



T.C.

**ÇANAKKALE ONSEKİZ MART ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ**

TARLA BİTKİLERİ ANABİLİM DALI

**BAZI ŞEKER SORGUM VE SORGUM SUDAN OTU MELEZİ
ÇEŞİTLERİNDE FARKLI BİÇİM UYGULAMALARINA GÖRE
YAPRAK VE SAPLARIN MİNERAL ELEMENT İÇERİLERİNDEKİ
DEĞİŞİMLERİN BELİRLENMESİ
YÜKSEK LİSANS TEZİ**

BERK YILDIRIM

Tez Danışmanı

DR. ÖĞR. ÜYESİ FIRAT ALATÜRK

ÇANAKKALE – 2023



T.C.

ÇANAKKALE ONSEKİZ MART ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ

TARLA BİTKİLERİ DALI

**DETERMINATION OF VARIATIONS IN MINERAL ELEMENT CONTENTS
OF LEAVES AND STALKS IN TERMS OF DIFFERENT HARVESTING
APPLICATIONS IN CERTAIN SWEET SORGHUM AND SORGHUM
SUDANGRASS HYBRID CULTIVARS**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

BERK YILDIRIM

Tez Danışmanı

DR. ÖĞR. ÜYESİ FIRAT ALATÜRK

Bu çalışma, TÜRKİYE BİLİMSEL VE TEKNOLOJİK ARAŞTIRMA KURUMU
(TÜBİTAK) kurumu tarafından desteklenmiştir.

Proje No: 120-O-527

ÇANAKKALE – 2023

ETİK BEYAN

Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Tez Yazım Kuralları'na uygun olarak hazırladığım bu tez çalışmada; tez içinde sunduğum verileri, bilgileri ve dokümanları akademik ve etik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi, tüm bilgi, belge, değerlendirme ve sonuçları bilimsel etik ve ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu, tez çalışmada yararlandığım eserlerin tümüne uygun atıfta bulunarak kaynak gösterdiğimi, kullanılan verilerde herhangi bir değişiklik yapmadığımı, bu tezde sunduğum çalışmanın özgün olduğunu, bildirir, aksi bir durumda aleyhime doğabilecek tüm hak kayıplarını kabullendiğimi taahhüt ve beyan ederim.

Berk YILDIRIM

16/08/2023

TEŞEKKÜR

Bu tezin gerçekleŐtirilmesinde, çalıŐmam boyunca benden bir an olsun yardımlarımı esirgemeyen saygı değer danışman hocam Dr. Öğr. Üyesi Fırat ALATÜRK'e, Prof. Dr. Ahmet GÖKKUŞ, Prof. Dr. Harun BAYTEKİN, Prof. Dr. Ali KOÇ ve Dr. Öğr. Üyesi Baboo ALİ hocalarıma çok teşekkür ederim. Bunun yanında çalışma süresince tüm zorlukları benimle göğüsleyen, hayatımın her evresinde bana destek olan değerli aileme ve sonsuz teŐekkürlerimi sunarım.

Berk YILDIRIM
anakkale, Ağustos 2023

ÖZET

BAZI ŞEKER SORGUM VE SORGUM SUDAN OTU MELEZİ ÇEŞİTLERİNDE FARKLI BİÇİM UYGULAMALARINA GÖRE YAPRAK VE SAPLARIN MİNERAL ELEMENT İÇERİLERİNDEKİ DEĞİŞİMLERİN BELİRLENMESİ

Berk YILDIRIM

Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi

Lisansüstü Eğitim Enstitüsü

Tarla Bitkileri Anabilim Dalı Yüksek Lisans Tezi

Danışman: Dr. Öğr. Üyesi Fırat ALATÜRK

16/08/2023, 45

Bu araştırma şeker sorgum ve sorgum sudanotu melezi çeşitlerinin farklı gelişme dönemlerine bağlı olarak yaprak ve sapların mineral element içeriklerini belirlemek amacıyla 2020-2021 yıllarında Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Ziraat Fakültesi araştırma alanında yürütülmüştür. Deneme bölünmüş parseller deneme desenine göre 4 tekrarlamalı olarak kurulmuş, ana parselleri çeşitler (Nutri Honey, Nutrima, M81-E ve Topper-76), alt parselleri ise hasat yükseklikleri (bitki boyu 30, 60, 90, 120, 150 cm olduğunda ve fizyolojik olum döneminde hasat) oluşturmuştur. Araştırmada 30 cm yükseklikte hasat edilen parseller toplamda 5 kez, 60 cm 4 kez, 90 cm 3 kez, 120 cm 3 kez, 150 cm 2 kez ve fizyolojik olum döneminde ise bir kez biçilmiştir. Araştırmada yaprak ve sapların bor, kadmiyum, nikel, kobalt, krom ve kurşun değerleri incelenmiştir. Çalışmadan elde edilen sonuçlara göre; bitkilerde büyümeye bağlı olarak yaprak ve sapların mikromineral (bor, kadmiyum, nikel, kobalt, krom ve kurşun) içeriklerinde düşüşler gerçekleşmiştir. Bu düşüş büyüme başlangıcından büyüme sonuna kadar hem sap hem de yapraklarda yaklaşık olarak borda %45-50, kadmiyumda %70-80, nikelde %79, kobaltta %70-75, kromda %54 ve kurşunda %54 civarında gerçekleşmiştir. Genel olarak yaprakların mikromineral içerikleri sap kısımlarından %8-50 oranında daha yüksek olmuştur. Sadece sap kısımların kobalt içerikleri yapraklardan daha yüksek çıkmıştır.

Yürütülen bu araştırmanın neticesinde otlatma ve kaba yem kaynağı olarak yetiştirilecek bu çeşitlerde otların mineral element içerikleri bakımından çeşitlerin benzer

Özellik gösterdiği ve çeşitlerin fizyolojik olum dönemlerinde hasat edilmesi gerektiği sonucuna varılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Sorgum Sudanotu Melezi, şeker Sorgum, Yaprak, Sap, Mikromineral, Bor, Kobalt.



ABSTRACT

DETERMINATION OF VARIATIONS IN MINERAL ELEMENT CONTENTS OF LEAVES AND STALKS IN TERMS OF DIFFERENT HARVESTING APPLICATIONS IN CERTAIN SWEET SORGHUM AND SORGHUM SUDANGRASS HYBRID CULTIVARS

Berk YILDIRIM

Çanakkale Onsekiz Mart University

School of Graduate Studies

Master of Science Field Crops

Supervisor: Assoc. Prof. Dr. Firat ALATÜRK

16/08/2023, 45

This study has been conducted in the research area of Çanakkale Onsekiz Mart University Faculty of Agriculture in years 2020 and 2021 in order to determine the mineral element contents of leaves and stalks depending on different harvesting heights of sweet sorghum and sorghum sudangrass hybrid cultivars. The experiment was established according to the randomized complete block design using 4 replications, where the main experiment plots represented the sorghum cultivars namely; Nutri Honey, Nutrima, M81-E and Topper-76, while the sub-plots were consisted of the different harvesting heights (30 cm, 60 cm, 90 cm, 120 cm, 150 cm and physiological maturity stage of crops). The crops of the experiment plots with the heights of 30 cm, 60 cm, 90 cm, 120 cm, 150 cm and at the physiological maturity stage (PMS) were harvested 5 times, 4 times, 3 times, 3 times, 2 times and once throughout the experiment period, respectively. Values of boron, cadmium, nickel, cobalt, chromium and lead of leaves and stalks have been investigated in this research study. According to the obtained results; contents of the microminerals viz., boron, cadmium, nickel, cobalt, chromium and lead, found in the leaves and stalks of the different cultivars of sorghum, decreased because of the fluctuations into the growth of crops. This declination was observed with an approximate value of 45-50% in boron, 70-80% in cadmium, 79% in nickel, 70-75% in cobalt, 54% in chromium and 54% in lead from the beginning till the end of the growth of crops in both stalks as well as in the leaves of different sorghum cultivars.

Generally, the micromineral contents of the leaves were 8-50% higher than that of the stems of the crops. Only the cobalt contents of stalks were higher than that of the leaves.

As a result of this research, it is suggested that the mineral element contents of forage in these cultivars to be grown as a source of grazing and roughage under those ecological conditions which show the similar environmental characteristics.

Anahtar Kelimeler: Sorghum Sudangrass Hybrid, Sweet Sorghum, Leaf, Stalk, Micromineral, Boron, Cobalt.



İÇİNDEKİLER

Sayfa No

JÜRİ ONAY SAYFASI.....	i
ETİK BEYAN.....	ii
TEŞEKKÜR.....	iii
ÖZET	iv
ABSTRACT	vi
İÇİNDEKİLER	viii
SİMGELER ve KISALTMALAR.....	x
TABLolar DİZİNİ.....	xi

BİRİNCİ BÖLÜM

GİRİŞ

1

İKİNCİ BÖLÜM

ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

4

ÜÇÜNCÜ BÖLÜM

MATERYAL YÖNTEM

6

3.1. Deneme Alanının Toprak Özellikleri.....	6
3.2. Deneme Alanının İklim Özellikleri.....	6
3.3. Denemede Kullanılan Bitki Materyali.....	8
3.4. Denemenin Kurulması ve Uygulanması.....	9
3.5. İncelenen Özellikler.....	10
3.5.1. Yaprak ve Sapların Bor (B) İçerikleri (ppm).....	10
3.5.2. Yaprak ve Sapların Kadmiyum (Cd) İçerikleri (ppm).....	10
3.5.3. Yaprak ve Sapların Nikel (Ni) İçerikleri (ppm).....	10
3.5.4. Yaprak ve Sapların Kobalt (Co) İçerikleri (ppm).....	10
3.5.5. Yaprak ve Sapların Krom (Cr) İçerikleri (ppm).....	10
3.5.6. Yaprak ve Sapların Kurşun (Pb) İçerikleri (ppm).....	11
3.5.7. Verilerin Değerlendirilmesi.....	11

DÖRDÜNCÜ BÖLÜM
ARAŞTIRMA BULGULARI

12

4.1. Yaprak ve Sapların Bor (B) İçerikleri.....	12
4.2. Yaprak ve Sapların Kadmiyum (Cd) İçerikleri.....	15
4.3. Yaprak ve Sapların Nikel (Ni) İçerikleri.....	19
4.4. Yaprak ve Sapların Kobalt (Co) İçerikleri.....	23
4.5. Yaprak ve Sapların Krom (Cr) İçerikleri.....	27
4.6. Yaprak ve Sapların Kurşun (Pb) İçerikleri.....	31

BEŞİNCİ BÖLÜM
SONUÇ ve ÖNERİLER

37

KAYNAKÇA	39
ÖZGEÇMİŞ	I

SİMGELER VE KISALTMALAR

SSM	Sorgum Sudanotu melezi
ŞS	Şeker Sorgum
Cd	Kadmiyum
Ni	Nikel
Co	Kobalt
Cr	Krom
Pb	Kurşun
ppm	Milyonda bir birim
kg	Kilogram
g	Gram
%	Yüzde
da	Dekar
m	Metre
cm	Santimetre
m ²	Metrekare

TABLolar DİZİNİ

Tablo No	Tablo Adı	Sayfa No
Tablo 1	Deneme alanına ait toprak özellikleri	7
Tablo 2	Çanakale'nin deneme yılları ile uzun yıllara ait iklim verileri	8
Tablo 3	Araştırmada kullanılan sorgum Sudanotu melezi çeşitleri ve özellikleri	8
Tablo 4	SSM ve ŞS'nun 2020, 2021 ve iki yıllık ortalama yaprak bor oranlarına ait varyans analizi sonuçları	12
Tablo 5	SSM ve ŞS'nun 2020 ve 2021 yılları ile iki yıllık ortalama yaprak bor oranları (ppm)	13
Tablo 6	SSM ve ŞS'nun 2020, 2021 ve iki yıllık ortalama sap bor oranlarına ait varyans analizi sonuçları	14
Tablo 7	SSM ve ŞS'nun 2020 ve 2021 yılları ile iki yıllık ortalama sap bor oranları (ppm)	15
Tablo 8	SSM ve ŞS'nun 2020, 2021 ve iki yıllık ortalama yaprak kadmiyum oranlarına ait varyans analizi sonuçları	16
Tablo 9	SSM ve ŞS'nun 2020 ve 2021 yılları ile iki yıllık ortalama yaprak kadmiyum oranları (ppm)	17
Tablo 10	SSM ve ŞS'nun 2020, 2021 ve iki yıllık ortalama sap kadmiyum oranlarına ait varyans analizi sonuçları	18
Tablo 11	SSM ve ŞS'nun 2020 ve 2021 yılları ile iki yıllık ortalama sap kadmiyum oranları	19
Tablo 12	SSM ve ŞS'nun 2020, 2021 ve iki yıllık ortalama yaprak nikel oranlarına ait varyans analizi sonuçları	20
Tablo 13	SSM ve ŞS'nun 2020 ve 2021 yılları ile iki yıllık ortalama yaprak nikel oranları (ppm)	21
Tablo 14	SSM ve ŞS'nun 2020, 2021 ve iki yıllık ortalama sap nikel oranlarına ait varyans analizi sonuçları	22
Tablo 15	SSM ve ŞS'nun 2020 ve 2021 yılları ile iki yıllık ortalama sap nikel oranları (ppm)	23
Tablo 16	SSM ve ŞS'nun 2020, 2021 ve iki yıllık ortalama yaprak kobalt oranlarına ait varyans analizi sonuçları	24
Tablo 17	SSM ve ŞS'nun 2020 ve 2021 yılları ile iki yıllık ortalama yaprak kobalt oranları (ppm)	25
Tablo 18	SSM ve ŞS'nun 2020, 2021 ve iki yıllık ortalama sap kobalt oranlarına ait varyans analizi sonuçları	26
Tablo 19	SSM ve ŞS'nun 2020 ve 2021 yılları ile iki yıllık ortalama sap kobalt oranları (ppm)	27
Tablo 20	SSM ve ŞS'nun 2020, 2021 ve iki yıllık ortalama yaprak krom oranlarına ait varyans analizi sonuçları	28
Tablo 21	SSM ve ŞS'nun 2020 ve 2021 yılları ile iki yıllık ortalama yaprak krom oranları (ppm)	29
Tablo 22	SSM ve ŞS'nun 2020, 2021 ve iki yıllık ortalama sap krom oranlarına ait varyans analizi sonuçları	30

Tablo 23	SSM ve ŞS'nun 2020 ve 2021 yılları ile iki yıllık ortalama sap krom oranları (ppm)	31
Tablo 24	SSM ve ŞS'nun 2020, 2021 ve iki yıllık ortalama yaprak kurşun oranlarına ait varyans analizi sonuçları	32
Tablo 25	SSM ve ŞS'nun 2020 ve 2021 yılları ile iki yıllık ortalama yaprak kurşun oranları (ppm)	33
Tablo 26	SSM ve ŞS'nun 2020, 2021 ve iki yıllık ortalama sap kurşun oranlarına ait varyans analizi sonuçları	34
Tablo 27	SSM ve ŞS'nun 2020 ve 2021 yılları ile iki yıllık ortalama sap kurşun oranları (ppm)	35



BİRİNCİ BÖLÜM

GİRİŞ

Ülkemiz hayvancılık potansiyeli oldukça iyi durumda olmasına rağmen hayvan başına düşen verim oldukça düşük seviyelerdedir. Bunun nedenleri arasında hayvan ırklarımızın düşük verimli olması ve kaba yem kaynaklarının yetersiz ve uygun olmayan kullanımları sonucu kaliteli kaba yem açığıdır. Kaba yem kaynakları içerisinde çayır ve meralarımızın amacına uygun olmayan kullanımları sonucu verim güçlerini kaybetmişlerdir. Özellikle son 50 yılda çayır ve mera alanlarımızda %70'e varan düşüşler gerçekleşmiştir. Bu azalmanın nedenlerinden biri tarımsal mekanizasyon gelişmesine bağlı olarak mera alanlarının tarım arazilerine dönüştürülmesidir (Salman ve Budak, 2015). Bir diğer neden ise yaklaşık olarak 1,5 milyon hektara yakın alan orman içi meraların ağaçlandırma faaliyetlerine dahil edilerek orman sınırlarına dahil edilmelidir (Balabanlı vd., 2006).

Hayvancılık için gerekli olan kaliteli kaba yem temini için mera alanlarının ıslahı ve yönetim ilkelerine uygun kullanılması ve tarım alanlarında yem bitkileri ekim alanlarının artırılması gerekmektedir. Yaz vejetasyonun elverdiği bölgelerde ikinci ürün yem bitkisi yetiştiriciliği kolaylıkla yapmak mümkündür. Bu bitkilerin başında da sorgum çeşitleri gelmektedir. Sorgum ve sorgum x sudan otu melezi bitkileri kuraklığa ve yüksek sıcaklıklara daha dayanıklı olması, birden fazla biçim ve otlatma olanağı sağlaması, besleme değerinin mısıra yakın değerlere sahip olması, birim alanda daha fazla verim vermesi ve birim alandan daha fazla sindirilebilir besin maddesi üretmesi gibi nedenlerden dolayı benzer ekolojilerde bu bitkinin önemini daha da artırmaktadır (Çiğdem ve Uzun, 2006). Sorgum çeşitleri yazın sıcak dönemlerinde hayvan için kaliteli ve besleyici yem kaynağı konumundadır (Heath vd., 1985). Birim alanda mısıra göre daha verimli olması nedeniyle daha fazla tercih edilmektedir (Açıkgöz, 1991).

Doğal yoldan oluşmuş, inorganik, belli bir kimyasal formüle sahip, sabit veya değişken fiziksel özelliklere sahip maddelere “mineral” denmektedir (Dirik, 2017). Mineral maddeler hayvanlarda kemik ve dişlerin yapısında, vücut öz sularında, hücrelerde ozmotik basıncın düzenlenmesinde, kan ve dokularda asit-baz dengesinin ayarlanmasında, enzim aktivasyonunda, hormonların ve proteinlerin yapısında, sindirim sisteminde, besin maddelerin hücre içine taşınmasında, sinir, kalp ve kasların duyarlılıklarında görev almaktadırlar (Sarıççek, 1995). Mineral maddeler hayvanların bünyelerinde aynı oranda

bulunmazlar. Hayvanlar tarafından fazla alınması gereken mineraller “makro mineraller”, az alınması gereken mineraller ise “mikro mineraller” olarak adlandırılırlar (Ası, 1995). Hayvan vücudunun mineral madde içeriğinin yaklaşık olarak %70’inşi kalsiyum ve fosfor oluşturmaktadır (Kutlu vd., 2005).

Bitkiler en uygun şekilde büyüyüp gelişme gösterebilmesi için 17 elemente ihtiyaç duymaktadır. Bitkiler bu elementlerden karbon, hidrojen ve oksijeni hava ve sudan aldıkları için bunlara mineral olmayan elementler oldukları düşünülmektedir (White, 2006; Gardiner ve Miller, 2008; Fageria, 2009; Bolat ve Kara; 2017). Bunlar bitkinin yaklaşık olarak %95’ini oluşturmaktadırlar (Jones ve Jacobsen, 2001; Fageria, 2009; Kaçar ve Katkat, 2010; Bolat ve Kara; 2017). Bitkiler için diğer 14 element zorunlu olup, bunları topraktan almaktadırlar (Wild, 1993; Kantarcı, 2000; Gardiner ve Miller, 2008).

Hayvanlar ihtiyaç duydukları besin elementlerini tükettikleri yemlerden temin etmektedirler. Hayvanlar için gerekli olan protein, karbonhidrat ve yağların yanında, mineral elementlerin ana kaynağını da bitkiler oluşturmaktadır. Tümü bitkiler için esansiyel olmasa da, hayvanlar için mutlak gerekli olan 22 element bitkilerden (yem bitkileri) sağlanmaktadır (Underwood ve Suttle, 1999). Nitelikli kaba yem kaynakları içerisinde tarla alanlarında üretilen yem bitkileri ile çayır ve mera otları yer almaktadır.

Bor minerali hayvanlar kemik gelişimi, beyin fonksiyonları, makromineral metabolizması, enerji metabolizması, immünolojik fonksiyonlar, insülin sekresyonu, steroid hormon metabolizması, lipid metabolizması ve kan hücrelerinin miktarı ve kompozisyonu üzerine etkileri bulunmaktadır. Kanatlı rasyonunda yeterli oranda bor bulunmaması durumunda kemik iliğinde bükülmeler ve kırıldak dokunun kalsifikasyon başlangıcında gecikmeler olduğu saptanmıştır (Hunt, 1989; Yeşilbağ, 2009). Bor elementine daha çok kemik ve mineral metabolizması için ihtiyaç duyulmaktadır (Yeşilbağ, 2009).

Kadmiyum insan ve hayvanlar için yüksek toksik etkiye sahip bir mineral elementtir (NRC, 2001). Endüstriyel kirlilik ve tarımda yapılan yoğun gübreleme faaliyetleri sonucu çevrede biriken kadmiyumun bitkiler tarafından alınması ve bu bitkileri hayvanların otlaması sonucunda zehirlenme vakaları ortaya çıkmaktadır (Swarup vd., 2007; Grant vd., 2008). Hayvanların rasyonunda en yüksek kadmiyum düzeyi 0,5 mg/kg olmalıdır (McDowell, 1992; NRC,2001). Yüksek kadmiyum düzeyleri hayvanlarda protein sentezi, hücre ve enerji metabolizmalarını olumsuz yönde etkilemektedir (Newairy vd., 2007).

Nikel canlılarda hem immünomodülatör hem de immünotoksik etkiler göstermekte ve allerjik dermatit ve immünolojik ürtiker etkiler ortaya çıkarmaktadır. Ayrıca bağışıklık sistemi zarar görerek allerjik reaksiyonlar ortaya çıkabilmektedir (Das vd., 2008; Guimaraens vd., 1994).

Kobalt vitamin B₁₂'nin yapısında yer almaktadır. Ayrıca aminoasitlerden proteinlerin sentezinde, karbonhidrat ve yağ metabolizmalarında görev almaktadır. ruminant hayvanlar için gerekli kobalt miktarları 0,1-0,2 mg/kg'dır. Genel olarak 10 mg/kg en yüksek sınır değer olarak görülmektedir. Hatta koyunlar 150 mg/kg'a kadar kobalt düzeyine tolerans gösterebilmektedir (Okuyan, 1997).

Krom karbonhidrat metabolizmasında önemli görevler üstlenmektedir. Hücre zarının glukoza geçirgenliğini artırmaktadır. Kanatlılarda performans ve karkas kalitesini artırmaktadır. Ayrıca karkastaki yağ oranının azalttığı, yumurta verimi ve kalitesini artırdığı bilinmektedir (Göçmen ve Cufadar, 2012).

Kurşun elementinin fazlalığı hayvanlarda yem tüketiminde düşüşe ve sindirim problemlerinde artışlara neden olmaktadır (Strojan ve Phillips, 2002).

Bu tez çalışması farklı sorgum sudanotu melezi ve şeker sorgum çeşitlerinin farklı yükseklikte boya ulaştıktan sonra yapılan hasatlarda yaprak ve sapsalarında bulunan mikromineral (bor, kadmiyum, nikel, kobalt, krom ve kurşun) içeriklerinin belirlenmesi amacıyla yürütülmüştür.

İKİNCİ BÖLÜM

ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

Balıkesir ili Bandırma ilçesinde 2015-2016 yıllarında Helen sorgum sudanotu melezinin kullanıldığı çalışmada otun verim ve besin madde kapsamı incelenmiştir. Yapılan çalışmanın sonucunda ortalama kuru ot verimi 1200 kg/da olduğu belirlenmiştir. Otun besin madde kapsamı ise ham protein %11,23, NDF %62,19, ADF %33,12, ADL %4,10, sindirilebilir organik madde %66,78, metabolik enerji 2,049 Mcal/kg, toplam mineral element içeriği %10,04, fosfor 975,3 mg/kg, potasyum 10475,8 mg/kg, kalsiyum 5143,2 mg/kg, magnezyum 2472,1 mg/kg, demir 336,7 mg/kg, çinko 16,06 mg/kg ve mangan oranı ise 19,82 mg/kg değerlerine sahip olmuştur (Gökkuş, 2017).

Sorgum (*Sorghum bicolor* L.), sudanotu (*Sorghum sudanense* Stapf.), sorgum x sudanotu melezi (*Sorghum bicolor* x *Sorghum sudanense* Stapf) ve mısır (*Zea mays* L.) çeşitlerinin mineral elementler bakımından içeriklerinin belirlenmesi amacıyla 2016-2017 yıllarında Siirt ili ekolojik koşullarında yürütülen çalışmada 2 adet sorgum çeşidi (Master BMR ve Rox), 1 adet sudanotu çeşidi (Gözde-80), 3 adet sorgum x sudanotu melezi çeşidi (Forage King, Sugar Graze-II ve Greengo) ve 3 adet mısır çeşidi (OSSK-644, Samada-07 ve DKC6101) çeşitleri kullanılmıştır. Araştırmanın sonunda sorgum ve mısır çeşitlerine ait kaba yemlerin P, K, Ca, Mg, Ca/P ve K/Ca+Mg oranlarının sırasıyla %0,25-0,30, %1,31-2,20, %0,61-0,81, %0,210-0,262, 2,26-2,88 ve 1,25-2,54 arasında değişim göstermiştir. Sorgum ve mısır çeşitlerine ait kaba yemlerin K yönünden hayvanların ihtiyacını karşılamada yeterli düzeyde olduğu; P, Ca ve Mg oranlarının ise yetersiz düzeyde olduğu tespit edilmiştir (Özyazıcı ve Açıkbaz, 2019).

Yürütülen bir diğer çalışmada 7 farklı şeker sorgum çeşidinin (NTJ-2, NRSS012, NRSS0003, DAN SADAU, 503, NRSS0005 501) besin madde kompozisyonu belirlenmiştir. Yapılan çalışmanın sonunda en yüksek ve en düşük briks değerleri %23 ile NRSS00012 ve %11,46 501 çeşitlerinde tespit edilmiştir. Çeşitlerde tanımlanan şeker türleri ise genellikle Glucose, D-fructose, sucrose olurken, NRSS0005 çeşidinde ise sadece galactose şeker çeşidi belirlenmiştir. Protein içerikleri %4,08-1,22, karbonhidrat %9,35-5,36, ham lif %33,28-23,03, ham kül ve ham yağ %1,77-1,10, %2,20-1,35, alkaloid %5,01-1,51 olarak gerçekleşmiştir. Mineral element içeriklerinin sıralaması K>Ca>Na>Zn>Cu>Fe şeklinde gerçekleşmiştir. Ca içerikleri 25,02-22,87 mg/kg, Mg 8,60-8,50 mg/kg, K 27,14-

45,40, Na 25,02-22, 52, Zn 0,66-0,61, Fe 12,81-14,98, Mn 3,71-2,19, Cu 0,96-0,52, P 18,15-17,90 ve S 31,26-25,67 mg/kg arasında değişim göstermiştir (Emmanuel vd., 2022).



ÜÇÜNCÜ BÖLÜM

MATERYAL VE YÖNTEM

Bu çalışma şeker sorgum ve SSM çeşitlerinde farklı gelişme dönemlerine bağlı olarak yaprak ve sapların bor, kadmiyum, nikel, kobalt, krom ve kurşun içeriklerinin belirlenmesi amacıyla 2020 ve 2021 yılları yazlık ana ürün yetiştirme mevsiminde Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Ziraat Fakültesi araştırma alanında yürütülmüştür.

3.1. Deneme Alanının Toprak Özellikleri

Deneme alanına ait toprak analizleri Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Uygulama ve Araştırma Merkezi'nde (ÇOBİLTUM) yaptırılmıştır. Yapılan analiz sonuçlarına göre deneme alanın toprakları killi-tınlı bünyeye sahip olup, toprak reaksiyonu açısından nötr karakterdedir. Topraklar orta kireçli, organik madde bakımından orta, fosfor içeriği orta ve potasyum bakımından noksan olduğu tespit edilmiştir (Tablo 1).

3.2. Deneme Alanının İklim Özellikleri

Projenin yürütüldüğü Çanakkale ili Türkiye'nin kuzeybatısında Avrupa ve Asya kıtalarını birbirinden ayıran ve kendi adını taşıyan Boğaz'ın iki yakasında kurulmuştur. Balkan Yarımadası'nın Doğu Trakya topraklarına bağlanmış Gelibolu Yarımadası ile Anadolu'nun batı uzantısı olan Biga Yarımadası üzerinde toprakları bulunmaktadır. Avrupa ve Asya'da toprakları bulunan Çanakkale, Edirne, Tekirdağ ve Balıkesir il sınırları ile çevrilidir. Çanakkale 25°40'27"30' doğu boylamları ve 39°27'40"45' kuzey enlemleri arasında 9.933 km²'lik bir alanı kapsamaktadır. Topraklarının büyük bir kısmıyla Marmara Bölgesinin Güney Marmara bölümüne, çok az bir kısmı ise Ege Bölgesine dahil olmaktadır. İlin toplam kıyı uzunluğu 671 km'dir. İklimi bulunduğu yer nedeniyle geçiş iklimi özellikleri göstermektedir. Genel olarak Akdeniz iklimi özelliklerini taşımaktadır. İli genel olarak kuzeyde bulunması nedeniyle kışları ortalama sıcaklık daha düşüktür. En düşük sıcaklık -4,2 °C ile Şubat ayı, en yüksek sıcaklık +35,8 °C ile Ağustos aylarında görülmektedir. Yıllık sıcaklık ortalaması 14,7, ortalama nem oranı ise %72,6'dır. İl genelinde yılın büyük bir bölümünde rüzgârlı gün sayısı egemen olmaktadır. Yıllık egemen rüzgâr kuzey rüzgârlarıdır.

En çok, poyraz, yıldız, lodos, kible eser. Yaz aylarında yağış miktarı oldukça düşüktür. Yağışların en fazla görüldüğü aylar aralık, ocak ve şubat'tır. Ortalama karla kaplı gün sayısı en fazla 8 gün'dür (Anonim, 2022). Uzun yıllara ait yıllık ortalama toplam yağış 620,4 mm, aylık ortalama sıcaklık 15,09 °C'dir. Araştırmanın yürütüldüğü 2020 ve 2021 yıllarına ait yıllık ortalama toplam yağış miktarları 457,2 mm ile 753,3 mm olarak gerçekleşmiştir. Buna göre araştırmanın yürütüldüğü il yıl (2020) düşen yağış miktarı uzun yıllar (1937-2019) düşen yağış miktarının altında kalmıştır. Fakat çalışmanın ikinci yılında (2021) düşen yağış miktarı ise hem uzun yıllar hem de araştırmanın birinci yılında düşen yağış miktarının üzerinde gerçekleşmiştir.

Meteoroloji Genel Müdürlüğü tarafından Çanakkale ilinin uzun yıllar sıcaklık ortalaması 15,09 °C olarak verilmiştir. Deneme yıllarının ortalama sıcaklıkları 2020 yılında 17,01 °C ve 2021 yılında 17,58 °C olmak üzere uzun yıllar ortalamasının üzerinde yer almıştır. Denemenin yürütüldüğü 6 aylık dönemdeki (mayıs başı-ekim sonu) uzun yıllar ait toplam yağış miktarları 149,9 mm'dir. Araştırmanın ilk yılında bu dönemlerde düşen yağış miktarı 157,5 mm iken, ikinci yılda ise 201,2 mm yağış düşmüştür. Araştırmanın yürütüldüğü dönemlerde düşen toplam yağış miktarları uzun yılların üzerinde gerçekleşmiştir. En yağışlı aylar aralık, ocak ve şubat ayları olurken, en kurak aylar ise temmuz, ağustos ve eylül ayları olmuştur. Yine bu dönemlerde uzun yıllara ait ortalama sıcaklık 21,16 °C olarak gerçekleşmiştir. Fakat araştırmanın birinci (23,15 °C) ve ikinci yılına (23,62 °C) ait ortalama sıcaklık değerleri uzun yılların üzerinde gerçekleşmiştir. En soğuk aylar ocak ve şubat, en sıcak aylar ise temmuz ve ağustos ayları olarak tespit edilmiştir (Tablo 2).

Tablo 1

Deneme alanına ait toprak özellikleri

	İşba (%)	pH	E.C. (mS/cm)	Kireç (%)	Organik madde (%)	P (kg/da)	K (kg/da)
Örnek 1	70	7,50	0,85	8,65	1,89	2,95	80,36
	Killi-tınlı	Hafif alkali	Tuzsuz	Orta kireçli	Az	Az	Az
Örnek 2	65	7,35	0,88	7,69	1,95	2,45	75,69
	Killi-tınlı	Nötr	Tuzsuz	Orta kireçli	Az	Az	Az
Örnek 3	68	7,31	0,95	9,16	1,78	3,10	86,35
	Killi-tınlı	Nötr	Tuzsuz	Orta kireçli	Az	Az	Az
Ortalama	67,7	7,39	89,3	8,50	1,87	2,83	80,80
	Killi-tınlı	Nötr	Tuzsuz	Orta kireçli	Az	Az	Az

Tablo 2

Çanakkale'nin deneme yılları ile uzun yıllara ait iklim verileri

Aylar	Toplam yağış (mm)			Ortalama sıcaklık (°C)		
	UY*	2020	2021	UY*	2020	2021
Ocak	93,2	57,2	165,3	6,18	7,30	9,80
Şubat	72,1	48,0	124,7	6,72	9,70	9,10
Mart	66,9	24,3	74,0	8,33	11,70	9,20
Nisan	45,7	55,7	40,4	12,54	12,30	13,10
Mayıs	30,1	54,6	57,3	17,51	18,20	19,90
Haziran	24,6	38,8	57,1	22,21	22,60	24,10
Temmuz	11,7	0,1	2,0	25,02	27,00	28,20
Ağustos	6,6	3,2	0,0	24,98	27,10	28,30
Eylül	22,8	9,5	8,9	21,05	24,70	23,10
Ekim	54,1	51,3	75,9	16,18	19,30	18,10
Kasım	85,7	0,7	26,7	12,05	12,70	15,80
Aralık	107,0	113,8	121,0	8,34	11,50	12,20
Top./Ort.	620,4	457,2	753,3	15,09	17,01	17,58

*UY: Uzun yıllar (1937 ile 2019 yılları arası 82 yıllık verileri kapsamaktadır).

3.3. Deneme Kullanılan Bitki Materyali

Araştırmada materyal olarak ikişer adet şeker sorgum (ŞS) ve sorgum sudan otu melezi (SSM) çeşitleri kullanılmıştır (Tablo 3). Şeker sorgum çeşitleri Nebraska Üniversitesinde geliştirilmiş ve ülkemizde Yücel vd. (2017) tarafından yürütülen araştırma sonucunda ümitvar olarak görülen çeşitler içerisindedir. SSM çeşitleri ise ülkemizde yetiştirilen tescilli çeşitlerdendir.

Tablo 3

Araştırmada kullanılan şeker sorgum ve sorgum*sudanotu melezi çeşitleri ve özellikleri

Tür	Çeşitler	İslahçı Kuruluş	Üretim Amacı	Olgunlaşma
Şeker sorgum	Topper-76	Nebraska Uni.	Şurup, etanol	Orta geçici
Şeker sorgum	M81-E	Nebraska Uni.	Şurup, etanol, silaj	Geçici
Sorgum x sudan otu	Nutri Honey	Alfa Tohum	Ot ve otlama	Orta erkenci
Sorgum x sudan otu	Nutrima	Royal Agrolife	Yeşil ot, silaj, otlama	Geçici

3.4. Denemenin Kurulması ve Uygulanması

Araştırmada iki yılda da denemeye başlamadan önce tohumlar temin edilmiş ve deneme yeri ayrılmıştır. Tohum ekimi araştırmancının ilk yılında (2020) 16 Mayıs, ikinci yılında ise (2021) 5 Mayıs tarihinde gerçekleştirilmiştir. Ekim öncesinde tav sulaması yapılmış, sonrasında pullukla derin sürülmüştür. Akabinde kültivatör ve diskaro çekilerek tohum yatağı hazırlanmıştır. Derin sürümden önce dekara 10'ar kg azot, fosfor ve potasyum gelecek şekilde kompoze gübre (15-15-15) atılıp toprağa karıştırılmıştır. Çıkıştan hemen sonra üst gübre olarak dekara 5 kg azot olacak şekilde amonyum sülfat verilmiştir (Avcioğlu vd., 2009). Gübreleme öncesinde parsellerden toprak örnekleri alınıp analizleri yapılmıştır. Damla sulama yöntemi ile sulanan bitkilerde, sulamaya ekimden önce tav sulaması ile başlanmıştır. Sulama sıklığı hava sıcaklığı ve yağış durumuna göre ayarlanmıştır. Fakat genelde temmuz ve ağustos aylarında yaklaşık 7 gün ara ile sulama yapılmıştır. Deneme sürecinde çıkan yabancı otlar sıra üzerinde el ile yolunarak ve sıra arasında ise  apalanarak temizlenmiştir. Çalışmada belirtildiği gibi, şeker sorgum ve sorgum x sudanotu melezi (SSM) ayrı denemeler halinde yan yana kurulup yürütülmüştür. Her tür için deneme bölünmüş parseller deneme desenine göre 4 tekrarlamalı olarak kurulmuştur. Ana parselleri çeşitler, alt parselleri gelişme dönemi uygulamaları oluşturmuştur. şeker sorgum çeşitlerinde sıra arası 70 cm ve sıra üzeri 8 cm, SSM  eşitlerinde ise sıra arası 35 cm sıra üzeri ise 8 cm olacak şekilde ekim işlemi gerçekleştirilmiştir (Orak ve Kavdır, 1994; Baytekin ve şılıbr, 1996; Baytekin vd., 1996; Kızıl ve Tansı, 1997; Mahmood ve Honermeier, 2012). Parseller 5 m uzunluğunda hazırlanmıştır. şeker sorgum parselleri 4 sıra, SSM parselleri ise 6 sıra olacak şekilde düzenlenmiştir. Parseller arasında boşluk bırakılmamış, bloklar arasında 1 m mesafe bırakılmıştır. Araştırmada materyal olarak kullanılan şeker sorgum ve SSM  eşitleri ve bazı  zellikleri Tablo 3'te verilmiştir. Bitkiler planlanan gelişme dönemlerine ulaştığında, orak ve biçim makinası ile 15 cm anız kalacak şekilde biçilmiştir. Bitki  rnekleme dönemlerinde parsel başlarından 50'şer cm'lik kısımlar kenar tesiri olarak atılmıştır. Parseller arasında boşluk bırakılmadığı için kenar sıralar da hasada dahil edilmiştir. Köklü bitki  rneği için her parselin sağ tarafındaki 2 sıra kullanılmıştır. Dolayısıyla ot örnekleri için biçim şeker sorgumda 2 sırada, SSM'de ise 4 sırada gerçekleştirilmiştir. Buna bağlı olarak ortaya çıkan hasat alanları ise hem şeker sorgum (4 m sıra boyu x 2 sıra x 0,7 m sıra arası) hem de SSM'de (4 m sıra boyu x 4 sıra x 0,35 m sıra arası) 5,6 m² olmuştur. Arazide biçilen ot örnekleri yaş ağırlıkları alınmak üzere hemen el kantarı ile tartılmıştır. Daha sonra

bu yaş bitkilerden 1 kg'ın üzerinde olacak şekilde örnekler alınıp kese kâğıtlarına konulmuş ve laboratuvara getirilmiştir. Örnekler laboratuvarda yaprak ve sap kısımlarına ayrılmıştır.

3.5. İncelenen Özellikler

3.5.1. Yaprak ve Sapların Bor (B) İçerikleri (ppm)

Yaprak ve sapların bor (B) içerikleri Keşan Ticaret Borsa'sından hizmet alımı şeklinde ICP-OES cihazında yapılmıştır (Wolf vd., 2003).

3.5.2. Yaprak ve Sapların Kadmiyum (Cd) İçerikleri (ppm)

Yaprak ve sapların kadmiyum (Cd) içerikleri Keşan Ticaret Borsa'sından hizmet alımı şeklinde ICP-OES cihazında yapılmıştır (Wolf vd., 2003).

3.5.3. Yaprak ve Sapların Nikel (Ni) İçerikleri (ppm)

Yaprak ve sapların nikel (Ni) içerikleri Keşan Ticaret Borsa'sından hizmet alımı şeklinde ICP-OES cihazında yapılmıştır (Wolf vd., 2003).

3.5.4. Yaprak ve Sapların Kobalt (Co) İçerikleri (ppm)

Yaprak ve sapların kobalt (Co) içerikleri Keşan Ticaret Borsa'sından hizmet alımı şeklinde ICP-OES cihazında yapılmıştır (Wolf vd., 2003).

3.5.5. Yaprak ve Sapların Krom (Cr) İçerikleri (ppm)

Yaprak ve sapların krom içerikleri Keşan Ticaret Borsa'sından hizmet alımı şeklinde ICP-OES cihazında yapılmıştır (Wolf vd., 2003).

3.5.6. Yaprak ve Saplarn Kurşun (Pb) İçerikleri (ppm)

Yaprak ve saplarn kurşun içerikleri Keşan Ticaret Borsa'sından hizmet alımı şeklinde ICP-OES cihazında yapılmıştır (Wolf vd., 2003).

3.5.7. Verilerin Değerlendirilmesi

Araştırmadan elde edilen verilerin analizleri "Tesadüf Bloklarında Bölünmüş Parseller Deneme Tekniğine "ne göre yapılmıştır. Ortalamaların karşılaştırılmasında LSD çoklu karşılaştırma testi uygulanmıştır. Verilerin istatistik analizlerinde SAS ve JMP 13 (SW) istatistik paket programları (SAS Institute, 1999) kullanılmıştır.

DÖRDÜNCÜ BÖLÜM

ARAŞTIRMA BULGULARI

4.1. Yaprak ve Sapların Bor (B) İçerikleri

Sorgum çeşitlerinin yapraklarındaki B düzeyleri araştırmanın tüm yıllarda uygulanan tüm faktörlere bağlı olarak (çeşit, gelişme dönemi ve çeşit*gelişme dönemi) istatistiki düzeyde önemli değişim göstermiştir (Tablo 4).

Tablo 4

SSM ve ŞS'nun 2020, 2021 ve iki yıllık ortalama yaprak bor oranlarına ait varyans analizi sonuçları

Varyans Kaynakları	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması		
		2020	2021	Birleşik
Yıl (Y)	1	-	-	78,5507**
Hata-1	2	-	-	278,4936
Çeşit (Ç)	3	181,1573**	160,6337**	341,4827**
Y*Ç	3	-	-	0,3084
Hata-2	6	-	-	0,5123
Gelişme Dönemi (GD)	5	3952,9288**	2984,1938**	6895,3578**
Y*GD	5	-	-	41,7648
Ç*GD	15	638,0681**	565,7805**	1202,7625**
Y*Ç*GD	15	-	-	1,0861
Hata	190/376 ⁺	3157,6739	1473,3129	5526,894
Genel	215/431 ⁺	-	-	-

* %5, ** %1 düzeyinde önemlidir. +soldaki değer yılların, sağdaki değer ise birleşik analizin serbestlik derecesini göstermektedir.

Araştırma yılları ve ortalamasında sorgum çeşitlerinde biçimdeki bitki boyunun artışı ile yaprakların B içerikleri azalmıştır. Bu sebeple en yüksek B bulunduran yapraklar 30 cm'de biçilen bitkilerde saptanmıştır. Buna karşılık fizyolojik olum döneminde biçilenlerin yaprakları en az B oranına sahip olmuştur. Çeşitler içerisinde ise M81-E en fazla, Topper-76 ise en az B içerenler olmuştur. Yaprakların ortalama bor içerikleri yıllara göre yaklaşık olarak %5 oranında değişim göstermiştir (Tablo 5).

Tablo 5

SSM ve ŞS'nun 2020 ve 2021 yılları ile iki yıllık ortalama yaprak bor oranları (ppm)

Gelişme dönemi	Sorgum-Sudanotu (SSM)		Şeker sorgum (ŞS)		Ortalama
	Nutri Honey	Nutrima	M81-E	Topper-76	
2020 yılı					
30 cm	25,49 ab	27,64 a	24,99 ab	25,94 ab	26,02 A
60 cm	18,27 de	20,98 cd	16,80 efg	16,97 efg	18,26 B
90 cm	16,99 efg	18,01 def	17,38 efg	16,95 efg	17,33 B
120 cm	15,60 e-h	15,87 e-h	23,70 bc	14,44 fgh	17,40 B
150 cm	13,44 gh	14,73 e-h	16,36 e-h	14,43 e-h	14,74 C
Fiz. olum	12,36 gh	11,12 h	17,55 d-h	12,22 gh	13,31 C
Ortalama	17,02 B	18,06 AB	19,46 A	16,82 B	17,84 A
2021 yılı					
30 cm	23,42 b	25,45 a	22,96 b	23,85 ab	23,92 A
60 cm	17,64 d	20,20 c	16,26 d-h	16,42 def	17,63 B
90 cm	16,40 d-h	17,36 de	16,77 def	16,36 d-h	16,72 B
120 cm	14,79 e-j	15,05 e-j	22,42 bc	13,70 g-k	16,49 B
150 cm	12,70 g-k	13,92 f-k	15,46 d-ı	13,64 g-k	13,93 C
Fiz. olum	11,61 ijk	10,44 k	16,50 d-h	11,48 jk	12,51 C
Ortalama	16,10 B	17,10 B	18,39 A	15,91 B	16,87 B
Yılların birleşik ortalaması (2020-2021)					
30 cm	24,46 b	26,54 a	23,97 b	24,90 ab	24,97 A
60 cm	17,95 d	20,59 c	16,53 d-g	16,70 d-g	17,94 B
90 cm	16,70 d-g	17,68 de	17,07 def	16,65 d-g	17,03 B
120 cm	15,20 f-j	15,46 e-ı	23,06 b	14,07 h-k	16,95 B
150 cm	13,07 ı-l	14,33 g-k	15,91 d-ı	14,03 h-l	14,33 C
Fiz. olum	11,98 jkl	10,78 l	17,02 d-h	11,85 kl	12,91 C
Ortalama	16,56 BC	17,56 B	18,93 A	16,37 C	

Faklı sorgum çeşitlerinin sap kısımlarındaki bor düzeylerine ilişkin yapılan varyans değerlendirmesine göre araştırmanın tüm yıllarında çeşitlere, gelişme dönemlerine ve bunlar arasındaki etkileşimlere göre önemli düzeyde değişim göstermiştir. Sadece araştırmanın ilk yılında çeşit* gelişme dönemi etkileşimlerine göre bu değişim önemsiz düzeyde kalmıştır (Tablo 6).

Tablo 6

SSM ve ŞS'nun 2020, 2021 ve iki yıllık ortalama sap bor oranlarına ait varyans analizi sonuçları

Varyans Kaynakları	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması		
		2020	2021	Birleşik
Yıl (Y)	1	-	-	79,7577**
Hata-1	2	-	-	287,0064
Çeşit (Ç)	3	222,2603**	197,0801**	418,9621**
Y*Ç	3	-	-	0,3783
Hata-2	6	-	-	0,7223
Gelişme Dönemi (GD)	5	4011,6648	3155,9208**	7129,4277**
Y*GD	5	-	-	38,1580
Ç*GD	15	365,7715	324,3328**	689,4817**
Y*Ç*GD	15	-	-	0,6226
Hata	190/376 ⁺	4332,668	2093,2983	7359,651
Genel	215/431 ⁺	-	-	-

* %5, ** %1 düzeyinde önemlidir. +soldaki değer yılların, sağdaki değer ise birleşik analizin serbestlik derecesini göstermektedir.

Araştırmanın tüm yılları ve ortalamasında gelişme dönemlerinin ilerlemesi ile düzenli olarak sapsızların B kapsamı azalmıştır. Dolayısıyla en yüksek B içeren sapsızlar 30 cm'de biçilen, en az B içerenler de fizyolojik olumda hasat edilenlerde kaydedilmiştir. Bunun yanında Nutrima çeşidinin sap B kapsamı diğer çeşitlerden daha yüksek çıkmıştır. Çalışmanın ilk yılın sapsızlarda biriken ortalama B içeriği 17,97 ppm iken, bu oran araştırmanın ikinci yılında 16,99 ppm'e düşmüştür (Tablo 7).

Tablo 7

SSM ve ŞS'nun 2020 ve 2021 yılları ile iki yıllık ortalama sap bor oranları (ppm)

Gelişme dönemi	Sorgum-Sudanotu (SSM)		Şeker sorgum (ŞS)		Ortalama
	Nutri Honey	Nutrima	M81-E	Topper-76	
2020 yılı					
30 cm	23,91	26,44	26,12	26,32	25,70 A
60 cm	21,09	21,69	21,59	18,61	20,74 B
90 cm	17,45	17,95	19,72	15,76	17,72 C
120 cm	14,53	21,33	14,46	15,99	16,58 C
150 cm	13,86	14,90	13,44	13,68	13,97 D
Fiz. olum	12,71	17,27	10,90	11,57	13,11 D
Ortalama	17,26 B	19,93 A	17,70 B	16,99 B	17,97 A
2021 yılı					
30 cm	21,94 ab	24,32 a	24,02 a	24,21 a	23,62 A
60 cm	20,30 bcd	20,86 bc	20,77 bc	17,96 d-g	19,97 B
90 cm	16,83 f-ı	17,31 e-h	18,97 c-f	15,24 g-j	17,09 C
120 cm	13,78 ı-l	20,19 b-e	13,72 jkl	15,16 g-k	15,71 C
150 cm	13,11 jkl	14,09 h-l	12,71 jkl	12,93 jkl	13,21 D
Fiz. olum	11,94 jkl	16,24 d-j	10,23 l	10,87 kl	12,32 D
Ortalama	16,32 B	18,83 A	16,74 B	16,03 B	16,99 B
Yılların birleşik ortalaması (2020-2021)					
30 cm	22,93 b	25,38 a	25,07 a	25,27 a	24,66 A
60 cm	20,70 c	21,27 bc	21,18 bc	18,29 de	20,36 B
90 cm	17,14 efg	17,63 ef	19,35 cde	15,50 fgh	17,40 C
120 cm	14,16 hı	20,76 bcd	14,09 hı	15,58 fgh	16,15 C
150 cm	13,49 hı	14,50 ghı	13,07 hı	13,31 hı	13,59 D
Fiz. olum	12,32 hı	16,76 e-h	10,57 ı	11,22 ı	12,72 D
Ortalama	16,79 B	19,38 A	17,22 B	16,53 B	

4.2. Yaprak ve Sapların Kadmiyum (Cd) İçerikleri

Sorgum çeşitlerinin yapraklarındaki Cd içerikleri araştırmanın ilk yılında sadece gelişme dönemlerine, ikinci yılda çeşitlere ve gelişme dönemlerine, iki yıllık ortalama da ise çeşitlere, gelişme dönemlerine ve çeşit*gelişme dönemi etkileşimlerine göre önemli düzeyde değişim göstermiştir (Tablo 8).

Tablo 8

SSM ve ŞS'nun 2020, 2021 ve iki yıllık ortalama yaprak kadmiyum oranlarına ait varyans analizi sonuçları

Varyans Kaynakları	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması		
		2020	2021	Birleşik
Yıl (Y)	1	-	-	0,042541
Hata-1	2	-	-	0,141258
Çeşit (Ç)	3	0,133676	0,118532**	0,251980**
Y*Ç	3	-	-	0,000228
Hata-2	6	-	-	0,000695
Gelişme Dönemi (GD)	5	9,494757**	8,496623**	17,970050**
Y*GD	5	-	-	0,021330
Ç*GD	15	0,256824	0,227728	0,484114**
Y*Ç*GD	15	-	-	0,000437
Hata	190/376 ⁺	3,512010	2,245241	6,217999
Genel	215/431 ⁺	-	-	-

* %5, ** %1 düzeyinde önemlidir. +soldaki değer yılların, sağdaki değer ise birleşik analizin serbestlik derecesini göstermektedir.

Araştırmanın yürütüldüğü tüm yıllarda ve yıllar ortalamasında yapraklardaki Cd düzeyleri hasatta bitki boyunun artışı ile düşüş göstermiştir. 30 cm yükseklikte biçilen bitkiler en yüksek, fizyolojik olumda biçilenler ise en düşük Cd oranına sahip olmuştur. Bunun yanında Nutrima en fazla, Nutri Honey çeşidi ise en az Cd içeren çeşitler olmuştur (Tablo 9).

Tablo 9

SSM ve ŞS'nun 2020 ve 2021 yılları ile iki yıllık ortalama yaprak kadmiyum oranları (ppm)

Gelişme dönemi	Sorgum-Sudanotu (SSM)		Şeker sorgum (ŞS)		Ortalama
	Nutri Honey	Nutrima	M81-E	Topper-76	
2020 yılı					
30 cm	0,729	0,723	0,690	0,703	0,712 A
60 cm	0,418	0,610	0,520	0,589	0,534 B
90 cm	0,266	0,413	0,298	0,281	0,314 C
120 cm	0,188	0,242	0,227	0,277	0,233 D
150 cm	0,152	0,222	0,187	0,208	0,192 DE
Fiz. olum	0,151	0,155	0,129	0,133	0,142 E
Ortalama	0,317	0,394	0,394	0,365	0,355
2021 yılı					
30 cm	0,692	0,687	0,655	0,667	0,675 A
60 cm	0,378	0,559	0,475	0,539	0,488 B
90 cm	0,254	0,392	0,284	0,268	0,299 C
120 cm	0,179	0,230	0,216	0,264	0,222 D
150 cm	0,134	0,200	0,168	0,187	0,172 DE
Fiz. olum	0,142	0,146	0,121	0,125	0,134 E
Ortalama	0,297 B	0,369 A	0,320 B	0,342 AB	0,332
Yılların birleşik ortalaması (2020-2021)					
30 cm	0,711 a	0,705 a	0,672 a	0,685 a	0,693 A
60 cm	0,398 d	0,584 b	0,498 c	0,564 bc	0,511 B
90 cm	0,260 efg	0,403 d	0,291 e	0,274 ef	0,307 C
120 cm	0,183 ghı	0,236 e-h	0,222 e-ı	0,271 ef	0,228 D
150 cm	0,143 ı	0,211 e-ı	0,177 ghı	0,198 f-ı	0,182 E
Fiz. olum	0,146 hı	0,151 ghı	0,125 hı	0,129 hı	0,138 E
Ortalama	0,307 C	0,382 A	0,331 BC	0,353 AB	

Faklı sorgum çeşitlerinin sap kısımlarındaki Cd düzeyleri araştırmanın tüm yıllarında çeşitlere, gelişme dönemlerine ve bunlar arasındaki etkileşimlere göre önemli değişim göstermiştir (Tablo 10).

Tablo 10

SSM ve ŞS'nun 2020, 2021 ve iki yıllık ortalama sap kadmiyum oranlarına ait varyans analizi sonuçları

Varyans Kaynakları	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması		
		2020	2021	Birleşik
Yıl (Y)	1	-	-	0,021742
Hata-1	2	-	-	0,059923
Çeşit (Ç)	3	0,113268**	0,100436**	0,213511**
Y*Ç	3	-	-	0,000193
Hata-2	6	-	-	0,001187
Gelişme Dönemi (GD)	5	2,203764**	2,083905**	4,280369**
Y*GD	5	-	-	0,007300
Ç*GD	15	0,4344934*	0,385270**	0,819024**
Y*Ç*GD	15	-	-	0,000740
Hata	190/376 ⁺	1,448849	0,984102	2,622002
Genel	215/431 ⁺	-	-	-

* %5, ** %1 düzeyinde önemlidir. +soldaki değer yılların, sağdaki değer ise birleşik analizin serbestlik derecesini göstermektedir.

Çalışmanın yürütüldüğü bütün yıllarda sorgum çeşitlerinin sap kısımlarında biriken Cd içerikleri bitkilerde büyümenin ilerlemesine bağlı olarak düşüş göstermiştir. Dolayısıyla 30 cm'de biçilen bitkilerin sap Cd oranı en yüksek, fizyolojik oluma ulaştıktan sonra biçilenlerinki en az olmuştur. Çeşitler içerisinde ise Nutrima en çok Cd bulunduran çeşit olurken, Nutri Honey en az Cd içeren çeşit olarak saptanmıştır (Tablo 11).

Tablo 11

SSM ve ŞS'nun 2020 ve 2021 yılları ile iki yıllık ortalama sap kadmiyum oranları (ppm)

Gelişme dönemi	Sorgum-Sudanotu (SSM)		Şeker sorgum (ŞS)		Ortalama
	Nutri Honey	Nutrima	M81-E	Topper-76	
2020 yılı					
30 cm	0,368 c	0,590 a	0,447 b	0,326 cd	0,433 A
60 cm	0,210 e-1	0,361 c	0,274 de	0,274 de	0,280 B
90 cm	0,219 e-1	0,251 efg	0,245 efg	0,271 def	0,247 B
120 cm	0,196 f-1	0,209 e-1	0,238 e-h	0,176 ghı	0,205 C
150 cm	0,183 f-1	0,174 ghı	0,149 hı	0,179 ghı	0,171 CD
Fiz. olum	0,128 hı	0,131 hı	0,108 ı	0,140 ghı	0,127 D
Ortalama	0,217 B	0,286 A	0,243 B	0,228 B	0,244
2021 yılı					
30 cm	0,352 c	0,561 a	0,456 b	0,312 cd	0,413 A
60 cm	0,183 g-l	0,325 c	0,243 ef	0,243 ef	0,248 B
90 cm	0,210 e-j	0,240 efg	0,235 e-h	0,259 de	0,236 B
120 cm	0,187 f-l	0,200 e-k	0,226 e-ı	0,168 h-l	0,195 C
150 cm	0,164 h-l	0,155 ı-l	0,132 kl	0,160 ı-l	0,153 D
Fiz. olum	0,121 jkl	0,123 jkl	0,102 l	0,132 jkl	0,119 D
Ortalama	0,203 B	0,267 A	0,227 B	0,212 B	0,227
Yılların birleşik ortalaması (2020-2021)					
30 cm	0,360 c	0,575 a	0,436 b	0,319 d	0,423 A
60 cm	0,196 g-j	0,343 cd	0,259 e	0,258 e	0,264 B
90 cm	0,214 e-h	0,246 ef	0,240 efg	0,265 e	0,241 B
120 cm	0,192 g-k	0,205 f-ı	0,232 efg	0,172 h-l	0,200 C
150 cm	0,174 h-l	0,164 hl	0,141 kl	0,169 h-l	0,162 D
Fiz. olum	0,124 kl	0,127 jkl	0,105 l	0,136 ı-l	0,123 E
Ortalama	0,210 C	0,277 A	0,235 B	0,220 BC	

4.3. Yaprak ve Sapların Nikel (Ni) İçerikleri

Yapılan varyans analizine göre farklı sorgum çeşitlerinin yapraklarındaki Ni oranları araştırmanın yürütüldüğü yıllarda çeşitlere, gelişme dönemlerine ve çeşit*gelişme dönemi etkileşimlerine göre istatistiki olarak önemli düzeyde değişim göstermiştir (Tablo 12).

Tablo 12

SSM ve ŞS'nun 2020, 2021 ve iki yıllık ortalama yaprak nikel oranlarına ait varyans analizi sonuçları

Varyans Kaynakları	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması		
		2020	2021	Birleşik
Yıl (Y)	1	-	-	0,375289**
Hata-1	2	-	-	1,245958
Çeşit (Ç)	3	0,700214**	0,620886**	1,319908**
Y*Ç	3	-	-	0,001192
Hata-2	6	-	-	0,004860
Gelişme Dönemi (GD)	5	26,518115**	23,552045**	50,018633**
Y*GD	5	-	-	0,051527
Ç*GD	15	2,560739**	2,270629**	4,827010**
Y*Ç*GD	15	-	-	0,004359
Hata	190/376 ⁺	14,502493	11,765485	30,433323
Genel	215/431 ⁺	-	-	-

* %5, ** %1 düzeyinde önemlidir. +soldaki değer yılların, sağdaki değer ise birleşik analizin serbestlik derecesini göstermektedir.

Sorgum çeşitlerinin yapraklarındaki Ni oranları yıllar ve ortalamasında biçimdeki boy artışı ile azalma eğiliminde olmuştur. Boyları 30 cm'ye ulaştıktan sonra biçilen bitkiler en yüksek Ni oranlarına sahip olurken, fizyolojik oluma ulaştıktan sonra biçilen bitkilerin yapraklarında en az Ni oranı tespit edilmiştir. Çeşitler içerisinde ise Topper-76 diğerlerinden önemli düzeyde daha az Ni oranına sahip olmuştur. Yaprakların Ni içerikleri araştırmanın ikinci yılında yaklaşık olarak %6 oranında düşmüştür (Tablo 13).

Tablo 13

SSM ve ŞS'nun 2020 ve 2021 yılları ile iki yıllık ortalama yaprak nikel oranları (ppm)

Gelişme dönemi	Sorgum-Sudanotu (SSM)		Şeker sorgum (ŞS)		Ortalama
	Nutri Honey	Nutrima	M81-E	Topper-76	
2020 yılı					
30 cm	1,672 ab	1,480 bcd	1,844 a	1,525 bc	1,630 A
60 cm	1,487 bcd	1,851 a	1,507 bcd	1,310 de	1,539 A
90 cm	1,274 de	1,366 cde	1,229 e	1,123 efg	1,248 B
120 cm	1,151 ef	1,149 ef	1,269 de	0,923 fgh	1,123 B
150 cm	0,725 hij	0,854 gh	0,849 gh	0,798 hı	0,806 C
Fiz. olum	0,340 jk	0,415 ijk	0,324 k	0,441 ijk	0,380 D
Ortalama	1,108 AB	1,186 A	1,170 A	1,020 B	1,121 A
2021 yılı					
30 cm	1,580 ab	1,399 cd	1,742 a	1,442 bc	1,541 A
60 cm	1,385 cd	1,728 a	1,404 bcd	1,219 de	1,434 B
90 cm	1,203 de	1,290 cde	1,161 e	1,061 ef	1,179 C
120 cm	1,086 ef	1,084 ef	1,197 de	0,872 fg	1,060 D
150 cm	0,674 ghı	0,795 g	0,791 g	0,743 gh	0,751 E
Fiz. olum	0,321 j	0,390 ij	0,306 j	0,415 hij	0,358 F
Ortalama	1,042 AB	1,114 A	1,100 A	0,959 B	1,054 B
Yılların birleşik ortalaması (2020-2021)					
30 cm	1,626 b	1,439 cd	1,793 a	1,483 c	1,585 A
60 cm	1,436 cd	1,789 a	1,456 cd	1,264 ef	1,486 B
90 cm	1,239 efg	1,328 de	1,195 efg	1,092 g	1,213 C
120 cm	1,119 fg	1,116 fg	1,233 efg	0,898 h	1,091 D
150 cm	0,700 ı	0,824 hı	0,820 hı	0,770 hı	0,779 E
Fiz. olum	0,330 j	0,402 j	0,315 j	0,428 j	0,369 F
Ortalama	1,075 A	1,150 A	1,135 A	0,989 B	

Sorgum çeşitlerinin saplarında Ni oranı araştırmanın tüm yıllarında çeşitlere ve gelişme dönemlerine göre önemli değişim göstermiştir. Aynı şekilde uygulamalar arasındaki etkileşimlere de önemli bulunmuştur (Tablo 14).

Tablo 14

SSM ve ŞS'nun 2020, 2021 ve iki yıllık ortalama sap nikel oranlarına ait varyans analizi sonuçları

Varyans Kaynakları	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması		
		2020	2021	Birleşik
Yıl (Y)	1	-	-	0,262205**
Hata-1	2	-	-	0,928256
Çeşit (Ç)	3	0,891429**	0,790044**	1,680350**
Y*Ç	3	-	-	0,001517
Hata-2	6	-	-	0,003465
Gelişme Dönemi (GD)	5	38,601002**	34,359103**	72,890893**
Y*GD	5	-	-	0,069212
Ç*GD	15	4,965233**	4,402715**	9,359496**
Y*Ç*GD	15	-	-	0,008452
Hata	190/376 ⁺	6,058164	4,162883	13,229452
Genel	215/431 ⁺	-	-	-

* %5, ** %1 düzeyinde önemlidir. +soldaki değer yılların, sağdaki değer ise birleşik analizin serbestlik derecesini göstermektedir.

Projenin yürütüldüğü dönemlerde sorgum çeşitlerinin sap kısımlarındaki Ni oranları biçimlerdeki gecikme ile düşüş göstermiştir. Bu sebeple en yüksek sap Ni oranı bulunduran bitkiler 30 cm boylandığında, en az Ni içeren bitkiler ise fizyolojik oluma ulaştıktan sonra biçilenlerde olmuştur. Diğer taraftan Nutrima ve Topper-76 çeşitleri diğer çeşitlerin saplarından daha fazla Ni içermişlerdir. Araştırmanın ilk yılında saplarda biriken ortalama Ni oranı 0,931 ppm iken, bu rakam ikinci yılda 0,875 ppm'e düşmüştür (Tablo 15).

Tablo 15

SSM ve ŞS'nun 2020 ve 2021 yılları ile iki yıllık ortalama sap nikel oranları (ppm)

Gelişme dönemi	Sorgum-Sudanotu (SSM)		Şeker sorgum (ŞS)		Ortalama
	Nutri Honey	Nutrima	M81-E	Topper-76	
2020 yılı					
30 cm	1,424 b	1,333 b	1,821 a	1,857 a	1,609 A
60 cm	1,345 b	1,435 b	1,353 b	1,351 b	1,371 B
90 cm	0,815 c-f	1,367 b	0,771 def	0,948 c	0,975 C
120 cm	0,819 cde	0,899 cd	0,698 efg	0,858 cde	0,818 D
150 cm	0,303 j	0,632 fgh	0,467 hij	0,523 ghı	0,481 E
Fiz. olum	0,290 ij	0,315 ij	0,223 j	0,506 g-j	0,334 F
Ortalama	0,833 B	0,997 A	0,889 B	1,007 A	0,931 A
2021 yılı					
30 cm	1,346 b	1,261 b	1,720 a	1,754 a	1,520 A
60 cm	1,251 b	1,336 b	1,259 b	1,257 b	1,276 B
90 cm	0,771 cde	1,291 b	0,730 def	0,897 c	0,922 C
120 cm	0,774 cde	0,849 cd	0,660 efg	0,810 cd	0,773 D
150 cm	0,277 jk	0,587 fgh	0,431 hij	0,484 hı	0,445 E
Fiz. olum	0,274 jk	0,297 ijk	0,210 k	0,477 g-j	0,314 F
Ortalama	0,782 B	0,937 A	0,835 B	0,946 A	0,875 B
Yılların birleşik ortalaması (2020-2021)					
30 cm	1,385 b	1,297 c	1,771 a	1,806 a	1,565 A
60 cm	1,298 bc	1,386 bc	1,306 bc	1,304 bc	1,323 B
90 cm	0,793 ef	1,329 bc	0,751 fg	0,923 d	0,949 C
120 cm	0,796 ef	0,874 de	0,679 gh	0,834 def	0,796 D
150 cm	0,290 l	0,609 hi	0,449 jk	0,503 ij	0,463 E
Fiz. olum	0,282 l	0,306 kl	0,216 l	0,491 ijk	0,324 F
Ortalama	0,807 C	0,967 A	0,862 B	0,977 A	

4.4. Yaprak ve Sapların Kobalt (Co) İçerikleri

Sorgum yapraklarının Co düzeyleri araştırmanın tüm yıllarında gelişme dönemlerine ve çeşit* gelişme dönemi etkileşimlerine göre önemli olurken, çeşitlere göre bu değişim önemsiz düzeyde gerçekleşmiştir (Tablo 16).

Tablo 16

SSM ve ŞS'nun 2020, 2021 ve iki yıllık ortalama yaprak kobalt oranlarına ait varyans analizi sonuçları

Varyans Kaynakları	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması		
		2020	2021	Birleşik
Yıl (Y)	1	-	-	0,174463
Hata-1	2	-	-	0,603106
Çeşit (Ç)	3	0,043609	0,038669	0,082204
Y*Ç	3	-	-	0,000674
Hata-2	6	-	-	0,000632
Gelişme Dönemi (GD)	5	35,975322**	32,350581**	68,271066**
Y*GD	5	-	-	0,054838
Ç*GD	15	2,284950**	2,026084**	4,307145**
Y*Ç*GD	15	-	-	0,003890
Hata	190/376 ⁺	13,670170	12,815158	28,96353
Genel	215/431 ⁺	-	-	-

* %5, ** %1 düzeyinde önemlidir. +soldaki değer yılların, sağdaki değer ise birleşik analizin serbestlik derecesini göstermektedir.

Araştırma yılları ve ortalamasında bitkilerde biçim zamanının gecikmesi ile yapraklarındaki Co oranında düşüş gerçekleşmiştir. Bu nedenle en yüksek Co oranı 30 cm boyda hasadı yapılan bitkilerde belirlenirken, fizyolojik olumda hasat edilenler en az Co oranına sahip olmuştur. Çeşitlerin Co oranları ilk yıl 0,725-0,765 ppm, ikinci yıl 0,681-0,718 ppm ve yılların ortalamasında ise 0,703-0,742 ppm arasında değişim göstermiştir (Tablo 17).

Tablo 17

SSM ve ŞS'nun 2020 ve 2021 yılları ile iki yıllık ortalama yaprak kobalt oranları (ppm)

Gelişme dönemi	Sorgum-Sudanotu (SSM)		Şeker sorgum (ŞS)		Ortalama
	Nutri Honey	Nutrima	M81-E	Topper-76	
2020 yılı					
30 cm	1,480 ab	1,574 a	1,652 a	1,355 b	1,515 A
60 cm	0,852 de	0,910 cd	1,079 c	0,774 d-g	0,904 B
90 cm	0,789 d-g	0,599 fgh	0,452 h	0,834 def	0,668 C
120 cm	0,472 h	0,625 e-h	0,650 e-h	0,669 e-h	0,604 C
150 cm	0,404 h	0,429 h	0,421 h	0,522 gh	0,444 D
Fiz. olum	0,355 h	0,430 h	0,336 h	0,418 h	0,385 D
Ortalama	0,725	0,761	0,765	0,762	0,753
2021 yılı					
30 cm	1,399 ab	1,487 a	1,561 a	1,281 b	1,432 A
60 cm	0,788 de	0,842 cd	1,001 c	0,714 d-g	0,836 B
90 cm	0,746 def	0,567 e-h	0,429 h	0,788 cde	0,633 C
120 cm	0,447 h	0,591 e-h	0,615 e-h	0,633 d-h	0,571 C
150 cm	0,371 h	0,395 h	0,388 h	0,483 fgh	0,409 D
Fiz. olum	0,335 h	0,405 gh	0,317 h	0,394 gh	0,362 D
Ortalama	0,681	0,715	0,718	0,716	0,707
Yılların birleşik ortalaması (2020-2021)					
30 cm	1,440 bc	1,531 ab	1,607 a	1,318 c	1,474 A
60 cm	0,820 e	0,876 e	1,040 d	0,744 efg	0,870 B
90 cm	0,768 efg	0,583 h-k	0,440 jkl	0,811 ef	0,651 C
120 cm	0,459 jkl	0,608 g-j	0,632 ghı	0,651 fgh	0,588 C
150 cm	0,388 l	0,412 kl	0,405 kl	0,503 h-l	0,427 D
Fiz. olum	0,345 kl	0,417 h-l	0,326 l	0,406 ı-l	0,374 D
Ortalama	0,703	0,738	0,742	0,739	

Farklı sorgum çeşitlerinin saplarındaki Co içerikleri çalışmanın yürütüldüğü tüm yıllarda gelişme dönemlerine ve çeşit* gelişme dönemi etkileşimlerine göre istatistiki olarak önemli değişim göstermiştir. Fakat çeşitlere göre olan bu değişim araştırmanın ilk iki yılında önemsiz olurken, iki yıllık ortalama önemli olmuştur (Tablo 18).

Tablo 18

SSM ve ŞS'nun 2020, 2021 ve iki yıllık ortalama sap kobalt oranlarına ait varyans analizi sonuçları

Varyans Kaynakları	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması		
		2020	2021	Birleşik
Yıl (Y)	1	-	-	0,177885
Hata-1	2	-	-	0,571308
Çeşit (Ç)	3	0,765147	0,678463	1,442307**
Y*Ç	3	-	-	0,001302
Hata-2	6	-	-	0,005012
Gelişme Dönemi (GD)	5	16,054577**	14,564939**	30,594816**
Y*GD	5	-	-	0,024700
Ç*GD	15	8,026667**	7,117315**	15,130332**
Y*Ç*GD	15	-	-	0,013663
Hata	190/376 ⁺	28,285063	24,341087	54,451240
Genel	215/431 ⁺	-	-	-

* %5, ** %1 düzeyinde önemlidir. +soldaki değer yılların, sağdaki değer ise birleşik analizin serbestlik derecesini göstermektedir.

Denemede sorgumun sap kısımlarının Co oranları bitkilerin gelişme dönemlerinin ilerlemesi ile düşüş göstermiştir. En erken biçilen (30 cm boyda) bitkilerin sapsarı en yüksek Co oranına sahip olmuştur. Buna karşılık fizyolojik olumda biçilenler en az Co içermişlerdir. Çeşitlere göre ortalama kobalt düzeyleri ilk yıl 0,669-0,841 ppm, ikinci yıl 0,628-0,790 ve yıllar ortalamasında 0,649-0,816 ppm arasında yer almıştır. Yılların ortalamasına göre, Nutri Honey sapsarında diğerlerinden daha yüksek Co bulunurken, M81-E en düşük Co oranına sahip çeşit olmuştur (Tablo 19).

Tablo 19

SSM ve ŞS'nun 2020 ve 2021 yılları ile iki yıllık ortalama sap kobalt oranları (ppm)

Gelişme dönemi	Sorgum-Sudanotu (SSM)		Şeker sorgum (ŞS)		Ortalama
	Nutri Honey	Nutrima	M81-E	Topper-76	
2020 yılı					
30 cm	1,498 a	0,789 c-h	1,397 a	1,345 ab	1,257 A
60 cm	1,017 c	0,605 f-ı	0,961 cd	0,953 cde	0,884 B
90 cm	0,931 c-f	0,895 c-g	0,620 e-ı	0,934 c-f	0,845 BC
120 cm	0,471 hı	1,034 bc	0,427 ı	0,826 c-h	0,689 CD
150 cm	0,638 c-ı	0,742 c-ı	0,332 ı	0,410 ı	0,531 DE
Fiz. olum	0,492 d-ı	0,284 ı	0,277 ı	0,389 ghı	0,360 E
Ortalama	0,841	0,725	0,669	0,809	0,761
2021 yılı					
30 cm	1,416 a	0,748 c-g	1,320 a	1,272 ab	1,189 A
60 cm	0,942 cd	0,554 fgh	0,890 cde	0,883 cde	0,817 B
90 cm	0,880 cde	0,846 c-f	0,588 e-h	0,883 cde	0,799 BC
120 cm	0,446 h	0,976 bc	0,405 h	0,780 c-g	0,652 CD
150 cm	0,592 d-h	0,690 c-h	0,304 h	0,377 h	0,491 DE
Fiz. olum	0,463 e-h	0,268 h	0,261 h	0,366 gh	0,339 E
Ortalama	0,790	0,680	0,628	0,760	0,715
Yılların birleşik ortalaması (2020-2021)					
30 cm	1,457 a	0,768 c-f	1,359 a	1,308 a	1,223 A
60 cm	0,980 b	0,579 fgh	0,926 bc	0,918 bc	0,851 B
90 cm	0,906 bc	0,870 bcd	0,604 e-h	0,909 bc	0,822 B
120 cm	0,459 ghı	1,005 b	0,416 hı	0,803 b-e	0,671 C
150 cm	0,615 d-h	0,716 c-g	0,318 ı	0,394 hı	0,511 D
Fiz. olum	0,477 e-ı	0,276 hı	0,269 hı	0,378 ghı	0,350 D
Ortalama	0,816 A	0,703 BC	0,649 C	0,785 AB	

4.5. Yaprak ve Sapların Krom (Cr) İçerikleri

Yapılan varyans analizine göre farklı sorgum çeşitlerinin yapraklarındaki Cr içerikleri araştırmanın yürütüldüğü yıllarda çeşitlere, gelişme dönemlerine ve çeşit*gelişme dönemi etkileşimlerine göre istatistiki olarak önemli değişim göstermiştir (Tablo 20).

Tablo 20

SSM ve ŞS'nun 2020, 2021 ve iki yıllık ortalama yaprak krom oranlarına ait varyans analizi sonuçları

Varyans Kaynakları	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması		
		2020	2021	Birleşik
Yıl (Y)	1	-	-	0,695864**
Hata-1	2	-	-	2,098752
Çeşit (Ç)	3	0,810903**	0,719035**	1,528558**
Y*Ç	3	-	-	0,001380
Hata-2	6	-	-	0,005058
Gelişme Dönemi (GD)	5	18,293932**	16,374006**	34,633955**
Y*GD	5	-	-	0,033983
Ç*GD	15	2,202903**	1,953333**	4,152485**
Y*Ç*GD	15	-	-	0,003750
Hata	190/376 ⁺	11,922228	10,561806	29,471066
Genel	215/431 ⁺	-	-	-

* %5, ** %1 düzeyinde önemlidir. +soldaki değer yılların, sağdaki değer ise birleşik analizin serbestlik derecesini göstermektedir.

Sorgum çeşitlerinin yapraklarının Cr kapsamaları diğer minerallerde olduğu gibi, bitkilerin biçimlerdeki olgunlaşma düzeylerine bağlı olarak düşmüştür. Araştırma yıllarında ortalama en yüksek Cr oranı 30 cm boyda hasat edilen bitkilerde belirlenirken, en az Cr içeriği fizyolojik dönemde hasat edilenlerde belirlenmiştir. Çeşitlerden Nutri Honey ve Topper-76 diğerlerinden daha yüksek Cr oranına sahip olmuştur. Yıllara göre yaprakların Cr içerikleri %6 oranında değişim göstermiştir (Tablo 21).

Tablo 21

SSM ve ŞS'nun 2020 ve 2021 yılları ile iki yıllık ortalama yaprak krom oranları (ppm)

Gelişme dönemi	Sorgum-Sudanotu (SSM)		Şeker sorgum (ŞS)		Ortalama
	Nutri Honey	Nutrima	M81-E	Topper-76	
2020 yılı					
30 cm	2,046 b	1,739 d-g	1,966 bc	2,303 a	2,013 A
60 cm	1,888 bcd	1,685 e-h	1,793 c-f	1,869 b-e	1,809 B
90 cm	1,685 d-h	1,627 f-ı	1,507 hij	1,659 e-ı	1,620 C
120 cm	1,514 hij	1,502 hij	1,677 d-h	1,556 g-j	1,562 C
150 cm	1,453 hij	1,406 ij	1,094 kl	1,306 jk	1,315 D
Fiz. olum	0,958 klm	0,731 m	0,935 lm	1,038 klm	0,916 E
Ortalama	1,591 AB	1,448 C	1,495 BC	1,622 A	1,539 A
2021 yılı					
30 cm	1,932 b	1,643 d-g	1,857 bc	2,174 a	1,901 A
60 cm	1,763 bcd	1,572 e-h	1,674 def	1,745 cde	1,688 B
90 cm	1,590 d-h	1,536 f-ı	1,423 hij	1,566 d-h	1,529 C
120 cm	1,428 hij	1,417 hij	1,582 d-h	1,468 ghi	1,474 C
150 cm	1,360 hij	1,315 ij	1,021 kl	1,221 jk	1,229 D
Fiz. olum	0,903 klm	0,688 m	0,880 lm	0,978 klm	0,862 E
Ortalama	1,496 AB	1,362 C	1,406 BC	1,525 A	1,447 B
Yılların birleşik ortalaması (2020-2021)					
30 cm	1,989 b	1,691 de	1,911 bc	2,238 a	1,957 A
60 cm	1,825 cd	1,628 ef	1,733 de	1,807 cd	1,749 B
90 cm	1,637 ef	1,581 e-ı	1,465 g-j	1,613 e-h	1,574 C
120 cm	1,471 g-j	1,459 hij	1,630 efg	1,512 f-j	1,518 C
150 cm	1,406 ijk	1,361 jk	1,057 l	1,263 k	1,272 D
Fiz. olum	0,931 lm	0,710 m	0,907lm	1,008 l	0,889 E
Ortalama	1,543 A	1,405 B	1,451 B	1,574 A	

Sorgum saplarının Cr içerikleri araştırmanın yürütüldüğü iki yıl ile ortalamasında çeşitlere, gelişme dönemlerine ve çeşit*gelişme dönemi etkileşimlerine göre istatistiki olarak önemli olmuştur (Tablo 22).

Tablo 22

SSM ve ŞS'nun 2020, 2021 ve iki yıllık ortalama sap krom oranlarına ait varyans analizi sonuçları

Varyans Kaynakları	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması		
		2020	2021	Birleşik
Yıl (Y)	1	-	-	0,584624**
Hata-1	2	-	-	1,727408
Çeşit (Ç)	3	1,468640**	1,302096**	2,768056**
Y*Ç	3	-	-	0,002500
Hata-2	6	-	-	0,004453
Gelişme Dönemi (GD)	5	11,187402**	10,032910**	21,197197**
Y*GD	5	-	-	0,023115
Ç*GD	15	1,573933**	1,395620**	2,966874**
Y*Ç*GD	15	-	-	0,002679
Hata	190/376 ⁺	7,900568	7,116626	20,539788
Genel	215/431 ⁺	-	-	-

* %5, ** %1 düzeyinde önemlidir. +soldaki değer yılların, sağdaki değer ise birleşik analizin serbestlik derecesini göstermektedir.

Diğer mineral elementlerde olduğu gibi, sorgumun sap kısımlarındaki Cr içerikleri bitkilerde büyümenin ilerlemesine bağlı olarak azalmıştır. Dolayısıyla en yüksek Cr oranı 30 cm boyda, en düşük Cr ise fizyolojik olum döneminde hasat edilen bitkilerde tespit edilmiştir. Bununla birlikte Nutrima en yüksek, Nutri Honey ve M81-E çeşitleri de en düşük Cr bulduran çeşitler olmuştur. Çalışmanın ilk yılında saplarda biriken Cr oranı 1,408 ppm iken, ikinci yılda bu değer 1,324 ppm'e düşmüştür (Tablo 23).

Tablo 23

SSM ve ŞS'nun 2020 ve 2021 yılları ile iki yıllık ortalama sap krom oranları (ppm)

Gelişme dönemi	Sorgum-Sudanotu (SSM)		Şeker sorgum (ŞS)		Ortalama
	Nutri Honey	Nutrima	M81-E	Topper-76	
2020 yılı					
30 cm	1,697 abc	1,725 ab	1,728 ab	1,829 a	1,745 A
60 cm	1,532 d-g	1,721 ab	1,591 b-e	1,644 bcd	1,622 B
90 cm	1,283 h	1,532 c-g	1,594 b-e	1,661 a-d	1,517 C
120 cm	1,440 e-h	1,674 a-d	1,288 h	1,559 b-f	1,490 C
150 cm	1,063 ij	1,369 fgh	1,288 h ₁	1,332 gh	1,263 D
Fiz. olum	0,785 jk	1,189 h ₁	0,530 k	0,733 k	0,809 E
Ortalama	1,300 B	1,535 A	1,336 B	1,460 A	1,408 A
2021 yılı					
30 cm	1,604 a-d	1,630 abc	1,632 ab	1,728 a	1,648 A
60 cm	1,428 e-h	1,605 a-d	1,483 c-f	1,533 b-e	1,513 B
90 cm	1,211 ₁	1,446 d-h	1,505 b-f	1,568 a-e	1,432 BC
120 cm	1,358 f- ₁	1,579 a-e	1,215 ₁	1,471 c-g	1,406 C
150 cm	0,992 jk	1,281 gh ₁	1,204 ij	1,245 h ₁	1,181 D
Fiz. olum	0,739 kl	1,120 ij	0,499 l	0,690 l	0,762 E
Ortalama	1,222 B	1,443 A	1,256 B	1,372 A	1,324 B
Yılların birleşik ortalaması (2020-2021)					
30 cm	1,650 bc	1,678 ab	1,680 ab	1,778 a	1,697 A
60 cm	1,480 fg	1,664bc	1,537 def	1,589 b-f	1,567 B
90 cm	1,247 ₁	1,489 efg	1,550 c-f	1,614 b-e	1,475 C
120 cm	1,399 gh	1,626 bcd	1,251 ₁	1,515 d-g	1,448 C
150 cm	1,028 j	1,325 h ₁	1,246 h ₁	1,288 h ₁	1,222 D
Fiz. olum	0,762 k	1,154 ij	0,514 l	0,711 kl	0,786 E
Ortalama	1,261 C	1,489 A	1,296 C	1,416 B	

4.6. Yaprak ve Sapların Kurşun (Pb) İçerikleri

Sorgumun yapraklarındaki kurşun içerikleri araştırmanın yürütüldüğü yıllarda gelişme dönemlerine ve çeşit*gelişme dönemi etkileşimlerine göre önemli değişim göstermiştir. Çeşitlere göre olan bu değişim ilk iki yılda önemsiz olurken, iki yıllık ortalamalara göre önemli bulunmuştur (Tablo 24).

Tablo 24

SSM ve ŞS'nun 2020, 2021 ve iki yıllık ortalama yaprak kurşun oranlarına ait varyans analizi sonuçları

Varyans Kaynakları	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması		
		2020	2021	Birleşik
Yıl (Y)	1	-	-	1,92422*
Hata-1	2	-	-	6,28657
Çeşit (Ç)	3	2,46496	2,18570	4,64647**
Y*Ç	3	-	-	0,00420
Hata-2	6	-	-	0,00489
Gelişme Dönemi (GD)	5	134,39631**	119,78538**	253,96440**
Y*GD	5	-	-	0,21729
Ç*GD	15	18,11171**	16,05981**	34,14069**
Y*Ç*GD	15	-	-	0,03083
Hata	190/376 ⁺	80,86213	73,43759	178,44931
Genel	215/431 ⁺	-	-	-

* %5, ** %1 düzeyinde önemlidir. +soldaki değer yılların, sağdaki değer ise birleşik analizin serbestlik derecesini göstermektedir.

Sorgum yapraklarındaki Pb düzeyleri bitkilerde olgunlaşmaya bağlı olarak azalmıştır. Araştırma yılları ve ortalamasında en yüksek kurşun oranları 30 cm'de, en düşük değerler ise fizyolojik olumda biçilen parsellerin otunda belirlenmiştir. Çeşitler içerisinde Nutri Honey diğerlerinde daha az Pb oranına sahip olmuştur. Yıllara göre yaprakların Pb düzeyleri yaklaşık olarak %6 oranında değişim göstermiştir (Tablo 25).

Tablo 25

SSM ve ŞS'nun 2020 ve 2021 yılları ile iki yıllık ortalama yaprak kurşun oranları (ppm)

Gelişme dönemi	Sorgum-Sudanotu (SSM)		Şeker sorgum (ŞS)		Ortalama
	Nutri Honey	Nutrima	M81-E	Topper-76	
2020 yılı					
30 cm	4,420 a	3,565 cd	4,041 ab	3,902 bc	3,982 A
60 cm	2,583 g-j	3,132 def	3,606 bcd	3,190 de	3,128 B
90 cm	2,265 h-l	2,875 efg	2,571 f-k	2,844 e-h	2,639 C
120 cm	2,113 i-m	2,643 e-j	1,893 lm	2,697 e-ı	2,336 C
150 cm	1,763 lm	1,900 klm	1,794 lm	1,983 j-m	1,860 D
Fiz. olum	1,279 m	1,984 i-m	1,305 m	1,624 lm	1,548 D
Ortalama	2,404	2,683	2,535	2,707	2,582 A
2021 yılı					
30 cm	4,167 a	3,363 cd	3,810 ab	3,680 bc	3,755 A
60 cm	2,418 g-j	2,934 def	3,380 bcd	2,989 de	2,930 B
90 cm	2,136 gl	2,711 efg	2,424 f-k	2,682 e-h	2,488 C
120 cm	1,992 i-m	2,491 e-j	1,785 lm	2,542 e-ı	2,203 C
150 cm	1,651 lm	1,780 klm	1,681 lm	1,858 j-m	1,743 D
Fiz. olum	1,204 m	1,868 h-m	1,229 m	1,530 lm	1,458 D
Ortalama	2,262	2,525	2,385	2,547	2,430 B
Yılların birleşik ortalaması (2020-2021)					
30 cm	4,293 a	3,464 d	3,926 b	3,791 bc	3,868 A
60 cm	2,500 fg	3,033 e	3,493 cd	3,089 e	3,029 B
90 cm	2,201 ghı	2,793 ef	2,498 fgh	2,763 ef	2,564 C
120 cm	2,053 ij	2,567 fg	1,839 ijk	2,620 f	2,269 D
150 cm	1,707 jkl	1,840 i-l	1,738 i-l	1,920 ij	1,801 E
Fiz. olum	1,242 l	1,926 h-l	1,267 kl	1,577 jkl	1,503 E
Ortalama	2,333 B	2,604 A	2,460 AB	2,627 A	

Farklı sorgum çeşitlerinin sap kısımlarındaki Pb düzeyleri araştırmanın yürütüldüğü yıllarda çeşitlere, gelişme dönemlerine ve çeşit*gelişme dönemi etkileşimlerine göre önemli değişim göstermiştir (Tablo 26).

Tablo 26

SSM ve ŞS'nun 2020, 2021 ve iki yıllık ortalama sap kurşun oranlarına ait varyans analizi sonuçları

Varyans Kaynakları	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması		
		2020	2021	Birleşik
Yıl (Y)	1	-	-	1,44139
Hata-1	2	-	-	4,62194
Çeşit (Ç)	3	4,982787**	4,418280**	9,39259**
Y*Ç	3	-	-	0,00848
Hata-2	6	-	-	0,01192
Gelişme Dönemi (GD)	5	76,654840**	68,446874**	144,97842**
Y*GD	5	-	-	0,12330
Ç*GD	15	18,493367**	16,398229**	34,86012**
Y*Ç*GD	15	-	-	0,03148
Hata	190/376 ⁺	74,25813	67,68416	157,15771
Genel	215/431 ⁺	-	-	-

* %5, ** %1 düzeyinde önemlidir. +soldaki değer yılların, sağdaki değer ise birleşik analizin serbestlik derecesini göstermektedir.

Sorgum saplarının Pb içerikleri biçim zamanındaki bitki boyunun artışına bağlı olarak azalmıştır. En yüksek kurşun oranı 30 cm boyda, en düşük oranlar ise fizyolojik olumda hasadı yapılan parsellerde belirlenmiştir. Çeşitlere göre M81-E en az Pb bulundururken, diğer çeşitler yüksek Pb oranlarına sahip olmuşlardır (Tablo 27).

Tablo 27

SSM ve ŞS'nun 2020 ve 2021 yılları ile iki yıllık ortalama sap kurşun oranları (ppm)

Gelişme dönemi	Sorgum-Sudanotu (SSM)		Şeker sorgum (ŞS)		Ortalama
	Nutri Honey	Nutrima	M81-E	Topper-76	
2020 yılı					
30 cm	3,523 a	2,979 b	2,950 b	3,533 a	3,246 A
60 cm	2,932 b	2,225 d-h	2,963 b	2,628 b-e	2,687 B
90 cm	2,265 c-g	2,810 bc	2,168 d-ı	2,376 c-f	2,404 C
120 cm	1,819 f-j	2,739 bcd	1,780 g-j	2,208 d-ı	2,137 C
150 cm	1,392 jk	2,085 e-j	0,992 k	1,939 f-j	1,602 D
Fiz. olum	1,405 ijk	1,441 h-k	0,841 k	1,532 g-k	1,305 D
Ortalama	2,223 A	2,380 A	1,949 B	2,369 A	2,230
2021 yılı					
30 cm	3,322 a	2,810 b	2,783 b	3,332 a	3,062 A
60 cm	2,746 bc	2,080 e-ı	2,775 b	2,459 b-f	2,515 B
90 cm	2,136 d-h	2,649 bcd	2,045 e-ı	2,241 c-g	2,268 BC
120 cm	1,716 g-j	2,582 b-e	1,679 hıj	2,082 e-ı	2,014 C
150 cm	1,302 jk	1,955 f-j	0,926 k	1,817 g-j	1,500 D
Fiz. olum	1,323 ijk	1,357 h-k	0,792 k	1,443 h-k	1,229 D
Ortalama	2,091 AB	2,239 A	1,833 B	2,229 A	2,098
Yılların birleşik ortalaması (2020-2021)					
30 cm	3,422 a	2,895 b	2,867 bc	3,433 a	3,154 A
60 cm	2,839 bc	2,152 f	2,869 bc	2,544 cde	2,601 B
90 cm	2,201 ef	2,729 bc	2,106 fgh	2,308 def	2,336 C
120 cm	1,767 g-k	2,660 bcd	1,730 h-k	2,145 fg	2,076 D
150 cm	1,347 kl	2,020 f-ı	0,959 l	1,878 f-j	1,551 E
Fiz. olum	1,364 jkl	1,399 jkl	0,817 l	1,487 i-l	1,267 E
Ortalama	2,157 A	2,309 A	1,891 B	2,299 A	

Farklı sorgum çeşitlerinin mikro element içerikleri (bor, kadmiyum, nikel, kobalt, krom, kursun) bitki yaprak ve saplara, çeşitlere ve bitkilerin hasat zamanındaki boylanma durumlarına göre önemli oranda değişim göstermiştir. Genel olarak yaprakların mikro element içerikleri sap kısımlarından da yüksek bulunmuştur. Yaprakların element içerikleri sırasıyla kadmiyum %31,2, nikel %16,9, krom %8,5 ve kurşunda %13,6 oranında saptan daha yüksek bulunmuştur. Sadece borda %6,2 daha düşük içeriğe sahip olurken, sap ve yaprakların kobalt içerikleri ise aynı düzeyde kalmıştır. Yaprakların protein, vitamin ve mineral madde içerikleri saplara göre daha yüksek iken, selüloz, hemiselüloz ve lignin içerikleri ise daha düşüktür (Başbağ vd., 1999). Dolayısıyla yapmış olduğumuz çalışmada yaprakların mikro element içeriklerinin yüksek olması yukarıdaki nedenden kaynaklanmaktadır. Bununla beraber yaprakların fotosentez kapasiteleri yüksek olduğu için sap ve bitkinin diğer kısımlarına nazaran daha fazla azot ve besin madde içeriği üretmektedir (Poorter vd., 1990). Sorgum çeşitlerinin element içerikleri birbirlerinden önemli ölçüde farklılık göstermiştir. Bu değişim çeşitlerin genetik olarak farklı olmalarından

kaynaklanmıştır (Manga ve Acar, 1988; Beadle, 1993; Khan vd., 2006; Kering vd., 2011; Özyazıcı ve Açıkbaş, 2019). Yapılan araştırmada sorgum x sudanotu melezi çeşitlerinin şeker sorgum çeşidine göre genel olarak daha yüksek mineral madde içerdiği, tür ve çeşitler arasında önemli farklılıklar tespit edilmiştir. Bu durum, tür ve/veya çeşitlerin genetik farklılıkları ile birlikte topraktan alınan besin madde miktarları ile ilgilidir (Özyazıcı ve Açıkbaş, 2020). Bununla beraber yapılan çalışmalarda P, K, Ca ve Mg oranlarının bitki türüne göre (Başbağ vd., 2011; Gülümser vd., 2017; Gürsoy ve Macit, 2017; Başbağ vd., 2018; Polat ve Bayraklı, 2019), hatta aynı tür içindeki farklı çeşitlere göre anlamlı düzeyde farklılıklar gösterdiği tespit edilmiştir (Lema vd., 2004; Markovic vd., 2014; Engin ve Mut, 2018; Özyazıcı vd., 2018a ve 2018b; Turan vd., 2018; Özyazıcı ve Açıkbaş, 2019; Tan, 2019; Özyazıcı ve Açıkbaş, 2020). Sorgum sudan otu ve şeker sorgum çeşitlerinin makro ve mikro element içerikleri biçimdeki bitki boyunun artışına bağlı olarak düşüş göstermiştir. Yani bitkilerde olgunlaşmaya bağlı olarak element içeriklerinde azalmalar meydana gelmektedir. Bu azalma borda 24 ppm'den 12 ppm'e, kadmiyumda 500 ppm'den 120 ppm'e, nikel ve kobaltta 1,500 ppm'den, 0,300 ppm'e, kromda 1,700 ppm'den 0,800 ppm'e ve kurşunda ise 3,000 ppm'den 1,500 ppm'e kadar düşüşler gerçekleşmiştir. Bitkilerin özellikle hızlı büyüdüğü dönemde mineral element ihtiyaçları yüksektir. Zira mineral elementlerin çoğu fizyolojik faaliyetlerin yoğun olduğu protoplazmada, daha azı da hücre çeperinde bulunmaktadır (Spears, 1994). Büyümenin ilerlemesi ile bitkilerde çeper bileşiklerinin artışına bağlı olarak toplam organik maddenin mineral maddeye oranı da arttığı için, büyüme ile otun mineral element içeriği de azalmıştır. Bir diğer görüş ise bitkilerde olgunlaşmaya bağlı olarak mineral element içeriklerindeki düşüşün nedeni bu süreçte artan kuru madde miktarıdır (Kaçar, 2012). Yapılan çalışmalarda da olgunlaşmaya bağlı olarak makro ve mikro element içeriklerinde düşüşler tespit edilmiştir (McDowell, 1996; Tekeli vd., 2003; Brink vd., 2006; Türk vd., 2007; Schlegel vd., 2016; Can ve Ayan, 2017; Özyazıcı ve Açıkbaş, 2020). Meralarda yapılan bir diğer çalışmada bitkilerde olgunlaşmaya bağlı olarak mineral element içeriklerinde azalmalar olduğu belirlenmiştir (Gökkuş vd., 2012).

BEŞİNCİ BÖLÜM

SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu araştırma şeker sorgum ve sorgum sudanotu melezi çeşitlerinin farklı gelişme dönemlerine bağlı olarak yaprak ve sapsların mineral element içeriklerini belirlemek amacıyla 2020 ve 2021 yıllarında Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Ziraat Fakültesi araştırma alanında yürütülmüştür. Deneme bölünmüş parseller deneme desenine göre 4 tekrarlamalı olarak kurulmuş, ana parselleri çeşitler (Nutri Honey, Nutrima, M81-E ve Topper-76), alt parselleri ise hasat yükseklikleri (bitki boyu 30, 60, 90, 120, 150 cm olduğunda ve fizyolojik olum döneminde hasat) oluşturmuştur. Araştırmada 30 cm yükseklikte hasat edilen parseller toplamda 5 kez, 60 cm 4 kez, 90 cm 3 kez, 120 cm 3 kez, 150 cm 2 kez ve fizyolojik olum döneminde ise bir kez biçilmiştir.

Araştırmada yaprak ve sapsların bor, kadmiyum, nikel, kobalt, krom ve kurşun değerleri incelenmiştir. Çalışmadan elde edilen sonuçlar aşağıdaki gibidir.

1. Bitkilerde büyümeye bağlı olarak yaprak ve sapsların bor içeriklerinde düşüşler gerçekleşmiştir. Bu düşüş büyüme başlangıcından büyüme sonuna kadar hem sap hem de yapraklarda yaklaşık olarak %45-50 civarında gerçekleşmiştir. Yaprakların ortalama bor içerikleri 17,36 ppm iken bu rakam sapslarda 15,50 ppm dolayında gerçekleşmiştir. Çeşitlerin bor içeriklerinde ise yaprakların en yüksek bor içeriği M81-E ŞS, sapslarda en yüksek bor düzeyleri ise Nutrima SSM tespit edilmiştir.

2. Yaprak ve sapsların kadmiyum düzeyleri bitkilerde olgunlaşmaya bağlı olarak sırasıyla %80 ve %70 civarında düşüş göstermiştir. Yaprakların kadmiyum oranları sap kısımlarından yaklaşık olarak %30 daha fazla bulunmuştur. Ayrıca hem yaprak hem de sapslarında en fazla kadmiyum biriktiren çeşit Nutrima olmuştur.

3. Biçimdeki bitki boyunun artışına bağlı olarak bitkilerin yaprak ve sapslarındaki nikel içeriklerinde yapraklarda %79, sapslarda ise %79 oranında düşüşler gerçekleşmiştir. Bunun yanında yaprakların nikel içerikleri %58,5 oranında sapslardan daha yüksek çıkmıştır. Yapraklarında en yüksek nikel birikimi Nutri Honey, Nutrima ve M81-E çeşitlerinde belirlenirken, sapslarında en fazla nikel içeren çeşitler ise Nutrima ve Topper-76 olmuştur.

4. Bitkilerin yaprak ve sap kısımlarının kobalt içerikleri olgunlaşmaya bağlı olarak %70-75 civarında düşüşler olmuştur. Çeşitlerin yapraklarının kobalt düzeyleri önemsiz olurken, sap kısımlarına göre en yüksek değerler Nutri Honey ve Topper-76 çeşitlerinde

belirlenmiştir. Bitkilerin yapraklarının kobalt içerikleri diğer mineral elementlerin aksine sap kısımlarına nazaran düşük düzeylerde kalmıştır. Sapların kobalt içerikleri yapraklardan yaklaşık olarak %1 daha fazla olmuştur.

5. Biçimdeki bitki boyunun artışına bağlı olarak yaprak ve sap kısımlarının krom içeriklerinde %54 oranında düşüşler olmuştur. Yapraklarında en fazla krom biriktiren çeşitler Nutri Honey ve Topper-76 çeşitleri olurken, sap kısımlarında en fazla krom bitkimi ise Nutrima çeşidinde gerçekleşmiştir. Yaprakların krom içeriği sap kısımlarına göre yaklaşık olarak %8,5 daha fazla bulunmuştur.

6. Diğer mineral elementler gibi yaprak ve sap kısımlarının kurşun içerikleri bitkilerde büyümeye bağlı olarak %54 oranında düşüşler yaşanmıştır. Yaprakların kurşun içerikleri sap kısımlarına göre %14 daha fazla olmuştur. En yüksek kurşun düzeyleri ise Nutrima ve Topper-76 çeşitlerinde belirlenmiştir.

Yürütlen bu araştırmanın neticesinde otlatma ve kaba yem kaynağı olarak yetiştirilecek bu çeşitlerde otların mineral element içerikleri bakımından çeşitlerin benzer özellik gösterdiği ve çeşitlerin fizyolojik olum dönemlerinde hasat edilmesi gerektiği sonucuna varılmıştır.

KAYNAKÇA

- Açıkgöz, E. (1991). *Yem Bitkileri*. Uludağ Üniversitesi Basımevi: Bursa.
- Anonim, (2022). “Çanakkale İli Kültür ve Turizm Müdürlüğü”, Erişim Tarihi: 28.11.2022. <https://www.kisa.link/QIS8>.
- Ası, T. (1995). *Tablolarla Biyokimya Cilt I*, <http://veteirany.ankara.edu.tr/~fidanci>.
- Avcıoğlu, R., Geren, H., Kavut, Y.T. (2009). Yem bitkileri Buğdaygil ve Diğer Familyalardan Yem bitkileri. R.Avcıoğlu, R. Hatipoğlu, Y. Karadağ (ed.) içinde *Sorgum sudanotu ve sorgum x sudanotu melezi*. (s:680-701) TKB TÜGEM: İzmir.
- Balabanlı, C., Albayrak, S., Türk, M., Yüksel, O. (2006). “4342 Sayılı mera kanunu uygulanmasında karşılaşılan sorunlar ve çözüm yolları”. *Süleyman Demirel Üniversitesi, Orman Fakültesi Dergisi*, 1,75-81.
- Başbağ, M., Çaçan, E., Aydın, A., Sayar, M.S. (2011). “Güneydoğu Anadolu Bölgesi doğal alanlarından toplanan bazı fiğ türlerinin ot kalite özelliklerinin belirlenmesi”. *Uluslararası Katılımlı I. Ali Numan Kıraç Tarım Kongresi ve Fuarı*, 27-30 Nisan, Eskişehir, s. 143-151.
- Başbağ, M., Çaçan, E., Sayar, M.S. (2018). “Bazı buğdaygil bitki türlerinin yem kalite değerlerinin belirlenmesi ve biplot analiz yöntemi ile özellikler arası ilişkilerin değerlendirilmesi”. *Tarla Bitkileri Merkez Araştırma Enstitüsü Dergisi*, 27(2), 92-101.
- Başbağ, M., Özdemir, Ş., Gül, İ. (1999). “Diyarbakır koşullarında farklı sıra arası ve tohum miktarlarının sorgum-sudanotu melezinde yeşil ot verimi ile bazı verim komponentlerine etkisi üzerine bir araştırma”. *Türkiye 3. Tarla Bitkileri Kongresi*, Adana, Türkiye, Cilt: 3, 289-294.
- Baytekin, H., Şılbır, Y. (1996). “Harran Ovası sulu koşullarında ikinci ürün olarak yetiştirilen sudanotu ve sorgum-sudanotu melez çeşitlerinde tohumluk miktarının ot verimine etkisi”. *Türkiye 3. Çayır-Mera ve Yem bitkileri Kongresi*, 17-19 Haziran 1996, Erzurum, 376-383

- Baytekin, H., Tansı, V., Sağlamtimur, T. (1996). "Harran Ovası sulu koşullarında ikinci ürün olarak yetiştirilen silaj sorgum çeşitlerinde tohumluk miktarının ot verimi ve bazı tarımsal karakterlere etkisi". *Türkiye 3. Çayır-Mera ve Yembitkileri Kongresi*, 17-19 Haziran 1996, Erzurum, 753-760.
- Beadle, C.L. (1993). "Photosynthesis and Production in a Changing Environment: A Field and Laboratory Manual". D.O. Hall, J.M.O. Scurlock, R. Bolharnordenkampfh, R.C. Leegood and S.P. Long (eds.). In: *Growth Analysis*. (pp: 36-46). Chapman and Hall: London.
- Bolat, İ., Kara, Ö. (2017). "Bitki Besin Elementleri: Kaynakları, İşlevleri, Eksik ve Fazlalıkları". *Bartın Orman Fakültesi Dergisi*, 19(1): 218-228.
- Brink, G.E., Sistani, K.R., Oldham, J.L., Pederson, G.A. (2006). "Maturity effects on mineral concentration and uptake in annual ryegrass". *Journal of Plant Nutrition*, 29(6), 1143-1155.
- Can, M., Ayan, İ. (2017). "Domuz ayrığı (*Dactylis glomerata* L.) popülasyonlarında gelişme dönemlerine göre verim ve bazı özelliklerin değişimi". *Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Doğa Bilimleri Dergisi*, 20(2), 160-166.
- Çiğdem, İ., Uzun, F. (2006). "Samsun ili taban alanlarında ikinci ürün olarak yetiştirilebilecek bazı silajlık sorgum ve mısır çeşitleri üzerine bir araştırma". *Ondokuz Mayıs Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 21(1), 14-19.
- Das, K., Das, S. & Dhundasi, S. (2008). "Nickel, its adverse health effects & oxidative stress". *Indian Journal of Medical Research*, 128(4), 412.
- Dirik, K. (2017). Mineraller-kayaçların yapı taşları. http://yunus.hacettepe.edu.tr/~kdirik/JEO153_2_mineraller.pdf.
- Emmanuel, S.A., Ibrahim, H.D., Mika, S.R., Alabi, F.M., Olajide, O.O., Sallau, A.A., Adedirin, O., Fadeyi, A.E., Akiode, S.O., Danlami, U., Orishadipe, A.T. (2022). "Nutritional analysis of sweet sorghum stalk as main excipient of compounded dairy and beef cattle feed". *Natural Products Chemistry & Research*, 10 (1):1-4.
- Engin, B., Mut, H. (2018). "Bazı yonca (*Medicago sativa* L.) çeşitlerinin nispi yem değerleri ile kimi mineral madde içeriklerinin biçim sıralarına göre değişimi". *Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi*, 15(02), 119-127.

- Fageria, N.K. (2009). *The Use of Nutrients in Crop Plants*. CRC Press: Boca Raton, FL.
- Gardiner; D. T. ve Miller; R. W (2008). *Soils in Our Environment*. 11th Edition, Pearson/Prentice Hall, Upper Saddle Hill, Ne Jersey, USA.
- Göçmen, R. ve Cufadar, Y. (2012). “Kanatlı Hayvan Beslemede Krom”. *Tavukçuluk Araştırma Dergisi*, Özel: 11-14.
- Gökkuş, A. (2017). Koyun Otlatılan Meralarda Yıllık Yem Üretiminin Planlanması ve Bunun Hayvansal Üretime Etkileri. *214O233 Nolu TÜBİTAK-1001 Projesi Sonuç Raporu*.
- Gökkuş, A., Özaslan-Parlak, A., Baytekin, H., Hakyemez, B.H., Parlak, M. (2012). “Akdeniz kuşağı çalılı meralarında otsu türlerin mineral içeriklerinin değişimi”. *Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi*, 10(1), 1-10.
- Grant CA, Clarke JM, Duguid S, Chaney RL (2008). “Selection and breeding of plant cultivares to minimize cadmium accumulation”. *Sci. Total Environ*. 390: 301-310.
- Guimaraens, D., Gonzalez, M., & Condé-Salazar, L. (1994). “Systemic contact dermatitis from dental crowns”. *Contact Dermatitis*, 30(2), 124-125.
- Gülümser, E., Mut, H., Doğrusöz, M.Ç., Başaran, U. (2017). “Baklagil yem bitkisi tahıl karışımların ot kalitesi üzerinde ekim oranlarının etkisi”. *Selçuk Tarım ve Gıda Bilimleri Dergisi*, 31(3), 43-51.
- Gürsoy, E., Macit, M. (2017). “Erzurum ili çayır ve meralarında doğal olarak yetişen bazı baklagil ve buğdaygil yem bitkilerinin mineral madde kompozisyonlarının belirlenmesi”. *Alınları Zirai Bilimler Dergisi*, 32(1), 1-9.
- Heath, M.E., Barnes, R.F., Metcalfe, D.S. (1985). *Forages*. Iowa State University Press: Ames.
- Hunt, C.D., (1989). “Dietary boron modified the effects of magnesium and molybdenum on mineral metabolism in the cholecalciferol deficient chick”. *Biol Trace. Elem. Res.* 22, 201–220.
- Jones, C. ve Jacobsen, J. (2001). *Plant Nutrition and Soil Fertility*. Nutrient management module 2. Montana State University Extension Service. Publication, 4449–2.

- Kaçar, B. (2012). *Temel bitki besleme*. Nobel Akademik Yayıncılık: Ankara.
- Kaçar, B. ve Katkat, V. (2010). *Bitki Besleme. 5. Baskı*, Nobel Yayın Dağıtım Tic. Ltd. Şti, Kızılay-Ankara.
- Kantarıcı, M. D. (2000). *Toprak İlmi*. İstanbul, İÜ Toprak İlmi ve Ekoloji Anabilim Dalı, İ Ü Yayın No. 4261, Orman Fakültesi Yayın No. 462, 420 s.
- Kering, M.K., Guretzky, J., Funderburg, E., Mosali, J. (2011). “Effect of nitrogen fertilizer rate and harvest season on forage yield, quality, and macronutrient concentrations in midland Bermuda grass”. *Commun Soil Sci Plant Anal.*, 42, 1958–1971.
- Khan, M.A., Iqbal, Z., Sarwar, M., Nisa, M., Khan, M.S., Lee, W.S., Lee, H.J., Kim, H.S. (2006). “Urea treated corncobs ensiled with or without additives for buffaloes: ruminal characteristics, digestibility and nitrogen metabolism”. *Asian-Aust. J. Anim. Sci.*, 19(5), 705-712.
- Kızıllı, S., Tansı, V. (1997). “Çukurova koşullarında ikinci ürün sezonunda yetiştirilen bazı tane ve silaj sorgum (*Sorghum bicolor* L.) çeşitlerinde farklı ekim sıklıklarının verim üzerine olan etkileri”. *Türkiye II. Tarla Bitkileri Kongresi*, Samsun, 472-476.
- Kutlu, H.R., Görgülü, M., Baykal ÇL. (2005). *Genel Hayvan Besleme*. <http://www.muratgorgulu.com.tr/ckfinder/userfiles/files/GENEL%20HAYVAN%20BESLEME.pdf>.
- Lema, M., Cebert, E., Sapa, V. (2004). “Evaluation of small grain cultivars for forage in North Alabama”. *Journal of Sustainable Agriculture*, 23(4), 133-145.
- Mahmood, A., Honermeier, B. (2012). “Effect of row spacing and cultivar on biomass yield and quality of *Sorghum bicolor* L. Moench”. *J. Für Kulturpflanzen*, 64(7), 250-257.
- Manga, İ., Acar, Z. (1988). *Yem Kültürünün Genel İlkeleri*. Samsun. Ders Notları, Ondokuz Mayıs Üniversitesi Yayınları No: 37.
- Markovic, J., Dinic, B., Terzic, D., Andjelkovic, S., Milenkovic, J., Blagojevic, M., Celjaj, B. (2014). “Macroelements in red clover (*Trifolium pratense* L.) relative to cow requirements”. *Fifth International Scientific Agricultural Symposium Agrosym 2014*, October 23-26, Jahorina, pp. 863-867.

- McDowell, L.R. (1996). "Feeding minerals to cattle on pasture". *Animal Feed Science and Technology*, 60(3-4), 247-271.
- McDowell LR (1992). "Minerals in animal and human nutrition". LR. McDowell, (ed.) *In: Cadmium*. Academic Press: London, 359-61.
- Newairy AA, El-Sharaky AS, Baldreldeen MM, Eweda SM, Sheweita SA (2007). "The hepatoprotective effects of selenium against cadmium toxicity in rats". *Toxicology*, 242: 23-30.
- NRC. (2001). "Nutrient requirements of dairy cattle". *Minerals in: National research council*. National Academy Press: Washington, DC.
- Okuyan, M.R. 1997. *Hayvan besleme ve biyokimyası*. Ankara Üniv., Ziraat Fak., Ders kitabı Yayın No:1491.
- Orak, A., Kavdır, İ. (1994). "Çiftçi koşullarında yetiştirilen silajlık sorgumda (*Sorghum bicolor* (L.) Moench.) farklı tohumluk miktarı ve sıra arası açıklıklarının verim ve verim unsurlarına etkisi". *Trakya Üni. Tekirdağ Ziraat Fak. Derg.*, 3(1-2), 139-148.
- Özyazıcı, M. A. & Açıkbaş, S. (2020). "Sorgum x Sudanotu Melezi ve Sudanotu Çeşitlerinde Hasat Zamanının Makro Besin Maddeleri Konsantrasyonlarına Etkisi". *Türkiye Tarımsal Araştırmalar Dergisi*, 7 (1) , 47-58 . DOI: 10.19159/tutad.657183.
- Özyazıcı, M.A., Açıkbaş, S. (2019). "Kaba yemlerin fosfor, potasyum, kalsiyum ve magnezyum içeriği ve hayvan beslemedeki önemleri". *ISPEC International Conference on Agriculture, Animal Science and Rural Development-III*, December 20-22, Van, Turkey, s. 553-568.
- Özyazıcı, M.A., Açıkbaş, S., Turan, N., Kara, M.A. (2018a). "Evaluation of some common chickling (*Lathyrus sativus* L.) genotypes in terms of hay quality and some mineral contents". *International Conference on Agriculture, Forest, Food, Veterinary Sciences and Technologies (ICAFof-2018)*, 2-5 April, Çeşme-İzmir/ Turkey, p. 215.
- Özyazıcı, M.A., Eliş, S., Özyazıcı, G., Açıkbaş, S., Turan, N. (2018b). "Farklı dallı darı (*Panicum virgatum* L.) çeşitlerinden elde edilen silajların bazı makro besin maddesi kapsamı". *1. Uluslararası Battalgazi Multi Disipliner Çalışmalar Kongresi*, 7-9 Aralık, Malatya-Türkiye, s. 2398-2407.

- Özyazısı, M.A., Açıkbaş, S., (2019). “Determination of mineral contents of sorghum (Sorghum sp.) and corn (Zea mays L.) varieties grown for roughage”. *International Journal of Scientific and Technological Research*, 5(12): 227-237.
- Polat, H., Bayraklı, F. (2019). “Konya bölgesi doğal meraları içerisindeki bazı bitkilerin ham protein ve besin elementi içerikleri”. *Bahri Dağdaş Bitkisel Araştırma Dergisi*, 8(1), 132-147.
- Poorter, H., Remkes, C., Lambers, H. (1990). “Carbon and nitrogen economy of 24 wild species differing in relative growth rate”. In: *Plant Physiol.* (pp: 94, 621-627).
- Salman, A., Budak, B. (2015). “Farklı Sorgum X Sudanotu Melezi (*Sorghum bicolor* x *Sorghum sudanense* Stapf.) çeşitlerinin verim ve verim özellikleri üzerine bir araştırma”. *Adnan Menderes Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 12(2), 93-100.
- Sarıççek, B.Z. (1995). *Hayvan besleme biyokimyası*. Samsun, OMÜ. Zir.Fak. Yay. Ders Kitabı:15, , 149s.
- SAS, (1999). SAS V8 Online Manual, Cary, NC.
- Schlegel, P., Wyss, U., Arrigo, Y., Hess, H.D. (2016). “Mineral concentrations of fresh herbage from mixedgrassland as influenced by botanical composition, harvest time and growth stage”. *Animal Feed Science and Technology*, 219, 226-233.
- Spears, J.W. (1994). *Minerals in Forages*. Wisconsin, In: Fahey G.C., Ed. Forage Quality, Evaluation, and Utilization, ASA, CSSA, SSA, 281-317.
- Strojan, S. and Phillips, C. (2002). “The detection and avoidance of lead-contaminated herbage by dairy cows”. *Journal of dairy science*, 85(11), 3045-3053.
- Swarup D, Naresh R, Varshney VP, Balagangatharathilagar M, Humar P, Nandi D, Patra RC (2007). “Changes in plasma hormones profile and liver function in cows naturally exposed to lead and cadmium around different industrial areas”. *Res. Vet. Sci.* 82: 16-21.
- Tan, M. (2019). “Macro and micromineral contents of different quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) varieties used as forage by cattle”. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 43, 1-8.

- Tekeli, A.S., Avcıoğlu, R., Ateş, E. (2003). “İran üçgölü (*Trifolium resupinatum* L.)’nde bazı morfolojik ve kimyasal özelliklerin zamana ve toprak üstü biomasına bağlı olarak değişimi”. *Tarım Bilimleri Dergisi*, 9(3), 352-360.
- Turan, N., Özyazıcı, M.A., Açıkbaş, S., Seydoşoğlu, S. (2018). “Fiğ (*Vicia* sp.) cinslerine ait genotiplerin bazı makro element kapsamlarının belirlenmesi”. *UMTEB III. Uluslararası Mesleki ve Teknik Bilimler Kongresi*, 21-22 Haziran, Gaziantep, Türkiye.
- Türk, M., Albayrak, S., Yüksel, O. (2007). „Effects of phosphorus fertilisation and harvesting stages on forage yield and quality of narbon vetch”. *New Zealand Journal of Agricultural Research*, 50, 457-462.
- Underwood, E.J., Suttle N.F. (1999). “The Mineral Nutrition of Livestock (3rd ed.)”. *CABI Publishing*, 614p.
- White, R. E. (2006). *Principles and Practice of Soil Science: The Soil as a Natural Resource*. 4th Edition, Wiley-Blackwell Scientific Publication: London, United Kingdom.
- Wild, A. (1993). *Soils and The Environment: An Introduction.*, 1st Edition, Cambridge University Press: UK.
- Wolf, A., Watson, M., Wolf, N. (2003). “Digestion and dissolution methods for P, K, Ca, Mg and trace elements”. *Recommended methods of manure analysis, vol A3769. University of Wisconsin Extension Publication, Madison*, pp 30, 32–35.
- Yeşilbağ, D. (2009). “Hayvan Beslemede Bor Elementinin Kullanımı”. *Uludağ Univ. J. Fac. Vet. Med.* 27 (2008), 1-2: 61-68
- Yücel, C., İlker, İ., Gündel, F., Yücel, D., Aktaş, A., Karaağaç, H.A., Hatipoğlu, R., Dweikat, İ. (2017). “Biyometanol üretiminde kullanılmış tatlı sorgum saplarının silaj kalite özelliklerinin belirlenmesi”. *KSÜ Doğa Bil. Derg.*, 20 (Özel Sayı), 144-148.