pH 4,76 ile N20 uygulamasından elde edilirken, en düşük pH 4,32 ile N0 uygulamasından elde edilmiştir. Farklı potasyum seviyelerinin genel ortalaması ise 4,57 olarak saptanmıştır.

2014 yetiştirme döneminde farklı azot seviyesi uygulamalarının etkisiyle 3 farklı grup oluşmuş ve farklı azot seviyeleri ortalaması içinde rakamsal olarak en yüksek pH değeri 4,54 ile N20 uygulamasında saptanırken, en düşük pH değeri N0 (4,09) ve N5 (4,28) seviyelerinde belirlenmiştir. Farklı K seviyelerinin ortalamaları arasında ise bir grup oluşmuş ve istatistikî olarak seviyeler arasında fark bulunmamaktadır.

Çalışmamızda tatlı sorgum bitkisinin diğer bir kullanım amacı olan silajlık yem bitkisi özelliği değerlendirilmiştir. Silolanabilen yem bitkilerinde en önemli parametre de silaj pH'dır. Saksı denememizden elde edilen tatlı sorgum bitkilerinin silolanmasıyla elde edilen pH değerlerimizin, her iki yıl tatlı sorgum bitkisine uygulanan azot seviyesi N0 seviyesinden N20 seviyesine kadar yükseltildiğinde arttığı, buna karşılık istatistikî olarak birinci yılda N5, N10, N15, N20 ve ikinci yılda N10, N15, N20 arasında önemli bir farkın olmadığı saptanmıştır. Ancak silaj pH değerlerinin yükselmesi silaj kalitesinin düştüğünü ifade etmektedir. Diğer taraftan bitkilere uygulanan potasyum her iki yılda K0'dan K15 seviyelerine yükseldiğinde pH değerinin rakamsal olarak yükseldiği ve ikinci yılda istatistikî olarak K0'dan K15e kadar önemli bir farkın olmadığı saptanmıştır.

Çizelge 8. 2013-2014 gelişme döneminde farklı N ve K seviyelerinin tatlı sorgumda, silaj pH değerine etkileri.

Table 8. Effects of different N and K levels on silage pH of sweet sorghum during 2013-2014 growth period.

Yıl	Uygulamalar	K-0	K-5	K-10	K-15	Ortalamalar
2013	N-0	4,20	4,27	4,40	4,40	4,32 ^b
	N-5	4,47	4,53	4,53	4,57	4,53 ^{ab}
	N-10	4,57	4,60	4,63	4,57	4,59 ^{ab}
	N-15	4,63	4,57	4,70	4,73	4,66 ^a
	N-20	4,70	4,70	4,80	4,83	4,76 ^a
	Ortalamalar	4,51	4,53	4,61	4,62	4,57
	LSD (1%)	N:0,473	K:ÖD	N×K:ÖD		CV(%) :9,08
2014	N-0	3,93	4,13	4,13	4,17	4,09 ^b
	N-5	4,13	4,33	4,33	4,33	4,28 ^b
	N-10	4,17	4,40	4,43	4,33	4,33 ^{ab}
	N-15	4,33	4,33	4,50	4,53	4,43 ^{ab}
	N-20	4,47	4,47	4,60	4,63	4,54 ^a
	Ortalama	4,21 ^a	4,33 ^a	4,40 ^a	4,40 ^a	4,34
	LSD (1%)	N:0,428	K:0,382	N×K:ÖD		CV(%) :8,84

Aynı satır veya sütun içerisinde benzer harf ile gösterilen ortalamalar arasında LSD testine göre $P \leq 0,01$ seviyesinde istatistiksel olarak önemli farklılık yoktur.

Girgin, (2012) Bornova ekolojik koşullarında tatlı sorguma artan dozlarda uyguladığı azotun, silaj pH değerlerini önemli derecede yükselttiğini (3,70'den 3,86'ya, bir başka ifadeyle silaj kalitesini olumsuz etkilediğini) vurgulamıştır. Buna karşılık Mirlohi ve ark., (2000) Isfahan koşullarında sorgum çeşitlerine dekara 30 kg olarak uygulanan azotun 50 kg'a çıkarılmasıyla silaj pH değerinin 5,75'ten 5,42'ye düştüğünü ifade etmişlerdir.

Silo yemlerinin mayalanma sonucu oluşan asitler nedeniyle yeterince ekşiyip-ekşimediğini gösteren en önemli karakterlerden biri olan pH değerleri; çalışmamızdaki tatlı sorgum bitkilerine verilen N seviyesi yükseldikçe, hafif bir yükselme eğilimine girmiştir, yani asitlik derecesi azalmıştır. Bir başka ifadeyle, uygulanan N seviyesinin artması mayalanmayı olumsuz yönde etkilemiştir. Bunun nedeni azot seviyesinin artmasına paralel olarak tatlı sorgum bünyesindeki şeker oranının da düşmesidir. pH değeri de, bünyedeki şeker oranına sıkıca bağlı olması nedeniyle düşmüştür.

Çalışmamızda tatlı sorgum bitkilerine uygulanan K seviyesi yükseldikçe, ilk yıl önemsiz, fakat ikinci yıl pH derecesi üzerine önemli etkisi olduğu saptanmıştır. Daha önce de değinildiği gibi, bitkilere uygulanan potasyum, bünyedeki kalite unsurlarını da iyileştirdiğinden, şeker oranı yükselmiş, buna karşılık pH derecesi düşmüş, yani, bir diğer ifadeyle, şeker oranının yükselmesi mayalanmayı da olumlu bir şekilde etkilemiştir.

Yem bitkilerinin silaj yapımı amacıyla hasatlarında, bitki bünyesindeki karbonhidrat kaynağının mol ağırlığı ne kadar düşüğe (basit şeker), bunun fermentasyona uğratarak, asit oluşturulması da o kadar kolay ve yüksek olur. Yani nişasta, sellüloz veya dekstrin gibi polisakkaritlerin bu süreçte kullanılma olanağı çok sınırlıdır (McDonald ve ark., 1991). Silaj süresince süt asidi bakterileri için oluşturulmuş olan oksijensiz (anaerob) koşullar korunmaya çalışılır. Bu süre sonunda yem yığını içindeki pH artık stabil hale gelerek, istenen ekşime en üst düzeye ulaşır ve son bulur. Zira yeterli süt asidi bakterisi fermentasyonu da en üst sınıra ulaşmış durumdadır. Süt asidi mükemmel bir koruyucu (konservatif) etkiye sahip olduğundan, işlem sonucunda yem de uzun süre saklanabilir bir özellik kazanmış olur (Comberg, 1974; Woolford, 1984). Çalışmamızda, tatlı sorgum bitkilerine uygulanan N ve K seviyeleri pH

değerleri üzerine önemli etkileri saptanmış olup, bu etkinin doğrudan değil, şeker oranı üzerinden, yani dolaylı bir etkinin olduğu belirlenmiştir. Geren ve ark., (2011) tarafından Bornova ekolojik koşullarında yürütülen bir denemede, tatlı sorgumda ortalama silaj pH değerinin 3.72 olduğu ifade edilmiştir.

Sonuç

İkinci ürün koşullarında yetiştirilen tatlı sorgum bitkisinde N ve K yönetiminin yem verimi ve silaj kalitesinin iyileştirilmesi üzerine etkisini belirlemek amacıyla yürütülen çalışmada, dekara 15 N ve 10 kg K₂O uygulamasından daha yüksek ot verimi ve kalitesi sağlanmıştır. Çalışmamızda tatlı sorgum bitkilerine uygulanan K ve N seviyesi sırasıyla silaj kalitesini olumlu ve olumsuz yönde etkilemiştir. bitkilere uygulanan potasyum şeker oranı yükselmiş, buna karşılık pH derecesi düşürmüştür. Diğer taraftan bitkilere uygulanan N bitkideki şeker oranını düşürerek pH derecesini yükseltmiştir. fakat buna karşılık istatistikî olarak birinci yılda N5, N10, N15, N20 ve ikinci yılda N10, N15, N20 arasında önemli bir farkın olmadığı saptanmıştır.

Teşekkür

Bu tez projesi 2013-ZRF-026 kod numarası ile Ege Üniversitesi Rektörlüğü Bilimsel Araştırma Projeleri Komisyonu tarafından desteklenmiş olup, teşekkürlerimizi sunarız.

Kaynaklar

- Abou-Amer A I, and Kewan K Z. 2014. Effect of NP fertilization levels on Sorghum (*Sorghum bicolor* L.) yield and fodder quality for animals. Alex. J. Agric. Res, 59(1): 51-59.
- Acar R, ve Akgün N. 2009. Şeker darısının (*Sorghum bicolor* (L.) Moench var. saccharatum) yeşil ot verimi ve verim öğelerine farklı azot dozlarının etkisi. Türkiye 8. Tarla Bitkileri Kongresi. 19-22 Ekim, Hatay. 1: 637-640.
- Almodares A, Taheri R, Chung I M, and Fathi M. 2008. The effect of nitrogen and potassium fertilizers on growth parameters and carbohydrate contents of sweet sorghum cultivars. J. Environ. Biol. 29: 849-852. ISSN : 0254-8704.

- Anonim. 2010. Tarımsal değerleri ölçme denemeleri teknik talimatı, T.C. Tarım Ve Köyişleri Bakanlığı Tohum Tescil ve Sertifikasyon Merkezi, Sorgum (*Sorghum* spp.). 13.
- Anonim. 2013. İklim Verileri, İzmir Meteoroloji İstasyonu, İzmir.
- Anonim. 2014. İklim Verileri, İzmir Meteoroloji İstasyonu, İzmir.
- Asgharipour M R, and Heidari M. 2011. Effect of potassium supply on drought resistance in sorghum: Plant growth and macronutrient content. Pakistan Journal of Agriculture Sciences. 48(3): 197-204. ISSN: 0552-9034.
- Avcıoğlu R, Geren H, ve Kavut Y T. 2009. Yembitkileri, 'Buğdaygil ve diğer familyalardan yembitkileri'. bölüm 23.1 sorgum, sudanotu ve sorgum x sudanotu melezi. T.C Tarım ve Köyişleri Bakanlığı. TÜGEM. 3: 680-701.
- Ayub M, Ather Nadeem M, Tanveer A, Husnain A . 2003. Effect of different levels of nitrogen and harvesting times on the growth: yield and quality of sorghum fodder. Asian J. Plant Sci. 4(1): 304-307. ISSN:1812-5697.
- Bulgurlu Ş, ve Ergül M. 1978. Yemlerin fiziksel, kimyasal ve biyolojik analiz metodları. Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları, Bornova-İzmir. 127: 58-76.
- Chavan U D, Patil J V, and Shinde M S. 2009. An assessment of sweet sorghum cultivars for ethanol production. Sugar Tech. 11(4): 319-323.
- Clegg M D, Gorz H J, Maranville J W, and Haskins F A. 1986. Evaluation of agronomic and energy traits of Wray sweet sorghum and the N39 x Wray hybrid. Energy in Agriculture. 5: 49-54. <https://digitalcommons.unl.edu/agronomyfacpub>.
- Comberg G. 1974. Gärfutter: Betriebswirtschaft, Erzeugung, Verfütterung, Verlag Eugen Ulmer Stuttgart. Gerokstraße 19, Printed in Germany. 260. ISBN:3-8001-4321-6.
- Dahmardeh K, Rad M R P, Rad M N, and Hadizadeh M. 2015. Effects of potassium rates and irrigation regimes on the yield of forage sorghum in arid regions. International Journal of Agronomy and Agricultural Research. 6(4): 207-212. ISSN: 2223-7054 (Print) 2225-3610 (Online).
- Gajanan L, Sawargaonkar, and Suhas P W. 2016, Nitrogen response of sweet sorghum genotypes during rainy season. Current Science, 110(9): 1699-1703. Doi: 10.18520/cs/v110/i9/1699-1703.
- Geren H, ve Kavut Y T. 2009. İkinci ürün koşullarında yetiştirilen bazı sorgum (*Sorghum* sp.) türlerinin mısır (*Zea mays* L.) ile verim ve silaj kalitesi yönünden karşılaştırılması üzerine bir araştırma. Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi. 46(1): 9-16. ISSN: 1018-8851 / 2548-1207.
- Girgin V Ç. 2012. Bornova koşullarında ikinci ürün olarak yetiştirilen tatlı sorgum (*Sorghum bicolor* L.)'da farklı azot dozlarının bazı tarımsal ve teknolojik özelliklere etkisi üzerinde araştırma. Ege Üniversitesi Fen bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans tezi. 42.
- Güler M, Yılmaz Ş, Gül İ, Akdoğan G, ve Emeklier H Y. 2003.. Azotlu gübre dozları ve sıra arası açıklığının Ankara koşullarında silaj sorgumun bazı morfolojik ve agronomik özelliklerine etkisi. Türkiye 5.Tarla Bitkileri Kongresi. 2: 281-286.
- Gyawali B, Younas M, Barozai Kh, and Naseer Aziz A. 2021. Comparative expression analysis of microRNAs and their targets in emerging bio-fuel crop sweet sorghum (*Sorghum bicolor* L.). Plant Gene's Journal. 26: 100274. Doi: 10.1016/j.plgene.2021.100274.
- Hiroshi U, Takeshi W, Karri R, Kanwar L S, Subramanian M, Suhas P W, and Osamu I. 2015. Dynamics of fertilizer nitrogen applied to sweet sorghum (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) in the semi-arid tropics. JARQ. 49(4): 409-418. ISSN: 00213551.
- Hiroshi U, Takeshi W, Karri R, Kanwar L S, Subramanian M, Suhas P W, and Osamu, I. 2015. Dynamics of fertilizer nitrogen applied to sweet sorghum (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) in the semi-arid tropics. JARQ. 49(4): 409-418. Doi: 10.6090/jarq.49.409.
- Hussein M M, and Ashok K A. 2014. Growth, yield and water use efficiency of forage sorghum as affected by NPK fertilizer and deficit Irrigation. American Journal of Plant Sciences. 5: 2134-2140. Doi: 10.4236/ajps.2014.513225.
- Irshad A, Guanglong Z, Guisheng Z, Xudong S, Muhi Eldeen H I, and Ebtehal Gabralla I S. 2022. Effect of N on Growth, Antioxidant Capacity, and Chlorophyll Content of Sorghum. Journal of Agronomy. 12 (501): 1-11. Doi.org/10.3390/agronomy12020501.
- İptaş S, Yılmaz M, ve Aktaş A. 1997 Tokat ekolojik koşullarında sorgum-sudanotu melezinde ekim normu ve azotlu gübre uygulamalarının verim ve kaliteye etkisi Türkiye 2.Tarla Bitkileri Kongresi. 22-25 Eylül, Samsun, 477- 481.
- Kacar B. 1986. Gübreler ve gübreleme tekniği (III. basım), T.C. Ziraat Bankası Kültür Yayınları. 20: 439.
- Kacar B. ve Katkat V. 1999. Gübreler ve Gübreleme Tekniği. Uludağ Üniversitesi Güçlendirme Vakfı. 20:531. ISBN 975-564-084-3, 144
- Khaled M. 2013. Effect of different nitrogen levels on growth, productivity and bioethanol production of sweet sorghum (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) genotypes. Seed and plant production journal. 29(4): 539-551. 10.22092/SPPJ.2017.110529.
- Kılıç A. 1986. Silo Yemi (Öğretim, Öğrenim ve Uygulama Önerileri). Bilgehan Basımevi. İzmir.
- Kovancı İ. 1990. Bitki Besleme ve Toprak Verimliliği Ders Notları, Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Teksir. 107(3): 286.
- Kurai T, Morey S R, Wani S P, and Watanabe T. 2015. Efficient rates of nitrogenous fertiliser for irrigated sweet sorghum cultivation during the post- rainy season in the semi-arid tropics. Europ. J, Agronomy. 71: 63-72. Doi: 10.1016/j.eja.2015.07.010.
- McDonald P, Henderson A R, and Heron S J E. 1991. The Biochemistry of Silage, 2nd Edition. Chalcombe Publications Printed in Great Britain by Cambrian Printers Ltd. Aberystwyth. 327. ISBN:0-948617-22-5.
- Michael J, Maw W, James H, Houx III, Felix B. 2016. Fritschi. Sweet sorghum ethanol yield component response to nitrogen fertilization. Industrial Crops and Products. 84: 43-49.
- Michael J, Maw W, James H, Houx III, Felix B. 2016. Fritschi. Sweet sorghum ethanol yield component response to nitrogen fertilization. Industrial Crops and Products. 84: 43-49. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2016.01.038>.
- Mirlohi A, Bozorgvar N, and Bassiri M. 2000. Effect of nitrogen rate on growth , forage yield and silage quality of three sorghum hybrids. Journal of water and soil science. 4(2): 105-116. Doi 20.1001.1.24763594.1379.4.2.9.4.
- Özyiğit Y ve Bilgen m. 2006. Bazı baklagil yembitkilerinde farklı biçim dönemlerinin bazı kalite faktörleri üzerine etkisi. Akdeniz üniversitesi ziraat fakültesi dergisi. 19(1): 29-34.
- Pholsen S, and Sornsungnoen N. 2004. Effects of Nitrogen and Potassium Rates and Planting Distances on Growth, Yield and Fodder Quality of a Forage Sorghum (*Sorghum bicolor* L. Moench). Pakistan Journal of Biological Sciences. 7 (10): 1793-1800. Doi: 10.3923/pjbs.2004.1793.1800.
- Pholsen S, and Suksri A. 2007. Effects of phosphorus and potassium on growth, yield and fodder quality of IS 23585 forage sorghum cultivar (*Sorghum bicolor* (L.) Moench). Pakistan J. Biol. Sci. 10 (10): 1604-1610. Doi: 10.3923/pjbs.2007.1604.1610.
- Pholsen S, Higgs D E B, and Suksri A. 2001. Effects of nitrogen and potassium fertilisers on growth, chemical components and seed yields of forage sorghum (*Sorghum bicolor* L. Moench) grown on Oxic Paleustults soil . Pak. J. Biol. Sci. 4: 27-31.
- Propheter J L, Staggenborg S A, Wu X, and Wang D. 2010. Performance of annual and perennial biofuel crops: yield during the first two years. Agron. J. 102: 806-814. <https://doi.org/10.2134/agronj2009.0301>.

- Pupo M R, Wallau M O, and Ferraretto L F. 2022. Effects of season, variety type, and trait on dry matter yield, nutrient composition, and predicted intake and milk yield of whole-plant sorghum forage. *Journal of Dairy Science*. 105 (7): 5776-5785. <https://doi.org/10.3168/jds.2021-21706>.
- Salisbury F B, and Ross C W. 1992. *Plant Physiology*, Wadsworth Pub. Com. Inc. Belmont, California-USA.
- Sawargaonkar G L, Patil M D, Wani S P, Pavani E, Reddy B V S R, and Marimuthu S. 2013. Nitrogen response and water use efficiency of sweet sorghum cultivars. *Field Crops Research*. 149(1): 245-251. <http://dx.doi.org/10.1016/j.fcr.2013.05.009>.
- Sevimay C S, Hakyemez H B, ve İpek A. 2001. Ankara sulu koşullarında yetiştirilen silaj sorgum çeşitlerinde farklı azotlu gübre dozlarının verim ve bazı tarımsal karakterlere etkisi. *Tarım Bilimleri Dergisi*. 8(2): 143 -148. [Doi.org/10.1501/Tarimbil_0000000727](https://doi.org/10.1501/Tarimbil_0000000727).
- Sujathamma K K, and Suneetha V. 2015. Response of grain sorghum (*Sorghum bicolor* L.) cultivars to different fertilizer levels under rainfed condition 1P. *International Journal of Agricultural Sciences*. 5 (1): 381-385. ISSN: 2167-0447.
- Tamang P L, Bronson K F, Malapati A, Schwartz R, Johnson J, and Moore Kucera J. 2011. Nitrogen requirements for ethanol production from sweet and photoperiod sensitive sorghums in the Southern High Plains. *Agron. J.* 103: 431-440. ISSN : 0002-1962.
- Visarada K B R S, and Aruna C. 2019. Sorghum: A Bundle of Opportunities in the 21st Century. *Breeding Sorghum for Diverse End Uses*. Woodhead Publishing Series in Food Science, Technology and Nutrition journal. 1: 1-14. <https://doi.org/10.1016/B978-0-08-101879-8.00001-2>.
- Wajid A, Ghaffar A, Maqsood, M, Hussain, K, and Nasim W. 2007. Yield response of maize hybrids to varying nitrogen rates. *Pakistanian Journal of Agricultural Science*. 44(2): 217-220.
- Wang C, Zhou L, Zhang G, Xu Y, Zhang L, Gao X, Gao Jie, Jiang N, and Mingbo S H. 2017. Optimal fertilization for high yield and good quality of waxy sorghum (*Sorghum bicolor* L. Moench). *Field Crops Research*. 203:1-7. ISSN : 0378-4290.
- Woolford M K. 1984. *The silage ferment*, Grassland Research Institute. Hurley. England. 350.