

**ANKARA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

DOKTORA TEZİ

**SU KISITI KOŞULLARINDA YÜZEYALTI DAMLA SULAMA İLE SULANAN
YONCANIN VERİM VE SU KULLANIM ETKİNLİĞİNİN BELİRLENMESİ**

Tuğba YETER

TARIMSAL YAPILAR VE SULAMA ANA BİLİM DALI

**ANKARA
2021**

Her hakkı saklıdır

ÖZET

Doktora Tezi

SU KISITI KOŞULLARINDA YÜZEYALTI DAMLA SULAMA İLE SULANAN YONCANIN VERİM VE SU KULLANIM ETKİNLİĞİNİN BELİRLENMESİ

Tuğba YETER

Ankara Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Tarımsal Yapılar ve Sulama Anabilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. Yusuf Ersoy YILDIRIM

Bu araştırmada, diğer kültür bitkilerine oranla suya gereksinimi daha yüksek olan yoncada, farklı sulama suyu uygulamaları altında yüzeyaltı damla sulama yöntemi kullanılarak su kullanım etkinliğinin belirlenmesi amaç edinilmiştir. Araştırma, tesadüf blokları deneme desenine göre 3 tekerrürlü olarak 4 farklı sulama suyu düzeyi (S1: %100 ET_c, S2: %80 ET_c, S3: %60 ET_c, S4: %40 ET_c) olacak şekilde 2016-2019 yılları arasında 3 yıl süreyle Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Haymana Araştırma ve Uygulama Çiftliği'nde yürütülmüştür. Sulama suyu uygulamaları için öncelikle FAO Penman Monteith eşitliğinden yararlanılarak ET_o değerleri iklim istasyonundan otomatik olarak hesaplanmış ve bu veriler bitki katsayısı (K_c) ile düzeltilerek ET_c değerleri elde edilmiştir. Günlük ET_c değerinin birikimli toplamı, 60 cm toprak derinliğindeki kullanılabilir su tutma kapasitesinin %30±5' ine ulaştığında, birikimli ET_c değeri kadar sulama suyu uygulaması yapılmıştır. Araştırmada, konulu sulama suyu uygulamalarının başladığı 2017 yılında 181-453 mm, 2018 yılında 171-427 mm arasında ve 2019 yılında ise 172-431 mm arasında sulama suyu uygulanmıştır. Mevsimlik bitki su tüketim değerleri ise 2017 yılında 391-617 mm, 2018 yılında 448-710 mm ve 2019 yılında 406-631 mm arasında hesaplanmıştır. Biçimlerden elde edilen verim değerleri 2017, 2018 ve 2019 yıllarında uygulanan sulama suyu miktarına bağlı olarak en yüksek S1 konusundan elde edilirken en düşük verim ise S4 konusundan elde edilmiştir. Yetiştirme sezonu içerisinde elde edilen yeşil ot verim değeri 2017 yılında 3408-5064 kg da⁻¹, 2018 ve 2019 yıllarında sırasıyla 3416-5093 kg da⁻¹ ve 3715-5114 kg da⁻¹ arasında değişim göstermiştir.

Ağustos 2021, 138 sayfa

Anahtar Kelimeler: Yüzeyaltı damla sulama, Su kısıtı, Evapotranspirasyon, Yonca

ABSTRACT

Ph. D. Thesis

EFFECTS OF DEFICIT IRRIGATION APPLICATION WITH SUBSURFACE DRIP IRRIGATION ON ALFALFA YIELD AND WATER USE EFFICIENCY

Tuğba YETER

Ankara University
Graduate School of Natural and Applied Sciences
Department of Agricultural Structures and Irrigation

Supervisor: Prof. Dr. Yusuf Ersoy YILDIRIM

In this study, it is aimed to determine the water use efficiency of alfalfa, which has a higher water requirement compared to other cultivated plants, by using subsurface drip irrigation under different irrigation water applications. The research was carried out for 3 years between 2016-2019 with 4 different irrigation water levels (S1:100%ET_c, S2:80%ET_c, S3:60% ET_c, S4:40%ET_c) in 3 replicates according to the randomized block design. The research was carried out at Ankara University Faculty of Agriculture Haymana Research and Application Farm. For irrigation water applications, first of all, using the FAO Penman Monteith equation, E_T values were calculated automatically from the climate station and these data were corrected with the plant coefficient (K_c) and ET_c values were obtained. When the cumulative sum of daily ET_c value reaches 30±5% of the available water holding capacity at 60 cm soil depth, irrigation water was applied equal to the cumulative ET_c value. In the study, irrigation water was applied between 181-453 mm in 2017, when the thematic irrigation water applications started, between 171-427 mm in 2018 and 172-431 mm in 2019. Seasonal plant evapotranspiration values were calculated between 391-617 mm in 2017, 448-710 mm in 2018 and 406-631 mm in 2019. The yield values obtained from the forms were obtained from the highest subject S1, depending on the amount of irrigation water applied in 2017, 2018 and 2019, while the lowest efficiency was obtained from S4. The green grass yield value obtained during the growing season varied between 3408-5064 kg da⁻¹ in 2017, 3416-5093 kg da⁻¹ and 3715-5114 kg da⁻¹ in 2018 and 2019, respectively.

August 2021, 138 page

Key Words: Subsurface drip irrigation, deficit irrigation, evapotranspiration, alfalfa

ÖNSÖZ ve TEŞEKKÜR

Tez çalışmamda, her türlü bilgi, deneyim ve yardımlarını esirgemeyen çok değerli danışman hocam sayın Prof.Dr. Yusuf Ersoy YILDIRIM'a, tez izleme komisyonunda yer alan bilgi, deneyim ve yardımlarını hiç eksik etmeyen kıymetli hocalarım Prof. Dr. Süleyman KODAL'a ve Doç. Dr. İsmail TAŞ hocama sonsuz teşekkürlerimi sunarım. Ayrıca tez savunmamda değerli jüri üyesi hocalarım Prof. Dr. Belgin ÇAKMAK'a ve Prof. Dr. Eyüp Selim KÖKSAL'a yapmış oldukları görüş ve önerilerden dolayı çok teşekkür ederim.

Araştırmamın yürütülmesinde Toprak Gübre ve Su Kaynakları Merkez Araştırma Enstitü'sünün tüm imkânlarını sunan ve destek veren Sayın Doç. Dr. Aynur ÖZBAHÇE'ye ve tüm Enstitü personeline çok teşekkür ederim. Ayrıca Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Haymana Araştırma ve Uygulama Çiftliği personellerinden Sayın Enes Furkan ÇOŞKUN'a ve Metos temsilcisi Zir. Müh. Fikriye BERK'e çok teşekkür ederim. Deneme süresince her daim yanımda olan, yardımını, desteğini eksik etmeyen, mesai arkadaşım, kadim dostum Sayın Ceren GÖRGİŞEN ve Sayın Dr. Gonca KARACA BİLGİN'e, araştırmama yardım ve destek sunan Dr. Cenk AKŞİT'e arazi çalışmalarında emeği geçen Çağlar Özkan SEZER, Özlem POLAT, Hasan Hüseyin AKYOL ve Arman MONSHİZADE KARİMİ'ye çok teşekkür ederim.

Eğitim hayatım boyunca maddi manevi her türlü desteği üzerimden esirgemeyen babam Mustafa BULUT'a, annem Gülsün BULUT'a ve fedakârlıkla desteğini hiçbir zaman esirgemeyen hayat arkadaşım Hilmi YETER'e, oğullarım Furkan YETER ve Ekrem Efe YETER'e sonsuz teşekkür sunarım.

Bu tez çalışması, TAGEM/TSKAD/16/A13/P02/02 nolu Ülkesel Proje olarak Tarımsal Araştırmalar ve Politikalar Genel Müdürlüğü, Toprak Gübre ve Su Kaynakları Merkez Araştırma Enstitüsü tarafından desteklenmiştir.

Tuğba YETER

Ankara, Ağustos 2021

İÇİNDEKİLER

TEZ ONAY SAYFASI

ETİK	Hata! Yer işareti tanımlanmamış.
ÖZET	ii
ABSTRACT	iii
ÖNSÖZ ve TEŞEKKÜR	iv
SİMGELER ve KISALTMLAR DİZİNİ	vii
ŞEKİLLER DİZİNİ	ix
ÇİZELGELER DİZİNİ	x
1.GİRİŞ	1
2. KAYNAK ÖZETLERİ	4
3. MATERYAL ve YÖNTEM	16
3.1 Materyal.....	16
3.1.1 Araştırma alanı genel özellikleri.....	16
3.1.2 Araştırma yerine ait tarımsal yapı ve üretim	16
3.1.3 Araştırma yeri iklim özellikleri	17
3.1.4 Araştırma yeri toprak özellikleri.....	18
3.1.5 Araştırma yeri sulama suyu özellikleri	19
3.1.6 Araştırmada kullanılan bitki materyalinin özellikleri	20
3.1.7 Sulama sisteminin özellikleri ve kurulumu	21
3.1.8 Araştırmada kullanılan ölçüm araçları	22
3.1.8.1 Toprak nem sensörleri.....	22
3.1.8.2 Otomatik meteoroloji İstasyonu	24
3.2 Yöntem	25
3.2.1 Deneme deseni ve konuları.....	25
3.2.2 Sulama suyu miktarının hesaplanması	26
3.2.3 Bitki su tüketiminin belirlenmesi	28
3.2.4 Su üretkenliği ve sulama suyu üretkenliğinin hesaplanması	29
3.2.5 Toprak neminin belirlenmesi.....	29
3.2.6 Toprak analiz örneklerinin alınması ve hazırlanması.....	30
3.2.6.1 Fiziksel ve kimyasal analizler	31
3.2.6.2 Bitki ölçümleri ve analizleri	32
3.2.7 Tarımsal işlemler ve gözlemler	35
3.2.7.1 Toprak işleme ve ekim.....	35
3.2.7.2 Bakım ve mücadele	36
3.2.7.3 Gübreleme	36
3.2.7.4 Hasat	36

3.2.8 Verilerin değeriendirilmesi	37
4. BULGULAR ve TARTIŞMA.....	38
4.1 Deneme Alanı İklim Özellikleri	38
4.2 Tarımsal Uygulamalar ve Gözlemler	39
4.3 Sulama Suyu Uygulamaları	40
4.4 Toprak Nem İçeriği	45
4.5 Bitki Su Tüketimi Bulguları.....	47
4.5.1 Refereans bitki su tüketimi ve hesaplanan tahmini bitki su tüketimi.....	47
4.5.2 Gerçek bitki su tüketimi.....	49
4.5.3 Referans, hesaplanan tahmini ve gerçek bitki su tüketim ilişkisi.....	53
4.6 Yonca Verim Bulguları.....	55
4.6.1 Yeşil ot verimi.....	55
4.6.2 Kuru ot verimi.....	58
4.6.2.1 Kuru ot veriminin bitki su tüketimi ve sulama suyu ilişkisi	61
4.6.3 Biçim dönemi kuru madde oranı.....	65
4.6.4 Kuru madde verimi.....	78
4.6.5 Analiz numunelerindeki kuru madde oranı	71
4.7 Su Üretkenliği ve Sulama Suyu Üretkenliği	74
4.8 Sulama Konularının Kalite Parametrelerine Üzerine Etkisi.....	77
4.8.1 Ham kül verimi ve ham kül oranı	77
4.8.2 Ham protein verimi ve ham protein oranı.....	81
4.9 Sulama Konularının Bitki Özellikleri Üzerine Etkisi.....	86
4.10 Sulama Konularının Besin Elementi Parametreleri Üzerine Etkisi.....	91
4.10.1 Azot	91
4.10.2 Potasyum.....	93
4.10.3 Magnezyum	95
4.10.4 Fosfor	98
4.10.5 Kalsiyum.....	99
4.10.6 Bakır.....	101
4.10.7 Çinko.....	103
4.10.8 Mangan	105
4.10.9 Demir.....	107
4.11 Ekonomik Analiz.....	109
5. SONUÇ	112
KAYNAKLAR	117
ÖZGEÇMİŞ	134

KISALTMALAR ve SİMGELER DİZİNİ

°C	Derece santigrad
%	Yüzde
ΔS	Toprak nem değişimi
C	Kil
Ca	Kalsiyum
Cl	Klor
cm	Santimetre
Cr	Kapılar yükselme
da	Dekar
dS	Desisimens
Dw	Derine sızma
g	Gram
h	Saat
ha	Hektar
HCO ₃	Bikarbonat
I	Sulama suyu
K	Potasyum
kg	Kilogram
L	Litre
LSD	En az önemli farkların karşılaştırması
m	Metre
m ²	Metrekare
m ³	Metreküp
mm	Milimetre
Mg	Magnezyum
N	Azot
Na	Sodyum
Nm	Nanomikron
P	Yağış
Rf	Yüzey akış

Kısaltmalar

DAP	Diamonyum fosfat
EC	Elektriksel iletkenlik
ETa	Gerçek bitki su tüketimi
ETo	Referans bitki su tüketimi
ETc	Bitki evapotranspirasyonu
EWUE	Ekonomik su üretkenliği
FAO	Dünya Gıda ve Tarım Örgütü
Kc	Bitki katsayısı
KDK	Katyon değişim kapasitesi
KS	Kritik seviye
ky	Verim tepki etmeni
I	Sulama suyu
IWUE	Sulama suyu üretkenliği
öd	Önemli değil
PE	Polietilen
PPRC	Polipropilen rastgele kopolimer plastik boru
Ry	Elverişli nemin tüketilmesine izin verilen miktar
SAR	Sodyum absorpsiyon oranı
S1	%100 ETc'nin uygulanması
S2	ETc'nin %80'inin uygulanması
S3	ETc'nin %60'sinin uygulanması
S4	ETc'nin %40'inin uygulanması
SN	Solma noktası
TK	Tarla kapasitesi
TÜİK	Türkiye İstatistik Kurumu
VK	Güven katsayısı
YADS	Yüzeyaltı damla sulama
Y	Verim
WUE	Su üretkenliği

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 3.1 Deneme alanı genel görünümü	16
Şekil 3.2 İkizce Göleti'nden alınan sulama suyunun araziye iletim şekli	19
Şekil 3.3 Denemede kullanılan Gea çeşidi	20
Şekil 3.4 Yüzeyaltı damla sulama sistemi kurulumuna ait görüntüler	21
Şekil 3.5 Nem sensörlerinin kurulumu	22
Şekil 3.6 Nem sensörü toprak bünyesine ait kalibrasyon eğrisi	23
Şekil 3.7 Otomatik meteoroloji istasyonu	25
Şekil 3.8 Yüzeyaltı damla sulama sistemine ait deneme planı ve parsel detayı	26
Şekil 3.9 Yonca bitkisi için bitki katsayısı (Kc) grafiği	28
Şekil 3.10 Toprak nem sensörlerinin parsellere yerleştirilmesi	30
Şekil 3.11 Tohum ekimine ait görüntüler	35
Şekil 3.12 Dozaj pompası ile gübreleme işlemi	36
Şekil 3.13 Yonca biçimine ait görüntü	37
Şekil 4.1 2017 yılına ait toprak nem değişim grafiği	45
Şekil 4.2 2018 yılına ait toprak nem değişim grafiği	46
Şekil 4.3 2019 yılına ait toprak nem değişim grafiği	46
Şekil 4.4 2017 yılına ait günlük ETo ve ETc değerleri.....	48
Şekil 4.5 2018 yılına ait günlük ETo ve ETc değerleri.....	48
Şekil 4.6 2019 yılına ait günlük ETo ve ETc değerleri.....	49
Şekil 4.7 2017 yılına ait ETo, ETc ve ETa değerleriarasındaki ilişki.....	53
Şekil 4.8 2018 yılına ait ETo, ETc ve ETa değerleriarasındaki ilişki	54
Şekil 4.9 2019 yılına ait ETo, ETc ve ETa değerleriarasındaki ilişki	54
Şekil 4.10 Sulama suyu ve kuru ot verim ilişkisi	62
Şekil 4.11 Bitki su tüketimi ve kuru ot verim ilişkisi	64

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 3.1 Uzun yıllar ortalama iklim verileri (1927 - 2019)	17
Çizelge 3.2 Araştırma yeri topraklarının fiziksel özellikleri.....	18
Çizelge 3.3 Araştırma yeri topraklarının kimyasal özellikleri	19
Çizelge 3.4 Araştırmada kullanılan sulama suyuna ait bazı kimyasal özellikler	20
Çizelge 3.5 Nem sensörüne ait kalibrasyon katsayıları	24
Çizelge 4.1 Deneme yıllarına ait ortalama iklim verileri.....	38
Çizelge 4.2 Deneme yıllarına ait tarımsal uygulamalar ve gözlemler	40
Çizelge 4.3 Deneme yıllarına ait sulama suyu miktarları (mm) ve sulama zamanı.....	42
Çizelge 4.4 Deneme yıllarına ait aylık ve mevsimlik bitki su tüketimi (mm)	52
Çizelge 4.5 Yeşil ot verimi toplu varyans analiz tablosu	56
Çizelge 4.6 Yeşil ot verimine ait varyans analiz tablosu ve LSD gruplandırması	56
Çizelge 4.7 Deneme yıllarına ait ortalama yeşil ot gruplandırması	56
Çizelge 4.8 Kuru ot verimine ait toplu varyans analizi	59
Çizelge 4.9 Kuru ot verimine ait varyans analiz tablosu ve LSD gruplandırması	59
Çizelge 4.10 Deneme yıllarına göre ortalama kuru ot gruplandırması	60
Çizelge 4.11 Sulama suyu miktarı, bitki su tüketimi ve kuru ot verim değerleri.....	61
Çizelge 4.12 Sulama suyuna karşılık kuru ot verimindeki oransal değişim	63
Çizelge 4.13 Bitki su tüketimine karşılık kuru ot verimindeki oransal değişim	65
Çizelge 4.14 Biçim dönemine ait kuru madde oranı toplu varyans analizi	66
Çizelge 4.15 Biçim dönemi kuru madde oranı varyans analiz tablosu ve LSD gruplandırması..	66
Çizelge 4.16 Yıllara göre ortalama biçim dönemi kuru madde oranı gruplandırması.....	67
Çizelge 4.17 Kuru madde verimine ait toplu varyans analiz tablosu.....	69
Çizelge 4.18 Kuru madde verimine ait varyans analiz tablosu ve LSD gruplandırması	69
Çizelge 4.19 Deneme yılları ortalama kuru madde verimi gruplandırması	69
Çizelge 4.20 Analiz numunelerinde kuru madde oranı (%).....	71
Çizelge 4.21 Analiz numunelerinde kuru madde oranı toplu varyans analiz tablosu	72
Çizelge 4.22 Konulara göre analiz numuneleri kuru madde oranı gruplandırması	72
Çizelge 4.23 Yıllara göre analiz numuneleri kuru madde oranı gruplandırması	72
Çizelge 4.24 Deneme yılları WUE ve IWUE değerleri	74
Çizelge 4.25 Ekonomik su üretkenliği (EWUE)	77
Çizelge 4.26 Ham kül verimi oranı toplu varyans analiz tablosu.	78
Çizelge 4.27 Ham kül verimi oranı varyans tablosu ve LSD gruplandırması	79

Çizelge 4.28 Deneme yılları ham kül verimi ve oranına ait gruplandırma	79
Çizelge 4.29 Ham protein verimi ve oranı toplu varyans analiz tablosu	82
Çizelge 4.30 Ham protein verimi ve oranı varyans tablosu ve LSD gruplandırması	83
Çizelge 4.31 Deneme yılları ham protein verimi ve oranı gruplandırması	83
Çizelge 4.32 Sap uzunluğu, sap kalınlığı ve dal sayısı toplu varyans analiz tablosu	87
Çizelge 4.33 Sap uzunluğu, kalınlığı ve dal sayısı varyans tablosu ve LSD gruplandırması	88
Çizelge 4.34 Deneme yılları sap uzunluğu, sap kalınlığı ve dal sayısına ait gruplandırma	89
Çizelge 4.35 Azot içeriğine ait toplu varyans analiz tablosu	91
Çizelge 4.36 Deneme yılları azot içeriğine ait gruplandırma	92
Çizelge 4.37 Sulama konuları azot içeriğine ait gruplandırma	92
Çizelge 4.38 Potasyum içeriğine ait toplu varyans analiz tablosu	94
Çizelge 4.39 Potasyum içeriğine ait varyans analiz tablosu ve LSD gruplandırması	94
Çizelge 4.40 Deneme yılları potasyum oranına ait gruplandırma	95
Çizelge 4.41 Magnezyum içeriğine ait toplu varyans analiz tablosu	96
Çizelge 4.42 Magnezyum içeriğine ait varyans analiz tablosu ve LSD gruplandırması	96
Çizelge 4.43 Deneme yılları magnezyum içeriğine ait gruplandırma	97
Çizelge 4.44 Fosfor içeriği (%).....	98
Çizelge 4.45 Fosfor içeriğine ait toplu varyans analiz tablosu	98
Çizelge 4.46 Deneme yılları fosfor içeriğine ait gruplandırma	99
Çizelge 4.47 Kalsiyum içeriğine ait toplu varyans analiz tablosu	100
Çizelge 4.48 Kalsiyum içeriğine ait varyans analiz tablosu ve LSD gruplandırması	100
Çizelge 4.49 Deneme yılları kalsiyum içeriğine ait gruplandırma	101
Çizelge 4.50 Bakır içeriğine ait toplu varyans analiz tablosu	102
Çizelge 4.51 Bakır içeriğine ait varyans analiz tablosu ve LSD gruplandırması	102
Çizelge 4.52 Deneme yılları bakır içeriğine ait gruplandırma	103
Çizelge 4.53 Çinko içeriğine ait toplu varyans analiz tablosu	104
Çizelge 4.54 Çinko içeriğine ait varyans analiz tablosu ve LSD gruplandırması	104
Çizelge 4.55 Mangan içeriği toplu varyans analiz tablosu	105
Çizelge 4.56 Mangan içeriğine ait varyans analiz tablosu ve LSD gruplandırması	106
Çizelge 4.57 Deneme yılları mangan içeriğine ait gruplandırma	106
Çizelge 4.58 Demir içeriğine ait toplu varyans analiz tablosu.....	107
Çizelge 4.59 Demir içeriğine ait varyans analiz tablosu ve LSD gruplandırması	108
Çizelge 4.60 Deneme yılları demir içeriğine ait gruplandırma	108
Çizelge 4.61 Ekonomik analiz tablosu.....	110

1.GİRİŞ

Su, yaşamın ayrılmaz bir parçası olmasının yanı sıra sürdürülebilir tarım, endüstriyel üretim, ulaşım, turizm ve hidroenerji alanlarında da gelişmenin kaynağını oluşturmaktadır. Fakat günümüzde su kaynaklarında yaşanan, birçok faktörlere bağlı olan nicel ve nitel azalmalar, mevcut su kaynaklarının sürdürülebilir ve verimli kullanımının yanı sıra etkin bir şekilde yönetilmesini de zorunlu hale getirmiştir. Ülkemizde yıllık yağış miktarı ortalama olarak yaklaşık 574 mm'dir. Bu durum ortalama 450 milyar m³ suya karşılık gelmektedir. Günümüz şartları çerçevesinde, çeşitli amaçlara yönelik tüketilebilecek yerüstü su kaynakları potansiyeli yılda ortalama toplam 94 milyar m³'tür. Günümüzde 18 milyar m³ olarak belirlenen yeraltı suyu potansiyeli ile birlikte ülkemizin tüketilebilir yerüstü ve yeraltı su potansiyeli yılda ortalama toplam 112 milyar m³ olup, bunun 57 milyar m³'ü kullanılmaktadır (Anonim 2020).

Yetiştirme dönemi içerisinde veya yıllar arasında yağışın düzenli dağılması ayrıca, artan nüfus miktarı ve sektörlerin büyüme hızı, mevcut su ihtiyacının artmasına ve su kaynaklarının giderek azalmasına sebep olmaktadır. Bu sebeple hem elde edilen verimi artıracak hem de uygulanan sulama suyundan tasarruf sağlayacak sulama yöntemlerinin kullanılması, geliştirilmesi ve yaygınlaştırılması gerekmektedir. Tarımsal faaliyetlerde kullanılmak üzere ayrılan suyun giderek azalması sonucu, suyun daha elverişli ve etkin bir şekilde kullanımını sağlayacak farklı sulama yöntemleri geliştirilmiştir. Bu yöntemler arasında su tasarrufu konusunda önemli bir yere sahip olan basınçlı sulama yöntemleri günümüzde büyük önem taşımaktadır.

Sulama yöntemleri arasında, eş su dağılımı, yüksek verim, su tasarrufu ve uygulama kolaylığı sağlayan damla sulama yöntemleri gün geçtikçe çok daha fazla tercih edilmektedir. Farklı uygulama şekilleri bulunan damla sulama yönteminin en önemlisi yüzeyaltı damla sulama yöntemidir. Yüzeyaltı damla sulama yöntemi ülkemizde ve birçok ülkede sebze üretiminde, meyve ağaçlarında, çim veya yonca gibi çok yıllık bitkilerin sulanmasında kullanımı gün geçtikçe yaygınlaşmaktadır.

Günümüzde tarımsal üretimde daha az su tüketimi için suyu doğrudan istenilen bölgeye veren damla sulama sistemleri daha sık tercih edilmektedir. Bu sistemlerden biri olan yüzeyaltı damla sulama (YADS) sistemi, damlatıcılarının toprak içerisinde kalması nedeni ile buharlaşma kayıplarını azaltarak, suyun doğrudan bitki kök bölgesine verilmesini sağlamakta ve sulama etkinliğini artırarak, sıvı gübre kullanımındaki kayıpların azaltılmasında önemli bir avantaj sağlamaktadır (Lamm 2002, Lamm and Camp 2007).

Farklı iklim koşullarına karşı adaptasyonu, yem verimi ve yem kalitesi yüksek olması nedeniyle yonca, tüm dünyada en önemli yem bitkilerinden birisidir (Zhang vd. 2008). Yonca, tarımı yapılan diğer yem bitkilerine göre daha yüksek yem değerine sahip olup, birim alandaki protein verimi oldukça yüksektir (Açıkgöz 2001).

Yem bitkileri içerisinde kültüre ilk alınan bitki olan yonca (Miller 1984), adaptasyon kabiliyetinin yüksek olması nedeniyle farklı coğrafyalarda geniş bir ekim alanına sahiptir (Yuegao and Cash 2009). Hayvansal üretimde gerek ülkemizde, gerekse dünya genelinde besin maddesi olarak büyük oranda kullanılan yonca, veriminin ve besin değeri içeriğinin yüksek olmasından dolayı yem bitkilerinin kraliçesi olarak adlandırılmaktadır. Son yıllarda yem bitkileri üretimini teşvik etmek ve hayvansal üretimde yem açığını karşılamak amacıyla ülkemizde üretimine destek verilen önemli bitkilerden birisidir (Açıkgöz vd. 2005). Buna göre 2019 yılı itibarıyla toplam yonca üretim alanı 641.21 ha olup yem bitkileri içerisinde en fazla ekimi yapılan bitkiler arasında yer almıştır (Anonim 2020a).

Yonca vejetasyon periyodunun uzunluğu ve fizyolojik özellikleri nedeniyle mevsimlik sulama suyu ihtiyacı çok fazla olan bir bitkidir. Kurak ve yarı kurak alanlarda tarımsal üretimi kısıtlayan en önemli faktörler kuraklık ve su kıtlığıdır. Bu nedenle, özellikle suyun yetersiz olduğu bölgelerde, su kullanım etkinliğinin artırılması ve uygulanan sulama suyun daha iyi kontrol edilebilmesi için etkin sulama yöntemlerinin kullanılması gerekmektedir. Ayrıca tarımsal sulamanın yapıldığı alanlarda su kıtlığını azaltacak önlemlerin alınması için toprak, su ve enerji gibi bileşenleri göz önüne alarak uygun planlamanın yapılması gerekmektedir (Kassam vd. 2007).

Su kaynaklarının etkin kullanımı ve birim suya karşılık elde edilecek verimin artırılması için su uygulama randımanları diğer yöntemlere göre daha yüksek olan yüzeyaltı damla sulama yöntemi gibi yöntemlerin yaygınlaştırılması ve bu yöntemle sulanan bitkilerin tam ve kısıntılı sulama koşullarında su-üretim fonksiyonlarının belirlenmesi gerekir.

Bu çalışma ile su kısıtı koşullarında YADS ile uygulanan sulama suyunun yoncanın su kullanım etkinliği ile zamanında ihtiyaç duyulan suyun bitkiye verilmesi ve uygun sulama zamanının programlanması amaç edinilmiştir. Özellikle hayvancılığın yoğun bir şekilde yapıldığı ve su kaynağının yetersiz olduğu bölgelerde yonca tarımında sürdürülebilir verim ve kalitenin korunmasını sağlamak hedef alınmıştır. Çalışma 4 farklı sulama suyu konusu (birikimli ETc'nin %100, %80, %60 ve %40) ile 3 tekerrürlü olarak 3 yıl süreyle yürütülmüştür. Söz konusu proje ile yonca gibi su isteği fazla olan çok yıllık bitkilerde su tasarrufu sağlayan üretim sistemlerin iyileştirilmesi, yaygınlaştırılması ve kuraklığın tarıma olan etkisini hafifleterek su kaynaklarına olan talebin azaltılması hedef alınmıştır.

2. KAYNAK ÖZETLERİ

Donovan ve Meek (1983), kurak, yarı kurak ve sulu olarak ifade ettikleri sulama seviyelerini yoncada uygulamışlar ve yonca kuru ot veriminin sulama suyu miktarının artması ile arttığını, ham protein oranının ise azaldığını ifade etmişlerdir.

Halim vd. (1989), su stresi uygulamasının yoncada olgunluk, fenolojik gelişme ve büyüme hızı üzerine olan etkisini incelemişler ve su stresi altında yonca ot kalitesinin daha yüksek olduğunu bildirmişlerdir. Ayrıca ham protein oranının, su kısıtının en fazla uygulandığı konularda %11 oranında daha fazla olduğunu ve su stresi altında yonca da selüloz oranının azaldığını, hemiselüloz oranının ise artış gösterdiğini belirtmişlerdir.

Petil vd. (1992), sera koşullarında tam, kısıtlı ve yarı kurak sulama şartları altında yonca bitkisi üzerinde yapmış oldukları bir çalışmada, artan sulama suyu miktarı ile yonca da kuru madde veriminin arttığını, ham protein oranının ise azaldığını ifade etmişlerdir. Ayrıca araştırma sonucunda düşük sıcaklık ve toprak nemindeki azalmanın yonca kalitesini artırdığını tespit etmişlerdir.

Robinson vd. (1994), Kaliforniya’da Temmuz ve Ağustos aylarında tam sulanan ve su kısıtı uygulanan yonca alanlarının verimini karşılaştırmışlar ve mevsimlik su kısıtı uygulanan yonca alanlarının veriminin tam su uygulanan alanların veriminin %53’ü ile 64’ü arasında kaldığını belirtmişlerdir. Aynı yörede Putman vd. (2000) tarafından yapılan bir başka çalışmada ise kısıtlı su koşullarında yonca veriminin %46 oranında azaldığına dikkat çekmişlerdir.

Lamm vd. (1995), yonca bitkisi üzerinde yaptıkları bir çalışmada, yüzeyaltı damla sulama yöntemi ile sulama suyu toprak yüzeyinin altına uygulandığından biçim sırasında, biçim sonrasında ve kurutma aşamasında sulamayı askıya almadan yoncada büyümenin hızlandırılabileceğini ifade etmişlerdir. Ayrıca YADS ile toprak yüzeyi ıslanmadığından buharlaşma kaybının da önemli derecede azalacağını belirtmişlerdir.

Hengeller (1995), California'da yapmış olduğu bir çalışmada yonca sulamasında yüzeyaltı damla sulama yönteminin karık sulama yöntemine göre verimde önemli bir artış gösterdiğini belirtmiştir. Aynı şekilde Hutmacher vd. (1992) tarafından yapılan bir çalışmada ise, yoncada yağmurlama sulama yönetimi ile uygulanan sulama suyunun güneşle etkileşim yaparak yonca yapraklarında zararlanmaya neden olduğu ve bu durumun verimi olumsuz etkilediğini belirtmişlerdir.

Lamm vd. (1995), yapmış oldukları bir çalışmada yüzeyaltı damla sulama yönteminde toprak yüzeyi ıslanmadığından buharlaşma kaybının olmadığını, yağmurlama veya karık sulama yöntemine göre yüzeyaltı damla sulama yönteminde toprak yüzeyindeki yabancı otlarla mücadelenin yıl boyunca daha az olduğunu ifade etmişlerdir. Ayrıca derine sızma ve buharlaşma kayıplarının yüzeyaltı damla sulama sisteminde önemli derecede az olduğunu belirtmişlerdir.

Yıldırım ve Kodal (1996), Ankara ekolojik koşullarında mısır bitkisine ait onar günlük bitki su tüketimi değerleri belirlenmiş ve içerisinde iklim verilerinin de kullanıldığı 8 farklı yöntemle tahmin edilen değerleri karşılaştırmışlardır. Söz konusu yöntem ile mısır bitkisinde sulama zamanı planlanmasında kullanılabilecek en uygun bitki su tüketim tahmin yöntemini belirlemeye çalışmışlar ve sonuç olarak mısır bitkisi için su tüketiminin Penman (FAO) ve Radyasyon (FAO) yöntemleri ile tahmin edilebileceğini belirtmişlerdir.

Hutmacher vd. (1996) tarafından California'da yapmış oldukları araştırmada yüzeyaltı damla sulama yöntemi ile sulanan yoncada %20-35 verim artışı olduğu bildirmişlerdir.

Hengeller (1997), yapmış olduğu bir çalışmada yonca alanlarında yüzeyaltı damla sulama sisteminin neden kurulması gerektiği ile ilgili birkaç madde listelemiştir. Buna göre; yonca da verim artışı, daha az su kullanımı, yabancı ot mücadelesi, yapraklarda zararlanma ve iş gücünden tasarruf sağlamak amacıyla yonca ekili alanlarda yüzeyaltı damla sulama sisteminin kullanılması hem ekonomik açıdan hem de mevcut su kaynaklarının sürdürülebilirliği açısından önemli olduğunu vurgulamıştır.

Neufeld vd. (1998)'de Nevada-Lovelock'da yaptıkları bir araştırmada, yüzeyaltı damla sulama yönteminde lateralleri iki farklı derinlikli (30 cm ve 45 cm) ve üç farklı sulama suyu düzeyi (ET'nin %75, %100 ve %125) ile planlamışlardır. İki yıllık veriler incelendiğinde lateral derinliklerinin verimde istatistiksel olarak bir fark oluşturmadığını ancak, su kullanım etkinliği üzerinde istatistiksel farklılıkların çıktığını belirtmişlerdir. Ayrıca bu çalışma ile yüzeyaltı damla sulamada verim ve su kullanım etkinliği üzerindeki ilişkisini araştırmışlar ve yüzeyaltı damla sulama yönteminin yoncada kullanılması ile verimin muhafaza edilebilir veya artırılabilir olduğunu belirtmişlerdir.

Ayars vd. (1999), bilim insanları tarafından yüzeyaltı damla sulama yöntemi ile ilgili yapılan araştırmaları inceleyerek domates, pamuk, mısır, şeker pancarı, kavun ve yonca gibi bitkilerde yüzeyaltı damla sulama yönteminin verimi ve su üretkenliğini büyük ölçüde artırdığını ifade etmişlerdir.

Hanson vd. (2000), daha az sulama suyu uygulayarak yonca bitkisinde üretim sağlanabileceğini ancak, verimde belirgin azalmalarında olacağını bildirmişlerdir. Ayrıca, sulama zamanının düzenli ve programlı bir şekilde yapılması ile daha az su tüketimi ve yüksek verim elde edilebileceğini tespit etmişlerdir. Araştırmacılar, kısıtlı su koşullarında üretimin doğrudan buharlaşma ile ilgili olduğunu ifade etmişler ve buharlaşma oranının azaltılması ile su kullanımının da azaltılabileceğini belirtmişlerdir.

Hutmacher vd. (2001), yapmış oldukları araştırmada yüzeyaltı damla sulama yöntemi ile suda az miktarda tasarruf sağladığını bildirmesine rağmen (%7), artan verim sonucunda su talebinin de artacağını belirtmişlerdir. Ancak yüzeyaltı damla sulamada uygulama verimliliği yüksek olduğundan ve yüksek verim artışı sağlandığından yonca su kullanım etkinliğinin büyük olasılıkla daha fazla olacağını belirtmişlerdir. ET doğrudan yonca verimi ile ilişkili olduğu için, gerçek su kullanımında herhangi bir değişiklik beklenmemekle birlikte en önemli değişikliğin uygulama verimliliğinde olacağı vurgulamışlardır. Özellikle kumlu topraklarda yüzeyaltı damla sulama ile su uygulamalarındaki tasarruf, yüzey sistemleri ile karşılaştırıldığında daha önemli olacağını belirtmişlerdir.

Alam vd. (2002), yağmurlama sulama ile birlikte, yüzeyaltı damla sulamada farklı lateral aralığı ve derinliğinin yoncada verim ve su kullanım etkinliği üzerine etkilerini araştırmak amacıyla 3 yıl süreyle bir çalışma yürütmüşlerdir. Araştırmada üç farklı lateral aralığı (75, 100 ve 150 cm) ve iki farklı lateral derinliği (45 ve 30 cm) ele alınmıştır. Araştırma sonucunda her üç yılda da yonca kuru madde veriminin yüzeyaltı damla sulama yönteminde daha yüksek olduğunu bildirmişlerdir. Araştırmada damlatıcı aralığı ve derinliğine ilişkin sonuçlar incelendiğinde, damlatıcı aralığının 100 cm olduğu konuda elde edilen verim avantajının, lateral aralığının 150 cm olduğu konuya göre 0.44-1.9 ton arasında değişim gösterdiğini belirtmişlerdir. Bunun dışında laterallerin yerleştirme derinliklerinin kuru madde üzerinde azda olsa etkisi olduğunu ve en iyi çimlenmenin 100 cm lateral aralığında elde edildiğini belirtilmiştir. Ayrıca lateral aralığının 100 cm olduğu konularda verim artışının lateral aralığının 75 cm olduğu konuya göre daha fazla olduğunu tespit etmişlerdir.

Lamm ve Trooien (2003), mısır bitkisi üzerinde yaptıkları bir araştırmada yüzeyaltı damla sulama laterallerinin 1.5 m aralıklarla 40-45 cm toprak derinliğine yerleştirildiğinde, yüzeyaltı damla sulama yönteminin geleneksel sulama yöntemlerine kıyasla % 35-55'lik bir su tasarrufu sağlandığını bildirmişlerdir.

Bai vd. (2003), Çin'de yürüttükleri bir çalışmada yoncada kısıtlı su uygulamasının kök gelişimini olumsuz etkilediğini ve farklı sulama suyu düzeyinin yoncada kuru madde miktarını istatistiksel olarak etkilediğini belirtmişlerdir.

Machado ve Oliveira (2005), yaptıkları bir çalışmada, yüzeyaltı damla sulamada farklı lateral derinlikleri ve sulama suyu uygulamalarının domates bitkisinde verim ve kalite parametrelerinin yanı sıra kök gelişimi üzerine olan etkisini incelemişlerdir. Araştırmada, lateraller toprak yüzeyinden 0 (yüzey üstü damla sulama), 20 ve 40 cm derinliğe yerleştirilmiş ve sulama suyu uygulamaları 2 günlük bitki su tüketim değerinin % 60, %90 ve %120'nin uygulanması şeklinde gerçekleştirilmiştir. Araştırma sonucunda, domates bitkisinde kök yoğunluğunun 40 cm lateral derinliğinde yoğunlaştığını, verim ve kalite açısından lateral derinliklerinin istatistiksel olarak farklılık göstermediğini, ancak uygulanan sulama suyu miktarının verim ve kaliteyi doğrudan etkilediğini belirtmişlerdir.

Berrada (2005), yürütmüş olduğu bir çalışmada, farklı yonca çeşitlerinin düşük, orta ve hafif su stresine maruz kaldıklarında verim ve kalite parametreleri üzerindeki değişimini incelemiş ve çalışma sonucunda yonca çeşitlerinin kuru madde üretimlerinin su stresine farklı tepki gösterdiğini ifade etmiştir. Ayrıca kuru madde üretiminin su stresinin azalması ile arttığını vurgulayarak, su stresinin artması ile yoncanın nispi yem değerinin de arttırdığını belirtmiştir.

Irmak (2005), Nebraska’da yaptığı bir çalışmada, YASD ile kısıtlı sulama suyu seviyelerinin (%100 ETc, %75 ETc ve %50 ETc) mısır bitkisinde verim ve kalite üzerine olan etkisini incelemiştir. Araştırmada verim değerlerinin sulama suyu seviyesinin %100 ETc olduğu konuda 1378 kg da⁻¹-1316 kg da⁻¹, %75 ETc olan konuda 1347 kg da⁻¹ ve 1261 kg da⁻¹ ve %50 ETc olan konuda ise 1260 kg da⁻¹ ve 1174 kg da⁻¹ arasında elde edildiğini ve %100 ETc konusu ile diğer sulama konuları arasında verim açısından %9’luk bir farkın olduğu ifade etmiştir.

Frate ve Roberts (2006), su stresine karşı yoncanın çok duyarlı bir bitki olduğunu ifade etmişler ve su kısıtlaması ile her ne kadar verimde azalma görülse de, takip edilen yıllarda bitki canlılığının zarar görmediği koşullarda tam sulama yapılarak verim kayıplarının ortadan kalkabileceğini belirtmişlerdir.

Kurak bölgelerde yetiştirme periyodu boyunca yoncanın gelişme gösterebilmesi için özellikle yaz aylarında sulama suyu ihtiyacının arttığı ve diğer sulu tarım bitkilerine göre daha fazla su tükettiği bildirilmiştir (Hanson vd. 2007). Ayrıca dünyada kentsel ve endüstriyel gelişmelere paralel olarak, tarımda sulamaya ayrılan su miktarının da giderek azaldığı belirtilmiştir (Holechek vd. 2003). Özellikle son yıllarda iklim değişikliğine bağlı olarak yaz döneminde mevcut su kaynaklarında görülen azalmalar günümüzde yaşanan en önemli problemlerden birisidir. Bu nedenle su kaynaklarının yetersiz olduğu bölgelerde kısıtlı sulama ile ilgi yapılan çalışmaların yoğunluk kazandığı bildirilmiş (Lindermeyer vd. 2010) ve araştırmacılar tarafından fazla su tüketimi nedeniyle üzerinde yoğun olarak durulan bitkilerden birisinin de yonca olduğu (Saeed ve El-Nadi 1997) ifade edilmiştir.

Doğan vd. (2008), Harran’da yürüttükleri bir çalışmada yüzeyüstü ve yüzeyaltı damla sulama yöntemlerinde farklı sulama suyu uygulamalarının kavun verimi üzerine olan etkisini incelemişlerdir. Yüzeyaltı damla sulamada lateralleri 30 cm toprak profiline yerleştirmişler ve sulama suyunu 6 farklı seviyede, A sınıfı buharlaşma kabından ölçülen buharlaşma değerinin %0, %25, %50, %75, %100 ve %125’inin uygulanması şeklinde gerçekleştirmişlerdir. Araştırma sonucunda, en yüksek verimin %75 ve %100 buharlaşma değerinin uygulandığı konulardan elde edildiğini, verim açısından yüzeyüstü ve yüzeyaltı damla sulama yöntemlerinde istatistiksel bir fark gözlemlenmediğini ifade etmişlerdir.

Payero vd. (2008), yüzeyaltı damla sulama yönteminde farklı miktarda sulama suyu uygulamalarının mısır bitkisinde verime, bitki su tüketimi ve su kullanım randımanı üzerine olan etkisini incelemişlerdir. Araştırmada ilk yıl 53-356 mm, ikinci yıl ise 22-226 mm arasında sekiz farklı sulama suyu miktarı uygulamışlar ve bitki su tüketimi değerleri birinci yıl 580-663 mm, ikinci yıl ise 466-656 mm arasında hesaplanmışlardır. Ayrıca, uygulanan su sulama suyu miktarının artmasıyla mısır veriminde önemli bir artış olduğunu da belirtilmiştir.

Orloff vd. (2008), Kuzey Kaliforniya’da yaptıkları çalışmada yoncada birinci ve ikinci biçimden sonra sulama suyunu keserek verim üzerine olan etkisini incelemişler ve birinci biçimden sonra suyu kesmenin yoncada ortalama 272 kg da⁻¹, ikinci biçimden sonra suyu kesmenin ise ortalama 153 kg da⁻¹ verimde azalma olduğunu kaydetmişlerdir.

Patel ve Rajput (2009), yüzeyaltı damla sulamanın soğan bitkisinde verime olan etkisini incelemek amacıyla Hindistan’da farklı lateral derinlikleri ve farklı sulama suyu uygulamalarını içeren bir çalışma yapmışlardır. Çalışmada, sulama suyu 6 günlük bitki su tüketim değerinin %100, %80 ve %60’ı uygulanması şeklinde gerçekleştirilmiştir. Söz konusu çalışmada lateral derinliklerini 0 (yüzeyüstü damla sulama), 5, 10, 15, 20, 30 cm olacak şekilde döşemişlerdir. Araştırma sonucunda, lateral derinliklerinin soğan verimine etkisi önemli bulunmuş ve en yüksek verim laterallerin 10 cm toprak derinliğine döşendiği %100 sulama konusunda 2570 kg da⁻¹ olarak elde etmişlerdir.

Vories vd. (2009), mısır bitkisinde yürüttükleri bir araştırmada yüzeyaltı damla sulama yönteminde farklı sulama suyu uygulamalarının verim üzerine olan etkisini incelemişlerdir. Araştırmada lateraller yüzeyden 30 cm derinliğine yerleştirilmiş ve araştırma sonucunda, en yüksek mısır veriminin günlük bitki su tüketiminin %60'ının uygulandığı konudan elde edildiğini bildirmişlerdir.

Afsharmanesh (2009), İran'da yürütmüş olduğu çalışmada, farklı yonca çeşitlerinin farklı su stresi seviyelerine olan tepkisini incelemiş ve sonuç olarak çeşitler arasında su stresine karşı tepkinin farklı olduğu bildirmiştir. Araştırmada, artan su stresinin kuru ot verimini, bitki boyunu, sap sayısını olumsuz yönde etkilediğini ifade etmiştir.

Katic vd. (2009), farklı yonca çeşitleri üzerinde yapmış oldukları bir çalışmada, yonca çeşitlerine ait ham protein oranlarının biçimlere göre %17.1-%19.7 arasında farklılık gösterdiğini bildirmişlerdir.

Kazumba vd. (2010), Tanzanya'da yonca bitkisinde yürüttükleri bir çalışmada, yüzeyaltı damla sulama yönteminde lateralleri iki farklı derinlikte (20 ve 40 cm) ve 3 farklı aralıklarda (100, 150 ve 200 cm) yerleştirmişlerdir. Ayrıca araştırmada, yağmurlama sulama yöntemi ile yüzeyaltı damla sulama yönteminin karşılaştırılmasını da yapmışlardır. Sonuç olarak en yüksek yonca verimini yüzeyaltı damla sulama yönteminde lateral derinliğinin 40 cm olduğu ve lateral aralığının 100 ile 150 cm olduğu konularından elde edildiği bildirmişlerdir. Ayrıca, yüzeyaltı damla sulamada lateral aralığının 200 cm olduğu konularda elde edilen verimlerin yağmurlama sulama yöntemi ile elde edilen verim değerlerinden düşük olduğu ve yüzeyaltı damla sulama yönteminin yağmurlama sulama yöntemine göre daha fazla gelir artışı sağladığını yapmış oldukları ekonomik analizlerle ifade etmişlerdir.

Lamm vd. (2010), Kansas'da yürüttükleri bir araştırmada, yüzeyaltı damla sulama ile farklı lateral derinliklerinin (20, 30, 40, 50 ve 60 cm) münavebe ile yetiştirilen soya fasulyesi, ayçiçeği ve sorgum bitkisinde verim ve su kullanım randımanı üzerine olan etkisini incelemişlerdir. Araştırma sonucunda, lateral derinliklerinin verimde %4'lük, su üretkenliğinde ise %8'lik fark oluşturduğunu tespit etmişlerdir. Ayrıca, 40 cm toprak

derinliğine yerleştirilen laterallerin soya fasulyesi, ayçiçeği ve sorgum üretimi için uygun olduğunu belirtmişlerdir.

Lindermeyer vd. (2010) ve Carter (2013) tarafından yapılan bir çalışmada yoncanın kısıtlı sulama suyu uygulamasına olan tepkisini değerlendirmişlerdir. Araştırmaya göre yoncada yetiştirme dönemi boyunca su kısıtlaması yerine, belirli periyotlarda su kısıtlamasının daha iyi sonuç vereceğini ve böylece tasarruf edilen su ile diğer amaçlı kullanımlara ayrılan su miktarının artacağını bildirmişlerdir. Ayrıca yapılan çalışma ile yarı kurak bölgelerde su kısıtlamasının yoncanın canlılığını etkilemediğine vurgu yapmışlardır.

Kuslu vd. (2010), Erzurum'da yetiştirme periyodu boyunca uygulanan farklı su kısıtlamasının (%100, %80, %60, %40, %20 ve yağışa dayalı) yoncada verime olan etkisini incelemek amacıyla yürüttükleri çalışmada, su kısıtı düzeyinin artmasıyla yonca veriminin düştüğüne dikkat çekmişlerdir.

Douh ve Boujelben (2011), yüzeyaltı damla sulama sisteminde mısır bitkisi üzerinde yapmış oldukları bir çalışmada, farklı toprak derinliklerine yerleştirilen laterallerin sulama suyu kullanım etkinliği üzerine olan etkisini incelemişlerdir. Araştırmada, lateraller 0,5 cm, 20 cm ve 35 cm toprak derinliğine döşeyerek, TDR ile toprak nem takibi yapmışlardır. Araştırma sonucunda 35 cm derinliğe döşenen laterallerin, 5 cm ve 20 cm derinliğe döşenen laterallere göre daha homojen olduğu tespit edilmiş ve 35 cm derinlikte buharlaşma ile kaybolan suyun diğer derinlikteki konulara göre daha az olduğu ve %12.9 daha fazla su tasarrufu sağlandığını bildirmişlerdir. Sulama suyu kullanım randıman (IWUE) ise en yüksek 35 cm derinliğindeki konuda hesaplanmıştır. Ayrıca yüzeyaltı damla sulama yönteminde 35, 20 ve 5 cm derinliğe yerleştirilen laterallerden sırasıyla %18, %14 ve %7 daha fazla su kullanım randımanı hesaplandığını ifade etmişlerdir. Sonuç olarak yüzeyaltı damla sulama yönteminde 35 cm toprak derinliğine yerleştirilen laterallerin bitki kök bölgesindeki su dağılımının daha homojen olduğunu belirtmişlerdir.

Almarshadi ve Ismail (2011), farklı sulama yöntemleri kullanarak yoncanın su kullanım etkinliğini belirlemek için yürütmüş oldukları bir çalışmada 3 farklı sulama yöntemi (yağmurlama, yüzey üstü damla sulama ve yüzeyaltı damla sulama) kullanmışlardır.

Araştırma sonucundan en yüksek kuru ot veriminin sırasıyla yüzeyaltı damla sulama, yüzeyüstü damla sulama ve yağmurlama sulama yönteminden elde edildiğini bildirmişlerdir. Yağmurlama sulama yöntemine göre yüzeyüstü damla sulamada %15.9, yüzeyaltı damla sulamada ise %45 verim artışı sağlandığını belirtmişlerdir. Ayrıca yüzeyüstü ve yüzeyaltı damla sulama yöntemlerinin yağmurlama sulama yöntemine göre %29.2 ve %35.7 daha fazla su tasarrufu sağlandığını, su kullanım etkinliğinin ise en fazla yüzeyaltı damla sulama yönteminde elde edildiğini bildirmişlerdir. Sonuç olarak araştırmacılar, kurak bölgelerde yonca sulamasında yüzeyaltı damla sulama yönteminin kullanılması gerektiği ifadesinde bulunmuşlardır.

Sanden vd. (2011), yapmış oldukları çalışmada yonca alanlarında yüzeyaltı damla sulama sistemin kurulum maliyetinin, yonca için en önemli dezavantajı olduğunu belirtmişlerdir. Ancak bu maliyetin verim arttığında veya ürünün fiyatı arttığında maliyeti karşılamak için yeterli olacağını bildirmişlerdir.

Taş ve Kırnak (2011), yarı kurak koşullarda, bitki su tüketimi ve Kc hesaplamalarında FAO-Blaney-Criddle, Blaney-Criddle, Penman, Radyasyon, Hargreaves-Samani ve FAO-Pan buharlaşma modellerini karşılaştırdıkları bir çalışmada, yaptıkları hesaplamalar ve kıyaslamalar sonucunda hem bitki su tüketiminin hem de Kc'nin en yakın tahmini değerlerini Penman yönteminin verdiğini bildirmişlerdir.

Lamm vd. (2012), yüzeyaltı damla sulama da farklı sulama suyu düzeyi (%100, %85 ve %70) ve farklı lateral derinliklerinin (0, 38 ve 76 cm) yoncada verime ve kalite parametreleri üzerine etkisini araştırmak amacıyla bir çalışma yürütmüşlerdir. Yapılan bu çalışmada, YADS ile farklı kısıtlı su düzeyi uygulamalarının ve farklı lateral derinliklerinin yoncada elde edilen verimler üzerinde önemli bir etkisinin olmadığını bildirmişlerdir.

Harmony vd. (2013), yüzeyaltı damla sulama yönteminde yonca verim ve kalite özellikleri ile su kullanım etkinliğini belirlemek üzere yaptıkları bir çalışmada, bitkilere üç farklı sulama suyu düzeyi (ET'nin %100'ü, %85'i ve %70'i) uygulamışlardır. Araştırmacılar, YADS ile ET'nin %70 ve %85'inin sulama suyu olarak uygulandığı

konularda, yonca verimi ve kalitesinden ödün vermeden üretim yapılabilceğini belirtmişlerdir.

Ismail ve Almarshadi (2013), YADS'ın yoncanın su kullanım etkinliğı, verim ve kalite özellikleri üzerine olan etkisini incelemek amacıyla yürütmüş oldukları bir çalışmada, farklı sulama suyu düzeyleri (%100, %85 ve %70) uygulamışlardır. YADS laterallerini 40 cm aralıklarla 10 cm toprak derinliğine yerleştirmişlerdir. Araştırma sonucunda su kısıtı uygulanan konularda sırasıyla %13 ve %27 su tasarrufu sağlandığı ve bu konularda meydana gelen verim azalmasının sırasıyla %12 ve %21.7 olduğunu bildirmişlerdir.

Ayars vd. (2015), tek yıllık bitkilerde yüzeyaltı damla sulamanın verim ve kaliteyi artırdığını, uygulanan sulama suyunu azalttığını ve üretim aşamasında yapılan kültürel işlemler için yapılan masrafları azalttığını belirtmişlerdir.

Yeter ve Yurtseven (2015), yapmış oldukları bir çalışmada yonca bitkisinde vejetatif gelişme üzerine farklı sulama suyu miktarının yanında uygulanan sulama suyunun kalitesinin de etkili olduğunu belirtmişlerdir. Sulama suyundaki tuz seviyesinin artması ile yonca bitkisinde gelişimin yavaşladığını ve biçim sonrası elde edilen ağırlık değerlerinin de azaldığını ifade etmişlerdir.

Cavero vd. (2017), İspanya'da yaptıkları çalışmada, farklı sulama suyu miktarının yoncanın verim ve kalitesi üzerine etkilerini incelemişler ve artan sulama suyu miktarlarının yoncada ot verimini artırdığını, ancak azot oranını azalttığını belirtmişlerdir. Ayrıca çalışmada elde ettikleri bir diğer bulgu da biçimler ilerlemesiyle ot veriminin ve ham protein oranının azaldığıdır.

Amiraghaei (2017), su kısıtlamasının farklı yonca genotiplerinde ot verimi ve kalitesi üzerine olan etkisini incelemek amacıyla yürütmüş olduğu çalışmada, birinci biçim sonrası tek sulama ile %20 fazla ürün alınabileceğini ifade etmiştir.

Demir vd. (2018), Ankara'da yürütmüş oldukları bir çalışmada, yüzeyüstü ve yüzeyaltı damla sulama yönteminin farklı gübre dozlarında ve farklı su düzeyi uygulamaları (4

günlük birikimli buharlaşma miktarının % 100, %75 ve % 50'si) altında biber bitkisinde verim ve kaliteye olan etkisini araştırmışlardır. Araştırma sonucunda hem yüzeyaltı hem de yüzeyüstü damla sulama yönteminde bütün sulama düzeylerinde, uygulanan gübre dozu azaldıkça biber veriminde de önemli azalma olduğunu bildirmişlerdir.

Yelsiz (2019), Isparta ekolojik koşullarında YADS ile farklı sulama uygulamalarının yoncada verim ve kalite parametreleri üzerine olan etkisini incelemiş ve uygulanan sulama suyunun artması ile yoncada verim değerlerinin arttığını, ancak bitkide nispi yem değerinin azaldığını bildirmiştir.

Donald vd. (2019), yoncada farklı gübreleme ve sulama uygulamalarının verim üzerindeki etkisini incelemek amacıyla yürüttükleri bir çalışmada, uygun gübreleme yöntemi ve kontrollü bir sulama uygulaması ile yoncada 1235-1730 kg da⁻¹ arasında kuru madde verimi elde edilebileceğini ifade etmişlerdir.

Görgişen vd. (2020), YADS ile şekerpancarının verim ve kalite parametrelerini incelemek amacıyla yürütmüş oldukları bir çalışmada dört farklı sulama suyu düzeyi (S1:%100 ET_c, S2: %80 ET_c, S3:%60 ET_c, S4:%40ET_c) oluşturmuşlardır. Araştırmanın ilk yılında konularına göre sırasıyla 439 mm, 353 mm, 267 mm ve 182 mm, ikinci yıl 437 mm, 355 mm, 273 mm ve 190 mm sulama suyu uygulamışlardır. Araştırma sonucunda ortalama pancar verimi ilk yıl konularına göre sırasıyla 67.8, 59.6, 53.0 ve 50.6 t ha⁻¹, ikinci yıl ise sırasıyla 78.7, 65.3, 58.4 ve 54.4 t ha⁻¹ arasında elde ettiklerini bildirmişlerdir.

Wang vd. (2020), yoncada YADS ile tam su, düşük, orta ve yüksek su kısıtı uygulamaları altında yürütmüş oldukları bir çalışmada tam su konusuna göre kısıt uygulanan konularda yeşil ot veriminde sırasıyla %25, %43 ve %53 oranında verim azalması olduğunu bildirmişlerdir.

Karaca Bilgen (2020), mısır bitkisi üzerinde yürütmüş olduğu bir çalışmada, YADS kullanarak farklı sulama suyu uygulamalarının verim ve kalite parametreleri üzerine olan etkisini incelemiştir. Araştırmada sulama suyu miktarlarını %100 ET_c, %70 ET_c, %40

ETc ve yağışa dayalı olacak şekilde planlanmıştır. Denemenin ilk yılında konularına göre sırasıyla 448 mm, 319 mm, 189 mm ve 24 mm, ikinci yılında ise 373 mm, 262 mm, 152 mm ve 7 mm sulama suyu uygulanmıştır. Denemeden elde edilen ortalama dane verimini yıllara göre sırasıyla en yüksek 1692-1760 kg da⁻¹ ile %100 ETc konusundan elde etmiştir.

YADS, düzgün bir şekilde tasarlandığında yüzey veya yağmurlama sulama sistemlerine kıyasla daha düşük buharlaşma kayıplarına sahip olması önemli bir avantajıdır. Ayrıca YADS ile yüzey akış olmadığından toprağa verilen gübrelerin yüzey akışla kaybolmasına engel olunarak çevre kirliliği de en aza inmektedir (Anonim 2020b).



3. MATERİYAL ve YÖNTEM

Bu bölümde, araştırma yerine ait genel özellikler, toprak ve sulama suyu özellikleri, kullanılan bitki çeşidi ve iklim özellikleri ile denemede kullanılan alet ekipman ve ölçüm cihazları ile hangi bulgulara bakılacağı ile ilgili bilgiler verilmiştir.

3.1 Materyal

3.1.1 Araştırma alanı genel özellikleri

Denemenin kurulu olduğu Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Haymana Araştırma ve Uygulama Çiftliği, (Şekil 3.1) Ankara'ya 45 km, Haymana'ya 30 km uzaklıkta bulunmaktadır. Araştırma yeri, 39° 37' kuzey enlemi ile 32° 41' doğu boylamı arasında yer almaktadır. Çiftliğin toplam tarım yapılabilen arazisi 3100 dekarıdır. Bu alanın 2500 dekarı sulanabilir durumda olup, kalan yaklaşık 600 dekarında ise yağışa dayalı tarım yapılmaktadır.



Şekil 3.1 Deneme alanı genel görünümü

3.1.2 Araştırma yerine ait tarımsal yapı ve üretimi

Türkiye’de 2019 yılında ortalama 2.1 milyon hektar alanda yem bitkileri yetiştiriciliği yapılmıştır. Yem bitkileri içerisinde yonca, silajlık mısır ve fiğ en fazla yetiştirilen bitkiler

arasında yer almaktadır. Yonca ve silajlık mısır, Türkiye’de yem bitkileri üretiminde 2019 yılı itibariyle %54’lük bir ekim alanı ile %78 lik bir üretimi karşılamaktadır. 2019 yılı itibari ile yaklaşık 641 bin ha alanda toplam 17.9 milyon ton yonca üretimi yapılmıştır. Ülkemizin belli başlı platoları içerisinde yer alan Haymana ilçesi, verimli tarım alanlarının yanı sıra, geniş doğal meraları nedeniyle tarla tarımı ve hayvancılık için elverişli özelliklere sahiptir. Ormanlık alanların az olması ve konumu nedeniyle yıllık yağış miktarı bu bölgede yetersizdir. Sulanabilir alanların az olması nedeniyle kuru tarım ağırlıklı yetiştiricilik yaygındır. Bölgede son yıllarda yem bitkileri üretiminde artış görülmektedir. Haymana ilçesinde 2019 yılı itibari ile 234 ha alanda toplamda 2.9 bin ton yonca yeşil ot üretimi yapılmıştır (Anonim 2020c).

3.1.3 Araştırma yeri iklim özellikleri

Araştırmanın yürütüldüğü ilçede sıcak ve ılıman iklim görülmekte ve çizelge 3.1’ de görüldüğü üzere kış aylarında yaz aylarından çok daha fazla yağış gerçekleşmektedir.

Çizelge 3.1 Uzun yıllar ortalama iklim verileri (1927 - 2019)

Aylar	Ort. Sıcaklık (°C)	Ort. Maks. Sıcaklık (°C)	Ort. Min. Sıcaklık (°C)	Ort. Güneşlenme Süresi (saat)	Ort. Yağışlı Gün Sayısı	Aylık Top. Yağış (mm)	Maks. Sıcaklık (°C)	Min. Sıcaklık (°C)
Ocak	0.1	4.1	-3.2	2.6	12.3	40.2	16.6	-24.9
Şubat	1.6	6.4	-2.3	3.8	11.2	35.1	21.3	-24.2
Mart	5.7	11.4	0.6	5.1	10.7	39.1	27.8	-19.2
Nisan	11.2	17.3	5.3	6.6	11.2	42.5	31.6	-7.2
Mayıs	16.0	22.3	9.6	8.5	12.3	51.5	34.4	-1.6
Haziran	19.9	26.6	12.9	10.0	8.7	34.4	37.0	3.8
Temmuz	23.3	30.2	15.8	11.3	3.6	14.3	41.0	4.5
Ağustos	23.3	30.4	15.9	10.7	2.7	12.7	40.4	5.5
Eylül	18.8	25.9	11.7	9.2	4.0	18.0	37.7	-1.5
Ekim	13.1	19.9	7.0	6.7	6.9	27.7	33.3	-9.8
Kasım	7.2	13.0	2.5	4.5	8.2	31.5	24.7	-17.5
Aralık	2.4	6.4	-0.8	2.5	11.7	44.9	20.4	-24.2
Yıllık	11.9	17.8	6.3	81.5	103.5	391.9	41.0	-24.9

Haymana ilçesinin yıllık ortalama sıcaklığı 11.9 °C' dir. Yıllık ortalama yağış miktarı ise 391.9 mm'dir. Ağustos ayı yılın en kurak ayıdır. En fazla yağış ortalama 53 mm ile Mayıs ayında görülmektedir. Yılın en sıcak ayı ise Temmuz ayıdır. Ocak ayında ortalama sıcaklık 0.1 °C olup bu değer yılın en düşük ortalamasıdır. Yılın en kurak ayı ile en yağışlı ayı arasındaki yağış miktarı farkı 39 mm civarındadır (Anonim 2020d).

3.1.4 Araştırma yeri toprak özellikleri

Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Haymana Araştırma ve Uygulama Çiftliği topraklarında yapılan fiziksel ve kimyasal analiz sonuçlarına göre büyük kısmının ağır bünyeli, hafif alkali, tuzsuz, kireçli ve düşük organik maddeye sahip olduğu belirlenmiştir (Soba vd. 2015). Denemenin kurulu olduğu alanın toprak yapısı kil tekstürlüdür.

Çizelge 3.2 Araştırma yeri topraklarının fiziksel özellikleri

Derinlik (cm)	Kum %	Kil %	Silt %	Bünye	HA (gr cm ⁻³)	TK Pw (%)	SN Pw (%)	Su Tutma Kapasitesi (mm)
0-30	27	56.1	16.9	C	1.14	35.92	17.96	61
30-60	26	53.3	20.7	C	1.14	35.90	17.90	62
60-90	24.2	63.6	12.2	C	1.16	35.30	17.68	61
90-120	21.8	63.7	14.5	C	1.14	35.94	17.91	62

Çizelge 3.2'de verildiği üzere toprak örneğinin kil içeriği %56.1 ile %63.7 arasında değişiklik göstermektedir. Organik madde miktarı %0.69-%1.57 arasında belirlenirken, KDK değeri 35.9-37.4 me100gr⁻¹ aralığında elde edilmiştir (Çizelge 3.3). Toprak profillerinin kireç oranı %14.38-%24.89 arasında değişmekte olup, deneme yeri toprağında herhangi bir tuzluluk-alkalilik ve drenaj sorunu bulunmamaktadır. Ayrıca deneme alanına ait toprak örneklerinde yapılan tarla kapasitesi (TK) ve solma noktası (SN) analizlerine ait değerler ağırlık yüzdesi (Pw) cinsinden sırasıyla %35.30-%35.94 ile %17.68-%17.96 arasında hesaplanmıştır. Ayrıca toprak katmanlarının su tutma kapasiteleri de 61-62 mm arasında değişim göstermektedir.

Çizelge 3.3 Araştırma yeri topraklarının kimyasal özellikleri

Derinlik (cm)	pH	EC (dSm ⁻¹)	Çözünebilir İyonlar (me L ⁻¹)							Değişebilir Katyonlar (%)				KDK (me100g ⁻¹)
			Ca ⁺²	Mg ⁺²	Na ⁺	K ⁺	HCO ₃ ⁻	Cl ⁻	SO ₄ ⁻²	Ca	Mg	Na	K	
0-30	7.70	0.58	1.9	0.9	3.6	0.2	4.2	0.9	1.5	82.4	10.6	3.9	3.2	35.9
30-60	7.82	0.50	1.3	0.6	3.5	0.1	3.1	0.4	2.0	73.7	18.9	5.9	1.4	37.4
60-90	7.51	1.12	2.6	2.5	8.5	0.2	3.5	3.1	7.1	54.5	37.2	7.4	0.9	36.3

3.1.5 Araştırma yeri sulama suyu özellikleri

Araştırmada uygulanan sulama suyu çiftlik yakınında bulunan İkizce Göleti'nden temin edilmiştir. Sulama suyu kapalı boru sistemi ile göletten çiftlik arazisine giriş yaptıktan sonra 75 lt/h debili 4 adet pompa yardımı ile çiftlik arazisinin en yüksek noktasında kurulu olan 2000 m³ hacimli sulama havuzuna iletilmekte ve buradan yeraltında bulunan ana hat ile araziye dağıtılmaktadır (Şekil 3.2).



Şekil 3.2 İkizce Göleti'nden alınan sulama suyunun araziye iletim şekli

Dağıtılan sulama suyu tarla başlarında ve tarlaların ortalarında bulunan 20 lt/h debiye sahip hidrantlar ile yeryüzüne çıkarılmaktadır. Hidrantlar üzerinde bulunan 5 lt/h debili 4 adet almaç da basınçlı sistemlere hizmet etmektedir (Anonim 2020e). Göletten sağlanan sulama suyunun sınıfı T₂A₁'dir. Su kaynağına ait bazı kimyasal özellikler çizelge 3.4'de gösterildiği gibidir.

Çizelge 3.4 Sulama suyuna ait kimyasal özellikler

pH	EC (dS m ⁻¹)	Katyonlar (me L ⁻¹)				Anyonlar (me L ⁻¹)				SAR	Bor (ppm)	Sınıf
		Na ⁺	K ⁺	Ca ⁺²	Mg ⁺²	CO ₃ ⁻²	HCO ₃ ⁻	Cl ⁻	SO ₄ ⁻²			
8.2	0.59	1.55	0.11	2.15	2.55	0.38	4.79	0.73	0.46	1.01	0.25	T ₂ A ₁

3.1.6 Araştırmada kullanılan bitki materyalinin özellikleri

Hayvansal üretimde önemli bir yere sahip olan yonca (*Medicago sativa*), kaba yemler içerisinde çok fazla besleyici özelliğe sahiptir. Adaptasyon kabiliyeti yüksek olup, kurak bölgelerden, bol yağışlı bölgelere kadar yayılmış çeşitleri mevcuttur. Söz konusu denemede soğuğa karşı oldukça dayanıklı, yüksek verim kabiliyetli, yapısı gereği uzun boylu bir çeşit olan Gea çeşidi (Şekil 3.3) kullanılmıştır.



Şekil 3.3 Denemede kullanılan Gea çeşidi

3.1.7 Sulama sisteminin özellikleri ve kurulumu

Araştırmada, yüzeyaltı damla sulama sistemi kullanılmıştır. Sulama sistemi; pompa, hidrosiklon, elek filtre, manometre, gübre tankı, basınç düzenleyici, ana vana, her parsel için kontrol vanası, su sayaçları, manifold boru hatları ve içten geçik damlatıcılı lateral hatlarından meydana gelmiştir. Sulama suyu deneme alanına Ø90 PE ana boru ile getirilip Ø32 PPRC manifold boru ile deneme alanına verilmiştir. Denemede, her bir manifold boru hattı 10 lateral hattına hizmet edip, toplamda 12 manifold hattından oluşacak şekilde planlanmıştır. Sulama sisteminde manifold çıkışlarına hava tahliye vanası (vantuz) yerleştirilmiştir. Uygulama sırasında oluşacak negatif basıncın giderilmesinde yüzeyaltı damla sulama sisteminde Ø20 PC damla sulama lateralleri kullanılmıştır.



Şekil 3.4 Yüzeyaltı damla sulama sistemi kurulumuna ait görüntüler

Yüzeyaltı damla sulama sisteminde lateraller basınç ayarlı anti-sifon özelliğine sahip olup, damlatıcı debisi 2.1 lt/h ve damlatıcı aralığı 40 cm olacak şekilde deneme alanına 70 cm aralıklarla 40 cm toprak derinliğine yerleştirilmiştir. Denemede uygulanacak olan sulama suyu parsellere ölçülü bir şekilde verildiğinden her bir parsel için ayrı vana ve su

sayaçları takılmıştır. Sistemde oluşabilecek herhangi bir tıkanma veya patlak sorunu manifold başına ve sonuna takılan manometrelerle takip edilmiştir.

3.1.8 Araştırmada kullanılan ölçüm araçları

3.1.8.1 Toprak nem sensörleri

Denemede toprak su içeriği, Sentek marka Drill Drop toprak nem sensörleri ile ölçülmüştür. Bu sensörler orta bloktaki tüm konularda ve diğer blokların S1 konusunda parselin orta noktasına, 90 cm toprak derinliğine ve lateralden 10 cm uzaklığa yerleştirilmiştir. Ayrıca orta blokta S1 konusunda derine sızmaları kontrol etmek amacıyla 120 cm derinliğe nem sensörü yerleştirilmiştir (Şekil 3.5).

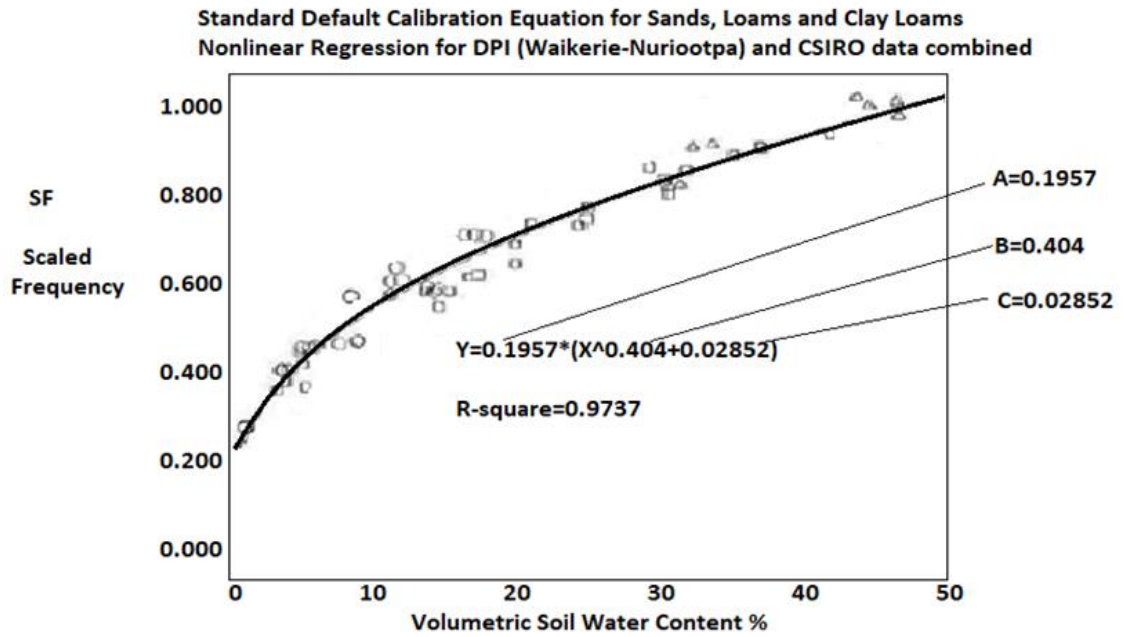


Şekil 3.5 Nem sensörlerinin kurulumu

Sensörler üzerinde bulunan algılayıcılar ile her 10 cm de bir toprak neminin zamana göre değişimi ölçülmüştür. Nem sensörlerinden elde edilen veriler, toprak bünyesine göre oluşturulan kalibrasyon değerleri ile düzeltilerek yeniden hesaplanmıştır.

Denemede toprak nem sensörlerinin kalibrasyonu için öncelikle deneme alanı toprak numunesine ait bünye analizi yapılmış ve elde edilen sonuçlara göre toprak bünyesinin ağır killi bir yapıya sahip olduğu belirlenmiştir. Daha sonra nem sensörlerine ait okumaların ölçüm sıklığını (SF) belirlemek için gerekli olan katsayıların yer aldığı kalibrasyon eğrisinden yararlanılmıştır (Şekil 3.6). Buna göre ölçüm sıklığına ait düzeltme aşağıdaki eşitlik yardımıyla yapılmıştır.

$$SF = A \times (\text{sensör okuma değeri})^B + C \quad (3.1)$$



Şekil 3.6 Nem sensörü toprak bünyesine ait kalibrasyon eğrisi

Sensör okumalarına ait ölçüm sıklığı (SF) düzeltilmesi yapıldıktan sonra VWC olarak ifade edilen toprak özelliğine göre kalibrasyonu yapılmış hacimsel nem oranını tespit etmek için çizelge 3.5’de verilen toprak bünyesine ait a, b, c katsayıları kullanılmıştır.

Burada;

$$SF = a \times VWC^b + c \quad (3.2)$$

$$VWC = ((SF - 0.270) / 0.003)^{1/1.487} \quad (3.3)$$

Sonuçta hesaplanan bu değerler, deneme alanı toprağına ait hacim ağırlığı ile düzeltme yapılarak kullanılmıştır.

Çizelge 3.5 Nem sensörüne ait kalibrasyon katsayıları

Toprak Bünyesi	a	b	c	r ²
Kum	0.092	0.555	0.189	0.911
Tın	0.446	0.271	-0.227	0.930
Kil	1.072	0.209	-1.169	0.867
Ağır Killi	0.003	1.487	0.270	0.917
Kombine	0.232	0.410	-0.021	0.918

3.1.8.2 Otomatik meteoroloji istasyonu

Araştırma sezonu boyunca kullanılan bazı meteorolojik veriler deneme parseli yakınında bulunan iMETOS AG300 model otomatik iklim istasyonundan sağlanmıştır (Şekil 3.7). Meteoroloji istasyonu, Referans Bitki Su Tüketimini (ET_o) hesaplayabilmek için gereken tüm parametreleri saatlik olarak ölçmekte ve günlük olarak kayıt altına almaktadır. Araştırmanın yürütüldüğü 2016-2019 yıllarında istasyonda rüzgâr hızı (m s⁻¹), yağış (mm), sıcaklık (°C), nispi nem (%) ve güneş radyasyonu (W m⁻²) saatlik olarak ölçülmüş ve ET_o (mm/gün) (Allen vd. 1998) gün bitiminde otomatik hesaplanmıştır. Kayıtlı olan verilere internet tabanından ulaşılmıştır.



Şekil 3.7 Otomatik meteoroloji istasyonu

3.2 Yöntem

3.2.1 Deneme deseni ve konuları

Araştırma, tesadüf blokları deneme desenine göre üç tekrarlı olacak şekilde 3 yıl süreyle toplam da 12 parselde çakılı olarak yürütülmüştür. Yüzeyaltı damla sulama konularında 4 farklı (birikimli ETc'ye göre %100, %80, %60 ve %40) uygulama düzeyi oluşturulmuştur. Deneme planı Şekil 3.9'da verildiği gibidir. Deneme parsel uzunluğu 40 m, parsel genişliği 7 m olacak şekilde 280 m²'lik parsellerde, toplam 3360 m²'de kurulmuştur.

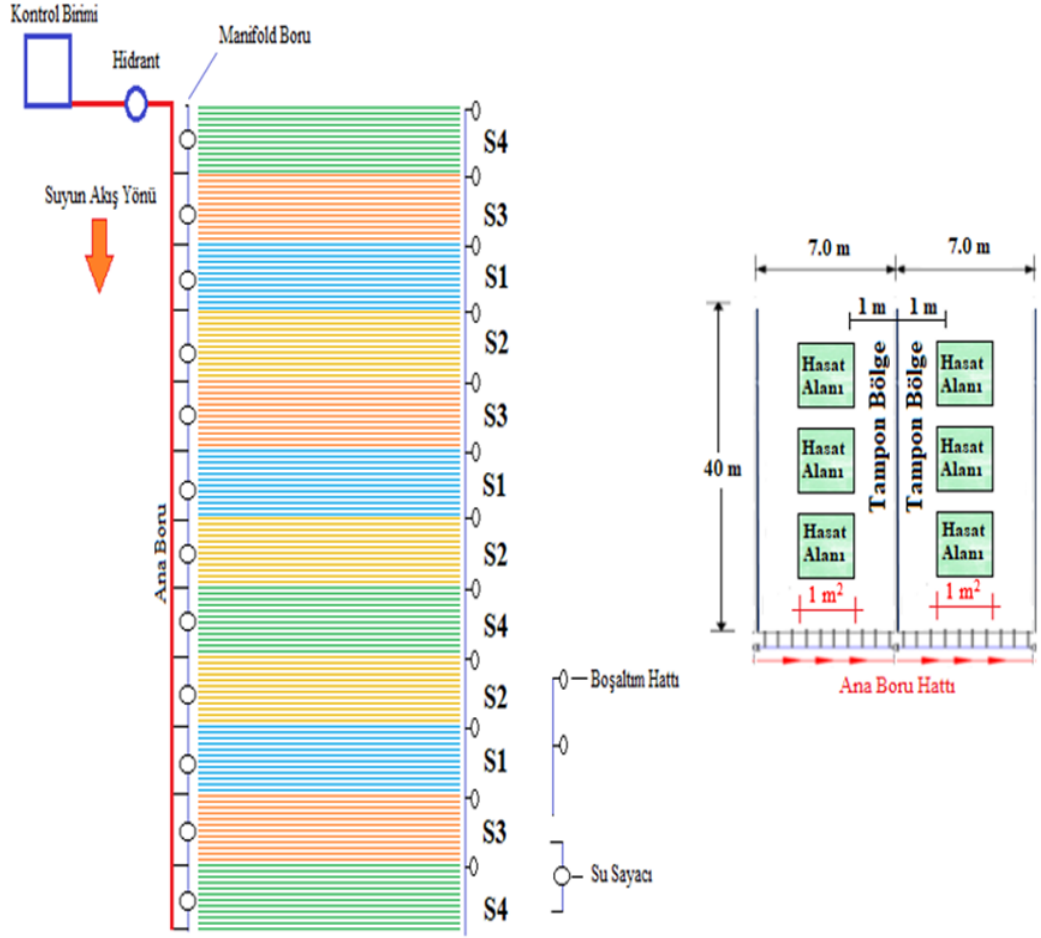
Deneme konuları için öncelikle FAO Penman Monteith eşitliğinden yararlanılarak ETo değerleri hesaplanmış ve bitki katsayısından (Kc) yararlanılarak ETc değerleri elde edilmiştir. Sulama suyu, S1 konusunda birikmiş ETc değeri, 60 cm toprak profilinde ki kullanılabilir su tutma kapasitesinin %30 (± 5)'ine geldiğinde toplam ETc değeri kadar uygulanmıştır. Diğer deneme konularına ise kontrol konusuna uygulanan sulama suyu miktarının %80, %60 ve %40 oranları şeklinde verilmiştir.

S1: %100 ETc'nin uygulanması

S2: ETc'nin %80'inin uygulanması

S3: ETc'nin %60'ının uygulanması

S4: ETc'nin %40'ının uygulanması



Şekil 3.8 Yüzeyaltı damla sulama sistemine ait deneme planı ve parsel detayı

3.2.2 Sulama suyu miktarının hesaplanması

Çalışmada YADS kullanılmasına rağmen iyi bir çimlenme ve çıkış ile iyi bir kök sisteminin oluşturulması için ekimden hemen sonra tüm parsellere yağmurlama sulama yöntemi ile sulama yapılmıştır. Yonca çok yıllık bir bitki olduğundan, bitki köklerinin gelişmesi ve kuvvetlenmesi açısından tohum ekiminin yapıldığı 2016 yılı adaptasyon yılı olarak kabul edilmiş ve tüm parsellere eşit sulama suyu uygulaması yapılmıştır. Yoncada konulu sulama suyu uygulamalarına 2017 yılında geçilmiştir. Sulama zamanının belirlenmesi için referans ETo yaklaşımı kullanılmıştır. Deneme alanında bulunan iklim istasyonundan FAO Penman Monteith eşitliğine göre günlük referans ETo değerleri otomatik olarak hesaplanmış ve bu değerler Kc ile düzelme yapılarak ETC hesaplanmıştır. Günlük olarak elde edilen ETC değerlerinin birikimli toplamı, 60 cm toprak profilindeki elverişli nem içeriğinin (± 5) %30'una (31.8–44.6 mm) ulaştığı (aynı dönemde alınan

yağış miktarı da düşülerek) andaki değer S1 konusuna sulama suyu olarak uygulanmıştır. Konulara uygulanacak kısıtlı sulama suyu miktarı ise S1 konusunun %80, %60 ve %40'ı oranları şeklinde oluşturulmuştur.

Çalışmada S1 konusuna ait uygulanacak sulama suyu miktarı aşağıdaki eşitlik yardımı ile hesaplanmıştır (Allen vd. 1998).

$$ET_c = K_c \times ET_o \quad (3.4)$$

ET_c = Bitki su tüketimi (mm),

K_c = Bitki katsayısı, yonca için; 1.Dönem $K_{c1}=0.40$, $K_{c3}=1.20$, $K_{c4}=1.15$
2.Dönem $K_{c1}=0.40$, $K_{c3}=1.21$, $K_{c4}=1.17$
3.Dönem $K_{c1}=0.40$, $K_{c3}=1.23$, $K_{c4}=1.18$
4.Dönem $K_{c1}=0.40$, $K_{c3}=1.22$, $K_{c4}=1.17$
5.Dönem $K_{c1}=0.40$, $K_{c3}=1.22$, $K_{c4}=1.15$

ET_o = Referans bitki su tüketimi (mm).

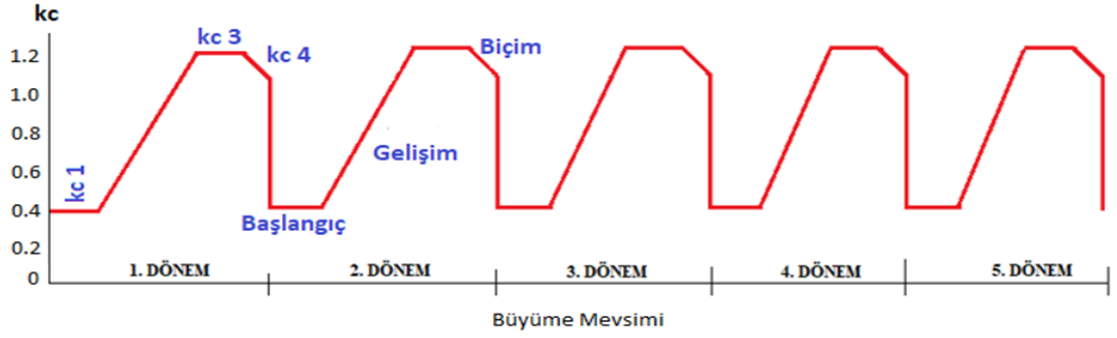
$$I = \sum ET_c \times A \quad (3.5)$$

I = Uygulanacak su miktarı (m^3),

$\sum ET_c$ = Birikimli ET_c (mm),

A = Alan (m^2).

Bitki katsayısı (K_c) değeri Ankara ilinde yonca bitkisi için bitki su tüketimi rehberinden (Anonim 2016) alınmıştır. Yonca için elde edilen bitki katsayısı K_c grafiği Şekil 3.9'da gösterilmiştir. Yonca bitkisinin gelişme dönemi uzunluğu 180-210 gün arasında değişim göstermektedir. Araştırmada 2017 yılında yoncada vejetasyon dönemi 182 gün, 2018 yılında 200 gün ve 2019 yılında ise 198 gün olmuştur.



Şekil 3.9 Yonca bitkisi için bitki katsayısı (Kc) grafiği

3.2.3 Bitki su tüketiminin belirlenmesi

Yetiştirme sezonu boyunca yonca bitkisi için günlük gerçek evapotranspirasyon miktarları su bütçesi yöntemine göre aşağıdaki eşitlik yardımıyla hesaplanmıştır (Jensen vd. 1990).

$$ETa = I + P + Cr - Dw - Rf \pm \Delta S \quad (3.6)$$

Burada;

ETa: Gerçek evapotranspirasyon miktarı (mm),

I: Sulamayla verilen su miktarı (mm),

P: Yağış miktarı (mm),

Cr: Kapılar yükselme miktarı (mm),

Dw: Derine sızma miktarı, (mm)

Rf: Yüzey akış miktarı (mm),

ΔS : Toprak nem içeriğindeki değişim miktarıdır (mm).

Toprak profilinde derine akış kontrolü sensörler ile takip edilmiştir. Orta blokta S1 konusunda derine sızmaları kontrol etmek amacıyla 120 cm derinliğe nem sensörü yerleştirilmiştir. Böylece sulama sonrasında derine sızma olup olmadığı bu sensörle kontrol edilmiştir. Toprak profilindeki nem değişimi (ΔS) toprak nem sensörlerinden elde edilen okumalardan hesaplanmıştır. Deneme alanında taban suyu bulunmadığından, kılcal hareketle bitki kök bölgesine su girişi olmayacağından dolayı kapılar yükselme (Cr)

dikkate alınmamıştır. Yüzeyaltı damla sulama sistemi ile sadece bitki kök bölgesi toprak derinliğinde ıslatıldığından dolayı yüzey akış (Rf) sıfır olarak kabul edilmiştir.

3.2.4 Su üretkenliği ve sulama suyu üretkenliğinin hesaplanması

Deneme sezonu boyunca paesellere verilen sulama suyu miktarı ve elde edilen verim değerleri yardımıyla sulama konuları için su üretkenliği (WUE) ve sulama suyu üretkenliği (IWUE) verilen eşitlikler yardımı ile hesaplanmıştır (Howell vd. 1990).

$$IWUE=Y/I \quad (3.7)$$

$$WUE=Y/ETa \quad (3.8)$$

Eşitlikte;

IWUE: Sulama suyu üretkenliği (kg m^{-3}),

Y: Verim (kg da^{-1}),

I: Sulama suyu miktarı (mm),

WUE: Su üretkenliği (kg m^{-3}),

ETa: Bitki su tüketimini (mm) ifade etmektedir.

3.2.5 Toprak neminin belirlenmesi

Denemede toprak nemi sensörler ile ölçülmüştür. Sensörler, damlatıcı ile 10 cm uzaklıkta olacak şekilde, orta bloktaki pasellerde ve diğer bloklarda ise sadece S1 kontrol konusunda, parsel uzunluğunun 20. metresine, 90 cm toprak derinliğine yerleştirilmiştir. Denemede orta blokda S1 kontrol konusunda derine sızmaları izlemek amacıyla 120 cm derinliğe kadar ölçüm yapabilen nem sensörü yerleştirilmiştir.

Nem sensörleri parsellere matkap yardımıyla, sensör boyutuna uygun burgu ile açılan çukurlara toprak yapısını bozmadan yerleştirilmiştir (Şekil 3.10). Nem sensörlerinin en üst kısmı toprak yüzeyi ile sıfır oluncaya kadar toprakla kapatılmıştır. Böylece nem

sensörünün hava ile teması engellenerek, sensörün ölçüm doğruluğu sağlanmıştır. Nem sensörlerinden her 10 cm de bir saatlik ölçüm değerleri elde edilmiştir. Denemede ekimden itibaren, yetiştirme sezonu boyunca tüm konularda toprak nemi saat başı ölçülerek, toprak neminin zaman boyutundaki değişimi belirlenmiştir.



Şekil 3.10 Toprak nem sensörlerinin parsellere yerleştirilmesi

3.2.6 Toprak analiz örneklerinin alınması ve hazırlanması

Deneme alanına ait 0-90 cm derinliğindeki bozulmuş toprak örneklerinin fiziksel ve kimyasal içeriğini belirlemek için 30 cm'lik katmanlar halinde toprak burgusu yardımıyla toprak numuneleri alınmıştır. Örnekler hava kuru koşullarda kurutularak, 2 mm'lik elekten geçirildikten sonra laboratuvarında analize alınmıştır. Deneme boyunca her yıl 0-20 cm toprak profilinden alınan toprak numunelerinde yapılan verimlilik analizleri ile verilecek gübre dozu hesaplanmıştır.

3.2.6.1 Fiziksel ve kimyasal analizler

Deneme alanını temsil eden toprak örneklerinde yapılan analiz metotları aşağıda belirtildiği şekilde yapılmıştır.

Saturasyon (%): 2 mm' lik elekten geçirilmiş 100 gr hava kuru toprağa yavaş yavaş saf su ilave ederek doyurma işlemi yapılmış ve toprak satire hale getirilmiştir (TS 8333).

İletkenlik (dS m⁻¹): Satüre edilmiş toprak ekstraktında EC-pH metre ile tayin edilmiştir (TS ISO 11265).

(pH): Satüre edilmiş toprak ekstraktında EC-pH metre ile tayin edilmiştir (Richards, 1954).

Çözünebilir iyonlar (me L⁻¹): Na⁺ ve K⁺ iyonları fleymfotometrede absorban değerlerine göre, Ca⁺⁺ ve Mg⁺⁺ iyonları EDTA ile titrasyon yapılarak, CO₃⁼ ve HCO₃⁼ 0.01N H₂SO₄ ile titrasyon yapılarak ve Cl⁻ ise, 0.05N AgNO₃ çözeltirisi ile titrasyon yapılarak belirlenmiştir (Richards 1954).

Değişebilir kaytonlar (me 100g⁻¹): Ca⁺⁺ ve Mg⁺⁺ 1N NaCH₃COO ile Na⁺ ve K⁺ ise 1N NH₄CH₃COO ile ekstrakte edilmesiyle belirlenmiş ve değerlerden çözünebilir iyonların değerlerinin çıkarılması ile değişebilir katyonlar hesaplanmıştır (Richards 1954).

KDK (me 100g⁻¹): 1N NaCH₃COO çözeltisi ile muamele edilen örnek daha sonra 1N NH₄CH₃COO ile ekstrakte edilerek fleymfotometrede Na⁺ okuması yapılarak bulunmuştur (Bower vd. 1952).

Bünye analizi: Bouyoucos Hidrometre' yöntemine göre, 50 g toprak örneğinin dispers edilerek hidrometre yardımıyla bünyesi hesaplanmıştır (Bouyoucos 1951).

Hacim ağırlığı (g cm^{-3}): 100 cm^3 hacme sahip çelik silindire alınan bozulmamış toprak örnekleri etüvde 105°C de 24 saat kurutulularak tartılmış ve kuru ağırlığının silindir hacmine bölünmesiyle belirlenmiştir (Richards 1954).

Tarla kapasitesi (%): Örnekler su ile doyurulduktan sonra basınç aleti ile $1/3 \text{ atm}$ basınç uygulanarak belirlenmiştir (Tüzüner 1990).

Solma noktası (%): Örnekler doyurulduktan sonra basınç aleti 15 atm basınç uygulanarak belirlenmiştir (Tüzüner 1990).

Bitkiye yarayışlı fosfor (P_2O_5): Ekstrakt çözeltisi 0.5 M NaHCO_3 ($\text{pH } 8.5$) olan Olsen ve arkadaşları tarafından geliştirilen yöntemle tayin edilmiştir (Olsen vd.1954).

Kireç (%): Toprağın seyreltik HCl ile Scheibler kalsimetresinde işleme tabi tutulması ile karbonatlardan (kalsit, CaCO_3 ; dolomit, $\text{CaCO}_3.\text{MgCO}_3$ ve magnezit (MgCO_3) çıkan CO_2 gazının kapalı bir boruda tutulması ve hacminin ölçülmesi ve bu hacimden gidilerek toprağın karbonat kısmının hesaplanması ile belirlenmiştir (Çağlar 1949).

Yarayışlı potasyum (K_2O): Nötr 1 N amonyum asetat çözeltisiyle gerçekleştirilen toprak ekstraktında K miktarı fleymfotometrede belirlenmiştir (Jackson 1958).

Organik madde (%): Walkley-Black (1946) metoduna göre FeSO_4 ile titrasyon yapılarak hesaplanmıştır.

Toplam Ca, Mg, Fe, Cu, Mn, Zn (%): Atomik absorpsiyon spektrofotometrik (AAS) olarak Kaçar ve İnal (2008)'e göre değerlendirilmiştir.

3.2.6.2 Bitki ölçümleri ve analizleri

Araştırmada yetiştirme dönemi boyunca her biçim sonrasında alınan bitki örneklerinde yapılan analizler metotlara uygun olarak aşağıda ifade edildiği şekilde yapılmıştır.

Ana sap uzunluğu (cm): Deneme konusu vejetasyon düzeyini temsil eden 10 bitki boyu, toprak yüzeyinden itibaren en uç mesafeye kadar cetvelle ölçölerek aritmetik ortalaması alınmıştır. Böylece her parseldeki ortalama bitki boyu cm cinsinden belirlenmiştir (Anonim 2001).

Ana sap kalınlığı (mm): Deneme konusu vejetasyon düzeyini temsil eden 10 bitki sapının 2. ve 3. boğum arasının kalınlığı 0.1 mm bölmeli kumpas ile ölçölerek ortalaması alınmıştır (Anonim 2001).

Ana sap sayısı (adet): Deneme konusu vejetasyon düzeyini temsil eden 10 bitkinin kök tacından çıkan birinci derecedeki dallar sayılarak ortalamaları ana sap sayısı olarak değeriendirilmiştir (Anonim 2001).

Yeşil ot verimi (kg da⁻¹): Her parselde hasat alanını temsil eden üç bölgede 1m²'lik çerçevede yaklaşık olarak 5 cm yüksekten biçilen yeşil otlar ayrı ayrı tartılıp ortalaması alınarak, gerekli birim dönüşümleri yapıldıktan sonra söz konusu parsel için dekara yeşil ot verimi hesaplanmıştır (Anonim 2001).

Kuru ot verimi (kg da⁻¹): Her parselden rastgele alınan 0.5 kg'lık yeşil ot örnekleri kurutma dolabında 48 saat 70 °C'de kurutulmuştur. Fırından çıkarılan örnekler 24 saat bekletildikten sonra kuru ot ağırlığını belirlemek amacıyla tartılmıştır. Elde edilen kuru ot değerilerinden, orantı yoluyla dekara kuru ot verimi tespit edilmiştir (Anonim 2001).

Biçim dönemi kuru madde (%): Her parselin hasadı yapıldıktan hemen sonra, hasat edilen bitkilerden tüm parseli temsil edecek şekilde rastgele yaş örnek alınıp hassas terazide tartılarak, 105 °C'ye ayarlı kurutma fırınında 24 saat süreyle sabit ağırlığa gelinceye kadar kurutulduktan sonra tartılmıştır (Akyıldız 1968). Her örneğin yaş ağırlığıyla, fırından çıkarılan kuru ağırlığı oranlanarak biçim dönemine ait % kuru madde oranı hesaplanmıştır.

Kuru Madde Verimi (kg da⁻¹): % Kuru madde oranlarının, parselden elde edilen yeşil ot verimiyle çarpılmasıyla kuru madde verimi hesaplanmıştır (Akyıldız 1968).

Analiz numunesinde kuru madde (%): Her parselin hasadı yapıldıktan hemen sonra, hasat edilen bitkilerden, tüm parseli temsil edecek şekilde rastgele alınan yaş örnekler kurutma dolabında hava kuru olarak kurutulduktan sonra analizi yapılmak üzere öğütülmüştür. Öğütülmüş bitki örnekleri 2-5 g arasında darası bilinen kaplara tartılıp, 105 °C'ye ayarlı kurutma fırınında 3-4 saat kadar tutularak çıkartılmış ve desikatörde soğutulduktan sonra tartılmıştır. Suyun buharlaşması sonucu meydana gelen ağırlık farkı bulunup buradan kuru madde oranı % hesaplanmıştır (Karabulut ve Canbolat 2005, Akyıldız 1968).

Ham kül oranı (%): Kurutulmuş bitki örnekleri öğütülerek 1'er gr tartılmış ve kül fırınında 2-3 saat 350 °C'de, daha sonra 550 °C'de gri renk alınıncaya kadar yakılmıştır. Kuru ağırlığı ile yanmış materyal arasındaki farktan ham kül miktarı tespit edilmiştir. Bulunan ham kül miktarı kuru ağırlığı ile oranlanarak % ham kül oranı tespit edilmiştir (Bulgurlu ve Ergül 1978).

Ham kül verimi (kg da⁻¹): Her parseli ait kuru madde verimlerinin, o parselin ham kül oranına çarpılmasıyla elde edilmiştir.

Ham protein oranı (%): Öğütülmüş bitki örneklerinde Kjeldahl yöntemi uygulanarak % azot miktarı hesaplanmış ve elde edilen değer 6.25 sabit katsayısı ile çarpılarak ham protein oranları saptanmıştır.

Ham protein verimi (kg da⁻¹): Her parseli ait kuru madde verimlerinin, o parselin ham protein oranıyla çarpılması suretiyle hesaplanmıştır.

Toplam azot (%): Öğütülmüş bitki örneklerinde Kjeldahl yöntemi uygulanarak % azot miktarı hesaplanmıştır (Kacar ve İnan 2008).

Toplam fosfor (%): Vanadomolibdofosforik sarı renk yöntemi ile spektrofotometrik olarak belirlenmiştir (Kacar ve İnan 2008).

Toplam potasyum (%): Fleymfotometrik olarak Kacar ve İnal (2008)'a göre belirlenmiştir.

Toplam Ca, Mg, Fe, Cu, Mn, Zn (%): Atomik absorbsiyon spektrofotometrik (AAS) olarak Kacar ve İnan (2008)'e göre değerlendirilmiştir.

3.2.7 Tarımsal işlemler ve gözlemler

Yüzeyaltı damla sulama sistemi deneme alanına 14 Mayıs 2016 tarihinde kurulmuştur. Sistem kurulumundan hemen sonra yonca tohumları araziye ekilmiş ve parselasyon işlemi yapılmıştır.

3.2.7.1 Toprak işleme ve ekim

Deneme yeri, tohum yatağı hazırlığı sırasında birkaç kez sürülüp diskaro çekilerek toprağın iyice ufalanması sağlanmış ve ekime hazır hale getirilmiştir. Deneme alanı, 84 m genişliğinde ve 40 m uzunluğunda olacak şekilde parselizasyonu yapılmıştır. Parsel boyutları 7x40 m olacak şekilde planlanmıştır. Yonca tohumları sıra aralığı 20 cm olacak şekilde 1-2 cm toprak derinliğine mibzer ile ekilmiştir. Yonca tohumlarının ekimi projenin ilk yılında 18.05.2016 tarihinde yapılmıştır (Şekil 3.11).



Şekil 3.11 Tohum ekimine ait görüntüler

3.2.7.2 Bakım ve mücadele

Tohum ekiminden itibaren araştırma dönemleri boyunca yoncanın genel olarak gelişimi izlenmiş, herhangi bir hastalık (virüs), zararlı (yaprak biti yonca hortumlu böceği) veya yabancı ot mücadelesini gerektirecek durum söz konusu olmamıştır.

3.2.7.3 Gübreleme

Yoncada ekim dönemi ve ekimden sonrası dönem olmak üzere iki tip gübreleme yapılmıştır. Ekim döneminden önce fosforlu gübre (P_2O_5) olarak DAP uygulanmış ve fosforlu gübrenin tamamı tohum yatağı hazırlığı sırasında parsellere serpilerek karıştırılmıştır. Ekim sırasında ise azotlu (amonyum sülfat) gübre dozu sulama suyu ile verilmiştir. Daha sonraki yıllarda ise, sezon sonunda toprak analiz sonucuna göre DAP (ortalama 22 kg da^{-1}), üretim sezonu başlangıcında ise azotlu gübre (ortalama 12 kg da^{-1}) uygulaması yapılmıştır. Araştırma dönemlerine ait ortalama Gübreler deneme parsellerine dozaj pompasıyla verilmiştir (Şekil 3.12). Bu sayede gübrenin sulama suyuna tam ve eşit bir şekilde karışması sağlanmıştır.



Şekil 3.12 Dozaj pompası ile gübreleme işlemi

3.2.7.4 Hasat

Yoncada yetiştiriciliğinde amaç yüksek ve kaliteli ürün elde etmek olduğundan ilk biçim çiçeklenme başlangıcında diğer biçimler ise yoncada % 10 çiçeklenme devresinde yapılmıştır (Turan 2010).



Şekil 3.13 Yonca biçimine ait görüntü

Şekil 3.13’de görüldüğü üzere biçim sırasında 1 m²’lik çerçeveler kenar tesiri göz önünde bulundurularak parsel alanına rastgele atılmış ve çerçeve içerisinde kalan bitkiler yerden yaklaşık 5 cm yüksekliğinde kalacak şekilde biçilmiştir. Her parselden, bitki ölçüm ve analizlerinde kullanmak üzere tekerrürlü olarak üç adet örnek alınmıştır. Örnek alım işlemi tamamlandıktan sonra deneme alanının tamamı biçim makinesi ile biçilmiştir. Biçilen yonca otu birkaç gün arazide serili olarak kurutulduktan sonra balyalanarak depo edilmiştir.

3.2.8 Verilerin değerlendirilmesi

Araştırma tesadüf blokları deneme desenine göre 3 tekerrürlü olarak yürütülmüş ve değerlendirmeler bu şekilde yapılmıştır. Araştırma sonucunda elde edilen tüm veriler varyans analizleri yapıldıktan sonra, ortalamalar arasındaki farklılıklar LSD testi ile belirlenmiştir (Yurtsever 2011).

4. BULGULAR ve TARTIŞMA

4.1 Deneme Alanı İklim Özellikleri

Demene alanında bulunan otomatik meteoroloji istasyonundan alınan 2017-2019 yıllarına ait iklim verileri çizelge 4.1’de verilmiştir.

Çizelge 4.1 Deneme yıllarına ait ortalama iklim verileri

Yıl	Aylar	Sıcaklık (°C)			Yağış (mm)	Ort. Rüzgâr Hızı (m/sec)	Ort. Nispi Nem (%)
		Ort.	Ort. En Düşük	Ort. En Yüksek			
2017	Nisan	16.80	15.80	17.70	20.00	1.40	35.90
	Mayıs	13.51	12.74	14.31	22.00	2.34	65.48
	Haziran	18.00	17.20	18.80	32.80	1.16	66.70
	Temmuz	22.70	21.80	23.60	0.40	1.40	44.00
	Ağustos	21.67	20.80	22.58	28.80	1.15	56.25
	Eylül	17.40	16.40	18.50	20.00	1.00	45.80
	Ekim	10.00	9.30	10.80	18.20	1.10	65.80
Toplam					142.40		
2018	Nisan	11.26	2.38	19.62	5.40	1.24	62.72
	Mayıs	15.58	8.63	23.20	152.40	1.13	78.81
	Haziran	18.83	10.73	26.83	39.00	1.22	69.96
	Temmuz	22.09	13.38	30.02	16.80	1.38	56.68
	Ağustos	22.19	13.20	30.36	1.60	1.15	46.10
	Eylül	17.69	9.49	25.62	10.00	1.42	52.05
	Ekim	12.70	6.05	20.37	73.60	1.08	75.25
Toplam					298.80		
2019	Nisan	8.04	1.21	15.14	27.00	1.47	71.99
	Mayıs	15.10	6.86	23.03	18.60	1.35	72.16
	Haziran	19.26	11.81	27.39	78.61	1.09	74.75
	Temmuz	19.92	10.91	27.77	34.40	1.23	61.73
	Ağustos	21.20	12.45	28.99	25.20	1.35	60.83
	Eylül	16.97	8.43	25.29	3.40	1.16	56.15
	Ekim	13.39	5.48	21.97	14.60	1.03	67.63
Toplam					201.81		

Söz konusu verilere bakıldığında özellikle yağış miktarında yıllara göre önemli farklılıklar görülmektedir. Konulu uygulamaların başladığı 2017 yılında toplam 142.0 mm yağış düşerken, 2018 yılında 298.8 mm, 2019 yılında ise 201.8 mm yağış düşmüştür. Araştırma yılları içerisinde en fazla yağışın alındığı yıl 2018 yılı olmuştur.

Konulu uygulamaların başladığı 2017 yılında Nisan ayı sonuna kadar herhangi bir yağış gerçekleşmemiştir. 2018 yılında ise Mayıs, Haziran, Temmuz, Eylül ve Ekim ayları 2017 yılına göre daha yağışlı geçmiştir. Araştırmada 2018 yılı Mayıs ayında gün içerisinde alınan anlık aşırı yağışların herhangi bir derine sızmaya neden olup olmadığı nem sensörleri aracılığı ile saatlik olarak elde edilen verilerden hesaplanmış ve etkili yağış miktarları belirlenerek bitki su tüketimi hesaplamalarında kullanılmıştır. Araştırmanın son yılı olan 2019 ise Nisan ayından itibaren son biçimin yapıldığı Ekim ayına kadar her ay yağış gerçekleşmiştir. Özellikle biçim dönemlerine denk gelen yağışlar yonca gelişimini olumlu yönde etkilemiştir.

4.2 Tarımsal Uygulamalar ve Gözlemler

Araştırmada, 2017, 2018 ve 2019 yılları arasında yapılan bazı tarımsal faaliyetler çizelge 4.2’de verilmiştir. Yüzeyaltı damla sulama sisteminin kurulumu ve parselasyon işlemleri 14.05.2016 tarihinde gerçekleşmiştir. Sulama sisteminin kurulumundan sonra 18.05.2016 tarihinde yonca tohumlarının ekimi yapılarak yağmurlama sulama yöntemiyle çimlenme ve çıkış sulaması yapılmıştır. Yoncada ilk çıkış tohum ekiminden yaklaşık 9 gün sonra 27.05.2016 tarihinde gerçekleşmiştir. Tohum ekiminin yapıldığı 2016 yılında yoncada yeterli kök gelişimini sağlamak amacıyla tüm parsellere eşit su uygulanmıştır. Söz konusu adaptasyon yılı olan 2016’da 3 adet biçim yapılmış ve herhangi bir verim ve kalite parametresi dikkate alınmamıştır. Konulu sulama suyu uygulamasına 16.06.2017 tarihinde geçilmiştir.

Çizelge 4.2 Deneme yıllarına ait tarımsal uygulamalar ve gözlemler

Tarımsal Uygulamalar		2016 Yılı	2017 Yılı	2018 Yılı	2019 Yılı
Sistem Kurulumu-Parselasyon		14.05.2016	-	-	-
Ekim-Can Suyu Uygulaması		18.05.2016	-	-	-
Çimlenme ve Çıkış		27.05.2016	-	-	-
Gübreleme		03.06.2016	14.06.2017	24.05.2018	31.05.2019
Sulamalar	1. Sulama	03.06.2016	16.06.2017	24.05.2018	31.05.2019
	2. Sulama	12.06.2016	26.06.2017	02.07.2018	11.06.2019
	3. Sulama	17.06.2016	04.07.2017	09.07.2018	30.06.2019
	4. Sulama	24.06.2016	12.07.2017	16.07.2018	04.07.2019
	5. Sulama	12.07.2016	17.07.2017	22.07.2018	24.07.2019
	6. Sulama	22.07.2016	23.07.2017	29.07.2018	29.07.2019
	7. Sulama	27.07.2016	30.07.2017	09.08.2018	04.08.2019
	8. Sulama	02.08.2016	14.08.2017	16.08.2018	08.08.2019
	9. Sulama	08.08.2016	24.08.2017	22.08.2018	27.08.2019
	10. Sulama	17.08.2016	29.08.2017	27.08.2018	03.09.2019
	11. Sulama	25.08.2016	04.09.2017	03.09.2018	12.09.2019
	12. Sulama	30.08.2016	17.09.2017	10.09.2018	26.09.2019
	13. Sulama	06.09.2016	-	24.09.2018	08.10.2019
	14. Sulama	15.09.2016	-	03.10.2018	-
Biçimler	1.Biçim	26.07.2016	02.06.2017	25.05.2018	02.06.2019
	2.Biçim	05.09.2016	30.06.2017	03.07.2018	02.07.2019
	3.Biçim	26.10.2016	31.07.2017	02.08.2018	08.08.2019
	4.Biçim	-	06.09.2017	14.09.2018	09.09.2019
	5.Biçim	-	18.10.2017	18.10.2018	16.10.2019

4.3 Sulama Suyu Uygulamaları

Araştırma yıllarına ait uygulanan sulama suyu miktarları ve sulama zamanları çizelge 4.3’de verilmiştir. Konulu ilk sulama, 60 cm derinlikteki elverişli nemin % 30 (± 5)’u tüketildiğinde yapılmıştır. Diğer sulamalar ise günlük olarak hesaplanan ETc değerinden, o döneme denk gelen yağış miktarının çıkartılmasıyla elde edilen değerlerin birikimli toplamının, 60 cm toprak derinliğindeki elverişli nemin $\%30 \pm 5$ ’ne (31.8-44.6 mm) ulaştığı andaki değeri sulama suyu olarak uygulanmıştır. Su kısıtı konularındaki sulama suyu uygulamaları ise kontrol konusunun oranları (%80, %60, %40) şeklinde yapılmıştır.

Yonca, çok yıllık bir bitki olduğundan projenin başladığı 2016 yılı yeterli kök gelişimi elde etmek amacıyla adaptasyon yılı olarak ele alınmış ve her parselde tam su konusu uygulanmıştır. Bu nedenle konulu sulama suyu uygulamalarına 2017 yılında 16.06.2017 tarihinde başlanılmış ve 17.09.2017 tarihinde son sulama yapılmıştır. İlk yıl 12 adet sulama yapılmış ve yetiştirme sezonu boyunca kontrol S1 (%100) konusuna 453.1 mm sulama suyu verilmiştir. Kısıtlı sulama suyu konularında ise sırasıyla S2 (%80) konusuna 362.5 mm, S3 (%60) konusuna 271.8 mm ve S4 (%40) konusuna 181.2 mm sulama suyu uygulanmıştır.

Denemenin ikinci yılı 2018 de konulu sulama suyu uygulamalarına ise 24.05.2018 tarihinde başlanılmış ve 03.10.2018 tarihinde son sulama yapılmıştır. Yetiştirme dönemi boyunca toplamda 14 adet sulama yapılmış ve sezon boyunca en yüksek sulama suyu S1 kontrol konusuna 426.8 mm olarak verilmiştir. Kısıtlı sulama suyu uygulamalarında ise yetiştirme dönemi boyunca toplamda sırasıyla S2 konusuna 341.4 mm, S3 konusuna 256.1 mm ve S4 konusuna 170.7 mm sulama suyu uygulanmıştır.

Projenin son yılı olan 2019 yılında ise konulu sulama suyu uygulamalarına 31.05.2019 tarihinde başlanılmış ve son sulama suyu 08.10.2019 tarihinde uygulanmıştır. Yetiştirme dönemi boyunca toplamda 13 adet sulama yapılmıştır. En yüksek sulama suyu uygulaması kontrol konusu olan S1 konusuna toplamda 431.2 mm uygulanmıştır. Kısıtlı sulama suyu uygulamalarında ise toplamda sırasıyla S2 konusuna 344.9 mm S3 konusuna 258.7 mm ve S4 konusuna 172.5 mm sulama suyu uygulanmıştır.

Çizelge 4.3 Deneme yıllarına ait sulama suyu miktarları (mm) ve sulama zamanı

Sulama Tarihleri	2017 Yılı Sulama Suyu (mm)				Sulama Tarihleri	2018 Yılı Sulama Suyu (mm)				Sulama Tarihleri	2019 Yılı Sulama Suyu (mm)			
	S1 %100	S2 %80	S3 %60	S4 %40		S1 %100	S2 %80	S3 %60	S4 %40		S1 %100	S2 %80	S3 %60	S4 %40
16.06.2017	35.5	28.4	21.3	14.2	24.05.2018	37.8	30.4	22.7	15.2	31.05.2019	30.0	24.0	18.1	12.0
26.06.2017	34.1	27.3	20.5	13.6	02.07.2018	38.2	30.5	22.9	15.3	11.06.2019	32.0	25.6	19.2	12.8
04.07.2017	40.6	32.5	24.4	16.2	09.07.2018	19.6	15.7	11.6	7.8	30.06.2019	31.4	25.1	18.7	12.6
12.07.2017	34.4	27.5	20.6	13.8	16.07.2018	36.4	29.1	21.9	14.6	04.07.2019	21.3	17.1	12.8	8.5
17.07.2017	35.1	28.1	21.1	14.0	22.07.2018	37.9	30.3	22.7	15.2	24.07.2019	43.2	34.5	25.9	17.3
23.07.2017	37.6	30.1	22.6	15.0	29.07.2018	37.9	30.4	22.8	15.2	29.07.2019	29.1	23.3	17.4	11.6
30.07.2017	50.2	40.1	30.1	20.1	09.08.2018	20.7	16.5	12.4	8.3	04.08.2019	37.5	30.0	22.5	15.0
14.08.2017	48.3	38.7	29.0	19.3	16.08.2018	32.3	25.8	19.4	12.9	08.08.2019	32.8	26.2	19.7	13.1
24.08.2017	37.3	29.9	22.3	14.9	22.08.2018	32.5	25.9	19.5	12.9	27.08.2019	44.2	35.4	26.5	17.7
29.08.2017	20.1	16.0	12.0	8.1	27.08.2018	27.4	21.9	16.4	10.9	03.09.2019	34.8	27.9	20.9	13.9
04.09.2017	31.8	25.4	19.1	12.7	03.09.2018	34.3	27.4	20.6	13.7	12.09.2019	23.5	18.8	14.2	9.4
17.09.2017	48.1	38.5	28.8	19.3	10.09.2018	24.5	19.6	14.7	9.8	26.08.2019	32.6	26.1	19.5	13.1
					24.09.2018	26.8	21.5	16.2	10.7	08.10.2019	38.7	30.9	23.3	15.5
					03.10.2018	20.4	16.4	12.3	8.2					
Toplam	453.1	362.5	271.8	181.2	Toplam	426.8	341.4	256.1	170.7	Toplam	431.2	344.9	258.7	172.5

Gerek ülkemizde gerekse yurtdışında yapılan kısıtlı sulama çalışmalarında farklı iklim koşulları, farklı sulama yöntemleri ve sulama suyu miktarları esas alınarak yoncada birçok çalışma yapılmıştır. Yapılan bu araştırmada da farklı miktarda sulama suyu uygulamaları esas alınmış ve denemenin ilk yılında konularına göre 181.3 mm ile 453. mm arasında, denemenin ikinci yılında 170.7 mm ile 426.8 mm arasında ve denemenin üçüncü yılında ise 172.5 mm ile 431.2 mm arasında sulama suyu uygulanmıştır.

Yoncada YADS ile sulama yapılan, sulama suyu hesabında ET_c değerlerini esas alan ve kısıt uygulayan birçok çalışma mevcuttur. Lamm vd. 1995’de Kansas’da yonca bitkisinde bitki su tüketimini esas alarak %100 ET_c, %85 ET_c ve %70 ET_c olacak şekilde farklı sulama suyu oranlarını kullanarak yaptıkları bir araştırmada sırasıyla 586 mm, 484 mm ve 396 mm sulama suyu uygulamışlardır. Lamm vd. (2011), bitki su tüketimi esas alarak üç yıl süreyle yürütmüş olduğu bir başka çalışmada yonca için uygulanan sulama suyu miktarını araştırmanın ilk yılında 574 mm, ikinci yılında 635 mm ve üçüncü yılda ise 551 mm olarak hesaplamıştır. Maona vd. (2019) hassas su yönetimi bileşenleri yazılımını kullanarak yoncada YADS ile gerçek sulama zamanının belirlenmesine yönelik yapmış oldukları bir çalışmada, mevsimsel sulama suyu miktarını 452 mm olarak bulmuşlardır. Kuslu vd. (2010), Erzurum’da iki yıl süreyle yürüttükleri bir çalışmada, yonca için altı farklı sulama suyu seviyesi (%100, %80, %60, %40, %20, %0) uygulamışlar ilk yıl sırasıyla 350 mm, 280 mm, 210 mm, 140 mm ve 0 mm, ikinci yıl ise sırasıyla 549 mm, 439 mm, 329 mm, 219 mm, 110 mm ve 0 mm sulama suyu miktarı uygulamışlardır. Harmoney vd. (2013), yaptıkları bir çalışmada, yoncada YADS kullanarak ET_c’nin %100’ü, %85’i ve %70’i olacak şekilde üç farklı sulama seviyesi oluşturmuşlar ve sırasıyla 587 mm, 486 mm ve 398 mm sulama suyu miktarı hesaplamışlardır. Yelsiz (2019), Isparta’da yüzeyaltı damla sulama ile yoncada beş farklı sulama seviyesi (%100, %75, %50, %25, %0) oluşturarak yürütmüş olduğu bir çalışmada, uygulanan sulama suyu miktarını sırasıyla 611.8 mm, 458.9 mm, 305.9 mm, 153.0 mm ve 0 mm olarak hesaplamıştır. Alam vd. (2002) Kansas’da yapmış oldukları bir çalışmada yüzeyaltı damla sulama ile yoncada sulama suyu miktarını ilk yıl 533 mm, ikinci yıl ise 483 mm olarak bulmuştur. Ismail ve Almarshadi (2013), yoncada yüzeyaltı damla sulama yöntemi ile tam ve kısıtlı su (%85 ve %70) uygulaması yapmışlar ve yetiştirme sezonu boyunca sırasıyla 3730 mm, 3250 mm ve 2720 mm sulama suyu uygulamışlardır. Wang vd. (2020)

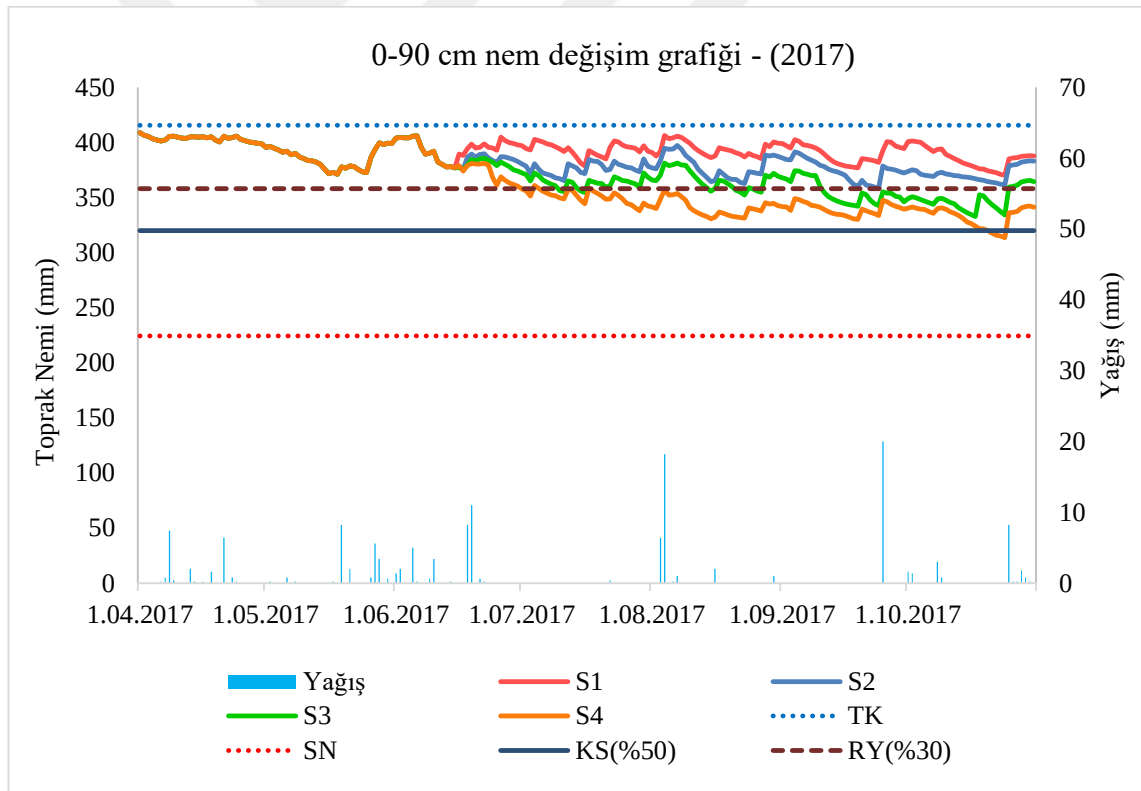
yüzeyaltı damla sulama yöntemi ile yoncada yaptıkları bir çalışmada yıllık sulama suyu miktarını 390 mm olarak hesaplamıştır. Alam vd. (2000), yoncada yağmurla sulama yöntemi ile yüzeyaltı damla sulama yöntemini karşılaştırdıkları bir çalışmada, sulama suyu miktarını yağmurlama sulama sisteminde 503 mm, yüzeyaltı damla sulamada ise 343 mm olarak hesaplamışlardır. Ayrıca yoncada, farklı sulama yöntemleri ve farklı sulama suyu hesabı kullanılarak birçok çalışma yapılmıştır. Saeed ve El-Nadi (1997) yoncada su kullanım etkinliği üzerine yapmış oldukları bir çalışmada 7 gün aralıklarla 65 mm, 10 gün aralıkla 80 mm ve 13 gün aralıkla 104 mm olacak şekilde sulama suyu uygulamışlar sezon boyunca 1400 mm sulama suyu miktarı hesaplamışlardır. Almarshadi ve Ismail (2011), kurak iklim koşullarında farklı sulama yöntemleri hassas sulama teknikleri kullanarak yaptıkları bir çalışmada yüzeyaltı damla sulamada mevsimlik uygulanan sulama suyu miktarını 3725 mm olarak hesaplamışlardır. Evren ve Sevim (1998), Erzurum'da yoncanın en uygun sulama zamanı ve sayısının belirlenmesi amacıyla yürütmüş oldukları çalışmada 460 mm sulama suyu uygulamışlardır. Evren (2015), Erzurum'da tartılı lizimetrede yürütmüş olduğu bir başka çalışmada ise yoncada 854.7 mm sulama suyu uygulamıştır. Shewmaker vd. (2011), yapmış olduğu bir çalışmada yonca için uygulanacak sulama suyu miktarının 508-1168 mm arasında değişkenlik gösterebileceğini belirtmişlerdir. Benli vd. (2006), Ankara'da tartılı lizimetrede yürütmüş oldukları bir çalışmada yonca için ilk yıl sulama suyu miktarını 1484 mm, ikinci yıl 1671 mm ve üçüncü yıl 899 mm olarak hesaplamışlardır. Xiao vd. (2015), ETc esas alarak farklı sulama suyu uygulamaları altında (ETc %115, ETc %100, ETc %85 ve ETc %70) yürütmüş oldukları bir çalışmada karık sulama yöntemi ile konularına göre uyguladıkları sulama suyu miktarı sırasıyla 206 mm, 178 mm, 150 mm, 122 mm olarak hesaplanmıştır. Wright (1988), Kimberly'de bir ton yonca üretimi için 127 mm sulama suyuna gerek olduğunu bildirmiştir.

Yapılan çalışmalar incelendiğinde yonca için verilen sulama suyu miktarının bölge koşullarına göre farklılık gösterdiği anlaşılmaktadır. Söz konusu çalışmalarda yonca için su gereksiniminin belirlenmesinde, kullanılan yonca çeşidinin, büyüme mevsimi uzunluğunun, biçim sayısının, iklim özelliklerinin, uyku dönemi uzunluğunun ve kullanılan sulama yönteminin etkili olduğunu düşünülmektedir. Söz konusu sulama suyunun ETc göre değil de toprak nemine ya da farklı bir yöntemle göre verilmesinde

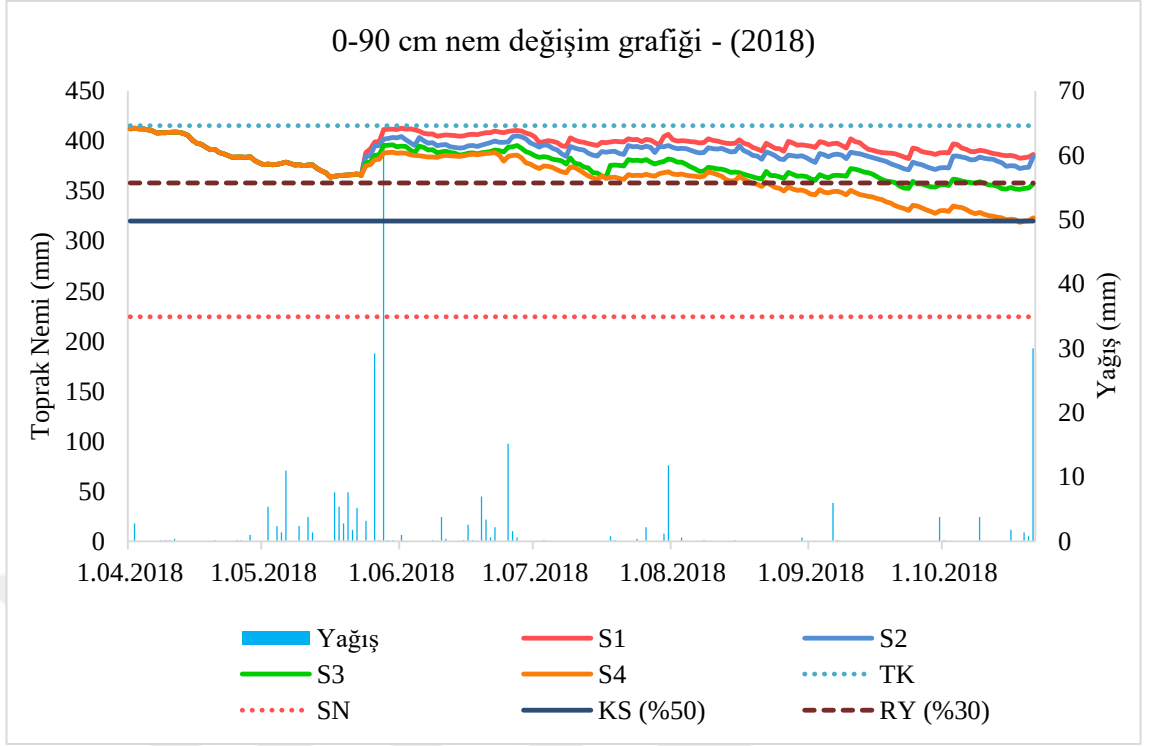
uygulanan su miktarının daha yüksek olacağı düşünülmektedir. Yapılan araştırma sonucunda görüldüğü üzere, sulamalarda ETc esas alındığında diğer yöntemlere göre daha az su ile olması gereken verim elde edilebilmektedir. Sonuç olarak araştırmada uygulanan sulama suyu miktarının, yürütülen çalışmalarla benzer özellik gösterdiği görülmektedir.

4.4 Toprak Nem İçeriği

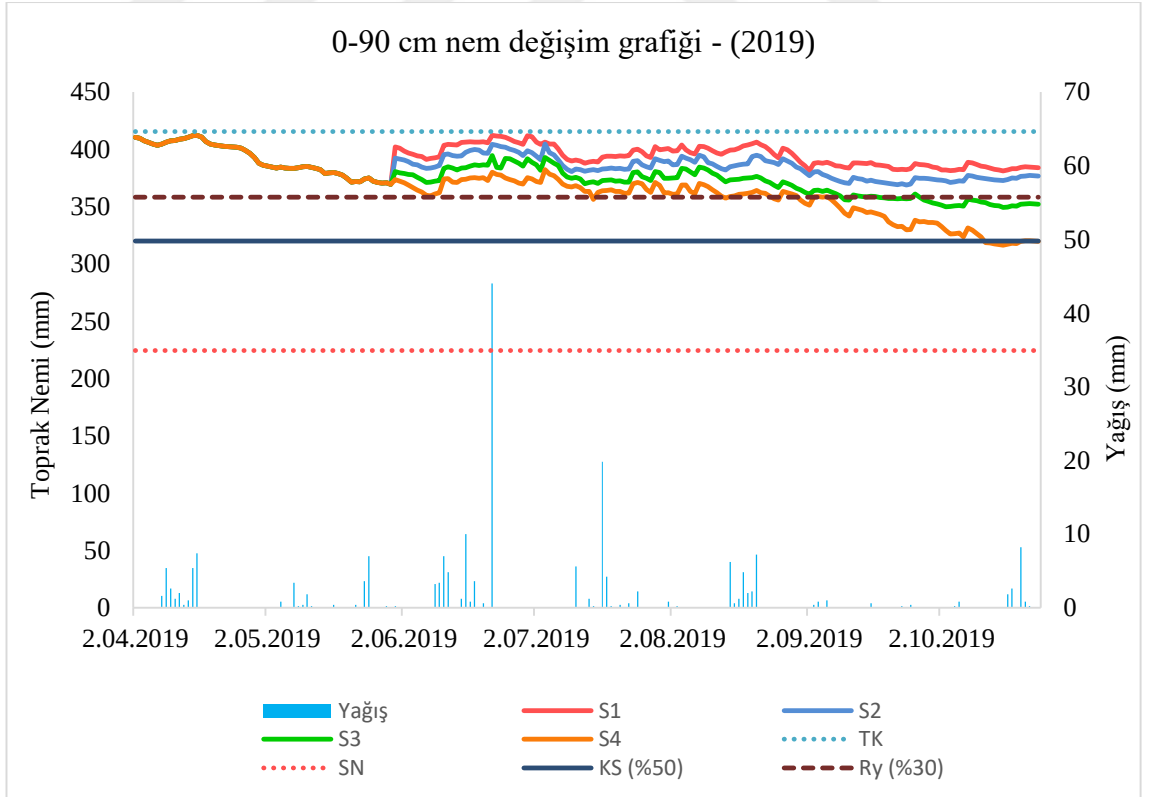
Araştırma yıllarına ait toprak nem içeriği, tüm konularda nem sensörleri ile 0-90 cm toprak derinliğinde takip edilerek sulama öncesi ve sulama sonrası nem değişimi belirlenmiştir. Araştırmada elde edilen veriler şekil 4.1, 4.2 ve 4.3’de grafik olarak verilerek, sulama konuları arasındaki toprak nem değişimi ifade edilmiştir.



Şekil 4.1 2017 yılı toprak nem değişim grafiği



Şekil 4.2 2018 yılı toprak nem değişim grafiği



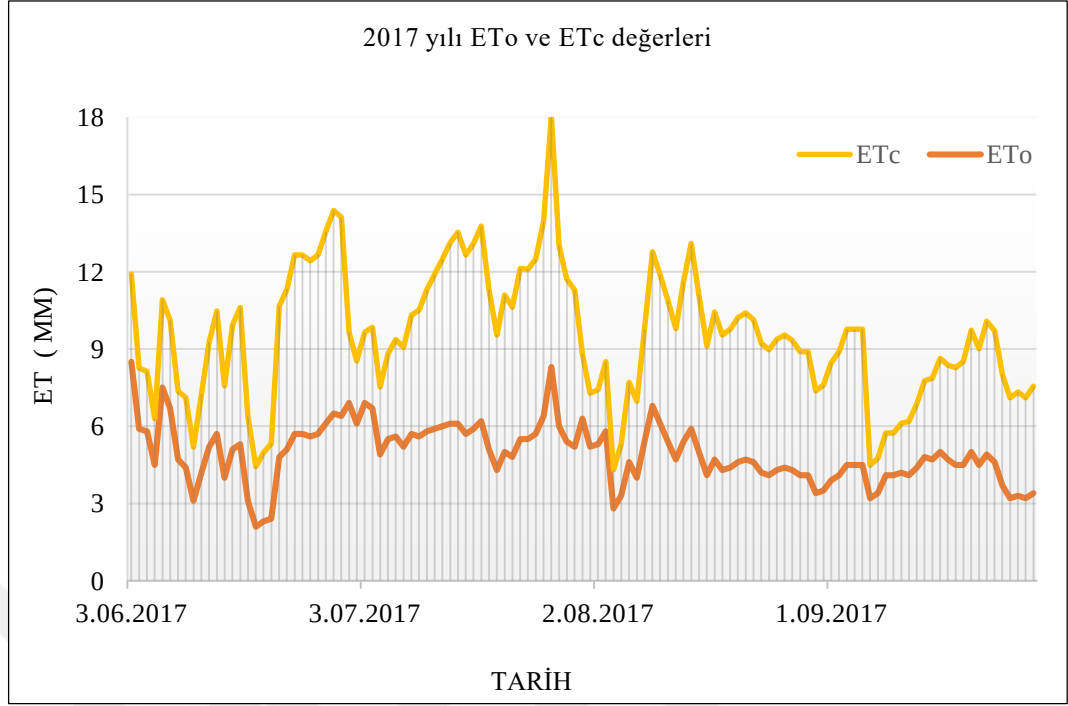
Şekil 4.3 2019 yılı toprak nem değişim grafiği

Denemenin her üç yılında da toprak nem içeriğindeki değişimler gerek sulama suyu miktarları gerekse yağışlarla farklılık göstermiştir. Her üç yıl içinde tüm deneme konularında toprak nemi tarla kapasitesi (TK) ile FAO 56'da yonca için önerilen %50 kritik seviye (320 mm) arasında kalmıştır. Araştırmada her üç yıl içinde sulama suyunun en fazla uygulandığı S1 ve S2 konuları olmuş ve toprak nemi tarla kapasitesi (TK) ile elverişli nemin (RY) % 30 (± 5)'i (415.5-358.2 mm) arasında kalmıştır. Su kısıtı oranının yüksek olduğu S3 ve S4 konularında ise özellikle yetiştirme sezonu sonlarında toprak su içeriği her üç yılda da %30 Ry ile KS (415.5-320.0 mm) arasında kalmıştır.

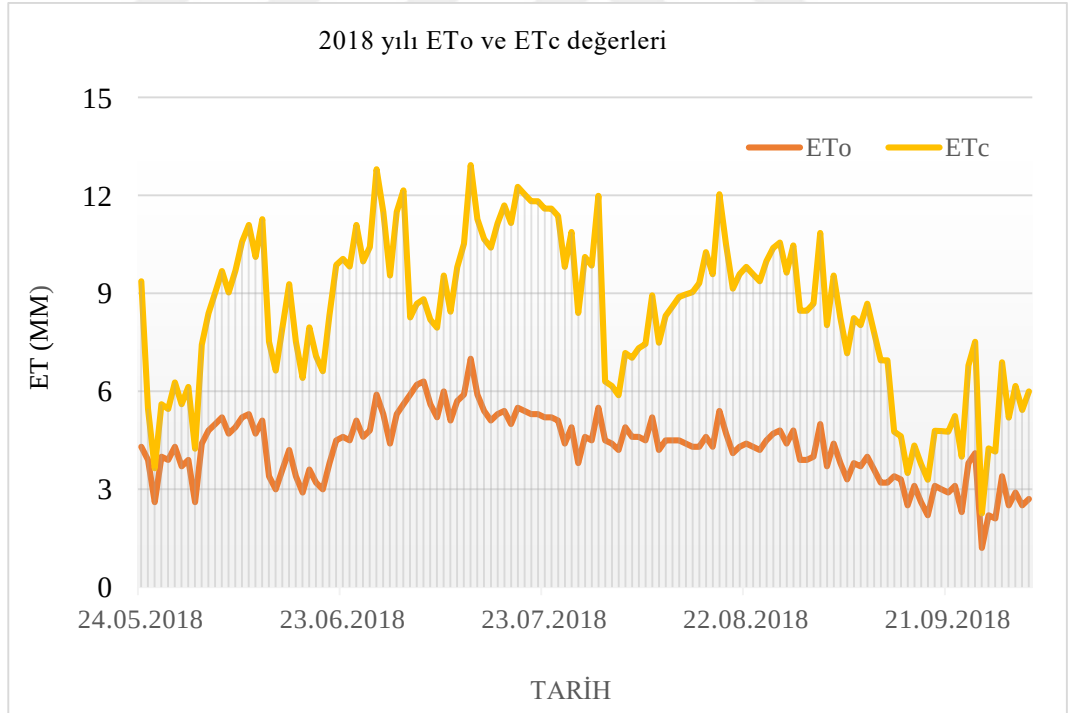
4.5 Bitki Su Tüketimi Bulguları

4.5.1 Referans bitki su tüketimi ve hesaplanan tahmini bitki su tüketimi

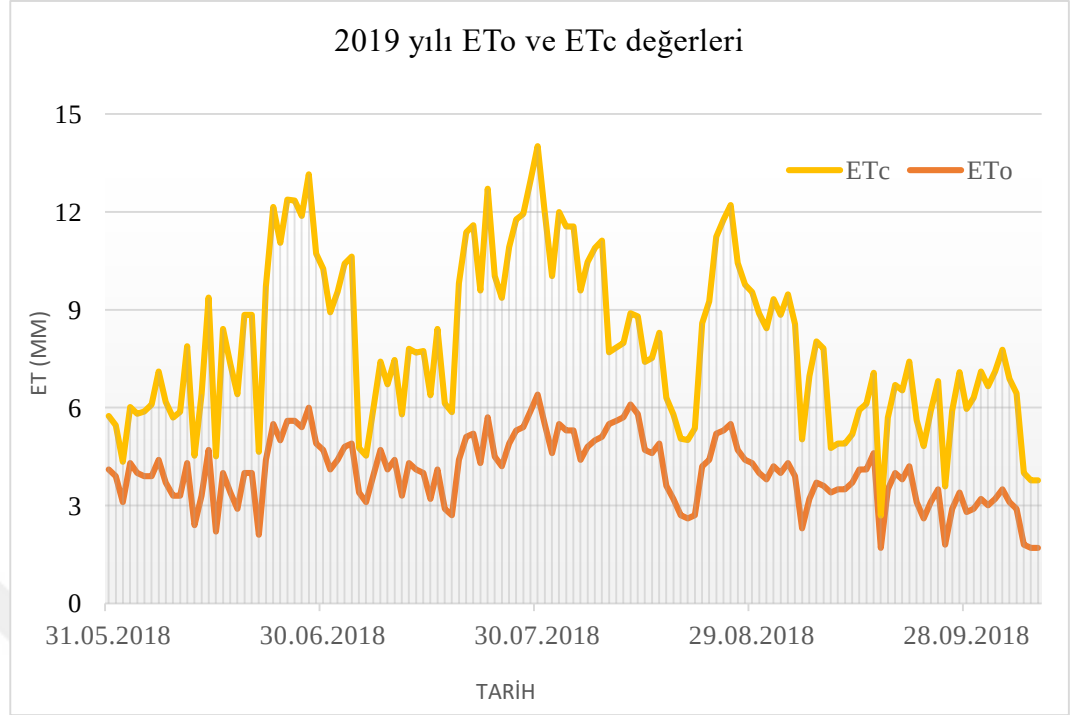
Deneme yıllarına ait meteorolojik verilerden tahmin edilen ETo değeri ile hesaplanan ETc değerlerine ilişkin grafik şekil 4.4, 4.5 ve 4.6'de verilmiştir. Araştırma yıllarında sulama suyu uygulamalarında kullanılan ETc değeri, meteorolojik verilerden yararlanarak hesaplanan ETo değerlerinin, gelişme dönemlerine göre farklılık gösteren bitki katsayısı Kc ile çarpımından elde edilmiştir. Araştırma yılları boyunca konulu sulama suyu uygulamasının başladığı günden itibaren hesaplanan ETo değeri her üç yıl için de en yüksek Temmuz ve Ağustos aylarında elde edilirken, iklimsel değişikliklerden kaynaklı olarak Eylül ve Ekim aylarında azalma eğilimi göstermiştir. ETo değerlerinden hesaplanan ETc değeri ise araştırmanın her üç yılında da genel olarak en yüksek Temmuz ayında hesaplanmıştır. Ancak yonca da biçim dönemlerinde Kc değerinin düşük olması ve özellikle bu dönemlere yağışında denk gelmesi ETc değerinde azalma eğilimi göstermiştir.



Şekil 4.4 2017 yılına ait günlük ETo ve ETc değerleri



Şekil 4.5 2018 yılına ait günlük ETo ve ETc değerleri



Şekil 4.6 2019 yılına ait günlük ETo ve ETc değerleri

4.5.2 Gerçek Bitki Su Tüketimi

Araştırmada yetiştirme sezonu boyunca günlük gerçek bitki su tüketimi ETa miktarları su bütçesi yöntemine göre hesaplanmıştır. Söz konusu deneme yıllarına ait aylık ve mevsimlik ETa değerleri çizelge 4.4’de verilmiştir. Denemenin ikinci yılında Mayıs ve Ekim ayında, üçüncü yılında ise Haziran ayında meydana gelen anlık yağışlarda etkili yağış (P) ve derine sızma (Dw) miktarları dikkate alınarak ETa değerleri hesaplanmıştır (Yıldırım 1993).

Araştırmada konulu sulama suyu uygulamalarının başladığı 2017 yılında hesaplanan ETa, deneme konularına göre sırasıyla 616.7 mm, 530.6 mm, 458.5 mm ve 391.3 mm olarak elde edilmiştir. Denemenin ikinci yılında yetiştirme sezonunda ETa değeri ise konularına göre sırasıyla 657.5 mm, 560.1 mm, 476.3 mm ve 395.6 mm olarak değişim göstermiştir. Projenin son yılı olan 2019 da ise yetiştirme sezonunda konularına göre ETa sırasıyla 631.3 mm, 547.7 mm, 481.9 mm ve 405.9 mm olarak hesaplanmıştır. Araştırmada sensör saatlik verilerinden yapılan hesaplamalarda derine sızma miktarı anlık yağışların alındığı tarihlerde hesaplanmış ve 2018 yılı Mayıs ayında 28.11 mm derine sızma olduğu

belirlenmiştir. Ayrıca denemenin yürütüldüğü alanda taban suyu ölçümleri yapılarak taban suyunun olmadığı tespit edilmiş ve kapılar yükselme (Cr) sıfır kabul edilmiştir. Söz konusu yürütülen bu çalışmanın her üç yılında da bitki su tüketimi en yüksek S1 konusunda elde edilmiştir. Deneme yılları arasında karşılaştırma yapıldığında, yetiştirme sezonu boyunca yağış miktarlarındaki farklılıklar ve uygulanan sulama suyu miktarındaki değişimler bitki su tüketimi değerinde yıllara göre farklılığa neden olmuştur.

Ülkemizde ve uluslararası yapılan birçok çalışmada, YADS ve diğer sulama yöntemlerinin kullanıldığı koşullarda yonca için bitki su tüketimi hesaplanmıştır. Hanson vd. (2007), kısıtlı su uygulamasının yoncada su kullanım etkinliği üzerine etkisini belirlemek amacıyla yaptıkları çalışmada, bitki su tüketimini 1249-1381 mm arasında hesaplamışlar ve tam su konusu ile kısıtlı konular arasındaki bitki su tüketimi farkının 224-239 mm arasında değişim gösterdiğini bildirmişlerdir. Benli vd. (2006), Ankara’da tartılı lizimetrede yürütmüş oldukları çalışmada yonca için bitki su tüketimini, deneme yıllarına göre sırasıyla 1470 mm, 1557 mm ve 1161 mm olarak hesaplamışlardır. Yelsiz (2019), Isparta’da yürütmüş olduğu çalışmada YADS ile yoncada beş farklı sulama seviyesi (%100, %75, %50,%25, %0) oluşturmuş ve bitki su tüketimini, sulama konularına göre sırasıyla 839 mm, 729 mm, 603 mm, 456 mm ve 333 mm olarak bulmuşlardır. Alam vd. (2000), yüzeyaltı damla sulamada farklı lateral aralığı ve lateral derinliğinde yürütmüş oldukları çalışmada yonca için bitki su tüketimini 526 mm olarak hesaplamışlardır. Alam vd. (2002), yüzeyaltı damla sulamada farklı lateral aralığı ve lateral derinliği üzerine yapmış oldukları bir başka çalışmada ise yonca için bitki su tüketimi değerini mevsimsel olarak ortalama 1080 mm olarak hesaplamışlardır. Kuslu vd. (2010), yağmurla sulama sistemini kullanarak yonca da su verim ilişkileri üzerine yaptıkları bir araştırmada bitki su tüketimini ilk yıl 564 mm, ikinci yıl 688 mm olarak hesaplamışlardır. Linder Mayer vd. (2010), Midwest’de yaptıkları farklı çalışmalarda yağmurlama sulama sistemini kullanarak 1 ton yonca üretimi için 188 mm bitki su tüketiminin gerekli olduğunu bildirirken, Bauder vd. (1978) Oakes’de, Kipnis vd. (1989) İsrail’de ve Sammis (1981) Las Cruces’de yağmurlama sulama yöntemi ile 1 ton yonca üretimi için 168 mm bitki su tüketiminin olması gerektiğini belirtmişlerdir. Shewmaker vd. (2011), Kimberly’de yapmış oldukları çalışmada yoncada bitki su tüketimini 900 mm olarak hesaplamışlardır. Grimes vd. (1992), Amerika’da kurak ve yarı kurak bölgelerde

yonca su-verim ilişkileri üzerine yaptıkları bir çalışmada bitki su tüketimini ilk yıl 1458 mm, ikinci yıl ise 1376 mm olarak hesaplamışlardır. Hanson vd. (2007), yağmurlama sulama yöntemini kullanarak kısıtlı su koşullarında yürütmüş oldukları bir çalışmada yoncada bitki su tüketimini ilk yıl 1249 mm, ikinci yıl ise 1381 mm olarak hesaplamışlardır. Hutmacher vd. (1991) yaptıkları bir çalışmada %100, %70 ve %40 olacak şekilde üç farklı sulama suyunu yağmurlama sulama sistemi ile uygulayarak bitki su tüketimini ilk yıl sırasıyla 527 mm, 485 mm, 382 mm, ikinci yıl sırasıyla 516 mm, 470 mm, 364 mm olarak hesaplamışlardır.

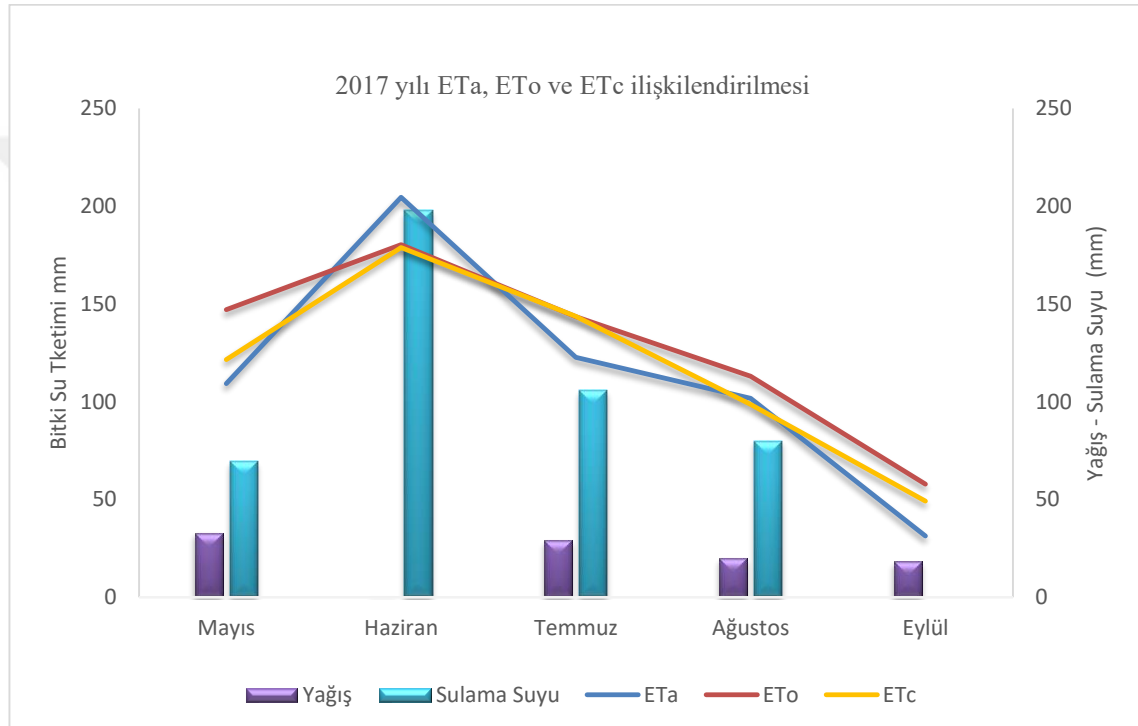
Diğer bitkilerle kıyaslayacak olursak yoncanın su ihtiyacı yüksek bir bitki olduğu yapılan araştırmalarda görülmektedir. Yonca için bitki su tüketim değeri iklim parametrelerine (sıcaklık, yağış rüzgâr, solar radyasyon vb.) ve yetiştirme döneminin uzunluğuna bağlı olarak değişim göstermektedir (FAO, 2002). Bölgelere göre sıcaklığın artması bitkilerde bitki su tüketimini de artıracaktır. Şöyle ki Montazar vd. (2020), Kaliforniya'nın kurak bölgesinde yüzey sulama yöntemi ile yapmış oldukları çalışmalarda yonca için bitki su tüketimi yıllık 1400 mm civarında hesaplarken, serin ve yağış miktarı yüksek olan Erzurum'da Evren ve Sevim (1998), yıllık 491 mm olarak kaydedilmiştir. Ankara koşullarında yürüttüğümüz bu araştırmada ise yonca için hesaplanan bitki su tüketim değeri, bazı araştırmalardan elde edilen değerlerin altında, bazılarının ise üzerinde hesaplanmıştır. Bu durumun önemli nedeni ise yukarıda ifade edildiği üzere araştırmanın yürütüldüğü iklim koşullarından, sulama yöntemi ve sulama suyu miktarından ileri gelebileceği söylenebilir.

Çizelge 4.4 Deneme yıllarına ait aylık ve mevsimlik bitki su tüketimi (mm)

2017	Derine Sızma	S1 (% 100)				S2 (% 80)				S3 (% 60)				S4 (% 40)			
		I	P	ΔS	ET	I	P	ΔS	ET	I	P	ΔS	ET	I	P	ΔS	ET
Nisan	0.00	0.00	20.20	-13.33	33.53	0.00	20.20	-13.33	33.53	0.00	20.20	-13.33	33.53	0.00	20.20	-13.33	33.53
Mayıs	0.00	0.00	22.00	8.45	13.55	0.00	22.00	8.45	13.55	0.00	22.00	8.45	13.55	0.00	22.00	8.45	13.55
Haziran	0.00	69.60	32.80	-6.93	109.33	55.68	32.80	-23.54	112.02	41.76	32.80	-31.71	106.27	27.84	32.80	-46.22	106.86
Temmuz	0.00	197.86	0.40	-6.23	204.49	158.29	0.40	-3.43	162.12	118.71	0.40	-6.35	125.46	79.14	0.40	-16.33	95.87
Ağustos	0.00	105.72	28.80	11.80	122.72	84.58	28.80	14.52	98.86	63.43	28.80	8.37	83.86	42.29	28.80	7.56	63.53
Eylül	0.00	79.90	20.00	-1.82	101.72	63.92	20.00	-17.74	101.66	47.94	20.00	-25.20	93.14	31.97	20.00	-8.67	60.64
Ekim	0.00	0.00	18.20	-13.20	31.40	0.00	18.20	9.37	8.83	0.00	18.20	15.52	2.68	0.00	18.20	0.91	17.29
Toplam	0.00	453.08	142.40	-21.26	616.74	362.46	142.40	-25.70	530.56	271.84	142.40	-44.25	458.49	181.24	142.40	-67.63	391.27
2018	Derine Sızma	S1 (% 100)				S2 (% 80)				S3 (% 60)				S4 (% 40)			
		I	P	ΔS	ET	I	P	ΔS	ET	I	P	ΔS	ET	I	P	ΔS	ET
Nisan	0.00	0.00	5.40	-35.70	41.10	0.00	5.40	-35.70	41.10	0.00	5.40	-35.70	41.10	0.00	5.40	-35.70	41.10
Mayıs	28.11	37.80	90.60	36.40	63.90	30.30	90.60	28.10	64.70	22.70	90.60	18.40	66.80	15.10	90.60	11.60	66.00
Haziran	0.00	0.00	38.00	-14.50	52.50	0.00	38.00	-10.70	48.70	0.00	38.00	-11.10	49.10	0.00	38.00	-15.50	53.50
Temmuz	0.00	170.00	3.80	-4.00	177.90	136.00	3.80	-0.10	139.90	102.00	3.80	-2.60	108.40	68.00	3.80	-5.50	77.30
Ağustos	0.00	112.80	14.00	0.80	126.10	90.30	14.00	-6.30	110.50	67.70	14.00	-14.60	96.30	45.10	14.00	-15.80	74.90
Eylül	0.00	85.60	10.60	-13.70	109.90	68.50	10.60	-2.50	81.60	51.40	10.60	-4.60	66.60	34.20	10.60	-16.20	61.00
Ekim	0.00	20.40	59.80	-6.00	86.20	16.40	59.80	2.50	73.70	12.30	59.80	24.10	48.00	8.20	59.80	46.30	21.70
Toplam	28.11	426.80	222.20	-36.70	657.50	341.40	222.20	-24.70	560.20	256.10	222.20	-26.20	476.30	170.70	222.20	-30.80	395.60
2019	Derine Sızma	S1 (%100)				S2 (%80)				S3 (%60)				S4 (%40)			
		I	P	ΔS	ET	I	P	ΔS	ET	I	P	ΔS	ET	I	P	ΔS	ET
Nisan	0.00	0.00	27.00	-24.42	51.42	0.00	27.00	-24.42	51.42	0.00	27.00	-24.42	51.42	0.00	27.00	-24.42	51.42
Mayıs	0.00	30.00	18.60	14.79	33.81	24.00	18.60	-5.52	48.12	18.00	18.60	-6.63	43.23	12.00	18.60	-14.01	44.61
Haziran	0.00	63.43	60.46	5.52	118.37	50.74	60.46	-12.87	124.07	38.06	60.46	13.50	85.02	25.37	60.46	10.16	75.67
Temmuz	0.00	93.55	34.40	-2.55	130.50	74.84	34.40	10.53	98.91	56.13	34.40	-9.45	99.98	37.42	34.40	-13.49	85.31
Ağustos	0.00	114.55	25.60	-16.09	156.24	91.64	25.60	13.77	103.47	68.73	25.60	-19.53	113.86	45.82	25.60	-10.26	81.68
Eylül	0.00	90.99	3.00	-3.91	97.90	72.79	3.00	6.75	69.04	54.59	3.00	-11.57	69.16	36.40	3.00	-22.95	62.35
Ekim	0.00	38.65	14.60	10.20	43.05	30.92	14.60	-7.15	52.68	23.19	14.60	18.60	19.19	15.46	14.60	25.25	4.81
Toplam	0.00	431.17	183.66	-16.46	631.29	344.94	183.66	-18.91	547.71	258.70	183.66	-39.50	481.86	172.47	183.66	-49.72	405.85

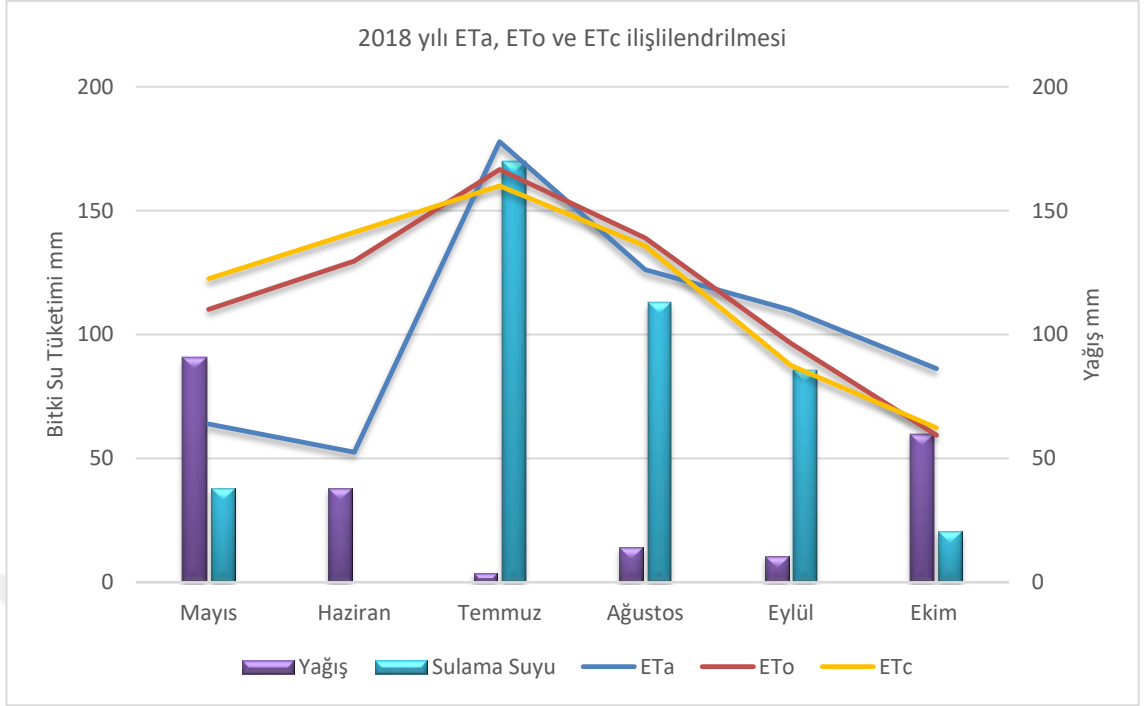
4.5.3 Referans, hesaplanan tahmini ve gerçek bitki su tüketim ilişkisi

Araştırmada deneme yılları boyunca hesaplanan ETo, ETc ve ETa değerlerinin konulu uygulamaların başladığı dönemden itibaren ilişkilendirilmesine ait grafik şekil 4.7, 4.8 ve 4.9'da verilmiştir. Şekillerde ilişkilendirme aylık periyotlar şeklinde yapılmıştır. Buna göre 2017 yılında en yüksek ETo, ETa ve ETc değerinin sulama suyu miktarının en fazla uygulandığı Haziran ayı içerisinde elde edildiği görülmektedir (Şekil 4.7).



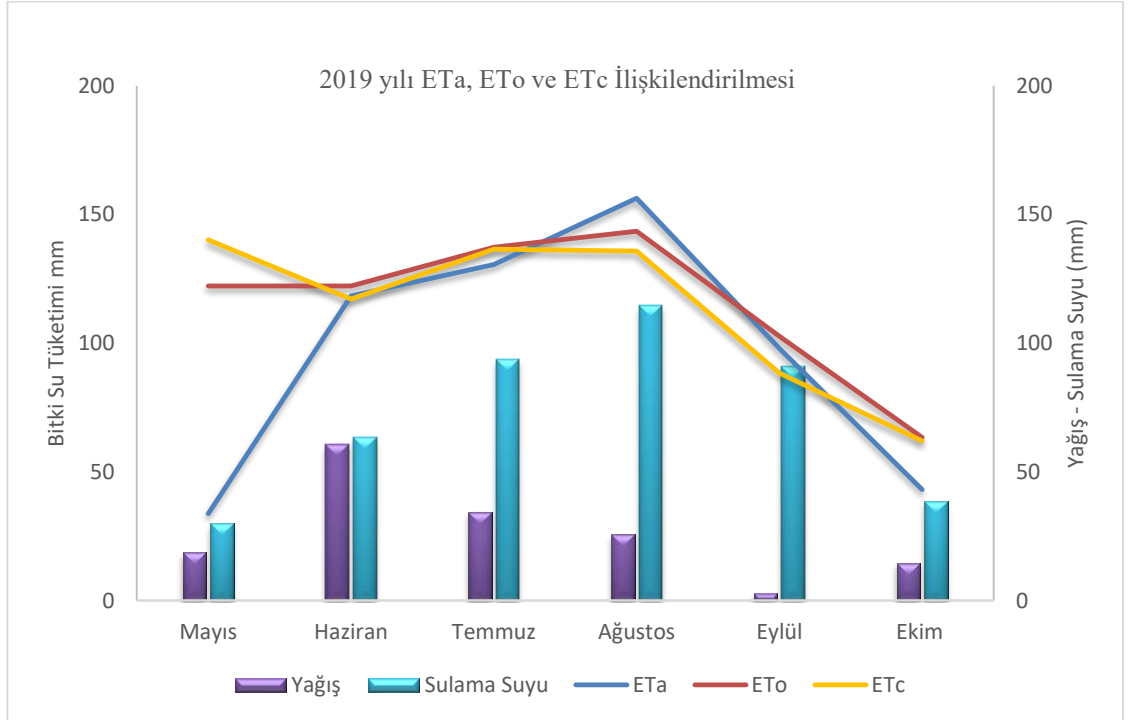
Şekil 4.7 2017 yılına ait ETo, ETc ve ETa değerleri arasındaki ilişki

Denemenin ikinci yılında hesaplanan ETo, ETc ve ETa değerleri incelendiğinde, en yüksek verilerin sulama suyu uygulamasının en yüksek uygulandığı Temmuz ayında elde edildiği görülmektedir (Şekil 4.8). 2018 yılında konulu uygulamaların başladığı dönemde en az ETa değeri Haziran ayında hesaplanmıştır. Bu durum nedeni, Mayıs ayında yağış miktarının çok fazla olması ve Haziran ayında meydana gelen yağışlarla bitkide sulama suyu ihtiyacının gerçekleşmemesinden ileri gelmektedir.



Şekil 4.8 2018 yılına ait ETo, ETc ve ETa değerleri arasındaki ilişki

Araştırmanın üçüncü yılı 2019'da ise Ağustos ayında en yüksek sulama suyu ihtiyacı ve buna bağlı olarak en yüksek ETa, ETo ve ETc değerleri elde edilmiştir (Şekil 4.9).



Şekil 4.9 2019 yılına ait ETo, ETc ve ETa değerleri arasındaki ilişki

Deneme yılları arasında bitki su tüketim değerlerinde meydana gelen farklılıklarda en önemli parametreler yağış ve sulama suyu miktarı olmuştur. Deneme yılları arasında iklim parametrelerinde görülen farklılıklar ve buna bağlı olarak uygulanan sulama suyu miktarındaki değişkenlikler, yıllar arasında bitki su tüketimi değerlerinin farklı zamanlarda farklı miktarlarda hesaplanmasına neden olmuştur. Ayrıca yoncada biçim ile birlikte Kc değerinin de düşmesi, ETc değerlerinin yetiştirme dönemi içerisinde artma ve azalma eğilimi göstermesine neden olmuştur. Biçimden sonra, bitki gelişimi ile birlikte artan Kc değeri ETc değerinde artmasını sağlamaktadır.

4.6 Yonca Verim Bulguları

4.6.1 Yeşil ot verimi

Araştırmada biçimlerden alınan ortalama yeşil ot verim değerleri incelendiğinde, araştırmanın ilk yılı S1 konusunda 5064 kg da⁻¹, S2 konusunda 4386 kg da⁻¹, S3 konusunda 3874 kg da⁻¹ ve S4 konusunda 3408 kg da⁻¹ verim elde edilmiştir. Denemenin ikinci yılında sulama konularına göre ortalama yeşil ot verimleri sırasıyla 5093, 4510, 3823 ve 3416 kg da⁻¹ olarak elde edilmiştir. Denemenin üçüncü yılında ise elde edilen yeşil ot verimleri konularına göre sırasıyla 5114, 4692, 4145 ve 3715 kg da⁻¹ olarak elde edilmiştir. Deneme bulguları incelendiğinde uygulanan sulama suyu miktarının azalması ile yeşil ot veriminin de azaldığı görülmektedir.

Deneme yıllarına ait sulama konuları ile yeşil ot verimi arasındaki değerlendirme Yurtsever (2011)'e göre yapılmıştır. Çizelge 4.5'de deneme yıllarına ait yeşil ot verimi toplu varyans analiz tablosu verilmiştir. Buna göre sulama konuları arasında $p < 0.01$ düzeyinde fark elde edilmiş ve söz konusu verim değerlerinde yıl x sulama interaksyonu önemli çıkmıştır. Yıllar içerisinde yağışın dönemsel farklılık göstermesi bu durumun en önemli etkenlerinden biri olduğu düşünülmektedir. Bu sebeple yeşil ot verimine ait varyans analizleri her üç yıl için ayrı ayrı değerlendirmeye alınmıştır (Çizelge 4.6).

Çizelge 4.5 Yeşil ot verimi toplu varyans analiz tablosu

Varyasyon Kaynakları	S.D	K.T	K.O	F	P
Blok	2	58.746	29.373	0.1051	öd
Yıl	2	391267.26	195633.63	699.731	0.0000**
Sulama	3	12756285.6	4252095.2	15208.6	0.0000**
YılxSulama	6	118587.11	19764.52	70.6926	0.0001**
Hata	22	6150.850	279.58		
VK: % 0.39 **: % 1 *: % 5 öd: önemli değil					

Çizelge 4.6 Yeşil ot verimine ait varyans analiz tablosu ve LSD gruplandırması

Yeşil ot verimi kg da ⁻¹									
Konu	2017			2018			2019		
S1	5064 a			5093 a			5114 a		
S2	4386 b			4510 b			4692 b		
S3	3874 c			3823 c			4145 c		
S4	3408 d			3416 d			3715 d		
Var. Kay	SD	F	Prob>F	SD	F	Prob>F	SD	F	Prob>F
Bloklar	2	1.3192	öd.	2	0.9197	öd	2	3.0291	öd.
Sulama	3	12109.81	0.0001**	3	21807.57	0.0001**	3	108.44	0.0001**
LSD	22.33			17.78			48.62		

Çizelge 4.6’da verilen yeşil ot verimine ait varyans analiz tablosunda görüldüğü üzere deneme yıllarına ait yeşil ot verim değerleri ile sulama konuları arasındaki fark $p < 0.01$ düzeyinde önemli çıkmış ve her üç yıl için de en yüksek yeşil ot verimi S1 konusundan, en düşük yeşil ot veriminin S4 konusundan elde edilmiştir. Araştırmada yıllara ait ortalama toplam yeşil ot verimi ve LSD gruplandırması çizelge 4.7’de verilmiş ve en yüksek yeşil ot veriminin 2019 yılında elde edildiği görülmüştür.

Çizelge 4.7 Deneme yıllarına ait ortalama yeşil ot gruplandırması

Yıllar	Yeşil ot (kg da ⁻¹)
2017	4182.88 c
2018	4210.48 b
2019	4416.54 a
LSD	14.16

Yoncada verim parametreleri üzerine yapılmış bir ulusal ve uluslararası birçok çalışma mevcuttur. Eğinlioğlu vd. (1996), Menemen koşullarında yaptıkları bir çalışmada, farklı yonca çeşitlerinde yüzey sulama yöntemi kullanarak yeşil ot verimlerinin 5937-8853 kg da⁻¹ arasında değiştiğini kaydetmişlerdir. Amiraghaei (2017), yürütmüş olduğu bir çalışmada ortalama yeşil ot verimini tam su konusunda 4021 kg da⁻¹, kısıtlı su koşullarında 3483 kg da⁻¹, kuru koşullarda ise 2921 kg da⁻¹ olarak elde etmiştir. Wang vd. (2020), yoncada yüzeyaltı damla sulama sistemi ile yaptıkları bir çalışmada tam sulama yaptıkları konuda yeşil ot verimini 5904 kg da⁻¹, düşük, orta ve yüksek su kısıtı olarak ifade ettikleri sulama konularında ise yeşil ot verimini sırasıyla 4425, 3384 ve 2752 kg da⁻¹ olarak elde etmişlerdir. Almarshadi ve Ismail (2011), yüzeyaltı damla sulamada her biçimde ortalama 310 mm sulama suyu uyguladıkları bir çalışmada yeşil ot verimini 14760 kg da⁻¹ olarak elde etmişlerdir. Otman (2011), farklı lokasyonlarda yapmış olduğu çalışmalarda 4800 ile 8700 kg da⁻¹ arasında yeşil ot verimi elde etmişlerdir. Aka ve Avcıoğlu (1999), İzmir’de vejetasyon süresince 5 biçim aldıkları yoncada yeşil ot verimini 4925-6125 kg da⁻¹ arasında elde etmişlerdir. Altınok ve Karakaya (2002), Ankara ekolojik koşullarında farklı yonca çeşitleriyle yürütmüş oldukları çalışmada, ortalama olarak yeşil ot verimini 2731-3713 kg da⁻¹ olarak tespit etmişlerdir. Başbağ vd. (2002), Diyarbakır sulu koşullarında, farklı yonca çeşitleri ile yürüttükleri çalışmalarında, ortalama yeşil ot verimlerini 3672-6153 kg da⁻¹ arasında elde etmişlerdir. Mohammed (2007), farklı yonca çeşitlerinin Ankara ve Konya iklim koşullarında verim ve kalite özelliklerini belirlemek amacıyla yürüttüğü araştırmada, Ankara lokasyonunda yeşil ot verimini 7399-8692 kg da⁻¹ arasında, Konya lokasyonunda ise 8084-9293 kg da⁻¹ olarak tespit etmişlerdir. Ismail ve Almarshadi (2013), yüzeyaltı damla sulama sistemi ile yoncada uyguladıkları %100, %85 ve %70 kısıt konularında toplamda 12 adet biçim yaparak yeşil ot verimlerini sırasıyla 12600, 11000 ve 10200 kg da⁻¹ olarak elde etmişlerdir. Kazumba (2010), yüzeyaltı damla sulama sisteminde 100 cm lateral aralığı ve 40 cm lateral derinliğinde yonca için yeşil ot verimini ortalama 2370 kg da⁻¹ olarak elde etmiştir. Karaköy ve Saraç (2018), Sivas merkezde yürüttükleri bir çalışmada, Gea yonca çeşidinin yeşil ot verimini ilk yıl 4814 kg da⁻¹, ikinci yıl ise 5137 kg da⁻¹ olarak tespit etmişlerdir. Günendi (1978), İç Anadolu şartlarında yürütmüş olduğu bir çalışmada yeşil ot verimini 3983 kg da⁻¹ olarak elde etmiştir. Tamkoç (1992), Konya şartlarında yeşil ot verimini 4094 kg da⁻¹ olarak elde etmiştir.

Araştırmada elde edilen yeşil ot verimine ait bulgular İç Anadolu bölgesinde yapılan çalışmalarla benzer özellik gösterirken. yüzeyaltı damla sulama sistemi ile yapılan birçok çalışmada farklılık göstermektedir. Bu duruma, tohum çeşidi, iklim koşulları (özellikle yağış ve sıcaklık), sulama-gübreleme gibi tarımsal faaliyetler ve biçim sayısının etkili olabileceği düşünülmektedir. Ayrıca yonca için kritik dönemin biçim sonrası olması ve bu dönemde gelecek herhangi bir yağış veya sulama suyu bir sonraki biçimde verimi olumlu yönde etkileyecektir. Yoncada hassas dönem biçim sonrası dönemdir ve 2019 yılı araştırma döneminde birçok sulama suyu uygulamalarının ve mevsimsel yağışların biçim dönemi sonrasına denk gelmesi 2019 yılında elde edilen yeşil ot veriminin diğer yıllara göre daha yüksek çıkmasında etkili olduğu düşünülmektedir. Araştırma yılları içerisinde en fazla yağış 2018 yılında alınmasına rağmen bu dönemde meydana gelen yağış, gelişme dönemi içerisinde konulu sulama suyu uygulamalarının başlamadığı ve söz konusu yağışların kış dönemi sonrasında ilk biçimden önceki bir zamana denk gelmesi verimler üzerinde önemli bir etki oluşturmadığı düşünülmektedir.

4.6.2 Kuru ot verimi

Deneme konularına ait kuru ot verim değerleri incelendiğinde araştırmanın ilk yılında ortalama olarak S1 konusunda 1524, S2 konusunda 1378, S3 konusunda 1162 ve S4 konusunda 1035 kg da⁻¹ olarak elde edilmiştir. Denemenin ikinci yılında ortalama kuru ot verimleri sulama konularına göre sırasıyla 1846, 1645, 1371 ve 1244 kg da⁻¹ olarak elde edilmiştir. Denemenin üçüncü yılında ise elde edilen kuru ot verimleri konularına göre 1922, 1771, 1472 ve 1298 kg da⁻¹ olarak elde edilmiştir.

Deneme yıllarına ait kuru ot verimi toplu varyans analiz tablosu çizelge 4.8' de verilmiştir. Çizelgeye göre sulama konuları ile kuru ot verim değerlerinde yıllar arasında $p < 0.01$ düzeyinde fark bulunmuş ve yıl x sulama interaksyonu önemli çıkmıştır. Bu nedenle kuru ot verimine ait varyans analizleri her üç yıl için ayrı ayrı değerlendirmeye alınmıştır (Çizelge 4.9).

Çizelge 4.8 Kuru ot verimine ait toplu varyans analizi

Varyasyon Kaynakları	S.D	K.T	K.O	F	P
Blok	2	200.974	100.49	0.6677	öd
Yıl	2	752513.8	376256.9	2500.25	0.0000**
Sulama	3	1784292.6	594764.2	3952.24	0.0000**
Yıl x Sulama	6	24891.21	4148.54	27.567	0.0001**
Hata	22	3310.73	150.49		
VK: % 0.83 **: % 1 *: % 5 öd: önemli değil					

Çizelge 4.9’da verilen kuru ot verimine ait varyans analiz tablosunda görüldüğü üzere 2017, 2018 ve 2019 yıllarına ait elde edilen kuru ot verim değerleri ile sulama konuları arasındaki fark $p < 0.01$ düzeyinde önemli çıkmış ve en yüksek kuru ot verimi S1 konusundan elde edilirken, en düşük kuru ot verimi S4 konusundan elde edilmiştir.

Çizelge 4.9 Kuru ot verimine ait varyans analiz tablosu ve LSD gruplandırması

Kuru ot verimi kg da ⁻¹									
Konu	2017			2018			2019		
S1	1524 a			1846 a			1922 a		
S2	1378 b			1645 b			1771 b		
S3	1162 c			1371 c			1472 c		
S4	1035 d			1243 d			1298 d		
Var. Kaynak	SD	F	Prob>F	SD	F	Prob>F	SD	F	Prob>F
Bloklar	2	1.278	Ö.D.	2	3.26	Ö.D.	2	0.0051	Ö.D.
Sulama	3	416.90	0.0001**	3	5939.4	0.0001**	3	12488.85	0.0001**
LSD	36.98			12.19			8.75		

Araştırma yıllarına ait ortalama kuru ot verimi ve LSD gruplandırması çizelge 4.10’de verilmiştir. Buna göre 2019 yılı yeşil ot veriminde olduğu gibi kuru ot veriminde de en yüksek yıl olarak görülmektedir. Denemenin üçüncü yılında biçim sonrasına denk gelen sulama suyu uygulamaları ve mevsimsel yağışlar yeşil ot veriminde olduğu gibi kuru ot veriminde de önemli farklılık sağlamıştır.

Çizelge 4.10 Deneme yıllarına göre ortalama kuru ot gruplandırması

Yıllar	Kuru ot (kg da ⁻¹)
2017	1274 c
2018	1526 b
2019	1616 a
LSD	10.39

Hayvan beslemede önemli bir yem kaynağı olan yoncada, yeşil ot verimi kadar, kuru ot verimi de bir o kadar önem içermektedir. Yonca kuru otunda vitamin D miktarının fazla olması nedeniyle hayvan yetiştiriciliğinde kuru ot olarak tüketimi yaygın durumdadır (Erener, 2016). Bu nedenle yoncada kuru ot verimi üzerine yapılan çalışmalar oldukça fazdır. Tahtacıoğlu vd. (1996), Erzurum’da farklı yonca çeşitlerinde yaptıkları bir çalışmada, kuru ot verimlerinin 1291-1781 kg da⁻¹ arasında değiştiğini ifade etmişlerdir. Cevheri ve Avcıoğlu (1998) İzmir Bornova’da yürütmüş oldukları bir çalışmada yonca kuru ot verimini 1102 1266 kg da⁻¹ arasında bulurken, Aka ve Avcıoğlu (1999), İzmir Selçuk’da yonca kuru ot verimini 1178-1573 kg da⁻¹ olarak elde etmiştir. İsmail ve Almarshadi (2013), yüzeyaltı damla sulamada farklı su kısıtı uygulamalarının (%100, %85, %70) yoncada kuru ot verimi üzerine olan etkisini incelemiş ve sulama konularına göre sırasıyla 3360, 2980 ve 2630 kg da⁻¹ olarak kuru ot verimi elde etmişlerdir. Yelsiz (2019), Isparta koşullarında yüzeyaltı damla sulama sistemi ile beş farklı sulama suyu seviyesini uyguladığı yoncada 612 mm sulama suyu uyguladığı tam su konusunda 2820 kg da⁻¹ kuru ot verimi elde etmiş ve uygulanan sulama suyu miktarının artması ile kuru ot veriminin arttığını ifade etmiştir. Bilensoy (1985), Orta Anadolu koşullarında iki yıl süreyle yürütmüş olduğu bir çalışmada yonca kuru ot verimini yıllara göre sırasıyla 1845 ve 1873 kg da⁻¹ arasında elde etmiştir. Pecetti vd. (2008), İtalya’da yonca kuru ot verimini 1420 kg da⁻¹ olarak elde ederken, Saruhan ve Kuşvuran (2011), Güneydoğu Anadolu Bölgesi koşullarında yonca kuru ot veriminin 1266 kg da⁻¹ olduğunu ifade etmiştir. Açıkbaş vd. (2017), Göller yöresi koşullarında yetiştirilen Gea yonca çeşidi kuru ot veriminin ortalama 1721 kg da⁻¹ olduğunu bildirirken. Engin vd. (2017), Yozgat ekolojik koşullarında Gea yonca çeşidi kuru ot veriminin ortalama 1326 kg da⁻¹ olduğunu bildirmiştir. Almarshadi ve İsmail (2011), yüzeyaltı damla sulamada 3725 mm sulama suyu uyguladığı çalışmada kuru ot verimini 3961 kg da⁻¹ olarak elde etmiştir. Kavut vd.

(2004), farklı yonca çeşitleri üzerinde yaptıkları çalışmada kuru ot verimini 1541-1700 kg da⁻¹ arasında elde etmiştir.

Yapılan araştırmaları incelediğimizde araştırma bulguları, Tahtacıoğlu vd. (1996), Aka ve Avcıoğlu (1999), Kavut vd.(2004), Engin vd. (2017), Açıkbaz vd. (2017), Pecetti vd. (2008)'e göre benzer sonuçlar gösterdiği görülmektedir. Diğer araştırmacıların bulgularına göre kuru ot verim değerlerinde farklılık göstermesinde, farklı ekolojik koşullar, sıcaklık ve yağış miktarlarındaki farklılıklar, kullanılan bitki çeşidinin özelliği, sulama yöntemlerinin ve sulama suyu uygulama miktarındaki farklılıkların etkili olacağı düşünülmektedir.

4.6.2.1 Kuru ot veriminin bitki su tüketimi ve sulama suyu ile ilişkisi

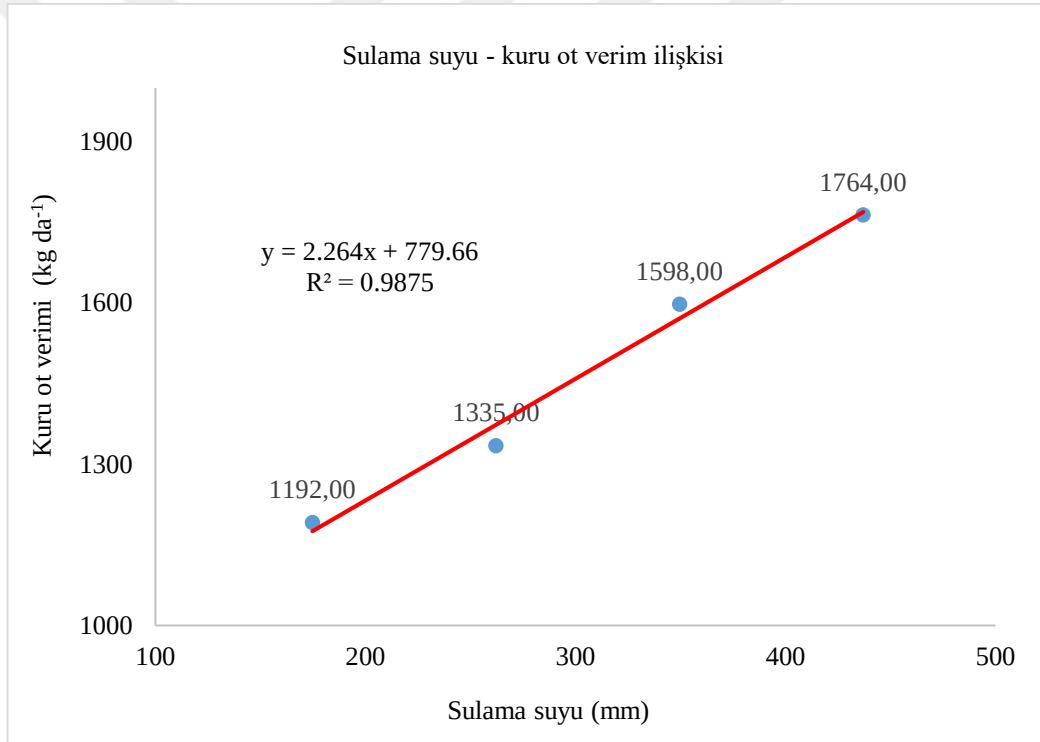
Deneme yılları içerisinde meydana gelen iklimsel değişiklikler uygulanan sulama suyuyla, bitki su tüketiminde ve elde edilen kuru ot veriminde önemli azalmalara neden olmuştur (Çizelge 4.11).

Çizelge 4.11 Sulama suyu miktarı, bitki su tüketimi ve kuru ot verim değerleri

Yıl	Konu	Sulama Suyu mm	Kuru Ot Verimi kg da ⁻¹	Bitki Su Tüketimi mm
2017	S1	453.1	1524	616.7
	S2	362.5	1378	530.6
	S3	271.8	1162	458.5
	S4	181.2	1035	391.3
2018	S1	426.8	1846	657.5
	S2	341.4	1645	560.2
	S3	256.1	1371	476.3
	S4	170.7	1244	395.6
2019	S1	431.2	1922	631.3
	S2	344.9	1771	547.7
	S3	258.7	1472	481.9
	S4	172.5	1298	405.9
Ort.	S1	437.0	1764	635.2
	S2	349.6	1598	546.2
	S3	262.2	1335	472.2
	S4	174.8	1192	397.6

Deneme süresince konularına göre ortalama olarak sırasıyla 437.0, 349.6, 262.2 ve 174.8 mm sulama suyu uygulanmıştır. Kuru ot veriminden elde edilen ortalama verim değerleri konularına göre sırasıyla 1764.0, 1598.0, 1335.0 ve 1192.0 kg da⁻¹ olarak elde edilmiştir. Deneme konularından elde edilen ortalama bitki su tüketim değerleri ise sulama konularına göre sırasıyla 635.2, 546.2, 472.2 ve 397.6 mm olarak hesaplanmıştır.

Araştırmanın yürütüldüğü yıllarda uygulanan sulama suyu miktarı ile elde edilen kuru ot verimi arasında doğrusal bir ilişki olduğu belirlenmiştir. Doğru denkleminden yararlanarak, araştırmada uygulanan ortalama en yüksek sulama suyu miktarında yapılacak olan oransal azalmaların kuru ot veriminde meydana getireceği kayıplar hesaplanmıştır.



Şekil 4.10 Sulama suyu ve kuru ot verim ilişkisi

Şekil 4.10'da sulama suyu (x) ve kuru ot verimi (y) arasında deneme yılları ortalamasına göre $y = 2.264x + 779.66$ ($R^2 = 0.9875$) şeklinde eşitlik edilmiştir. Bu eşitliklerden yararlanarak kuru ot verim değerleri, kısılan su miktarına göre çizelge 4.12'de hesaplanmıştır.

Çizelge 4.12 Sulama suyuna karşılık kuru ot verimindeki oransal değişim

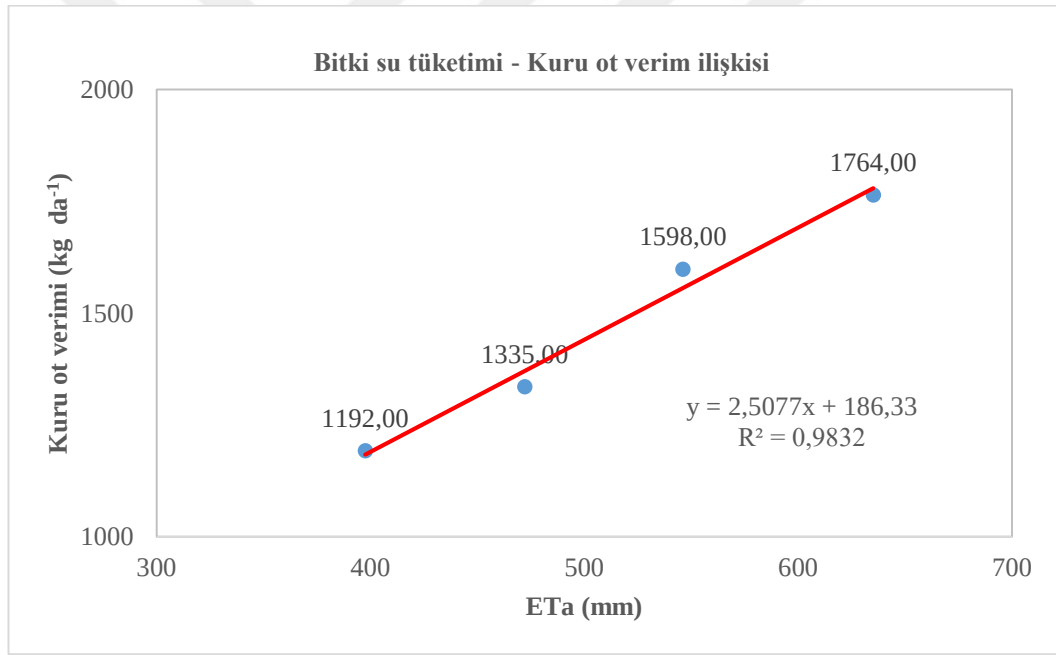
Sulama Suyu	Kuru Ot Verim	Kısılan Su		Kuru Ot Azalan Verim	
(mm)	(kg da ⁻¹)	(%)	(mm)	(kg da ⁻¹)	(%)
437.0	1764.0	0%	0	0	0
415.2	1719.6	5%	21.9	44.4	2.5
393.3	1670.2	10%	43.7	93.8	5.3
349.6	1571.2	20%	87.4	192.8	10.9
305.9	1472.3	30%	131.1	291.7	16.5
262.2	1373.3	40%	174.8	390.7	22.1
218.5	1274.4	50%	218.5	489.6	27.8
174.8	1175.4	60%	262.2	588.6	33.4
131.1	1076.5	70%	305.9	687.5	39.0
87.4	977.5	80%	349.6	786.5	44.6
43.7	878.6	90%	393.3	885.4	50.2
0.0	779.7	100%	437.0	984.3	55.8

Çizelgeden de anlaşılacağı üzere bitkinin ihtiyaç duyduğu sulama suyunda yapılacak olan her bir kısıt kuru ot veriminde azalmaya neden olmaktadır. Deneme de, sulama suyuna uygulanan %20 kısıt, kuru ot veriminde %10.9 verim azalmasına neden olurken, sulama suyunda yapılan %40 ve %60 oranında kısıt kuru ot veriminde sırasıyla %22.1 ve %33.4 oranında bir azalma oluşturmıştır.

Bu konuda yapılan birçok araştırmada, yonca veriminin uygulanan sulama suyu miktarı ile doğrudan ilişkili olduğu görülmektedir. Robinson vd. (1994), yoncada su kısıtı konusunda elde edilen verimin, tam su konusundan elde edilen verimden %53-%64 arasında daha az olduğunu ifade etmişlerdir. Putman vd. (2000) tarafından yapılan bir başka çalışmada ise su kısıtı koşullarında yonca veriminin %46 oranında azaldığını bildirilmiştir. Hanson vd. (2000), yoncada daha az sulama suyu uygulayarak da üretim sağlanabileceğini ifade etmişler, ancak verimde azalmanın göz önüne alınması gerektiğini belirtmişlerdir. Ayrıca, araştırmacılar, su kısıtı koşullarında üretimin doğrudan buharlaşma ile ilgili olduğunu ve buharlaşma oranının azaltılması ile üretimde su kullanımının da azaltılabileceğini ifade etmişlerdir. Frate ve Roberts (2006), yoncanın su stresine karşı çok duyarlı bir bitki olduğunu ifade derken. Kuslu vd. (2010), yoncada su kısıtı düzeyinin artmasıyla verimde önemli bir azalmanın olduğunu belirtmişlerdir.

Yapılan çalışmalardan da anlaşılacağı üzere yonca veriminin sulama ile doğrudan ilişkili olduğu görülmektedir.

Araştırmada elde edilen verim değerlerinin bitki su tüketimi ile ilişkisi değerlendirildiğinde olursak bitki su tüketimi ile kuru ot verimi arasında doğrusal bir ilişki olduğu görülmektedir. Doğru denklemden yola çıkarak hesaplanan ETa değerlerinde uygulanacak oransal azalmaların kuru ot veriminde meydana getireceği kayıplar hesaplanmıştır. Şekil 4.11’de sulama suyu (x) ve kuru ot verimi (y) arasında deneme yılları ortalamasına göre $y = 2.5077x + 186.33$ ($R^2 = 0.9832$) şeklinde eşitlik edilmiştir. Bu eşitlikten yararlanarak çizelge 4.14’de azalan ETa değerlerine göre verim değerleri hesaplanmıştır.



Şekil 4.11 Bitki su tüketimi ve kuru ot verim ilişkisi

Çizelge 4.13’de verildiği gibi bitki su tüketimi üzerinde gerçekleşecek olan her bir kısıt kuru ot veriminde de azalmaya neden olmaktadır. Deneme de, bitki su tüketimine uygulanan %20 kısıt, kuru ot veriminde %17.2 verim azalmasına neden olurken, yapılan %40 ve %60 oranında kısıt kuru ot veriminde sırasıyla %35.3 ve %53.3 oranında bir azalmaya neden olmuştur.

Çizelge 4.13 Bitki su tüketimine karşılık gelen kuru ot değerindeki oransal değişim

Bitki Su Tüketimi	Kuru Ot Verim	Kısılan Su		Kuru Ot Azalan Verim	
(mm)	(kg da ⁻¹)	(%)	(mm)	(kg da ⁻¹)	(%)
635.2	1764	0%	0	0	0
603.4	1700	5%	31.8	64.5	3.7
571.7	1620	10%	63.5	144.1	8.2
508.1	1461	20%	127.0	303.4	17.2
444.6	1301	30%	190.6	462.7	26.2
381.1	1142	40%	254.1	622.0	35.3
317.6	983	50%	317.6	781.3	44.3
254.1	823	60%	381.1	940.5	53.3
190.6	664	70%	444.6	1099.8	62.3
127.0	505	80%	508.1	1259.1	71.4
63.5	346	90%	571.7	1418.4	80.4
0.0	186	100%	635.2	1577.7	89.4

Bitki su tüketimi (ETa), yetiştirilen bitkide su kullanımının ana unsurlarından birisidir ve bitki kök bölgesinin su içeriğinden ve iklim koşullarından önemli bir şekilde etkilenmektedir. Payero vd. (2006), su kısıtı koşullarında yapmış oldukları bir çalışmada ETa değerindeki artışın bitki verimine olumlu katkı sağladığını bildirmişlerdir. Hanson vd. (2007), bitki su tüketiminin iklime göre değişiklik gösterdiğini, yetiştirme döneminin uzaması ve sıcaklığın artması ile bitki su tüketiminin de artış göstereceğini, tersi durumda ise azalacağını bildirmişlerdir. Hanson ve Putnam (2000), yoncada daha az bitki su tüketimi ile üretim sağlanabileceğini ancak verimde belirgin azalmaların olabileceğini belirtmiştir. Yapılan çalışmalar gösteriyor ki su stresindeki artışlar hem verimde hem de bitki su tüketiminde önemli farklılıklar oluşturmaktadır.

4.6.3 Biçim dönemi kuru madde oranı

Deneme konularında biçim dönemine ait örneklerden elde edilen kuru madde oranlarını sulama konularına göre sırasıyla ilk yıl S1 konusunda %27.1, S2 konusunda %27.3, S3 konusunda %29.5 ve S4 konusunda %30.9 olarak elde edilmiştir. Denemenin ikinci yılında biçim dönemi kuru madde oranları sulama konularına göre %27.0, %31.1, %33.4 ve %34.7 olarak elde edilmiştir. Denemenin üçüncü yılında ise elde edilen biçim dönemi

kuru madde oranları konularına göre sırasıyla %26.3, %28.1, %30.1 ve %32.0 olarak elde edilmiştir. Sulama konuları açısından kuru madde oranı değerleri incelendiğinde, uygulanan sulama suyu miktarının artması ile kuru madde oranının azalma eğilimi gösterdiği görülmektedir.

2017, 2018 ve 2019 yıllarına ait biçim dönemine ait elde edilen kuru madde oranlarını toplu varyans analiz tablosu çizelge 4.14’de verilmiştir. Çizelgeye göre sulama konuları ile biçim dönemine ait kuru madde oranları arasında $p < 0.01$ düzeyinde fark bulunmuş ve yıl x sulama interaksyonu önemli çıkmıştır. Bu sebeple biçim dönemi kuru madde oranına ait varyans analizleri her üç yıl için ayrı ayrı değerlendirmeye alınmıştır (Çizelge 4.15).

Çizelge 4.14 Biçim dönemine ait kuru madde oranı toplu varyans analizi

Varyasyon Kaynakları	S.D	K.T	K.O	F	P
Blok	2	1.168	0.584	1.4656	öd
Yıl	2	55.219	27.609	69.2995	0.0000**
Sulama	3	171.308	57.103	143.327	0.0000**
Yıl x Sulama	6	17.346	2.891	7.2564	0.0002**
Hata	22	8.765	0.298		
VK: % 2.12 **: % 1 *: % 5 öd: önemli değil					

Çizelge 4.15 Biçim dönemi kuru madde oranı varyans analiz tablosu ve LSD gruplandırması

Biçim Dönemi Kuru Madde %	Konu	2017			2018			2019		
	S1	27.1 b			27.0 d			26.9 d		
	S2	27.3 b			31.1 c			28.1 c		
	S3	29.5 a			33.4 b			30.1 b		
	S4	30.9 a			34.7 a			32.0 a		
	Var. Kaynak	SD	F	Prob>F	SD	F	Prob>F	SD	F	Prob>F
	Bloklar	2	2.3852	Ö.D.	2	0.178	Ö.D.	2	0.6698	Ö.D.
	Sulama	3	14.5082	0.0037**	3	230.021	0.0001**	3	96.819	0.0001**
	LSD	1.68			0.77			0.87		

Çizelge 4.15’de deneme yılları biçim dönemine ait kuru madde oranı varyans analiz tablosu ve LSD gruplandırması verilmiştir. Buna göre biçim dönemi kuru madde oranı değerleri ile sulama konuları arasındaki fark $p<0.01$ düzeyinde önemli çıkmış ve her üç yıl içinde en yüksek kuru madde oranının S4 konularından elde edildiği, en düşük kuru madde oranının ise S1 konularından elde edilmiştir.

Araştırmada yıllara ait ortalama biçim dönemi kuru madde oranı ve LSD gruplandırması ise çizelge 4.16’da verilmiştir. Buna göre biçim dönemine ait kuru madde oranı açısından en yüksek yıl 2018 olarak görülmektedir. 2017 ve 2019 yılları ise kuru madde oranı açısından aynı sınıflandırmada yer almıştır.

Çizelge 4.16 Yıllara göre ortalama biçim dönemi kuru madde oranı gruplandırması

Yıllar	Kuru Madde Oranı (%)
2017	28.7 b
2018	31.5 a
2019	29.1 b
LSD	0.398

Yonca da kuru madde oranı, belirli bir sıcaklık derecesinde bitkinin içerdiği suyun uçurulduktan sonra kalan ağırlığı olarak ifade edilmektedir. Su içeriğinin bulunması yoncada depolama süresini etkilediğinden ulusal ve uluslararası birçok çalışmada araştırmacılar tarafından konu olarak ele alınmıştır. Ünalp (2014), yoncada yürütmüş olduğu bir araştırmada yonca kuru otunun kuru madde içeriğini biçimler arası değerlendirmiş ve ortalama % 22.37 olarak elde etmiştir. Akbari ve Avcıoğlu (1992), İzmir’de yürütmüş oldukları bir çalışmada kuru madde oranını %19.8-%25.1 arasında elde etmiştir. Oktay vd. (1984). Ankara’da çeşitli koşullarda kurutulan yoncanın besin değerleri üzerine etkisini incelemek amacıyla yürütmüş olduğu bir çalışmada yeşil yoncanın değişik vejetasyon durumlarında kuru madde oranının %12-27 arasında olduğunu ifade etmiştir. Aynı araştırmada Oktay vd. (1984), Haziran ayında yapılan biçimde yoncanın kuru madde oranını %20.16 bulurken, Ağustos ayında yapılan biçimde kuru madde oranını %20.34 olarak bulmuştur. Singh ve Garg (2015), farklı yonca genotipleri üzerinde yapmış oldukları bir çalışmada kuru madde oranlarının %24.12 ile %25.09 arasında değişim gösterdiğini belirtmiştir. Açıkgöz (1995), farklı dönemlerde

yapılan biçimlerde kuru madde oranının %15.0 ile %32.7 arasında değişim gösterdiğini ifade etmiştir. Ayaz (2010), farklı biçim zamanlarında yonca bitkisi için kuru madde oranını en yüksek %29.56, en düşük %24.50 olarak elde edildiğini belirtmiştir. Carter vd. (1983), dört farklı sulama suyu düzeyi uyguladığı bir çalışmada sulama suyu düzeyinin azalması ile kuru madde oranının arttığını belirtmiştir.

Denemede elde edilen biçim dönemi kuru madde oranlarına ait değerler Ayaz (2010) Açıkgöz (1995), Carter ve Sheaffer (1983) ile benzerlik göstermektedir. Diğer araştırmacılarla bulgular arasındaki farkın yonca çeşidi, iklim koşulları, biçim dönemi (çiçeklenme öncesi, %10 çiçeklenme, çiçeklenme sonrası), yoncanın yaşı ve en önemlisi de uygulanan sulama suyunun miktarın etkili olduğu söylenilebilir. Nitekim deneme sonucunda uygulanan sulama suyunun artması ile kuru madde oranının azaldığı görülmektedir.

4.6.4 Kuru madde verimi

Deneme konularından elde edilen yeşil ot verimi ile kuru madde oranı değerlerinden yola çıkılarak kuru madde verimleri hesaplanmıştır. Denemenin ilk yılında sulama konularına göre ortalama kuru madde verimi S1 konusunda 1371, S2 konusunda 1198, S3 konusunda 1144 ve S4 konusunda da 1054 kg da⁻¹ olarak elde edilmiştir. Denemenin ikinci yılında ortalama kuru madde verimleri sulama konularına göre sırasıyla 1374, 1401, 1276 ve 1184 kg da⁻¹ olarak elde edilmiştir. Denemenin üçüncü yılında ise kuru ot verimleri, konularına göre sırasıyla 1344, 1316, 1247 ve 1189 kg da⁻¹ olarak elde edilmiştir. Araştırmada elde edilen kuru madde verimi incelendiğinde uygulanan sulama suyu miktarı ile doğrudan ilişkili olduğu ve sulama suyu miktarının artması ile kuru madde veriminin de arttığı görülmektedir.

Çizelge 4.17’de deneme yıllarına ait kuru madde verimi toplu varyans analiz tablosu verilmiştir. Çizelgeye göre sulama konuları ile kuru madde verim değerlerinde yıllar arasında $p < 0.01$ düzeyinde fark bulunmuş, yılxsulama interaksyonu önemli çıkmıştır. Bu sebeple kuru madde verimine ait varyans analizleri her üç yıl için ayrı ayrı değerlendirmeye alınmıştır (Çizelge 4.18).

Çizelge 4.17 Kuru madde verimine ait toplu varyans analiz tablosu

Varyasyon Kaynakları	S.D	K.T	K.O	F	P
Blok	2	1601.04	800.52	1.5829	öd
Yıl	2	86345.48	43172.74	85.3690	0.0000**
Sulama	3	250396.94	83465.65	165.044	0.0000**
Yıl x Sulama	6	41445.41	6907.57	13.6589	0.0001**
Hata	22	11125.82	505.72		
VK: % 1.79 ** : % 1 *: % 5 öd: önemli değil					

Çizelge 4.18’de deneme yılları kuru madde verimine ait varyans analiz tablosu incelendiğinde sulama konuları arasındaki fark $p < 0.01$ düzeyinde önemli çıkmış ve her üç yıl için en yüksek kuru madde verimi S1 konularından elde edilirken, en düşük kuru madde verimi değeri S4 konularından elde edilmiştir. Araştırmada yıllara ait ortalama kuru madde verimi ve LSD gruplandırması çizelge 4.19’da verilmiştir. Buna göre kuru madde verimi açısından üç ayrı grup oluşurken, en yüksek verim 2018 yılında elde edilmiştir.

Çizelge 4.18 Kuru madde verimine ait varyans analiz tablosu ve LSD gruplandırması

Kuru Madde Verimi kg da⁻¹	Konu	2017			2018			2019		
	S1	1371 a			1374 a			1344 a		
	S2	1198 b			1401 a			1316 a		
	S3	1144 b			1276 c			1247 b		
	S4	1054 c			1184 d			1189 c		
	Var. Kaynak	SD	F	Prob>F	SD	F	Prob>F	SD	F	Prob>F
	Bloklar	2	2.3902	Ö.D.	2	0.288	Ö.D.	2	0.5404	Ö.D.
	Sulama	3	61.299	0.0001**	3	131.382	0.0001**	3	54.9074	0.0001**
	LSD	58.93			29.88			32.54		

Çizelge 4.19 Deneme yılları ortalama kuru madde verimi gruplandırması

Yıllar	Kuru Madde Verimi (kg da⁻¹)
2017	1191.9 c
2018	1308.7 a
2019	1274.2 b
LSD	19.04

Yoncada yem kalitesinin belirlenmesinde önemli bir parametre olan kuru madde verimi, araştırmacılar tarafından üzerinde en çok çalışılan konular içerisinde yer almaktadır. Altınok ve Karakaya (2002), Ankara Haymana’da yürütmüş oldukları bir çalışmada kuru madde verimini ilk yıl 1297 kg da⁻¹, ikinci yıl 1226 kg da⁻¹ olarak elde etmiştir. Kır (2010), Tokat-Kazova koşullarında farklı yonca çeşitleri üzerinde yaptıkları çalışmada, kuru madde verimini 1132.0-1518.3 kg da⁻¹ olarak elde etmiştir. Pricop vd. (1994), Romanya’da yürütmüş oldukları bir çalışmada kuru madde verimini 1030-1220 kg da⁻¹ arasında elde ettiklerini bildirmiştir. Aka ve Avcıoğlu (1999), İzmir’de farklı yonca çeşitlerinde yürüttükleri bir çalışmada kuru madde verimini 1153-1473 kg da⁻¹ olarak elde etmişlerdir. Almarshadi ve Ismail (2011), yüzeyaltı damla sulama sistemi ile her biçimde ortalama 310 mm sulama suyu uyguladığı bir araştırmada kuru madde verimini ortalama 3220 kg da⁻¹ olarak elde ettiğini ifade etmiştir. Alam vd. (2000), yüzeyaltı damla sulamada farklı lateral aralığı ve derinliği üzerine yaptıkları bir çalışmada yonca için kuru madde verimini 1156 kg da⁻¹ olarak elde ettiklerini bildirmişlerdir. Benli vd. (2006), Ankara Haymana koşullarında yürütmüş oldukları bir çalışma kuru madde verimini ilk yıl 1670 kg da⁻¹, ikinci yıl ise 1470 kg da⁻¹ olarak elde etmiştir. Sevimay (1992), Ankara ekolojik koşullarında yürütmüş olduğu bir çalışmada yonca kuru madde verimini 1533-1958 kg da⁻¹ arasında olduğunu ifade etmiştir. Kavut vd. (2004), Bornova ekolojik koşullarında farklı yonca çeşitleri üzerinde yaptıkları araştırmada kuru madde verimini 1422-1624 kg da⁻¹ olarak elde etmiştir. Toricelli vd. (2001), farklı yonca çeşitlerine yönelik yapmış oldukları çalışmada çeşitlerin kuru madde verimini 1309-1761 kg da⁻¹ arasında elde etmiştir. Amiraghaei (2017), yürütmüş olduğu bir çalışmada ortalama kuru madde verimini tam su konusunda 1349 kg da⁻¹, kısıtlı su koşullarında 1159 kg da⁻¹, kuru koşullarda ise 1010 kg da⁻¹ olarak elde etmişlerdir. Donald vd. (2019), yapmış olduğu bir araştırmada uygun bir gübreleme yöntemi ve kontrollü bir sulama uygulaması ile yoncada 1235-1730 kg da⁻¹ arasında kuru madde verimi elde edilebileceğini ifade etmiştir.

Araştırmada elde edilen kuru madde verimlerine ait bulgular, diğer araştırmacılar Donald vd. (2019), Altınok ve Karakaya (2002), Pricop vd. (1994), Kır (2010), Amiraghaei (2017) ve Alam vd. (2000) tarafından elde edilen bulgularla benzerlik göstermektedir. Bulguların benzerlik göstermediği çalışmalarda kuru madde verimindeki farklılığın ekolojik koşullardan, çeşit özelliklerinden, uygulanan sulama suyu miktarı ve uygulama

yönteminden ve biçim zamanındaki farklılıktan kaynaklı olabileceği düşünülmektedir. Nitekim gelişme dönemi boyunca yoncada yapılan su kısıtlamasının kuru madde verimi üzerinde olumsuz etki yaptığı görülmektedir. Erzurum’da Kuslu vd. (2010) tarafından yapılan bir çalışmada bu durum, gelişme dönemi boyunca yapılan su kısıtlamasının yonca kuru madde verimini önemli ölçüde düşürdüğü şeklinde ifade edilmiştir. Nitekim bu ifade deneme bulguları ile benzerlik göstermektedir.

4.6.5 Analiz numunelerindeki kuru madde oranı

Deneme yıllarına ait analiz numunelerinden elde edilen kuru madde oranları araştırmanın ilk yılında sulama konularına göre sırasıyla S1 konusunda %94.65, S2 konusunda %94.70, S3 konusunda %95.15 ve S4 konusunda %95.33 olarak elde edilmiştir. Denemenin ikinci yılında analiz numunelerindeki kuru madde oranları sırasıyla %94.59, %94.81, %95.09 ve %95.40 olarak elde edilmiştir. Denemenin üçüncü yılında ise elde edilen kuru madde oranları sırasıyla %94.32, %94.65, %94.84 ve %95.17 olarak elde edilmiştir. Analiz numuneleri kuru madde oranlarına ait bulgular incelendiğinde biçim dönemi kuru madde oranlarında olduğu gibi uygulanan sulama suyu miktarının artması ile analiz numunelerindeki kuru madde oranının azaldığı görülmektedir.

Çizelge 4.20 Analiz numunelerinde kuru madde oranı (%)

Konu	Analiz numunelerinde kuru madde oranı (%)		
	2017	2018	2019
S1	94.65	94.59	94.32
S2	94.70	94.81	94.65
S3	95.15	95.09	94.84
S4	95.33	95.40	95.17

Araştırmada analiz numunelerine ait kuru madde oranına ilişkin toplu varyans analiz tablosu çizelge 4.21’de verilmiştir. Çizelgede görüldüğü üzere sulama konuları arasında $p < 0.01$ düzeyinde fark elde edilirken yıl x sulama interaksyonu önemsiz bulunmuştur.

Çizelge 4.21 Analiz numunelerinde kuru madde oranı toplu varyans analiz tablosu

Varyasyon Kaynakları	S.D	K.T	K.O	F	P
Blok	2	0.130	0.065	2.4146	0.1127 ^{öd}
Yıl	2	0.387	0.193	7.2078	0.0039*
Sulama	3	3.179	1.060	39.4728	0.000**
Yıl x Sulama	6	0.082	0.014	0.5068	öd.
Hata	22	0.591	0.027		
VK: % 3.72 ** : % 1 *: % 5 öd: Önemli değil					

Denemede analiz numunelerindeki kuru madde oranlarının sulama konuları açısından değerlendirilmesi çizelge 4.22’de verilmiştir. Çizelgeye göre en yüksek kuru madde oranının su kısıtının en yüksek olduğu S4 konusunda elde edildiği, en düşük kuru madde oranının ise sulama suyu miktarının en yüksek olduğu S1 konusundan elde edildiği görülmektedir.

Çizelge 4.22 Konulara göre analiz numuneleri kuru madde oranı gruplandırması

Yıllar	Analiz Numunelerinde Kuru Madde Oranı (%)
S1	94.52 d
S2	94.70 c
S3	95.03 b
S4	95.30 a
LSD	0.14

Araştırmada deneme yılları analiz numunelerine ait ortalama kuru madde oranına ait LSD gruplandırması çizelge 4.23’de verilmiştir. Buna göre, analiz numuneleri kuru madde oranının en yüksek 2017 ve 2018 yıllarında olduğu ve aynı sınıflandırmada yer aldığı görülmektedir.

Çizelge 4.23 Yıllara göre analiz numunelerine ait kuru madde oranı gruplandırması

Yıllar	Analiz Numunelerinde Kuru Madde Oranı (%)
2017	94.96 a
2018	94.97 a
2019	94.75 b
LSD	0.14

Yem bitkilerinin su içeriğinin belirlenmesinde kullanılan bir başka kuru madde oranı ise analiz örneklerdeki kuru madde oranı ifadesidir. Analiz numunelerinde kuru madde oranı, yem kalitesinin belirlenmesinde önemli bir parametredir ve araştırmacılar tarafından birçok çalışmada konu olarak ele alınmıştır. Ünalp (2014), farklı gelişme ve biçim dönemlerinde yoncadaki kuru madde oranı belirlemeye yönelik yapmış olduğu bir çalışmada, çiçeklenme başlangıcı döneminde yapılan biçimlerde yonca kuru örneğindeki kuru madde oranını %93.12-%92.08 arasında elde etmiştir. Denek ve Deniz (2004), yaptıkları bir çalışmada yonca kuru otunun analiz numunelerindeki kuru madde içeriğini %91.18 olarak elde ettiğini ifade etmişlerdir. Şehu vd. (1998) ise yonca kuru numuneleri için kuru madde içeriğini %91.67 olarak hesaplamışlardır. Güngör vd. (2008), Kırıkkale’de yürüttükleri bir çalışmada yoncaların kuru madde içeriklerini sırasıyla %92.87 ve %91.79 olarak elde ettiklerini bildirmişlerdir. Oktay vd. (1984), Ankara’da farklı kurutma yöntemlerinin yoncada besin değerleri üzerine etkisini incelemek amacıyla yapmış olduğu bir çalışmada kuru yoncanın doğal kurutma koşullarında kuru madde oranının %86 olduğunu bildirmişlerdir. Aksoy vd. (2003), yaptıkları bir çalışmada yonca çeşitleri arasında kuru madde oranının %93.47 ile %94.10 arasında farklılık gösterdiğini bildirmişlerdir. Mohammed (2007), Ankara ve Konya ekolojik koşullarında iki ayrı lokasyonda yürütmüş olduğu bir çalışmada kuru madde oranının %88.6-%91.2 arasında olduğunu bildirmiştir. Kamalak (2005), yapmış olduğu bir çalışmada çiçeklenme başlangıcında yonca kuru madde oranını %91.52 bulmuştur. Artan (2019), yürütmüş olduğu bir çalışmada yonca için kuru madde oranını ilk yıl %89.92, ikinci yıl ise %88.89 olarak elde ettiğini ifade etmiştir. Çağan vd. (2012), farklı yonca türleri üzerinde yapılan bir çalışmada yoncada kuru madde oranını %90.8 ile %91.7 olduğunu belirtmişlerdir. Aslan (2020), farklı yonca çeşitlerinin verim ve kalite parametrelerini incelemek üzere yapmış olduğu bir çalışmada yonca kuru otunda kuru madde oranının % 93.35 ile % 93.60 arasında değişim gösterdiğini belirtmiştir.

Denemede elde edilen analiz numunelerinde kuru madde oranına ait bulgular. Aksoy vd. (2003), Aslan (2020), Güngör vd. (2008), Ünalp (2014), Denek ve Deniz (2004), Şehu vd. (1998), Çağan vd. (2012) tarafından yapılan çalışmalardan elde edilen bulgularla benzerlik göstermektedir. Deneme bulgularının benzerlik göstermediği çalışmalarda ise ekolojik koşulların, sulama yöntemi ve miktarının, yonca çeşidinin ve özellikle biçim

döneminin etkili olduğu söylenebilir. Öyle ki Carter ve Sheaffer (1983), yapmış oldukları bir çalışmada uygulanan sulama suyu miktarının artmasıyla yonca da kuru madde oranının azalacağını ifade etmişlerdir. Nitekim deneme sonuçları incelendiğinde en yüksek kuru madde oranının en az sulama suyunun uygulandığı S4 konusundan, en az kuru madde miktarını ise sulama suyu miktarının en fazla uygulandığı S1 konusundan elde edildiği görülmektedir.

4.7 Su Üretkenliği ve Sulama Suyu Üretkenliği

Son dönemlerde yapılan birçok araştırmada sulama suyu kullanım etkinliği ifadesinin yerine, sulama suyu fiziksel üretkenliği ifadesi kullanılmakta (Kijne vd. 2003) ve elde edilen verimin uygulanan sulama suyu miktarına oranı olarak hesaplanmaktadır. Araştırmada kuru ot verimi, sulama suyu miktarı ve bitki su tüketimleri dikkate alınarak hesaplanan su üretkenliği (WUE) ve sulama suyu üretkenliği (IWUE) değerlerine ilişkin deneme yıllarına ait elde edilen veriler incelendiğinde kuru ot verim değerleri açısından su üretkenliğinin değeri 2.47-3.19 kg m⁻³ arasında elde edilmiştir. Deneme yıllarına göre en yüksek WUE değeri sırasıyla 2.64, 3.14 ve 3.23 kg m⁻³ olarak hesaplanmıştır. Kuru ot verimi üzerinden hesaplanan sulama suyu üretkenliği ise 3.36-7.51 kg m⁻³ arasında elde edilmiştir. Araştırma yıllarına ait en yüksek IWUE değeri ise sırasıyla 5.71, 7.28 ve 7.51 kg m⁻³ olarak hesaplanmıştır. Deneme konuları içerisinde genel olarak en yüksek WUE ve IWUE değerleri su kısıtının en fazla uygulandığı S4 konusunda elde edilmiştir.

Çizelge 4.24 Deneme yılları WUE ve IWUE değerleri

WUE (kg m ⁻³)	Konu	2017	2018	2019
	S1	2.47	2.81	3.05
	S2	2.60	2.94	3.23
	S3	2.53	2.88	3.05
	S4	2.64	3.14	3.19
IWUE (kg m ⁻³)	Konu	2017	2018	2019
	S1	3.36	4.32	5.45
	S2	3.80	4.81	5.13
	S3	4.27	5.35	5.69
	S4	5.71	7.28	7.51

Araştırma yılları WUE ve IWUE verilerini değerlendirdiğimizde 2017 ve 2018 yılında en yüksek su üretkenliği değerinin S4 konusunda elde edildiği, 2019 yılında ise en yüksek

WUE değerinin S4 ve S2 konusundan elde edildiği görölmektedir. En düşük su üretkenliği değeri ise su kısıtının en fazla uygulandığı S1 konusundan elde edilmiştir.

Yapılan araştırmalarda uygulanan sulama suyu miktarı, bitki su tüketimi değeri ve yoncanın biçim dönemlerine göre elde edilen verimler, hesaplanan su üretkenliği ve sulama suyu üretkenliğinde farklılıkların olmasına neden olmuştur. Bu konuda yapılan çalışmalara bakıldığında, İsmail vd. (2013), yüzeyaltı damla sulama yöntemi kullanarak %100, %85 ve %70 olacak şekilde üç farklı su kısıtı düzeyi uygulamışlar ve kuru ot verimi üzerinden IWUE değerlerini hesaplamışlardır. Araştırmada IWUE değerlerini sulama konularına göre sırasıyla 13.19, 13.95 ve 14.31 kg m⁻³ olarak elde ettiğini ifade etmişlerdir. Ayrıca uygulanan sulama suyu miktarının azalması ile yonca veriminin azaldığını, ancak sulama suyu üretkenliğinin arttığını belirtmişlerdir. Sammis (1981), Bogle vd. (1989) ve Lamm vd. (1995) yaptıkları çalışmalarda, IWUE değerinin yüzeyaltı damla sulama sisteminde 2.83 ile 22.7 kg m⁻³, yüzey üstü damla sulama sisteminde 2.35 kg m⁻³ ile 12.7 kg m⁻³ ve yağmurlama sulama sistemlerinde 0.44 kg m⁻³ ile 6.59 kg m⁻³ arasında değiştirdiğini belirtmişlerdir. Retta ve Hanks (1980), Utah'ta yapmış olduğu yonca çalışmasında yağmurlama sulama yöntemi kullanarak WUE'nin su kısıtı koşullarında 1.9 kg m⁻³, tam sulama koşullarında ise 2.1 kg m⁻³ olarak elde etmiştir. Djaman vd. (2020), yoncada sulama suyu uygulamaları ve biçimler arasındaki farkın, su üretkenliği üzerine etkisini belirlemek amacıyla yapmış oldukları bir çalışmada birinci, ikinci, üçüncü ve dördüncü biçimlerde WUE değeri sırasıyla 2.2-2.3 kg m⁻³, 1.16-2.85 kg m⁻³, 0.06-3.3 kg m⁻³ ve 0.9-2.2 kg m⁻³ olarak elde ettiğini, denemenin ikinci yılında ise biçimlere göre sırasıyla 0.2-2.6 kg m⁻³, 0.7-2.6 kg m⁻³, 1.6-3.1 kg m⁻³ ve 1.4-2.8 kg m⁻³ olarak elde ettiklerini bildirmişlerdir. Wang vd. (2018), yüzeyaltı damla sulamada 5, 10 ve 20 cm lateral derinlikleri üzerinde yapmış oldukları bir çalışmada yoncada WUE değeri sırasıyla 2.24, 2.51 ve 2.40 kg m⁻³ olarak elde etmiştir. A-Naeem (2008), Suudi Arabistan-Al-Ahsa'nda farklı sulama rejimi altında yürütmüş olduğu çalışmada yonca kuru ot verimine ait ortalama WUE değeri 0.51-0.88 kg m⁻³ arasında hesaplamıştır. Kang ve Zhang (2004), yapmış oldukları çalışmada sulama suyunun daha az uygulandığı konuda daha yüksek sulama suyu üretkenliğinin elde edildiğini bildirmişlerdir. Aynı şekilde, Rusere vd. (2012) ile Yazar vd. (2002), kısıtlı sulama suyun uygulamasında verimin azaldığını ancak, sulama suyu üretkenliğinin (IWUE) arttığını bildirmişlerdir.

Denemede elde edilen bulgular, Djaman vd. (2020) ve Wang vd. (2018) tarafından yapılan çalışmalarla benzer sonuçlar gösterse de, bulgular arasında farklılık gösteren çalışmalarda bulunmaktadır. Bu farklılığın nedeni, iklim koşulları bağlı yağış ve sıcaklık gibi önemli parametrelerin yanı sıra, yoncanın çeşit özellikleri ile yoncanın yaşı ve biçim dönemlerine ait verim değerleride etkili olmaktadır. Öyle ki Smeal vd. (1991), güneş ışınlamındaki değişikliğinin WUE’de mevsimsel farklılığa yol açtığını, zaman içerisinde artan güneş ışınlamının bitkide biyokütleyi artırdığı ve bu durumun WUE değerlerinde etkili olduğunu bildirmiştir. Aynı şekilde Hanson vd. (1988), gün uzunluğunun kısalması ve sıcaklıkların düşmesinin toprak üzerindeki biyokütlenin daha az olmasına neden olacağını ve verimin, dolayısıyla WUE’nin de düşük olmasında etkili olduğunu bildirmiştir. Ayrıca Carter ve Sheaffer (1983), yürütmüş olduğu bir çalışmada WUE değerinin ETa ile ilişkili olduğunu, artan ETa ile birlikte WUE değerinde azalma görüldüğünü bildirmiştir. Söz konusu yapılan bu çalışmada da yıllar arasında iklim özelliklerinde yaşanan farklılıklar doğrudan ETa ve sulama suyu miktarında etkili olmuş, dolayısıyla verim değerlerin de azalış ve artışları beraberinde getirmiştir. Ayrıca yonca da yeterli kök gelişimi sağlandıktan sonra verim değerlerinde artış görüleceğinden yoncanın gelişme döneminde WUE ve IWUE değerlerinde önemli bir etken olmaktadır.

Yapılan bu çalışmada birim sulama suyuna karşılık elde edilen net gelir, başka bir ifade ile sulama suyu üretkenliği, birim alandan elde edilen net gelirin uygulanan sulama suyu miktarına oranından hesaplanmıştır (Sinclair vd. 1984; Kijne vd. 2003; Sharma vd. 2015; Yolcu vd. 2016). Net gelir hesaplamalarında yoncanın ekonomik ömrü 7 yıl, yüzeyaltı damla sulama sisteminin ekonomik ömrü 10 yıl olarak ele alınmıştır.

$$EWUE = NG / I \quad (4.2)$$

Eşitliklerde;

EWUE: Birim sudan elde edilen net gelir (ekonomik üretkenlik) (TL m⁻³)

I: Sulama suyu (m³ da⁻¹).

NG: Birim alandan elde edilen net gelir (TL da⁻¹) göstermektedir.

Denemede birim sulama suyundan elde edilen net gelir hesabı yapılmış ve net gelir hesabında, araştırmanın yürütüldüğü bölge koşullarına göre güncel ve gerçek üretim masrafları ile ürün satış fiyatları kullanılmıştır. Buna göre sulama suyu ekonomik üretkenliği eşitlik 4.2'den yararlanarak hesaplanmış ve çizelge 4.25'de verilmiştir.

Çizelge 4.25 Ekonomik su üretkenliği (EWUE)

Konular	Kuru Ot kg da ⁻¹	Sulama Suyu mm	Net Gelir (Birim alana göre) TL da ⁻¹	Sulama Suyu Ekonomik Üretkenliği (EWUE) (Net Gelir-Birim su miktarına göre) TL m ⁻³
S1	10498.0	3059.2	10499.4	3.43
S2	9591.0	2447.2	9586.7	3.92
S3	7992.1	1835.4	7566.9	4.12
S4	7092.8	1223.6	6666.5	5.45

Elde edilen net gelir ve sulama suyu miktarına bağlı olarak hesaplanan suyun ekonomik üretkenlikleri S1 konusunda 3.43 TL m⁻³, S2 konusunda 3.92 TL m⁻³, S3 konusunda 4.12 TL m⁻³ olarak bulunurken S4 konusunda bu değer 5.45 TL m⁻³ çıkmıştır. Verilen bir birim sulama suyuna karşılık elde edilen en yüksek gelir artışı sulama suyunun en az uygulandığı S4 konusunda elde edilmiştir. Araştırmada, birim sulama suyuna karşılık elde edilen net gelir incelendiğinde deneme yıllarına göre artış elde edildiği görülmektedir.

4.8 Sulama Konularının Kalite Parametreleri Üzerine Etkisi

4.8.1 Ham kül verimi ve ham kül oranı

Deneme konularına ait elde edilen ham kül verimi ve ham kül oranına ait değerler incelendiğinde denemenin ilk yılında sulama konularına göre sırasıyla S1 konusunda 158.5 kg da⁻¹ - %11.6. S2 konusunda 136.9 kg da⁻¹ - %11.4. S3 konusunda 128.4 kg da⁻¹ - %11.2 ve S4 konusunda ise 115.1 kg da⁻¹ - %10.9 olarak elde edilmiştir. Denemenin ikinci yılında ise ham kül verimi ve ham kül oranına ait elde edilen veriler sırasıyla 145.0 kg da⁻¹ - %10.6. 141.1 kg da⁻¹ - %10.1. 125.3 kg da⁻¹ - %9.8 ve 112.5 kg da⁻¹ - %9.5 olarak elde edilirken üçüncü yılda ise veriler sırasıyla 151.2 kg da⁻¹ - %11.3. 140.3 kg da⁻¹ -

%10.9. 130.6 kg da⁻¹ - %10.5 ve 116.8 kg da⁻¹ - %9.8 olarak elde edilmiştir. Ham kül verimi ve ham kül oranına ait bulgulara bakıldığında sulama suyu miktarının artmasıyla ham kül veriminin ve ham kül oranının artış gösterdiği görülmektedir.

Çizelge 4.26'da ham kül verimi ve ham kül oranına ait toplu varyans analiz tablosu verilmiştir. Tabloda görüldüğü üzere sulama konuları ile ham kül verimi ve ham kül oranı değerlerinde yıllar arasında $p < 0.01$ düzeyinde fark bulunmuş, toplu varyans analiz sonucunda yıl x sulama interaksyonu her iki parametrede de önemli çıkmıştır. Bu nedenle ham kül verimi ve ham kül oranına ait varyans analizlerinde yıllar ayrı ayrı değerlendirmeye alınmıştır (Çizelge 4.27).

Çizelge 4.26 Ham kül verimi ve oranı toplu varyans analiz tablosu

Ham kül Verimi kg da ⁻¹	Var. Kaynakları	S.D	K.T	K.O	F	P
	Blok	2	27.382	13.691	1.9289	öd
	Yıl	2	111.030	55.515	7.8213	0.0027*
	Sulama	3	6661.468	2220.489	312.837	0.0000**
	Yıl x Sulama	6	260.268	43.378	6.111	0.0007**
	Hata	22	156.153	7.098		
	VK: % 2.0 **: % 1 *: % 5 öd: önemli değil					
Ham kül Oranı %	Var. Kaynakları	S.D	K.T	K.O	F	P
	Blok	2	0.026	0.013	0.7183	öd
	Yıl	2	10.025	5.012	278.374	0.0027 ^x
	Sulama	3	5.319	1.773	98.4665	0.0000 ^{xx}
	Yıl x Sulama	6	0.605	0.101	5.5968	0.0012 ^x
	Hata	22	0.396	0.018		
	VK: % 1.26 **: % 1 *: % 5 öd: önemli değil					

Çizelge 4.27' de görüldüğü üzere deneme yıllarına ait ham kül verimleri ve ham kül oranları her üç yıl için sulama konuları açısından $p < 0.01$ düzeyinde önemli çıkmıştır. Araştırma yıllarına ait ham kül verimleri ve ham kül oranları her üç yıl için sulama konuları açısından $p < 0.01$ düzeyinde önemli çıkmıştır. Araştırmada en yüksek ham kül verimi ve ham kül oranı, sulama suyunun en fazla uygulandığı S1 konularından, en düşük ham kül verimi ve ham kül oranı ise sulama suyunun en az uygulandığı S4 konularından elde edilmiştir.

Çizelge 4.27 Ham kül verimi ve oranı varyans tablosu ve LSD gruplandırması

Ham Kül Verimi kg da ⁻¹	Konu	2017			2018			2019		
	S1	158.5 a			145.0 a			151.2 a		
	S2	136.9 b			141.1 b			140.3 a		
	S3	128.4 c			125.3 c			130.6 b		
	S4	115.1 d			112.5 d			116.8 c		
	Var. Kay.	SD	F	Prob>F	SD	F	Prob>F	SD	F	Prob>F
	Bloklar	2	0.5636	Ö.D.	2	0.0584	Ö.D.	2	4.8651	Ö.D.
	Sulama	3	63.8479	0.0001**	3	314.58	0.0001**	3	169.3168	0.0001**
	LSD	7.9			2.9			3.9		
Ham Kül Oranı %	Konu	2017			2018			2019		
	S1	11.56 a			10.56 a			11.25 a		
	S2	11.43 b			10.07 b			10.94 a		
	S3	11.22 c			9.83 c			10.46 b		
	S4	10.92 d			9.50 d			9.84 c		
	Var.Kay.	SD	F	Prob>F	SD	F	Prob>F	SD	F	Prob>F
	Bloklar	2	0.1128	Ö.D.	2	0.0485	Ö.D.	2	1.0427	Ö.D.
	Sulama	3	81.5690	0.0001**	3	71.75	0.0001**	3	26.2352	0.0008**
	LSD	0.11			0.18			0.42		

Araştırmada yıllara ait ortalama ham kül verimi ve ham kül oranı LSD gruplandırması çizelge 4.28’de verilmiştir. Buna göre 2017 ve 2019 yılları ortalama ham kül verimi açısından aynı gruplandırmada yer almış ve en yüksek verim bu yıllarda elde edilmiştir. Ham kül oranı açısından ise en yüksek değer 2019 yılında elde edilmiştir.

Çizelge 4.28 Deneme yılları ham kül verimi ve oranına ait gruplandırma

Yıllar	Ham Kül Verimi (kg da ⁻¹)	Ham Kül Oranı (%)
2017	134.72 a	11.28 a
2018	130.99 b	9.99 c
2019	134.72 a	10.62 b
LSD	2.26	0.114

Yemlerde ham kül miktarı o yemin mineral madde kapsamı hakkında bilgi vermektedir. Bu nedenle ham kül verimi ve ham kül oranı yemin kalitesi açısından değerlendirilmesinde önemli bir parametredir ve bu konu üzerinde yapılmış birçok araştırma mevcuttur. Ünalp (2014), farklı gelişme ve biçim dönemlerinde yoncada ham kül oranını çiçeklenme başlangıcında %9.18 ile %10.95 arasında tespit etmiştir. Oktay

vd. (1984), farklı koşullarda kurutulan yoncanın besin değerleri üzerinde yapmış oldukları bir çalışmada, yağmurlu havada, gölgede ve güneşte kurutulan yonca otunun ham kül oranlarını sırasıyla %7.98, %7.71 ve %11.46 olarak elde ettiklerini belirtmişlerdir. Başbağ vd. (2009), ülkemizde farklı yonca çeşitlerinin verim ve kalite özellikleri belirlemek amacıyla yürüttükleri bir çalışmada ham kül oranını %8 ile %18.6 arasında tespit etmişlerdir. Karaköy ve Saraç (2018), Sivas ekolojik koşullarında yürütmüş oldukları bir çalışmada ham kül oranını %9.14-%11.12 arasında elde etmişlerdir. Açıkgöz (1995), yapmış olduğu çalışmada yoncada ham kül oranının %7.4-%12.0 arasında olduğunu ifade etmiştir. Kamalak vd. (2005), yonca için ham kül oranını %10.33 ile %11.65 arasında elde etmiştir. Zang vd. (2005), Çin’ de yürüttükleri bir çalışmada ham kül verimini %7.3-%12.6 arasında olduğunu ifade etmişlerdir. Davodi vd. (2011), kuru tarımda yoncada verim ve kalite özelliklerini belirlemek amacıyla yapmış oldukları bir çalışmada ham kül oranını %6.03 ile %6.44 arasında olduğunu belirtmişlerdir. Geleti vd. (2014), farklı yonca çeşitlerinin verim ve kalite özelliklerini belirlemek amacıyla yürüttükleri bir çalışmada ham kül oranının %10.03-%10.69 arasında değişim gösterdiğini belirtmişlerdir. Gashaw vd. (2015), ham kül oranını yonca çeşitlerinde %9.07 ile %10.47 arasında tespit etmişlerdir. Harmanlıoğlu (2019), Kayseri ekolojik koşullarında yürütmüş olduğu bir çalışmada farklı yonca çeşitlerinde ham kül oranını en düşük %9.41, en yüksek %10.52 olarak elde etmiştir. Adıyaman (2014), Isparta ekolojik koşullarında farklı biçim dönemlerinde yonca kalite parametrelerini incelediği bir çalışmada çiçeklenme başlangıcı dönemde ham kül oranını %11.05 olarak elde etmiştir.

Ham kül verimi ile ilgili araştırmacılar tarafından daha önce yapılan alışmalar incelendiğinde, Avcıoğlu vd. (1989), İzmir’de farklı yonca çeşitleri üzerinde yaptıkları bir çalışmada ham kül verimini 89.3-175.6 kg da⁻¹ arasında olduğunu belirtmişlerdir. Töngel (2005), Samsun ekolojik koşullarında yapmış olduğu bir araştırmada farklı yonca çeşitlerinde ham kül veriminin 142.9-234.2 kg da⁻¹ arasında değiştiğı bildirmiştir. Turan (2010), farklı yonca çeşitlerinde verim unsurları üzerine yapmış olduğu bir çalışmada çeşitler arasında ham kül verimini en yüksek 124 kg da⁻¹. en düşük ise 69 kg da⁻¹ olarak elde etmiştir. Acar (2002), Tokat’da farklı yonca çeşitlerinin uygunluğu üzerine yapmış olduğu bir çalışmada, çeşitler arasında ham kül veriminin 267.9-379.0 kg da⁻¹ arasında

olduğunu belirtmiştir. Gralak vd. (2006), yürütmüş oldukları bir çalışmada ham kül kalitesinin bitki tür ve çeşidine, bölgenin iklim ve toprak özellikleri ile genetik farklılıktan kaynaklı olabileceği bildirmişlerdir. Ayrıca Kacar ve Katkat (1998) biçim dönemi gecikmesi ile ham kül oranının düştüğünü, bu durumda en önemli sebebinin bitkide yaprak/sap oranında ki düşme olduğunu ifade etmişlerdir. Özyiğit ve Bilgen (2006) ise ham külün bitkilerde en fazla yaprakta bulunduğunu, su ile birlikte köklerden yapraklara taşınan minerallerin suyun transpirasyonu ile yapraklarda biriktiğini, bu durumda yaprakta iz element miktarının artacağını, dolayısıyla ham kül miktarının artacağını ifade etmişlerdir.

Denemede ham kül oranına ait bulgular. Kamalak (2005), Ünalp (2014), Karaköy ve Saraç (2018), Geleti vd. (2014), Gashaw vd. (2015), Harmanlıoğlu (2019) ve Adıyaman (2014) tarafında yapılan çalışmalardan elde edilen bulgularla benzerlik göstermektedir. Ham kül verim değerlerinden elde edilen bulgular ise Avcıoğlu vd. (1989), Töngel (2005) ve Turan (2010) göre benzerlik göstermektedir. Diğer araştırmacılara göre bulguların farklılık göstermesi. Gralak vd. (2006), Kacar ve Katkat (1998) ve Özyiğit ve Bilgen (2006)'da ifade edilen nedenlerden kaynaklı olabileceği gibi uygulanan sulama yöntemi ve sulama suyu miktarının farklı olması, iklim koşulları, bitki çeşidi, biçim zamanı ile gübreleme gibi farklı tarımsal uygulamalardan da ileri gelebileceği ifade edilebilir.

4.8.2 Ham protein verimi ve ham protein oranı

Deneme konularına ilişkin ham protein verimi ve ham protein oranına ait elde edilen veriler değerlendirildiğinde denemenin birinci yılında sulama konularına göre sırasıyla S1 konusunda 342.2 kg da⁻¹ - %25.0. S2 konusunda 302.3 kg da⁻¹ - %25.2. S3 konusunda 294.9 kg da⁻¹ - %25.8 ve S4 konusunda ise 276.6 kg da⁻¹ - %26.2 olarak elde edilmiştir. Denemenin ikinci yılında ise ham protein verimi ve ham protein oranına ait elde edilen veriler konularına göre sırasıyla 265.2 kg da⁻¹ - %19.1. 271.8 kg da⁻¹ - %19.7. 261.8 kg da⁻¹ - %20.2 ve 248.3 kg da⁻¹ - %20.9 olarak elde edilirken denemenin üçüncü yılında veriler sırasıyla 242.8 kg da⁻¹ - %18.1. 243.0 kg da⁻¹ - %18.5. 241.4 kg da⁻¹ - %19.3 ve 231.9 kg da⁻¹ - %19.5 olarak elde edilmiştir. Ham protein verimi ve ham protein oranına

ait bulgular incelendiğinde sulama suyu miktarının artması ile ham protein verimi artarken, ham protein oranının azaldığı görülmektedir.

Çizelge 4.29’da deneme yılları ham protein oranı ve ham protein verimine ait toplu varyans analiz tablosu verilmiştir. Buna göre sulama konuları ile ham protein verimi değerlerinde yıllar arasında $p<0.01$ düzeyinde fark bulunurken, ham protein oranı değerlerinde yıllar arasında $p<0.05$ düzeyinde fark bulunmuştur. Toplu varyans analiz sonucunda yılxsulama interaksyonu her iki parametrede de önemli çıkmıştır. Bu nedenle ham protein verimi ve ham protein oranına ait varyans analizleri üç yıl için ayrı ayrı değerlendirmeye alınmıştır (Çizelge 4.30).

Çizelge 4.29 Ham protein verimi ve oranı toplu varyans analizi tablosu

Ham Protein Verimi kg da ⁻¹	Varyasyon Kaynakları	S.D	K.T	K.O	F	P
	Blok	2	172.868	86.434	1.5623	0.2320 ^{öd}
	Yıl	2	25581.71	12790.857	231.196	0.0000**
	Sulama	3	4572.441	1524.147	27.5491	0.0000**
	Yılxsulama	6	3466.473	577.745	10.4428	0.0001**
	Hata	22	1217.144	55.325		
	VK: % 2.77 **: % 1 x: % 5 öd: önemli değil					
Ham Protein Oranı %	Varyasyon Kaynakları	S.D	K.T	K.O	F	P
	Blok	2	0.023	0.011	0.3447	öd
	Yıl	2	309.736	154.868	4737.37	0.0000**
	Sulama	3	11.786	3.929	120.179	0.0000**
	Yılxsulama	6	0.502	0.084	2.5589	0.0493*
	Hata	22	0.719	0.033		
	VK: % 0.84 **: % 1 *: % 5 öd: önemli değil					

Deneme yıllarına ait ham protein verimi ve ham protein oranına ait varyans analiz tablosu çizelge 4.30’da ayrı ayrı istatistiki olarak değerlendirilmiştir. Her üç yıl içinde ham protein oranında sulama konuları arasındaki fark $p<0.01$ düzeyinde önemli bulunmuş ve en yüksek ham protein oranı her üç yıl içinde en az sulama suyunun uygulandığı S4 konularından elde edilirken, en düşük ham protein oranı ise sulama suyunun en fazla uygulandığı S1 konularından elde edilmiştir. Ham protein verimleri ayrı ayrı istatistiki olarak değerlendirildiğinde denemenin ilk yılında sulama konuları arasındaki fark $P<0.01$

düzeyinde önemli olurken, denemenin ikinci ve üçüncü yılında sulama konuları arasındaki fark $P < 0.05$ düzeyinde önemli bulunmuş ve her üç yılda da en yüksek ham protein verimi S1 konusundan, en düşük ham protein verimi ise S4 konusundan elde edilmiştir. Araştırmada yıllara ait ortalama ham kül verimi ve ham kül oranına ait LSD gruplandırması çizelge 4.31’de verilmiştir. Çizelgeye göre ortalama ham kül oranı ve ham kül verimi açısından 2017 yılı en yüksek yıl olarak görülürken, en düşük verim değerleri 2019 yılında elde edilmiştir.

Çizelge 4.30 Ham protein verimi ve oranı varyans tablosu ve LSD gruplandırması

Ham Protein Verimi kg da ⁻¹	Konu	2017			2018			2019		
	S1	342.21 a			265.16 a			242.76 a		
	S2	302.89 b			271.79 a			243.03 a		
	S3	294.87 bc			261.82 ab			241.39 a		
	S4	276.57 c			248.26 b			231.78 b		
	Var. Kaynak	SD	F	Prob>F	SD	F	Prob>F	SD	F	Prob>F
	Bloklar	2	1.6480	0.2689	2	1.3525	0.3275	2	0.0696	öd.
	Sulama	3	27.0849	0.0007**	3	4.8986	0.0471*	3	6.8178	0.0232*
	LSD	18.41			15.49			7.10		
Ham Protein Oranı %	Konu	2017			2018			2019		
	S1	25.0 c			19.1 d			18.1 c		
	S2	25.2 c			19.7 c			18.5 b		
	S3	25.8 b			20.2 b			19.3 a		
	S4	26.2 a			20.9 a			19.5 a		
	Var. Kaynak	SD	F	Prob>F	SD	F	Prob>F	SD	F	Prob>F
	Bloklar	2	0.1277	Ö.D.	2	0.0507	Ö.D.	2	1.4793	Ö.D.
	Sulama	3	24.5797	0.0009**	3	40.3919	0.0002**	3	52.3161	0.0001**
	LSD	0.38			0.42			0.33		

Çizelge 4.31 Deneme yılları ham protein verimi ve oranına ait gruplandırma

Yıllar	Ham Protein Verimi (kg da ⁻¹)	Ham Protein Oranı (%)
2017	303.98 a	25.55 a
2018	261.76 b	19.98b
2019	239.74 c	18.84c
LSD	6.30	0.154

Ham protein değeri, hayvansal üretimde yemlerin besin değerlerinin belirlenmesinde önemli bir kalite parametresi olarak ifade edilmiş ve birçok araştırmacı tarafından konu olarak ele alınmıştır. Mohammed (2007), Konya ve Ankara olmak üzere farklı iki lokasyonda yürütmüş olduğu bir çalışmada. Ankara lokasyonunda ham protein oranı ve ham protein verimini sırasıyla %19.30 ile 335.80 kg da⁻¹, Konya lokasyonunda ise ham protein oranı ve ham protein verimi %20.14 ile 356.88 kg da⁻¹ olarak elde etmiştir. Toricelli vd. (2001), İtalya’da farklı yonca çeşitleri üzerinde yapmış oldukları bir çalışmada ham protein oranının %19.99 - %21.70 arasında değiştiğini ifade etmişlerdir. Canbolat vd. (2006), Elçi yonca çeşidinde çiçeklenme öncesi ham protein oranını %19.75, çiçeklenme döneminde ise %17.25 olarak elde etmişlerdir. Markovic vd. (2008), yonca yapraklarında ham protein oranını %29.1, saplarda ise ham protein oranını %14.5 olarak elde edildiğini ifade etmişlerdir. Güngör vd. (2008), Kırıkkale ekolojik koşullarında yetiştirilen yonca çeşitleri üzerinde yapmış oldukları bir çalışmada ham protein oranının %11.44 - %20.79 arasında değiştiğini belirtmişlerdir. Scholtz vd. (2009), Güney Afrika’da topladıkları farklı yonca çeşitlerinde ham protein oranının %13.9-%27.8 arasında değiştiğini bildirmişlerdir. Katic vd. (2009), Sırbistan’da farklı yonca çeşitleri üzerinde yürütmüş oldukları bir çalışmada ham protein oranlarını %17.3-%19.7 arasında elde etmişlerdir. Geleti vd. (2014), yapmış oldukları bir araştırmada yonca çeşitlerinde ham protein oranının %18.15-%19.56 arasında değiştiğini ifade etmişlerdir. Yılmaz (2011), Isparta koşullarında farklı yonca çeşitlerinde yapmış olduğu bir çalışmada ham protein verimini 423.89-449.73 kg da⁻¹ arasında, ham protein oranını ise en yüksek %17.58 olarak elde etmiştir. Berrada (2005), farklı yonca çeşitlerinde, farklı su stresi uygulamaları (düşük, orta ve yüksek su stresi) altında ortalama ham protein oranını %21 olarak elde etmiştir. Amiraghaei (2017), farklı yonca genotiplerinde kuru, kısıtlı ve tam sulama uygulamaları altında yürütmüş olduğu bir çalışmada ortalama ham protein oranı kuru koşullarda %20.5, kısıtlı koşulda %21.2, tam su konusunda ise %21 olarak elde etmiştir. Söz konusu araştırmada, yonca genotiplerinin su uygulamasına karşı tepkisinin çeşitler arasında farklılık gösterdiğini ifade etmiş ve araştırmada kullanılan bazı genotiplerde artan su uygulaması ile ham protein oranının arttığını, bazı genotipler de ise su uygulamasının artması ile ham protein oranında azalma eğilimi görüldüğü belirtilmiştir. Sonuç olarak ham protein oranında su x genotip interaksiyonunun önemli olduğu belirtilmiştir. Akbari ve Avcioğlu (1992), Bornava’da farklı yonca çeşitleri

üzerinde yürütmüş oldukları bir çalışmada ham protein oranının %18.7-%22.9 arasında değiştiğini belirtmişlerdir. Şengül vd. (1996), farklı yonca çeşitlerinde ortalama ham protein verimini 208.32 kg da⁻¹ olarak elde etmişlerdir. Altınok ve Karakaya (2002), Ankara’da farklı yonca çeşitleri üzerinde yapmış oldukları bir çalışmada ham protein oranının ilk yıl %21-%25, ikinci yıl %17-%22 arasında değişiklik gösterdiğini belirtmişlerdir.

Ham protein verimine ait yapılan araştırmaları incelediğimizde, Avcı (2000), Çukurova’da yonca ham protein verimini 233.3 kg da⁻¹ olarak elde etmiştir. Hakyemez (2000), Ankara’da yürütmüş olduğu bir çalışmada ham protein veriminin 103.54 kg da⁻¹ olarak elde edildiğini belirtmiştir. Yolcu (2005), yoncada farklı gübre uygulamaları altında yürütmüş olduğu bir çalışmada ham protein verimini 217.4 kg da⁻¹ olarak elde ettiğini bildirmiştir. Mutlu (2019), Ankara Üniversitesi Haymana Araştırma Uygulama Çiftliği’nde farklı biçim zamanlarına göre yoncada ham protein oranının %21.6 ile %25.5 arasında, ham protein veriminin ise 176.8 kg da⁻¹ ile 270.3 kg da⁻¹ arasında elde edildiğini ifade etmiştir. Avcıoğlu vd. (2001), yoncada farklı biçim dönemlerinde en yüksek ham protein verimini 337 kg da⁻¹, ham protein oranını ise %18.28 olarak elde ettiklerini bildirmişlerdir. Harmanlıoğlu (2019), Kayseri koşullarında yürütmüş olduğu bir çalışmada yoncada çeşitlerinde ham protein verimini 243.04 kg da⁻¹ ile 283.44 kg da⁻¹, ham protein oranını ise %16.57 ile %20.28 arasında elde etmiştir. Aslan (2020), Mardin koşullarında verimli yonca çeşitlerinin belirlenmesi amacıyla yapmış olduğu çalışmada çeşitler arasında en yüksek ham protein verimini 145.58 kg da⁻¹, ham protein oranını ise %25.79 olarak elde etmiştir. Li ve Su (2017), Çin’de yürüttükleri bir çalışmada kısıtlı su uygulamasının yoncada verim ve kalite parametreleri üzerine olan etkilerini araştırmışlar ve uygulanan sulama suyu miktarının artmasıyla ham protein oranının azaldığını belirtmişlerdir. Söz konusu araştırmada su kısıtı uygulaması ile daha yüksek ham protein oranı elde edilmesinin nedenini, bitkide büyümenin yavaşlaması ve olgunlaşmanın gecikmesi olarak ifade etmişlerdir.

Denemede elde edilen ham protein oranına ait bulgular Mohammed (2007), Toricelli vd. (2001), Canbolat vd. (2006), Geleti vd. (2014), Berrada (2005), Amiraghaei (2017), Akbari ve Avcıoğlu (1992), Altınok ve Karakaya (2002), Mutlu (2019) tarafından yapılan

çalışmalarda elde edilen bulgulara göre benzerlik göstermektedir. Ham protein verimi açısından bulgular değerlendirildiğinde Mohammed (2007), Avcı (2000), Yolcu (2005), Mutlu (2019), Avcıoğlu vd. (2001), Harmanlıoğlu (2019) tarafından yapılan çalışmalarla uyumlu olduğu görülmektedir. Diğer araştırmacılara göre bulguların farklı olmasının en önemli nedeni iklim koşulları, kullanılan çeşidin özellikleri, uygulanan sulama suyu miktarı, biçim dönemleri ve yoncanın olgunlaşma döneminin etkili olduğu düşünülmektedir. Denemede uygulanan sulama suyu miktarının artması ile ham protein oranının azaldığı görülmektedir. Bu durum Amiraghaei (2017) tarafından ifade edildiği gibi çeşitten kaynaklı bir farklılıktan olabileceği düşünülmektedir. Halim vd. (1989) ise su stresi koşullarında yapraklarda yaşlanma görüldüğünü ve bu durum karşısında elementlerin yıkılarak yapraktan sapa taşındığını belirtmiştir. Böylece su stresinin artması ile saplarda ham protein oranı artarken yapraklarda azalma olduğunu ifade etmişlerdir. Su stresine bağlı olarak bitkide hücre duvarı bileşenleri azaldığından bitkide yaprak- sap oranının azalacağı ve ham protein oranının ise artacağını belirtmişlerdir. Ayrıca yıllara göre ham protein oranı değerlendirildiğinde, Canbolat vd. (2006) belirttiği gibi yoncada olgunlaşmanın ilerlemesiyle ham protein oranının da azaldığı söylenebilir. Ayrıca Carter vd. (1983), belirtildiği gibi uygulanan sulama suyu miktarındaki azalma, yoncada günlük büyüme hızını azaltmakta ve azalan su miktarına bağlı olarak araştırma bulgularında da görüldüğü üzere ham protein oranında yıllara göre azalma eğilimi göstermektedir.

4.9 Sulama Konularının Bitki  zellikleri  zerine Etkisi

Farklı su kısıtı uygulamalarının yoncada sap uzunluğu, sap kalınlığı ve dal sayısına olan etkisini görmek amacıyla yürütülmüş olan bu çalışmadan elde edilen veriler değerlendirildiğinde sulama konularının bitki morfolojik özellikleri üzerinde etkili olduğu görülmektedir. Uygulanan sulama suyu miktarındaki artış bitki sap uzunluğu, sap kalınlığı ve dal sayısı üzerinde artan bir eğilim göstermiştir.

Bitki örneklerinde ölçülen sap uzunluğu, sap kalınlığı ve dal sayısına ilişkin toplu varyans analiz tablosu izelge 4.32’de görüldüğü gibidir. Söz konusu yapılan bu çalışmada her üç özellik için sulama konuları ile yıllar arasında $p < 0.01$ düzeyinde fark bulunmuş ve yıl x

sulama interaksyonu önemli çıkmıştır. Bu nedenle sap uzunluğu, sap kalınlığı ve dal sayısı her üç yıl için ayrı ayrı değerlendirilmiş ve gruplandırılmıştır (çizelge 4.33).

Çizelge 4.32 Sap uzunluğu, sap kalınlığı ve dal sayısına ait toplu varyans analiz tablosu

Sap Uzunluğu	S.D	K.T	K.O	F	P
Blok	2	0.055	0.027	0.5744	öd.
Yıl	2	101.643	50.822	1070.481	0.0000**
Sulama	3	1466.54	488.845	10296.77	0.0000**
YılxSulama	6	11.023	1.837	38.698	0.0001**
Hata	22	1.044	0.047		
VK: % 0.42 **p<0.01 öd: önemli değil					
Sap Kalınlığı	S.D	K.T	K.O	F	P
Blok	2	0.000	0.000	1.0228	0.3761öd
Yıl	2	0.369	0.185	1387.645	0.0000**
Sulama	3	2.309	0.770	5783.066	0.0000**
YılxSulama	6	0.080	0.013	99.9877	0.0001**
Hata	22	0.003	0.000		
VK: % 0.42 **p<0.01 öd: önemli değil					
Dal Sayısı	S.D	K.T	K.O	F	P
Blok	2	0.002	0.001	1.2096	0.3174öd
Yıl	2	0.494	0.247	267.1003	0.0000**
Sulama	3	32.820	10.940	11820.49	0.0000**
YılxSulama	6	0.697	0.116	125.54	0.0001**
Hata	22	0.020	0.001		
VK: % 0.42 **p<0.01 öd: önemli değil					

Çizelge 4.33’de görüldüğü üzere deneme yıllarına ait yonca sap uzunluğu, sap kalınlığı ve dal sayısına ait değerler ayrı ayrı değerlendirildiğinde her üç yıl için de sulama konuları arasındaki fark $P<0.01$ düzeyinde önemli bulunmuştur. Buna göre en yüksek sap uzunluğu, sap kalınlığı ve dal sayısı değeri her üç yıl içinde S1 konusundan elde edilirken, en düşük veriler S4 konusundan elde edilmiştir.

Çizelge 4.33 Sap uzunluğu, sap kalınlığı ve dal sayısına ait varyans analiz tablosu ve LSD gruplandırması

Sap Uzunluğu cm	Konu	2017			2018			2019		
	S1	55.84 a			52.12 a			54.98 a		
	S2	50.15 b			47.09 b			49.29 b		
	S3	45.88 c			40.88 c			42.47 c		
	S4	39.97 d			35.28 d			36.38 d		
	Var. Kaynak	SD	F	Prob>F	SD	F	Prob>F	SD	F	Prob>F
	Bloklar	2	0.035	Ö.D.	2	0.502	Ö.D.	2	0.3738	Ö.D.
	Sulama	3	20203.29	0.0001**	3	46646.90	0.0001**	3	1556.84	0.0001**
	LSD	0.17			0.11			0.71		
Sap Kalınlığı mm	Konu	2017			2018			2019		
	S1	2.86 a			3.06 a			3.07 a		
	S2	2.58 b			2.82 b			2.89 b		
	S3	2.38 c			2.62 c			2.63 c		
	S4	2.24 d			2.23 d			2.44 d		
	Var. Kaynak	SD	F	Prob>F	SD	F	Prob>F	SD	F	Prob>F
	Bloklar	2	1.528	Ö.D.	2	0.0476	Ö.D.	2	0.9833	Ö.D.
	Sulama	3	1483.84	0.0001**	3	2074.32	0.0001**	3	178.39	0.0001**
	LSD	0.063			0.063			0.061		
Dal Sayısı adet	Konu	2017			2018			2019		
	S1	8.45 a			8.48 a			8.53 a		
	S2	7.60 b			7.61 b			7.62 b		
	S3	6.88 c			6.36 c			6.58 c		
	S4	6.40 d			5.73 d			5.86 d		
	Var. Kaynak	SD	F	Prob>F	SD	F	Prob>F	SD	F	Prob>F
	Bloklar	2	1.424	Ö.D.	2	1.223	0.358	2	0.6458	Ö.D.
	Sulama	3	1492.7	0.0001**	3	9232.59	0.0001**	3	2566.69	0.0001**
	LSD	0.089			0.063			0.089		

Araştırmada deneme yıllarına ait ortalama sap uzunluğu, sap kalınlığı ve dal sayısı değerleri ve LSD gruplandırması çizelge 4.34’de verilmiştir. Buna göre sap uzunluğu ve dal sayısı bakımından en yüksek değer 2017 yılında elde edilirken, sap kalınlığı değeri ise en yüksek 2019 yılında elde edilmiştir.

Çizelge 4.34 Deneme yılları sap uzunluğu, sap kalınlığı ve dal sayısına ait gruplandırma

Yıllar	Sap Uzunluğu (cm)	Sap Kalınlığı (mm)	Dal Sayısı (adet)
2017	47.96 a	2.52 c	7.33 a
2018	43.84 c	2.68 b	7.05 b
2019	45.78 b	2.76 a	7.15 b
LSD	0.169	0.027	0.142

Karakut ve Fırıncıoğlu (2005), Ankara koşullarında yürütmüş oldukları bir çalışmada yoncada bitki boyunu en yüksek 94.8 cm, en düşük 38.7 cm, sap kalınlığını en yüksek 4.9 mm, en düşük 2.6 mm, dal sayısını ise en yüksek 92.4 adet/bitki, en düşük 26.6 adet/bitki olarak elde etmişlerdir. Açıkgöz vd. (1984), Ankara koşullarında farklı yonca çeşitleri üzerinde yürütmüş oldukları bir çalışmada bitki boyunu 59.3-99.1 cm arasında elde etmişlerdir. Avcıoğlu vd. (2001), farklı biçim zamanlarının yoncanın morfolojik özellikleri üzerine olan etkisini incelemişler ve bitki boyunun en yüksek bahar biçimlerinde 68.8 cm olarak elde edildiğini, en düşük ise yaz ve sonbahar biçimlerinde 55.6 ile 55.3 cm olarak elde edildiğini belirtmişlerdir. Mohammed (2007), farklı iki lokasyon olarak Ankara ve Konya’da yürütmüş olduğu bir çalışmada bitki boyunun 70.14-83.88 cm, sap kalınlığının 2.2-3.6 mm ve sap sayısının ise 10.6-25.8 adet arasında değişkenlik gösterdiğini bildirmiştir. Başbağ vd. (2009), Diyarbakır koşullarında yapmış oldukları çalışmada yonca bitki boyunu 49.7- 69.4 cm arasında elde etmişlerdir. Chen vd. (2012), Çin’ de yürütmüş oldukları bir çalışmada, yoncada farklı gün aralıklarıyla yapılan biçimlerde yonca bitki boyunun biçimler arasındaki gün sayısının artması ile yükseldiğini belirtmişler ve ilk yıl ortalama 52.5-51.3 cm, ikinci yıl 65.5-66.2 ve üçüncü yıl ise 75.6-76.6 cm olarak elde etmiştir. Yüksel vd. (2016), Ankara ve Isparta olmak üzere iki farklı lokasyonda yürütmüş olduğu bir çalışmada bitki boyu, sap kalınlığı ve dal sayısını Ankara lokasyonunda sırasıyla 48.00-73.38 cm, 2.55-2.71 mm ve 17.25-20.00 adet/bitki, Isparta lokasyonunda sırasıyla 60.88-75.75 cm, 2.61-3.19 mm, 13.75-18.50 adet/bitki olarak elde etmiştir. Mutlu (2012), Ankara Üniversitesi-Haymana-İkizce lokasyonunda yürütmüş olduğu bir çalışmada farklı yonca çeşitlerinde farklı biçim zamanlarının etkisini incelemiş ve Gea yonca çeşidinde çiçeklenme başlangıcında yapılan biçimde bitki boyu ve sap kalınlığını ilk yıl sırası ile 50.6 cm-3.3 mm, ikinci yıl sırası ile 65.9 cm-5.3 mm olarak elde etmiştir. Ayaz (2010), Kahramanmaraş da yürütmüş olduğu bir çalışmada farklı biçim zamanlarında bitki boyunu, çiçeklenme öncesinde 37.25 cm, %10 çiçeklenme

döneminde 47.05 cm ve çiçeklenme sonrasında 53.70 cm olarak elde etmiştir. Yeşil ve Şengül (2009) Erzurum da yürütmüş olduğu çalışmada bitki boyunu 55.80-84.80 cm arasında, sap kalınlığını 2.08-6.04 mm arasında ve sap sayısının 5.2-12.0 adet arasında elde ettiğini bildirmiştir. Amiraghaei (2017), farklı yonca çeşitlerinde, farklı su kısıtı uygulamalarının etkisini görmek amacıyla yürütmüş olduğu çalışmada kuru, kısıtlı sulama ve tam sulama konularında bitki boyunu yıllara göre ortalama olarak sırasıyla 58.1 cm, 58.3 cm ve 59.1 cm olarak elde etmiştir. Yokota vd. (2006), kurak ve yarı kurak iklim kuşağında bitkisel üretimi en fazla etkileyen stres faktörünün kuraklık olduğunu bildirmiştir. Bitkilerin kuraklığa göstermiş olduğu tepkide öncelikle, vejetatif aksamını azaltarak daha az sürgün oluşturmakta ve daha küçük bir yapı oluşturarak su stresine karşı tepki göstermektedir (Wissuwa vd. 1997; Quan vd. 2016). Afsharmanesh (2009), yapmış olduğu çalışmada, farklı geneotiplerde su stresine karşı tepkinin farklı olduğunu bildirmiş ve artan su stresinin yoncada bitki boyu, birim alandaki sap sayısını ve kuru ot verimini azalttığını ifade etmiştir. Annicchiarico (2007), farklı yonca çeşitlerinde yapmış olduğu bir çalışmada genotiplerin kuraklığa dayanım açısından önemli olduğunu bildirmiş ve çeşit seçiminde su faktörünün önemli olduğunu ve kuraklık stresinin bitkinin sap sayısını azalttığını bildirmiştir.

Denemede elde edilen bulgular birçok araştırmacının bulgularıyla benzer sonuçlar göstermektedir. Ancak bazı çalışmalarda deneme bulgularının yapılan araştırma sonuçların altında veya üzerinde olduğu görülmektedir. Bu durumun en önemli nedeni olarak çeşit özelliği ve biçim zamanının etkisi gösterilebilir. Ayrıca çevre koşulları, iklim ve toprak özelliği, gübreleme ve uygulanan sulama suyunun miktarı bitki gelişimini etkileyen en önemli faktörler arasında yer almaktadır. Bitkilerin kuraklığa karşı göstermiş olduğu tepki aynı bitkide farklı genotiplerde farklılık göstermektedir. Su stresin bağlı olarak yoncanın birim alandaki sap sayısının azaldığı ve bu azalmanın çeşitlere göre farklılık gösterdiği Wissuwa vd. (1997), Annicchiarico (2007), Afsharmanesh (2009) ve Quan vd. (2016) gibi araştırmacılar tarafından da dile getirilmiş ve bu durum çalışma bulguları ile benzerlik göstermektedir.

4.10 Sulama Konularının Besin Elementi Parametreleri Üzerine Etkisi

4.10.1 Azot

Bitki örneklerinden elde edilen azot değerleri incelendiğinde, denemenin ilk yılında sulama konularına göre sırasıyla S1 konusunda %4.00, S2’de %4.04, S3’de %4.13 ve S4 konusunda %4.20 olarak elde edilmiştir. Denemenin ikinci yılında konularına göre elde edilen azot değeri sırasıyla %3.06, %3.15, %3.22 ve %3.35 olarak elde edilmiştir. Denemenin üçüncü yılında ise elde edilen azot değerleri konularına göre sırasıyla %2.89, %2.96, %3.09 ve %3.12 olarak elde edilmiştir. Elde edilen azot değerlerine ait bulgular incelendiğinde uygulanan sulama suyu miktarının artması, yoncada azot içeriğinin azalmasına neden olduğu görülmektedir.

Yapılan çalışmada bitki örnekleri azot içeriğine ilişkin toplu varyans analiz sonucunda her üç yıl içinde sulama konuları ile azot içerikleri arasında $p < 0.01$ düzeyinde fark bulunmuş ve yıl x sulama interaksyonu önemsiz çıkmıştır. Buna göre azot içeriğine ait toplu varyans analizleri ve LSD gruplandırma testi çizelge 4.35’de verildiği gibidir.

Çizelge 4.35 Azot içeriğine ait toplu varyans analiz tablosu

Varyasyon Kaynakları	S.D	K.T	K.O	F	P
Blok	2	0.01	0.000	0.5050	öd
Yıl	2	7.950	3.975	4882.64	0.0000**
Sulama	3	0.302	0.101	123.478	0.0000**
Yıl x Sulama	6	0.012	0.002	2.3826	0.0632 ^{öd}
Hata	22	0.018	0.001		
VK: % 0.83 **: % 1 *: % 5 öd: önemli değil					

Araştırmada yıllara ait ortalama azot içeriği ve LSD gruplandırması çizelge 4.36’da verilmiştir. Buna göre 2017 ve 2018 yılı toplam azot oranının en yüksek olduğu yıl olarak görülmektedir.

Çizelge 4.36 Deneme yılları azot içeriğine ait gruplandırma

Yıllar	Azot (%)
2017	4.09 a
2018	3.20 b
2019	3.02 c
LSD	0.026

Araştırma yılları sulama konularına ait azot oranı ve LSD gruplandırması çizelge 4.37’de verilmiştir. Buna göre sulama konuları açısından en yüksek azot oranı sulama suyu miktarının en az uygulandığı S4 konusundan elde edilirken, en düşük azot oranı ise sulama suyu miktarının en fazla olduğu S1 konusundan elde edilmiştir.

Çizelge 4.37 Sulama konuları azot içeriğine ait gruplandırma

Sulama Konuları	Azot (%)
S1	3.32 c
S2	3.38 c
S3	3.48 b
S4	3.56 a
LSD	0.031

Hasat edilen yonca bitkisinden elde edilen numuneler üzerinde yapılan azot analizinde, her üç yıl içinde en yüksek azot içeriğinin sulama suyunun en az uygulandığı S4 konusunda, en düşük azot içeriğinin ise sulama suyunun en fazla uygulandığı S1 konusundan elde edildiği görülmektedir. Azot içeriğinin yıllar arasındaki değişimine bakacak olursak, en yüksek azot oranının yoncada, deneme başlangıç yılı olan 2017 yılında elde edildiği görülmektedir. Bu durum yoncada olgunlaşmanın ilerlemesi ile azot içeriğinin de azaldığını göstermektedir.

Denemeden elde edilen azot içeriğine ait bulgular değerlendirildiğinde uygulanan sulama suyu miktarının artması, azot değerinde azalmaya neden olurken, artan su stresi azot içeriğinde artmaya neden olmuştur. Caveno vd. (2017) farklı sulama suyu uygulamaları altında yonca bitkisinde yürütmüş olduğu bir çalışmada, sulama suyu miktarının artması ile ot veriminin arttığını, ancak azot içeriğinin ise azaldığını tespit etmiştir. Denemede

azot değerlerinde elde ettiğimiz bulgular Caverro vd. (2017) tarafından ifade edilen bulgularla benzerlik göstermektedir. Ayrıca araştırmada elde ettiğimiz azot değerleri yıllara göre azalma eğilimi göstermektedir. Bu durum Doleşal ve Skladanka (2014) tarafından yapılan bir çalışmada, yoncada vejetasyonun ilerlemesiyle azotlu maddelerde azalma görüldüğü şeklinde ifade edilmiştir. Turan (2010), yürütmüş olduğu bir çalışmada yoncada azot oranını ilk yıl ortalama %2.63 olarak bulurken ikinci yıl ortalama %2.45 olarak bulmuş ve yoncada olgunlaşmanın ilerlemesiyle azot miktarının da azaldığını belirtilmiştir. Araştırmada azot oranları denemenin ilk yılında %4.09, ikinci yılında %3.20 ve nc yılında %3.02 olarak elde edilmiştir. Buna göre elde edilen bulgular incelendiğinde yoncada azot içeriğinin deneme yıllarına göre zamanla azaldığı görülmektedir. Azot içeriğine ait elde edilen bulgular, Turan (2010) ile benzerlik göstermektedir. Ayrıca yoncada azot içeriğinin %3.5-%5.0 arasında olması gerektiğini ifade eden İbrikçi vd. (1994) göre benzer sonuçlar elde edilmiştir.

4.10.2 Potasyum

Deneme konularına ait bitki örneklerinden elde edilen potasyum içerikleri değerlendirildiğinde, denemenin birinci yılında sulama konularına göre S1 konusunda % 2.29, S2 konusunda %2.02, S3 konusunda %1.77 ve S4 konusunda %1.47 olarak elde edilmiştir. Denemenin ikinci yılında potasyum içeriği sulama konularına göre sırasıyla %1.88, %1.69, %1.52 ve %1.33 olarak elde edilmiştir. nc yılda potasyum içeriği ise konularına göre sırasıyla %2.29, %2.12, %1.88 ve %1.50 olarak elde edilmiştir. Araştırmada elde edilen potasyum içeriklerine ait bulgular incelendiğinde uygulanan sulama suyu miktarının artması ile yoncada potasyum içeriğinin de artırdığı görülmektedir.

Deneme yılları potasyum içeriğine ait toplu varyans analiz tablosu izelge 4.38’de verilmiştir. Buna göre potasyum içeriği açısından sulama konuları ile yıllar arasında $p < 0.01$ düzeyinde fark bulunmuş, yapılan toplu varyans analiz sonucunda yıl x sulama interaksiyonu önemli çıkmıştır. Bu nedenle potasyum içeriğine ait varyans analizleri her üç yıl için ayrı ayrı değerlendirmeye alınmıştır (izelge 4.39).

Çizelge 4.38 Potasyum içeriğine ait toplu varyans analiz tablosu

Varyasyon Kaynakları	S.D	K.T	K.O	F	P
Blok	2	0.035	0.018	3.8894	0.0358**
Yıl	2	0.806	0.403	88.7874	0.0000**
Sulama	3	2.562	0.854	188.087	0.0000**
YılxSulama	6	0.095	0.016	3.4884	0.0141 ^x
Hata	22				
VK: % 3.72 **: % 1 *: % 5 öd: önemli değil					

Çizelge 4.39’da deneme yılları potasyum içeriğine ait varyans analiz tablosu ve gruplandırması verilmiştir. Buna göre 2017, 2018 ve 2019 yıllarına ait potasyum oranları ayrı ayrı istatistiki olarak değerlendirildiğinde her üç yıl için de sulama konuları arasındaki fark önemli bulunmuştur ($P<0.01$). Araştırmada en yüksek toplam potasyum oranı her üç yılda da S1 konularından elde edilirken, en düşük potasyum oranı S4 konularından elde edilmiştir.

Çizelge 4.39 Potasyum içeriğine ait varyans analiz tablosu ve LSD gruplandırması

Potasyum %	Konu	2017			2018			2019		
	S1	2.29 a			1.88 a			2.29 a		
	S2	2.02 b			1.69 b			2.12 b		
	S3	1.77 c			1.52 c			1.88 c		
	S4	1.47 d			1.33 d			1.50 d		
	Var. Kaynak	SD	F	Prob>F	SD	F	Prob>F	SD	F	Prob>F
	Bloklar	2	0.573	Öd.	2	0.7147	Öd.	2	1.4793	Öd.
	Sulama	3	50.876	0.0001**	3	38.4764	0.0003**	3	52.3161	0.0001**
	LSD	0.17			0.13			0.13		

Deneme yıllarına ait ortalama potasyum içeriği ve LSD gruplandırması çizelge 4.40’da verilmiştir. Buna göre 2017 ve 2019 yılları potasyum miktarının en yüksek olduğu yıl olarak görülmekte ve aynı sınıfta yer almaktadır.

Çizelge 4.40 Deneme yılları potasyum oranına ait gruplandırma

Yıllar	Potasyum (%)
2017	1.89 a
2018	1.60 b
2019	1.95 a
LSD	0.11

Yonca kuru otunda potasyum içeriğine ait değerler incelendiğinde ortalama olarak denemenin ilk yılında %1.89, ikinci yılında %1.60 ve üçüncü yılda %1.95 olarak elde edilmiştir. Adıyaman (2014), çalışmasında yonca için potasyum oranını en yüksek birinci biçimde %3.18, en düşük ise %2.22 ile üçüncü biçimde elde ettiğini belirtmiştir. Turan (2010), denemenin ilk yılında potasyum içeriğini %2.02, ikinci yılında ise %2.62 olarak elde etmiştir. İbrikçi vd. (1994), yaptıkları bir çalışmada yoncada potasyum içeriğinin %2.5-% 3.80 arasında olması gerektiğini belirtmiştir. Basar (2018), yapmış olduğu bir çalışmada potasyum içeriğini en yüksek %2.72, en düşük ise %2.63 olarak elde etmiştir. Kim vd. (1990), Mayland vd. (1992) ve Bakoğlu (1995), yapmış oldukları çalışmalarda potasyumun gelişme döneminin ilerlemesiyle azaldığını belirtmiş ve Caslar vd.(1987)'de, gelişme döneminin ilerlemesiyle potasyumun içeriğindeki görülen azalmanın iklim koşullarından, özelliklede sıcaklık ve yağıştan kaynaklanabileceğini ifade etmiştir. Deneme bulguları bu ifade ile benzer sonuçlar gösterse de denemenin üçüncü yılında potasyum içeriğinin yüksek olması, yetiştirme mevsimi içerisinde yağışların biçim dönemi sonrasında alınması yonca için kritik olan bu dönemde azda olan stres oranını azalttığı düşünülmektedir. Denemeden elde edilen bulgular, diğer araştırmacılar tarafından elde edilen bulgularla karşılaştırıldığında değerler düşük bulunmuştur. Bu durumun bitki çeşidi, su kısıtı uygulamaları, toprak özellikleri ve iklim koşulları ile gübrelemeden kaynaklanabileceği söyleyebilir.

4.10.3 Magnezyum

Deneme konularına ait bitki örneklerinden analiz edilen magnezyum içeriği sulama konularına göre denemenin ilk yılında S1 konusunda % 0.54, S2 konusunda %0.44, S3 konusunda %0.38 ve S4 konusunda %0.33 olarak elde edilmiştir. Denemenin ikinci yılı 2018'de magnezyum oranı konularına göre sırasıyla %0.45, %0.42, %0.37 ve %0.33

olarak elde edilmiştir. Araştırmanın üçüncü yılı 2019’ da ise magnezyum içeriği sulama konularına göre sırasıyla %0.48, %0.43, %0.38 ve %0.34 olarak elde edilmiştir. Denemede elde edilen magnezyum içeriklerine ait bulgular incelendiğinde uygulanan sulama suyu miktarının artması ile yoncada magnezyum içeriğinin artırdığı görülmektedir.

Deneme yılları magnezyum içeriğine ait toplu varyans analiz tablosu çizelge 4.41’de verilmiştir. Buna göre sulama konuları ile yıllar arasında $p < 0.01$ düzeyinde fark bulunmuş, toplu varyans analiz sonucunda yıl x sulama interaksyonu önemli çıkmıştır. Bu nedenle magnezyum oranına ait varyans analizleri üç yıl için ayrı ayrı değerlendirmeye alınmıştır (Çizelge 4.42)

Çizelge 4.41 Magnezyum içeriğine ait toplu varyans analiz tablosu

Varyasyon Kaynakları	S.D	K.T	K.O	F	P
Blok	2	0.003	0.001	4.2842	0.0268*
Yıl	2	0.006	0.003	9.6818	0.0010**
Sulama	3	0.128	0.043	137.104	0.0000**
Yıl x Sulama	6	0.008	0.001	4.2664	0.0053**
Hata	22	0.007	0.0001		
VK: % 4.32 **: % 1 *: % 5 öd: önemli değil					

Çizelge 4.42 Magnezyum içeriğine ait varyans analiz tablosu ve LSD gruplandırması

Magnezyum %	Konu	2017			2018			2019		
	S1	0.54 a			0.45 a			0.48 a		
	S2	0.44 b			0.42 ab			0.43 ab		
	S3	0.38 bc			0.37 bc			0.38 bc		
	S4	0.33 c			0.33 c			0.34 c		
	Var. Kaynak	SD	F	Prob>F	SD	F	Prob>F	SD	F	Prob>F
	Bloklar	2	1.6957	0.2608 ^{öd.}	2	1.1684	0.3728 ^{öd.}	2	0.9101	öd.
	Sulama	3	43.6522	0.0002**	3	32.4211	0.0004**	3	47.5843	0.0001**
	LSD	0.06			0.06			0.06		

Çizelge 4.42’de görüldüğü üzere araştırma yıllarına ait magnezyum içerikleri ayrı ayrı istatistiki olarak değerlendirildiğinde her üç yılda da sulama konuları arasındaki fark

önemli bulunmuş ($P<0.01$) ve en yüksek magnezyum içeriği her üç yılda da S1 konusundan elde edilirken, en düşük magnezyum içeriği S4 konusundan elde edilmiştir. Araştırma yıllarına ait ortalama magnezyum içeriği ve LSD gruplandırması çizelge 4.43’de verilmiştir. Buna göre 2017 yılı magnezyum içeriğinin en yüksek olduğu yıl olarak görülmektedir.

Çizelge 4.43 Deneme yılları magnezyum içeriğine ait gruplandırma

Yıllar	Magnezyum (%)
2017	0.43 a
2018	0.39 b
2019	0.41 ab
LSD	0.03

Farklı sulama suyu düzeyinin yonca kuru otunda magnezyum içeriğine olan etkisi incelendiğinde denemenin ilk yılı ortalama %0.43, ikinci yılında %0.39 ve üçüncü yılında %0.41 olarak elde edilmiştir. Konu üzerinde yapılan çalışmalar incelendiğinde Turan (2010), yoncada magnezyum içeriğini ilk yıl 0.24, ikinci yıl ise 0.25 olarak elde etmiştir. İbrikçi vd. (1994) yapmış olduğu çalışmada magnezyum içeriğinin %0.30 ile %0.80 arasında bulmuştur. Basar (2018), yaptığı bir çalışmada yonca kuru otunda magnezyum içeriğini en yüksek birinci biçimde %0.31, en düşük ise %0.26 ile dördüncü biçimde elde etmiştir. Adıyaman (2014) yapmış olduğu bir çalışmada magnezyum oranını tomurcuklanma dönemi başında %0.38-%0.28 arasında değiştiğini bildirmiştir. Alp vd. (2001) ise yonca kuru otunda magnezyum içeriğini %0.20 olarak tespit etmiştir. Denemede elde ettiğimiz bulgular İbrikçi vd. (1994) tarafından elde edilen bulgularla benzerlik gösterirken, diğer araştırmacıların elde ettiği bulguların üzerinde çıkmıştır. Bu durum, çeşit özelliğinden, iklim ve toprak özelliklerinden, uygulanan sulama suyunun yöntemi ve miktarından ileri gelebileceği gibi biçimler arası farklılıklarda magnezyum içeriğini değiştirebileceği düşünülmektedir. Ayrıca magnezyum içeriğindeki azalma, topraktan magnezyum alımının azalması ve bitkide su kaybının artması ile taşınımın olumsuz etkilenmesi nedeniyle olabileceği söylenebilir.

4.10.4 Fosfor

Deneme konularına ait bitki örneklerinden analiz edilen fosfor içeriği denemenin ilk yılında sulama konularına göre S1 konusunda %0.21, S2 konusundan %0.18, S3 konusunda %0.16 ve S4 konusunda %0.12 olarak elde edilmiştir. Denemenin ikinci yılında fosfor içeriği sulama konularına göre sırasıyla %0.19, %0.16, %0.14 ve %0.11 olarak elde edilirken denemenin üçüncü yılında ise konularına göre sırasıyla %0.27, %0.24, %0.20 ve %0.15 olarak elde edilmiştir (Çizelge 4.44). Araştırmada elde edilen bulgular incelendiğinde değerlere ait bulgular incelendiğinde uygulanan sulama suyu miktarının artması ile yoncada fosfor içeriğinin arttığı görülmektedir.

Çizelge 4.44 Fosfor içeriği (%)

Konu	Fosfor (%)		
	2017	2018	2019
S1	0.21	0.19	0.27
S2	0.18	0.16	0.24
S3	0.16	0.14	0.20
S4	0.12	0.11	0.15

Deneme yılları fosfor içeriğine ait toplu varyans analiz tablosu çizelge 4.45’de verilmiştir. Buna göre sulama konuları ile yıllar arasında $p < 0.01$ düzeyinde fark bulunmuş ancak yılxsulama interaksyonu önemsiz çıkmıştır. Buna göre en yüksek fosfor içeriği S1 konularından elde edilirken, en düşük fosfor içeriği ise S4 konularından elde edilmiştir.

Çizelge 4.45 Fosfor içeriğine ait toplu varyans analiz tablosu

Varyasyon Kaynakları	S.D	K.T	K.O	F	P
Blok	2	0.001	0.01	3.8530	0.0368*
Yıl	2	0.029	0.014	103.033	0.0000**
Sulama	3	0.046	0.015	110.972	0.0000**
YılSulama	6	0.002	0.000	1.9099	0.1242 ^{öd.}
Hata	22	0.003	0.000		
VK: % 6.66 ** : % 1 *: % 5 öd: önemli değil					

Çizelge 4.46 Deneme yılları fosfor içeriğine ait gruplandırma

Yıllar	Fosfor (%)
2017	0.17 b
2018	0.15 b
2019	0.22 a
LSD	0.03

Çizelge 4.46’da verildiği üzere araştırmada yıllara ait ortalama fosfor içeriği değerlendirildiğinde 2019 yılının fosfor içeriği açısından en yüksek olduğu yıl olduğu görülmektedir.

Denemede yonca kuru otunun fosfor içeriğine ait bulguları değerlendirildiğinde, araştırmanın ilk yılında ortalama %0.17, ikinci yılda %0.15 ve üçüncü yıl ise % 0.22 olarak elde edilmiştir. Deneme sonuçları, daha önce yapmış olduğu bir çalışmada, farklı yonca çeşitlerinde fosfor içeriğini ortalama ilk yıl %0.16, ikinci yıl ise %0.11 olarak elde eden Turan (2010)’a göre benzerlik göstermektedir. Basar (2018), yoncada fosfor içeriğinin %0.385-%0.399 arasında değiştiğini ifade etmiştir. İbrikçi vd. (1994), yoncada fosfor içeriğinin %0.3-%0.6 arasında olması gerektiğini bildirmiştir. Alp vd.(2001), Marmara Bölgesi’nde yürütmüş olduğu bir çalışmada fosfor içeriğini %0.35 olarak elde etmiştir. Söz konusu çalışmalarla, denemeden elde edilen bulgular benzer özellik göstermediği görülmektedir. Bu durumun, çeşit farklılığı, sulama düzeyleri ve ekolojik koşullar, toprak özellikleri ve biçimler arası farktan ileri gelebileceği söylenebilir.

4.10.5 Kalsiyum

Deneme konularına ait bitki örneklerinden analiz edilen kalsiyum içeriği, denemenin ilk yılında sulama konularına göre sırasıyla S1 konusunda % 1.27, S2 konusunda %1.22, S3 konusunda %1.17 ve S4 konusunda %1.14 olarak elde edilmiştir. Denemenin ikinci yılında kalsiyum içeriği sırasıyla %1.16, %1.03, %0.95 ve %0.82 olarak elde edilmiştir. Denemenin üçüncü yılında ise kalsiyum içeriği konularına göre %1.35, %1.16, %1.09 ve %0.92 olarak elde edilmiştir. Kalsiyum içeriğine ait bulgular incelendiğinde uygulanan sulama suyu miktarının artması ile yoncada kalsiyum oranının da arttığı görülmektedir.

Çizelge 4.47’de verilen kalsiyum içeriğine ait toplu varyans analiz tablosunda da görüldüğü üzere her üç yıl içinde sulama konuları ile yıllar arasında $p<0.01$ düzeyinde fark bulunmuş, toplu varyans analiz sonucunda yılxsulama interaksyonu önemli çıkmıştır. Bu nedenle kalsiyum oranına ait varyans analizleri üç yıl için ayrı ayrı değerlendirmeye alınmıştır (Çizelge 4.48).

Çizelge 4.47 Kalsiyum içeriğine ait toplu varyans analiz tablosu

Varyasyon Kaynakları	S.D	K.T	K.O	F	P
Blok	2	0.009	0.004	4.4522	0.0238*
Yıl	2	0.269	0.134	135.762	0.0000**
Sulama	3	0.432	0.144	145.34	0.0000**
YılXSulama	6	0.072	0.012	12.089	0.0001**
Hata	22	0.022	0.001		
VK: % 2.84 ** : % 1 *: % 5 öd: önemli değil					

Çizelge 4.48’de deneme yılları kalsiyum içeriğine ait varyans analiz tablosu ve LSD gruplandırması verilmiştir. Buna göre 2017, 2018 ve 2019 yıllarına ait kalsiyum içerikleri ayrı ayrı istatistiki olarak değerlendirildiğinde her üç yıl için de sulama konuları arasındaki fark önemli bulunmuştur ($P<0.01$).

Çizelge 4.48 Kalsiyum içeriğine ait varyans analiz tablosu ve LSD gruplandırması

Kalsiyum %	Konu	2017			2018			2019		
	S1	1.27 a			1.16 a			1.35 a		
	S2	1.22 ab			1.03 b			1.16 b		
	S3	1.17 bc			0.95 b			1.09 c		
	S4	1.14 c			0.82 c			0.92 d		
	Var. Kaynak	SD	F	Prob>F	SD	F	Prob>F	SD	F	Prob>F
	Bloklar	2	0.7986	öd.	2	2.2591	0.1856 ^{öd.}	2	1.0497	0.4065 ^{öd.}
	Sulama	3	26.1007	0.0008**	3	38.3774	0.0003**	3	71.9069	0.0001**
	LSD	0.06			0.089			0.06		

Araştırmada en yüksek kalsiyum oranı her üç yıl içinde S1 konularından elde edilirken, en düşük kalsiyum oranı S4 konularından elde edilmiştir.

Araştırmada yıllara ait ortalama kalsiyum miktarı ve LSD gruplandırması çizelge 4.49’da verilmiştir. Buna göre 2017 yılı kalsiyum miktarının en yüksek olduğu yıl olarak görülmektedir.

Çizelge 4.49 Deneme yılları kalsiyum içeriğine ait gruplandırma

Yıllar	Kalsiyum (%)
2017	1.19 a
2018	0.99 c
2019	1.13 b
LSD	0.03

Denemede bitki örnekleri üzerinde yapılan analiz sonucunda elde edilen kalsiyum içeriği değerlendirildiğinde ortalama olarak ilk yıl %1.19, ikinci yılda %0.99 ve üçüncü yılda ise %1.13 olarak elde edilmiştir. Basar (2018), farklı gübre uygulamaları altında farklı biçim dönemlerinde yonca kuru otunda kalsiyum içeriğinin %1.26 ile %1.35 arasında değiştiğini belirtmiştir. Turan (2010), farklı yonca çeşitleri üzerinde yapmış olduğu bir çalışmada yoncada kalsiyum içeriğini ilk yıl %1.29, ikinci yıl ise %1.87 olarak elde etmiştir. İbrikçi vd. (1994), yonca kuru otunda kalsiyum içeriğinin %1.0 ile %2.5 arasında olması gerektiğini bildirmiştir. Adıyaman (2014), farklı biçim dönemlerini esas aldığı bir çalışmada yonca için kalsiyum içeriğini tomurcuklanma döneminde %1.18 ile %0.94 arasında elde etmiştir. Alp vd.(2001), ise yaptıkları çalışmada yonca için kalsiyum içeriğini 0.70 olarak bulmuştur. Denemeden elde edilen bulgular, araştırmacılar tarafından elde edilen bulgularla karşılaştırıldığında benzer sonuçların elde edildiği görülmektedir.

4.10.6 Bakır

Deneme konularına ait bitki örneklerinden analiz edilen bakır içeriği, denemenin ilk yılında sulama konularına göre S1 konusunda 32.69 ppm. S2 konusunda 27.01 ppm. S3 konusunda 24.47 ppm ve S4 konusunda 21.42 ppm olarak elde edilmiştir. Denemenin ikinci yılında bakır içeriği, sulama konularına göre sırasıyla 29.50, 26.57, 23.77 ve 21.19 ppm olarak elde edilmiştir. Araştırmanın üçüncü yılında ise bakır içeriği konularına göre 35.68, 28.57, 26.48 ve 23.70 ppm olarak elde edilmiştir. Elde edilen bakır içeriklerine ait

bulgular incelendiğinde uygulanan sulama suyu miktarının artması ile yoncada bakır içeriğinin de arttığı görülmektedir.

Araştırmada bakır içeriğine ait toplu varyans analiz tablosu çizelge 4.50’de verilmiş ve sulama konuları ile yıllar arasında $p < 0.05$ düzeyinde fark bulunmuş, toplu varyans analiz sonucunda yılxsulama interaksyonu önemli çıkmıştır. Bu nedenle bakır oranına ait varyans analizleri üç yıl için ayrı ayrı değerlendirmeye alınmıştır (Çizelge 4.51).

Çizelge 4.50 Bakır içeriğine ait toplu varyans analiz tablosu

Varyasyon Kaynakları	S.D	K.T	K.O	F	P
Blok	2	12.108	6.054	5.3709	0.0126*
Yıl	2	69.536	34.768	30.8447	0.0000**
Sulama	3	539.015	179.672	159.396	0.0000**
YılXSulama	6	17.775	2.962	2.6281	0.0448*
Hata	22	24.798	1.127		
VK: % 3.97 **: % 1 *: % 5 öd: önemli değil					

Çizelge 4.51’de görüldüğü üzere deneme yıllarına ait bakır içerikleri ayrı ayrı istatistiki olarak değerlendirildiğinde her üç yıl için de sulama konuları arasındaki fark önemli bulunmuştur ($P < 0.01$). Araştırmada en yüksek bakır oranı her üç yıl içinde S1 konularından elde edilirken, en düşük bakır oranı S4 konularından elde edilmiştir.

Çizelge 4.51 Bakır içeriğine ait varyans analiz tablosu ve LSD gruplandırması

Bakır ppm	Konu	2017			2018			2019		
	S1	32.69 a			29.50 a			35.68 a		
	S2	27.01 b			26.57 b			28.57 b		
	S3	24.47 c			23.77 c			26.48 b		
	S4	21.42 d			21.19 d			23.70 c		
	Var. Kaynak	SD	F	Prob>F	SD	F	Prob>F	SD	F	Prob>F
	Bloklar	2	0.8491	Öd.	2	1.4793	0.1564 ^{öd}	2	1.4793	0.3167 ^{öd}
	Sulama	3	82.9802	0.0001**	3	52.3161	0.0006**	3	52.3161	0.0002**
	LSD	1.82			2.31			2.67		

Araştırmada yıllara ait ortalama toplam bakır içeriği ve LSD gruplandırması çizelge 4.52’de verilmiştir. Buna göre 2019 yılı toplam bakır içeriğinin en yüksek olduğu yıl olarak görülmektedir.

Çizelge 4.52 Deneme yılları bakır içeriğine ait gruplandırma

Yıllar	Bakır (ppm)
2017	26.40 b
2018	25.26 c
2019	28.60 a
LSD	0.90

Denemenin ilk yılında bakır içeriği 26.40 ppm, ikinci yılında 25.26 ppm ve üçüncü yılında ise 28.60 ppm olarak elde edilmiştir. Diğer araştırmacılar tarafından elde edilen bulgular incelendiğinde, Turan (2010), yonca kuru otunda bakır içeriğini ilk yıl 8.2 ppm, ikinci yılda ise 9.3 ppm olarak elde etmiştir. Ayrıca yürütmüş olduğu çalışmada çeşitler arasındaki farklılığın bakır içeriği üzerinde önemli bir etkisi olduğunu bildirmiştir. Wilczek vd. (1996) yoncada bakır içeriğini 8.1-12.5 ppm arasında değiştiğini bildirmiştir. İbrikçi vd. (1994) ise yoncada bakır içeriğinin 6-15 ppm arasında olması gerektiğini ifade etmiştir. Alp vd. (2001), yaptıkları bir çalışmada yonca kuru otunda bakır içeriğini 5.39 ppm olarak elde etmiştir. Demir ve Düz (2008), Diyarbakır ekolojik koşullarında yürütmüş olduğu bir çalışmada bazı yonca çeşitlerinde ortalama bakır içeriğini 3.23 ppm olarak elde ettiğini bildirmiştir. Denemede elde edilen bulgular diğer araştırmacıların bulgularından daha yüksek bulunmuştur. Bu durum çeşide, çevre şartlarına, sulama yöntemi ve uygulanan sulama suyunu miktarına göre değişim gösterdiği söylenebilir.

4.10.7 Çinko

Deneme konularına ait bitki örneklerinden analiz edilen çinko içeriklerini değerlendirecek olursak denemenin ilk yılında sulama konularına göre S1 konusunda 32.35 ppm, S2 konusunda 29.19 ppm, S3 konusunda 27.71 ppm ve S4 konusunda 24.66 ppm olarak elde edilmiştir. Denemenin ikinci yılında çinko içeriği konularına göre 32.42, 29.19, 26.88 ve 24.74 ppm olarak elde edilmiştir. Denemenin üçüncü yılında çinko içeriği ise konularına göre sırasıyla 31.44, 28.59, 26.44 ve 24.59 ppm olarak elde edilmiştir.

Toplam çinko değerlerine ait bulgular değerlendirildiğinde uygulanan sulama suyu miktarının artması ile yoncada çinko içeriğinin arttığı görülmektedir.

Çizelge 4.53’de çinko içeriğine ait toplu varyans analiz tablosunda verildiği sulama konuları arasında $p < 0.01$ düzeyinde fark bulunmuş, toplu varyans analiz sonucunda yıl x sulama interaksiyonu önemli çıkmıştır. Bu nedenle çinko içeriğine ait varyans analizleri her üç yıl için ayrı ayrı değerlendirmeye alınmıştır (Çizelge 4.54).

Çizelge 4.53 Çinko içeriğine ait toplu varyans analiz tablosu

Varyasyon Kaynakları	S.D	K.T	K.O	F	P
Blok	2	8.334	4.167	2.4874	0.1062 öd
Yıl	2	3.313	1.656	0.9887	öd
Sulama	3	265.64	88.546	52.8567	0.0000**
Yıl x Sulama	6	1.73	0.289	0.1724	0.0001**
Hata	22	36.86	1.675		
VK: % 4.59 ** : % 1 *: % 5 öd: önemli değil					

Çizelge 4.54’de görüldüğü üzere deneme yıllarına ait çinko oranları ayrı ayrı istatistiki olarak değerlendirildiğinde 2017 ve 2019 yıllarında sulama konuları arasındaki fark $P < 0.01$ düzeyinde önemli bulunurken, 2018 yılında sulama konuları arasında fark $P < 0.05$ düzeyinde önemli bulunmuştur. Denemede en yüksek toplam çinko oranı her üç yıl içinde S1 konusundan elde edilirken, en düşük toplam çinko oranı S4 konusundan elde edilmiştir.

Çizelge 4.54 Çinko içeriğine ait varyans analiz tablosu ve LSD gruplandırması

Çinko ppm	Konu	2017			2018			2019		
	S1	32.35 a			32.42 a			31.44 a		
	S2	29.19 b			29.19 ab			28.59 b		
	S3	27.71 b			26.88 bc			26.44 bc		
	S4	24.66 c			24.74 c			24.59 c		
	Var. Kaynak	SD	F	Prob>F	SD	F	Prob>F	SD	F	Prob>F
	Bloklar	2	3.0996	0.1190 ^{öd.}	2	0.1384	öd.	2	1.9768	0.2190 ^{öd.}
	Sulama	3	41.7225	0.0002**	3	9.4319	0.0109*	3	17.6908	0.0022**
	LSD	1.71			3.71			2.42		

Denemede elde edilen çinko içerikleri 24.59-32.42 ppm arasında değişiklik göstermiştir. Turan (2010), yapmış olduğu çalışmada yoncada çinko içeriğini ilk yıl 19.4 ppm, ikinci yıl ise 20 ppm olarak tespit etmiştir. Wilczek vd. (1996), tam çiçeklenme döneminde yapmış olduğu biçimle yonca kuru otunda çinko içeriğini 62.7-45.8 ppm arasında elde etmiştir. Deneme bulguları, Turan (2010) göre benzer sonuçlar gösterirken, Wilczek vd. (1996) elde ettiği bulguların altında kalmıştır. Bu durum yapılan araştırmalarda çeşit özelliğini ön plana koyarken, Marschner (1995) yapmış olduğu bir çalışmada çinko içeriğindeki azalmanın, toprak da düşük organik madde, yüksek kireç oranı, yüksek pH ve topraktaki nem stresinin bitkiler tarafından topraktaki çinko alınabilirliğinin azalmasından kaynaklı olduğunu ifade etmiştir.

4.10.8 Mangan

Deneme konuları bitki örneklerine ait mangan içerikleri denemenin ilk yılında sulama konularına göre S1 konusundan 77.43 ppm, S2' de 71.95 ppm, S3' de 65.93 ppm ve S4 konusundan 53.84 ppm olarak elde edilmiştir. Denemenin ikinci yılında mangan içeriği sulama konularına göre sırasıyla 72.77, 58.76, 52.98 ve 49.34 ppm olarak elde edilirken, denemenin üçüncü yılında mangan içeriği ise konularına göre 76.44, 71.38, 63.38 ve 55.89 ppm olarak elde edilmiştir. Mangan değerlerine ait bulgular incelendiğinde uygulanan sulama suyu miktarının artması ile yoncada mangan içeriğinin arttığını görülmektedir.

Çizelge 4.55 Mangan içeriği toplu varyans analiz tablosu

Varyasyon Kaynakları	S.D	K.T	K.O	F	P
Blok	2	47.895	23.947	5.2775	0.0134*
Yıl	2	593.200	296.600	65.3638	0.0000**
Sulama	3	2498.68	832.894	183.551	0.0000**
YılSulama	6	128.077	21.346	4.7042	0.0032*
Hata	22	99.829	4.538		
VK: % 3.32 **: % 1 *: % 5 öd: önemli değil					

Çizelge 4.55'de deneme yılları mangan içeriğine ait toplu varyans analiz tablosu verilmiştir. Çizelgede görüldüğü üzere her üç yıl içinde sulama konuları ile yıllar arasında

$p < 0.01$ düzeyinde fark bulunmuş ve yıl x sulama interaksyonu önemli çıkmıştır. Bu nedenle mangan içeriğine ait varyans analizleri her üç yıl için ayrı ayrı değerlendirmeye alınmıştır (Çizelge 4.56).

Çizelge 4.56 Mangan içeriğine ait varyans analiz tablosu ve LSD gruplandırması

Mangan ppm	Konu	2017			2018			2019		
	S1	77.73 a			72.77 a			76.44 a		
	S2	71.95 b			58.76 b			71.31 b		
	S3	65.93 c			52.98 bc			63.38 c		
	S4	53.84 d			49.34 c			55.89 d		
	Var. Kaynak	SD	F	Prob>F	SD	F	Prob>F	SD	F	Prob>F
	Bloklar	2	0.3347	öd.	2	1.7914	0.2455 ^{öd.}	2	4.4435	0.0655 ^{öd.}
	Sulama	3	47.3392	0.0001**	3	61.7826	0.0001**	3	67.0049	0.0001**
	LSD	5.14			4.59			3.81		

Çizelge 4.56’da deneme yıllarına ait mangan değerleri ayrı ayrı istatistiki olarak değerlendirilmiş ve her üç yıl için de sulama konuları arasındaki fark önemli bulunmuştur ($P < 0.01$). Denemede en yüksek mangan değeri her üç yıl içinde S1 konularından elde edilirken, en düşük toplam mangan değeri S4 konularından elde edilmiştir.

Araştırmada yıllara ait ortalama mangan miktarı ve LSD gruplandırması çizelge 4.57’de verilmiştir. Buna göre 2017 ve 2019 yılı ortalama mangan miktarının en yüksek olduğu yıl olarak görülmekte ve aynı gruplandırmada yer almaktadır.

Çizelge 4.57 Deneme yılları mangan içeriğine ait gruplandırma

Yıllar	Mangan (ppm)
2017	67.36 a
2018	58.46 b
2019	66.76 a
LSD	1.804

Denemede mangan içeriği ilk yıl 67.36 ppm, ikinci yıl 58.46 ppm ve üçüncü yıl ise 66.76 ppm olarak elde edilmiştir. Turan (2010), yapmış olduğu bir çalışmada yoncada mangan içeriğini ilk yıl 24.1 ppm, ikinci yıl ise 26.2 ppm olarak elde etmiştir. İbrikçi vd. (1994),

yapmış oldukları bir çalışmada yonca mangan içeriğinin 30-100 ppm arasında olması gerektiğini bildirmiştir. Wilczek vd.(1996), farklı gübre uygulamaları altında yoncada mangan içeriğini ortalama 55.4-44.7 ppm arasında değiştiğini belirtmiştir. Demir ve Düz (2008), Diyarbakır koşullarında yoncada mangan içeriğini 34.02 ppm olarak elde etmiştir. Alp vd. (2001) ise yapmış oldukları çalışmada mangan içeriğini 23.20 ppm olarak elde etmiştir. Araştırmada elde edilen mangan içeriğine ait bulgular İbrikçi vd. (1994) ve Wilczek vd. (1996) göre benzerlik göstermektedir. Diğer diğer araştırmacıların çalışmaları ile farklılık göstermesinin nedeninin ise çeşit özelliği, çevre koşulları, toprak yapısı ve sulama ve gübreleme uygulamalarındaki farklılıktan ileri geldiği söylenebilir.

4.10.9 Demir

Deneme konuları bitki örneklerine ait demir içerikleri denemenin ilk yılında sulama konularına göre S1 konusunda 231.07 ppm, S2 konusunda 193.34 ppm, S3 konusunda 171.69 ppm ve S4 konusunda 151.78 ppm olarak elde edilmiştir. Denemenin ikinci yılında demir içeriği sulama konularına göre sırasıyla 240.75, 175.71, 140.66 ve 129.93 ppm olarak elde edilmiştir. Denemenin üçüncü yılında demir içeriği ise sırasıyla 221.07, 117.62, 142.75 ve 122.17 ppm olarak elde edilmiştir. Deneme bulguları incelendiğinde sulama suyu miktarının artması ile yoncada demir içeriğinin de arttığı görülmektedir.

Çizelge 4.58 Demir içeriğine ait toplu varyans analiz tablosu

Varyasyon Kaynakları	S.D	K.T	K.O	F	P
Blok	2	64.94	32.46	0.928	Öd.
Yıl	2	2837.18	1418.59	40.5474	0.0000**
Sulama	3	48210.2	16070.075	459.330	0.0000**
YılSulama	6	1524.10	254.017	7.2605	0.0002**
Hata	22	769.691	34.986		
VK: % 3.38 **: % 1 *: % 5 öd: önemli değil					

Çizelge 4.58’de deneme yılları demir içeriğine ait toplu varyans analiz tablosu verilmiştir. Buna göre sulama konuları ile yıllar arasında $p<0.01$ düzeyinde fark bulunmuş, toplu varyans analiz sonucunda yılxsulama interaksyonu önemli çıkmıştır. Bu nedenle demir

miktarına ait varyans analizleri üç yıl için ayrı ayrı değerlendirmeye alınmıştır (Çizelge 4.59).

Çizelge 4.59 Demir içeriğine ait varyans analiz tablosu ve LSD gruplandırması

Demir ppm	Konu	2017			2018			2019		
	S1	231.07 a			240.75 a			221.07 a		
	S2	193.34 b			175.71 b			177.62 b		
	S3	171.69 c			140.66 c			142.75 c		
	S4	151.78 d			129.93 c			122.17 d		
	Var. Kaynak	SD	F	Prob>F	SD	F	Prob>F	SD	F	Prob>F
	Bloklar	2	1.1075	0.3896 ^{öd.}	2	0.0646	öd.	2	0.2806	Öd.
	Sulama	3	134.872	0.0001**	3	132.220	0.0001**	3	133.45	0.0001**
	LSD	10.11			15.04			12.98		

Çizelge 4.59’da verildiği üzere deneme yıllarına ait demir içerikleri ayrı ayrı istatistiki olarak değerlendirildiğinde her üç yıl için de sulama konuları arasındaki fark önemli bulunmuştur ($P<0.01$). Araştırmada en yüksek demir içeriği her üç yıl içinde S1 konularından elde edilirken, en düşük demir içeriği S4 konularından elde edilmiştir. Araştırmada yıllara ait ortalama demir miktarı ve LSD gruplandırması çizelge 4.60’da verilmiştir. Buna göre 2017 yılı demir miktarının en yüksek olduğu yıl olarak görülmektedir.

Çizelge 4.60 Deneme yılları demir içeriğine ait gruplandırma

Yıllar	Demir (ppm)
2017	186.96 a
2018	171.76 b
2019	165.90 c
LSD	5.00

Araştırmada elde edilen demir içeriği denemenin ilk yılında 186.96 ppm, ikinci yılında 171.76 ppm ve üçüncü yılında ise 165.90 ppm olarak elde edilmiştir. Turan (2010) tarafından farklı yonca çeşitleri üzerinde yapılan çalışmada demir içeriğini ilk yıl 141 ppm, ikinci yıl ise 265 ppm olarak elde etmiştir. Alp vd. (2001) Marmara Bölgesi’nde

yapmış oldukları bir çalışmada demir içeriğini 79.69 ppm olarak elde etmişlerdir. Demir ve Düz (2008), Diyarbakır ekolojik koşullarında yetiştirilen yonca çeşitlerinde demir içeriğini 42.56 ppm olarak elde etmiştir. Denemeden elde edilen bulgular Turan (2010)'a göre benzer sonuçlar göstermektedir. Diğer araştırmacıların elde ettiği bulguların ise üzerinde çıkmıştır. Bu durum toprak özellikleri, sulama yöntemi ve uygulanan sulama suyunun miktarı, çevre koşulları, iklim özellikleri ile çeşit farklılığının yanı sıra bitkide olgunlaşmanın ilerlemesinin de etkili olabileceği söylenebilir.

4.11 Ekonomik Analiz

Yapılan bu çalışma ile hayvansal üretimde önemli bir yere sahip olan yoncanın yüzeyaltı damla sulama yöntemi ile farklı su kısıtı koşullarında uygulanan sulama suyu düzeylerinin verim ve masraf ile olan ilişkisi incelenmiştir. Yapılan hesaplamalarda yoncanın ekonomik ömrü 7 yıl, yüzeyaltı damla sulama sisteminin ise 15 yıl üzerinden hesaplanmıştır. Yonca kuru ot verim değerlerinde 3. yıldan sonra %15 verim kaybı (Anonim 2021) hesaplanarak toplam kuru ot verimi elde edilmiştir.

Uygulayıcıların araştırma sonuçlarını benimsemeleri için elde edilen net gelirin yüksek olması gerekmektedir. Söz konusu bu çalışmada YADS ile yonca yetiştiriciliği yapılmış ve araştırmanın yürütüldüğü 2017, 2018 ve 2019 yıllarında içine alacak şekilde 7 yıllık bir üretim sezonu için ekonomik analiz yapılmıştır (Çizelge 4.61).

Çizelge 4.61 Ekonomik analiz tablosu

Konu	Tarımsal İşlem Giderleri (TL/da)			Sulama Giderleri							Materyal Giderleri (TL/da)		Hasat Giderleri (TL/da)			Yonca Toplam Üretim Giderleri (TL/da)
	Tarla Hazırlığı	Gübreleme (İş gücü)	Ekim	Tesis Masrafı	Sulama Suyu Toplam (m ³)	Su Fiyatı	Su Ücreti	Sulama süresi (h)	Toplam KW	Elektrik Parası	Gübre Bedeli	Tohum Bedeli	Biçim Makinesi	Balya Makinesi	Yükleme - Boşaltma	
S1	15.0	85.0	10.0	1250.0	3059.2	0.30	917.8	364	2366.0	1419.6	595.0	10.0	1050.0	595.0	350.0	6297
S2	15.0	85.0	10.0	1250.0	2447.2	0.30	734.2	273	1774.5	1064.7	595.0	10.0	1050.0	595.0	350.0	5759
S3	15.0	85.0	10.0	1250.0	1835.4	0.30	550.6	182	1183.0	709.8	595.0	10.0	1050.0	595.0	350.0	5220
S4	15.0	85.0	10.0	1250.0	1223.6	0.30	367.1	91	591.5	354.9	595.0	10.0	1050.0	595.0	350.0	4682

Konular	Kuru Ot Toplam kg/da	Kuru Ot Satış Fiyatı TL/kg	Gayri Safi Üretim Değeri (GSÜD) TL/da	Net Gelir (TL/da)	Oransal Kar %
S1	10498.0	1.6	16796.8	10499.4	2.67
S2	9591.0	1.6	15345.6	9586.7	2.66
S3	7992.1	1.6	12787.4	7566.9	2.45
S4	7092.8	1.6	11348.5	6666.5	2.42

Yapılan ekonomik analizinde görüldüğü üzere yoncanın üretim sezonunun fazla olması ve yüzey altı damla sulama yönteminin ekonomik ömrünün uzun olması üretim giderlerinin daha az hesaplanmasına neden olmuştur. Buna bağlı olarak elde edilen gayri safi üretim değeri üretim giderlerinin kat kat üzerinde hesaplanmıştır. Çizelge 4.63’de görüldüğü üzere elde edilen net gelir S1 konusunda dekara 10499.8 TL olarak hesaplanırken, sulama suyunun en az uygulandığı S4 konusunda da dekara 6666.5 TL’lik bir net gelir elde edilmiştir. Sonuç olarak yüzeyaltı damla sulama sisteminin ilk tesis masrafının yüksek olsa bile, yonca gibi çok yıllık bitkilerin üretiminde daha az sulama suyu ihtiyacı, daha az işçilik ve daha fazla verim elde edildiğinden ekonomik bir yöntem olarak görülmektedir.

5. SONUÇ

Yıl içerisinde ve yıllar arasında yağışın uygun dağılımı ve bunun yanında nüfus artış hızı ve büyüme hızına bağlı olarak sektörlerin su ihtiyacının da hızla artması kullanılabilir su kaynaklarının azalmasına neden olmaktadır. Bu nedenle hem verimi artıran hem de su tasarrufu sağlayan sulama yöntemlerinin uygulanması ve geliştirilmesi gerekmektedir. Yılda birçok kez yapılan biçim ve birim alandan kaldırdığı kaliteli kaba ot verimiyle hayvansal üretimde yem ihtiyacının karşılanmasında başı çeken yoncanın yeşil ve kuru otu hayvanlar için besleyici niteliktedir. Hayvan beslenmesinde kullanılan kaba yemlerin en kalitelilerinden biri olan ve yeryüzünde en fazla tarımı yapılan yem bitkisi olan yonca pek çok ülkede tarımsal kalkınmanın temel taşlarından birini oluşturmaktadır. Bu nedenle de her geçen yıl yonca tarımına verilen önem gittikçe artmaktadır. Yonca sulama suyu ihtiyacı yüksek olan bir bitkidir ve sulandığında verimi çok fazla artmaktadır. Bu durumun en önemli nedeni yoncanın gelişme döneminin uzun olması ve yetiştirme mevsimi boyunca çok fazla biçim alınmasıdır. Yonca her biçimde çok fazla yeşil aksam meydana getirmekte ve büyümesi de oldukça hızlı olmaktadır. Bu nedenle yoncanın yağışın yetersiz olduğu bölgelerde özellikle uygun sulama yöntemleriyle sulanması verim artışının yanı sıra su tasarrufu da sağlayacaktır.

Yüzeyaltı damla sulama yöntemi kullanarak uygulanan sulama suyu miktarının yonca yeşil ot verimine etkisi istatistiki olarak değerlendirildiğinde %1 önem seviyesinde etkili olduğu görülmüştür. Kontrol konusuna göre uygulanan su kısıtı oranlarının yeşil ot veriminde önemli derecede verim azalmasına neden olduğu görülmüştür. Elde edilen bulgular doğrultusunda, su kaynağının yetersiz olduğu koşullarda su kısıtı uygulaması yapılırsa belirli oranda verim kaybını da göz önüne almak gerektiği söylenebilir.

Denemede uygulanan sulama suyunun kuru ot verimine olan etkisi istatistiki olarak değerlendirildiğinde %1 önem seviyesinde etkili görülmüştür. Her üç yıl içinde en yüksek kuru ot verimi, yeşil ot verimi ile ilişkili olarak sulama suyunun en fazla uygulandığı S1 konusundan elde edilmiştir. Kontrol konusuna göre ortalama kuru ot verim kaybının sulama konularına göre sırasıyla S2 konusunda %10.9, S3 konusunda %22.1 ve S4 konusunda ise %33.4 oranında olduğu belirlenmiştir.

Yoncada biçim döneminde elde edilen kuru örneklerle ait kuru madde oranı 2017 yılında sulama konularına göre %27.1-%30.9, 2018 yılında %27.0-%34.7 ve 2019 yılında %26.3-%32.0 arasında değişim göstermiştir. Sulama konuları açısından biçim dönemine ait en yüksek kuru madde oranı her üç yıl içinde su kısıtının en fazla olduğu S4 konusunda elde edilmiştir. Denemede biçim dönemine ait kuru madde oranının uygulanan sulama suyunun artması ile azaldığı görülmektedir.

Sulama konularının kuru madde verimi üzerine %1 önem seviyesinde etkili olduğu görülmektedir. Denemede en yüksek kuru madde verimi sulama suyunun en fazla uygulandığı S1 konusundan elde edilmiş ve 2017, 2018 ve 2019 yıllarında sırasıyla ortalama olarak 1371 kgda⁻¹, 1374 kgda⁻¹ ve 1344 kgda⁻¹ olarak elde edilmiştir.

Analiz numunelerinde kuru madde oranı 2017 yılı %94.65-%95.33, 2018 yılında %94.59-%95.40 ve 2019 yılında %94.32-%95.17 olarak elde edilmiştir. Deneme süresince en yüksek kuru madde oranı sulama suyunun en az uygulandığı S4 konusundan elde edilmiştir.

Kuru ot verimi esas alınarak hesaplanan su üretkenliği araştırma yılları içerisinde deneme konularına göre 2.47-3.23 kg m⁻³ arasında hesaplanırken sulama suyu üretkenliği ise 3.36-7.51 kg m⁻³ arasında hesaplanmıştır. Denemede en yüksek su üretkenliği ve sulama suyu üretkenliği, su kısıtının en çok uygulandığı S4 konusundan elde edilmiştir. Ayrıca birim su miktarındaki azalışa göre en fazla gelir deneme konularına göre genellikle S1 konusundan elde edilirken, yıllara göre değerlendirme yapıldığında en fazla birim su miktarına karşılık net gelirin yonca gelişiminin olduğu 2019 yılından elde edildiği görülmektedir.

Denemede ham protein verimi sulama suyu uygulamalarına bağlı olarak 231.78 kg da⁻¹ ile 342.21 kg da⁻¹ arasında değişim göstermiştir. Bitkilere verilen sulama suyu miktarının artmasıyla ham protein veriminin de arttığı görülmektedir. Ayrıca yoncada vejetasyon süresinin artması ile ham protein veriminin yıllara göre azaldığı görülmektedir. Deneme süresi boyunca yoncada ham protein oranının, uygulanan sulama suyu miktarının

artmasıyla azaldığı görülmektedir. Sulama suyunun en az uygulandığı S4 konusunda %26.2 ile en yüksek ham protein oranı elde edilirken, sulama suyunun en fazla uygulandığı S1 konusunda ise %18.1 ile en düşük ham protein oranı elde edilmiştir. Ham protein oranını yıllar arasında değerlendirildiğinde, en yüksek veriler denemenin ilk yılı olan 2017 de, en düşük ise 2019 yılında elde edilmiştir. Bu durum yoncada olgunlaşmanın artmasıyla ham protein oranının da azaldığı göstermektedir.

Sulama suyu uygulamaları, ham kül verimi ve ham kül oranının da sırasıyla 112.5-158.5 kg da⁻¹ ve %9.5-%11.6 arasında değişim göstermiştir. Deneme süresi boyunca sulama suyu miktarının artması ile ham kül verimi ve ham kül oranında artış olduğu görülmüş ve en yüksek ham kül verimi ile ham kül oranı her üç yılda da S1 konusundan elde edilmiştir.

Denemede birim alandaki sap uzunluğu, sap kalınlığı ve dal sayısında sulama konuları açısından önemli farklılıklar kaydedilmiş olup kontrol konusu olan S1 parsellerinde en yüksek sap uzunluğu, sap kalınlığı ve dal sayısı değerleri elde edilmiştir. Denemede sap uzunluğuna ait elde edilen değerler 35.28-55.84 cm arasında değişirken, sap kalınlığına ait değerler 2.23-3.07 mm ve dal sayısına ait değerler ise 5.73-8.53 adet olarak elde edilmiştir. Elde edilen sonuçlar doğrultusunda uygulanan sulama suyu miktarının artması ile sap uzunluğu, sap kalınlığı ve dal sayısına ait değerlerin arttığını söyleyebiliriz.

Sulama suyu uygulamalarındaki artışlar yoncada potasyum, kalsiyum, fosfor, magnezyum, demir, çinko, mangan ve bakır gibi besin elementlerinin oranını artırırken, azot içeriğinde azalma eğilimi göstermiştir.

Yonca yetiştiriciliğinde geleneksel sulama yöntemi olan salma ve yağmurla sulama yöntemi ile her biçim öncesi ve her biçim sonrası olacak şekilde 2 defa sulama yapılmaktadır. Bu yöntemle İç Anadolu koşullarında ortalama 1400-1600 mm arasında (Benli vd. 2006) sulama suyu uygulanmaktadır. YADS ile ortalama 5-6 gün sulama aralığı ve her biçim sonrası sulama yapmak koşulu ile 30-35 mm sulama suyu uygulayarak mevsim boyunca yaklaşık 437.3 mm sulama suyunu sık aralıklarla azar azar kök bölgesine, bitkide stres oluşturmeyecek şekilde uygulayarak suyun bitki tarafından etkin bir şekilde kullanımı sağlanmış olacaktır.

Yüzeyaltı damla sulama yönteminde lateraller toprak altında gömülü olduğundan uygulanan sulama suyu toprak profilinde yerçekiminin etkisi ile aşağı doğru hareket göstermektedir. Bu durum yonca gibi çok yıllık bitkilerde kısıtlı su koşullarında bile mevcut suyu derin kökleriyle elverişli bir şekilde kullanma olanağı sağlayarak en az verim kaybı ile yetiştiricilik yapmanın mümkün olabileceğini göstermektedir. Yapılan bu araştırma ile Ankara koşullarında yoncaya uygulanacak sulama suyunun %20 oranında azaltılması, ortalama 349.6 mm sulama suyu ile kuru ot veriminde %10.9'luk bir verim kaybı elde edilebileceğini göstermektedir.

Yüzeyaltı damla sulama yöntemi, derine sızma ile oluşabilecek kayıpları ve yüzeyden olan buharlaşmayı önleyerek toprakta oluşabilecek nem kayıplarını azaltacaktır. Bu durum, yüzeyaltı damla sulama sisteminin tarımda sürdürülebilirlik için önemli bir etken olan su kullanım etkinliğinin gelişimine katkı sağlayacaktır. Ayrıca YADS ile üst toprakta kuru bir yüzey olduğundan yabancı ot gelişimi de azalacaktır.

YADS ile sulama suyu, gübre ve diğer kimyasallar düşük miktarlarda ve sık aralıklarla bitki kök bölgesine direkt olarak uygulanabildiğinden ve canlılarla teması engellenmiş olacağından atık suların kullanımında da oldukça etkili olabileceği düşünülmektedir.

Yonca yetiştiriciliğinde en önemli unsur sulama suyu miktarıdır. Yonca, su uygulandıkça verimi kat kat artan bir bitkidir ve verim artışı da biçim sayısı ile doğrudan ilişkilidir. Yoncanın gelişme periyodu içerisinde suya en fazla ihtiyaç duyduğu kritik seviye biçim sonrasıdır. Yonca yetiştiriciliğinde yüzeyaltı damla sulama sistemi ile biçim sırasında ve biçim sonrası kuruma aşamasında sulamaya devam ederek büyümeyi hızlandırmış oluruz. Bu durum biçimler arasındaki süreyi azaltarak yetiştirme dönemi içerisinde ki biçim sayısının artmasına neden olacaktır. Ayrıca YADS ile sulama suyu toprak yüzeyinin altına doğrudan uygulandığından biçim sırasında ve biçim sonrasında sulamayı askıya almaya gerek kalmadan sulama uygulamaları yapılabilecek ve bu durum yetiştirme sezonu içerisinde biçim sayısını artmasını sağlayacaktır. Yüzeyaltı damla sulama sistemi ile toprak yüzeyi ıslanmadığından buharlaşma kaybı ortadan kalkacak ve mevcut nemin bitki tarafından kullanımı sağlanacaktır. Yürütülen bu çalışma da yüzeyaltı damla sulama

sistemi ile yonca da uygun sulama zamanı planlaması yapılarak, bitki tarafından ihtiyaç duyulan su uygulanmış ve verimde istenilen artış elde edilmiştir.

Üç yıl boyunca yürütülen bu çalışma sonucunda, FAO Penman Monteith yaklaşımı ile iklim istasyonundan otomatik olarak hesaplanan ETo ve Türkiye’de Sulanan Bitkilerin Bitki Su Tüketimleri Rehberi’nden alınan bitki katsayılarından yararlanılarak yapılan sulamalarda yıllara göre sırasıyla 453.08, 426. 76 ve 431. 17 mm sulama suyu. 616.8. 657.50 ve 631.3 mm bitki su tüketimi ile 5064. 5093 ve 5114 kg da⁻¹ yeşil ot verimi ve 1371, 1374 ve 1344 kg da⁻¹ kuru madde verimi ile S1 konusu verim ve kalite parametreleri açısından sulama suyunun en etkin kullanıldığı konu olarak önerilmektedir. Toprakta daha iyi nem koşulları sağlayan, hem su hem de besin maddesi uygulamalarında dağıtım bütünlüğü oluşturan ve büyüme periyodu içerisinde bitkinin suya hassas olduğu dönemlerde su eksikliğine engel olup, kök sisteminde oksijen eksikliğine neden olabilecek ıslak-kuru alan döngüsünü önleyen yüzeyaltı damla sulama sisteminin tam ve kısıtlı su koşullarında yonca ve benzeri çok yıllık bitkilerde uygulanabilirliğinin artması tarımsal alanda büyük oranda su tasarrufu sağlayacaktır.

KAYNAKÇA

- Acar A. A. 2002. Tokat-Kazova Ekolojik Koşullarına Uygun Yonca (*Medicago sativa* L.) Çeşitlerinin Belirlenmesi. Gaziosmanpaşa Üniversitesi/Fen Bilimleri Enstitüsü/Tarla Bitkileri. Doktora Tezi. Tokat.
- Açıkbaş S., Albayrak S., Türk M. 2017. Doğal Vejetasyondan Toplanan Bazı Yonca (*Medicago Sativa* l.) Genotiplerinin Ot Verim Ve Kalitelerinin Belirlenmesi. Türkiye Tarımsal Araştırmalar Dergisi. 4(2). 155-162.
- Açıkgöz E. 2001. Yem bitkileri. Uludağ Üniversitesi Güçlendirme Vakfı Yayın No: 182. 41-66.
- Açıkgöz E. 1995. Yem Bitkileri. Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları. Bursa.
- Açıkgöz E., Ekiz H., Karagöz A. 1984. Ankara Kırış Koşullarında Bazı Yonca Çeşitlerinin Verim Ve Bazı Tarımsal Özellikleri. Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi. 1984 (3); 33-39.
- Açıkgöz E., Hatipoğlu R., Altınok S., Sancak C., Tan A. and Uraz D. 2005. Yem bitkileri üretimi ve sorunları. Türkiye Ziraat Mühendisliği VI. Teknik Kongresi Bildirileri: 503-518. 3-7 Ocak 2005. Ankara.
- Adıyaman E. 2014. Farklı Olgunlaşma Dönemlerinde Hasat Edilen Yoncanın (*medicago sativa* l.) Yem Değerinin İn Situ ve İn Vitro Olarak Araştırılması. Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü. Isparta. Doktora Tezi.
- Afsharmanesh G. 2009. Study Of Some Morphological Traits And Selection Of Drought Resistant Alfalfa Cultivars (*Medicago sativa* L.) in Jiroft. Iran. Plant Ecophysiology. 3. 109-118.
- Aka M.A., Avcıoğlu R. 1999. Selçuk Koşullarında 7 Farklı Yonca Çeşidinin Verim ve Diğer Bazı Verim Özellikleri Üzerinde Araştırmalar. E.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü. Yüksek Lisans Tezi. İzmir.
- Akbari N., Avcıoğlu R. 1992. Ege Bölgesine Uygun Bazı Yonca (*Medicago sativa* L) Çeşitlerinin Agronomik Özellikleri ile Yem Kaliteleri Üzerinde Araştırma. Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü. Doktora Tezi. Bornova-İzmir. 117 s.
- Aksoy A., Yılmaz A., Denek N., Deniz S. 2003. Bazı Yonca Varyetelerinde Kuru Madde ve Organik Madde Sindirilebilirlikleri ve Metabolik Enerji Değerleri. Tarım Bilimleri Dergisi. 2003. 9 (4) 440-444.
- Akyıldız A.R. 1968. Yemler Bilgisi. Laboratuar Kılavuzu. A.Ü. Ziraat Fakültesi Yayınları. 358. Uygulama Kılavuzu. 122-214.

- Alam M., Trooien T., Stone S., Rogers D. 2000. Subsurface Drip Irrigation for Alfalfa. Reprinted Here From Proceedings Of The 4th Decennial National Irrigation Symposium. Nov 14-16. 2000. Phoenix AZ. Proceedings edited by R. G. Evans. B.L. Benham. and T. P. Trooien. Published by ASAE. St. Joseph MI. 676 pp. Page numbers for this paper. 373-378.
- Alam M., Trooien T.P., Dumler T.J., Rogers D.H. 2002. Using Subsurface Drip Irrigation For Alfalfa. Journal Of The American Water Resources Association Vol. 38. No:6. December.
- Allen R.G., Pereira L.S., Raes D., Smith M. 1998. Crop Evapotranspiration. FAO. 56. Rome.
- Almarshadi M.H., Ismail S.M. 2011. Effects of Precision Irrigation on Productivity and Water Use Efficiency of Alfalfa Under Different Irrigation Methods in Arid Climates. Journal of Applied Sciences Research. 7(3): 299-308. 2011 ISSN 1819-544X
- Al-Naeem M. 2008. Influence of Water Stress on Water Use Efficiency and Dry-Hay Production of Alfalfa in Al-Ahsa. Saudi Arabia. International Journal of Science 3 (3): 119-126. ISSN 1816-4978.
- Alp M., Kahraman R., Kocabağlı N., Özçelik D., Eren M., Türkmen İ., Yavuz M., Dursun Ş. 2001. Marmara Bölgesindeki Yem Bitkilerinin Mineral Madde Düzeylerinin Saptanması ve Koyunlarda Beslenme Bozuklukları İle İlişkisi. TÜBİTAK. Turk J Vet Anim Sci. (25) s: 511-520. Ankara.
- Altınok S., Karakaya A. 2002. Forage Yield of Different Alfalfa Cultivars under Ankara Conditions. Turkish Journal of Agricultural Forestry. TUBİTAK. 26: 11-16.
- Amiraghaei M. 2017. Su Kısıtlamasının Farklı Yonca Genotiplerinde Ot Verimi Ve Kalitesine Etkisi. Atatürk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü. Doktora tezi. 2017.
- Annicchiarico P. 2007. Lucerne Shoot And Root Traits Associated With Adaptation To Favorable Or Drought-Stress Environments And To Contrasting Soil Types. Field Crop Research. 102. 51-59.
- Anonim 2001. Tarımsal Değerleri Ölçme Denemeleri Teknik Talimatı. Baklagil Yem bitkileri. T.C. Tarım ve Köyişleri Bakanlığı Koruma ve Kontrol Genel Müdürlüğü. Tohumluk Tescil ve Sertifikasyon Merkezi Müdürlüğü. Ankara.
- Anonim 2016. Türkiye’de Sulanan Bitkilerin Bitki Su Tüketimi Rehberi. Tarım ve Orman Bakanlığı.
- Anonim 2020. <https://mgm.gov.tr/veridegerlendirme/yillik-toplam-yagis-verileri.aspx>. Erişim tarihi: 17.02.2021

Anonim 2020a. <https://www.tarimorman.gov.tr/sgb/Belgeler/SagMenuVeriler/BUGEM>
Erişim Tarihi: 06.07.2020.

Anonim 2020b. Web sitesi. <http://alfalfa.ucdavis.edu>. Erişim Tarihi: 17.08.2020

Anonim 2020c. <https://biruni.tuik.gov.tr/medas/?kn=92&locale=tr>. Erişim Tarihi:
26.08.2020

Anonim 2020d. <https://tr.climate-data.org/asya/tuerkiye/ankara/haymana-19371/>. Erişim
Tarihi: 19.08.2020

Anonim 2020e. <http://www.haymana.bel.tr/tarim-ve-hayvancilik.html>. Erişim Tarihi:
26.08.2020

Anonim 2021. <https://wikifarmer.com/tr/yonca-ekim-nobeti/>. Erişim Tarihi: 24.09.2021.

Artan H. 2019. şanlıurfa Sulu Koğullarında Yonca (medicago sativa l.) İle Bazı Çok
Yıllık Sıcak İklim Buğdaygil Yem Bitkilerinin Karışımalarının Performanslarının
Belirlenmesi. Tarla Bitkileri Anabilim Dalı. şanlıurfa. Doktora Tezi.

Aslan N. 2020. Mardin Koşullarında Yetiştirilen Bazı Yonca (Medicago Sativa L.)
Çeşitlerinin Verim ve Kalite Özelliklerinin Belirlenmesi. Van Yüzüncü Yıl
Üniversitesi/Fen Bilimleri Enstitüsü / Tarla Bitkileri Anabilim Dalı. Yüksek Lisans
Tezi.

Avcı M. 2000. Çukurova’da Yapay Mera Kurlmak Amacıyla Yetiştirilebilecek Kışlık Çok
Yıllık Buğdaygil+Baklagil Yem Bitkileri Karışımalarının Saptanması. Çukurova
Üniversitesi. Fen Bilimleri Enst., Tarla Bitkileri Anabilim Dalı. Doktora Tezi. 113
s. Adana.

Avcioğlu R., Geren H., Özkul H. 2001. Seasonal Changes Of Quantitative And
Qualitative Performances Of Some Alfalfa Cultivars İn The Mediterranean Coastal
Part Of Aegean Region. In Zaragoza: Ciheam Options Méditerranéennes: Série A.
Séminaires Méditerranéens; n. 45 2001pages 205-209.

Avcioğlu R., Yıldırım M.B., Budak N.1989. Ege Bölgesine Uygun Yonca Hatlarının
Geliştirilmesi ve Adaptasyonu. E.Ü. Ar. Fonu. 1987-154. İzmir.

Ayars J. E., Phene C.J., Hutmacher R.B., Davis K.R., Schoneman R.A., Vali S.S. and
Mead R.M. 1999. Subsurfacedrip İrrigation Of Row Crops: A Review Of 15 Years
Of Research At The Water Management Research Laboratory. Agric. Water
Manage. 42:1-27.

Ayars J.E. Fulton A., Taylor B. 2015. Subsurface Drip İrrigation İn California. Agric.
Water Manage., 157 (2015). pp. 39-47

Ayaz H. 2010. Elçi Yoncasında Farklı Biçim Zamanlarında Tarımsal Ve Fizyolojik
Özelliklerin Gün İçerisindeki Değişimi. Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi

- Fen Bilimleri Enstitüsü. Tarla Bitkileri Anabilim Dalı. Yüksek Lisans Tezi. Kahramanmaraş.
- Bai W.M., Li L.H. 2003. Effect Of Irrigation Methods And Quota On Root Water Uptake And Biomass Of Alfalfa In The Wulanbuhe Sandy Region Of China. *Agricultural Water Management*. 62. 139-148.
- Bakoğlu A. 1995. Önemli Mera Bitkilerinin Biomas ve Kimyasal Kompozisyonlarının Yıl İçerisindeki Değişim. Yüksek Lisans Tezi. Atatürk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü. Tarla Bitkileri Anabilim Dalı. Erzurum.
- Basar M. 2018. Yoncada Azotlu Ve Kükürtlü Gübre Uygulamasının Verim Ve Kaliteye Etkisi. Yozgat Bozok Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü. Tarla Bitkileri Anabilim Dalı. Yüksek Lisans Tezi.
- Başbağ M., Gül I., Saruhan V. 2002. Diyarbakır Sulu Koşullarında Yonca ve Üçgül Çeşit Verim ve Adaptasyonlarını Araştırma Projesi. TÜBİTAK-TARP-2261 No'lu Proje Kesin Sonuç Raporu. Ankara.
- Başbağ M., Demirci R., Avcı M. 2009. Determination of Some Agronomical and Quality Properties of Wild Alfalfa (*Medicago sativa* L.) Clones in Turkey. Department of Field Crops. Department of Animal Science. Faculty of Agriculture. Dicle University. Diyarbakir. Turkey. Department of FieldCrops. Agricultural Research Institute of Çukurova/Adana. Turkey. Vol.7 (2) : 357-359.
- Benli B., Kodal S., Ilbeyi A., Ustun. H. 2006. Determination Of Evapotranspiration And Basal Crop Coefficient Of Alfalfa With A Weighing Lysimeter. *Agricultural Water Management* 81 (2006) 358–370.
- Berrada A. 2005. Alfalfa Response To Water Deficit Using Subsurface Drip Irrigation. Colorado State University. Agricultural Experiment station. Technical TBOS –01 Colorado State University. USA.
- Bilensoy C. 1985. Kayseri Yoncası Islahı T.C T.O ve K.B. Proje ve Uyg. Gn. Md. Çayır Mer'a ve Zootečni Araştırma Enstitüsü. Çayır Mera ve Yem Bitkileri Büyükbaş ve Küçükbaş Hayvancılık Ülkesel Araştırma Projeleri S. 171-187. Ankara
- Bogle C.R., Hartz T.K. And Nunez C. 1989. Comparison of subsurface trickle and furrow irrigation on plastic mulched and bare soil for tomato production. *J. Am. Soc. Hort. Sci.* 114: 40-43.
- Bouyoucos G. J. 1951. A Recalibration Of The Hydrometer Method For Making Mechanical Analysis Of Soil.
- Bower C. A., Reitemeier R. F., Fireman M. 1952. Exchangeable Cation Analysis Of Saline And Alkali Soils: *Soil Sci.* 73. 251-261.

- Bulgurlu Ş., Ergül M. 1978. Yemlerin Fiziksel, Kimyasal ve Biyolojik Analiz Metodları. Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları No:127. Ege Üniversitesi Matbaası. Bornova-İzmir. s: 58-76.
- Canbolat O., Kamalak A., Özkan C. O., Erol A., Şahin M., Karakaş E., Özkose E. 2006. Prediction of relative feed value of alfalfa hays harvested at different maturity stages using in vitro gas production. *Livestock Research for Rural Development*. Volume 18. Article #27.
- Carter C.M. 2013. Effects of Limiting Water on Water Use, Growth and Yield of Alfalfa Grown in the Big Horn Basin of Wyoming in the Big Horn Basin of Wyoming. (M.S. Thesis. University of Wyoming, Wyoming).
- Caslar M.D., Callins M., Reich J.M. 1987. Location Year, Maturity And Alfalfa Competititon İn Smooth Brome Grass. *Agron. J.* 79:774-778.
- Cavero J., Faci J., Medina E., Martínez-cob A. 2017. Alfalfa Forage Production Under Solid-Set Sprinkler Irrigation In A Semiarid Climate. *Agriculture Water Managament*. 191. 184–192.
- Cevheri A.C., Avcıoğlu R. 1998. Bornova Koşullarında 11 Farklı Yonca Çeşidinin Verim ve Diğer Bazı Verim Özellikleri Üzerinde Araştırmalar. Yüksek Lisans Tezi. E.Ü. Fen Bil. Enst. Tarla Bitkileri Anabilim Dalı. Bornova. İzmir.
- Chen J.S., Tang F.L., Zhu R.F., Gao C., D G.L., Zhang Y.X. 2012. Effects Of Cutting Frequency On Alfalfa Yield And Yield Components İn Songnen Plain. Northeast China. *African Journal of Biotechnology* Vol. 11(21). pp. 4782- 4790.
- Çaçan E., Başbağ M., Aydın A. 2012. "Diyarbakır İli Doğal Meralarından Toplanan Bazı Tek Yıllık Yonca Türlerinde (*Medicago* spp.) Kalite Özelliklerinin Belirlenmesi." *Tr. Doğa Fen Dergisi Tr. J. Nature Sci.* 1 (1): 34-38.
- Çağlar Ö., 1949. Toprak Bilgisi Kitabı. Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayın No:10. Ankara
- Carter P.R., Sheaffer. C.C. 1983. Alfalfa response to soil water deficits. I. Growth, forage quality, yield, and water-use efficiency. *Crop Sci.* 23:669–675.
- Davodi M., Jafari A. A., Assadian G., Ariapour A. 2011. Assessment Of Relation Ships Among Yield And Quality Traits In Alfalfa (*Medicago sativa*) Under Dryland Farming system. Hamadan, Iran. *Journal of Rangeland Science*. 1(3). 247-254.
- Demir R., Düz Z. 2008. Diyarbakır il Sınırları İçerisinde Yayılış Gösteren Bazı Yonca (*Medicago sativa* L.) Türlerinde Ağır Metal Düzeylerinin Belirlenmesi. *Dicle Üni. Ziya Gökalp Eğitim Fakültesi Dergisi*. (10).s: 148-153.
- Demir Z., Özbahçe A., Demir Y. 2018. Su Kısıtı Koşullarında Yüzeyaltı Ve Üstü Damla Sulama Sistemlerinde Fertigasyon Uygulamalarının Biberin Verim Ve Kalitesine

Etkileri. Toprak Gübre ve su Kaynakları Merkez Araş. Ens. Yayınları. TAGEM/TSKAD/15/A13/P02/1

- Denek N., Deniz S. 2004. The Determination of Digestibility and Metabolizable Energy Levels of Some Forages Commonly Used in Ruminant Nutrition by in Vitro Methods. Turkish Journal of Veterinary and Animal Sciences. 28(1). 115-122.
- Djaman K., Smeal D., Koudahe K., Allen S. 2020. Hay Yield and Water Use Eciency of Alfalfa Under Different Irrigation and Fungicide Regimes In A Semiarid Climate. Licensee MDPI. Basel. Switzerland.
- Doğan E., Kırnak H., Berekatoğlu K., Bilgel L., Surucu A. 2008. WaterStres İmposed On Muskmelon (CucumisMelo L.) With Subsurface And Surface Drip İrrigation Systems Under Semi-Arid Climatic Conditions. Irrig. Sci. 26:131-138.
- Doležal P., Skládanka J., 2014. The Effect Of The Stage Of Maturity Of Alfalfa (Medicago sativa L.) On The Chemical Composition And In Sacco Digestibility. Acta Universitatis Agriculturae et Silviculturae Mendelianae Brunensis. 56 (1). 55-64.
- Donald E. B., Howard F. B., Raymond L. D. 2019. Growing Alfalfa For Hay (MT8505).<https://animalrangeextension.montana.edu/forage/documents/growing%20alfalfa%20for%20hay.pdf>. Erişim Tarihi: 04.09.2020.
- Donovan T.J., Meek B.D. 1983. Alfalfa Responses To İrrigation Treatment And Environment. Agronomy Journal. 75. 461-464.
- Douh B., Boujelben A. 2011. Improving Water Use Efficiency for a Sustainable Productivity of Agricultural Systems Using Subsurface Drip Irrigation. Journal of Agricultural Science and Technology B 1 (2011) 881-888
- Eğİnlioğlu G., Sabancı C.O., Buğdaycıgil M., Özpınar H. 1996. Bazı Yonca Çeşitlerinin Menemen Koşullarında Adaptasyonu Üzerinde Bir Araştırma. Türkiye 3. Çayır-Mer'a ve Yem Bitkileri Kongresi. Erzurum.
- Engin B., Mut H. 2017. Farklı Yonca Çeşitlerinin Ot Verimi ve Bazı Kalite Özelliklerinin Belirlenmesi. Yüzüncü Yıl Üniversitesi Journal of Agricultural Sciences. 27(2). 212-219.
- Erener G. 2016. Hayvan Besleme İlkeleri. OMÜ Ziraat Fakültesi Zootečni Bölümü Samsun. Ders Notları.
- Evren S. 2015. Yarı Kurak Serin İklim Koşullarında Yüksek Rakımdaki Orta Bünyeli Topraklarda Yetiştirilen Yoncanın (Medicago Sativa L.) Su Tüketiminin Tartılı Lizimetrede Belirlenmesi. Atatürk Üniversitesi. Fen Bilimleri Enstitüsü. Dokora Tezi. Erzurum.

- Evren S., Sevim Z. 1998. Erzurum Ovası Koşullarında Yoncanın Su Tüketiminin Belirlenmesi. Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğü Toprak ve Su Kaynakları Araştırma Yıllığı. Yayın No: 106. Ankara.
- FAO 2002. Deficit Irrigation Practices. FAO Water Report No. 22. Rome.
- Frate C., Roberts B. 2006. Managing Alfalfa Production With Limited Irrigation Water. In: Proceedings. Of the 2006 Western Alfalfa & Forage Conference. Reno. Nevada.
- Gashaw M., Mengist A., Gelti D. 2015. Biomass Yield Dynamics And Nutritional Quality Of Alfalfa (*Medicago sativa*) Cultivars At Debre Zeit. Ethiopia. J. Agric. Res. Dev. 5. 120-127.
- Geleti D., Hailemariam M., Mengistu A., Tolera A. 2014. Biomass Yield Potential And Nutritive Value Of Selected Alfalfa (*Medicago sativa* L.) Cultivars Grown Under Tepid To Cool Sub-Moist Agro-Ecology Of Ethiopia. Journal of Agricultural Research and Development. 4(1). 7-14.
- Görgişen C., Yeter T., Karaca Bilgen G., Bahçeci Alsan P., Avağ K., Boyacıoğlu A., Yıldırım Y.E. 2020. Kısıtlı Su Koşullarında Yüzeyaltı Damla Sulama Sistemi İle Sulanan Şeker Pancarının Sulama Programının Oluşturulması. Tarım Ve Orman Bakanlığı. Tarımsal Araştırmalar ve Politikalar Genel Müdürlüğü. Proje Sonuç Raporu. TAGEM/TSKAD/16/A13/P02/03.
- Gralak M.A., Bates D.L., Von Keyserlingk M.A.G., Fisher L.L. 2006. Influence Of Species. Cultivar And Cut On The Micro El-Element Content Of Grass Forage. Slovak J. Anim. Sci. (1-2):84-88.
- Grimes D.W., Wiley P.L., Sheesley W.R. 1992. Alfalfa Yield and Plant Water Relations with Variable Irrigation. Published in Crop Sci. 32:1381-1387.
- Günendi N. 1978. Orta Anadolu Sulanabilir Koşullarında Yonca Ekim Zamanının Saptanması. Köy İşleri ve Kooperatifler Bakanlığı. Toprak Su Genel Müdürlüğü. Eskişehir Bölge Toprak Su Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü. Yay. No: 145.
- Güngör T., Basalan M., Aydoğan I. 2008. Kırıkkale Yöresinde Üretilen Bazı Kaba Yemlerde Besin Madde Miktarları ve Metabolize Olabilir Enerji Düzeylerinin Belirlenmesi. Ankara Üniversitesi Veteriner Fakültesi Dergisi. 55 (2). 111-115. 2008
- Hakyemez H. 2000. Çok Yıllık Yonca. Korunga Ve Nohut Geveninde Bitki Sıklığının Yem Verimine Etkileri. Doktora Tezi. Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü. 158 s., Ankara.
- Halim R.A., Buxton D.R., Hattendorf M.J., Carlson R.E. 1989. Water Stress Effect On Alfalfa Forage Quality After Adjustment For Maturity Differences. Agron. Journal. 81. 189-194.

- Hanson A. A., Barnes D. K. and Hill R.R. 1988. Alfalfa and alfalfa improvement. Monogr. 29. SSSA. CSSA. and ASA. Madison. WI.
- Hanson B., Putnam D., Snyder R. 2007. Deficit Irrigation Of Alfalfa As A Strategy For Providing Water For Water-Short Areas. Elsevier b.v. All Rights Reserved. Agricultural Water Management. 93 (2007) 73 -80
- Hanson B., Putnam D. 2000. Can Alfalfa Be Produced With Less Water Proceedings. 29th National Alfalfa Symposium. Las Vegas.
- Harmanlıoğlu Ö. 2019. Kayseri Koşullarında Farklı Yonca Çeşitlerinin Ot Verim Ve Kalitesinin Belirlenmesi. Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü. Kayseri. Doktora Tezi.
- Harmony K.R., Lamm F.R., Aboukheira A.A., Johnson S.K. 2013. Reducing Water Inputs With Subsurface Drip Irrigation May Improve Alfalfa Nutritive Value. Online. Forage and Grazinglands. doi:10.1094/FG-2013-117-01 RS.
- Hengeller J. 1995. Use Of Dripirrigation On Alfalfa. In Proc. Of The Central Plains Irrigation Shortcourse. Feb. 7-8. 1995. Garden City. Kansas. Kansas State Univ. Extension Biol. And Agric. Engr. Dept. Manhattan. KS. Pp 160-167.
- Hengeller J. 1997. Foraging for Efficiency: Subsurface Drip for Alfalfa. Irrigation Business and Technology. p. 11-14. February.
- Holechek J.L., Cole R.A., Fisher J.T., Valdez R. 2003. Natural Resources: Ecology. Economics And Policy. Prentice-Hall. 761. USA.
- Howell T.A., Cuence R.H., Solomon K.H. 1990. Crop yield response. In: Hoffman. G.J. et al. (Eds.). Management of Farm Irrigation Systems. ASAE. St. Joseph. MI. p. 312.
- Hutmacher R. B., Phene C.J., Mead R.M., Clark D., Shouse P., Vail S.S., Swain R.M., Genuchten V., Donovanand T. 1992. Subsurface Drip Irrigation Of Alfalfa In Theimperial Valley.
- Hutmacher R.B., Mead R.M., Shouse P.J. 1996. Subsurface Drip: Improving Alfalfa Irrigation in the West. Irrigation Journal. Vol. 46(1): 48-52.
- Hutmacher R.B., Steiner J. J., Vail S.S., Ayars J.E. 1991. Crop Water Stress Index For Seed Alfalfa: Influences Of Within-Season Changes In Plant Morphology. Agricultural Water Management. 19 (1991) 135-149.
- Hutmacher R.B., Phene C.J., Mead R.M., Shouse P., Clark D., Vail S.S., Swain R., Peters M.S., Hawk C.A., Kershaw D., Donovan T., Jobes J., Fargerlund J., 2001. Allfa Symposium 2001. pp. 75-87. Online. Available at http://ucanr.org/alf_symp/2001/01-075.pdf.47.

- Irmak S. 2005. A Brief Research Update on Subsurface Drip Irrigation http://water.unl.edu/documents/subsurface%20drip%20irrigation_Irmak_S.pdf.
- Ismail M.S., Almarshadi H.M. 2013. Maximizing Productivity and water use efficiency of Alfalfa under precise subsurface drip irrigation in arid region. *Irrigation and Drainage*. 62. 57-66.
- İbrikçi H., Gülüt K. Y., Güzel N. 1994. Gübrelemede Bitki Analiz Teknikleri. Çukurova Üniv. Ziraat Fakültesi Genel yayın No:95. Ders Kitapları Yayın No: 8. Adana.
- Jackson M. 1958. Soilchemicalanalysis. p. 1–498. Prentice–Hall. Inc. Englewood Cliffs. New Jersey. USA
- Jensen M.E., Burman R.D., Allen R.G. 1990. Evapotranspiration and Irrigation Water Requirements. ASCE Manuals and Reports on Engineering Practice No. 70. Am. Soc. CivilEngr., New York. NY. 332 pp.
- Kacar B., Katkat V.A. 1998. Bitki Besleme. Uludağ Üniversitesi Güçlendirme Vakfı Yayın No: 127. Vipaş Yayınları:3.
- Kaçar B., İnal A. 2008. Bitki Analizleri. Nobel Yayın Dağıtım. ISBN 978-605-395-036-3. Ankara.
- Kamalak A. 2005. Bazı Kaba Yemlerin Gaz Üretim Parametreleri ve Metabolik Enerji İçerikleri Bakımından Karşılaştırılması. *KSÜ Fen ve Mühendislik Dergisi*. 8(2): 20-30.
- Kang S.Z., Zhang J.H. 2004. Controlled alternate partial root-zone irrigation: its physiological consequences and impact on water use efficiency. *J. Exp. Bot*. 55. 2437-2446.
- Karabulut A., Canbolat Ö. 2005. Yem Değerlendirme ve Analiz Yöntemleri. Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Zootečni Bölümü. Yayın No:2.05.048.0424.
- Karaca Bilgen G. 2020. Su Kısıtı Koşullarında Yüzeyaltı Damla Sulama İle Sulanan Dane Mısırın Verim Ve Su Kullanım Etkinliğinin Belirlenmesi. Tarım Ve Orman Bakanlığı. Tarımsal Araştırmalar ve Politikalar Genel Müdürlüğü. Proje Sonuç Raporu. TAGEM/TSKAD/16/A13/P02/01
- Karaköy T., Saraç H. 2018. Sivas Ekolojik Koşullarında Yetiştirilen Yonca Çeşitlerinin Bazı Agronomik ve Kalite Özelliklerinin İncelenmesi. *Türk Tarım ve Doğa Bilimleri Dergisi* 5(4): 620–627.
- Karakut E., Fırıncıoğlu K.H. 2005. Farklı Kaynaklardan Sağlanan Yonca (*medicago sativa* L.) Populasyonunda Bazı Önemli Özellikler ve Özellikler Arası İlişkiler. *Tarla Bitkileri Merkez Araştırma Enstitüsü Dergisi*.

- Kassam A.H., Molden D., Fereres E., Doorenbos J. 2007. Water Productivity: Science and Practice-Introduction. *Irrigation Science*. 25(3):185-188.
- Katic S., Milic D., Karagic D., Vasiljevic S., Glamocic D., Jajic I. 2009. Variation Of Protein. Cellulose And Mineral Contents Of Lucerne As Influenced By Cultivar And Cut. *Biotechnology In Animal Husbandry*. <http://istocar.bg.ac.rs/radovi8/2/73.%20engl.%20S.%20KaticSR;> (15.05.2010).
- Kavut Y.T. 2004. Bazı Yeni Yonca (*Medicago sativa* L.)Çeşitlerinin Bornova Koşullarındaki Performansları Üzerine Bir Araştırma. (yüksek lisans tezi. basılmamış).Ege Üniversitesi. Fen Bilimleri Enstitüsü. Bornova. İzmir.
- Kazumba S., Gillerman L., De Malach Y., Oron G. 2010. Sustainable Domestic Effluent Reuse Via Subsurface Drip Irrigation (SDI): Alfalfa as a Perennial Model Crop. *Water Science and Technology* 61(3):625-632.
- Kım S.A., Yashida S., Okubo T., Kayama R. 1990. Seasonal Variation Of K And Mg Contents Of Forage Plants Grown In Grazing Pasture And Meadow. *Herb. Abst.* 61:3903.
- Kır H. 2010. Tokat- Kazova Şartlarında Bazı Yonca Çeşitlerinin Performanslarının Belirlenmesi Üzerinde Bir Araştırma. Yüksek Lisans Tezi. Gaziosmanpaşa Üniversitesi. Tarla Bitkileri Bölümü. Tokat.
- Kijne J., Barker R., Molden D. 2003. Improving water productivity in agriculture: Editors' Overview. in Jacob Kijne and others (Eds.) *Water Productivity in Agriculture: Limits and Opportunities for Improvement*. Comprehensive Assessment of Water Management in Agriculture. UK: CABI Publishing in Association with International Water Management Institute.
- Kipnis T., Vaisman I., Granoth I. 1989. Drought Stress And Alfalfa Production In A Mediterranean Environment. *Irrigation science*. Volume 10. Pages 113–125.
- Kuslu Y., Sahin U., Tunc T., Kızıloglu M. F. 2010. Determining Water-Yield Relationship. Water Use Efficiency. Seasonal Crop And Pan Coefficients For Alfalfa In A Semiarid Region With High Altitude. *Bulg. J. Agric. Sci.*, 16: 482-492.
- Lamm F.R., Harmony K.R., Aboukheira A.A., Johnson S.K. 2012. Alfalfa Production With Subsurface Drip Irrigation In The Central Great Plains. *American Society of Agricultural and Biological Engineers* ISSN 2151-0032. (2012).
- Lamm F. R. 2002. Advantages and disadvantages of subsurface drip irrigation. In *Proc. Int'l. Meeting on Advances in Drip/Micro Irrigation*. Puerto de La Cruz. Tenerife. Canary Islands. December 2-5. 2002. Instituto Canario de Investigaciones Agrarias. Canary Islands. Spain. 13 pp.

- Lamm F.R., Camp C.R. 2007. Subsurface drip irrigation. Chapter 13 in Microirrigation for Crop Production - Design, Operation and Management. F.R. Lamm, J.E. Ayars, and F.S. Nakayama (Eds.). Elsevier Publications. pp. 473-551.
- Lamm F. R., Colaizzi P.D., Bordovsky J.P., Trooien T.P., Enciso-Medina J., Porter D.O., Rogers D.H., O'brien D.M. 2010b. "Can Subsurface Drip Irrigation (YDS) Be a Competitive Irrigation System in the Great Plains Region for Commodity Crops?" 2010. Proceedings of the 5th National Decennial Irrigation meeting of the ASABE. Phoenix Convention Center. 5–8 December 2010. Phoenix, AZ USA.
- Lamm F. R., Manges H.L., Stone L.R., Khan A.H., Rogers R.H. 1995. Water Requirement Of Subsurface Drip-Irrigated Corn In Northwest Kansas. Transactions of the ASAE. 38 (2): 441-448.
- Lamm F., Harmony K., Abdrabbo A., Sandy A., Johnson K. 2011. Subsurface Drip Irrigation of Alfalfa. Proceedings of the 2011 Irrigation Association Technical Conference. San Diego, California. November 6-8. Available from the Irrigation Association. Falls Church, Virginia.
- Lamm F.R., Andtrooien T.P. 2003. Subsurface Drip Irrigation for Corn Production: A Review of 10 Years of Research in Kansas. Irrig. Sci. 22:195-200.
- Lamm F.R., Danny H.R., Alam M., O'brien D. M., Trooien T.P. 2010. Twenty-One Years of YDS Research in Kansas. Proceedings of the 22nd Annual Central Plains Irrigation Conference. Kearney, NE., February.
- Li Y., Su D. 2017. Alfalfa Water Use and Yield under Different Sprinkler Irrigation Regimes in North Arid Regions of China. Sustainability. 9. 1380.
- Lindenmayer R. B., Hansen N.C., Brummer J., Pritchett J.G. 2010. Deficit Irrigation Of Alfalfa For Water-Savings In The Great Plains and Intermountain West: A Review And Analysis Of The Literature. Agron. J. 103:45–50.
- Machado R.M.A., Olóvegra G.M.R. 2005. Tomato Root Distribution. Yield and Fruit Quality Under Different Subsurface Drip Irrigation Regimes and Depths. Irr Sci (2005) 24: 15-24
- Maona L., Ruixiu S., Yangyang M., Haijun Y. 2019. A Real-Time Fuzzy Decision Support System For Alfalfa Irrigation. Computers and Electronics in Agriculture 163 (2019) 104870.
- Marković J., Radović j., Lugić Z., Sokolović D. 2008. Nutritive Value In Leaves And Stems Of Lucerne With Advanced Maturity And A Comparison Of Methods For Determination Of Lignin Content. Proceedings of the 22nd General Meeting of the European Grassland Federation. Upsala, Sweden.
- Marschner H. 1995. Mineral Nutrition of Higher Plants 2nd Ed. p. 1-889. Academic Press. New York.

- Mayland H.F., Asay K.H., Clark D.H. 1992. Seasonal Trends İn Herbage Yield And Quality Of Agropyrons. J. RANGE MANAGE. 45:369-374
- Miller D.A. 1984. Forage Crops. McGraw-Hill Book Company. USA. 529 p.
- Mohammed A. S. 2007. Farklı Lokasyonlarda Bazı Yonca Çeşitlerinin Yem Verimleri ve Bitkisel Özellikleri. Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tarla Bitkileri Anabilim Dalı Yüksek Lisans Tezi. Ankara. 47s.
- Mutlu Z. 2012. Bazı Kışlık Fiğ Türlerinde Biçim Zamanının Ot Verimine Etkisi. Yüksek Lisans Tezi. A.Ü. Fen Bil. Ens.
- Mutlu Z. (2019). Bazı Yonca Çeşitlerinde Farklı Biçim Zamanı Uygulamalarının Ot Verimi Ve Kalitesi Üzerine Etkileri. Ankara Üniversitesi. Fen Bilimleri Enstitüsü. Tarla Bitkileri Anabilim Dalı. Doktora Tezi. Ankara.
- Neufeld J.D., Davison J.C., Breazeale D.E. 1998. Subsurface Drip Irrigation of Alfalfa: Research and Demonstration Project at Lovelock. Nevada. Fact Sheet 98-58. Nevada Cooperative Extension. University of Nevada. Reno. Nevada. Nutrient Solutions. Soil Sci. And Plant Anal. 2 (5) 363-374
- Oktay E., Olgun H., Ünal S. 1984. Çeşitli Koşullarda Kurutulan Yoncanın Besin Değerleri Kaybı Üzerinde Bir Arastırma. Lalahan Zoot. Arast. Enst. Derg. 1984. 24 (1-4) 3-14.
- Olsen S.R., Cole C.V., Vatanabe F.S. Dean L.A. 1954. Estimation of Available Phosphorus in Soil by Extraction with Sodium Bicarbonate. U. S. Dep. of Agr. Cir. Nb. 939. Washington D. C.s:19.
- Orloff S., Hanson B. 2008. Conserving Water Through Deficit İrrigation Of Alfalfa İn Theintermountain Area of California. Online. Forage and Grazinglands doi:10.1094/FG-2008-0421-01-RS.
- Özyiğit Y., Bilgen M. 2006. Bazı Baklagil Yembitkilerinde Farklı Biçim Dönemlerinin Bazı Kalite Faktörleri Üzerine Etkisi. Akdeniz Üni. Zir. Fak. Dergisi. 19 (1): 29-34.
- Patel N., Rajput T.B.S. 2009. Effect of Subsurface Drip Irrigation on OnionYield. Irrigation Sci. (2009) 27:97-108
- Payero J.O. Steven R.M., Irmak S., Tarkalson D.A. 2006. Yield response of corn to deficit irrigation in a semiarid climate. Agricultural Water Management. Volume 84. Issues 1–2. 16 July 2006. Pages 101-112
- Payero J.O., Tarkalson D.A., Irmak S., Davison D., Petersen J.L., 2008. Effect of İrrigation Amounts Applied with Subsurface Drip İrrigation on Corn

Evapotranspiration. Yield. Water Use Efficiency. and Dry Matter Production in a Semiarid Climate. *Agricultural Water Management* 95: 895-908.

Pecetti L., Carroni A.M., Annicchiarico P., Manunza P., Longu A., Congiu G. 2008. Adaptation. Summer Survival And Autumn Dormancy Of Lucernecultivars In A South European Mediterranean Region (Sardinia) Centre International de Hautes Etudes Agronomiques Mediterraneennes.<http://www.iamz.ciheam.org/elvas> 2008.

Petil H.V., Pesat A.R., Barnett G.M., Mason W.N., Dionne J.L. 1992. Quality And Morphological Characteristics Of Alfalfa As Affected By Soil Moisture. Ph And Phosphorous Fertilization. *Can. Journal Plant Science*. 72. 147 -162.

Pricop M., Petrovici T. 1994. Studies On The Response Of Some Lucerne Cultivars At The Podu-Iloalel. *Agricultural Research Station. Grassland and Forage Abst.* 64(2);p:57.

Putnam D., Takele E., Kallenback R. and Raves W. 2000. Irrigating Alfalfa In The Low Desert: Can Summer Dry-down Be Effective For Saving Water In Alfalfa? Report submitted to the Bureau of Reclamation (USDI).

Quan W., Liu X., Wang H. and Chan Z. 2016. Comparative Physiological And Transcriptional Analyses Of. Two Contrasting Drought Tolerant Alfalfa Varieties. *Frontiers in Plant sci.* 6: 1256. Doi:10.3389/fpls. 2015.01256.

Retta A., Hanks R.J. 1980. Corn and alfalfa production as influenced by limited irrigation. *Irrig. Sci.* 1:135–147.

Richards L.A. 1954. Diagnosis And Improvement Of Saline And Alkali Soils. *Usda Agriculture Handbook* 60. Washington D. C.

Robinson F.E., Teuber L.R., Gibbs L. 1994. Alfalfa Water Stress Management During Summer in the Imperial Valley for Water Conservation. *Desert Research and Extension Center. El Centro. CA. USA.*

Rusere F., Soropa G., Svubure O., Gwatibaya S., Moyo D., Ndeketeya A., Mavima G. A. 2012. Effects of deficit irrigation on winter silage maize production in Zimbabwe. *International Research Journal of Plant Science*. Vol. 3(9) pp. 188-192.

Saeed I.A.M., El-Nadi A.H. 1997. Irrigation Effects On The Growth. Yield And Water Use Efficiency Of Alfalfa. *Irrigation Science*. 17. 63-68.

Sammis T.W. 1981. Yield of Alfalfa and Cotton as Influenced by Irrigation. *Agron. J.* 73:323–329.

Sanden B., Klonsky K., Putnam D.H., Schwankl L., Bali K. 2011. Comparing Costs and Efficiencies of Different Alfalfa Irrigation Systems. IN: *Proceedings. 2011 Western Alfalfa & Forage Conference. Las Vegas. NV. 11-13 December. 2011. UCCE.*

Plant Sciences Department. University of California. Davis. CA95616. See: <http://alfalfa.ucdavis.edu/+symposium/proceedings/search.aspx>

- Saruhan V., Kuşvuran A. 2011. Güneydoğu Anadolu Bölgesi Koşullarında Bazı Yonca (*Medicago Sativa* L.) Çeşitleri ve Genotiplerinin Verim Performanslarının Belirlenmesi. Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi. 48 (2). 131-138.
- Scholtz J.D., Merwe H.J.G. ve Tylutki T.P. 2009. The Nutritive Value Of South African *Medicago Sativa* L. Hay. South African Society for Animal Science. Vol. 39(1). p.179-182
- Sevimay C.S. 1992. Ankara Koşullarında Elçi Yonca Klonlarının Tohum Teşekkülü Ve Seçilen Klonların İleriki Döllerinde Yeşil Yem Üretimine Etki Eden Faktörler. A. Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü. Doktora Tezi. Ankara.
- Shewmaker G.E., Allen R.G., Neibling W.H. 2011. Alfalfa Irrigation And Drought. Universty Of Idaho. College Of Agricultural And Life Sciences.
- Sinclair T.R., Tanner C.B., Bennett J. M. 1984. Water-use efficiency in crop production. BioScience. 34 (1). pp. 36–40.
- Singh D., Garg A.K. 2015. Performance Of Public And Private Sector Developed Lucerne (*Medicago Sativa* l.) Varieties For Forage Yield And Quality. Range Management and Agroforestry. 36(2). 225-228.
- Smeal D., Kallsen C.E. and Sammis T.W. 1991. Alfalfa yield as related to transpiration. growth. and environment. Irrig. Sci. 12:79–86.
- Stewart J.I., Danielson R.E., Hanks R.J., Jackson E.B. 1997. Optimizing Crop Production Through Control of Water and Salinity Levels in the Soil. Utah Water Res. Lab. Publ. No: PRWG 151-1. Logan. 191. 1977.
- Soba M.R., Türkmen F., Taşkın M.B., Akça M.O., Öztürk H.S. 2015. Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Haymana Araştırma ve Uygulama Çiftliği Topraklarının Verimlilik Durumlarını İncelenmesi Toprak Su Dergisi.4 (1): (7-17)
- Şehu A., Yalçın S., Önel A.G., Koçak D. 1998. Kaba Yemlerin Bazı Özelliklerinden Yararlanarak Kuzularda Kuru Madde Tüketimi ve Canlı Ağırlık Artışının Belirlenmesi. Turkish Journal of Veterinary and Animal Sciences. 22. 475-483. 1998.
- Şengül S., Tahtacıoğlu L. 1996. Erzurum Ekolojik Şartlarında Farklı Yonca Çeşit Ve Hatlarında Ot Ve Ham Protein Verimlerinin Belirlenmesi. 3. Çayır Mera Yem Bitkileri Kongresi. 17-19 Haziran. Erzurum. s. 608-614.
- Sharma B., Molden D., Cook S. 2015. Water use efficiency in agriculture: Measurement. current situation and trends. In: Managing Water and Fertilizer for Sustainable Agricultural Intensification (Editors: Drechsel. P., Heffer. P., Magen. H.,

- Mikkelsen. R., Wichelns. D.,) Managing Water and Fertilizer for Sustainable Agricultural Intensification. International Fertilizer Industry Association (IFA). International Water Management Institute (IWMI). International Plant Nutrition Institute (IPNI). and International Potash Institute (IPI). First edition. Paris. France. ISBN 979-10-92366-02-0. pp. 39-64.
- Tahtacıoğlu L., Mermer A., Avcı M. 1996. Yonca Çeşit ve Hatlarının Erzurum Ekolojik Koşullarına Adaptasyonu. Tarım ve Köyişleri Bak. Doğu Anadolu Tarımsal Araştırma Enstitüsü Yayın No: 18. 26 s.
- Tamkoç A. 1992. Kayseri Yoncasında Seçme Elçi Klonlarının Konya Şartlarında Diğer Varyetelerle Karşılaştırılması. (Doktora Tezi). Selçuk Üniv. Fen Bilimleri Enst. Tarla Bitkileri Anabilim Dalı. Konya.
- Taş İ., Kırnak H. 2011. Yarı Kurak İklim Bölgelerinde Bitki Su Tüketiminin Tahmininde Kullanılabilecek Ampirik Modeller. ADÜ Ziraat Fakültesi Dergisi 2011; 8(1) : 57 – 6
- Thomas G.W. 1982. Exchangeable cations. In Methods of Soil Analysis. Part 2 Chemical and Microbiological Properties (eds A.L. Page. R.H. Miller and D.R. Keeney). American Society of Agronomy. Madison. pp. 159–66.
- Toricelli R., Mazza L., Schiatti F., Veronesi F. 2001. Quality Evaluation Of Medicago Sativa Materials Belonging To The Italian Ecotype ‘Romagnola’. Centre International De Hautes Etudes Agronomiques Mediterraneennes.<http://ressources.ciheam.org/com/pdf/a45/pdf>
- Töngel Ö.M. 2005. Samsun Sahil Koşullarına Uygun Yonca (medicago sativa l.) Çeşitlerinin Belirlenmesi. Ondokuz Mayıs Üniversitesi. Tarla Bitkileri Anabilim Dalı. Yüksek Lisans Tezi. Samsun.
- TS 8333 1990. Türk Standartları Enstitüsü. Topraklar Suyla Doygunluk Tayini.
- TS ISO 11265.1996. Toprak Kalitesi-Elektriksel Öziletkenlik Tayini
- Turan N. 2010. Bazı Yonca (medicago sativa l.) Çeşitlerinin Farklı Ekim Zamanlarında Verim ve Verim Unsurlarının Belirlenmesi Üzerinde Bir Araştırma. Yüzüncü Yıl Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tarla Bitkileri Anabilim Dalı. Doktora Tezi.
- Tüzüner A., Kurucu N., Börekçi M., Gedikoğlu İ., Sönmez B., Eyüpoğlu İ., Ağar A., 1990. Toprak ve Su Analiz Laboratuvarları El Kitabı. Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğü. Ankara.
- Ünalp E. 2014. Farklı Gelişme Dönemleri Ve Biçim Sıralarında Yonca (Medicago Sativa l.) Kuru Otunun Ham Protein. Selüloz Ve Bazı Mikrobiyolojik Özelliklerinin Belirlenmesi. Namık Kemal Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü. Zootekni Anabilim Dalı. Yüksek Lisans Tezi.

- Vories E., Tacker P., Hall S. 2009. The Ar Kansas Irrigation Scheduler. World Environmental and Water Resources Congress 2009: pp. 1-10.
- Walkley A. 1946. A. Critical Examination of a Rapid Method for Determining Organic Carbon in Soils. Soil Sci. 63: 251-263
- Wang S., Xiyun J., Weihua G. Jian L., Yungang B., Liping W. 2018. Adaptability Of Shallow Subsurface Drip Irrigation Of Alfalfa In An Arid Desert Area Of Northern Xinjiang Shufang. PLOS ONE| <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0195965>.
- Wang Y.D., Kou D., Muneer M.A., Fang G.J., Su D.R. 2020. The Effects Of Irrigation Regimes On Soil Moisture Dynamics. Yield And Quality Of Lucerne Under Subsurface Drip Irrigation. Applied Ecology And Environmental Research 18(3): 4179-4194.
- Wilczek M., Cwintal M. 1996. The Influence Of Fertilizer Applicatin (P. K) and Number Cut on Mn. Cu and Zn Contents in Tetraploid Red Clover. Zeszyty – Problemowe-Postepow-Nauk-Rolnic-Zych. 434: 1. 145 – 149.
- Wissuwa M., Smith M.S.E., Ottman M.J. 1997. Crown Moisture And Prediction Of Plant Mortality In Drought-Stressed Alfalfa. Irrig. Sci.17. 87-91.
- Wolf B. 1971. The Determination Of Boron In Soil Extracts. Plant Materials. Composts. Manures. Water And Nutrient Solutions. Soil Sci. And Plant Anal., 2 (5) 363-374
- Wright J.L. 1988. Daily And Seasonal Evapotranspiration And Yield Of Irrigated Alfalfa In Southern Idaho. Agron. J. 80:662-669.
- Xiao Y., Zhang J., Jia T.T., Pang X.P., Guo Z.G. 2015. Effects Of Alternate Furrow Irrigation On The Biomass And Quality Ofalfalfa (Medicago Sativa). Agricultural Water Management 161 (2015) 147–154.
- Yazar A., Sezen S. M., Gencel B. 2002. Drip irrigation of corn in the Southeast Anatolia Project (GAP) area in Turkey. Irrig. And Drainage. 51.293-300.
- Yelsiz M.E. 2019. Toprak Altı Damla Sulama Yöntemi İle Uygulanan Farklı Sulama Programlarının Yoncanın (medicago sativa l.) Ot Verimi Ve Kalitesi Üzerine Etkileri. Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü. Tarla bitkileri Anabilim Dalı. Yüksek Lisans Tezi. Isparta.
- Yeşil M. ve Şengül S. 2009. Türkiye'nin Değişik Yörelerinden Toplanan Yonca Ekotiplerinin Bazı Morfolojik Özelliklerinin Belirlenmesi Üzerine Bir Arastırma.16 (b). 1-6.
- Yeter T., Yurtseven E. 2015. Sulama Suyu Tuzluluğu ve Yıkama Gereksinimi Oranlarının Yoncada Çimlenme ve Gelişmeye Etkisi. Toprak Su Dergisi. 2015.4 (1): (36-42).

- Yıldırım Y.E. 1993. Ankara Koşullarında Mısır Bitkisinin Su-Verim İlişkileri. (Doktora Tezi). Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi. Tarımsal Yapılar ve Sulama Anabilim Dalı. 89 s.
- Yıldırım Y.E., Kodal S. 1996. Ankara Koşullarında Mısır Su Tüketiminin Tahmininde Kullanılabilecek Yöntemler. Tarım Bilimleri Dergisi (1996) 2 (1). 13-18
- Yılmaz M. 2011. Isparta Ekolojik koşullarında Bazı Yonca (*Medicago sativa* L.) Çeşitlerinin Ot Verim ve Kalitelerinin Belirlenmesi. Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enst. (Basılmamış Yüksek Lisans Tezi). Isparta. 43s.
- Yokota A., Takahara K., Akash K. 2006. Water Stress. In Physiology and Molecular Biology of Stress Tolerance in Plants Ed: K.V. Madhava Rao. A.S. Raghavendra and K. Janardhan Reddy. Springer Publ. Netherland. 15–39.
- Yolcu H. 2005. Farklı Ekim Şekli Ve Gübrelemenin Yonca Kılçıksız Brom Karışımında Ot Verimine Ve Otun Bazı Özelliklerine Etkileri. Atatürk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü. Doktora Tezi. Erzurum.
- Yolcu R., Üzen N., Çetin Ö. 2016. İkinci Ürün Silajlık Mısırdaki Maksimum Net Geliri Sağlayan Sulama ve Azot Fertigasyon Stratejileri. Toprak Su Dergisi. 2016. 5 (2): (59-64).
- Yuegao H., Cash D. 2009. Global Status And Development Trends Of Alfalfa. IN: Alfalfa Management Guide For Ningxia. Cash D. (Ed.). United Nations Food and Agriculture Organization. Beijing. 1-12 p.
- Yurtsever. N., 2011. Deneysel İstatistik Metodları Köy Hizmetleri Gnl. Md. Toprak Ve Gübre Araştırma Ens. Yayın No 56.
- Yüksel O., Albayrak S., Türk M., Sevimay C. S. 2016. Dry Matter Yields And Some Quality Features Of Alfalfa (*Medicago sativa* L.) Cultivars Under Two Different Locations Of Turkey. Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi Cilt 20. Sayı 2.155-160. 2016.
- Zang W. M., Wang C. Z., & Yang Y. X. 2005. Production Performance Of Different Lucerne Varieties In China. New Zealand Journal Of Agricultural Research. 48(4). 481-488.
- Zhang T., Wang X., Han J., Wang Y., Mao P., Majerus. M. 2008. Effects Of Between-Row And Within-Row Spacing On Alfalfa Seed Yields. Crop Sci., 48:794-803