



**T.C.
ONDOKUZ MAYIS ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ
ZOOTEKNİ ANA BİLİM DALI**

**TOPRAKSIZ TARIM SİSTEMİNDE ÇİMLENDİRİLMİŞ
FARKLI BAKLAGİL VE BUĞDAYGİL TOHUM VE
KARIŞIMLARININ YEM DEĞERİNİN BELİRLENMESİ**

Doktora Tezi

Abdulkadir ERİŞEK

Danışman

Prof. Dr. Ünal KILIÇ

SAMSUN
2023

**T.C.
ONDOKUZ MAYIS ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ
ZOOTEKNİ ANA BİLİM DALI**



**TOPRAKSIZ TARIM SİSTEMİNDE ÇİMLENDİRİLMİŞ
FARKLI BAKLAGİL VE BUĞDAYGİL TOHUM VE
KARIŞIMLARININ YEM DEĞERİNİN BELİRLENMESİ**

Doktora Tezi

Abdulkadir ERİŞEK

Danışman

Prof. Dr. nal KILIÇ

Bu alışma Ondokuz Mayıs Üniversitesi Proje Yönetim Ofisi ve Tarımsal Araştırmalar ve Politikalar Genel Müdürlüğü (TAGEM) tarafından PYO.ZRT.1904.21.010 ve TAGEM/HSGYAD//20/A4/P1/2129 numaralı projeler ile desteklenmiştir.

SAMSUN
2023

TEZ KABUL VE ONAYI

Abdulkadir ERİŞEK tarafından, **Prof. Dr. Ünal KILIÇ** danışmanlığında hazırlanan “**TOPRAKSIZ TARIM SİSTEMİNDE ÇİMLENDİRİLMİŞ FARKLI BAKLAGİL VE BUĞDAYGİL TOHUM VE KARIŞIMLARININ YEM DEĞERİNİN BELİRLENMESİ**” başlıklı bu çalışma, jürimiz tarafından 1.9.2023 tarihinde yapılan sınav sonucunda oy birliği ile başarılı bulunarak Doktora Tezi olarak kabul edilmiştir.

	Unvanı Adı Soyadı Üniversitesi Ana Bilim/Ana Sanat Dalı	Sonuç
Başkan	Prof. Dr. Muhlis MACİT Atatürk Üniversitesi Zootečni Ana Bilim Dalı	☒ Kabul ☐ Ret
Üye (Danışman)	Prof. Dr. Ünal KILIÇ Ondokuz Mayıs Üniversitesi Zootečni Ana Bilim Dalı	☒ Kabul ☐ Ret
Üye	Prof. Dr. Sabri YURTSEVEN Harran Üniversitesi Zootečni Ana Bilim Dalı	☒ Kabul ☐ Ret
Üye	Prof. Dr. Mustafa BOĞA Niğde Ömer Halisdemir Üniversitesi Gıda İşleme Bölümü	☒ Kabul ☐ Ret
Üye	Doç. Dr. Ali Vaiz GARİPOĞLU Ondokuz Mayıs Üniversitesi Zootečni Ana Bilim Dalı	☒ Kabul ☐ Ret

Bu tez, Enstitü Yönetim Kurulunca belirlenen ve yukarıda adları yazılı jüri üyeleri tarafından uygun görülmüştür.

Prof. Dr. Ahmet TABAK
Enstitü Müdürü

BİLİMSEL ETİĞE UYGUNLUK BEYANI

Hazırladığım Doktora tezinin bütün aşamalarında bilimsel etiğe ve akademik kurallara riayet ettiğimi, çalışmada doğrudan veya dolaylı olarak kullandığım her alıntıya kaynak gösterdiğimi ve yararlandığım eserlerin Kaynaklar'da gösterilenlerden oluştuğunu, her unsurun enstitü yazım kılavuzuna uygun yazıldığını ve TÜBİTAK Araştırma ve Yayın Etiği Kurulu Yönetmeliği'nin 3. bölüm 9. maddesinde belirtilen durumlara aykırı davranılmadığını taahhüt ve beyan ederim.

Etik Kurul Gerekli mi?

Evet ☐ (Gerekli ise ekler kısmına ekleyiniz)

Hayır ☒

02/08/2023
Abdulkadir ERİŞEK

TEZ ÇALIŞMASI ÖZGÜNLÜK RAPORU BEYANI

Tez Başlığı: TOPRAKSIZ TARIM SİSTEMİNDE ÇİMLENDİRİLMİŞ FARKLI BAKLAGİL VE BUĞDAYGİL TOHUM VE KARIŞIMLARININ YEM DEĞERİNİN BELİRLENMESİ

Yukarıda başlığı belirtilen tez çalışması için şahsım tarafından 02.08.2023 tarihinde intihal tespit programından alınmış olan özgünlük raporu sonucunda;

Benzerlik oranı : % 13

Tek kaynak oranı : % 3 çıkmıştır.

02/08 /2023
Prof. Dr. Ünal KILIÇ

ÖZET

TOPRAKSIZ TARIM SİSTEMİNDE ÇİMLENDİRİLMİŞ FARKLI BAKLAGİL VE BUĞDAYGİL TOHUM VE KARIŞIMLARININ YEM DEĞERİNİN BELİRLENMESİ

Abdulkadir ERİŞEK

Ondokuz Mayıs Üniversitesi

Lisansüstü Eğitim Enstitüsü

Zootečni Ana Bilim Dalı

Doktora, Ağustos/2023

Danışman: Prof. Dr. Ünal KILIÇ

Bu çalışma, hidroponik sistem ile yetiştirilen bazı baklagil ve buğdaygil yem bitkileri ile bunların karışımlarından elde edilen taze yeşil yemlerin besin madde içeriği, kaba yem kalitesi, *in vitro* gaz üretimi, metan üretimi ve *in vitro* gerçek besin madde sindirilebilirliklerinin belirlenmesi amacıyla yürütülmüştür. Çalışmada Arpa (A), Yulaf (Y), Fiğ (F), İtalyan çimi (İÇ) ve Sorgum x sudan otu melezi (SS) tohumları ile Arpa+ Fiğ (AF), Sorgum x sudan otu melezi +Arpa +Fiğ (SSAF), Sorgum x sudan melezi + Fiğ (SSF), Yulaf+ İtalyan çimi+ Sorgum x sudan otu melezi +Arpa (YİÇSSA) ve Yulaf+ İtalyan çimi+ Sorgum x sudan otu melezi +Arpa+Fiğ (YİÇSSAF) tohum karışımları kullanılmıştır. Çalışmada iki farklı besin kaynağı kullanıldı: Hoagland solüsyonu ve şebeke suyu.

Çalışmada belirlenen sonuçlara göre, 8. ve 12. gün hasat sonrası su verimliliği bakımından en yüksek değere SS, F ve Y yemleri sahip olmuştur. Hasıllar arasında en yüksek HP içeriği (8.gün) Hoagland solüsyonu kullanılan F yeminde tespit edilirken; en düşük HP Hoagland solüsyonu kullanılan Y elde edilmiştir. Hasatın 12.gününde elde edilen verilerde Hoagland solüsyonu kullanılan F’de en yüksek HP olurken; şebeke suyu kullanılan A’da en düşük HP içeriği olmuştur. Yemler HS bakımından incelendiğinde (8.gün) besin kaynağı fark etmeksizin en yüksek HS oranı Y yeminde tespit edilirken, en düşük değerler şebeke suyu kullanımında SS ve SSF’de belirlenmiştir ($P<0.05$). Yemler HS bakımından incelendiğinde (12.gün) hem solüsyonda hem şebeke suyunda en yüksek değerler A yeminde görülürken; en düşük değerler ise solüsyon kullanımında SS’de belirlenmiştir. Hücre duvarı yapı elemanlarından NDF değeri Hoagland solüsyonu ve şebeke suyu kullanımında 8.günde hasat edilen bitkilerde en yüksek değer yulafta en düşük değer ise fiğde bulunmuştur ($P<0.05$). Hasat işlemi 12.gün yapılan yemlerde Hoagland solüsyonu ve şebeke suyu kullanımında en yüksek NDF değeri A’da; en düşük ise F’de tespit edilmiştir ($P<0.05$). Elde edilen yemler ADF bakımından incelendiğinde 8.günde hasat edilen bitkilerde Hoagland solüsyonu ve şebeke suyu kullanımında en yüksek değeri İÇ hasılının gösterdiği; en düşük değeri ise SSF yemlerinin gösterdiği bulunmuştur ($P<0.05$). Hasatın 12. gün yapılması durumunda ise yemlerde Hoagland solüsyonu ve şebeke suyu kullanımında en yüksek ADF değeri A, en düşük ADF değeri ise SS’de tespit edilmiştir ($P<0.05$).

Çalışmada SSF tohum karışımından elde edilen 8 günlük hasıllar en yüksek IVNDFS, IVKMS ve IVOMS değerlerine sahip oldukları olmuştur. *In vitro* gaz üretiminde 24 saatlik inkübasyon süresi bakımından en yüksek değeri Hoagland solüsyonu kullanılan SSAF hasılları gösterirken aynı yem için şebeke suyu kullanımında *in vitro* gaz üretiminin önemli ölçüde düştüğü ($P<0.05$) görülmüştür. Hoagland solüsyonu kullanılan SSAF ve şebeke suyu kullanılan SSF hasılları yüksek

metan üretimi gösterirken SSAF için şebeke suyu kullanımında metan üretiminin önemli ölçüde düştüğü ($P<0.05$) tespit edilmiştir. Yemlerin OMS bakımından incelenmesinde en yüksek değere Hoagland solüsyonu kullanılan SSAF ve YİÇSSAF hasılları sahip olurken, aynı yemler için şebeke suyu kullanımında bu değerlerin düştüğü ($P<0.05$) belirlenmiştir. Gruplar içerisinde en yüksek metabolize edilebilir enerji (ME) değerleri F ve SSAF hasıllarında bulunmuştur. SSAF, SS ve YİÇSSAF hasıllarında Hoagland solüsyonu kullanımı şebeke suyuna göre daha yüksek değerlerin elde edilmesine neden olmuştur ($P<0.05$).

Ekonomik değerlendirmeden elde edilen sonuçlara göre en düşük maliyetli 1 kg HP şebeke suyu kullanılan yemler içerisinde hasıl yulafta, Hoagland solüsyonunda ise arpa hasılinda elde edilmiştir. En düşük maliyetli 1 kg KM hem Hoagland solüsyonu hemde şebeke suyu kullanımında hasıl yulafta olmuştur. Şebeke suyu kullanılan hidroponik sistemde arpa, yulaf ve fiğ tohumunun tek başına veya arpa + fiğ karışımı şeklinde kullanılması gerektiği kanaatine varılmıştır. Çalışmada elde edilen bulguların ayrıca, *in vivo* denemelerde test edilmesi önerilmektedir.

Anahtar Sözcükler: Hidroponik, Hoagland, *İn vitro* gaz üretimi, *İn vitro* sindirilebilirlik, Metan, Su verimliliği.

ABSTRACT

DETERMINATION OF FEED VALUE OF DIFFERENT LEGUME AND GRASS SEEDS AND THEIR MIXTURES GERMINATED IN THE HYDROPONIC SYSTEM

Abdulkadir ERİSEK

Ondokuz Mayıs University

Institute of Graduate Studies

Department of Animal Science

Ph.D., August/2023

Supervisor: Prof. Dr. Unal KILIC

This study was carried out to determine the nutrient content, forage quality, *in vitro* gas production, methane production, and *in vitro* true digestibility of fresh green fodder obtained from some legumes and grass seeds and their mixtures in hydroponic systems. In this research, barley (A), oat (Y), vetch (F), ryegrass (IC), sorghum x sudangrass hybrid (SS), barley+ vetch (AF), sorghum x sudan herbage hybrid+ barley+ vetch (SSAF), sorghum x sudangrass hybrid+ vetch (SSF), oat + ryegrass+ sorghum x sudan herbage hybrid + barley (YICSSA) and oat+ ryegrass+ sorghum x sudangrass hybrid+ barley+vetch (YICSSAF) were used. The study utilized two different nutrient sources: Hoagland solution and tap water.

According to the results obtained in the study, SS, F, and Y feeds had the highest values of water efficiency after the 8th and 12th days of harvest. Among the results, the highest CP content (8th day) was detected in the F feed in the Hoagland solution; The lowest CP was detected in Y feed using Hoagland solution. In the data obtained on the 12th day of the harvest, the highest CP was observed in F, where Hoagland solution was used; the main water used A had the lowest CP content. When the feeds were examined in terms of CF (on the 8th day), regardless of the nutrient source, the highest CF rate was found in Y feed, while the lowest values were determined in SS and SSF in the use of tap water ($P<0.05$). When the feeds are examined in terms of CF (12th day), the highest values in both Hoagland solution and tap water are seen in A feed; the lowest values were determined in the SS in the use of Hoagland solution. The NDF value, which is one of the cell wall structural elements, was found in the plants harvested on the 8th day in the use of Hoagland solution and tap water; the highest value was found in oats, and the lowest value was found in vetch. The highest NDF value is in A in the use of Hoagland solution and tap water in feeds made on the 12th day of harvest; the lowest was detected in F ($P<0.05$). When the feeds obtained were examined in terms of ADF, the highest ADF value in the use of Hoagland solution and tap water in the plants harvested on the 8th day was shown by the in product; the lowest value was found in the resulting mixture of SSF ($P<0.05$). On the 12th day of harvest, the highest ADF value was found in A and the lowest value in SS in the use of Hoagland solution and tap water in feeds ($P<0.05$).

In the study, 8th day yields obtained from an SSF seed mixture had high IVNDFS, IVDMD, and IVOMD values ($P<0.05$). *In vitro* gas production, SSAF yields using Hoagland solution showed the highest value in terms of 24 hours incubation time, while *in vitro* gas production was found to decrease significantly ($P<0.05$) in the use of tap water for the same feed. While SSAF in Hoagland solution and SSF in tap water showed high methane production, methane production for SSAF decreased significantly ($P<0.05$) in the use of tap water. Regarding the OMD values of the feeds,

it was determined that the SSAF and YICSSAF yields in the Hoagland solution showed the highest value, and these values decreased ($P<0.05$) in the use of tap water for the same feeds. The results indicated that F and SSAF yields had the highest metabolizable energy (ME) contents. Additionally, the use of Hoagland solution in SSAF, SS, and YICSSAF products led to even higher values when compared to the use of tap water ($P<0.05$).

According to the results obtained from the economic evaluation, among the feeds using 1kg CP mains water, the lowest cost was obtained in oat and barley in the Hoagland solution. The lowest cost 1 kg DM was obtained in oats when using both Hoagland solution and tap water. It was concluded that barley, oat, and vetch seeds should be used alone or as a mixture of barley + vetch in the hydroponic system using tap water. It is recommended that the findings obtained in the study also be tested in *in vivo* trials.

Keywords: Hydroponics, Hoagland, *In vitro* gas production, *In vitro* digestibility, Methane, Water efficiency.

ÖN SÖZ VE TEŞEKKÜR

Lisansüstü öğrenimim boyunca desteklerini esirgemeyen, bilgi ve tecrübesiyle tez çalışmama katkıda bulunan danışman hocam Prof. Dr. Ünal KILIÇ'a ve tez izleme komitesinde yer alan, değerli katkı ve eleştirileriyle tez çalışmama destek veren Prof. Dr. Mustafa BOĞA ve Doç. Dr. Ali Vaiz GARİPOĞLU'na teşekkürü bir borç bilirim.

Ayrıca, tez çalışmalarım süresince gerek laboratuvar analizlerinde gerekse saha çalışmalarında desteklerini esirgemeyen Dr. Engin ÜNAY, Ondokuz Mayıs Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Doktora Öğrencileri Mahmoud Mohamedosman Ahmed ELFAKİ ve Abdiwali Mahmoud ABDİ ile Uluslararası Hayvancılık Araştırma ve Eğitim Merkezi Müdürlüğü Yemler ve Hayvan Besleme Bölümü çalışma arkadaşlarıma; tez çalışmasında kullanılan tohumların temininde yardımcı olan Ege Tarımsal Araştırma Enstitüsü, Karadeniz Tarımsal Araştırma Enstitüsü ve Ulusoy Tohumculuğa; tohumların çimlendirilmesi aşamasında iklimlendirme odasını kullanma imkânı sağlayan ve teknik konularda bilgilerine başvurduğum Tarla Bitkileri Merkez Araştırma Enstitüsü çalışanları Dr. Hümeysra YAMAN, Dr. Cuma KARAOĞLU ve Dr. Rahmi TAŞCI'ya teşekkürlerimi sunarım. Ayrıca, çalışmalarım sırasında destekleriyle her daim yanımda olan ve çalışma şevki veren canım eşim Gülçin ERİŞEK'e, biricik kızım Sare'ye ve çok kıymetli aileme özellikle de rahmetli babama en içten teşekkürlerimi sunarım.

Tez savunma jürisinde görev alarak tez çalışmasına son halinin verilmesine değerli eleştiri, düzeltme ve önerileriyle katkı sağlayan saygıdeğer hocalarım Prof. Dr. Muhlis MACİT ve Prof. Dr. Sabri YURTSEVEN'e teşekkür ederim. Bu tez çalışmasında maddi destek sağlayan Ondokuz Mayıs Üniversitesi Proje Yönetim Ofisi (PYO.ZRT.1904.21.010) ve Tarımsal Araştırmalar ve Politikalar Genel Müdürlüğüne (TAGEM/HSGYAD/Ü/20/A4/P1/2129) teşekkür ederim.

Abdulkadir ERİŞEK

İÇİNDEKİLER

TEZ KABUL VE ONAYI	i
BİLİMSEL ETİĞE UYGUNLUK BEYANI	ii
TEZ ÇALIŞMASI ÖZGÜNLÜK RAPORU BEYANI	ii
ÖZET	iii
ABSTRACT	iv
ÖNSÖZ VE TEŞEKKÜR	v
İÇİNDEKİLER	vi
SİMGELER VE KISALTMALAR	vii
ŞEKİLLER DİZİNİ	viii
TABLolar DİZİNİ	ix
1. GİRİŞ.....	1
2. LİTERATÜR ÖZETLERİ.....	7
2.1. Tarım Alanları	7
2.2. Hayvan Sayıları	7
2.3. Çalışmada Kullanılan Yemler	8
2.3.1. Arpa	8
2.3.2. Yulaf	9
2.3.3. Fiğ	10
2.3.4. İtalyan çimi	10
2.3.5. Sorgum x sudan otu melezi.....	11
2.4. Hidroponik Yeşil Yem Üretimi	12
2.4.1. Hidroponik Yem Üretiminin Amaçları.....	14
2.4.2. Hidroponik Yem Üretim Aşamaları	17
2.4.3. Hidroponik Sistemin Hayvan Beslemede Kullanımı.....	18
3. MATERYAL VE METOT.....	37
3.1. Materyal.....	37
3.1.1. Yem Materyali	37
3.1.2. Besin Kaynağı.....	37
3.1.3. Diğer Materyaller.....	38
3.2. Metot	39
3.2.1. Tohumların Çimlendirilmesi	39
3.2.2. Yemlerin Besin Madde İçeriklerinin Belirlenmesi.....	42
3.2.3. Yemlerin <i>İn Vitro</i> Gerçek Sindirilebilirliklerinin Belirlenmesi.....	43
3.2.4. <i>İn Vitro</i> Gaz Üretim (Hohenheim) Tekniği	44
3.2.5. Yemlerin CH ₄ Üretiminin Belirlenmesi.....	47
3.2.6. Rumen Sıvısında pH ve NH ₃ -N Miktarının Belirlenmesi	47
3.2.7. İstatistik Analizler.....	48
4. BULGULAR VE TARTIŞMA.....	49
4.1. Deneme Yemlerinin Besin Madde İçerikleri ve Fermantasyon Sürecine Ait Bazı Parametreler	49
4.2. Çimlendirilmiş Bitkilerin Kuru Madde Değerleri	56
4.1. Kullanılan Besin Kaynağı Miktarı ve Su Verimliliği.....	59
4.2. Çimlendirilmiş Bitkilerin Besin Madde İçeriği.....	62
4.3. Çimlendirilmiş Bitkilerin Hücre Duvarı Elemanları	72
4.4. Bir Kg Tohumdan Elde Edilen Hasıl Miktarı	80
4.5. Bir Kg KM' ye Karşılık Elde Edilen Yeşil Yem Miktarı.....	84
4.6. <i>İn Vitro</i> Besin Madde Sindirilebilirliği	87
4.7. Yemlerin <i>İn Vitro</i> Gaz Üretim Miktarları	92

4.8. Ekonomik Değerlendirme	101
5. SONUÇ VE ÖNERİLER	103
KAYNAKLAR	106
ÖZ GEÇMİŞ.....	120



SİMGELER VE KISALTMALAR

AA	: Asetik asit
ADF	: Asit çözücülerde çözünmeyen lifli bileşikler
ADL	: Asit çözücülerde çözünmeyen lignin
AOAC	:Resmi Analitik İşbirliği Derneği (Association of Official Analytical Collaboration)
BA	: Bütirik asit
CA	: Canlı ağırlık
CH ₄	: Metan
CO ₂	: Karbondioksit
HK	: Ham kül
HP	: Ham protein
HS	: Ham selüloz
HSEL	: Hemiselüloz
HY	: Ham yağ
IVNDFS	: <i>İn vitro</i> gerçek NDF sindirilebilirliği
IVKMS	: <i>İn vitro</i> gerçek kuru madde sindirilebilirliği
IVOMS	: <i>İn vitro</i> gerçek organik madde sindirilebilirliği
KM	: Kuru madde
ME	: Metabolize edilebilir enerji
N	: Azot
NDF	: Nötr çözücülerde çözünmeyen lifli bileşikler
NE _L	: Net enerji laktasyon
NH ₃	: Amonyak
NH ₃ -N	: Amonyak azotu
NÖM	: Nitrojensiz (azotsuz) öz maddeler
NRC	: Ulusal Araştırma Konseyi (National Research Council)
OM	: Organik madde
OMS	: Organik madde sindirilebilirliği
PA	: Propiyonik asit
SEL	: Selüloz
A	: Arpa

Y	: Yulaf
F	: Fiğ
İÇ	: İtalyan çimi
SS	: Sorgum x sudan otu melezi
AF	: Arpa x Fiğ karışımı
SSAF	: Sorgum x sudan otu melezi , Arpa ve Fiğ karışımı
SSF	: Sorgum x sudan otu melezi ve Fiğ karışımı
YİÇSSA	: Yulaf, İtalyan Çimi, Sorgum x sudan otu melezi ve Arpa karışımı
YİÇSSAF	: Yulaf, İtalyan Çimi, Sorgum x sudan otu melezi, Arpa ve Fiğ karışımı



ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 3. 1. Çimlenme gücü başlangıç halleri.....	39
Şekil 3. 2. Çimlenme gücü son halleri	39
Şekil 3. 3. Kapların temizlenmesi ve tohumların suya konulması.....	40
Şekil 3. 4. İklimlendirme odası	41
Şekil 3. 5. Çimlendirmede kullanılan su miktarının belirlenmesi ve bitkilerde boy ölçümü. 41	
Şekil 3. 6. Çimlendirilmiş bitkilerde kuru madde analizinin yapılması.....	42
Şekil 3. 7. <i>İn vitro</i> gaz üretim sistemi	45
Şekil 3. 8. Metan üretiminin belirlenmesi.....	47
Şekil 3. 9. Rumen sıvısında NH ₃ -N miktarının belirlenmesi	48
Şekil 4. 1. Şebeke suyu kullanımında günlere göre bir kg tohumdan elde edilen hasıl miktarı KM'de.....	83
Şekil 4. 2. Hoagland solüsyonu kullanımında günlere göre bir kg tohumdan elde edilen hasıl miktarı KM'de.....	83
Şekil 4. 3. Çimlendirilmiş bitkilerin besin kaynaklarına göre sindirilebilirlik değerleri, % (8.gün).....	90
Şekil 4. 4. Çimlendirilmiş bitkilerin besin kaynaklarına göre sindirilebilirlik değerleri, % (12.gün).....	90
Şekil 4. 5. Çimlendirilmiş bitkilerin (8.gün) gaz üretim miktarları, ml (Şebeke suyu)	97
Şekil 4.6. Çimlendirilmiş bitkilerin (8.gün) gaz üretim miktarları, ml (Hoagland solüsyonu)	97
Şekil 4. 7. Çimlendirilmiş bitkilerin besin kaynaklarına göre metan miktarları, ml (8.gün) .	99

TABLolar DİZİNİ

Tablo 2. 1. Küçükbaş hayvan sayıları, baş.....	7
Tablo 2. 2. Büyükbaş hayvan sayıları, baş.....	8
Tablo 3. 1. Çalışmada kullanılan tohum ve çeşitleri.....	37
Tablo 3. 2. Hoagland solüsyon içeriği	38
Tablo 3. 3. Şebeke suyu içeriği	38
Tablo 3. 4. Tohumların çimlenme gücü.....	39
Tablo 3. 5. Çimlendirme yapılan yem grupları	40
Tablo 4. 1. Tohumların besin madde içerikleri ve hücre duvarı bileşenleri, %KM'de.....	51
Tablo 4. 2. Besin kaynaklarına göre bitkilerin çimlenme sürecinde ölçülen 8. ve 12. gün fermentasyon sıcaklıkları, °C.....	52
Tablo 4. 3. Günlere göre bitkilerin çimlenme sürecinde ölçülen şebeke ve Hoagland solüsyonu fermentasyon sıcaklıkları, °C	53
Tablo 4. 4. Çimlendirilmiş bitkilerin besin kaynaklarına göre boyları (cm)	54
Tablo 4. 5. Çimlendirilmiş bitkilerin günlere göre boyları (cm).....	55
Tablo 4. 6. Çimlendirilmiş bitkilerin besin kaynaklarına göre kuru madde değerleri %	57
Tablo 4. 7. Çimlendirilmiş bitkilerin günlere göre kuru madde değerleri %.....	58
Tablo 4. 8. Çimlendirmede kullanılan besin kaynağı su tüketimi (Hoagland solüsyonu-Şebeke suyu), (ml) ve su verimliliği, (kg/L)	61
Tablo 4. 9. Çimlendirilmiş yemlerin günlere göre su tüketimi (Hoagland solüsyonu-Şebeke suyu), (ml) ve su verimliliği, (kg/L).....	62
Tablo 4. 10. Çimlendirilmiş bitkilerin (8. gün) besin madde içerikleri, %KM.....	68
Tablo 4. 11. Çimlendirilmiş bitkilerin (12. gün) besin madde içerikleri, %KM.....	69
Tablo 4. 12. Tohumların çimlendirme öncesi (0.gün) ve şebeke suyu kullanımı ile çimlendirilmesi sonrasında (8-12.gün) besin madde içerikleri, %KM.....	70
Tablo 4. 13. Tohumların çimlendirme öncesi (0.gün) ve Hoagland solüsyonu kullanımı çimlendirilmesi sonrasında (8-12.gün) besin madde içerikleri, %KM.....	71
Tablo 4. 14. Çimlendirilmiş bitkilerin (8. gün) hücre duvarı bileşenleri, %KM'de	76
Tablo 4. 15. Çimlendirilmiş bitkilerin (12. gün) hücre duvarı bileşenleri, %KM'de	77
Tablo 4. 16. Tohumların ve çimlendirilmiş bitkilerin şebeke suyunda günlere göre hücre duvarı bileşenleri, %KM.....	78
Tablo 4. 17. Tohumların ve çimlendirilmiş bitkilerin Hoagland solüsyonda günlere göre hücre duvarı bileşenleri, %KM.....	79
Tablo 4. 18. Besin kaynaklarına göre bir kg tohumdan elde edilen hasıl miktarı KM'de	81
Tablo 4. 19. Günlere göre bir kg tohumdan elde edilen hasıl miktarı KM'de	82
Tablo 4. 20. Besin kaynaklarına göre bir kg KM' ye karşılık elde edilen yeşil yem miktarı, g	85
Tablo 4. 21. Günlere göre bir kg KM' ye karşılık elde edilen yeşil yem miktarı, g	86
Tablo 4. 22. Çimlendirilmiş bitkilerin besin kaynaklarına göre sindirilebilirlik değerleri, %	89
Tablo 4. 23. Çimlendirilmiş bitkilerin günlere göre sindirilebilirlik değerleri, %	91
Tablo 4. 24. Çimlendirilmiş bitkilerin (8. gün) gaz üretim miktarları, ml	96
Tablo 4. 25. Çimlendirilmiş bitkilerin (8. gün) gaz üretim parametreleri.....	98
Tablo 4. 26. Çimlendirilmiş bitkilerin (8. gün) OMS, ME ve NE _L değerleri	100
Tablo 4. 27. Tohumların ve hasılların KM ve HP maliyetleri, TL/kg (8. gün).....	102

1. GİRİŞ

Nüfusun hızla arttığı günümüz dünyasında insanların yeterli ve dengeli beslenebilmesi için sürdürülebilir, kaliteli, düşük maliyetli ve yeterli gıda arzı büyük önem taşımaktadır. Özellikle gelişmiş ve gelişmekte olan ülkeler; stratejik planlamalarını değişen arazi kullanımı, kentleşme oranı, olası göçler, savaşlar ve iklim değişimi gibi faktörleri dikkate alarak güncellemektedirler. Günümüzde karşılaştığımız deprem, sel gibi doğal afetlerinde bu duruma eklenmesi ile birlikte her geçen gün artan arz talep arasındaki açık daha da artmaktadır. Dünya Sağlık Örgütü tarafından insanların sağlıklı beslenmesi için gerekli protein ihtiyacının yarısının hayvansal kökenli protein kaynaklarından sağlanması gerektiği önerilmektedir. Bu kapsamda artan nüfusun gıda arzının karşılanmasında hem bitkisel hem de hayvansal ürün üretiminin artırılması öngörülmektedir. Bitkisel ürün arzının temininde verim arttırmanın yanında üretim alanlarının da artması, hayvansal üretim için ihtiyaç duyulan yem ham maddelerinin üretiminde kullanılabilecek arazi ihtiyacını artırmaktadır.

İnsanların beslenmesinde kullanılan bitkiler haricinde, başta kırmızı et olmak üzere hayvansal ürünlerin de sofralarımıza gelebilmesi için “yem bitkileri ve çayır meralar” oldukça önemli rol oynamaktadır. Bu konuda hem nispi olarak ucuz olan, hem de ruminant hayvanların sindirim faaliyetlerini olumlu yönde etkileyen kaliteli kaba yemler, bu yemlerin asıl kaynağı olan çayır ve meralar ve ekim nöbeti planlarına alınabilecek alternatif kaba yem kaynakları ön plana çıkmaktadır. Hayvansal üretimde maliyetlerin yaklaşık %70’ini yem giderlerinin oluşturduğu (Alçiçek vd., 2010; Kuşvuran vd., 2011; Turan vd., 2015; Bıçakçı ve Açıkbaş, 2018) dikkate alındığında, üretimde kârlılık ve verimliliği artırmanın en temel ilkesinin, girdi maliyetlerinin düşürülmesi olduğu görülmektedir. Bu konuda karlılığın artırılması açısından dikkat çekmek isteyen araştırmacı, ruminant hayvanlarda işletme giderlerinin %60-70 oranında yem giderlerinin oluştuğunu bu amaçla her çiftliğin bireysel olarak rasyonlarının oluşturması gerektiği belirtilmiştir (Boğa ve Çevik, 2012). Hayvancılık işletmelerinde toplam yem giderlerinin %78’inin kaba yemlerden, %22’lik kısmının ise karma yemlerden karşılandığı bildirilmektedir (Harmanşah, 2018). Kaba yemlerin kalitesinin artmasıyla birlikte kesif yemlerin kullanımı da azalacak olup bu durum kaliteli kaba yem kaynaklarının ekonomik hayvan besleme üzerine etkisini ortaya koymaktadır.

Ruminantların beslenmesinde, kaliteli kaba yem kaynağı yetersizliği, en önemli problemlerin başında gelmektedir. Ucuz ve kaliteli kaba yem kaynağı olan mera, otlak, yaylak ve kışlakların yetersizliği nedeniyle kaba yemin tarımsal üretim alanlarından karşılanma zorunluluğu ortaya çıkmaktadır. Ülkesel koşullar göz önüne alındığında gerek yağış rejimi gerekse yem bitkileri üretim alanlarındaki yetersizlikler ülkemiz hayvancılığının önündeki en önemli sorunların başında gelmektedir.

Türkiye’de 45.2 milyon baş koyun ve 12.3 milyon baş keçi olmak üzere toplam 57.5 milyon küçükbaş hayvan mevcut iken, 8.3 milyon baş kültür, 7.3 milyon baş melez, 1.2 milyon baş yerli sığır ve 171 bin baş manda olmak üzere toplam 17 milyon büyükbaş hayvan varlığı bulunmaktadır (TÜİK, 2022). Ülkemizde işlenen toplam tarım alanlarının 19.9 milyon ha olduğu ve bunun 2.47 milyon ha’nın yem bitkilerine ayrıldığı böylece yem bitkilerinin toplam işlenen tarım arazisinin %12.4’ünü oluşturduğu bilinmektedir (TÜİK 2021). Buna göre; kaba yem gereksinimi 1 BBHB için canlı ağırlığının %2.5’i kadar kuru madde, yani 1 BBHB (500 kg) için 12.5 kg kuru madde ya da canlı ağırlığın %10’u kadar taze yeşil ot olarak kabul edilip hesaplama yapıldığında mevcut hayvan varlığı verilerine göre ülkemizde yıllık 86.1 milyon ton kuru ot veya 344.1 milyon ton yeşil ota ihtiyaç duyulduğu görülmektedir. Buna karşın ülkemizde kaliteli kaba yem üretimi (çayır-mera ve yem bitkileri) verilere göre yılda 77 milyon ton düzeyinde kalmaktadır (TÜİK, 2022). Mevcut verilere göre kaba yem açığımız 267.1 milyon ton yeşil ot düzeyindedir. Türkiye’de kaliteli kaba yem, çayır-mera ve yem bitkileri tarımı olmak üzere iki ana kaynaktan karşılanmaktadır. Yem bitkileri ve çayır-mera alanları, hayvanların ihtiyaç duyduğu kaba yemlerin ucuz ve bol bulunan kaynaklarıdır. Yem bitkileri tarımı ise sürekli ve güvenli kaba yem üretiminin başlıca yoludur. Ancak günümüzde meraların zamansız ve yoğun otlatılması nedeniyle verim ve kalite düşmüş ve meralar şiddetli erozyona açık alanlar haline gelmiştir. (Gençkan, 1992; Sürmen vd., 2008). Bununla birlikte (kırsalda yaşayan nüfusun yaş ortalamasının artması ve hayvan sayısının önemli ölçüde azalması nedeniyle) bazı mera alanlarından yararlanılamadığı da dikkatleri çekmektedir. Türkiye tarımında önemli bir yeri olduğu halde, hayvancılık sektörünün ihtiyaç duyduğu yem bitkileri yetiştiriciliğine yeterli ölçüde yer veremeyen tarım işletmelerinin ekonomik açıdan hayvansal üretim yapmaları mümkün değildir (Altın vd., 2009). Ayrıca kaliteli kaba yem üretiminin bir diğer kaynağı olan yem bitkileri üretiminin de yetersiz kaldığı görülmektedir. Bu nedenle ülkemizde kaba yem

eksikliğini gidermek için çeşitli endüstriyel artıklar, posalar ve bazı tahıl samanları da kullanılmaktadır. Ancak bunların miktarı yem bitkileri ve meralardan elde edilenlere kıyasla oldukça düşüktür. Kaba yem açığının kapatılması için; çayır - mera alanlarının ıslah edilmesinin yanı sıra yem bitkileri ekiliş alanlarının, birim alandan elde edilen yem bitkileri veriminin ve yem bitkileri ekim nöbeti uygulamalarının artırılmasına ayrıca, iklim şartları da dikkate alınarak alternatif yem bitkileri tarımı için farklı uygulamalara başvurulmaktadır. Ekonomik hayvan besleme faaliyeti gerçekleştirebilmek için özellikle kaliteli kaba yem teminini sürekliliği ve maliyetlerinin düşük olması arzu edilmektedir. Yem maliyetinin yüksek olmasının yanında genel olarak ülkemiz hayvancılığında uygulanan mevcut besleme koşulları yetersiz ve zordur. Bu bakımdan artan nüfusla birlikte çevreye zarar vermeden üretim yapmanın yanı sıra birim alandan ekonomik ve daha fazla verim almak önem arz etmektedir. Geleneksel hayvan beslemede erken ilkbahar ve geç sonbahar dönemlerinde hayvanlar meralarda otlatılarak kaba yem gereksinimleri karşılanmaya çalışılırken; kış aylarında kaba yem kaynağı olarak kuru ot ve silaj kullanımı yaygınlaşmıştır. Ayrıca yonca gibi bazı kaba yemlerin az miktarlarda da olsa peletlenerek hayvan beslemede kullanıldığına rastlanılmakla birlikte (Güleçyüz ve Kılıç, 2016), kaba yem üretiminin ülkemizdeki ihtiyacı karşılamada yetersiz kaldığı görülmektedir. Bu nedenle, günümüzde kaba yem ihtiyacının karşılanmasında alternatif arayışlara başvurulmaktadır. Bu konuda yapılan araştırmalarda kurak şartlarda yetişen kaktüs ve bazı çalimsı bitkilerin dahi alternatif kaba yem kaynağı olarak kullanılabilmesi üzerinde durulmakta ve çalışmalar yapılmaktadır (Ateş vd., 2013). Yakın geçmişte ülkemizde saman gibi düşük kaliteli kaba yem kaynaklarının ithal edildiği ve oldukça yüksek fiyatlara satıldığı hatta bulunamadığı göz önüne alındığında durumun önemi anlaşılabilmektedir.

Ruminant hayvanların kaba yem ihtiyacını karşılamak için kullanılan güncel yaklaşımlar arasında, son zamanlarda ön plana çıkan, alternatif bir metot olarak “hidroponik tarım (topraksız tarım) sistemleri” ya da yaygın adıyla “hasılmatik sistemleri” yer almaktadır. Bu sistemlerin en önemli avantajı; arpa, buğday, yulaf, çavdar gibi tahılların çimlendirilerek hayvanların beslenmesinde taze yeşil yem kaynağı olarak kullanılması sayesinde yılın 365 günü kaba yem temininin mümkün olabilmesidir (Rodriguez-Muela et al., 2004; Kılıç, 2016).

Hidroponik tarım sistemleri geleneksel tarım sistemine göre birim alandan çok daha fazla ürün alınabilmesi bakımından avantajlı olmasının yanı sıra taze yeşil yem üretiminde gübre ve ilaç kullanılmadığı için hayvanlara, hayvansal ürünü tüketen insanlara ve çevreye zarar vermemekle birlikte gübrelerden kaynaklanan çevre kirliliğini de azaltmaktadır (Uyeda et al., 2011). Bu sistemde tek bir tohum çimlendirilerek taze yeşil yem üretilebilmekle beraber, ham madde potansiyeline göre aynı anda birden çok tohum kullanılarak farklı taze yeşil yemler de (buğday, yulaf, çavdar, arpa, yonca, bezelye, keten, aspir, burçak, mısır, fiğ, sorgum x sudan otu melezi, İtalyan çimi vb.) üretilebilmektedir. Ayrıca hidroponik tarımın toprağa olan bağımlılığı azaltması ve arazi sorununu ortadan kaldırması bakımından yetiştiriciler tarafından tercih edilen bir kaba yem üretim sistemi olduğu görülmektedir. Hidroponik tarım sisteminde yılda 300 ton üretim için 50 m² alanın yeterli olduğu, 130 m² alanda bir yılda elde edilen yeşil yem üretiminin 120 ha tarlada üretime eşdeğer olduğu bildirilmektedir (Karaşahin, 2014). Hatta hidroponik tarım, toprak bazlı geleneksel üretim sistemine göre 5 kat daha fazla verim sağlayabilmektedir (Falkenmark, 2007). Bu sistemde yerli tohumlar kullanılabildiği gibi istenilen farklı tohum çeşitleri veya tohum karışımlarını da kullanmak mümkündür. Hidroponik tarım sistemlerinin hasat için herhangi bir araç gerektirmemesi, ot deposuna ihtiyaç olmaması avantajlı yönlerinden olmakla beraber, tam çevre kontrollü sistemlerde (hasılatik) enerji maliyetlerinin düşük olduğu şartlarda tercih edilmesi önerilmektedir. Aksi halde enerji maliyetinin yüksekliği, sistemi avantajlı olmaktan çıkartabilmektedir (Kılıç, 2016).

Hidroponik tarım sistemi ile üretilen taze yeşil yemlerin hayvanların vitamin ve aminoasit ihtiyacının neredeyse karşıladığı, et ve sütün yapısındaki omega 3 ve omega 6 miktarı ile canlı ağırlığı artırdığı, tüylerde parlak ve canlı bir görünüm sağladığı bildirilmektedir (Beigh et al., 2017). Ayrıca yapılan çalışmalarda hidroponik tarım sistemiyle yeşil yem üretiminde özellikle vitamin E, beta-karoten, biotin ve serbest folik asit miktarında önemli artışlar olduğu belirtilmektedir (Sneath and McIntosh, 2003; Dung et al., 2010a Fazaeli et al., 2012). Hidroponik sistemle üretilen taze kaba yemler; A, B, C, E ve K vitaminleri açısından zengin olmakla birlikte kalsiyum, fosfor, potasyum, demir, magnezyum, sodyum, kükürt, çinko, bor, manganez, molibden ve selenyum gibi mineralleri de içermektedir. Bunun yanı sıra hidroponik tarım sisteminde üretilen taze yemlerin 17 farklı amino asit içerdiği bildirilmektedir (Shukla et al., 2009; Mujoriya and Bodla 2011; Shah et al., 2011).

Hidroponik tarım sistemi uygulamaları, hayvancılık endüstrisinde sera gazı emisyonlarının azaltılmasında da büyük bir öneme sahiptir. Hayvansal ürünlerin tüketimine yönelik talep nedeniyle gıda üretim sistemlerimiz üzerindeki olası baskılar, küresel nüfus arttıkça daha da belirgin hale gelmektedir. Ayrıca 2050 yılına kadar yaklaşık 10 milyarlık bir küresel nüfusa erişebileceği tahmin edilmektedir (Sun et al., 2020). Hayvansal ürünlere olan talebi karşılamak için küresel gıda üretim sistemi üzerindeki baskılar arttıkça hayvansal üretimin iklim değişikliği üzerindeki görünür etkileri de artmaktadır (McGregor and Houston, 2018). Tüm tarım arazilerinin yaklaşık %70'inin hayvansal üretimde kullanıldığı (Bonny et al., 2015) ve insan kaynaklı sera gazı emisyonlarının %14.5'ini temsil ettiği bilinmektedir. Yem üretim süreci ve geviş getiren hayvanlardan kaynaklanan enterik fermantasyon, sektör sera gazı emisyonlarının %45'i ve %39'u olmak üzere iki ana kaynağını temsil etmektedir (Opio et al., 2013).

Günümüzde dikkatleri üzerine çekmesi nedeniyle hayvansal üretimin mevcut ve gelecekteki karbon ayak izini azaltmak için yeni teknolojik uygulamalar ve yenilikçi yaklaşımlar zorunlu hale gelmiştir. Böyle bir yaklaşım sonucunda, hayvancılık sektöründe önemli bir emisyon kaynağı, yani yem üretimi üzerine odaklanılmaktadır (Opio et al., 2013). Geleneksel olarak yetiştirilen mahsuller, yoğun dış besin girdileri, fosil yakıtlar, su ve toprak ile ilişkilidir. Küresel ölçekte artan nüfusla birlikte bitkisel ürünlerde olduğu gibi hayvansal ürün tüketiminin de artması dolayısıyla yem üretiminin çevresel etkileri önem taşımaktadır (McAlpine et al., 2009). Bu sistem sayesinde arazinin daha verimli bir şekilde kullanıldığı ve daha küçük karbon ayak izi ve daha düşük su ve besin tüketimi ile daha yüksek verimin sağlandığı bildirilmektedir (Marchant and Tosunoglu, 2017).

Hidroponik tarım sistemlerinde enerji maliyeti oldukça önemli bir konudur (Mohammadi and Omid, 2010). Sürdürülebilir tarımsal üretim faaliyetlerinde enerji kullanımı, çevresel yükler ve ekonomik konular ilgi odağında yer alan üç önemli unsurdur (Vadiee and Martin, 2012). Son yıllarda küresel ısınma konusunda farkındalığın artmasına bağlı olarak karbon emisyonunun küresel iklim üzerindeki etkisine ilişkin endişeler de artmıştır (Ghasemi-Mobtaker et al., 2020). Bu nedenle girdi tüketiminin ve işletme maliyetlerinin çevresel ayak izlerini azaltmak için tarım sektöründe enerji kullanımının profesyonel anlamda yönetilmesine gereksinim

duyulmaktadır. Nitekim fosil yakıtların yüksek oranda kullanılması nedeniyle kontrollü çevre koşullarında yetiştiricilik daha da önem kazanmaktadır (Chai et al., 2013).

Hidroponik tarım sisteminin avantaj ve dezavantajları dikkate alınarak yürütülen bu çalışmada çimlenme gücü yüksek olan baklagil ve buğdaygil tohumları ile bunların karışımları kullanılmak suretiyle çimlendirme yöntemiyle taze yeşil yem üretimi yapılmıştır. Çalışmada, arpa (Atabeyi), yulaf (Sarı), fiğ tohumu (Alper) İtalyan çimi (Ryegrass) (İlkadım) ve sorgum x sudan otu melezi (Greengo) çeşitlerinden oluşan tohumlar kullanılmıştır. Ayrıca taze yeşil yem üretimi amacıyla farklı tohumların besin madde yönünden zayıf yönlerinin diğer tohumlarla desteklenerek çimlenme gücü ve yüksek besleme değerine sahip farklı tohum karışımları oluşturulmuş ve denemelerde kullanılan bütün tohumlar ve tohum karışımlarından elde edilen taze yeşil yemler birbirleriyle kıyaslanmıştır. Böylece hidroponik sistem ile söz konusu tohumlardan üretilen taze yeşil yemler gerek besleme değerleri bakımından gerekse ekonomik yönden birbirleriyle karşılaştırılmıştır.

2. LİTERATÜR ÖZETLERİ

2.1. Tarım Alanları

Ruminantların beslenmesinde verimliliği artırmanın temeli, kaliteli kaba yeme dayanmaktadır. Kaliteli kaba yem ise öncelikle kaliteli meralardan ve tarımı yapılan yem bitkilerinden elde edilmektedir. Türkiye’de meraların büyük çoğunluğu zayıf ya da orta kalitede meralardan oluşmaktadır. Bu yüzden meralar, hayvanların kaba yem ihtiyaçlarının karşılanması bakımından yetersiz kalmaktadır. Türkiye’de toplam tarım alanı 38.089 ha, toplam işlenen tarım alanı 19.881 ha, tahıl ve diğer bitkisel ürünlerin ekim alanı 19.121 ha, çayır ve mera arazisi 14.617 ha ve orman alanı ise 21.537 ha olarak tespit edilmiştir (1000 ha, TÜİK, 2021). Ülkemizde 19.064.000 ton yonca yeşil otu, 4.020.000 ton fiğ yeşil otu, 1.786.000 ton korunga yeşil otu, 28.559.000 ton silajlık mısır, 4.689.000 ton yulaf yeşil otu, 1.072.000 ton tritikale yeşil otu ve 2.122.000 ton İtalyan çimi olmak üzere toplam yeşil ot üretimi 2022 yılı için 61.272.000 tondur (TÜİK, 2022).

2.2. Hayvan Sayıları

Ülkemizde 44.687.888 baş koyun ve 11.577.862 baş keçi olmak üzere toplam 52.265.750 küçükbaş hayvanın bulunduğu (Tablo 2.1) ve son 10 yılda küçükbaş hayvan sayısında önemli bir artışın olduğu görülmektedir (TÜİK, 2022).

Tablo 2. 1. Küçükbaş hayvan sayıları, baş

Yıl	Koyun-Yerli	Koyun-Merinos	Keçi-Kıl	Keçi-Tiftik
2013	27 485 166	1 799 081	9 059 259	166 289
2014	29 033 981	2 106 263	10 167 125	177 811
2015	29 302 358	2 205 576	10 210 338	205 828
2016	28 832 669	2 151 264	10 137 534	207 765
2017	31 257 408	2 420 228	10 419 027	215 645
2018	32 513 293	2 681 679	10 698 553	223 874
2019	34 199 467	3 076 583	10 964 374	241 055
2020	38 579 748	3 547 033	11 698 825	287 020
2021	41 182 899	3 994 791	12 051 957	289 557
2022	40 728 954	3 958 934	11 320 208	257 654

Kaynak: TÜİK, 2022

Toplam büyükbaş hayvan sayısı içerisinde hayvan sayısında kısmen azalma olmasına rağmen toplam sığır sayısında küçükbaş hayvanlardakine benzer bir şekilde artış olmuştur (Tablo 2.2).

Tablo 2. 2. Büyükbaş hayvan sayıları, baş

Yıl	Sığır - Kültür	Sığır - Kültür melezi	Sığır - Yerli	Manda
2013	5 954 333	6 112 437	2 348 487	117 591
2014	6 178 757	6 060 937	1 983 415	122 114
2015	6 385 343	5 733 803	1 874 925	133 766
2016	6 588 527	5 758 336	1 733 292	142 073
2017	7 804 588	6 536 073	1 602 925	161 439
2018	8 419 204	7 030 297	1 593 005	178 397
2019	8 559 855	7 554 625	1 573 659	184 192
2020	8 838 498	7 594 127	1 532 857	192 489
2021	8 824 784	7 641 100	1 384 659	185 574
2022	8 295 825	7 324 866	1 231 265	171 835

Kaynak: TÜİK, 2022

2.3. Çalışmada Kullanılan Yemler

2.3.1. Arpa

Dünyada üretimi yapılan arpanın yaklaşık olarak %67'si hayvan yemi ve %21'i sanayi amaçlı kullanılmaktadır. Tahıl üretimi içerisinde arpa üretimi dünyada buğday, çeltik ve mısırdan sonra dördüncü sırada yer almaktadır (USDA, 2022). Ülkemiz arpa üretiminde dünya çapında önemli bir yere sahip olup, arpa, esas olarak dünya yüzeyinin enlem ve boylam bakımından büyük farklılıklar gösteren yarı kurak ve yarı nemli bölgelerinde yetiştirilen bir tahıldır (İlgün vd., 2016). Avrupa Birliği ve Amerika Birleşik Devletleri gibi gelişmiş ülkelerde öncelikle bira (malt) üretimi için yetiştirilen arpa, gelişmekte olan ülkelerde hayvan yemi ve insan beslenmesinde de kullanılmaktadır. Küresel arpa üretimi 1960'larda yaklaşık 100 milyon ton iken son on yılda ortalama 150 milyon tona kadar yükselmiştir (USDA, 2022). Son 50 yılda arpa üretiminde dünya çapında bir artış gözlemlenmiş ve bu da hektar başına verimin artmasını sağlamıştır (İlgün vd., 2016). Ülkemizde arpa üretimindeki artışa genellikle 1930-1960 yılları arasında arpa ekimi için yeni üretim alanlarının açılması (1930'da 1.4 milyon hektar, 1960'da 2.78 milyon hektar) ile ulaşılmıştır. Arpa üretiminde 1960-

2000 yılları arasında %20, ekiliş alanlarında ise %120 artış olmuştur (TOB, 2019). Son 7 yılda (2014-2020) Türkiye arpa ekili alanı; 27.9 milyon dekaradan 31 milyon dekara; üretim miktarı 6.3 milyon tondan 8.3 milyon tona; dekar başına verim ise 226 kilogramdan 268 kilografa çıkmıştır (Eğilmez, 2021). Arpanın bin tane ağırlığı yaklaşık 30-62 g, hektolitre ağırlığı ise 60-72 kg arasındadır. Arpa tanesinde kuru madde bazında yaklaşık %52-72 nişasta, %9-14 ham protein, %4-6 ham selüloz, %3-6 beta-glukan ve %4-7 arabinoksilan bulunmaktadır (MacGregor, 1998). Çimlendirilme yapılan tahıllar arasında hasat süresinin çok kısa (7 gün) ve çimlenme gücünün yüksek olması yanında toplam protein ve amino asit profilindeki değişiklikler, şekerler, ham lif, vitamin ve mineral içerikleri dolayısıyla en yüksek oranda kullanılan tahıl arpadır (Kruglyakov et al., 1989).

2.3.2. Yulaf

Yakın zamana kadar sadece hayvan beslenmesinde kullanılan yulaf (*Avena sativa L.*) içerdiği zengin liflerinden dolayı günümüzde insan beslenmesinde de değerlendirilmekte olup, bisküvi, kurabiye, bebek maması, yulaf unu, yulaf gevreği, yulaf ezmesi ve yulaf çorbası gibi çeşitli alanlarda kullanılmaktadır (Coffman, 1961).

Yulaf; çözünebilir lifli bileşenler, protein, doymamış yağ asitleri, vitaminler, mineraller ve fitokimyasallar gibi değerli besin maddelerini yüksek miktarlarda içermektedir (Flander et al. 2007). Yulaf, yüksek beta-glukan içeriği ve antioksidan aktiviteye sahip bileşiklerinden dolayı ticari alanlarda ve araştırmalarda ilgi çekmektedir (Gray et al. 2000; Wang et al., 2007). Feyissa vd. (2007) yulafın ham protein içeriğinin yulaf çeşidine, yetiştirme koşullarına ve kültüre bağlı olarak %4.8-7.6 arasında değiştiğini ve ortalama %6.2 arasında protein ihtiva ettiğini bildirmişlerdir.

Saastamoinen vd. (1989) yulafın ham yağ içeriğinin %3-12 (KM) arasında değiştiğini ve tahıllar arasında en yüksek yağ içeriğine sahip olduğunu rapor etmişlerdir. Pomeranz (1986) yulafın özellikle B grubu vitaminler ve E vitamini bakımından zengin olduğunu, buna karşın yulafın A, C ve D vitaminlerini çok az miktarlarda içerdiğini veya hiç içermediğini bildirmiştir. Yulafta bulunan vitaminlerin çoğunun kepekte, özellikle aleuron tabakasında ve embriyoda bulunduğu bilinmektedir (Pomeranz, 1986).

Yulaf tanelerinin ham yağ içeriğinin yüksek olması, yapısında bulunan saponinlerin hayvanların fizyolojik fonksiyonlarına olumlu etki yapması, P, Fe ve Mn minerallerince zengin olması, aşım öncesi ve hastalıktan sonra performansı artırıcı etkiye sahip olması gibi özellikleri onun hayvan beslemede kullanılabilirliğini ön plana çıkarmaktadır. Dolayısıyla çimlendirme ile elde edilecek yem potansiyelinin yüksekliği ve besin madde içeriği sayesinde önemli bir taze yeşil yem kaynağı olacağı düşünülmektedir.

2.3.3. Fiğ

Baklagiller familyasına (Leguminosae) ait yaklaşık 150 fiğ (*Vicia L.*) türü bulunmakla birlikte, Dünyada tarımı yapılan yaklaşık 14 fiğ türü bulunmaktadır. Pek çok ülkede hayvanların beslenmesinde kaba yem (yeşil ot, kuru ot ve silaj olarak) ve kesif yem kaynağı (tane) olarak kullanılan fiğlerin, proteince zengin içeriğe sahip olması ve düşük selüloz içermesinden dolayı kolay sindirilebilirliği ve yüksek besleyici özelliğe sahip olduğu bilinmektedir. Fiğ bitkisi; yeşil, kuru ot ya da tanelerinin kaba yemlere karıştırılması ile hayvan beslemede yem kaynağı olarak kullanılmaktadır. Bununla birlikte fiğ; toprak yapısını iyileştirmesi, zengin organik madde içermesi ve azot sağlaması açısından iyi bir münavebe (ekim nöbeti: ikinci ürün) bitkisidir. Özellikle kışın yem kıtlığının yaşandığı Orta Anadolu ve geçiş bölgelerinde, kesif yem kaynağı olarak tercih edilmektedir. Genel olarak kıyı bölgelerimizde yeşil veya kuru ot, iç bölgelerimizde ise tohum üretimi amacı ile yetiştirilmektedir. Yetiştirme mevsimi kısa olan fiğ, hemen hemen her toprak tipinde ve iklim koşulunda yetişebilen, protein içeriği yüksek bir yem bitkisidir (Bakoğlu vd., 2010; Dündar, 2010; Seydoşoğlu, 2014; Çağan vd., 2018).

Ülkemizde fiğ türleri içerisinde adi fiğ (*Vicia sativa L.*) ve macar fiği (*Vicia pannonica Crantz.*) en fazla üretimi yapılan türlerdir. Macar fiği kışlık olması yanında, soğuğa ve kuraklığa karşı adi fiğe kıyasla ve diğer türlere göre daha dayanıklıdır. Ayrıca bol verimi sebebiyle son yıllarda ülkemizde üretimi yaygınlaşmaktadır (Akman, 2020).

2.3.4. İtalyan çimi

Bir buğdaygil yem bitkisi olan İtalyan çimi olarak da bilinen İtalyan çimi, Güney Avrupa'ya özgü bir bitki olup yıl boyunca pek çok kez biçilebilen, hızlı büyüyen, bol verimli uzun boylu bir yem bitkisidir (Çolak, 2015). Tarımsal özellikleri bakımından

İtalyan çimi, hızlı büyümesi ve bol ot üretimi yanında sulu koşullarda gübrelemede de iyi sonuçlar verebilmekte olup, tek yıllık olması, ikinci ürün olarak yetiştirilebilmesi gibi özellikleri ile yem bitkisi üretimini hızlıca artırabilecek potansiyeli bulunmaktadır (Çolak, 2015). İtalyan çiminin besin değerleri kuru madde, ham protein, ham kül, asit çözücülerde çözünmeyen lifli bileşikler (ADF) ve nötral çözücülerde çözünmeyen lifli bileşikler (NDF) sırasıyla %90.12, %11.94, %9.54, %31.10 ve %56.86 olarak bildirilmiştir (Çolak, 2015). Genellikle tek yıllık baklagil ve buğdaygil yem bitkileri ile kışları ılıman geçen bölgelerde karışım halinde yetiştirilmekte ve bu karışımlar gerek otlatma gerekse biçilerek hayvan beslemede değerlendirilmektedir.

Son yıllarda yem bitkilerine yönelik teşviklerle ülkemizde italyan çimi tarımı uygulanmaya başlanmıştır (Baytekin ve Gül, 2009). Ülkemizde tescilli olarak Efe-82, Axcella1, Caramba, Trinova ve Pollanum çeşitleri yanında 2018 yılında tescil edilen İlkadım çeşidi ve 2022 yılında tescil olan Koca Yaşar çeşitleri de bulunmaktadır. İtalyan çimi sahip olduğu özellikleri ile dikkate alındığında ülke hayvancılığının önemli bir sorunu olan kaliteli kaba yem ihtiyacının karşılanması amacıyla tarla tarımında çok geniş alanlarda yer alabilecek bir yem bitkisi olarak öne çıkmaktadır (Çolak, 2015).

2.3.5. Sorgum x sudan otu melezi

Sorgum x sudan otu melezi, sorgum ile sudan otu melezlenerek geliştirilmiştir. Sudan otuna benzemekle birlikte sorgum x sudan otu melezi daha kaba gövdelere, daha uzun boya ve daha yüksek verime sahiptir ve genellikle yeşil ot veya hayvanların otlatılması amacıyla yetiştirilmektedir (Tansı vd. 1992). Yem kaliteleri açısından sorgum x sudan otu melezi sudan otunun ileri gelişme devrelerine benzemekte olup verimleri çok daha yüksektir. Bununla birlikte sorgum x sudan otu melezlerinin hidrosiyonik asit (HCN) potansiyelleri sudan otundan daha yüksek olabilmektedir ve bu nedenle 60 cm yüksekliğine gelmeden önce hasat edilmemekte veya otlatılmamaktadır. Sorgum x sudan otu melezinde bulunan bir diğer fenolik bileşik olan prusik asit hayvan beslemede tehlike oluşturabilmektedir. Ancak bu durumdan korunmak için güvenli çeşitlerin yetiştirilmesi yanında, erken devrede otlatma ve biçimden kaçınılması, kuru ot ya da silaj olarak değerlendirilmesi önerilmektedir (Langer and Hill, 1982). Yüksek verimi ve ikinci ürün olarak da ekilebilmesi dolayısıyla sorgum x sudan otu melezleri gelişmiş ülkelerde süt sığırı işletmeleri için

önde gelen yem bitkileri arasında yer almaktadır. Zor şartlarda tarımı yapılabilen ve yüksek verim alınabilen sorgum x sudan otunun yukarıda belirtilen olumlu özelliklerinden dolayı tercih edildiği bilinmektedir. Ülkemiz gibi kaliteli kaba yem sıkıntısı çeken, kurak ya da yarı kurak bölgeler için oldukça önemli bir kaba yem kaynağı olması, dolayısıyla çimlendirme ile elde edilecek kaba yem potansiyelinin yüksekliği ve besin madde içeriği sayesinde önemli bir kaba yem kaynağı olacağı düşüncesiyle bu çalışmada ele alınmıştır.

2.4. Hidroponik Yeşil Yem Üretimi

Hidroponik yem kavramı 1800'lere (Kerr et al. 2014) veya daha öncesine dayanmaktadır. Avrupalı süt üretimi yapan çiftçilerin üretimi devam ettirmek ve doğurganlığı artırmak için kış aylarında ineklerinin beslenmesi için filizlenmiş (çimlenmiş) tahılları kullandıkları bilgisinin “Babil'in Asma Bahçeleri” dönemine kadar dayandığı bilinmektedir (Shit, 2019).

Hidroponik kelimesi iki Yunanca “hidro” su ve “ponos” emek kelimelerinden türetilmiş olup, yani su çalışması anlamına gelmektedir. Ayrıca bu sistemle yapılan tarım uygulamalarına "topraksız tarım uygulamaları" da denilmektedir. Hidroponik tarım uygulamaları yeterince toprağa sahip olmayan çiftçiler için uygulanabilir ve dost bir alternatif teknolojidir. Hidroponik tarım sisteminde üretilen yem bitkileri, filizlenmiş yem veya filizlenmiş tahıl veya alfa kültürü olarak da adlandırılmaktadır (Dung et al., 2010a; Dung et al., 2010b). Hidroponik tarımda yem bitkisi yetiştiriciliği, seracılık endüstrisine dayalı tarım yöntemlerinin yeni örneklerinden biri (Ghasemi-Mobtaker et al., 2022) olup, bu sistemle çoğunlukla tahıl tanelerinin çimlendirilmesi suretiyle üretilen yemler, kontrollü çevre şartlarında (uygun nem, sıcaklık vb.) yetiştirilmektedir (Farghaly et al., 2019). Jemimah vd. (2015) mısır, arpa, yulaf, sorgum, çavdar, yonca ve tritikale gibi tanelerin taze yeşil yem üretimi için topraksız tarım sisteminde çimlendirilmesinin yaygın olarak tercih edildiğini bildirmektedir.

Hidroponik sistemde tohumların çimlenmesi için uygun nem, sıcaklık ve ışık gereklidir. Çimlenme; tohumların yapılarındaki proteinlerin parçalanması, lipidlerin oksidasyonu ve karbonhidratların basit şekerlere dönüşmesi yanında, tahılların büyümesi ve gelişmesi için gerekli olan enerjiyi ve yapı taşlarını sağlayan tüm karmaşık metabolik süreçler olarak tanımlanmaktadır (Yetim vd., 2010). Hidroponik tarım sistemleri, daha az yetiştirme alanı, su ve insan gücü gerektiren dikey tarım

yoluyla hayvanların ihtiyaçları için yılın 365 günü taze yeşil yem üretimine izin vermektedir. (Gunasekaran et al., 2019).

Hidroponik tarım sisteminde yetiştirme süreçleri boyunca çeşitli kimyasal ve yapısal değişikliklerle yem üretimi için farklı tahıl taneleri kullanılabilir (Abdula, 2022). Bu retim sisteminde en yaygın kullanılan tohumlar çimlenme özelliği yüksek olarak bilinen arpa taneleridir (Sneath and McIntosh, 2003). Bununla birlikte pek çok bitki tohumu da bu sisteme uygundur. Ancak kullanılacak bitkinin o bölgede yetişmesi, tek yıllık olması, kolay ve ekonomik olarak elde edilebilmesi esastır (Kumar et al., 2018). Hidroponik sistemlerde kullanılan tohumların, tam kontrollü evre koşulları ile kapalı bir odada (ortamda) yetiştirildiği rapor edilmiştir (Molders et al., 2012; Fazaeli et al., 2012; Buchanan and Omaye, 2013; Badran et al., 2017; Shamshiri et al., 2018). Hidroponik sistemle üretilen yemlerde verim ve kalite; sistem yönetimi, kullanılan tohum çeşidi ve kalitesi, su kalitesi ve pH, sulama süresi ve sıklığı, n ıslatma süresi, bitki besin elementi (solüsyon) varlığı, sıcaklık, nem oranı, ışık yoğunluğu ve pozisyonu, tohum yoğunluğu ve yetiştirme süresi gibi özelliklerden etkilendiği bildirilmektedir (Sneath and McIntosh, 2003; Dung et al., 2010b; Fazaeli et al., 2012; Girma et al., 2018).

Hidroponik yem üretimi geleneksel yöntemle yem üretimine kıyasla daha az bakım gerektirirken, toprak hazırlığı (tarla sürmek) ve hasat için insan gücü, zaman ve yakıt maliyeti gerektirmez. Ayrıca bu sistemde böceklerden ve diğer hayvanlardan yemlere herhangi bir şekilde zarar gelmemektedir (Lende et al., 2021). Bununla birlikte, hidroponik yeşil yem üretiminde bazı zorluklar da mevcut olup iyi yönetilemeyen yetiştirme ortamında hasıllarda mantar ve kf oluşabilmektedir. Nitekim küflü yeşil yemler hayvanların performansını düşürmekte hatta ölümlerine bile neden olabilmektedir (Myers, 1974). Yeşil yem üretimi için hidroponik tarım sisteminde oluşturulması gereken ortamın iklimlendirilmesi için sürekli enerji kullanımı gerekmektedir. Elde edilen yemlerin besleyici değerini lme açısından yalnızca yeşil yem ağırlığı değil kuru madde verimi, enerji ve protein değerleri de dikkate alınmalıdır.

2.4.1. Hidroponik Yem Üretiminin Amaçları

2.4.1.1. Su Tasarrufu

Hidroponik sistemde yapılan sulama işleminin, doğrudan köklere uygulanması ve sıklıkla geri dönüştürülerek kullanılan suların birkaç kez kullanılabilmesi sayesinde su israfını en aza indirmektedir. Hidroponik sistemde kullanılan su miktarının geleneksel yolla yem bitkisi üretim sisteminde kullanılan suyun %2-5'ine eşit olduğu bildirilmektedir (Al-Karaki and Al-Momani, 2011; Naik, et al., 2014).

Al-Karaki (2010)'ne göre su kullanımı, hidroponik yolla yapılmış olan tarımsal üretimde büyük ölçüde azaltılmıştır. Ayrıca geleneksel tarla koşullarında 1 kg arpa ve yonca otundan sırasıyla 1 kg yeşil yem üretmek için ihtiyaç duyulan 73 ve 85 litre suya karşılık, 1 kg hidroponik yem üretimi için sadece 1.5-2.0 litre suyun yeterli olduğu bildirilmiştir (Jemimah et al., 2015; Kamanga, 2016). Hidroponik sistemin su tasarrufu yönü özellikle kronik su sıkıntısı çeken veya sulama altyapısının bulunmadığı alanlarda önem taşımaktadır. Pratik olarak 1 m² alanda günde iki sağmal inek için yeteri kadar hidroponik yem üretebilmekte ve bu sistemde süt verimi %13 oranında artırılabilir (Kamanga, 2016).

Marsico (2009) hidroponik yem üretim sisteminin suyun geri dönüşümü ve su kıtlığıyla ilgili sorunların (çöl, kurak ve sulama suyu yetersizliği) çözülmesine katkı sağladığını bildirmektedir.

2.4.1.2. Tarım Alanlarının Etkin Kullanımı

Hidroponik sistemler çok daha az alan gerektirirler ve bu özellikleri dolayısıyla sınırlı tarla alanına sahip olan hayvancılık işletmeleri için idealdir. Hidroponik sistem kullanılarak 45-50 m² alandan günlük 1000 kg'a kadar çimlendirilmiş mısır (hasıl) yemi üretilebilmekte olup bu da 25 dekar ekilebilir arazide üretilen geleneksel yemlere eşdeğerdir (Naik and Singh, 2013; Jemimah et al., 2015). Taze yeşil yem üretimi bakımından; hidroponik sistemlerde yılda 300 ton üretim için 50 m² alanın yeterli olduğu ve 130 m² alanda bir yılda elde edilen yeşil yem üretiminin 120 ha tarladan elde edilen üretime eşdeğer olduğu bildirilmektedir (Karaşahin, 2014).

Hidroponik sistemler, sınırlı arazi ile su ve toprak kullanmadan birim alan başına yüksek verim sağlayabilmektedir (Saha et al., 2016; Naik et al., 2017). Bu nedenlerle

tarım alanı yetersiz olan bölgeler için hidroponik tarım sisteminin kullanımı önem taşımaktadır (Sardare et al., 2013).

2.4.1.3. Yem Verimi

Hidroponik tarım sisteminde, tohumların besin maddesi ihtiyacını karşılamak için büyük kök sistemleri geliştirmeye gerek kalmadan doğrudan su ile alınarak tohumların çimlendirilmesinde kullanılmakta ve böylece üretim %25'e kadar hızlandırılabilir. Bir kg filizlenmiş (çimlenmiş) tohum 7-8 günde yaklaşık olarak 8-10 kg kadar taze yeşil ot (hasıl) verebilmektedir (Sneath ve McIntosh, 2003; FAO, 2015; Mohapatra et al., 2016).

2.4.1.4. Temel Besinlerin Kaynağı

Filizlenmemiş tohumla karşılaştırıldığında, hidroponik yeşil yemin HP, NDF, ADF ve Kalsiyum içeriği (KM bazlı) artmakta iken; organik madde ve lifli olmayan karbonhidrat içerikleri azalmaktadır (Kide et al., 2015; Mehta ve Sharma, 2016). Hidroponik sistemde üretilen yeşil yemler yüksek sindirilebilirliğe ve besleyici değere sahip yemlerdir (Suma, 2020). Bu yemlerde enerji kazanımı esas olarak nişastaya bağlı olup çimlenme aşamasında nişastanın çoğu şekere dönüşmektedir. Ayrıca çimlenme ile yaprak lifi içeriği de artış göstermektedir. Hidroponik yemler, A vitamini, E vitamini, C vitamini, tiamin, riboflavin, niasin, biotin, serbest folik asit, b-karoten gibi antioksidanlar (Finney, 1982; Cuddeford, 1989; Naik et al., 2015) ve mineraller açısından zengin kaynaklardır (Bhise et al., 1988; Chung et al., 1989; Fazaeli et al., 2012). Ayrıca hidroponik yemler yem büyümesine doğrudan cevap veren ve çiftlik hayvanlarının performansını iyileştiren biyoaktif enzimler ile esansiyel yağ asitleri, klorofil ve mineraller için iyi birer kaynaktır (Chavan et al., 1989; Naik et al., 2015).

2.4.1.5. Yıl Boyunca Taze Yeşil Yem Üretimi

Olumsuz hava şartları ile kuraklığın ve arazi temin sorununun görüldüğü yerlerde; doğal afetlerin yanı sıra sürdürülebilir hayvancılık üretimini engelleyen işgücü yetersizliğinden bağımsız olarak hidroponik sistem kullanılarak yıl boyunca taze ve yeşil yem üretilebilmektedir (Fazaeli et al., 2012; Azzi et al., 2015; Fiaz et al., 2018; Emam, 2016; Pascual et al., 2018). Böylece yeşil yemlerin sürekli temini neticesinde süt üretiminde artış ve daha kaliteli hayvansal ürünler sağlanabilmekte olup, hidroponik yem üretiminin, hayvansal ürünlerin kalitesini önemli ölçüde iyileştirmenin bir yolu olduğu düşünülmektedir (Salinger, 2013).

Kılıç (2016) hidroponik sistemde yıl boyunca sürekli yeşil yem üretimi gerçekleştirebileceğini ve bu amaçla çavdar, buğday, yulaf, arpa gibi tahılların kaba yem üretiminde kullanılabileceğini bildirmektedir. Çimlendirme yoluyla elde edilen materyallerin hayvanların beslenmesinde yeşil yem kaynağı gibi kullanılabildiği, hidroponik yolla üretilen yeşil yemlerin ekonomik olduğu takdirde ve sistemin etkin çalışması halinde ruminantların yeşil yem ihtiyaçlarının karşılanmasında önemli bir potansiyele sahip olacağı da bildirilmektedir.

2.4.1.6. Azaltılmış Karbon Ayak İzi

Hayvansal üretim, sera gazları emisyonlarının artmasında büyük katkı sağlamaktadır. Ancak hayvan beslemede kullanılan yemlerin sindirilebilirliği, hayvanların barınma şartları, sağlıkları, hayvan refahını iyileştirme ve üreme verimliliğini artırma uygulamaları sera gazları emisyonunu etkileyen başlıca faktörlerdir (Llonch et al., 2017). Hidroponik sistemle yetiştirilen çimlendirilmiş arpanın geleneksel rasyonlara dahil edilmesi sayesinde, hayvanların dengeli beslenmesi sağlanabilmekte, ayrıca yemin besin madde içeriği, sindirilebilirliği ve fermantasyon özellikleri iyileştirebilmektedir (Al-Baadani et al., 2022). Hidroponik arpa yemi, hayvansal üretimde sera gazları emisyonu ve iklim değişikliğiyle ilgili olumsuzlukları en aza indirmek için önemli bir mekanizmadır (Newell et al., 2021).

Hidroponik sistemle taze yeşil yem üretimi, inorganik kimyasalların kullanımı ile ilgili geleneksel tarıma kıyasla daha fazla çevre dostu bir yaklaşım olup sera gazı emisyonlarını, dolayısıyla da küresel ısınmayı önemli ölçüde azaltmaktadır (Shit, 2019). Hidroponik tarım sistemi, ulaşım için kullanılan yakıt tüketimini (Bakshi et al., 2017) ve tarımın farklı aşamalarındaki (sürme, tohumlama, gübreleme, yabancı otları temizleme, hasat) makinelerin işletme maliyetlerini azaltmakta ve böylece sera gazları emisyonlarının azalması ile çevreye olan olumsuz etkinin de azalmasına destek olmaktadır (Pascual et al., 2018).

2.4.1.7. Hayvanlar Üzerindeki Etkisi

Hasılların sindirilebilirliği yüksektir ve hayvanlar tarafından iştahla yenilen yemlerdir (Starova, 2016). Saidi ve Omar (2015) arpa hasılımın; hayvanların yem tüketimi, canlı ağırlık değişimi ve süt parametreleri üzerine etkisinin olmadığı; ancak hayvanlarda (koyun) sağlık ve gebe kalma oranını iyileştirdiği; ölüm ve abort (yavru atma) oranları üzerinde de olumlu etkileri olduğu bildirilmiştir.

2.4.2. Hidroponik Yem Üretim Aşamaları

2.4.2.1. Tohum Saklama, Hazırlama ve Yıkama

Hidroponik yem üretim sisteminde tohum maliyeti toplam üretim maliyetinin %85-90'ını oluşturmaktadır (Naik et al., 2014; Jemimah et al., 2015). Bu sistem temiz, küflenmemiş, bozulmamış, işlem görmemiş, çimlenme gücü yüksek tohumların tedarik edilmesini gerekli kılmaktadır (Sneath and McIntosh 2003; Naik et al., 2015). Tohumlar, yıkanmadan bir gün önce doğrudan güneş ışığı altında kurutulduktan sonra kirden ve kaliteyi düşürücü etmenlerden (yabancı tohum, düşük kalitede tohum vb.) temizlenene kadar 5 dakika boyunca musluk suyu altında iyice yıkanmaktadır. Bu amaçla yaygın olarak kullanılan mısır, yulaf, arpa ve buğday gibi tohumlar sırasıyla 20, 12, 10 ve 6 saatlik bir süre boyunca uyarıcı çözeltide (sırasıyla %0.1-1.5 sodyum hipoklorit veya %1-2 hidrojen peroksit çözeltisi) ıslatılmaktadır (Jemimah et al., 2015).

2.4.2.2. Tohumların Islatılması

Tohumlar farklı sürelerde taze, havalandırılmış suya batırılarak; 4 saat (Naik et al., 2014), 8 saat (Starova, 2016), 12-16 saat veya gece boyunca (El-Deeba et al., 2009; Al-Karaki and Al -Momani, 2011; Brownin, 2017) hatta tohum kabuğunun sertliğine bağlı olarak 24 saat (Sinsinwar et al., 2012) süresiyle ıslatılabilmektedir. Islatma için kullanılan suyun veya çözeltinin sıcaklığı da çimlenme oranını etkilediğinden ıslatmada uygulanması istenilen en uygun sıcaklık 23°C (Sneath and McIntosh, 2003) olarak tavsiye edilmektedir.

Peer ve Leeson (1985) arpa tohumlarının çimlendirilmesinde; 4.5 kg/m² tohumun kullanıldığını ve tohumların ön ıslatmaya bırakılma süresinin 12-24 saat, nispi nem oranının %65-70, sıcaklığın 18-22 (22±1)°C, ışıktandırmanın 12-14 saat olması gerektiğini ve günde iki kez (90x30x4 cm ebatlarındaki tepsilere) sabah ve öğleden sonra olmak üzere 500 ml su kullanılarak sulama yapıldığını bildirmektedir.

2.4.2.3. Tohumların Çimlendirilmesi

Islatma işleminden sonra besin solüsyonunun (su ve ya besin çözeltisi) drenajını kolaylaştırmak için tohumların delikli plastik veya hafif metalik tepsilerde 1 cm derinliğe kadar yüzeye yayıldığı bilinmektedir. Tohum türüne göre tepsilere konulacak tohum oranı (birim yüzey alanına yüklenen tohum miktarı) da değişiklik göstermekte olup bu durum hasıl verimini etkilemektedir. Hidroponik sistemlerde üretilen arpa,

buğday veya sorgum yemleri için ekim oranının 4-6 kg/m² (Al-Karaki and Al-Momani, 2011; Starova, 2016), mısır için ise 6.4-7.6 kg/m² (Naik and Singh, 2013; Naik, et al., 2014) olması önerilmektedir.

2.4.3. Hidroponik Sistemin Hayvan Beslemede Kullanımı

Peer ve Leeson (1985) hidroponik sistemi kullanarak çimlendirdikleri arpanın besin madde analizlerini belirlemek için yaptıkları çalışmada, filizlenme süresinin artması ile HK, HY ve hücre duvarı yapı elemanlarının önemli bir bileşeni olan ham selülozun arttığını bildirmişlerdir.

İnci darısı (Napier bajra) yeşil yemi ile çimlendirilmiş arpanın laktasyondaki ineklerin beslenmesinde kullanıldığı bir çalışmada, hidroponik arpa yemi içeren rasyonla beslenen ineklerde süt veriminde %7.8 (yağa göre düzeltilmiş süt veriminde %9.3), yağ veriminde ise %10.5 artışın olduğu; ayrıca arpa hasılının %13.72 ham protein (HP), %3.72 ham yağ (HY), %16.33 ham selüloz (HS) ve %62.12 azotsuz (nitrojensiz) öz maddeler (NÖM) içerdiği bildirilmiştir (Reddy vd.,1988).

Chung vd. (1989) çimlendirilmiş arpanın besin madde içeriğini belirlemek için yürüttükleri (0-5 gün) çalışmalarında, 5 günlük çimlendirilmiş arpanın HS içeriğinin 5 günlük çimlendirme süresi sonunda %3.7'den %6.0'a yükseldiğini tespit etmişlerdir.

Chavan vd. (1989) çimlendirme ile tahılların besinsel değerinin iyileştirilmesi üzerine yürüttükleri çalışmalarında, tahılların çimlendirilmesi ile hidrolitik enzimlerin aktivitelerinde artış; toplam protein, HY, HK, belirli esansiyel amino asitler, toplam şekerler ve B-grubu vitamin içeriklerinde iyileşme, KM, nişasta ve anti besinlerde ise azalma olduğunu bildirmişlerdir.

Cuddeford (1989) çimlenme sırasında arpa hasılının B grubu vitaminler, E vitamini ve β-karoten (Vitamin-A) düzeyinin arttığını ve çimlendirilmiş tahıllarda vitamin içeriğinin 20 kata kadar geliştirilebilir olduğunu belirtmiştir.

Pandey ve Pathak (1991) hidroponik sistem kullanılarak çimlendirilen arpanın besin madde kompozisyonunu araştırdıkları çalışmada arpa hasılının HP ve HY içeriklerini sırasıyla %14.69 ve %3.18 olarak tespit etmişlerdir.

Morgan vd. (1992) çimlendirilmiş arpada yüksek HK miktarını artan mineral madde içeriği ile ilişkilendirmişlerdir. Özellikle çimlendirilmiş arpada mikro minerallerin (Fe, Zn) önemli derecede arttığını; HK içeriğinin 4. günden itibaren

arttığını ve arpada HK içeriğinin %2.1'den 6. ve 8. günde sırasıyla %3.1 ve %5.3'e yükseldiğini, KM kayıplarının ise %7-18 arasında değiştiğini bildirmişlerdir.

Prasad vd. (1998) hidroponik sistemle yetiştirilen arpanın besin değeri ve koyunlarda performans üzerine etkisini araştırdıkları çalışmalarında arpanın %15.74 HP, %1.97 HY, %9.37 HS ve %70.27 NÖM değerine sahip olduğunu ve çimlendirilmiş arpa ile beslenen koyunlarda kuru madde tüketimi ve canlı ağırlığının %3.2 ile %4.0 arasında artış olduğunu rapor etmişlerdir.

Resh (2001) tahılların çimlendirilmesinin enzim aktivitesini etkilediğini; toplam proteini ve amino asit profilinde değişikliklere neden olduğunu; şeker, ham selüloz, bazı vitamin ve mineralleri artırdığını; nişasta ve toplam kuru madde kaybını ise azalttığını bildirmektedir.

Sneath ve McIntosh (2003) enerji rezervlerinin kullanılması, oksidasyon ve besin sentezi sonucunda; 7-8 günlük yetiştirme aşamasında arpa hasıl üretiminde KM kayıplarının %7-64 arasında olduğunu, KM kaybına bağlı olarak da enzim aktivitesi, HP, HY, şeker, HS, vitamin ve mineral madde miktarlarında artış olduğunu bildirmiştir. Araştırmacılar, HP kayıplarının ise çimlendirmenin 8. gününden sonra %7-24 arasında olduğunu bildirmektedir.

Tudor vd. (2003) hidroponik olarak yetiştirilen arpa ile beslenen Droughtmaster ırkı sığır ile yaptıkları çalışmada, saman ağırlıklı rasyona 15.4 kg çimlendirilmiş (1.8 kg KM) arpa ilavesinin performans parametrelerini iyileştirdiğini saptamışlardır. Ayrıca 9 kg arpa tohumundan (KM: %94.6) 71.50 kg yeşil hasıl (KM: %11.9) yani 1 kg arpa tohumundan 7.94 kg hasıl elde edildiğini ortaya koymuşlardır.

Eshtayeh (2004) belirli oranlarda (%15 ve %25) hidroponik arpa ile besledikleri ivesi koyunlarının performans parametrelerini incelemiş ve süt veriminin en fazla olduğu grubun %25 çimlendirilmiş arpa ilaveli grup olduğunu ve yüksek düzeyde çimlendirilmiş arpa ile besleme sonucunda süt proteini ve yağının arttığını tespit etmişlerdir. Araştırmacı, çimlendirilmiş arpanın %16.5 HP, %3.4 HY ve %3.6 HK içerdiğini bildirmiştir.

Shtaya (2004) tarafından yapılan çalışmada koyunları farklı oranlarda hidroponik arpa ile beslemenin yem tüketimini etkilemediği ve 12 günlük hasat sonrası çimlendirilmiş arpanın 20-25 cm boya ulaştığı bildirilmiştir.

Arpanın (Grimmett çeşiti) çimlenmesi süresince %21.9KM kaybına maruz kaldığı HP ve bazı mineral konsantrasyonlarının (B, Mn ve K hariç) taneye kıyasla çimlendirilmiş hasıllarda daha yüksek olduğu tespit edilmiştir (Dung vd., 2005). Ayrıca bu çalışmada tahılın çimlendirilmesinin hidrolitik enzimlerin aktivitesini arttırdığı, esansiyel amino asitlerin, toplam şekerlerin ve B grubu vitaminlerin içeriğini iyileştirdiği ve KM ile nişasta içeriklerini ise azalttığı bildirilmiştir.

Al-Hashmi (2008) hidroponik sistem kullanarak arpa üretimi yaptığı çalışmasında, çimlendirme sonucunda 8 kata kadar taze yeşil yem elde edildiğini, musluk suyuyla sulanan çimlendirilmiş arpa boyunun 21 cm'ye ulaştığını bildirmiştir. Ayrıca araştırmacı hidroponik sistemle yem üretimi yapmanın yem tohumlarının hijyenik bir ortamda daha kaliteli, oldukça besleyici, hastalıklara maruz kalmadan güvenilir bir yetiştirme yolu olduğunu rapor etmiştir.

Snow vd. (2008) su ürünleri atık sularının arıtılması ve balık yemi üretimi için hidroponik sistemle yetiştirilen arpa ve yulaf bitkilerinin karşılaştırmalı olarak değerlendirilmesi amacıyla yaptıkları çalışmada, hidroponik olarak yetiştirilen arpa ve yulafın su ürünleri atık sularının kirlilik yükünü önemli ölçüde azaltabildiği, çimlenmiş arpaların bulunduğu bölmelerin su ürünleri yetiştiriciliğinde yeniden kullanıma uygun olan en yüksek kalitede atık su ürettiği bildirilmiştir. Ayrıca çalışmada HP, HY ve HS içeriklerinin sırasıyla çimlenmiş arpada %16.13, %4.40 ve %27.17; yulaf bitkisinde ise %20.35, 7.25 ve 25.13 olduğu belirtilmiştir.

Al-Ajmi vd. (2009) farklı dozda arıtılmış atık suların hidroponik sistemde kullanılarak arpanın verimi ve su kullanım etkinliğini araştırdığı çalışmaların, atık suların arıtılarak kullanılmasının arpanın KM, HS, NDF, ADF ve HY üzerinde önemli bir etkisinin olmadığını saptamışlardır. Araştırmada hidroponik tarım sistemlerinde su tasarrufunun oldukça önemli miktarlarda olduğu, geleneksel yöntemlerle sulanan tarlalarda yapılan üretimde kullanılan suyun sadece %3-5'i ile aynı miktarda üretimin yapılabilirdiği bildirilmiştir. Araştırmacılar, sulama suyunda kullanılan atık suların arıtılarak kullanılmasında atık suyun konsantrasyonu arttıkça çimlenme yüzdesinin ve arpa veriminin arttığını, ancak su kullanım etkinliğinde artışın önemli olmadığını belirtmişlerdir. Ayrıca çimlenmiş arpanın HP, HY, HS, ADF ve NDF içeriklerinin sırasıyla %14.00, %3.61, %11.20 ve %13.33, %30.43 olduğu bildirilmiştir.

Morales vd. (2009) ticari bir yeme hidroponik yeşil arpa yemi ikamesinin, büyüyen Yeni Zelanda tavşanlarının üreme performansı ve karkas verimi üzerindeki etkisini araştırdıkları çalışmalarında, çimlendirilmiş yem miktarı arttığında rasyondaki HP ve sindirilebilir enerji alımında azalma olduğu; tavşanların gereksinimlerinin yeşil yem ile karşılanamadığı ve performanslarının düştüğü tespit edilmiştir. Bu çalışmada yemden yararlanma oranının (ortalama 3.26) ve karkas randımanının (ortalama %58.10) muamelelerden etkilenmediği; ayrıca çimlenmiş arpanın HP, HY, HS, HK ve NÖM oranının sırasıyla %13.50, %2.55, %16.30, %4.80 ve %62.90 olduğu bildirilmiştir.

Dung vd. (2010a) besin solüsyonu ve musluk suyu kullanılarak yetiştirilen hidroponik arpanın besin madde içeriğini değerlendirdikleri çalışmalarında 7 günlük filizlenmeden sonraki KM kayıplarının, musluk suyu ve hidroponik besin solüsyonu kullanımı için sırasıyla %16.40 ve %13.30 olduğunu; besin solüsyonuyla yetiştirilen çimlendirilmiş arpanın (%17.30), musluk suyuyla yetiştirilene (%15.90) kıyasla daha yüksek protein içerdiğini bildirmişlerdir.

Dung vd. (2010b) hidroponik olarak çimlendirilmiş arpanın besin madde içeriklerini araştırdıkları çalışmalarında 7 günlük çimlendirme sonrasında orijinal tohumda %21.90 KM kaybının olduğunu; HP, HK içerikleri ile potasyum hariç diğer tüm minerallerin arpa tanesinde hasıllara kıyasla KM bazında daha düşük bulunduğunu bildirmişlerdir. Araştırmacılar kısa süreli ekime imkân sağlayan hidroponik sistemlerde yeşil bitkilerde çimlenme sürecinde metabolik aktivite ve solunum sonucunda KM kaybı yaşanabileceğini, çimlenmenin 3. gününde fotosentez kloroplast oluşumunun başladığını, ancak fotosentez ile kazanılan KM kaybının telafi edilemediğini bildirmektedirler.

Fazaeli vd. (2011) hidroponik sistem ile üretilen arpa hasılı ile arpa tanesinin buzağılarda performans özellikleri üzerine etkisini araştırdıkları çalışmalarında, canlı ağırlık artışı bakımından muameleler arasında önemli bir farkın olmadığını, ancak kontrol rasyonu olarak arpa tanesi tüketen hayvanların çimlendirilmiş arpa ile beslenen hayvanlara göre daha yüksek kuru madde alımına sahip olduğunu, ekonomik açıdan yeşil yem üretiminin yem maliyetini % 24 oranında artırdığını bildirmişlerdir.

Fayed (2011) arpa hasılının, Tamarix Mannifera (1-18 m kadar büyüyen ve yoğun çalılık oluşturarak yaprak dökmeyen çalılar), pirinç samanı ve bunların

karışımları üzerindeki etkisini araştırdığı çalışmasında, rasyona arpa hasılı ilavesinin KM, OM, HP, HY, HS, NDF ve ADF sindirilebilirliğini artırdığını bildirmiştir.

Al-Karaki (2011) arıtılmış atık su, musluk suyu ve bunların karışımı ile sulamanın hidroponik sistemle çimlendirilmiş arpanın yem verimi, kalitesi ve su kullanım verimliliğini araştırdığı çalışmasında, sulamada atık su kullanılmasının yeşil ve kuru yem verimini etkili bir şekilde artırdığını, elde edilen yeşil ot veriminin musluk suyu, atık su+musluk suyu karışımı ve atık su ile sulamada sırasıyla 224, 276 ve 320 ton/ha olduğunu bildirmiştir. Atık su ile sulandığında elde edilen yüksek yem veriminin, muhtemelen atık suyun N içeriğinin yüksek olmasından kaynaklanabileceğini bildirmiştir. Bununla birlikte araştırmacı, atık su ile sulama işleminde su verimliliği açısından diğer sulama türlerine göre suyu daha verimli kullanmanın mümkün olduğunu tespit etmiştir. Ayrıca çimlenmiş arpanın KM, HY, HS, ADF ve NDF içeriklerinin sırasıyla %16.4, %4.8, %11.7 ve %28.80 olarak belirlendiği; çalışmada hem musluk suyu ile hem de atık su kullanılan arpa bitkisinin hasat dönemindeki boy uzunluğunun sırasıyla 18.7 ve 22.7 cm olduğu bildirilmiştir.

Al-Karaki ve Al-Momani (2011) hidroponik sistem kullanarak çimlendirdikleri üç arpa çeşidinin (ACSAD176, Rum ve yerel çeşit) hasıl üretimi, kalitesi ve su kullanım verimliliğini değerlendirdikleri çalışmalarında, üretilen arpa hasıllarına ait verimlerin sırasıyla 22.2, 23.6 ve 28.1 kg/m² olduğunu ve bu değerlerin 50 ton/ha/yıllık tarlada yetiştirilen yoncadan elde edilen yeşil ot veriminden 110, 118 ve 140 kat daha fazla olduğunu bildirmişlerdir. Ayrıca çalışmada su kullanım verimliliği açısından yerel çeşidin yeşil yem üretmek için suyu diğer (ACSAD176 ve Rum) çeşitlere göre daha verimli kullandığı ve yerel çeşide ait KM, HP, HY, HS, ADF ve NDF içeriklerinin sırasıyla %12.2, %25.2, %4.2, %12.4, %14.3 ve 29.6 olduğu bildirilmiştir. Araştırmacılar hidroponik sistemle yetiştirdiği arpayı hem musluk suyu ile hem de atık su ile sulamışlar ve çimlendirilmiş arpanın hasat dönemindeki boy uzunluğunu sırasıyla 18.7 ve 22.7 cm olarak tespit etmişlerdir.

Hidroponik sistem kullanılarak yetiştirilen arpanın 6, 7 ve 8 günlük çimlendirme sonrasında elde edilen hasılların kimyasal analizleri ile *in vitro* sindirilebilirlikleri ve metabolize edilebilir enerji değerlerinin belirlendiği bir çalışmada, Fazaeli vd. (2012) aynı arpanın tohumu ile karşılaştırılan çimlendirilmiş arpada HP, HK, HY, NDF, ADF ve suda çözünabilir karbonhidrat içeriklerinin arttığını; OM ve NFC miktarının ise azaldığını rapor etmişlerdir. Araştırmacılar çimlendirme süresinin artmasıyla HP,

ADF, NDF ve yeşil yem miktarlarının arttığını, metabolik enerji içeriklerinin ise azaldığını tespit etmişlerdir. Ayrıca farklı günlerde (6, 7 ve 8) hasat edilen arpanın KM, HP, ADF ve NDF içeriklerinin sırasıyla %19.27, %14.35, %13.3 ve %13.69, %13.68, %14.47 ve %14.35, %15.50, %17.15 ve %31.25, %31.80, %35.40 olduğunu belirlemişlerdir.

Al-Karaki ve Al-Hashimi (2012) hidroponik sistemle yetiştirdikleri arpa (*Hordeum vulgare*), börülce (*Vigna unguiculata*), sorgum (*Sorghum bicolor*) ve buğday (*Triticum aestivum*) hasıllarını üretim ve su kullanım verimliliği bakımından değerlendirdikleri çalışmalarında hidroponik teknik kullanılarak ekimden hasata kadar 8 gün içinde yeşil yem üretilebileceğini ve hasıl verimleri bakımından en yüksek değerlere börülce (21.7 kg/m²) ve arpa (20.0 kg/m²) tohumlarının sahip olduğunu bildirmişlerdir. Araştırmacılar börülce, sorgum ve buğdayın sırasıyla 633, 585 ve 552 kg taze yeşil yem / m³ verdiğini; arpanın ise en yüksek değeri (654 kg taze yeşil yem/m³) gösterdiğini ve su kullanım verimliliği bakımından diğer yemlerden daha iyi olduğunu tespit etmişler, ayrıca su kullanım verimliliği açısından arpa ile börülce arasındaki farklılığın önemli olmadığını bildirmişlerdir.

Putnam vd. (2013) hidroponik sistem ile yeşil yem üretiminde kuru madde kayıplarının esas olarak çimlenme dönemindeki nişasta kayıplarından kaynaklandığını bildirmektedir.

Sharif vd. (2013) kanatlılarda ve ruminant hayvanların rasyonlarında çimlendirilmiş arpa kullandıkları çalışmalarında, hasılların etlik piliçlerde canlı ağırlık artışını %8'e kadar artırdığını, ancak yumurta üretimini azalttığını, ruminant hayvanlarda ise süt verimini %8.7'ye kadar artırdığını bildirmişlerdir. Araştırmacılar hidroponik tarım sistemi ile (7 günde) arpa çimlendirmenin süt verimini ve sütteki yağ oranını artırdığını; hayvanlarda sindirilebilirliği artırdığı ve hayvanrefahı üzerinde de olumlu etkileri olduğunu bildirmektedir.

Naik vd. (2013) artan iklim değişikliğine karşı sürdürülebilir hayvancılık için alternatif bir teknoloji olarak değerlendirilen hidroponik sistemle elde edilen ürünlerin daha lezzetli ve sindirilebilirliğinin yüksek olduğunu; yerel tahıllar kullanarak çimlendirme sistemleri satın almaksızın ahır, samanlık vb. farklı ortamlarda da üretim yapılabileceğini, artan iklim değişikliğine karşın hidroponik yeşil yem üretiminin çiftlik hayvanları için etkili bir alternatif teknoloji olduğunu bildirmişlerdir. Ayrıca

araştırmacılar süt hayvanlarında çimlendirilmiş yem kullanılmasıyla süt veriminin günde 0.5-2.5 litre arttığını ortaya koymuşlardır.

Akbağ vd. (2014) hidroponik sistemde yetiştirilen arpa hasılının besleme değeri üzerine farklı hasat zamanlarının (4, 7, 10 ve 13. gün) etkisini araştırdıkları çalışmalarında hasılların besin madde içerikleri ve *in vitro* gaz üretimleri ile OMS ve ME içerikleri belirlenmiştir. Araştırmacılar, hasılların hasat gününün ilerlemesiyle KM değerinin azaldığını, HP içeriğinde düzenli bir değişim olmadığını, hücre duvarı bileşenlerinin (NDF, ADF, ADL) ve kül içeriğinin arttığını, OM ve ME içeriklerinin düştüğü bildirilirken en uygun beslenme değerine sahip olan hasılların 7. günde hasat edildiği tespit edilmiştir. Ayrıca farklı günlerde (4, 7, 10 ve 13) hasat edilen arpanın KM, HP ve HK içeriklerinin sırasıyla %20.2, %13.61, %10.30 ve %10.22; %17.71, %17.10, %18.25 ve %17.60; %4.39, 4.98, 5.40 ve 5.76; ADF, NDF ve ADL oranlarının ise sırasıyla 16.65, 21.46, 23.63 ve 26.15; 47.01, 51.01, 52.53 ve 54.05; 3.07, 3.92, 5.95, 5.15 olduğunu bildirilmişlerdir.

Hafla vd. (2014) hidroponik sistemle çimlendirilmiş arpanın ve arpa tanesinin ot bazlı veya haylaj bazlı bir rasyonla desteklenmesinin besin madde sindirilebilirlikleri, uçucu yağ asit profilleri, bakteriyel protein sentezi ve metan üretimi üzerine etkilerini incelemişlerdir. Çalışmada gruplar 1. (55.5 g çayır otu + 4.5 g çimlendirilmiş arpa), 2. (56.0 g çayır otu + 4.0 g arpa tanesi, 3. (55.5 g haylaj + 4.5 g çimlendirilmiş arpa), 4. (56.0 g haylaj + 4.0 g arpa tanesi) olarak oluşturulmuştur. Çimlendirilmiş arpa ilavesinin, çayır otu ve haylaj bazlı rasyonların gerçek KM sindirilebilirliğini arttırdığı, ancak arpa tahılı ile karşılaştırıldığında selüloz ve ham protein sindirilebilirlikleri, CH₄ üretimi ve bakteri verimliliğini etkilemediği bildirilmiştir. Ayrıca arpa hasılının HP, HY, NDF ve ADF içeriklerinin sırasıyla %14.7, %4.00, %30.5 ve %15.5 olduğu belirtilmiştir.

Saidi ve Omar (2015) İvesi koyunlarında arpa hasılı kullanımının araştırdığı çalışmalarında 8 günlük çimlenme sürecinde yeşil yem veriminin 1 kg arpa tanesi için 7.5 kg yeşil yem olduğunu ve bu verimin tane yemin çeşidine ve türüne bağlı olarak değiştiğini; laktasyondaki koyunların beslenmesinde arpa hasılı kullanımının yem maliyetini %42 oranında azalttığını; koyunların vücut kondisyonları ve verimleri üzerinde herhangi bir olumsuz etkisinin olmadığını tespit etmişlerdir. Ayrıca 8 günlük çimlenme süresince bazı değerlerde oransal artışlar (HP: %12.0'den %19.8'e; SEL:

%3.5'ten %8.0'a; NDF: %13.0'ten %35.0'e; ADF: %6.0'dan %11.0'e ve HK: %2.2'den 3.6'ya) gözlenmiştir.

Verma vd. (2015) çimlendirilmiş arpanın Haryana erkek buzağılarda yemden yararlanma, büyüme, kan metabolitleri ve maliyet etkinliği üzerine yaptıkları çalışmalarında, günde buzağı başına 2.5 ila 5 kg hidroponik arpa yemi ile beslemenin Haryana erkek buzağılarında kuru madde tüketimi, besin madde sindirilebilirliği ve büyüme hızının arttığını belirlemişlerdir.

Konkan Kanyal ırkı keçileri hidroponik sistemle yetiştirilen mısır ve arpa yemi ile beslemenin performans özellikleri ve maliyet üzerine etkisini belirlemek amacıyla yapılan çalışmada, hidroponik arpa ve mısır karışımı ile beslenen grubun en yüksek yem tüketimine sahip olduğu bildirilmiştir (Gebremedhin, 2015). Ayrıca Gebremedhin (2015) hidroponik arpa kullanımının %40 olduğu deneme grubunda en yüksek canlı ağırlık artışının (415.36 g/gün) olduğunu ve bu durumun hidroponik yemleringerekli besinleri sağlama kabiliyetlerinin yüksek olmasından kaynaklandığını belirtmiştir. Araştırmacı, keçileri hidroponik mısır ve arpa yemi ile beslemenin yemden yararlanma oranını iyileştirdiğini ve daha ekonomik olduğunu belirlemiştir.

Mohsen vd. (2015) tarımsal yan ürünler üzerinde filizlenmiş arpa tanelerinin Yeni Zelanda beyaz tavşanında performans üzerine etkisini araştırdıkları çalışmalarında, rasyona çimlendirilmiş arpa ilavesinin tavşan etinin fiziksel ve kimyasal özelliklerini etkilemediğini bildirmişlerdir. Araştırmacılar, hidroponik arpanın *in vitro* gerçek kuru madde sindirilebilirliği (IVKMS) ve *in vitro* gerçek organik madde sindirilebilirliği (IVOMS) değerlerini sırasıyla %67.96 ve %69.41, çimlendirilmiş arpada KM, OM, HP, HY, HK ve NÖM içeriklerini sırasıyla %18.65, %96.40 %17.01, %3.31, %3.60 ve %63.35 olarak belirlemişlerdir.

Karaşahin (2015) çimlendirilmiş arpa, buğday ve mısırın verim ve besin madde değerlerini belirlemek amacıyla yaptıkları çalışmalarında, yeşil yem verimini sırasıyla 17.8 kg/m², 13.3 kg/m², 18.4 kg/m²; yeşil yemlerinin sürgün yüksekliğini ise sırasıyla 12.00 cm, 15.00 cm ve 10.08 cm olarak tespit etmişlerdir. Ayrıca söz konusu parametreler bakımından tahıllar arasında görülen farklılıkların istatistiki olarak önemli olduğunu ortaya koymuşlardır (P<0.05).

Helal (2015) farklı düzeylerde zeytin küspesi, arpa samanı ve çimlendirilmiş arpayla beslenen koyunlarda besin madde sindirilebilirlik katsayılarını önemli ölçüde

yüksek bulmuştur. Ayrıca çalışmada arpanın KM, OM, HP, HY, HK, HS, NDF, ADF, ADL, SEL, HSEL ve NÖM içeriğinin sırasıyla %92.83, %90.44, %15.36, %2.68, %9.56, %27.38, %31.62, %14.55, %7.12, %7.43, %17.07 ve %45.02 olduğunu bildirmiştir.

Jemimah vd. (2015) mısır ve arpa hasılı içeren toplam karma rasyonla beslenen sağmal ineklerde günlük süt veriminin, geleneksel yeşil yemle beslenen hayvanlara göre %8.0-14.0 daha yüksek olduğunu belirlemişlerdir.

Naik vd. (2015) çimlendirilmiş yemlerin kullanımı ve üretimi ile ilgili çalışmalarında, tohumların çimlendirme aşamasında besin çözeltilisinin kullanılmasının şart olmadığını, sadece çeşme suyunun yeterli olduğunu, hidroponik sistemle yetiştirilen yemlerin daha lezzetli, sindirilebilir ve besleyici olduğunu, aynı zamanda hayvanların sağlığına da olumlu etkisinin bulunduğunu bildirmişlerdir. Araştırmacılar, hidroponik yemle beslemenin, rasyondaki besin maddelerinin sindirilebilirliğini arttırdığını ve bunun da süt üretiminin artmasına (%8-13) katkıda bulunduğunu ifade etmişlerdir. Ayrıca, geleneksel yeşil yemlerin başarılı bir şekilde yetiştirilemediği durumlarda çiftçiler tarafından süt hayvanlarını beslemek için düşük maliyetli sistemler kullanarak hidroponik yem üretilbildiğini rapor etmişlerdir.

Emam (2016) bazı arpa çeşitlerinin (Giza 128, 127, 130, 129, 126 ve Giza 123) hidroponik sistem ile yem üretimi ve su kullanım verimlerini araştırdığı çalışmada, hidroponik sistem kullanımının incelenen verimler ve gıda güvenliği açısından avantajlı bir yetiştirme sistemi olduğunu bildirmiştir. Ayrıca araştırmacı Giza 127 tohumunun çimlendirilmesinde 7. günde elde edilen taze yeşil yemlerin 10.10 cm sürgün boyuna ulaştığını belirtmiştir. Bununla birlikte çimlendirilmiş altı arpa çeşidinin KM, HP ve HY içeriklerinin sırasıyla %13-20, 9.10-13.20 ve %2.72-3.91 arasında olduğu bildirilmiştir.

Türkmen (2016) hidroponik sistemle yetiştirilmiş arpa, buğday ve tritikale tahıllarının dört farklı hasat zamanında (4, 7, 10 ve 13 gün) üretim performansı ile farklı oranlarda hasıl içeren rasyonların (%100 çimlendirilmiş arpa, %50 çimlendirilmiş arpa + %50 kuru ot ve %100 kuru ot) Türk Saanen keçilerinde süt verimi ve kalitesi ile kan, dışkı ve canlı ağırlık parametreleri üzerine etkisini incelediği çalışmada, farklı oranda çimlendirilmiş arpa içeren rasyonun süt verimi, canlı ağırlık ve kan parametreleri üzerinde etkisinin olmadığını ve tam çimlendirilmiş

arpanın olduğu (%100) grupta süt yağının azaldığını belirlemiştir. Araştırmacı, imlendirilmiş arpa hasılının besleyici olduğu ve keçiler tarafından daha çok tercih edildiğini bildirmiştir.

Ata (2016) tarafından yapılan çalışmada sütten kesilmiş İvesi kuzularında hidroponik sistemle elde edilen arpanın besi performansını üzerine etkisi incelenmiş olup, iki gruba ayrılan kuzularda ilk grup, toplam karma rasyonla (kontrol), ikinci grup ise 90 günlük beslenme denemesinde tamamen hidroponik arpa ile serbest şekilde (*ad-libitum*) beslenmiştir. Araştırıcı; imlenmiş arpa ile beslemenin yem tüketimini, vücut ağırlığını, toplam ve ortalama günlük canlı ağırlık kazancını artırdığını ve çimlenmiş arpanın besi performansını artırmak için besiye alınan kuzularda kullanılabileceğini bildirmiştir. Ayrıca araştırmacı çimlendirilmiş arpanın KM, HP, HY, HS, ADF ve NDF içeriklerini sırasıyla %15.30, %22.50, %3.20, %11.40, %13.10 ve %32.50 olarak belirlemiştir.

Al-saadi (2016) İvesi erkek kuzu rasyonunda çimlendirilmiş arpanın %10 ve %30 oranında arpa yerine ikame edildiği çalışmasında; HP, HK, HY, protein olmayan nitrojen (NPN), gerçek protein ve NDF değerlerinin, arpa hasıllarında önemli lde yüksek olduğunu tespit etmiştir. Araştırmacı İvesi kuzularında rasyonda hidroponik sistemle yetiştirilmiş arpa ikamesinin toplam kuru madde alımını %10 ve %30 artırdığını, yemden yararlanma oranında iyileşme ve toplam vücut ağırlığında artış meydana getirdiğini bildirmiştir. Ayrıca çalışmada çimlendirilmiş arpanın KM, OM, HP, HK, ADF ve NDF içeriklerini sırasıyla %14.61, %93.25, %15.58, %4.15, %8.45 ve %36.35 olarak rapor edilmiştir.

Kaouche-Adjlana vd. (2016) hasılların besin madde kompozisyonu ile süt üretimi ve maliyet üzerine etkisini belirlemek için yaptıkları çalışmada mevcut rasyona arpa hasılı (10 kg) ilavesinin süt verimini kontrol grubuna karşı önemli lde arttığını (16.14'e karşı 13.49 litre/gün) tespit etmişlerdir. Ayrıca araştırmacılar, çimlendirilmiş arpanın %16.91 KM, %95.00 OM ve %19.24 HS içerdiğini bildirmişlerdir.

Kılıç (2016) hidroponik sistemde üretilen hasılların hayvan beslemede kullanımını üzerine yaptığı derleme çalışmasında kuru arpa tanesinin 7 günde imlendirilebileceğin ifade etmiş ve hidroponik sistemle çimlendirilmiş arpa taze yemlerinin protein içeriklerinin yüksek olduğunu ve ruminant hayvanlar için bu

protein içeriklerinin oldukça tatmin edici seviyede olduğunu bildirmiştir. Araştırmacı, aynı zamanda ruminantların kaba yem ihtiyaçlarının karşılanmasında da hidroponik tarım teknolojisinin önemli bir yeri olabileceğini belirtmiştir.

Yousof vd. (2017) hidroponik sistemle çimlendirdikleri 15 farklı arpa çeşidini yeşil yem verimi açısından değerlendirmişler ve arpa çeşitlerinde 7 gün çimlendirme sonunda taze yeşil yem veriminin 4.5 - 5.5 kg/m² arasında değiştiğini bildirmişlerdir. Ayrıca elde edilen yeşil yemlerin KM değerlerinin %10-13 arasında olduğunu tespit etmişlerdir.

Karavaşin (2017a) farklı gübreleme (organik, inorganik ve organik (%50)+ inorganik (%50)) ve yetiştirme süresinin (6, 7, 8, 9 ve 10) hidroponik sistemle çimlendirilmiş arpa üzerindeki etkilerini belirlemek amacıyla yaptığı çalışmada, yetiştirme süresi uzadıkça yeşil yem verimi ile birlikte kuru madde kayıplarının da arttığını, ham protein kazançlarında azalma olduğunu ve çimlendirilmiş arpalarda bitki boylarının 12.50-20.00 cm arasında değiştiğini tespit etmiştir. Ayrıca boy uzunlukları arasındaki farklılıkların kullanılan tohum çeşidi ve kalitesi, tohum yoğunluğu, ön ıslatma süresi, sulama süresi ve sıklığı, bitki besin elementi varlığı ve farklılığı, sıcaklık, nem, ışık şiddeti, yetiştirme süresi gibi parametrelerden kaynaklanabileceğini bildirmiştir. Diğer tarafta çalışmada kullanılan çimlendirilmiş arpanın sırasıyla %15.48-18.95 HP, %2.34-2.61 HY, %20.99- 28.87 ADF ve %35.63-44.16 NDF içerdiği ifade edilmiştir.

Karavaşin (2017b) farklı tohum miktarlarının (1.1, 2.2, 3.3, 4.4, 5.5 ve 6.6 kg m⁻²) arpanın çimlendirilmesi üzerine etkilerini incelemiş ve en yüksek kuru madde oranının 4.4 ve 6.6 kg m⁻² (%19.0, %18.9); en düşük kuru madde oranının ise 1.1 ve 2.2 kg m⁻² uygulamalarından (%14.7, %14.6) elde edildiğini bildirmiştir. Ayrıca farklı tohum miktarlarına göre çimlendirilmiş arpanın HP, HK, HY, HS, NDF, ADF ve ADL içeriklerini sırasıyla %16.91-17.87, %2.87-3.66, %2.44-2.67, %10.21-11.85, %40.94-43.57, %21.57-23.74 ve %4.89-7.09 olarak tespit etmiştir.

Sarıçiçek vd. (2018) hidroponik sistemle yetiştirdikleri arpa yeşil yemini geleneksel yöntemle (topraklı tarım) yetiştirilen arpa tahılı, arpa hasılı ve arpa hasılı silajıyla besin madde içerikleri ve nispi yem değerleri bakımından karşılaştırmışlardır. Araştırmacılar çalışmalarında, hidroponik sistemle çimlendirilen arpanın besin madde içeriğinin geleneksel yöntemle yetiştirilenlere (arpa, hasılı ve silajına) göre daha

yüksek enerji, sindirilebilir kuru madde ve nispi yem değeri (NYD)'ne sahip olduğunu tespit etmişlerdir. Hidroponik sistemle elde edilen hasıllarda HP, HK, ADF, NDF, ADL ME, NE_L, kuru madde sindirilebilirliği (KMS), kuru madde tüketimi (KMT) ve NYD bakımından çim kısmında görülmüş bunu çim+kök kısmı izlemiştir. Ayrıca çalışmada hidroponik sistem ve geleneksel yöntemin karşılaştırmasında en yüksek NYD'nin hidroponik sisteme ait olduğu ifade edilmiştir. Diğer taraftan araştırmacılar tarafından çimlendirilmiş arpada KM, HP, HY, HK, HS ve NÖM değerleri sırasıyla %17.94, %20.39, %3.86, %3.91, %13.88 ve %57.96 olarak belirlenmiştir.

Emam vd. (2018) çimlendirilmiş altı arpa çeşidinden (Giza123, 126, 127, 128, 129 ve 130) üretilen sürgünlerin vejetatif ve kalite özelliklerini değerlendirmek amacıyla yaptıkları çalışmada, çimlenmiş arpanın daha az su tüketimi ile hidroponik yeşil yem üretiminde kullanılabilecek en iyi tahıl olduğunu, özellikle de bu tahılın tohumlarının piyasada diğerlerinden daha düşük fiyata bulunduğunu ve bunun da hidroponik yem üretim maliyetini düşürdüğünü bildirmişlerdir. Ayrıca araştırmacılar, çimlendirilmiş altı farklı çeşidi için KM, OM, HK, HY, HP içeriklerinin sırasıyla %91.22-92.3, %88.30-92.37, %2.96-4.25, %2.58-3.71 ve %8.84-13.45; HS, NDF, ADF, ADL, SEL, HSEL değerlerinin sırasıyla %9.93-14.36, %27.17-37.47, %12.51-17.93, %3.83-5.91, %8.57-11.22 ve %14.65-20.85 arasında değiştiğini tespit etmişlerdir. Diğer taraftan söz konusu çeşitlerin kuru madde tüketimi ve sindirim değerlerinin sırasıyla %3.20-4.42 ve %74.93-79.96; *in vitro* gerçek kuru madde sindirilebilirlik oranlarının ise %90.92-93.99 arasında olduğu bildirilmiştir.

Soder vd. (2018) organik süt üretim çiftlikleri için yem üretim sistemlerini değerlendirdikleri çalışmalarında, hidroponik sistemle çimlendirilmiş yem üretiminin küçük ölçekli işletmeler, özellikle de organik çiftlikler ve uzun süreli kuraklık yaşayan üreticiler için uygulama alanı olabileceğini bildirmişlerdir. Ayrıca çimlendirilmiş arpa ve yulafın KM, OM, HP, HY, NDF ve ADF içeriklerinin sırasıyla %15.40 ve %19.10, %96.80 ve %96.20, %15.60 ve %13.10, %3.30 ve %6.50; NDF ve ADF oranlarının ise sırasıyla %34.40 ve %44.80, %17.40 ve %25.40 olduğunu tespit etmişlerdir.

Tawfeeq vd. (2018) 15 baş İvesi erkek kuzusu kullanarak yaptıkları çalışmada kuzuları 5 farklı gruba (T1=%100 yeşil yonca, T2=%75 yeşil yonca ve %25 çimlendirilmiş arpa, T3= %50 yeşil yonca ve %50 çimlendirilmiş arpa, T4= %25 yeşil yonca ve %75 çimlendirilmiş arpa, T5= %100 çimlendirilmiş arpa) ayırmışlardır. Çalışmada rumen pH'sı, amonyak içeriği ile uçucu yağ asitleri ve bakteri sayısı

bakımından uygulamalar arasında farklılığın olmadığı belirtilmiştir. Araştırmacılar çimlenmiş arpanın IVKMS ve IVOMS değerlerini sırasıyla %95.13 ve %96.20 olarak tespit etmişlerdir. Ayrıca hidroponik sistemle yetiştirilen arpada KM, OM, HP, HK, HY, HS ve NÖM değerleri sırasıyla %22.94, %96.64, %19.15, %3.36, %3.81, %23.24 ve %50.44 olarak belirlenmiştir.

Hayati vd. (2018) arpa tanesinin arpa hasılı ile ikamesinin Saanen keçilerinin kan metabolitleri ve süt üretimi üzerindeki etkilerini değerlendirmek için yaptıkları çalışmalarında, çimlendirilmiş arpa ile beslenen süt keçilerinin daha az kuru madde tükettiklerini tespit etmişlerdir. Arpa tanesi yerine %66 çimlendirilmiş arpa ilave edilerek oluşturulan rasyonla beslenen grubun, %37 çimlendirilmiş arpa içeren rasyonla beslenen gruba göre daha fazla süt verimine sahip olduğu görülmüştür. Ayrıca hidroponik sistemle çimlendirilen arpanın KM, HP, HK, NDF ve ADF değerleri ise sırasıyla %16.00, %15.6, %3.8, %31.4 ve %16.00 olarak tespit edilmiştir.

Ansari vd. (2018) koyunlar üzerinde yaptıkları çalışmada hidroponik sistemle çimlendirilmiş sorgum x sudan otu melezi ve arpa ile tek yem olarak beslenen grupları oluşturmuşlardır. Çalışmada sorgum x sudan otu melezi ve arpanın 7 günlük çimlendirme sonrasında 1 kg tohumdan elde edilen ortalama taze yeşil veriminin sırasıyla 7.17 ve 8.23 kg olduğu; çimlendirilmiş sorgum x sudan otu melezi ve arpa için KMT (%CA) değerlerinin sırasıyla %1.06 ve 0.34 olarak belirlendiği ve bu değerlerin yetişkin koyunlar için önerilen %2.60 ila 2.80 değerinden daha düşük olduğu bildirilmiştir. Ayrıca araştırmacılar çimlendirilmiş sorgum x sudan otu melezi ve arpanın KM, HP, HY, NÖM içeriklerinin sırasıyla %12.34 ve %10.21; %20.87 ve %17.46; %2.57 ve %3.02; %53.27 ve %52.25 olduğunu; HS, NDF, ADF, SEL ve HSEL değerlerinin %18.58 ve %23.26; %59.97 ve %67.40; %24.60 ve %37.15; %22.38 ve 28.57; %35.37 ve %30.25 olduğunu bildirmiştir. Diğer taraftan çalışmada, hidroponik sistemle çimlendirilen sorgum x sudan otu melezi ve arpaya ait IVKMS, IVOMS ve IVNDFS değerlerinin sırasıyla %35.29 ve %75.07; %43.64 ve %78.91; %57.34 ve %73.88 olduğu ifade edilmiştir.

Girma vd. (2018) Wollega Üniversitesi'nde farklı tohumlardan çimlendirilmiş yulafların verim performanslarını ve besin değerlerini inceledikleri çalışmalarında, çimlendirilmiş yulafların en yüksek yeşil yem ağırlıklarına (KM de) 10. gün hasadında ulaşıldığını ve 14. gün sonuna kadar ağırlığın sürekli düşüş gösterdiğini; en yüksek

bitki boyunun 14. günde, en düşük bitki boyunun ise 10. günde görüldüğünü bildirmişlerdir. Ayrıca çimlendirilmiş 4 farklı yulaf bitkisine ait HP, NDF, ADF ve ADL içerikleri sırasıyla %18.9-23, %39.5-51.8, %27.5-39.9 ve %5.9-9.2; *in vitro* OMS gözlemlenen değerlerinin ise %40.78-55.78 arasında değiştiği tespit edilmiştir.

Kuşan vd. (2019) hidroponik sistemle çimlendirilen arpa ve yulafın KM içeriklerini %18.28 ve %26.65; hasılların boy uzunluklarını 16.08 cm ve 17.47 cm ve 1 kg tohumu karşın elde edilen yeşil yem verimlerini ise 4.01 kg ve 2.99 kg olarak belirlemişlerdir.

Hegab ve Mahmoud (2019) koyunlarda yaptıkları çalışmada kontrol grubundaki (G1) hayvanları yonca samanı (%30) + konsantre yem karışımı (%70); G2, G3 ve G4 gurubundaki hayvanları ise sırasıyla %20, %40 ve %60 oranında çimlendirilmiş arpa (hasıl) + yonca samanı ve konsantre yem karışımı rasyonlarla beslemişlerdir. Araştırmacılar, G4 grubuna verilen rasyonun HP, HY, NDF, HSEL sindirilebilirliklerinin daha yüksek olduğunu ve genel olarak hasıllarla beslenen gruplardaki kuzuların beside daha iyi performans gösterdiğini bildirmişlerdir. Ayrıca çimlendirilmiş arpanın OM, HP, HY, HK, HS, NÖM içeriklerinin sırasıyla %94.65, %16.85, %5.42, %5.35, %24.58 ve %47.80; NDF, ADF, SEL ve HSEL değerlerinin ise %63.82, %35.32, %19.63 ve %28.50 olduğu tespit edilmiştir.

Mekonnen vd. (2019) koyunların beslenmesinde doğal mera kuru otuna ek olarak hidroponik olarak çimlendirilen arpa ve yulaf hasılları kullanılabilirliğini araştırdıkları çalışmalarında beş farklı grup (T1: %100 mera otu, T2: mera otu+ konsantre karışım, T3: mera otu + çimlendirilmiş arpa, T4: mera otu + çimlendirilmiş yulaf ve T5: %50 mera otu + konsantre karışım + % 50 arpa ve yulaf karışımı) oluşturmuşlardır. Araştırmacılar ekonomik açıdan grupları net gelire göre T5>T2>T4>T3 şeklinde sıralamışlardır. Hidroponik olarak çimlendirilen yulafın doğal meralarda koyunları desteklemek için ticari bir konsantre yemin yerini alma potansiyeline sahip olduğu bildirilmiştir. Ayrıca çimlendirilmiş arpa ve yulafın HP, HK, NDF, ADF ve ADL içeriklerinin sırasıyla % 13.2 ve %13.7, %3.26 ve %2.15, %45.6 ve %46.8, %34.8 ve %36.6, %6.68 ve %7.57 olduğu tespit edilmiştir.

Lawrence (2019) çimlendirilmiş arpanın besin madde içeriğini ve bunların sığırlarda performansı nasıl etkilediğini araştırdığı çalışmasında, inek rasyonlarında

çimlendirilmiş arpanın tahıl karışımlarının bir kısmının yerine kullanılmasıyla rumen fermentasyonu ve laktasyon performansının korunduğunu bildirmiştir. Ayrıca araştırmacı, çimlendirilmiş arpanın sırasıyla %16.00 HP, %2.60 HY, %28.40 NDF ve %12.20 ADF içerdiğini bildirmiştir.

Güler (2019) arpa hasılının besleme değeri üzerine saman ve kuru orina gibi farklı dolgu katkılarının etkisini araştırdığı çalışmada, çimlendirilmiş arpanın saman katkısı ile kuru madde içeriğinin; prina katkısıyla da HK, ADF ve NDF içeriğinin arttığını; samanla çimlendirmenin ortamda fazla suyun olumsuz etkisini önleme açısından faydalı olduğunu ifade etmiştir. Çimlendirmenin 8. gününde arpa hasılının boyunun 11.46 cm olduğu; ayrıca çimlenmiş arpanın %10.77 HP, %4.21 HK, %32.83 NDF ve %16.53 ADF içerdiği bildirilmiştir.

Abouelezz vd. (2019) ise Japon bıldırcınlarını arpa hasılı içeren yemle beslemenin Japon bıldırcınlarında yumurtlama oranı, canlı ağırlık ve üreme performansını önemli ölçüde artırdığını bildirmişlerdir. Ayrıca çimlendirilmiş arpanın KM, HK, HP ve HY içeriğinin sırasıyla %16.38, %3.97, %23.03 ve %4.17 olduğu bildirilmiştir.

Gümüş ve Bayır (2020) hidroponik sistem kullanılarak üretilen arpa ve yulaf hasılının farklı günlerdeki besin madde içeriklerini belirlemek amacıyla yaptıkları çalışmada, %100 arpa tohumu, % 100 yulaf tohumu ve %75 arpa tohumu+ %25 yulaf tohumu karışımı kullandıklarını, çimlendirilmiş arpanın en yüksek (%100) bitki boyuna (17.75 cm) , taze yeşil verimine (7077 g) ve NYD'ne sahip olduğunu, denemenin 7. gününde elde edilen taze yeşil yemlerin HK, HS, HY, ADF ve NDF düzeylerinin 5. güne göre tüm gruplarda artış gösterdiğini bildirmişlerdir. Araştırmacılar, çimlendirilmiş yulaf, arpa ve arpa+yulaf hasıllarının KM, HK, HY ve HS içeriklerini sırasıyla %23.90, %9.25 ve %11.08, %4.81, %4.21 ve %4.62, %5.23, %3.22 ve %4.20, %13.34, %11.25 ve %11.69; NDF, ADF ve HSEL değerlerinin ise %36.25, %31.10 ve %34.05, %20.96, %20.89 ve %18.18, %15.29, %10.21 ve %15.86 olduğunu bildirmişlerdir.

Devendar vd. (2020) Deccani ırkı koyunların hidroponik sistemle yetiştirilmiş arpa ile beslenmesinin büyüme performansı ve karkas özellikleri üzerindeki etkisini inceledikleri çalışmada 1.gruptaki koyunlar (kontrol grubu) %60 kaba yem (sorgum hasatından sonra geri kalan anızlar)+%40 konsantre yemle, 2. gruptaki koyunlar

rasyonun ham proteininin %50'si çimlendirilmiş arpadan gelecek şekilde oluşturulmuş karışımla ve 3. gruptakiler ise ham proteinin %75'i çimlendirilmiş arpadan olacak şekilde oluşturulmuş karışımla beslemişlerdir. Araştırmacılar karkas özelliklerinin üç grup arasında farklılık göstermediğini ancak 2. gruptaki kuzuları %50 oranında çimlendirilmiş arpa içeren rasyonla beslemenin N dengesi ve büyüme performansını iyileştirdiğini, üretim maliyetini ise azalttığını belirtmişlerdir. Ayrıca arpa hasılının KM, OM, HK, HP, HY ve NÖM içeriklerini sırasıyla %14.30, %95.70, %4.30, %16.20, %3.42 ve %61.60; HS, NDF, ADF, SEL ve HSEL değerlerini ise sırasıyla %14.50, %32.50, %21.00, %16.50 ve %11.50 olarak tespit etmişlerdir.

Yurtseven vd. (2020) hidroponik sistemde üretilen arpa hasılının yem değeri üzerine farklı substratların (arpa + saman ve arpa + kuru zeytin küspesi) etkilerini değerlendirdikleri çalışmada, arpa tohumunun hidroponik koşullar altında yeşil yem ve silaj üretimi için iyi bir materyal olduğu sonucuna varmışlardır. Ayrıca araştırmacıların arpadan elde edilen yeşil yem ve silajın besleme değerlerinin tatminkâr olduğu ve kaplama malzemeleri (saman ve kuru zeytin posası) ile desteklenen çimlenme ortamlarında daha kaliteli çimlendirilmiş yem üretilbildiği ifade edilmiştir. Araştırmacılar, çimlenmiş arpanın HK, HP, NDF ve ADF içeriklerini sırasıyla %4.21, %10.77, %33.83 ve %16.53; elde edilen taze yeşil yemin boyunu ise 11.46 cm olarak bildirmişlerdir.

Khaziev vd. (2021) arpa hasılının kazların beslenmesinde kullanıldığı çalışmada, rasyona %25-30 oranında çimlendirilmiş arpa ilavesinin yaşama gücünü %2, kuluçkalık yumurta verimini ise %4.9 oranında artırdığını belirtmiştir.

Bayır (2021) arpa, yulaf, arpa+yulaf, arpa+İtalyan çimi ve İtalyan çimi tohumlarından elde edilen hasılların boyları ve besleme değerlerini belirlemek amacıyla yaptığı çalışmada, arpanın tek olarak veya yulaf ve İtalyan çimi tohumlarıyla karıştırılarak çimlendirilmesinin olumlu sonuçlar verdiği tespit edilmiştir. Çalışmada, hidroponik sistemle üretilen arpa, yulaf, arpa + yulaf, İtalyan çimi ve arpa + İtalyan çimi tohum ve karışımlarının çimlendirilmesi sonrasında 1 kg tohumdan sırasıyla 6360 g, 3360 g, 4349 g, 5566 g ve 6071 g taze yeşil yem elde edildiği; bitki boylarının ise arpa, yulaf ve İtalyan çimi da sırasıyla 15.34, 10.59 ve 9.75 cm olduğu bildirilmiştir. Ayrıca araştırmacı çimlendirilmiş arpa, yulaf, arpa+yulaf, arpa+İtalyan çimi ve İtalyan çimi bitkilerine ait OM, HK, HP, HY oranlarının sırasıyla %96.75, %95.82, %95.53,

%96.76 ve %96.59; %3.25, %4.18, %4.47, %3.24 ve %3.41; %13.64, %14.46, %11.48, %14.29 ve %13.54; %2.15, %5.28, %3.97, %1.98 ve %2.37 olduğunu; HS, NDF ve ADF içeriklerinin ise sırasıyla %11.77, %14.65, %15.24, %17.81 ve %16.21; %27.37, %31.93, %30.42, %36.41 ve %34.21; %11.01, %11.15, %12.74, %11.08 ve %13.56 olduğunu bildirmiştir.

Demir (2021) arpa hasılı kullanımının diğer kaba yem kaynaklarına göre kuzu besi performansı üzerine etkisini inceledikleri çalışmada kuzuları üç farklı rasyonla (kesif yem+buğday samanı, kesif yem+yonca kuru otu ve kesif yem+çimlendirilmiş arpa) 60 gün süreyle beslemiş ve besi süresince çimlendirilmiş arpanın kuzular tarafından daha fazla tüketildiğini ve buna bağlı olarak kesif yem tüketiminin azaldığını bildirmiştir. Çalışmada hidroponik sistemle çimlendirilmiş arpanın KMS, KMT ve NYD sırasıyla %76, %3.6 CA ve 209.3 olarak belirlenmiştir. Ayrıca araştırmacı, çimlendirilmiş arpanın HP, HY, HK, NDF ve ADF içeriklerini sırasıyla %12.70, %3.90, %3.60, %33.80 ve %16.50 olarak bildirmektedir.

Rahman vd. (2021) mısır, buğday ve yulafın çimlendirilmesinin tanelerine (tohum) kıyasla kuru madde kaybına neden olduğunu ancak HP, E vitamini, çözünür şeker ve selüloz içeriklerindeki artışlarla ifade edilen besin bileşimlerini iyileştirdiğini bildirmiştir. Çalışmada mısır, buğday ve yulaf tohumlarının her bir kilogramının 857.04 g, 900.71 g ve 911.48 g KM içerdiği; aynı tohumların çimlendirildikten sonra sırasıyla 764.62 g, 872.73 g ve 453.0 g KM miktarına sahip olduğu belirlenmiştir. Ayrıca çimlendirilmiş yulaf bitkisine ait HP, HY, HK, NDF ve ADF değerlerinin sırasıyla %20.10, %2.17, %1.89, %59.47 ve %24.30 olduğu bildirilmiştir.

Özdemir ve Temür (2022) arpa tohumuna farklı oranlarda fiğ ve aspir tohumu ilave ederek çimlendirme yapmış ve elde edilen hasılların yem değerlerine etkisini incelemiştir. Hidroponik sistemle çimlendirilen arpaya %10, %20 ve %30 oranlarında fiğ ve aspir ilave edilerek karışımlar hazırlandığını tüm karışımlarda kuru madde kayıplarının meydana geldiğini belirlemişlerdir. Araştırmacılar, farklı karışımların her birinden 3.3 kg tohum kullanarak ve bunlardan 16.94-18.50 kg arasında hasıl elde edildiğini bildirmektedir. Ayrıca, tohumun içerdiği nişastanın enzimler tarafından metabolize edilerek yapısal karbonhidratların sentezinde kullanıldığı ve bu sayede çimlenme ile ADF miktarının arttığı bildirilmiştir.

Al-Kanaan (2022) etlik piliç yemlerine farklı düzeylerde çimlendirilmiş arpa ilavesinin piliçlerin canlı ağırlık artışı, yem tüketimi ve yemden yararlanma oranını arttığını; ayrıca çimlendirilmiş arpanın HK, OM, HP, HY ve NÖM içeriklerinin sırasıyla %5.09, %94.91, %19.17, %3.35 ve %66.13 olduğunu belirlemişlerdir.

Salvador-Castillo vd. (2022) yulaf ve arpa hidroponik yeşil yemlerine çimlendirme aşamasında besin kaynağı olarak besleyici solüsyonlar (şebeke suyu ve farklı nitrat/amonyum ($\text{NO}_3^-/\text{NH}_4^+$) oranlarına sahip iki besin solüsyonu) uygulanmasının etkilerini inceledikleri çalışmada, kullanılan solüsyonlarda çimlendirilen yulaf ve arpanın besin madde içerikleri bakımından farklılık gösterdiğini, hidroponik olarak çimlendirilen yulafların daha yüksek HP, NDF, ADF ve HK değerlerine sahip olduğunu; çimlendirilmiş yulafın, besi hayvanları için arpadan daha etkili olduğunu bildirmiştir. Ayrıca çimlendirilmiş yulaf ve arpada sırasıyla %13.70 ve %11.10 HP, %41.80 ve %35.70 NDF, %27.40 ve %19.20 ADF içeriği tespit edilmiştir.

Al-Baadani vd. (2022) filizlenmiş (çimlendirilmiş) arpanın kuzularda performans özelliklerini olumsuz yönde etkilediğini bildirmişlerdir. Aynı zamanda çalışmada IVKMS, IVOMS ve IVNDFS değerlerinin sırasıyla %72.6, %74.3 ve %46.4 olduğu tespit edilmiştir.

Alharthi vd. (2023) çimlendirilmiş arpanın ve rasyonlara katkı seviyesinin, kuzuların büyüme performansı, sindirilebilirliği, rumen uçucu yağ asitleri içerikleri, bakteri sayısı ve rumen morfolojisi üzerindeki etkilerini araştırdıkları çalışmalarında, çimlendirilmiş arpanın hayvanlara verilmesiyle organik madde sindirilebilirliği ve yem tüketimi artırırken; rumen pH'sı ve rumen doku renginin etkilenmediği ve genel olarak performansın iyileştiği bildirilmiştir. Ayrıca çalışmada kullanılan çimlendirilmiş arpanın NDF ve ADF değerleri sırasıyla %36.90 ve %16.80 olarak belirtilmektedir.

Arif vd. (2023) tarafından çimlendirilmiş mısır veya arpa rasyonları ile beslenen keçilerin performansının olumlu yönde etkilendiği fakat kan bileşenlerinin kullanılan rasyondan etkilenmediği tespit edilmiştir. Ayrıca çalışmada kullanılan çimlendirilmiş arpanın KM, HP, NDF ve ADF içeriğinin sırasıyla %12.00, %13.89, %33.63 ve %14.01 olduğu bildirilmiştir.

Yusif vd. (2023) Hamdani ırkı koyunların süt verimi ve bileşimi üzerine hidroponik arpa ve konsantre rasyonun etkisinin araştırıldığı çalışmada, çimlendirilmiş arpa ile beslenen koyunlarda ortalama süt verimi ve süt yağı ile toplam kuru madde miktarının önemli ölçüde arttığını ve koyunların süt üretimi amacıyla beslenmesinde konsantre yem yerine çimlendirilmiş arpanın uygun bir ikame olduğunu belirlemişlerdir. Ayrıca araştırmacılar, çimlendirilmiş arpanın HK, HP, HY, NÖM ve HS içeriklerini ise sırasıyla %3.05, %12.78, %3.52, %73.17 ve %7.48 olarak bildirmişlerdir.

Abdel-Wareth vd. (2023) tavşanların beslemesinde çimlendirilmiş arpa kullanımının canlı ağırlık artışı ve yemden yararlanma oranını arttığını, büyüme performansı, besin madde sindirilebilirliği ve ekonomik verimlilik üzerinde sürdürülebilir bir olumlu etkiye sahip olduğunu bildirmişlerdir. Ayrıca çimlendirilmiş arpanın HP, HY, NÖM ve HS içeriklerinin ise sırasıyla %17.84, %4.36, %62.62 ve %10.82 olduğu bildirilmiştir.

Literatür bildirişlerinden de anlaşıldığı gibi hidroponik tarım sistemi ile taze yeşil yem üretimi üzerine çalışmaların son zamanlarda yoğun olarak yapılmaya başladığı görülmektedir. Genellikle hayvan yemi olarak arpa hasılının yüksek çimlenme özelliğinden dolayı tercih edildiği; bununla birlikte farklı tahıllar üzerinde de *in vitro* ve *in vivo* çalışmalar yapıldığı belirlenmiştir. Bu çalışmada hidroponik taze yeşil yem üretiminde gerek verim, gerekse besleme değeri bakımından zengin bazı tohum ve tohum karışımlarının kullanılması, bunların yem değeri, *in vitro* sindirilebilirlikleri, *in vitro* gaz üretimleri ve metan üretimlerinin belirlenmesi amaçlanmıştır. Çalışmanın hipotezini hidroponik sistemde aynı şartlar altında yetiştirilen tohum ya da tohum karışımlarında farklı besin kaynağı (şebeke suyu-solüsyon) ile çimlendirmenin gerek verim miktarı gerekse yem değeri bakımından solüsyon kullanımında şebeke suyu kullanımına göre daha yüksek değerlerin elde edileceği kurgusu oluşturmaktadır. Ayrıca tahıllarla birlikte üretilen hidroponik taze yeşil yemlerde baklagil karışımı olan gruplardan elde edilecek hasılların ham protein (N) oranını artıracak dolayısıyla daha yüksek besleme değerine sahip karışımların olacağı ve besleme değerinin artacağı çalışmanın bir diğer hipotezidir. Ham protein içeriğinin artması metan üretimini azaltıcı etki göstereceği için (Kılıç ve Sarıçiçek, 2006) besleme değeri artan ve HP içeriği yüksek yemlerde metan üretiminin düşük olacağı beklenmektedir.

3. MATERİYAL VE METOT

3.1. Materyal

3.1.1. Yem Materyali

Bu çalışmada yem materyali olarak çimlendirme amaçlı veya çimlendirmeye yönelik tohumlar tercih edilmiş olup, bunlardan arpa, yulaf ve fiğ, İzmir Ege Tarımsal Araştırma Enstitüsünden; İtalyan çimi (Ryegrass) Samsun Karadeniz Tarımsal Araştırma Enstitüsünden ve Sorgum x Sudan Otu melezi ise Ulusoy tohumculuk firmasından temin edilmiştir. Kullanılan tohumların yerli çeşitler olmasına özen gösterilmiş ve en yüksek çimlenme gücü olanlar araştırılarak bu çalışmada kullanılmıştır (Tablo 3.1). Tez çalışmasında 5 farklı tohumun yanı sıra bu tohumlardan oluşturulan 5 farklı tohum karışımı da (Arpa + Fiğ karışımı, Sorgum x sudan otu melezi + Arpa + Fiğ karışımı, Sorgum x sudan otu melezi + Fiğ karışımı, 4'lü karışım (Yulaf, İtalyan çimi, SxS ve Arpa) ve 5'li karışım (Yulaf, İtalyan çimi, SxS, Arpa ve Fiğ) çimlendirilmiş ve elde edilen sonuçlar değerlendirilmiştir.

Tablo 3. 1. Çalışmada kullanılan tohum ve çeşitleri

Tohum Adı	Kullanılan Çeşit
Arpa (A)	Atabeyi
Yulaf (Y)	Sarı
Fiğ (F)	Alper
Sorgum x Sudan Otu melezi (SS)	Greengo
İtalyan Çimi (İÇ)	İlkadım

3.1.2. Besin Kaynağı

Tohumların çimlendirilmesi aşamasında besin kaynağı olarak Tablo 3.2 ve Tablo 3.3'te içerikleri verilen Hoagland solüsyonu ve şebeke suyu kullanılmıştır. Şebeke suyunun bileşimi Kahramanmaraş Mar-Su fabrikasında 17.02.2005 tarih ve 25730 sayılı resmi gazetede yayınlanan İnsani Tüketim Amaçlı Sular Hakkında Yönetmeliğe uygun şekilde analiz edilmiştir.

Tablo 3. 2. Hoagland solüsyon içeriği

Element	Konsantrasyon (mg/L)
Azot	210
Fosfor	31
Potasyum	235
Magnezyum	48.6
Kalsiyum	200
Kükürt	64
Demir	2.5
Mangan	0.5
Bor	0.5
Bakır	0.02
Çinko	0.05
Molibden	0.01

Kaynak: Hoagland, D.R. ve Arnon, D.I., (1950)

Tablo 3. 3. Şebeke suyu içeriği

Parametreler*	Değer	Yöntem
pH	7.40	TS EN ISO 10523
İletkenlik	851 μ /cm	TS 9748 EN 27888
Bulanıklık	0.12 NTU	Fiziksel
NO ₂	<0.03 mg/l	TS 266
NO ₃	<2.2 mg/l	TS 266
NH ₄	<0.01mg/l	spektrofotometrik
Sülfat	153 (mg/l)	TS 266
Demir	7 (μ g/l)	TS 266
Alüminyum	45 μ g/l)	TS 266
Koliform bakteri	0 kob/ 100 ml	TS EN ISO 9308-1
E. coli	0 kob /100 ml	TS EN ISO 9308-1

*Örneklerde analiz yapılarak belirlenmiştir

3.1.3. Diğer Materyaller

Çalışmada *in vitro* gaz üretim tekniğinin belirlenmesi aşamasında kullanılan rumen sıvısı Samsun ili Atakum ilçesinde faaliyet gösteren özel bir mezbahannede kesilen, 4 yaşında, ortalama 400 kg canlı ağırlıkta, sağlıklı 1 baş kısır Holstein ırkı ineğin kesilir kesilmez 15-20 dk içerisinde, rumeninden zaman kaybetmeden alınmış ve 39 °C'deki termoslar içerisinde hızlıca laboratuvara taşınmıştır. *In vitro* gaz üretim tekniğinde kullanılan cam enjektörler (Model Fortuna- Germany) orijinal olup, bu amaç için özel olarak üretilmiştir. Denemede kullanılan diğer kimyasal maddeler ve sarf malzemeler ise piyasadan satın alınmıştır.

3.2. Metot

3.2.1. Tohumların Çimlendirilmesi

Tohumlar çimlendirme işlemi için petri kaplarına alınmadan 1 gün önce ıslatılmıştır. Daha sonra arpa, fiğ, sorgum x sudan otu melezi, yulaf ve İtalyan çimi tohumları petri kaplarına 100'er adet konulup 4 gün bekletildikten sonra çimlenen tohumların sayımı yapılmıştır. Tohumların çimlenme gücü başlangıç ve son halleri Şekil 3.1 ve 3.2'de; tohumların çıkış gücü ise Tablo 3.4'te verilmiştir.



Şekil 3.1. Çimlenme gücü başlangıç halleri



Şekil 3.2. Çimlenme gücü son halleri

Tablo 3. 4. Tohumların çimlenme gücü

Tohumlar	Tohum adedi	Çimlenmeyen	%
A	100	13	87
Y	100	29	71
F	100	7	93
İÇ	100	21	79
SS	100	12	88

A: Arpa, Y: Yulaf, F: Fiğ, İÇ: İtalyan çimi, SS: Sorgum x sudan otu melezi

3.2.1.1. Tohumlarda Çimlendirilme Öncesi İşlemler

Çalışmada 5 farklı tohum (Arpa, Yulaf, Fiğ, İtalyan çimi ve Sorgum x sudan otu melezi) ve 5 farklı tohum karışımı (Arpa + Fiğ karışımı, Sorgum x sudan otu melezi + Arpa + Fiğ karışımı, Sorgum x sudan otu melezi + Fiğ karışımı, 4 lü karışım (Yulaf, İtalyan çimi, SxS ve Arpa) ve 5 li karışım (Yulaf, İtalyan çimi, SxS, Arpa ve Fiğ) kullanılarak elde edilen hidroponik yeşil yemlerin üretilmesi için Ankara Tarla Bitkileri Merkez Araştırma Enstitüsüne ait iklimlendirme odasında tohumlar birbirini takip eden üç farklı zamanda (ilki 12.05.2022, ikincisi 14.06.2022 ve üçüncüsü ise 11.07.2022 tarihinde olmak üzere 3 kez) çimlendirme işlemi gerçekleştirilmiştir.

Tohumların çimlendirilmesinde 22x15x5 cm (0.033 m²) ebatlardaki plastik malzemeden üretilmiş tepsiler kullanılmıştır. Çimlendirme tepsileri %1-2 eğimli şekilde zemine yerleştirilmiştir. Ayrıca fazla suyun tahliyesi için tepsilerin alt köşelerine küçük delikler açılmıştır. Tohumlar tepsilere serilmeden önce tepsiler dezenfekte (su) edilmiştir (Şekil 3.3). Tohumlar 24 saat öncesinden ıslatılmış ve bunu takiben her bir çimlendirmede tohum ve bunların karışımlarından Tablo 3.5’te görülen 10 farklı yem grubu oluşturulmuştur.

Tablo 3. 5. Çimlendirme yapılan yem grupları

Yem grubu kısaltması	Yem adları
A	Arpa
Y	Yulaf
F	Fiğ
İÇ	İtalyan Çimi
SS	Sorgum x sudan otu melezi
AF	Arpa ve fiğ karışımı
SSAF	Sorgum x sudan otu melezi, arpa ve fiğ karışımı
SSF	Sorgum x sudan melezi ve fiğ karışımı
YİÇSSA	Yulaf, İtalyan çimi, sorgum x sudan otu melezi ve arpa karışımı
YİÇSSAF	Yulaf, İtalyan çimi, sorgum x sudan otu melezi, arpa ve fiğ karışımı

Çimlendirmelerde besin kaynağı olarak 4 plastik tepside şebeke suyu ve 4 plastik tepsi de ise Hoagland solüsyonuyla kullanılmıştır. Her bir muamele için 8 tepsi, toplamda ise 80 tepsi olacak şekilde deneme yürütülmüştür. Bütün muamelelerde tohumlar tepsilere 1-2 cm yükseklikte (derinlikte) olacak şekilde serilmiştir.



Şekil 3. 3. Kapların temizlenmesi ve tohumların suya konulması

İklim odasında ışık yoğunluğu 615 lux ve dalga boyu 400-700 nm arasında olan Philips marka TLD36W/840 model lambalar kullanılmış, lambalar günde 14 saat açık ve 10 saat kapalı tutulmuştur (Şekil 3.4).



Şekil 3. 4. İklimlendirme odası

Tohumlar çimlenme süresince düzenli olarak her bir yem gurubu için 500 ml’lik plastik malzemeden yapılmış suluklar ile püskürtme yoluyla sulanmıştır. Sulama yapılırken verilen su miktarı ölçülmüştür. Sulama işlemi ilk gün 3-4 defa, sonraki günler için günde 2 kez olacak şekilde gerçekleştirilmiştir. Ayrıca denemelerde kullanılan tohumların çimlenmesinden hasat edilme zamanına kadar fermantasyon sıcaklığı temassız kızılötesi termometresiyle; boy ölçümü ise cetvel kullanılarak kaydedilmiştir (Şekil 3.5).



Şekil 3. 5. Çimlendirmede kullanılan su miktarının belirlenmesi ve bitkilerde boy ölçümü

3.2.1.2. Çimlendirme Sonrası İşlemler

Çalışmada kullanılan tohumların büyüme sürecinin ne kadar devam edebileceğini tespit etmek amacıyla iki farklı hasat zamanı (8. gün ve 12. gün çimlendirme sonrası) belirlenmiştir. Hasıllar hasat edilir edilmez taze haliyle bütün olarak (çim+kök) tartıldıktan sonra, laboratuvar koşullarında kurutma (etüv) dolabında 55 °C’de 72 saat süreyle kurutularak (Şekil 3.6) kuru madde içerikleri hesaplanmıştır. Daha sonra kuruyan hasıl örnekleri çim ve kökleri ayrılmaksızın bir bütün olarak 1mm elekten geçecek şekilde öğütülerek analizler için hazır hale getirilmiştir.



Şekil 3. 6. Çimlendirilmiş bitkilerde kuru madde analizinin yapılması

3.2.1.3. Su Kullanım Verimliliği

Bu çalışmada kullanılan su tüketiminin değerlendirilmesi açısından önem taşıyan “su kullanım verimliliği” Adeyemi vd. (2020)’ye göre aşağıdaki gibi hesaplanmıştır.

Toplam su kullanımı (litre/tepsi): Kullanılan su miktarı- Biriken su miktarı

Toplam su kullanımı / kg taze madde (litre): Toplam su kullanımı (litre) /Üretilen yeşil yem (g)

Su kullanım verimliliği (kg taze madde/ m³): Üretilen yeşil yem (g)/ Toplam su kullanımı (litre)

3.2.2. Yemlerin Besin Madde İçeriklerinin Belirlenmesi

Denemede kullanılan yemler, laboratuvar ortamında kuru hale getirildikten sonra kimyasal analizler ve *in vitro* çalışmaların yürütülmesi için 1 mm’lik elekten geçecek şekilde öğütülerek çalışmalara hazır hale getirilmiştir. Yem örneklerinde kuru madde (KM), ham yağ (HY) , ham protein (HP) ve ham kül (HK) analizleri AOAC (1998)’nin bildirdiği gibi yapılmıştır. Yemlerin ham protein içerikleri; Kjeldahl yöntemiyle yemlerin azot (nitrojen) içerikleri analiz edildikten sonra bulunan N değerinin 6.25 katsayısıyla çarpılması sonucu tahmin edilmiştir. Asit çözücülerde çözünmeyen lifli bileşikler (ADF), asit çözücülerde çözünmeyen lignin (ADL), nötr çözücülerde çözünmeyen lifli bileşikler (NDF) ve ham selüloz (HS) analizleri Ankom Technology (2003) metodu kullanılarak ANKOM²⁰⁰⁰ Fiber Analyzer (Ankom Technology, Macedon NY) cihazı ile belirlenmiştir. Yemlerdeki organik maddeler (OM = KM-HK), hemiselüloz (HSEL = NDF-ADF), selüloz (SEL = ADF-ADL) ve nitrojensiz öz maddeler (NÖM = KM - (HP + HK + HY + HS)) içerikleri ise hesaplama yoluyla bulunmuştur.

3.2.3. Yemlerin *İn Vitro* Gerçek Sindirilebilirliklerinin Belirlenmesi

İn vitro sindirilebilirlik çalışmasında kullanılan F57 filtre torbalarının daraları alındıktan (W1) sonra 0.5 g numune (W2) torbaya konulmuş ve torbaların ağzı sıcak mühürleme yardımıyla kapatılmıştır. Hazırlanan torbalar kavanozlara eşit oranda olacak şekilde yerleştirilmiş ve her bir kavanoza bir adet boş F57 torbası (C1'in belirlenmesi amacı ile) yerleştirilmiştir. İnkübasyon sonunda kalan miktarlar (W3 belirlenmesi için) tartılmıştır. Mevcut çalışmada kullanılan yemlerin sindirilebilirlikleri, Ankom Daisy^{II} inkubator D220 cihazı kullanılarak belirlenmiştir. Çalışmada kullanılan rumen sıvısı Uluslararası Hayvancılık Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü bünyesinde yetiştirilen yaklaşık 450 kg ağırlığında 4 yaşında Holstein ırkı kanüllü kısır inekten alınmıştır. Alınan rumen sıvılarının sıcaklığını kaybetmeden laboratuvara taşınmasını sağlamak amacıyla önceden içinde 39°C su bulunan termoslardan faydalanılmıştır. Termoslara alınan rumen sıvısının içerisine 2 avuç rumen katı içeriği ilave edilmiş ve karbondioksit tüpüyle beslenen 2 litrelik 39°C'de ısıtılmış bir erlen içine iki kat tülbentten, peynir süzgeci ile süzölmüştür. Daisy inkübatörde 50 mm × 55 mm ebatlarında, polyester/polietilen karışımından yapılmış ve 25µm'den büyük partiküllerin geçemeyeceği porlardan oluşmuş azot içermeyen Ankom F57 torbalar kullanılmıştır. Çalışmada her bir yem örneği 2 paralelli olarak test edilmiştir.

Mevcut çalışmada kullanılan tampon çözeltisinin hazırlanmasında Tampon çözeltisi A (g/L): (10 g KH₂PO₄, 0.5 g MgSO₄.7H₂O, 0.5 g ve 0.1 g CaCl₂.2H₂O) ve Tampon B (g/L): (15 g Na₂CO₃ ve 1 g Na₂S.9H₂O) çözeltileri 39°C' ye kadar ısıtıldıktan sonra A çözeltisinden 1330 ml ve B çözeltisinden ise 266 ml ilave edilmiştir.

İnkübatörde bulunan 4 kavanozun her birine 2 lt'lik inkübasyon sıvısı (1600 ml tampon çözeltisi + 400 ml rumen sıvısı) CO₂ tüpü eşliğinde ilave edilmiş (balon oluşumuna müsaade edilmeden kapağı kapatılmış) ve torbalar 48 saat süre ile inkübasyona tabi tutulmuştur. İnkübasyon süresi dolunca tüm torbalar kavanozlardan çıkartılıp, musluk suyu altında torbalardan berrak su gelinceye kadar iyice yıkanmış velaboratuvar şartları altında kurutulan torbalar 5 dakika boyunca asetonda bekletilmiştir. Torbalar asetonun tamamen uçması için açıkta bir müddet bekletildikten sonra 105°C'deki etüvde 3 saat kurutulmuştur. Bütün torbalarda NDF, OM ve KM analizleri yapılmıştır.

$$\%IVGS=100-[(W3 -(W1 \times C1)) \times 100]/W2]$$

W1: F57 torbalarının darası

W2: Kuru örnekteki NDF miktarı

W3: İnkübasyon sonunda torbada kalan atıktaki NDF miktarı

C1: Kör ağırlığı (inkübasyondan çıkartılıp etüvde kurutulduktan sonraki boş torba ağırlığı/orijinal torba ağırlığı).

3.2.4. *In Vitro* Gaz Üretim (Hohenheim) Tekniği

Yemlerin toplam gaz üretiminin ölçülmesinde Hohenheim *in vitro* gaz üretim tekniği aşağıdaki gibi uygulanmıştır (Menke et al., 1979; Menke and Steingass, 1988; Blümmel and Ørskov, 1993).

Yem örneği 1 mm'lik elekten geçecek şekilde öğütüldükten sonra, yaklaşık 200 mg tartılarak, enjektörlerin dip kısmına uzun saplı spatül yardımıyla yerleştirilmiştir. Yem örneklerinin konulduğu enjektörlere pistonlar yerleştirilmeden önce pistonların ilk 2-3 cm'lik kısmı hariç diğer kısımlarına gaz kaçışını engellemek amacıyla vazelin sürülmüş ve sonrasında pistonlar enjektörlere yerleştirilmiştir.

Teknikte yapay rumen ortamının sağlanması için rumen sıvısı ve vasat karışımı kullanılmış olup, vasatın hazırlanmasında 400 ml saf suya 0.1 ml mikromineral çözeltisi, 200 ml tampon çözeltisi, 200 ml makromineral çözeltisi, 1.0 ml resazurin çözeltisi ve 40 ml indirgeme çözeltisi karıştırılmıştır.

In vitro gaz üretim tekniğinde kullanılan mikro mineral, tampon, makro mineral, resazurin ve indirgeme çözeltileri ise aşağıdaki gibi hazırlanmıştır.

Mikro Mineral Çözeltisi: 13.2 g CaCl₂.2H₂O, 10.0 g MnCl₂.4 H₂O, 1.0 g CoCl₂ 6 H₂O ve 8.0 g FeCl₃ 6H₂O 100 ml saf suya tamamlanarak hazırlanmıştır.

Tampon Çözeltisi: 4.0 g NH₄HCO₃ ve 35.0 g NaHCO₃ 1000 ml saf suya tamamlanarak hazırlanmış ve pH 8.1'e ayarlanmıştır.

Makro Mineral Çözeltisi: 5.7 g Na₂HPO₄ susuz, 6.2 g KH₂PO₄ susuz ve 0.6 g MgSO₄ 7H₂O 1000 ml saf suya tamamlanarak hazırlanmış ve pH 6.8'e ayarlanmıştır

Resazurin Çözeltisi: 100 mg resazurin saf suda çözündürülerek, 100 ml'ye tamamlanmıştır.

İndirgeme Çözeltisi: 1 Normal 4 ml NaOH, 625 mg Na₂S.9H₂O ve 95 ml saf su katılarak, her zaman taze olarak hazırlanmıştır.

Bu karışım (vasat) rumen sıvısı alınmadan hemen önce hazırlanmış, CO₂ altında 39 °C'deki su banyosunda manyetik bir karıştırıcı ile karıştırılarak tutulmuş, rumen

sıvısı eklenmeden önce sıcaklığın 38-39°C olması sağlanmıştır. Ortamın renginin maviden pembeye ve renksizliğe dönüp dönmediği gözlenmiştir (renk değişimi ortamın indirgenmiş olduğunu göstermektedir).

Rumen sıvısı Samsun ili Atakum ilçesinde faaliyet gösteren özel bir mezbahanede kesilen, 4 yaşında, ortalama 400 kg canlı ağırlıkta, sağlıklı 1 baş kısır Holstein ırkı ineğin kesilir kesilmez rumeninden zaman kaybetmeden alınmış (15-20 dk içerisinde) ve 39 °C'deki termoslar içerisinde hızla laboratuvara taşınmıştır. Rumen sıvısı, beklemeksizin steril bir tülbentten karbondioksit tüpü eşliğinde süzülmuş, manyetik bir karıştırıcı üzerine oturtulmuş su banyosunda (39 °C) tutulan bir cam balonda bir kısım rumen sıvısı ve iki kısım vasat ile yaklaşık 20-30 dk karıştırılmıştır. Bu süre içinde karışım sürekli olarak karbondioksit gazı ile beslenmiştir (Şekil 3.7).



Şekil 3. 7. *In vitro* gaz üretim sistemi

Daha sonra rumen sıvısı vasat karışımından yaklaşık 30 ml karışım bir dispenser aracılığıyla her biri daha evvel 39 °C'de etüvde tutulmuş olan enjektörlere aktarılmıştır. Enjektör içinde eğer gaz kabarcıkları oluşmuşsa, bu kabarcıklar ortamdan uzaklaştırılarak, silikon boru üzerindeki plastik kısıkaçlar kapatılmış ve pistonun pozisyonu okunarak enjektördeki sıvı karışımlarının başlangıç miktarları ml cinsinden kayıt edilmiştir. Bütün enjektörlerin doldurulma işlemi yarım saati geçmeyecek şekilde tamamlanmış ve 39 °C'ye ayarlı özel su banyosundaki enjektör desteklerine yerleştirilmiştir. İnkübasyonlar sabah başlatılmış olup, okumalar 3, 6, 9, 12, 24, 48, 72 ve 96. saatlerde, sıcaklık değişikliklerini de önlemek için mümkün olduğu kadar hızlı yapılmıştır. Her okumadan sonra enjektörler, yan yüzeylerine yapışmış olan yem örneğinin tekrar rumen sıvısı içine alınması amacıyla dört kez alt üst edilerek çalkalama yapılmadan hafifçe karıştırılmıştır.

Rumen sıvısının aktivite ve kompozisyonundaki değişiklikler her bir yem örneği için üç paralel ölçümle denetlenmiştir. Rumen sıvısının aktivite ve kompozisyonundaki değişiklikler, standart yonca kaba yemi ve ortamın yemsiz inkübasyonu (kör deneme, GÜ₀) ölçümü ile denetlenmiştir.

Gaz üretim miktarları ise aşağıdaki formüle göre belirlenmiştir:

$$G\ddot{U} \text{ (ml/200mg KM, 24 saat)} = [(V_{24}-V_0-G\ddot{U}_0) \times 200 \times (F_k+F_c)/2] / \ddot{O}A$$

V₀: İnkübasyonun başında pistonun pozisyonu, ml

V₂₄: 24 saatlik inkübasyondan sonra pistonun pozisyonu, ml

GÜ₀: Örneksiz rumen sıvısının 24 saatlik inkübasyonda verdiği ortalama gaz üretimi, ml

ÖA: mg KM olarak test edilen örneğin ağırlığı

Gaz üretim parametreleri, NEWAY adlı PC paket programı yardımıyla Ørskov ve McDonald (1979)'ın bildirdiği aşağıdaki modele göre hesaplanmıştır.

$$y = a+b(1-e^{-ct})$$

burada;

a: hemen çözünebilir fraksiyondan oluşan gaz miktarı (ml)

b: zamana bağlı oluşan gaz miktarı (ml)

c: gaz üretim hızı, (ml/saat)

a+b: toplam gaz üretimi (ml)

t: inkübasyon süresi (saat)

y: “t” zamandaki gaz üretimi

Organik maddenin sindirilebilirliği (OMS, %), 24. saatteki gaz üretim miktarından (GÜ), ham protein (HP, % KM) ve ham külden (HK, % KM) aşağıdaki formül (Menke et al., 1979) kullanılarak hesaplanmıştır.

$$OMS, \text{ Kaba Yemler \%} = 14.88 + 0.8893 G\ddot{U} + 0.448 HP + 0.651 HK$$

Gaz üretim tekniği ile gaz miktarı belirlenen yemlerin net enerji laktasyon (NE_L) (Menke and Steingass, 1988) içeriklerinin hesaplanmasında aşağıda bildirilen eşitlikten yararlanılmıştır.

$$NE_L, \text{ Kaba Yemler (MJ/kg KM)} = 0.101 G\ddot{U} + 0.051 HP + 0.112 HY$$

GÜ: 24 saatlik inkübasyon süresince 200 mg yem kuru maddesi başına oluşan gaz hacmidir. Metabolize edilebilir enerji (ME) içerikleri ise yem örneklerinin HP (%KM), HY (%KM) ve HK (%KM) içerikleri dikkate alınarak (Menke et al., 1979) aşağıdaki eşitlik kullanılarak hesaplanmıştır.

$$ME, \text{ (MJ/kg KM)} = 2.20 + 0.136 G\ddot{U} + 0.0574 HP + 0.002859 HP^2$$

3.2.5. Yemlerin CH₄ Üretimini Belirlenmesi

Çalışmada kullanılan yemlerin CH₄ üretiminin belirlenmesinde infrared metan analizörü kullanılmıştır (Goel et al., 2008). Yemlerin CH₄ miktarının belirlenmesi için, *in vitro* gaz üretiminde 24 saatlik inkübasyon sonrasında enjektörlerde biriken gaz metan analizörüne aktarılmış ve değer yazılım aracılığıyla bilgisayardan dijital olarak okunmuştur. Yemlerin CH₄ üretimi (ml) toplam gazın yüzdesi olarak belirlenmiştir. Bu çalışmada CH₄ üretiminin belirlenmesine ait görseller Şekil 3.8.'de verilmiştir.

$$\text{CH}_4 \text{ üretimi (ml)} = \text{Toplam gaz üretimi (ml)} \times \% \text{ CH}_4$$



Şekil 3. 8. Metan üretiminin belirlenmesi

3.2.6. Rumen Sıvısında pH ve NH₃-N Miktarının Belirlenmesi

Denemede kullanılan rumen sıvısının pH değeri rumen sıvısı laboratuvara getirilir getirilmez Hanna Instruments 1332 model marka dijital pH metre ile 3 paralel ölçümle belirlenmiştir.

In vitro gaz üretim tekniğinde kullanılan rumen sıvısında NH₃-N miktarının belirlenmesi amacı ile -18 derecede muhafaza edilen örneklerden alınan 5 ml rumen sıvısında ham protein analizinde olduğu gibi damıtma işlemi uygulanmış (Şekil 3.9) vedaha sonra gerçekleştirilen titrasyon işleminde harcanan HCl (0.1) hacmi not edilerek, aşağıdaki formüle göre; rumen sıvısı NH₃-N miktarı hesaplanmıştır.

$$\text{NH}_3\text{-N (mg/dl rumen sıvısı)} = 0.1 \times 14 \times 1.22 (A-B) \times 20$$

A: Örnek için titrasyonda harcanan HCl titrasyon çözeltisi hacmi, ml

B: Şahit için titrasyonda harcanan HCl titrasyon çözeltisi hacmi, ml

0.1: HCl titrasyon çözeltisinin normalitesi, 14: Azotun mol ağırlığı



Şekil 3. 9. Rumen sıvısında NH₃-N miktarının belirlenmesi

3.2.7. İstatistik Analizler

Çalışmada farklı tohum ve tohum karışımlarının (A, Y, F, İÇ, SS, AF, SSAF, SSF, YİÇSSA, YİÇSSAF) farklı besin kaynaklarında (Hoagland solüsyonu ve şebeke suyu) üretilip farklı günlerde (8. ve 12. gün) hasat edilen hasıllarının besin madde içerikleri, *in vitro* gaz üretimleri, gaz üretim parametreleri, metan üretimleri ve *in vitro* sindirilebilirlikleri ile gelişimlerine (su kullanım verimliliği, bitki boyu ve verim miktarı) ait veriler SPSS 13.0 paket programında tek yönlü varyans analizine tabi tutulmuştur. Gruplara ait ortalamaların mukayesesinde Duncan çoklu karşılaştırma testi kullanılmıştır (P<0.05). Araştırma tesadüf parsellerinde 10x2 faktöriyel deneme deseni şeklinde düzenlenmiştir. Söz konusu veriler yem x hasat günü (10x2) ve yem x besin kaynağı (10x2) şeklinde ayrı ayrı analize tabi tutulmuştur.

Yemlerin ve hasat günlerinin / besin kaynaklarının etkilerini test etmek için aşağıdaki matematik modele kullanılmıştır.

$$Y_{ijk} = \mu + \alpha_i + \beta_j + (\alpha\beta)_{ij} + e_{ijk}$$

Y_{ijk} =i. yem ile j. gün / besin kaynağına ait gözlem değeri

μ =Populasyonun ortalaması

α_i =i'inci yeme ait etki payı

β_j =j'inci gün / besin kaynağına ait etki payı

$(\alpha\beta)_{ij}$ = i'inci yem kaynağına ait j'inci gün / besin kaynağına ait interaksiyon

e_{ijk} =Şansa bağlı hata

4. BULGULAR VE TARTIŞMA

4.1. Deneme Yemlerinin Besin Madde İçerikleri ve Fermantasyon Sürecine Ait Bazı Parametreler

Denemede kullanılan tohumlar ve karışımlarına ait besin madde içerikleri ve hücre duvarı bileşenleri (%KM'de) Tablo 4.1'de, fermantasyon sıcaklıkları Tablo 4.2 ve 4.3'te; farklı besin kaynağı (Hoagland solüsyonu ve şebeke suyu) kullanılan bitkilerin hasat dönemi boyları ise Tablo 4.4 ve 4.5'te verilmiştir.

Denemede Hoagland solüsyonu ve şebeke suyu uygulanmış bitkilerin fermantasyon sıcaklıkları incelendiğinde (Tablo 4.2), hasadın 8. gününde sıcaklık değerinin 21.0-23.2 °C arasında; 12. gününde ise 20.2-22.9 °C arasında değiştiği belirlenmiştir.

Tablo 4.2'de görüldüğü gibi 12. gün sonunda çimlenme ortamında ölçülen rakamsal olarak en yüksek fermantasyon sıcaklık değerleri (22.8-22.9 °C) rakamsal olarak F ve SSF'de en yüksek olmuştur. Bununla birlikte 9-12. günlerde F ve SSF yemlerinin gerek Hoagland solüsyonu gerekse şebeke suyu için elde edilen fermantasyon sıcaklık değerleri; SSAF için belirlenen her iki besin kaynağı ve Y için belirlenen Hoagland solüsyonunda belirlenen değer hariç diğerlerinden daha yüksek fermantasyon sıcaklık değerleri göstermiştir. Çimlenme süreci boyunca her gün ölçülen sıcaklıklar arasında meydana gelen farklılıklar önemli bulunmuştur ($P<0.05$). Arpa ve yulaf serin iklim tahılının en uygun yetiştirme ortamı 15-18 °C arasında, sorgum x sudan otu melezi, fığ ve İtalyan çiminin optimum sıcaklık değerleri ise 20-25 °C arasındadır. Ancak arpa ve yulaf sıcaklık aralığının dışında da herhangi bir olumsuzluk yaşamadan uygun yetiştirme yapılabilmiştir. Fakat iklim odasının sıcaklığı 24 °C iken bu değer görülmemesi daha düşük bitki boyuna neden olabilir.

Tablo 4.3'te görüldüğü üzere yem, günler ve yem x gün arasındaki etkileşimler önemli bulunmuştur ($P<0.05$). Günlere göre fermantasyon sıcaklıklarında hasat süresinin 8 günden 12 güne çıkarılması İÇ ve YİÇSSA için her iki besin kaynağında; AF ve YİÇSSAF için sadece Hoagland solüsyonu kullanımında önemli ölçüde fermantasyon sıcaklığını düşürdüğü belirlenmiştir ($P<0.05$).

Çalışmada Hoagland solüsyonu ve şebeke suyu uygulanmış bitkilerin boyları (cm) 12 gün boyunca her gün cetvel yardımıyla ölçülerek Tablo 4.4 ve 4.5'te verilmiştir. Tohumlar tepsilere serildikten 1 gün sonra yulaf ve İtalyan çimi hariç diğerleri çimlenmeye başlamıştır. Yulaf ve İtalyan çiminde çimlenme 2. günden sonra

gerçekleşmiştir. Besin kaynağı olarak tohumların Hoagland solüsyonu veya şebeke suyu ile sulanmasının 12. gün hasat edildiği dönemde İÇ ve SS için Hoagland solüsyonu kullanımında düştüğü, ancak diğer hasat zamanları ve yemler için bitki boylarında önemli bir değişikliğe yol açmadığı gözlenmiştir. Tablo 4.4'te görüldüğü üzere bitki boylarının ölçümleri üzerine yem ve gün arasındaki interaksiyonların her iki hasat zamanında da önemli olduğu ($P<0.05$), ancak yem x gün arasındaki interaksiyonun sadece 12. günlük hasat dönemi için önemli olduğu, 8. gün hasat döneminde görülen farklılıkların önemsiz olduğu belirlenmiştir ($P>0.05$). Hasat süresinin 8. günden 12. güne çıkarılması ile bitkilerin boylarında %40'a yakın bir artış olmuştur. En yüksek boy artışı şebeke suyu kullanımında SS için 5.7'den 9.7'ye çıkmış (%70), en düşük boy artışı ise F'de (%25) tespit edilmiştir. Hoagland solüsyonunda en yüksek ve en düşük boy artışları sırasıyla A (%57) ve SSAF' de (%24) belirlenmiştir. Bitkilerin 8. günde hasat edilmesi durumunda en düşük boy ölçüm değeri SS'de (5.7 cm), en yüksek boy ölçümü ise F ve SSF' de (15.7 cm) belirlenmiştir. Bitkilerin 12. günde hasat edilmesi durumunda ise en yüksek boy ölçümü her iki bitki besin kaynağı için SSF ve YİÇSSAF' de (21.7 cm), en düşük boy ölçümü ise 8.7 cm ile SS'de tespit edilmiştir. Çimlendirilmiş A yemi için bulunan 8 günlük bitki boyu uzunluğu (9.3 cm), Al-Hashmi (2008), Al-Karaki (2011), Karaşahin (2015), Emam (2016), Karaşahin (2017a), Kuşan vd. (2019), Gümüş ve Bayır (2020), Bayır (2021), Jinyu vd. (2022)'nin bildirdiği (10.10 cm-21.00 cm) arasında değişen değerlerden daha düşük bulunmuştur. Yulaf hasılı için bulunan 8 günlük bitki boy uzunluğu (11.7 cm), çok sayıda araştırmacı (Kuşan vd. 2019; Gümüş ve Bayır 2020; Sinchire et al. 2020) tarafından bildirilen bulgulardan (12.22-17.47 cm) daha düşük bulunurken; Bayır (2021) tarafından bildirilen değerden (10.59 cm) daha yüksek bulunmuştur. Çimlendirilmiş İÇ için elde edilen 8 günlük bitki boy uzunluğu (8.3 cm), Bayır (2021) tarafından bildirilen değerden (9.75) daha düşük olmuştur. Bitki boyunun yüksek olması veriminin de yüksek olacağı anlamına gelmemektedir. Nitekim yüksek bitki boyuna sahip olduğu halde gerek hacim gerekse ağırlık bakımından daha düşük hasıllar bulunabilmektedir. Bu nedenle birim alandan elde edilen hasıl miktarı da belirlenerek daha detaylı değerlendirme yapılması gerekmektedir. Bununla birlikte standart sıcaklık ve nem değerinin olmaması bu farklılıkların sebepleri arasında yer alabilecek faktörlerdir.

Tablo 4. 1.Tohumların besin madde içerikleri ve hücre duvarı bileşenleri, %KM'de

	Tohumlar									
	A	Y	F	İÇ	SS	AF	SSAF	SSF	YİÇSSA	YİÇSSAF
KM*	90.14	90.96	90.96	90.14	89.42	90.47	90.17	90.04	90.17	90.44
HK	2.86	2.62	3.50	5.19	1.52	3.12	2.65	2.31	3.05	3.15
OM	87.28	88.35	87.46	84.95	87.90	87.35	87.52	87.73	87.12	87.29
HP	11.48	11.05	30.67	11.73	10.94	19.16	17.07	18.83	11.30	17.11
HY	1.01	4.21	0.90	0.52	2.94	0.97	1.55	2.12	2.17	1.83
HS	6.46	13.34	4.29	8.98	3.71	5.59	4.98	3.94	8.12	7.15
NÖM	68.33	59.74	51.60	63.72	70.32	61.64	63.91	62.83	65.53	61.20
NDF	30.55	38.04	13.90	31.34	10.85	23.89	19.64	12.07	27.69	24.22
ADF	9.84	18.51	7.45	15.41	8.84	8.89	8.83	8.29	13.15	11.54
ADL	1.70	1.89	0.30	2.78	2.80	1.14	1.61	1.80	2.29	1.65
HSEL	20.70	19.53	6.45	15.93	2.01	15.00	10.82	3.78	14.54	12.67
SEL	8.15	16.62	7.15	12.63	6.05	7.75	7.22	6.49	10.86	9.90

A: Arpa, **Y:** Yulaf, **F:** Fiğ, **İÇ:** İtalyan çimi, **SS:** Sorgum x sudan otu melezi , **AF:** Arpa Fiğ karışımı, **SSAF:** Sorgum x sudan otu melezi , Arpa ve Fiğ karışımı, **SSF:** Sorgum x sudan otu melezi ve Fiğ karışımı, **YİÇSSA** Yulaf, İtalyan çimi, Sorgum x sudan otu melezi ve Arpa karışımı, **YİÇSSAF:**Yulaf, İtalyan çimi, Sorgum x sudan otu melezi , Arpa ve Fiğ karışımı, **KM*:** Kuru madde (doğal halde), **HK:** Ham kül, **OM:** Organik madde, **HP:** Ham protein, **HY:** Ham yağ, **HS:** Ham selüloz, **NÖM:** Nitrojensiz öz maddeler, **NDF:** Nötr çözücülerde çözünmeyen lifli bileşikler, **ADF:** Asit çözücülerde çözünmeyen lifli bileşikler, **ADL:** Asit çözücülerde çözünmeyen lignin, **HSEL:** Hemiselüloz, **SEL:** Selüloz.

Tablo 4. 2. Besin kaynaklarına göre bitkilerin çimlenme sürecinde ölçülen 8. ve 12. gün fermentasyon sıcaklıkları, °C

Yemler	Besin kaynağı	8.gün	12.gün
A	H	21.9 ^{def}	21.6 ^{def}
	Ş	21.6 ^{efg}	21.5 ^{def}
Y	H	22.5 ^{abcde}	22.1 ^{abcd}
	Ş	21.9 ^{def}	21.7 ^{de}
F	H	23.2 ^a	22.9 ^a
	Ş	23.2 ^a	22.8 ^a
İÇ	H	22.3 ^{bcdef}	20.9 ^{fg}
	Ş	21.5 ^{fg}	20.5 ^g
SS	H	21.8 ^{efg}	21.8 ^{cde}
	Ş	21.9 ^{def}	21.6 ^{def}
AF	H	22.2 ^{cdef}	20.7 ^g
	Ş	21.0 ^g	20.5 ^g
SSAF	H	22.0 ^{def}	22.6 ^{ab}
	Ş	21.8 ^{efg}	22.5 ^{abc}
SSF	H	23.1 ^{ab}	22.9 ^a
	Ş	22.9 ^{efg}	22.8 ^a
YİÇSSA	H	22.7 ^{abcd}	20.4 ^g
	Ş	21.4 ^{fg}	20.2 ^g
YİÇSSAF	H	21.9 ^{def}	21.0 ^{efg}
	Ş	21.8 ^{efg}	22.0 ^{bcd}
OSH		0.350	0.330
YEM		0.400	0.030
BESİN KAYNAĞI		0.000	0.000
YEM* BESİN KAYNAĞI		0.960	0.040

*a-g; Aynı sütünde farklı harfle gösterilen ortalamalar arasındaki farklılıklar önemlidir (P<0.05). **A** : Arpa, **Y**: Yulaf, **F**: Fiğ, **İÇ**: İtalyan çimi, **SS**: Sorgum x sudan otu melezi , **AF**: Arpa Fiğ karışımı, **SSAF**: Sorgum x sudan otu melezi , Arpa ve Fiğ karışımı, **SSF**: Sorgum x sudan otu melezi ve Fiğ karışımı, **YİÇSSA**: Yulaf, İtalyan çimi, Sorgum x sudan otu melezi ve Arpa karışımı, **YİÇSSAF**:Yulaf, İtalyan çimi, Sorgum x sudan otu melezi , Arpa ve Fiğ karışımı, **H**: Hoagland solüsyonu, **Ş**: Şebeke suyu, **OSH**: Ortalamanın standart hatası.

Tablo 4. 3. Günlere göre bitkilerin çimlenme sürecinde ölçülen şebeke ve Hoagland solüsyonu fermentasyon sıcaklıkları, °C

Yemler	Günler	Şebeke suyu	Hoagland solüsyonu
A	8.gün	21.6 ^{de}	21.9 ^{defg}
	12.gün	21.5 ^{de}	21.6 ^{fgh}
Y	8.gün	21.9 ^{cd}	22.5 ^{abcdef}
	12.gün	21.7 ^{de}	22.1 ^{cdef}
F	8.gün	23.2 ^a	23.2 ^a
	12.gün	22.8 ^{ab}	22.9 ^{abc}
İÇ	8.gün	21.5 ^{de}	22.3 ^{abcdef}
	12.gün	20.5 ^{fg}	20.9 ^{hi}
SS	8.gün	21.9 ^{cd}	21.8 ^{efg}
	12.gün	21.6 ^{de}	21.8 ^{efg}
AF	8.gün	21.0 ^{ef}	22.2 ^{bcdef}
	12.gün	20.5 ^{fg}	20.7 ⁱ
SSAF	8.gün	21.8 ^{cd}	22.0 ^{cdef}
	12.gün	22.5 ^{bc}	22.6 ^{abcde}
SSF	8.gün	22.9 ^{ab}	23.1 ^{ab}
	12.gün	22.8 ^{ab}	22.9 ^{abc}
YİÇSSA	8.gün	21.4 ^{de}	22.7 ^{abcd}
	12.gün	20.2 ^g	20.4 ⁱ
YİÇSSAF	8.gün	21.8 ^{cd}	21.9 ^{def}
	12.gün	22.0 ^{cd}	21.0 ^{ghi}
OSH		0.220	0.280
YEM		0.000	0.000
GÜN		0.005	0.000
YEM * GÜN		0.006	0.000

***a-i**; Aynı sütünde farklı harfle gösterilen ortalamalar arasındaki farklılıklar önemlidir (P<0.05). **A**: Arpa, **Y**: Yulaf, **F**: Fiğ, **İÇ**: İtalyan çimi, **SS**: Sorgum x sudan otu melezi , **AF**: Arpa Fiğ karışımı, **SSAF**: Sorgum x sudan otu melezi , Arpa ve Fiğ karışımı, **SSF**: Sorgum x sudan otu melezi ve Fiğ karışımı, **YİÇSSA**: Yulaf, İtalyan çimi, Sorgum x sudan otu melezi ve Arpa karışımı, **YİÇSSAF**: Yulaf, İtalyan çimi, Sorgum x sudan otu melezi , Arpa ve Fiğ karışımı, **H**: Hoagland solüsyonu, **Ş**: Şebeke suyu, **OSH**: Ortalamanın standart hatası.

Tablo 4. 4. Çimlendirilmiş bitkilerin besin kaynaklarına göre boyları (cm)

Yemler	Besin kaynağı	8.gün	12.gün
A	H	8.7 ^{cd}	13.7 ^e
	Ş	9.3 ^c	13.3 ^e
Y	H	11.7 ^b	16.7 ^c
	Ş	11.7 ^b	15.7 ^{cd}
F	H	15.7 ^a	19.7 ^b
	Ş	15.7 ^a	19.7 ^b
İÇ	H	7.7 ^d	11.7 ^f
	Ş	8.3 ^{cd}	12.7 ^e
SS	H	5.7 ^e	8.7 ^g
	Ş	5.7 ^e	9.7 ^h
AF	H	11.7 ^b	15.7 ^{cd}
	Ş	11.7 ^b	16.7 ^c
SSAF	H	12.7 ^b	15.7 ^{cd}
	Ş	12.7 ^b	16.3 ^c
SSF	H	15.7 ^a	21.7 ^a
	Ş	15.7 ^a	21.7 ^a
YİÇSSA	H	11.7 ^b	14.7 ^d
	Ş	11.7 ^b	15.7 ^{cd}
YİÇSSAF	H	14.7 ^a	21.7 ^a
	Ş	14.7 ^a	21.7 ^a
OSH		0.357	0.333
YEM		0.409	0.031
BESİN KAYNAĞI		0.000	0.000
YEM* BESİN KAYNAĞI		0.967	0.041

***a-h**: Aynı sütunda değişik harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki farklılıklar önemlidir (P<0.05). **A**: Arpa, **Y**: Yulaf, **F**: Fiğ, **İÇ**: İtalyan çimi, **SS**: Sorgum x sudan otu melezi , **AF**: Arpa Fiğ karışımı, **SSAF**: Sorgum x sudan otu melezi , Arpa ve Fiğ karışımı, **SSF**: Sorgum x sudan otu melezi ve Fiğ karışımı, **YİÇSSA** Yulaf, İtalyan çimi, Sorgum x sudan otu melezi ve Arpa karışımı, **YİÇSSAF**:Yulaf, İtalyan çimi, Sorgum x sudan otu melezi , Arpa ve Fiğ karışımı, **H**: Hoagland solüsyonu, **Ş**: Şebeke suyu, **OSH**: Ortalamanın standart hatası.

Tablo 4. 5. Çimlendirilmiş bitkilerin günlere göre boyları (cm)

Yemler	Günler	Şebeke suyu	Hoagland solüsyonu
A	8.gün	9.3 ^{hi}	8.7 ^g
	12.gün	13.3 ^e	13.7 ^{de}
Y	8.gün	11.7 ^{fg}	11.7 ^f
	12.gün	15.7 ^{cd}	16.7 ^c
F	8.gün	15.7 ^{cd}	15.7 ^{cd}
	12.gün	19.7 ^b	19.7 ^b
İÇ	8.gün	8.3 ⁱ	7.7 ^g
	12.gün	12.7 ^{ef}	11.7 ^f
SS	8.gün	5.7 ^j	5.7 ^h
	12.gün	9.7 ^h	8.7 ^g
AF	8.gün	11.7 ^{fg}	11.7 ^f
	12.gün	16.7 ^c	15.7 ^{cd}
SSAF	8.gün	12.7 ^{ef}	12.7 ^f
	12.gün	16.3 ^c	15.7 ^{cd}
SSF	8.gün	15.7 ^{cd}	15.7 ^{cd}
	12.gün	21.7 ^a	21.7 ^a
YİÇSSA	8.gün	11.7 ^{fg}	11.7 ^f
	12.gün	15.7 ^{cd}	14.7 ^{de}
YİÇSSAF	8.gün	14.7 ^d	14.7 ^{de}
	12.gün	21.7 ^a	21.7 ^a
OSH		0.357	0.333
YEM		0.000	0.000
GÜN		0.000	0.000
YEM * GÜN		0.000	0.000

***a-j:** Aynı sütunda değişik harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki farklılıklar önemlidir (P<0.05). **A:** Arpa, **Y:** Yulaf, **F:** Fiğ, **İÇ:** İtalyan çimi, **SS:** Sorgum x sudan otu melezi , **AF:** Arpa Fiğ karışımı, **SSAF:** Sorgum x sudan otu melezi , Arpa ve Fiğ karışımı, **SSF:** Sorgum x sudan otu melezi ve Fiğ karışımı, **YİÇSSA** Yulaf, İtalyan çimi, Sorgum x sudan otu melezi ve Arpa karışımı, **YİÇSSAF:**Yulaf, İtalyan çimi, Sorgum x sudan otu melezi , Arpa ve Fiğ karışımı, **H:** Hoagland solüsyonu, **Ş:** Şebeke suyu, **OSH:** Ortalamanın standart hatası.

4.2. Çimlendirilmiş Bitkilerin Kuru Madde Değerleri

Hasat sonrası bitkinin besin kaynaklarına göre kuru madde değerleri Tablo 4.6'da, hasat yapılan günlere göre karşılaştırılmaları ise Tablo 4.7'de verilmiştir.

Çalışmada yetiştirilen hasıllara ait kuru madde (KM) içerikleri çimlendirmenin 8. ve 12. gününde ele alındığında yem, besin kaynağı ve yem x besin kaynağı arasındaki interaksyonlar önemli bulunmuştur ($P<0.01$). Sorgum x sudan otu melezi yanında A, F, AF ve YİÇSSA yemlerinde bütün hasat dönemleri (8. ve 12. günler) için şebeke suyu kullanımında Hoagland solüsyonu kullanımına göre tüm bitkiden elde edilen KM miktarının daha fazla olduğu ($P<0.01$); Hoagland solüsyonu kullanımının İÇ ve YİÇSSAF yemlerine kıyasla bütün hasat dönemlerinde daha yüksek kuru madde içerdiği belirlenmiştir ($P<0.05$). Bununla birlikte Hoagland solüsyonu kullanımının Y yeminde 12. günde yapılan hasat döneminde şebeke suyu kullanımına kıyasla daha yüksek KM içeriğine sahip olduğu; 8. günde yapılan hasatta görülen farklılık ise önemsiz bulunmuştur ($P>0.05$). Çalışmada SSAF için 8. günde yapılan hasatta Hoagland solüsyonu kullanımında daha çok KM içeriği görülmesine rağmen, 12. günde yapılan hasatta tam tersi durum gerçekleşmiş ve şebeke suyu kullanımında daha yüksek KM içeriği belirlenmiştir.

Çalışmada elde edilen veriler hasat yapılan günlere göre kıyaslandığında KM değeri yönünden yem, gün ve yem gün arasındaki interaksyon önemli bulunmuştur ($P<0.05$). Şebeke suyu kullanımında hasat süresinin 8. günden 12. güne çıkarılması kuru madde oranını artırırken; Hoagland solüsyonunda ise A, SS ve AF hariç hasat süresinin uzaması kuru madde oranını artırmıştır. Çalışmada A yemi için elde edilen 8. gün kuru madde değeri (%19.14) Dung vd. (2010b) tarafından bildirilen değerden (%19.70) düşük olurken; Fazaeli vd. (2012), Akbağ vd. (2014), Emam (2016), Yousof vd.(2017), Ansari vd. (2018), Sarıçiçek vd. (2018) ve Bayır (2021) gibi bazı araştırmacıların bildirişlerinden (%9.25-17.94) daha yüksek bulunmuştur. Çalışmada Hoagland solüsyonunun kullanıldığı Y yemi için belirlenen 8. gün kuru madde değeri (%22.01), Bayır (2021) tarafından bildirilen değerden (%23.90) daha düşük olduğu belirlenmiştir. Benzer şekilde, Hoagland solüsyonu kullanılan SS yeminde kuru madde değeri (%23.75), Ansari vd. (2018) tarafından bildirilen değerden (%12.34) yüksek bulunmuştur.

Tablo 4. 6. Çimlendirilmiş bitkilerin besin kaynaklarına göre kuru madde değerleri %

Yemler	Besin Kaynakları	8.gün	12.gün
A	H	19.14 ^h	18.42 ^k
	Ş	21.90 ^{ef}	27.90 ^{cde}
Y	H	22.01 ^{ef}	28.80 ^{cde}
	Ş	22.20 ^{def}	33.30 ^a
F	H	20.39 ^g	23.90 ^{hi}
	Ş	24.50 ^b	27.20 ^{def}
İÇ	H	17.39 ⁱ	26.57 ^{efg}
	Ş	14.50 ^k	20.80 ^j
SS	H	23.75 ^{bc}	23.41 ^{hi}
	Ş	26.50 ^a	27.30 ^{def}
AF	H	18.85 ^h	18.19 ^k
	Ş	24.10 ^b	29.30 ^{cd}
SSAF	H	23.28 ^{bcd}	25.00 ^{fgh}
	Ş	20.70 ^g	27.70 ^{cde}
SSF	H	22.82 ^{cde}	31.69 ^{ab}
	Ş	21.00 ^{fg}	30.00 ^{bc}
YİÇSSA	H	16.17 ^j	22.05 ^{ij}
	Ş	18.30 ^{hi}	28.20 ^{cde}
YİÇSSAF	H	21.93 ^{ef}	24.48 ^{gh}
	Ş	20.40 ^g	27.00 ^{def}
OSH		0.396	0.746
YEM		0.000	0.000
BESİN KAYNAĞI		0.000	0.000
YEM* BESİN KAYNAĞI		0.000	0.000

*a-k: Aynı sütunda farklı harfle gösterilen ortalamalar arasındaki farklılıklar önemlidir (P<0.05). **A:** Arpa, **Y:** Yulaf, **F:** Fiğ, **İÇ:** İtalyan çimi, **SS:** Sorgum x sudan otu melezi, **AF:** Arpa Fiğ karışımı, **SSAF:** Sorgum x sudan otu melezi, Arpa ve Fiğ karışımı, **SSF:** Sorgum x sudan otu melezi ve Fiğ karışımı, **YİÇSSA:** Yulaf, İtalyan çimi, Sorgum x sudan otu melezi ve Arpa karışımı, **YİÇSSAF:** Yulaf, İtalyan çimi, Sorgum x sudan otu melezi, Arpa ve Fiğ karışımı, **H:** Hoagland solüsyonu, **Ş:** Şebeke suyu, **OSH:** Ortalamanın standart hatası.

Tablo 4. 7. Çimlendirilmiş bitkilerin günlere göre kuru madde değerleri %

Yemler	Günler	Şebeke Suyu	Hoagland Solüsyonu
A	8.gün	21.90 ^f	19.14 ^{hi}
	12.gün	27.90 ^{cd}	18.42 ^k
Y	8.gün	22.20 ^f	22.01 ^{fg}
	12.gün	33.30 ^a	28.80 ^b
F	8.gün	24.50 ^e	20.39 ^{gh}
	12.gün	27.20 ^d	23.90 ^{def}
İÇ	8.gün	14.50 ^h	17.39 ^{kl}
	12.gün	20.80 ^f	26.57 ^c
SS	8.gün	26.50 ^d	23.75 ^{def}
	12.gün	27.30 ^d	23.41 ^{def}
AF	8.gün	24.10 ^e	18.85 ^{hi}
	12.gün	29.30 ^{bc}	18.19 ^k
SSAF	8.gün	20.70 ^f	23.28 ^{def}
	12.gün	27.70 ^{cd}	25.00 ^{cd}
SSF	8.gün	21.00 ^f	22.82 ^{ef}
	12.gün	30.00 ^b	31.69 ^a
YİÇSSA	8.gün	18.30 ^g	16.17 ^l
	12.gün	28.20 ^{cd}	22.05 ^{fg}
YİÇSSAF	8.gün	20.40 ^f	21.93 ^{fg}
	12.gün	27.00 ^d	24.48 ^{de}
OSH		0.57	0.62
YEM		0.00	0.00
GÜN		0.00	0.00
YEM * GÜN		0.00	0.00

***a-l**: Aynı sütunda farklı harfle gösterilen ortalamalar arasındaki farklılıklar önemlidir ($P<0.05$). **A**: Arpa, **Y**: Yulaf, **F**: Fiğ, **İÇ**: İtalyan çimi, **SS**: Sorgum x sudan otu melezi, **AF**: Arpa Fiğ karışımı, **SSAF**: Sorgum x sudan otu melezi, Arpa ve Fiğ karışımı, **SSF**: Sorgum x sudan otu melezi ve Fiğ karışımı, **YİÇSSA** Yulaf, İtalyan çimi, Sorgum x sudan otu melezi ve Arpa karışımı, **YİÇSSAF**: Yulaf, İtalyan çimi, Sorgum x sudan otu melezi, Arpa ve Fiğ karışımı, **H**: Hoagland solüsyonu, **Ş**: Şebeke suyu, **OSH**: Ortalamanın standart hatası.

4.1. Kullanılan Besin Kaynağı Miktarı ve Su Verimliliği

Hidroponik sistemde çimlendirilen tohumların ve tohum karışımlarının çimlenmenin 8. ve 12. gününde kullandıkları besin kaynağı (Hoagland solüsyonu-şebeke suyu) miktarları ve su verimliliği değerleri Tablo 4.8’de, günlere göre karşılaştırmaları ise Tablo 4.9’da verilmiştir. Çimlendirmenin 8. günü en yüksek su tüketimi şebeke suyu kullanımında ve arpanın tek başına yetiştirilmesinde (3445 ml) görülmüştür ($P<0.05$). Karışımlardaki oranlarına bağlı olarak 8. günde hasat edildiğinde, arpanın farklı besin kaynakları (şebeke suyu veya Hoagland solüsyonu) tüketimi üzerine etkisi önemli olmuştur ($P<0.05$). Besin maddesi farklılığı su verimliliği bakımından değerlendirildiğinde, 8. günde hasat edilen arpanın etkisi önemsiz olurken; 12. günde hasat edilenlerde ise etkisi önemli bulunmuştur ($P<0.05$).

Arpaya benzer şekilde 8. günde hasat edildiklerinde İÇ, SS, AF ve YİÇSSAF için farklı besin kaynağı kullanımının su tüketimi üzerine etkisi önemi bulunmuştur ($P<0.05$). Çalışmada besin kaynağı tüketimi yönünden en tasarruflu bitkilerin şebeke suyu kullanımında olduğu belirlenmiş ve yulaf (2465 ml) ve İtalyan çimi (2425 ml) bitkilerinde görülmüştür. Su kullanım verimliliği bir tepside üretilen çimlenmiş yemin (g) yine bir tepsi de kullanılan su miktarına (litre) bölünmesiyle elde edilmiştir. Su verimliliği bakımından incelendiğinde yulaf (0.166 kg/L) ve fiğın (0.157 kg/L) en yüksek değerlere sahip oldukları tespit edilmiştir. Su tasarrufu bakımından önerilen bitki yetiştirme sisteminin, özellikle su sıkıntısı yaşanabilecek kurak bölgelerde önem taşıdığı dikkate alındığında su tüketimi açısından genel olarak besin kaynakları arasında görülen farklılıkların önemsiz ($P>0.05$); çimlendirme de kullanılan tohum türü ve besin kaynağı interaksyonunun ise önemli olduğu ($P<0.05$) görülmüştür. Fiğ bitkisinin su verimliliği 8. gün şebeke suyu kullanımında 0.157 kg/L, solüsyon kullanımında ise 0.147 kg/L olarak tespit edilmiştir. Arpanın su verimliliği (0.143 kg/L) besin kaynağından etkilenmemiştir. Bu sonuçlar, Safa (2019)’nın fiğ bitkisi için bildirdiği 0.49 kg/L değeri ve Al-Karaki ve Al-Hashimi (2012)’nin arpa için bildirdiği 0.64 kg/L değerinden düşük bulunmuştur. Benzer olarak Al-Karaki ve Al-Momani (2011) farklı arpa bitkisine ait su verimliliğini 0.53-0.67 kg/L olarak; Emam (2016) ise 6 farklı arpa çeşidine ait su verimliliğini 0.21-0.31 kg/L arasında bildirmiştir.

Hidroponik sistemde çimlenmenin 12. gününde kullanılan su miktarları çimlendirmenin 8. günde benzer olmuştur. Arpa bitkisi tek başına yetiştirildiğinde

diğer evrelerinde olduğu gibi en yüksek besin kaynağı (şebeke suyu) kullanımına (4095 ml) sahip olmuştur ($P<0.05$). Arpanın karışımlardaki oranlarına bağlı olarak diğer karışımların su kullanımlarında da etkili olduğu Tablo 4.8'in incelenmesinden anlaşılmaktadır. Besin kaynağı tüketimi yönünden en tasarruflu bitkilerin yulaf ve İtalyan çimi olduğu 12. gün sonunda da görülmektedir. Su verimliliği bakımından incelendiğinde ise sorgum x sudan otu melezi ile fiğ ve yulaf en yüksek değerlere sahip olmuştur. Su sorunları yaşanabilecek bölgelerde ve iklim değişikliğine bağlı olarak gelecekte su tasarrufu yapılması durumlarında hidroponik sistemde yeşil yem üretiminde kullanılacak olan su tüketim miktarları göz önüne alınmalıdır. Nitekim Al-Karaki ve Al-Momani (2011) hidroponik sistemde kullanılan su miktarının geleneksel yem üretim sisteminde kullanılan suyun sadece %2-5'ine eşit olduğunu bildirmişlerdir. Tablo 4.8'e göre; genel olarak besin kaynakları arasında 8. günde yapılan hasat için, interaksiyonların önemli olmadığı, ancak 12. günde yapılan hasat ve su verimliliği bakımından görülen farklılıkların ise önemli olduğu belirlenmiştir. Tablo 4.9'da görüldüğü gibi her iki besin kaynağında su verimliliği üzerine yem, gün ve yem x gün interaksiyonu önemli bulunmuştur ($P<0.05$). Tüm yem gruplarında 8. gündeki su verimliliğinin daha yüksek olduğu ve çimlendirme süresince su verimliliği açısından 8 günlük hasat süresinin daha uygun olacağı görülmüştür. Ayrıca bu çalışmada elde edilen verilere göre şebeke suyunun Hoagland solüsyonuna göre su verimliliği açısından daha iyi sonuçlar verdiği belirlenmiştir.

Tablo 4. 8. Çimlendirmede kullanılan besin kaynağı su tüketimi (Hoagland solüsyonu-Şebeke suyu), (ml) ve su verimliliği, (kg/L)

Yemler		Besin Kaynağı	Su Verimliliği	Besin Kaynağı	Su Verimliliği
		8. gün		12. gün	
A	H	3365.00 ^b	0.135 ^{fgh}	4023.33 ^{ab}	0.081 ^g
	Ş	3445.00 ^a	0.143 ^{ef}	4095.00 ^a	0.117 ^b
Y	H	2485.00 ^h	0.158 ^{abcd}	2713.33 ^l	0.102 ^{cde}
	Ş	2465.00 ^h	0.166 ^{ab}	2865.00 ^{kl}	0.113 ^{bc}
F	H	2935.00 ^{efg}	0.147 ^{def}	3391.67 ^{efgh}	0.116 ^{bc}
	Ş	2930.00 ^{efg}	0.157 ^{bcd}	3575.00 ^{def}	0.115 ^{bc}
İÇ	H	2800.00 ^g	0.122 ^h	3096.67 ^{ijk}	0.089 ^{fg}
	Ş	2425.00 ^h	0.126 ^{gh}	3040.00 ^{jk}	0.114 ^{bc}
SS	H	2855.00 ^{fg}	0.150 ^{def}	3218.33 ^{hij}	0.134 ^a
	Ş	3030.00 ^{de}	0.155 ^{cde}	3620.00 ^{cde}	0.133 ^a
AF	H	2945.00 ^{efg}	0.148 ^{def}	3438.33 ^{efg}	0.104 ^{bcd}
	Ş	3205.00 ^{bc}	0.171 ^{ab}	3873.33 ^{abc}	0.131 ^a
SSAF	H	3235.00 ^{bc}	0.142 ^{ef}	3821.67 ^{abcd}	0.096 ^{def}
	Ş	3210.00 ^{bc}	0.145 ^{def}	3750.00 ^{bcd}	0.107 ^{bcd}
SSF	H	2985.00 ^{def}	0.172 ^a	3330.00 ^{fghij}	0.114 ^{bc}
	Ş	3110.00 ^{cd}	0.156 ^{cde}	3571.67 ^{def}	0.110 ^{bc}
YİÇSSA	H	3235.00 ^{bc}	0.140 ^{fg}	3331.67 ^{fghij}	0.092 ^{efg}
	Ş	3085.00 ^{cde}	0.159 ^{abcd}	3551.67 ^{def}	0.108 ^{bcd}
YİÇSSAF	H	3070.00 ^{cde}	0.142 ^{ef}	3290.00 ^{ghij}	0.096 ^{def}
	Ş	3330.00 ^b	0.126 ^h	3536.67 ^{def}	0.103 ^{cde}
OSH		50.859	0.005	92.220	0.004
YEM		0.161	0.031	0.000	0.000
BESİN KAYNAĞI		0.000	0.000	0.000	0.000
YEM* BESİN KAYNAĞI		0.000	0.001	0.128	0.000

***a-l**; Aynı sütunda farklı harfle gösterilen ortalamalar arasındaki farklılıklar önemlidir (P<0.05). **A**: Arpa, **Y**: Yulaf, **F**: Fiğ, **İÇ**: İtalyan çimi, **SS**: Sorgum x sudan otu melezi, **AF**: Arpa Fiğ karışımı, **SSAF**: Sorgum x sudan otu melezi, Arpa ve Fiğ karışımı, **SSF**: Sorgum x sudan otu melezi ve Fiğ karışımı, **YİÇSSA**: Yulaf, İtalyan çimi, Sorgum x sudan otu melezi ve Arpa karışımı, **YİÇSSAF**: Yulaf, İtalyan çimi, Sorgum x sudan otu melezi, Arpa ve Fiğ karışımı, **H**: Hoagland Solüsyonu, **Ş**: Şebeke Suyu, **OSH**: Ortalamanın standart hatası.

Tablo 4. 9. Çimlendirilmiş yemlerin günlere göre su tüketimi (Hoagland solüsyonu-Şebeke suyu), (ml) ve su verimliliği, (kg/L)

Yemler		Şebeke suyu	Hoagland Solüsyonu	Şebeke suyu	Hoagland Solüsyonu
		Su Tüketimi, ml		Su Verimliliği, kg/L	
A	8.gün	3445.00 ^{de}	3365.00 ^{bc}	0.143 ^{bc}	0.135 ^d
	12.gün	4095.00 ^a	4023.33 ^a	0.117 ^{defgh}	0.081 ^h
Y	8.gün	2465.00 ^l	2485.00 ^j	0.166 ^a	0.158 ^b
	12.gün	2865.00 ^k	2713.33 ^{ij}	0.113 ^{fgh}	0.102 ^f
F	8.gün	2930.00 ^{ij}	2935.00 ^{ghi}	0.157 ^{ab}	0.147 ^c
	12.gün	3575.00 ^{cd}	3391.67 ^b	0.115 ^{efgh}	0.116 ^e
İÇ	8.gün	2425.00 ^l	2800.00 ^{hi}	0.126 ^{def}	0.122 ^e
	12.gün	3040.00 ^{hij}	3096.67 ^{cdefg}	0.114 ^{fgh}	0.089 ^{gh}
SS	8.gün	3030.00 ^{hij}	2855.00 ^{ghi}	0.155 ^{ab}	0.150 ^{bc}
	12.gün	3620.00 ^{cd}	3218.33 ^{bcdef}	0.133 ^{cd}	0.134 ^d
AF	8.gün	3205.00 ^{fg}	2945.00 ^{fghi}	0.171 ^a	0.148 ^c
	12.gün	3873.33 ^b	3438.33 ^b	0.131 ^{cde}	0.104 ^f
SSAF	8.gün	3210.00 ^{fg}	3235.00 ^{bcde}	0.145 ^{bc}	0.142 ^{cd}
	12.gün	3750.00 ^{bc}	3821.67 ^a	0.107 ^h	0.096 ^{fg}
SSF	8.gün	3110.00 ^{gh}	2985.00 ^{efghi}	0.156 ^{ab}	0.172 ^a
	12.gün	3571.67 ^{cd}	3330.00 ^{bcd}	0.110 ^{gh}	0.114 ^e
YİÇSSA	8.gün	3085.00 ^{gh}	3235.00 ^{bcde}	0.159 ^{ab}	0.140 ^{cd}
	12.gün	3551.67 ^d	3331.67 ^{bcd}	0.108 ^h	0.092 ^g
YİÇSSAF	8.gün	3330.00 ^{ef}	3070.00 ^{defgh}	0.126 ^{defg}	0.142 ^{cd}
	12.gün	3536.67 ^d	3290.00 ^{bcd}	0.103 ^h	0.096 ^{fg}
OSH		58.929	87.285	0.005	0.003
YEM		0.000	0.000	0.000	0.000
GÜN		0.000	0.000	0.000	0.000
YEM * GÜN		0.008	0.063	0.002	0.000

*a-j: Aynı sütunda farklı harfle gösterilen ortalamalar arasındaki farklılıklar önemlidir (P<0.05). **A:** Arpa, **Y:** Yulaf, **F:** Fiğ, **İÇ:** İtalyan çimi, **SS:** Sorgum x sudan otu melezi, **AF:** Arpa Fiğ karışımı, **SSAF:** Sorgum x sudan otu melezi, Arpa ve Fiğ karışımı, **SSF:** Sorgum x sudan otu melezi ve Fiğ karışımı, **YİÇSSA:** Yulaf, İtalyan çimi, Sorgum x sudan otu melezi ve Arpa karışımı, **YİÇSSAF:** Yulaf, İtalyan çimi, Sorgum x sudan otu melezi, Arpa ve Fiğ karışımı, **H:** Hoagland Solüsyonu, **Ş:** Şebeke Suyu, **OSH:** Ortalamanın standart hatası.

4.2. Çimlendirilmiş Bitkilerin Besin Madde İçeriği

Denemede kullanılan yemlerden elde edilen hasılların besin madde içerikleri 8. ve 12. gün yapılan hasatlar için ayrı ayrı Tablo 4.10 ve 4.11' de; hasılların şebeke suyunda günlere göre karşılaştırılmaları Tablo 4.12' de ve hasılların Hoagland solüsyonunda günlere göre değerlendirilmesi Tablo 4.13'te verilmiştir. Çimlendirmeden 8 gün sonra elde edilen hasıllarda bitkinin tamamı (kök+çim) kullanılarak besin madde içerikleri belirlenmiştir. Bununla birlikte çimlendirilmiş bitkilere ait inorganik maddeler (HK) içeriği üzerine besin kaynağını ve yemler ile

besin kaynağı x yem interaksiyonunun etkisi önemli ($P<0.05$) bulunmuştur. Çimlenmenin 8. gününde tüm bitkideki organik madde veriminin yem çeşidinden etkilendiği ($P<0.05$) ancak besin kaynağından etkilenmediği ($P>0.05$) belirlenmiştir. Besin madde içeriklerinden HP ve HY oranı üzerine yemlerin ve besin kaynağının etkisi önemli bulunmuştur ($P<0.05$). Ham protein içeriği açısından diğer kısımlarda olduğu gibi tüm bitkinin 8 günlük analizinde de en yüksek değer fiğ bitkisinde tespit edilmiştir ($P<0.05$).

Denemede kullanılan yem bitkilerine ait 12. gün bitki bütünlüğünü yansıtan besin madde analiz sonuçları (Tablo 4.10) incelendiğinde; KM ve OM verimliliğinin yem çeşidi ve besin kaynağından etkilenmediği ($P>0.05$) belirlenmiştir. İnorganik maddeler içeriği üzerine besin kaynağı ve yem çeşidi ile besin kaynağı x yem bitkisi interaksiyonu önemli ($P<0.05$) bulunmuştur. Ham protein ve HY oranı üzerine de yem çeşidi ve besin kaynağının etkisi önemli ($P<0.05$) olmuştur. Diğer kısımlarda olduğu gibi tüm bitkinin 12. gününde belirlenen ham protein oranının 8. günde olduğu gibi yine fiğ bitkisinde en yüksek olduğu görülmüştür.

Denemede kullanılan yemlere ait HK (8. gün) verilerinden Hoaglan solüsyonu kullanılan yemlerde İÇ yeminin en yüksek HK (%6.87) değerini gösterdiği, SS' nin ise en düşük HK oranına (%2.46) sahip olduğu anlaşılmaktadır ($P<0.05$). Şebeke suyu kullanılan yemlerde de en yüksek HK değerinin (%6.24) İÇ yeminde, en düşük HK değerinin (%2.19) ise Y yeminde olduğu tespit edilmiştir ($P<0.05$). Yemlere ait HK (12. gün) içerikleri bakımından Hoagland solüsyonu ile sulanan yemlerden İÇ en yüksek HK değerine (%7.96), SS ise en düşük HK değerine (%2.86) sahip olmuştur ($P<0.05$). Şebeke suyu ile sulanan yemlerde en yüksek HK değeri (%5.91) İÇ yeminde; en düşük HK değeri (%2.19) ise SS' de görülmüştür ($P<0.05$). Çalışmada A yemi için 8. gün elde edilen HK değeri (%2.67) Morgan vd. (1992), Mohsen vd. (2009), Akbağ vd. (2014), Saidi ve Omar (2015), Hayati vd. (2018), Tawfeeq vd. (2018), Hegab ve Mahmoud (2019), Mekonnen vd. (2019), Gümüş ve Bayır (2020), Yurtseven vd. (2020), Devendar vd.(2020), Bayır (2021), Al-Kanaan (2022) ve Yusif vd. (2023) bildirdiği (%3.05-5.30) arasındaki değişen değerlerden daha düşük bulunmuştur. Çimlendirilmiş Y için elde edilen HK değeri (%2.86) Mekonnen vd. (2019) bildirdiği değerden (%2.15) yüksek bulunurken; Gümüş ve Bayır (2020) tarafınan bildirilen değerden (%4.81) düşük bulunmuştur. Çalışmada İÇ için elde edilen HK değeri (%6.24) Bayır (2021)'in bildirdiği değerden (%3.41) daha yüksek bulunmuştur.

Yemlerin besin madde içerikleri kuru madde bazında incelendiğinde (8. gün) solüsyon kullanılan yemlerde SS (%97.54) ve F (%96.18) yeminde en yüksek OM değerini gösterdiği, en düşük OM değerinin ise İÇ yeminde (%93.13) olduğu saptanmıştır ($P<0.05$). Şebeke suyu ile sulanan yemlerde en yüksek OM değeri F (%97.81), SS (%97.67) ve A' da (%97.33) tespit edilirken en düşük OM değeri ise İÇ' de (%93.76) belirlenmiştir ($P<0.05$). Elde edilen veriler ışığında A için belirlenen OM değeri (%97.33), Emam (2018), Soder vd. (2018), Tawfeeq vd. (2018), Hegab ve Mahmoud (2019), Devendar vd. (2020), (Bayır 2021) ve Al Kanaan (2022)'nın bildirdiği ve (%88.30-96.80) arasında değişen değerlerden daha yüksek bulunmuştur ($P<0.05$). Çalışmada Y için elde edilen OM değeri (%97.14) Soder vd. (2018)'in bildirdiği (%96.2) ve Bayır (2021)'in bildirdiği (%95.75) değerlerinden daha yüksek bulunmuştur ($P<0.05$). Çalışmada İÇ için tespit edilen OM değeri (%93.76) Bayır (2021)'in bildirdiği değerden (%96.59) daha düşük bulunmuştur.

Yemler arasında, Hoagland solüsyonu ile yetiştirilen yemlerde HP içeriği (8.gün) bakımından en yüksek HP değerinin (%36.35) F yeminde, en düşük HP değerinin ise Y (%13.03), YİÇSSA (%14.76) ve A (%15.28) yemlerinde olduğu saptanmıştır ($P<0.05$). Şebeke suyu kullanılan yemlerde en yüksek HP değerini F gösterirken (%35.39); A (%13.36), İÇ (%13.53) ve SS (%13.66) yemleri ise en düşük HP değerlerine sahip olmuştur ($P<0.05$). Solüsyon kullanılan yemlerde (12.gün) için en yüksek HP değerini (% 40.07) F yemi, en düşük HP değerini ise SS (%14.46) yemi göstermiştir ($P<0.05$). Şebeke suyu kullanılan yemlerde en yüksek HP değerini (%37.81) yine F yemi, en düşük HP değerlerini ise A (%13.39), SS (%13.88) ve İÇ (%13.94) yemleri göstermiştir ($P<0.05$). Çalışmada A yemi için bulunan 8. gün HP değeri (%13.36) Eshtayeh (2004), Snow vd. (2008), Mohsen vd. (2009), Al-Ajmi vd. (2009), Fazaeli vd. (2012), Hafla vd. (2014), Akbağ vd. (2014), Saidi ve Omar (2015), Emam (2016), Hayati vd. (2018), Tawfeeq vd. (2018), Ansari vd. (2018), Hegab ve Mahmoud (2019), Devendar vd. (2020), Bayır (2021), Al-Kanaan (2022) ile Abdel-Wareth vd. (2023)'nin bildirdikleri (%14.47-19.80) arasında değişen değerlerden daha düşük bulunurken; Yurtseven vd. (2020)'nin bildirdiği (%10.77) ve Yusif vd. (2023)'nin bildirdikleri (%12.78) değerlerden daha yüksek bulunmuştur ($P<0.05$). Çalışmada Y için bulunan 8. gün HP değeri (%14.40) Snow vd. (2008) (%20.35), Soto vd. (2012) (%15.6), Girma (2018) (%18.9) ve Sinchire vd. (2020) (%16.5) tarafından bildirilen değerlerden daha düşük bulunurken; Fuentes vd. (2011) (%14.79) ve Bayır (2021)'in bildirdikleri (%14.46) değerlerle uyumlu bulunmuştur. Çalışmada İÇ yemi

için belirlenen HP değeri (%13.53) Bayır (2021) tarafından bildirilen (%13.54) değer ile uyumlu bulunmuştur. Çalışmada SS için bulunun HP değeri (%13.66) ise Ansari vd. (2018)'nin tespit ettiği değerden (%20.87) daha düşük bulunmuştur.

Mevcut çalışmada yulaf tohumun HP içeriği (%11.05) iken çimlendirmeden sonra yulafın 8. gündeki HP içeriği %13.03-14.40 arasında olmuştur. Buna göre çimlendirmenin tahıl tohumlarının HP içeriğini iyileştirdiği söylenebilir. Protein içeriğindeki artış, çimlenme sırasında solunum yoluyla kuru ağırlıkta, özellikle karbonhidratlarda meydana gelen kayba bağlanabilir. Bu nedenle daha uzun çimlendirme süresi, kuru ağırlıktaki kayıpların artmasından ve protein içeriğindeki artış eğiliminden sorumlu olabilmektedir (Chavan ve Kadam, 1989). Morgan vd. (1992) ile Sneath ve McIntosh (2003) yemlerin protein içeriklerindeki değişikliklerin, mineral alımına izin veren kökün uzantısına karşılık gelen 4. günden itibaren hızla meydana geldiğini ifade etmişlerdir. Nitekim nitratların emilmesi, karbonhidrat rezervlerinden nitrojenli bileşiklerin metabolizmasını kolaylaştırmakta, böylece HP seviyelerini arttırmaktadır (Naik, 2012a).

Denemede kullanılan yemler Hoagland solüsyonu ve şebeke suyu açısından sırasıyla değerlendirildiğinde, 8. gün ve 12. günler için sırasıyla en yüksek ham yağ içeriklerini Y yemi (%4.08-%5.02; %3.44 ve %3.54) gösterirken; en düşük değerleri ise F yemi (%0.85-%1.14; %0.67 ve %0.78) göstermiştir ($P<0.05$). Çalışmada A yemi için bulunan 8. gün HY değeri (%2.94) Eshtayeh (2004), Snow vd. (2008), Mohsen vd. (2009), Al-Ajmi vd. (2009), Al-Karaki (2011), Hafla vd. (2014), Emam (2016), Ansari vd. (2018), Emam vd. (2018), Tawfeeq vd. (2018), Soder vd. (2018), Hegab ve Mahmoud (2019), Devendar vd. (2020), Al-Kanaan (2022), Abdel-Wareth vd. (2023) ve Yusif vd. (2023) bildirdiği (%3.02-5.42) arasında değişen değerlerden daha düşük bulunurken; Bayır (2021) tarafından bildirilen değerden (%2.15) ise daha yüksek bulunmuştur ($P<0.05$). Çalışmada Y için bulunan HY değeri (%5.02), Snow vd. (2018) (%7.25), Soder vd. (2018) (%6.5) ve Bayır (2021) tarafından bildirilen (%5.28) değerlerinden daha düşük bulunmuştur. Çalışmada İÇ için bulunan HY değeri (%1.99), Bayır (2021)'in bildirdiği değerden (%2.37) daha düşük bulunmuştur. Çalışmada SS için bulunan HY değeri (%2.18), Ansari vd. (2018)'nin bildirdiği değerden (%2.57) ise daha düşük bulunmuştur ($P<0.05$).

Yemler HS bakımından incelendiğinde (8. gün) besin kaynağı fark etmeksizin en yüksek HS oranı (%18.24) Y yeminde tespit edilirken, en düşük değerler şebeke suyunda kullanımında SS (%7.30) ve SSF' de (%7.69), solüsyon kullanımında ise

SSF' de (%7.36) belirlenmiştir ($P<0.05$). Yemler HS bakımından incelendiğinde (12. gün) hem solüsyonda hem şebeke suyunda en yüksek değerler (%18.06 ve %21.88) A yeminde görülürken; en düşük değerler ise solüsyon kullanımında SS' de (%8.60), şebeke suyu kullanımında ise SS (%10.71) ve SSF' de (%10.55) belirlenmiştir ($P<0.05$). Çalışmada A yemi için bulunan 8. gün HS değeri (%16.26) Al-Ajmi vd. (2009), Al-Karaki ve Al-Momani (2011), Emam (2018), Gümüş ve Bayır (2020), Devendar vd. (2020), Bayır (2021), Abdel-Wareth vd. (2023) ile Yusif vd. (2023) bildirdikleri (%7.48-14.30) arasında değişen değerlerden daha yüksek bulunurken; Snow vd. (2008), Fuentes vd. (2011), Ansari vd. (2018), Tawfeeq vd. (2018) ile Hegab and Mahmoud (2019)'un bildirdiği (%18.77-27.17) arasında değişen değerlerden daha düşük bulunmuştur ($P<0.05$). Çalışmada Y için bulunan HS değeri (%16.38); Snow vd. (2008)'nin bildirdiği değerlerden (%25.13) daha düşük bulunurken; Gümüş ve Bayır (2020)'ın bildirdiği (%13.34) ve Bayır (2021)'ın bildirdiği değerlerden (%14.65) daha yüksek bulunmuştur. Çalışmada İÇ için bulunan HS değeri (%14.88), Bayır (2021)'ın bildirdiği değerden (%16.21), SS için bulunan HS değeri (%8.35) ise Ansari vd. (2018)'nin bildirdiği değerden (%18.58) daha düşük bulunmuştur ($P<0.05$).

Denemede kullanılan yemlere ait NÖM değerleri incelendiğinde (8. gün) hem solüsyon hem de şebeke suyunda SS yemi en yüksek NÖM oranına (%65.62 ve %67.04), F yemi en düşük NÖM oranına (%42.79 ve %43.96) sahip olmuştur ($P<0.05$). Yemlere ait NÖM değerleri (12. gün için) besin kaynağı fark etmeksizin en yüksek NÖM değeri (%65.01 ve %64.21) SS yeminde bulunurken, en yüksek NÖM değeri (%35.7 ve %39.07) F yeminde tespit edilmiştir ($P<0.05$). Çalışmada A yemi için bulunan NÖM değeri (%58.93) Tawfeeq vd. (2018) tarafından bildirilen değerden (%50.44), Ansari vd. (2018)'nin bildirdiği değerden (%52.25) ve Hegab ve Mahmoud (2019)'un bildirdikleri (%47.80) değerlerden daha yüksek bulunurken; Mohsen vd. (2009), Devendar vd. (2020), Al-Kanaan (2022), Abdel-Wareth vd. (2023) ve Yusif vd. (2023) bildirdikleri (%61.60-73.17) arasında değişen değerlerden daha düşük değer göstermiştir. Çalışmada SS için bulunan NÖM değeri (%67.04), Ansari vd. (2018)'in bildirdiği değerden (%53.27) daha yüksek bulunmuştur.

Hasıllar şebeke suyunda kullanımında hasat edildikleri günlere göre karşılaştırıldığında (Tablo 4.12) YİÇSSAF karışımı hariç tüm yemlerin KM içeriği yönünden 8 ve 12. günlerdeki içerik miktarının 0. güne oranla farklı ($P<0.05$) olduğu, ancak YİÇSSAF karışımında 8. günde yükselen KM içeriğinin 12. günde 0. gün ile aynı orana düştüğü belirlenmiştir. Şebeke suyu kullanımının yem çeşitlerinde 8 ve 12

günlük çimlenmede KM yönünden birbirleri ile fark göstermediği belirlenmiştir. Denemede kullanılan tüm yem çeşitlerinde şebeke suyu kullanılması durumunda 8 günde hasat edildiklerinde elde edilecek KM miktarları arasında fark olmadığı ($P>0.05$), 12 günlük KM miktarında ise YİÇSSAF karışımından düşük ($P<0.05$) diğer yemlerden ise benzer oranlarda KM elde edileceği belirlenmiştir. Yemlerin OM içeriği bakımından şebeke suyu kullanımının yem çeşidi ve gün etkisinin önemli olduğu ($P<0.05$) görülmüştür. Şebeke suyu kullanımı ile günlere göre elde edilen OM miktarlarında A, Y, AF, SSAF, YİÇSSAF çeşitlerinin 0 ve 8. günlerde elde edilen OM miktarlarının farklı olmadığı ($P>0.05$), 12. günde ise daha düşük OM elde edildiği görülmüştür. Yemlerden İÇ, SS, YİÇSSA çeşitlerinde 0. günde elde edilen OM miktarının diğer günlerden daha yüksek olduğu ($P<0.05$), F çeşidinde ise 8. günde daha 0 ve 12. günden daha yüksek ($P<0.05$) OM elde edildiği, SSF karışımında ise günler arasında farklılık olmadığı ($P>0.05$) belirlenmiştir.

Şebeke suyu ile sulanan yem çeşitlerinde en yüksek ($P<0.05$) HP oranı F bitkisinde 8 ve 12. günlerde elde edilmiştir. Yemlerin kendi içerisinde gün etkisi incelendiğinde ise A, SS, YİÇSSA yem çeşitlerinde gün etkisinin önemsiz olduğu ($P>0.05$), F bitkisinde 8 ve 12 günlerde yapılan hasatın 0. güne göre daha yüksek ($P<0.05$), diğer çeşitlerde ise 12. günde elde edilen HP miktarı daha yüksek ($P<0.05$) bulunmuştur.

Hasılların Hoagland solüsyonu kullanımının hasat yapılan günlere göre karşılaştırılmalarında (Tablo 4.13), tüm yem çeşitlerinde 8 ve 12. günlerde elde edilen KM miktarının 0. güne oranla daha yüksek ($P<0.05$) ancak tüm çeşitler için 8 ve 12 günde elde edilen KM miktarlarında fark olmadığı ($P>0.05$) tespit edilmiştir. Organik madde açısından ise en yüksek oranın İÇ yem çeşidinde 12. günde hasat yapıldığında elde edildiği belirlenmiştir.

Çalışmada HP değerleri açısından en yüksek oran bir baklagil olan F yem çeşidinde 12. günde elde edilmiştir ($P<0.05$). Yem çeşitlerinden elde edilen SSAF çeşidi dışındaki tüm çeşitlerde HP oranı 12. günde en yüksek bulunmuştur. SSAF çeşidi için ideal çimlendirme gününün 8. gün olduğu kanaatine varılmıştır.

Tablo 4. 10. Çimlendirilmiş bitkilerin (8. gün) besin madde içerikleri, %KM

Yemler		KM*	HK	OM	HP	HY	NÖM	HS
A	H	21.90 ^{ef}	4.48 ^c	95.52 ^j	15.28 ^f	2.85 ^{bcde}	54.94 ^{abcd}	16.35 ^{ab}
	Ş	19.14 ^h	2.67 ^{kl}	97.33 ^{abc}	13.36 ^f	2.94 ^{bcd}	58.93 ^{abc}	16.26 ^{ab}
Y	H	22.20 ^{def}	3.52 ^{fgh}	96.48 ^{efg}	13.03 ^f	4.08 ^{ab}	56.24 ^{abc}	18.24 ^a
	Ş	22.01 ^{ef}	2.19 ^l	97.81 ^a	14.40 ^f	5.02 ^a	55.49 ^{abcd}	16.38 ^{ab}
F	H	24.50 ^b	4.34 ^{cd}	95.66 ^{ij}	36.35 ^a	0.85 ^g	42.79 ^e	9.74 ^{cde}
	Ş	20.39 ^g	2.86 ^{ijk}	97.14 ^{bcd}	35.39 ^a	1.14 ^{fg}	43.96 ^{de}	10.13 ^{cde}
İÇ	H	14.50 ^k	6.87 ^a	93.13 ^l	15.86 ^{ef}	1.35 ^{fg}	54.52 ^{bcde}	15.75 ^{ab}
	Ş	17.39 ⁱ	6.24 ^b	93.76 ^k	13.53 ^f	1.99 ^{defg}	57.51 ^{abc}	14.88 ^{abc}
SS	H	26.50 ^a	2.46 ^{kl}	97.54 ^{abc}	17.44 ^{cde}	1.49 ^{defg}	65.62 ^{ab}	7.30 ^e
	Ş	23.75 ^{bc}	2.33 ^{kl}	97.67 ^{ab}	13.66 ^f	2.18 ^{cdefg}	67.04 ^a	8.35 ^{de}
AF	H	24.10 ^b	3.91 ^{cdef}	96.09 ^{ghij}	23.14 ^b	1.39 ^{efg}	51.70 ^{cde}	13.45 ^{abcd}
	Ş	18.85 ^h	3.54 ^{fgh}	96.46 ^{efg}	21.30 ^{bc}	1.69 ^{defg}	52.70 ^{cde}	13.97 ^{abc}
SSAF	H	20.70 ^g	3.73 ^{efg}	96.27 ^{fgh}	22.26 ^b	1.84 ^{defg}	54.04 ^{bcde}	11.32 ^{bcde}
	Ş	23.28 ^{bcd}	3.04 ^{hij}	96.96 ^{cde}	20.12 ^{bcd}	2.19 ^{cdefg}	56.54 ^{abc}	11.44 ^{bcde}
SSF	H	21.00 ^{fg}	3.27 ^{ghi}	96.73 ^{def}	21.82 ^{bc}	1.37 ^{efg}	59.48 ^{abc}	7.69 ^e
	Ş	22.82 ^{cde}	2.52 ^{kl}	97.48 ^{abc}	19.95 ^{bcd}	1.90 ^{defg}	61.42 ^{abc}	7.36 ^e
YİÇSSA	H	18.30 ^{hi}	4.41 ^{cd}	95.59 ^{ij}	14.76 ^f	1.91 ^{defg}	57.24 ^{abc}	16.30 ^{ab}
	Ş	16.17 ^j	3.82 ^{defg}	96.18 ^{fghi}	14.03 ^f	3.50 ^{bc}	58.70 ^{abc}	14.15 ^{abc}
YİÇSSAF	H	20.40 ^g	4.29 ^{cde}	95.71 ^{hij}	21.41 ^{bc}	1.30 ^{fg}	53.40 ^{bcde}	13.79 ^{abc}
	Ş	21.93 ^{ef}	3.44 ^{fghi}	96.56 ^{defg}	19.93 ^{bcd}	2.74 ^{bcdef}	55.71 ^{abcd}	12.06 ^{bcde}
OSH		0.396	0.189	0.189	1.394	0.436	3.613	1.620
YEM		0.000	0.000	0.000	0.016	0.001	0.271	0.499
BESİN KAYNAĞI		0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
YEM* BESİN KAYNAĞI		0.000	0.002	0.002	0.899	0.747	1.000	0.987

a-l: Aynı sütunda farklı harfle gösterilen ortalamalar arasındaki farklılıklar önemlidir ($P<0.05$). **A:** Arpa, **Y:** Yulaf, **F:** Fiğ, **İÇ:** İtalyan çimi, **SS:** Sorgum x sudan otu melezi, **AF:** Arpa Fiğ karışımı, **SSAF:** Sorgum x sudan otu melezi, Arpa ve Fiğ karışımı, **SSF:** Sorgum x sudan otu melezi ve Fiğ karışımı, **YİÇSSA:** Yulaf, İtalyan çimi, Sorgum x sudan otu melezi ve Arpa karışımı, **YİÇSSAF:** Yulaf, İtalyan çimi, Sorgum x sudan otu melezi, Arpa ve Fiğ karışımı, **H:** Hoagland solüsyonu, **Ş:** Şebeke suyu, **KM*:** Doğal halde, **HK:** Ham kül, **OM:** Organik madde, **HP:** Ham protein, **HY:** Ham yağ, **NÖM:** Nitrojensiz Öz Maddeler, **HS:** Ham selüloz, **OSH:** Ortalamanın standart hatası.

Tablo 4. 11. Çimlendirilmiş bitkilerin (12. gün) besin madde içerikleri, %KM

	Yemler	KM*	HK	OM	HP	HY	NÖM	HS
A	H	27.90 ^{cde}	4.87 ^c	95.13 ^g	15.88 ^c	2.25 ^{abcdef}	52.69 ^{abcd}	18.06 ^{abcd}
	Ş	18.42 ^k	3.77 ^{de}	96.23 ^{ef}	13.39 ^c	2.13 ^{bcdefg}	53.54 ^{abcd}	21.88 ^a
Y	H	33.30 ^a	3.74 ^{de}	96.26 ^{ef}	15.41 ^c	3.44 ^{ab}	55.93 ^{abcd}	16.35 ^{abcde}
	Ş	28.80 ^{cde}	3.39 ^{ef}	96.61 ^{de}	16.00 ^c	3.54 ^a	49.93 ^{cde}	20.64 ^{ab}
F	H	27.20 ^{def}	5.21 ^c	94.79 ^g	40.07 ^a	0.67 ^h	35.7 ^f	11.75 ^{cdefg}
	Ş	23.90 ^{hi}	4.06 ^d	95.94 ^f	37.81 ^a	0.78 ^{gh}	39.07 ^{ef}	11.78 ^{cdefg}
İÇ	H	20.80 ^j	7.96 ^a	92.04 ⁱ	15.79 ^c	1.02 ^{fgh}	54.51 ^{abcd}	15.88 ^{abcdef}
	Ş	26.57 ^{efg}	5.91 ^b	94.09 ^h	13.94 ^c	0.99 ^{fgh}	56.15 ^{abcd}	17.70 ^{abcde}
SS	H	27.30 ^{def}	2.86 ^{gh}	97.14 ^{bc}	14.46 ^c	1.49 ^{efgh}	65.01 ^a	8.60 ^f
	Ş	23.41 ^{hi}	2.33 ⁱ	97.67 ^a	13.88 ^c	2.02 ^{cdefgh}	64.21 ^{ab}	10.71 ^{def}
AF	H	29.30 ^{cd}	4.17 ^d	95.83 ^f	23.33 ^b	1.25 ^{efgh}	51.33 ^{bcde}	13.83 ^{bcdefg}
	Ş	18.19 ^k	3.74 ^{de}	96.26 ^{ef}	22.64 ^b	2.00 ^{cdefgh}	46.20 ^{cdef}	18.94 ^{abc}
SSAF	H	27.70 ^{cde}	4.20 ^d	95.80 ^f	21.65 ^b	1.71 ^{defgh}	55.17 ^{abcd}	11.25 ^{cdefg}
	Ş	25.00 ^{fgh}	3.24 ^{fg}	96.76 ^{cd}	20.93 ^b	2.37 ^{abcdef}	53.85 ^{abcd}	12.83 ^{cdefg}
SSF	H	30.00 ^{bc}	3.80 ^{de}	96.20 ^{ef}	23.03 ^b	1.45 ^{efgh}	55.89 ^{abcd}	9.05 ^{ef}
	Ş	31.69 ^{ab}	2.77 ^h	97.23 ^b	21.49 ^b	1.75 ^{defgh}	57.35 ^{abcd}	10.55 ^{def}
YİÇSSA	H	28.20 ^{cde}	4.93 ^c	95.07 ^g	16.26 ^c	2.56 ^{abcde}	55.83 ^{abcd}	14.45 ^{bcdefg}
	Ş	22.05 ^{fgh}	3.72 ^{de}	96.28 ^{ef}	14.04 ^c	3.24 ^{abc}	59.40 ^{abc}	14.07 ^{bcdefg}
YİÇSSAF	H	27.00 ^{def}	4.96 ^c	95.04 ^g	22.48 ^b	2.19 ^{abcdefg}	50.80 ^{cde}	13.70 ^{bcdefg}
	Ş	24.48 ^{gh}	4.01 ^d	95.99 ^f	22.24 ^b	3.11 ^{abcd}	45.85 ^{def}	15.44 ^{abcdefg}
OSH		0.746	0.153	0.153	1.029	0.422	3.865	2.128
YEM		0.000	0.000	0.000	0.013	0.045	0.673	0.028
BESİN KAYNAĞI		0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
YEM* BESİN KAYNAĞI		0.000	0.000	0.000	0.871	0.940	0.916	0.954

a-k: Aynı sütunda farklı harfle gösterilen ortalamalar arasındaki farklılıklar önemlidir (P<0.05). **A:** Arpa, **Y:** Yulaf, **F:** Fiğ, **İÇ:** İtalyan çimi, **SS:** Sorgum x sudan otu melezi, **AF:** Arpa Fiğ karışımı, **SSAF:** Sorgum x sudan otu melezi, Arpa ve Fiğ karışımı, **SSF:** Sorgum x sudan otu melezi ve Fiğ karışımı, **YİÇSSA:** Yulaf, İtalyan çimi, Sorgum x sudan otu melezi ve Arpa karışımı, **YİÇSSAF:** Yulaf, İtalyan çimi, Sorgum x sudan otu melezi, Arpa ve Fiğ karışımı, **H:** Hoagland solüsyonu, **Ş:** Şebeke suyu, **KM*:** Doğal Halde, **HK:** Ham kül, **OM:** Organik madde, **HP:** Ham protein, **HY:** Ham yağ, **NÖM:** Nitrojensiz Öz Maddeler, **HS:** Ham selüloz, **OSH:** Ortalamanın standart hatası.

Tablo 4. 12. Tohumların çimlendirme öncesi (0.gün) ve şebeke suyu kullanımı ile çimlendirilmesi sonrasında (8-12.gün) besin madde içerikleri, %KM

Yemler		KM	HK	OM	HP	HY	NÖM	HS
A	0	90.17 ^{ef}	2.86 ^{hij}	97.14 ^{def}	11.48 ⁱ	1.01 ^{hij}	68.36 ^{ab}	6.46 ^{klmn}
	8	94.16 ^{abc}	2.67 ^{ijkl}	97.33 ^{bcde}	13.36 ^{hi}	2.94 ^{bcdefg}	58.93 ^{abcdefg}	16.26 ^{bcde}
	12	94.70 ^a	3.77 ^{cdef}	96.23 ^{hijk}	13.39 ^{hi}	2.13 ^{cdefghi}	53.54 ^{defghi}	21.88 ^a
Y	0	90.88 ^{bcdef}	2.62 ^{ijkl}	97.38 ^{bcde}	11.06 ⁱ	4.21 ^{ab}	59.65 ^{abcdefg}	13.34 ^{defgh}
	8	93.48 ^{abcde}	2.19 ⁱ	97.81 ^b	14.40 ^{ghi}	5.02 ^a	55.49 ^{cdefgh}	16.38 ^{bcde}
	12	93.49 ^{abcde}	3.39 ^{efg}	96.61 ^{ghi}	16.00 ^{fgh}	3.54 ^{bc}	49.93 ^{ghij}	20.64 ^{ab}
F	0	90.96 ^{bcdef}	3.50 ^{defg}	96.50 ^{ghij}	30.67 ^b	0.90 ^{hij}	51.60 ^{fghi}	4.29 ^m
	8	93.48 ^{abcde}	2.86 ^{hij}	97.14 ^{def}	35.39 ^a	1.14 ^{hij}	43.96 ^{ij}	10.13 ^{fghijkl}
	12	93.49 ^{abcde}	4.06 ^c	95.94 ^k	37.81 ^a	0.78 ^{ij}	39.07 ^j	11.78 ^{efghij}
İÇ	0	90.14 ^{ef}	5.19 ^b	94.81 ^l	11.73 ⁱ	0.52 ^k	63.72 ^{abcde}	8.98 ^{ghijklm}
	8	94.16 ^{abc}	6.24 ^a	93.76 ^m	13.53 ^{hi}	1.99 ^{defghij}	57.51 ^{bcdefgh}	14.88 ^{cdef}
	12	94.70 ^a	5.91 ^a	94.09 ^m	13.94 ^{ghi}	0.99 ^{hik}	56.15 ^{cdefgh}	17.70 ^{abcd}
SS	0	89.42 ^f	1.52 ⁿ	98.48 ^a	10.94 ⁱ	2.94 ^{bcdefg}	70.31 ^a	3.71 ^m
	8	93.56 ^{abcde}	2.33 ^{kl}	97.67 ^{bc}	13.66 ^{hi}	2.18 ^{cdefghi}	67.04 ^{abc}	8.35 ^{hijkl}
	12	93.14 ^{abcde}	2.33 ^{kl}	97.67 ^{bc}	13.88 ^{ghi}	2.02 ^{defghij}	64.21 ^{abcde}	10.71 ^{fghijk}
AF	0	90.48 ^{def}	3.11 ^{ghi}	96.89 ^{efg}	19.16 ^{def}	0.97 ^{hij}	61.66 ^{abcdefg}	5.59 ^{klm}
	8	93.21 ^{abcde}	3.54 ^{cdefg}	96.46 ^{ghijk}	21.30 ^{cd}	1.69 ^{fghij}	52.70 ^{efghi}	13.97 ^{cdefg}
	12	93.53 ^{abcde}	3.74 ^{cdef}	96.26 ^{hijk}	22.64 ^c	2.00 ^{defghij}	46.20 ^{hik}	18.94 ^{abc}
SSAF	0	90.18 ^{ef}	2.65 ^{ijkl}	97.35 ^{bcde}	17.07 ^{efg}	1.55 ^{ghij}	63.92 ^{abcde}	4.98 ^{lm}
	8	93.33 ^{abcde}	3.04 ^{ghij}	96.96 ^{defg}	20.12 ^{cde}	2.19 ^{cdefghi}	56.54 ^{bcdefgh}	11.44 ^{efghij}
	12	93.23 ^{abcde}	3.24 ^{fgh}	96.76 ^{fgh}	20.93 ^{cd}	2.37 ^{cdefgh}	53.85 ^{defghi}	12.83 ^{defgh}
SSF	0	90.04 ^{ef}	2.31 ^{kl}	97.69 ^{bc}	18.83 ^{def}	2.12 ^{cdefghi}	62.83 ^{abcdef}	3.94 ⁿ
	8	93.15 ^{abcde}	2.52 ^{ijkl}	97.48 ^{bcd}	19.95 ^{cde}	1.90 ^{efghij}	61.42 ^{abcdefg}	7.36 ^{ijklm}
	12	93.91 ^{abcd}	2.77 ^{hijk}	97.23 ^{cdef}	21.49 ^{cd}	1.75 ^{efghij}	57.35 ^{bcdefgh}	10.55 ^{fghijk}
YİÇSSA	0	90.15 ^{ef}	3.05 ^{ghij}	96.95 ^{defg}	11.30 ⁱ	2.17 ^{cdefghi}	65.51 ^{abcd}	8.13 ^{hijklm}
	8	94.19 ^{abc}	3.82 ^{cde}	96.18 ^{ijk}	14.03 ^{ghi}	3.50 ^{bcd}	58.70 ^{abcdefg}	14.15 ^{cdefg}
	12	94.46 ^{ab}	3.72 ^{cdef}	96.28 ^{hijk}	14.04 ^{ghi}	3.24 ^{bcde}	59.40 ^{abcdefg}	14.07 ^{cdefg}
YİÇSSAF	0	90.43 ^{def}	3.15 ^{ghi}	96.85 ^{efg}	17.11 ^{efg}	1.83 ^{efghij}	61.18 ^{abcdefg}	7.15 ^{ijklm}
	8	93.88 ^{abcd}	3.44 ^{efg}	96.56 ^{ghi}	19.93 ^{cde}	2.74 ^{cdefg}	55.71 ^{cdefgh}	12.06 ^{efghi}
	12	90.65 ^{cdef}	4.01 ^{cd}	95.99 ^{kl}	22.24 ^{cd}	3.11 ^{bcdef}	45.85 ^{hij}	15.44 ^{cdef}
OSH		1.037	0.160	0.160	1.038	0.442	3.479	1.605
YEM		0.838	0.000	0.000	0.160	0.000	0.000	0.000
GÜN		0.000	0.000	0.000	0.000	0.003	0.000	0.000
YEM * GÜN		0.932	0.000	0.000	0.813	0.151	0.976	0.386

a-m: Aynı sütunda farklı harfle gösterilen ortalamalar arasındaki farklılıklar önemlidir (P<0.05). **A:** Arpa, **Y:** Yulaf, **F:** Fiğ, **İÇ:** İtalyan çimi, **SS:** Sorgum x sudan otu melezi, **AF:** Arpa Fiğ karışımı, **SSAF:** Sorgum x sudan otu melezi, Arpa ve Fiğ karışımı, **SSF:** Sorgum x sudan otu melezi ve Fiğ karışımı, **YİÇSSA:** Yulaf, İtalyan çimi, Sorgum x sudan otu melezi ve Arpa karışımı, **YİÇSSAF:** Yulaf, İtalyan çimi, Sorgum x sudan otu melezi, Arpa ve Fiğ karışımı, **HK:** Ham kül, **OM:** Organik madde, **HP:** Ham protein, **HY:** Ham yağ, **NÖM:** Nitrojensiz Öz Maddeler, **HS:** Ham selüloz, **OSH:** Ortalamanın standart hatası.

Tablo 4. 13. Tohumların çimlendirme öncesi (0.gün) ve Hoagland solüsyonu kullanımı çimlendirilmesi sonrasında (8-12.gün) besin madde içerikleri, %KM

Yemler		KM	HK	OM	HP	HY	NÖM	HS
A	0	90.17 ^{de}	97.14 ^{cd}	2.86 ^{kl}	11.48 ^k	1.01 ^{klmn}	68.36 ^{ab}	6.46 ^{ijkl}
	8	93.89 ^{ab}	95.52 ^k	4.48 ^d	15.28 ^{hi}	2.850 ^{cde}	54.94 ^{fghi}	16.35 ^{ab}
	12	93.76 ^{ab}	95.13 ^l	4.87 ^c	15.88 ^{ghi}	2.25 ^{defg}	52.69 ^{hi}	18.06 ^a
Y	0	90.88 ^{cde}	97.38 ^{bc}	2.62 ^{lm}	11.06 ^k	4.21 ^a	59.65 ^{cdefgh}	13.34 ^{abcdefg}
	8	95.10 ^a	96.48 ^{gh}	3.52 ^{gh}	13.03 ^{ijk}	4.08 ^{ab}	56.24 ^{defgh}	18.24 ^a
	12	94.88 ^{ab}	96.26 ^{hi}	3.74 ^{fg}	15.41 ^{hi}	3.44 ^{bc}	55.93 ^{defgh}	16.35 ^{ab}
F	0	90.96 ^{cde}	96.50 ^{fgh}	3.50 ^{ghi}	30.67 ^c	0.90 ^{lmn}	51.60 ⁱ	4.29 ^{kl}
	8	94.09 ^{ab}	95.66 ^k	4.34 ^d	36.35 ^b	0.85 ^{lmn}	42.80 ^j	9.74 ^{efghij}
	12	93.45 ^{ab}	94.79 ^l	5.21 ^c	40.07 ^a	0.67 ^{mn}	35.75 ^j	11.75 ^{bcdefgh}
İÇ	0	90.14 ^{de}	94.81 ^l	5.19 ^c	11.73 ^{jk}	0.52 ⁿ	63.72 ^{abcde}	8.98 ^{fghijk}
	8	94.34 ^{ab}	93.13 ^m	6.87 ^b	15.86 ^{ghi}	1.35 ^{ijklm}	54.52 ^{fghi}	15.75 ^{abcd}
	12	95.16 ^a	92.04 ⁿ	7.96 ^a	15.79 ^{ghi}	1.02 ^{klmn}	54.51 ^{fghi}	15.88 ^{abcd}
SS	0	89.42 ^e	98.48 ^a	1.52 ⁿ	10.94 ^k	2.94 ^{cd}	70.31 ^a	3.71 ^l
	8	94.31 ^{ab}	97.54 ^b	2.46 ^m	17.44 ^{fgh}	1.49 ^{hijkl}	65.62 ^{abc}	7.30 ^{hijkl}
	12	92.41 ^{bcd}	97.14 ^{cd}	2.86 ^{kl}	14.46 ^{hij}	1.49 ^{ghijkl}	65.01 ^{abc}	8.60 ^{ghijk}
AF	0	90.48 ^{de}	96.89 ^{de}	3.11 ^{jk}	19.16 ^{ef}	0.97 ^{klmn}	61.66 ^{bcdefg}	5.59 ^{klm}
	8	93.60 ^{ab}	96.09 ^{ij}	3.91 ^{ef}	23.14 ^d	1.39 ^{ijklm}	51.70 ⁱ	13.45 ^{abcdefg}
	12	93.91 ^{ab}	95.83 ^{jk}	4.17 ^{de}	23.33 ^d	1.25 ^{ijklmn}	51.33 ⁱ	13.83 ^{abcdef}
SSAF	0	90.18 ^{de}	97.35 ^{bc}	2.65 ^{kl}	17.07 ^{fgh}	1.55 ^{ghijkl}	63.92 ^{abcd}	4.98 ^{kl}
	8	93.20 ^{abc}	96.27 ^{hi}	3.73 ^{fg}	22.27 ^d	1.84 ^{fghij}	54.04 ^{ghi}	11.32 ^{cdefghi}
	12	93.98 ^{ab}	95.80 ^{jk}	4.20 ^{de}	21.65 ^{de}	1.71 ^{ghijk}	55.17 ^{efghi}	11.25 ^{defghi}
SSF	0	90.04 ^{de}	97.69 ^b	2.31 ^m	18.83 ^{efg}	2.12 ^{efghi}	62.83 ^{abcdef}	3.94 ^l
	8	93.63 ^{ab}	96.73 ^{efg}	3.27 ^{hij}	21.82 ^{de}	1.37 ^{ijklm}	59.45 ^{cdefgh}	7.69 ^{hijkl}
	12	93.23 ^{abc}	96.20 ^{hi}	3.80 ^{fg}	23.03 ^d	1.45 ^{hijkl}	55.89 ^{defgh}	9.05 ^{fghijk}
YİÇSSA	0	90.15 ^{de}	96.95 ^{de}	3.05 ^{jk}	11.30 ^k	2.17 ^{efgh}	65.51 ^{abc}	8.13 ^{hijkl}
	8	94.63 ^{ab}	95.59 ^k	4.41 ^d	14.76 ^{hi}	1.91 ^{fghij}	57.24 ^{cdefgh}	16.30 ^{abc}
	12	94.03 ^{ab}	95.07 ^l	4.93 ^c	16.26 ^{fgh}	2.56 ^{def}	55.83 ^{defgh}	14.45 ^{abcde}
YİÇSSAF	0	90.43 ^{de}	96.85 ^{def}	3.15 ^{ijk}	17.11 ^{fgh}	1.83 ^{fghij}	61.18 ^{bcdefgh}	7.15 ^{hijkl}
	8	94.19 ^{ab}	95.71 ^k	4.29 ^d	21.41 ^{de}	1.30 ^{ijklm}	53.40 ^{ghi}	13.79 ^{abcdef}
	12	94.12 ^{ab}	95.04 ^l	4.96 ^c	22.48 ^d	2.19 ^{efgh}	50.80 ⁱ	13.70 ^{abcdef}
OSH		0.777	0.119	0.119	0.963	0.227	20.566	10.485
YEM		0.431	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
GÜN		0.000	0.000	0.000	0.000	0.933	0.000	0.000
YEM * GÜN		0.982	0.000	0.000	0.170	0.000	0.706	0.655

a-n: Aynı sütunda farklı harfle gösterilen ortalamalar arasındaki farklılıklar önemlidir (P<0.05). **A:** Arpa, **Y:** Yulaf, **F:** Fiğ, **R:** İtalyan çimi, **SS:** Sorgum x sudan otu melezi, **AF:** Arpa Fiğ karışımı, **SSAF:** Sorgum x sudan otu melezi, Arpa ve Fiğ karışımı, **SSF:** Sorgum x sudan otu melezi ve Fiğ karışımı, **YİÇSSA:** Yulaf, İtalyan çimi, Sorgum x sudan otu melezi ve Arpa karışımı, **YİÇSSAF:** Yulaf, İtalyan çimi, Sorgum x sudan otu melezi, Arpa ve Fiğ karışımı, **HK:** Ham kül, **OM:** Organik madde, **HP:** Ham protein, **HY:** Ham yağ, **NÖM:** Nitrojensiz Öz Maddeler, **HS:** Ham selüloz, **OSH:** Ortalamanın standart hatası.

4.3. Çimlendirilmiş Bitkilerin Hücre Duvarı Elemanları

Yemlere ait hücre duvarı yapı elemanları içerikleri ve varyans analiz sonuçları Tablo 4.14 ve 4.15’ te verilmiştir. Çimlendirilmiş bitkinin şebeke suyunda günlere göre hücre duvarı bileşenleri Tablo 4.16’da; Hoagland solüsyonunda günlere göre hücre duvarı bileşenleri ise Tablo 4.17’de verilmiştir. Hasat edilen yemler arasında (8.gün sonunda yapılan hasattan sonra alınan örneklerde) bitki bütünlüğünü yansıtan NDF, ADF, ADL, HSEL ve SEL değerleri bakımından meydana gelen farklılıklar önemli olurken ($P<0.05$), besin kaynağına göre oluşan değişimler önemsiz bulunmuştur ($P>0.05$).

Hasat edilen yemler arasında (12. gün) NDF, ADF, HS, HSEL ve SEL değerleri açısından farklılıklar önemli bulunurken ($P<0.05$), besin kaynağının ADF ve ADL dışındaki hücre duvarı unsurları üzerine etkisi önemli olmuştur ($P<0.05$).

Hücre duvarı yapı elemanlarından NDF değeri; Hoagland solüsyonu kullanımında 8.günde hasat edilen bitkilerde en yüksek değer yulafta (%45.59), en düşük değer ise fiğde (%19.47) bulunmuştur ($P<0.05$). Şebeke suyu kullanılan yemler için NDF içerikleri bakımından en yüksek değerlere A (%43.83) ve Y (%43.21); en düşük değerlere ise F (%21.95) yemleri sahip olmuştur ($P<0.05$). Hasat edilen (12.gün) yemlerde (Hoagland solüsyonu) en yüksek NDF değeri A’da (%43.18); en düşük ise F’de (%22.68) tespit edilmiştir ($P<0.05$). Şebeke suyu kullanılan yemlerde de A yemi en yüksek (%52.91), F yemi ise en düşük (%23.33) NDF değerine sahip olmuştur. Çalışmada A yemi için belirlenen (8.gün hasat için) NDF değeri (%43.83), bazı araştırmacılar (Akbağ vd. 2014; Ansari vd. 2018; Hegab ve Mahmoud 2019; Mekonnen vd. 2019) tarafından bildirilen değerlerden (%45.6-67.40) daha düşük; bazı araştırmacıların (Al-Ajmi 2009; Al-Karaki 2011; Fazaeli vd. 2012; Hafla vd. 2014; Saidi ve Omar 2015; Emam vd. 2018; Hayati vd. 2018; Soder vd. 2018; Güler 2019; Lawrence 2019; Gümüş ve Bayır 2020; Yurtseven vd. 2020; Devendar vd. 2020; Bayır 2021; Doğrusoz 2022; Salvador-Castillo vd. 2022; Arif vd. 2023 ve Alharthi vd. 2023) bildirişlerinden (%27.17-37.47) ise daha yüksek bulunmuştur. Çalışmada Y yeme için bulunan NDF değeri (%43.21), bazı araştırmacıların (Girma 2018; Salvador-Castillo vd. 2022; Bayır 2021) tarafından bildirilen değerlerden (%31.93-41.80) yüksek bulunurken; Soder vd. (2018)’in bildirdiği (%44.80) ve Mekonnen vd. (2019)’nin bildirdikleri değerden (%46.80) daha düşük bulunmuştur. Çalışmada İÇ için bulunan NDF değeri (%40.98), Bayır (2021) tarafından bildirilen değerden (%34.21) daha

yüksek bulunmuştur. Çalışmada SS için bulunan NDF değerinin (%26.02) ise, Ansari vd. (2018)'in bildirdiği değerden (%59.97) düşük olduğu gözlenmiştir.

Elde edilen yemler ADF bakımından incelendiğinde 8. günde hasat edilen bitkilerde Hoagland solüsyonu kullanımında en yüksek değerleri Y (%24.81) ve İÇ (%23.67) hasıllarının gösterdiği; en düşük değerleri ise SSF (%13.21) ve SS (%13.69) yemlerinin gösterdiği bulunmuştur. Şebeke suyu kullanılan yemlerde ise 8. gün hasat edilen yemler için ADF en yüksek değere İÇ (%23.37), en düşük değere ise SSF (%13.77) yemlerinde sahip olmuştur ($P<0.05$). Hasatın 12. gün yapılması durumunda ise yemlerde Hoagland solüsyonu kullanımında en yüksek ADF değeri A (%24.04) ve Y' de (%24.23), en düşük ADF değeri ise SS' de (%15.37) tespit edilmiştir. Şebeke suyu kullanılan ve 12.gün hasat edilen yemler için ADF değeri A (%29.28) ve Y' de (%28.72) en yüksek; SS'de (%16.56) en düşük değere sahip olmuştur ($P<0.05$). Çalışmada A için kullanılan 8. gün ADF değeri (%21.51) çok sayıda araştırmacının (Al-Ajmi 2009; Al-Karaki 2011; Al Karaki ve Al Momani 2011; Fazaeli vd. 2012; Hafla vd. 2014; Saidi ve Omar 2015; Soder vd. 2018; Hayati vd. 2018; Yurtseven vd. 2020; Bayır 2021; Dogrusoz 2022; Arif vd. 2023 ve Alharthi vd. 2023) bulgularından (%11.00-17.40) daha yüksek bulunurken; Ansari vd. (2018)'nin bildirdiği (%37.15) ve Hegab ve Mahmoud (2019)'un bildirdiği (%35.32) bildirişlerinden daha düşük bulunmuştur. Çalışmada Y için kullanılan (8. gün) ADF değeri (%22.37), bazı araştırmacıların (Girma 2018; Soder vd. 2018 ve Salvador-Castillo vd. 2022) bulgularından (%25.4-27.5) düşük bulunurken; Gümüş ve Bayır (2020)'ın bildirdiği (%20.96) ve Bayır (2021)'ın bildirdiği (%11.15) değerlerden ise daha yüksek bulunmuştur. Çalışmada İÇ için kullanılan ADF değeri (%23.27), Bayır (2021)'ın bulgusundan (%13.56) daha yüksek bulunmuştur. Çalışmada SS için kullanılan ADF değeri (%15.01), Ansari vd. (2018) bildirişinden (%24.60) daha düşük bulunmuştur.

Farklı yetiştirme sistemleri kullanılarak üretilen çimlendirilmiş arpanın ADF değerinin %214.3 ile %402.8 arasında değiştiği farklı çalışmalarda bildirilmiştir (Cuddeford, 1989; Sharif, 2013). Tohumun içerdiği nişastanın enzimler tarafından metabolize edilerek selüloz ve hemiselüloz gibi yapısal karbonhidratların sentezinde kullanıldığı, bu sayede çimlenme ile ADF miktarının arttığı düşünülmektedir (Özdemir ve Temür, 2022).

Yemler ADL bakımından incelendiğinde 8.günde hasat edilen bitkilerde (Hoagland solüsyonu ve şebeke suyu kullanımında) sırasıyla en yüksek ADL değerini İÇ (%5.26 ve %5.71) gösterirken; en düşük değeri ise Y (%2.68 ve %2.45) göstermiştir

($P<0.05$). Hasat edildiğinde 12. gününde olan yemlerde besin kaynağının ADL değeri üzerine etkisi bulunmamıştır ($P>0.05$). Çalışmada A için kullanılan 8. gün ADL değeri (%2.80), bazı araştırmacıların (Akbağ vd. 2014; Mekonnen vd. 2019; Enam 2018; Hegab ve Mahmoud 2019) bulgularından (%3.83-6.68) daha düşük bulunmuştur. Çalışmada Y için bulunan ADL değeri (%2.45), Girma vd. (2018) tarafından bildirilen değer aralığından (%5.9-9.2) ve Mekonnen vd. (2019)'nin bildirişlerinden (%7.57) düşük bulunmuştur.

Yemler HSEL bakımından incelendiğinde 8.günde hasat edilen bitkilerde Hoagland solüsyonu ve şebeke suyu kullanımında sırasıyla en yüksek HSEL değerlerini Y (%20.78 ve %20.84), en düşük değeri ise F yemi (%3.43 ve %6.05) göstermiştir ($P<0.05$). Yemler, HSEL bakımından 12.günlerinde hasat edilen hasıllar için incelendiğinde her iki besin kaynağında da sırasıyla en yüksek değeri A (%19.14 ve %23.63), en düşük değeri ise F' de (%4.58 ve %5.18) hesaplanmıştır ($P<0.05$). Bu çalışmada A yemi için kullanılan 8. gün HSEL değeri (%22.32) bazı araştırmacıların (Emam 2018; Devendar vd. 2020 ile Gümüş ve Bayır 2020) bildirişlerinden (%10.21-20.85) yüksek bulunurken; Ansari vd. (2018) (%30.25) ve Hegab ve Mahmoud (2019) (%28.50) verilerinden ise daha düşük bulunmuştur. Çalışmada Y için kullanılan HSEL değeri (%20.84), Gümüş ve Bayır (2020)'ın bulgusundan (15.29) daha yüksek bulunmuştur. Çalışmada SS için kullanılan HSEL değeri (%11.01) ise Ansari vd. (2018)'nin bildirişlerinden (%35.37) düşük bulunmuştur.

Yemler SEL bakımından incelendiğinde 8.günde hasat edilen bitkilerde Hoagland solüsyonu kullanımında en yüksek Y (%22.13), en düşük değerleri ise SS' de (%8.89) göstermiştir. Şebeke suyu kullanılan yemlerde ise SEL değerleri bakımından en yüksek değerin Y'de (%19.91) saptandığı, en düşük değerlerin ise SSF (%9.82) ve SS' de (%10.29) olduğu tespit edilmiştir ($P<0.05$). Yemler SEL bakımından incelendiğinde 12.günde yapılan hasat sonrasında bitkilerde en yüksek değeri Y (%20.92), en düşük değeri ise SS'nin (%10.07) gösterdiği belirlenmiştir. Şebeke suyu kullanılan yemlerde yapılan değerlendirmede SEL bakımından en yüksek değerlerin Y'de (%24.25) saptandığı, en düşük değerlerin ise SSF (%11.60) ve SS' de (%11.68) olduğu tespit edilmiştir ($P<0.05$). Çalışmada A yemi için kullanılan SEL değeri (%18.71), Emam vd. (2018) 'in bildirdiği değer aralığından (%8.57-11.22) ve Devendar vd. (2020) bulgusundan (%16.5) daha yüksek bulunurken; Ansari vd. (2018)'nin bildirdiği (%28.57) ve Hegab ve Mahmoud (2019)'un bildirdiği (%19.63) değerden düşük bulunmuştur.

Çimlendirilmiş bitkinin şebeke suyu kullanımında, hasat edildiği günlere göre hücre duvarı yapı elemanları incelendiğinde (Tablo 4.16) ve Hoglaand solüsyonunda günlere göre hücre duvarı bileşenlerinin (Tablo 4.17); hasat edilen yemler arasında yemlerin NDF, ADF, ADL, HSEL ve SEL miktarları üzerine yemlerin ve günlerin etkisi önemli bulunurken ($P<0.05$); HSEL hariç diğer yemlerin yem x gün interaksyonu önemsiz bulunmuştur ($P>0.05$). Hasat süresinin uzaması hasılların hücre duvarı yapı elemanlarının gelişmesi dolayısıyla NDF, ADF, ADL, HSEL ve SEL miktarlarını artırmıştır.



Tablo 4. 14. Çimlendirilmiş bitkilerin (8. gün) hücre duvarı bileşenleri, %KM’de

Yemler		NDF	ADF	ADL	HSEL	SEL
A	H	41.92 ^{abc}	21.92 ^{abcd}	3.69 ^{ab}	20.00 ^{ab}	18.23 ^{abcd}
	Ş	43.83 ^{ab}	21.51 ^{abcd}	2.80 ^{ab}	22.32 ^a	18.71 ^{abc}
Y	H	45.59 ^a	24.81 ^a	2.68 ^{ab}	20.78 ^{ab}	22.13 ^a
	Ş	43.21 ^{ab}	22.37 ^{abcd}	2.45 ^b	20.84 ^{ab}	19.91 ^{ab}
F	H	19.47 ^g	16.04 ^{bcdef}	2.86 ^{ab}	3.43 ⁱ	13.18 ^{def}
	Ş	21.95 ^{fg}	15.90 ^{cdef}	2.32 ^b	6.05 ^{hi}	13.59 ^{cdef}
İÇ	H	39.74 ^{abcd}	23.67 ^a	5.26 ^{ab}	16.07 ^{bcd}	18.40 ^{abc}
	Ş	40.98 ^{abcd}	23.37 ^{ab}	5.71 ^a	17.61 ^{abc}	17.65 ^{abcd}
SS	H	23.54 ^{fg}	13.69 ^f	4.80 ^{ab}	9.85 ^{efgh}	8.89 ^f
	Ş	26.02 ^{efg}	15.01 ^{def}	4.72 ^{ab}	11.01 ^{defgh}	10.29 ^{ef}
AF	H	32.45 ^{bcdef}	19.64 ^{bcdef}	3.76 ^{ab}	12.80 ^{cdefg}	15.89 ^{bcd}
	Ş	35.89 ^{abcde}	20.29 ^{bcdef}	3.52 ^{ab}	15.60 ^{bcde}	16.77 ^{bcd}
SSAF	H	29.16 ^{defg}	18.30 ^{abcdef}	4.57 ^{ab}	10.86 ^{defgh}	13.73 ^{cdef}
	Ş	31.10 ^{cdefg}	18.07 ^{abcdef}	3.72 ^{ab}	13.03 ^{cdefg}	14.35 ^{cde}
SSF	H	22.66 ^{fg}	13.21 ^f	3.75 ^{ab}	9.46 ^{fgh}	9.45 ^{ef}
	Ş	21.00 ^{fg}	13.77 ^{ef}	3.94 ^{ab}	7.23 ^{ghi}	9.82 ^{ef}
YİÇSSA	H	39.27 ^{abcd}	21.12 ^{abcde}	4.29 ^{ab}	18.15 ^{ab}	16.83 ^{bcd}
	Ş	38.67 ^{abcd}	22.82 ^{abc}	4.97 ^{ab}	15.85 ^{bcde}	17.85 ^{abcd}
YİÇSSAF	H	32.89 ^{bcdef}	19.14 ^{abcdef}	3.61 ^{ab}	13.74 ^{cdef}	15.54 ^{bcd}
	Ş	32.53 ^{bcdef}	19.49 ^{abcdef}	3.88 ^{ab}	13.03 ^{cdefg}	15.62 ^{bcd}
OSH		3.551	2.183	0.894	1.811	1.534
YEM		0.597	0.913	0.754	0.364	0.738
BESİN KAYNAĞI		0.000	0.000	0.044	0.000	0.000
YEM* BESİN KAYNAĞI		0.997	0.998	0.995	0.813	0.988

***a-i:** Aynı sütunda farklı harfle gösterilen ortalamalar arasındaki farklılıklar önemlidir (P<0.05). **A:** Arpa, **Y:** Yulaf, **F:** Fiğ, **İÇ:** İtalyan çimi, **SS:** Sorgum x sudan otu melezi , **AF:** Arpa Fiğ karışımı, **SSAF:** Sorgum x sudan otu melezi , Arpa ve Fiğ karışımı, **SSF:** Sorgum x sudan otu melezi ve Fiğ karışımı, **YİÇSSA:** Yulaf, İtalyan çimi, Sorgum x sudan otu melezi ve Arpa karışımı, **YİÇSSAF:** Yulaf, İtalyan çimi, Sorgum x sudan otu melezi , Arpa ve Fiğ karışımı, **H:** Hoagland Solüsyonu, **Ş:** Şebeke Suyu, **NDF:** Nötr Çözücülerde çözünmeyen lifli bileşikler, **ADF:** Asit çözücülerde çözünmeyen lifli bileşikler, **ADL:** Asit çözücülerde çözünmeyen lignin, **HS:** Ham selüloz, **HSEL:** Hemi selüloz, **SEL:** Selüloz, **OSH:** Ortalamanın standart hatası.

Tablo 4. 15. Çimlendirilmiş bitkilerin (12. gün) hücre duvarı bileşenleri, %KM'de

Yemler		NDF	ADF	ADL	HSEL	SEL
A	H	43.18 ^b	24.04 ^{abc}	4.60	19.14 ^{bc}	19.44 ^{abcd}
	Ş	52.91 ^a	29.28 ^a	4.81	23.63 ^a	24.47 ^a
Y	H	42.43 ^{bc}	24.23 ^{abc}	3.31	18.20 ^{bcd}	20.92 ^{ab}
	Ş	47.12 ^{ab}	28.72 ^a	4.46	18.40 ^{bcd}	24.25 ^a
F	H	22.68 ^h	18.11 ^{bc}	3.73	4.58 ^g	14.37 ^{cdef}
	Ş	23.33 ^{gh}	18.15 ^{bc}	3.12	5.18 ^g	15.03 ^{bcdef}
İÇ	H	41.23 ^{bcd}	25.13 ^{ab}	5.99	16.09 ^{bcde}	19.13 ^{abcd}
	Ş	44.70 ^{ab}	24.99 ^{ab}	4.16	19.71 ^{ab}	20.82 ^{ab}
SS	H	27.74 ^{fgh}	15.37 ^c	5.31	12.37 ^{ef}	10.07 ^f
	Ş	31.93 ^{defgh}	16.56 ^{bc}	4.89	15.37 ^{bcde}	11.68 ^{ef}
AF	H	32.92 ^{cdefg}	18.36 ^{bc}	2.71	14.57 ^{cde}	15.65 ^{bcdef}
	Ş	42.95 ^b	24.70 ^{abc}	3.63	18.25 ^{bcd}	21.07 ^{ab}
SSAF	H	29.61 ^{efgh}	17.16 ^{bc}	3.85	12.46 ^{ef}	13.31 ^{def}
	Ş	32.94 ^{cdefg}	20.13 ^{abc}	4.49	12.81 ^{ef}	15.64 ^{bcdef}
SSF	H	25.06 ^{gh}	16.63 ^{bc}	4.96	8.43 ^{fg}	11.66 ^{ef}
	Ş	24.74 ^{gh}	15.99 ^{bc}	4.39	8.75 ^{fg}	11.60 ^{ef}
YİÇSSA	H	38.65 ^{bcde}	23.07 ^{abc}	5.68	15.59 ^{bcde}	17.38 ^{bcde}
	Ş	37.41 ^{bcdef}	22.20 ^{abc}	4.84	15.21 ^{bcde}	17.36 ^{bcde}
YİÇSSAF	H	32.74 ^{cdefg}	20.68 ^{abc}	4.42	12.06 ^{ef}	16.26 ^{bcdef}
	Ş	39.38 ^{bcde}	25.12 ^{ab}	4.74	14.26 ^{de}	20.38 ^{abc}
OSH		3.030	2.730	0.966	1.441	1.878
YEM		0.004	0.066	0.811	0.008	0.007
BESİN KAYNAĞI		0.000	0.001	0.374	0.000	0.000
YEM* BESİN KAYNAĞI		0.606	0.873	0.899	0.646	0.815

*a-h: Aynı sütunda farklı harfle gösterilen ortalamalar arasındaki farklılıklar önemlidir (P<0.05). **A**: Arpa, **Y**: Yulaf, **F**: Fiğ, **İÇ**: İtalyan çimi, **SS**: Sorgum x sudan otu melezi, **AF**: Arpa Fiğ karışımı, **SSAF**: Sorgum x sudan otu melezi, Arpa ve Fiğ karışımı, **SSF**: Sorgum x sudan otu melezi ve Fiğ karışımı, **YİÇSSA**: Yulaf, İtalyan çimi, Sorgum x sudan otu melezi ve Arpa karışımı, **YİÇSSAF**: Yulaf, İtalyan çimi, Sorgum x sudan otu melezi, Arpa ve Fiğ karışımı, **H**: Hoagland Solüsyonu, **Ş**: Şebeke Suyu, **NDF**: Nötr Çözücülerde çözünmeyen lifli bileşikler, **ADF**: Asit çözücülerde çözünmeyen lifli bileşikler, **ADL**: Asit çözücülerde çözünmeyen lignin, **HS**: Ham selüloz, **HSEL**: Hemi selüloz, **SEL**: Selüloz, **OSH**: Ortalamanın standart hatası.

Tablo 4. 16. Tohumların ve çimlendirilmiş bitkilerin şebeke suyunda günlere göre hücre duvarı bileşenleri, %KM

Yemler		NDF	ADF	ADL	HSEL	SEL
A	0	30.54 ^{efghi}	9.84 ^{iklm}	1.70 ^{cdef}	20.70 ^{abc}	8.15 ^{mno}
	8	43.83 ^{abc}	21.51 ^{bcdef}	2.80 ^{bcdef}	22.32 ^{ab}	18.71 ^{bcde}
	12	52.91 ^a	29.28 ^a	4.81 ^{ab}	23.63 ^a	24.47 ^a
Y	0	38.07 ^{bcde}	18.53 ^{cdefgh}	1.89 ^{cdef}	19.54 ^{abcde}	16.64 ^{bcdefgh}
	8	43.21 ^{bc}	22.37 ^{abcdef}	2.45 ^{bcdef}	20.84 ^{abc}	19.91 ^{abcd}
	12	47.12 ^{ab}	28.72 ^{ab}	4.46 ^{abc}	18.40 ^{bcdef}	24.25 ^a
F	0	13.90 ^{lmn}	7.45 ^m	0.303 ^f	6.45 ^{klmn}	7.15 ^{no}
	8	21.95 ^{hikl}	15.90 ^{defghik}	2.32 ^{bcdef}	6.05 ^{lmn}	13.59 ^{fghikl}
	12	23.33 ^{ghik}	18.15 ^{cdefgh}	3.12 ^{abcde}	5.18 ^{lmn}	15.03 ^{defghik}
İÇ	0	31.34 ^{defgh}	15.41 ^{efghikl}	2.78 ^{bcdef}	15.93 ^{cdefgh}	12.63 ^{ghiklm}
	8	40.98 ^{bcd}	23.37 ^{abcd}	5.71 ^a	17.61 ^{bcdefg}	17.65 ^{bcdefg}
	12	44.70 ^{abc}	24.99 ^{abc}	4.16 ^{abcd}	19.71 ^{abcd}	20.82 ^{ab}
SS	0	10.85 ⁿ	8.84 ^{klm}	2.80 ^{bcdef}	2.01 ⁿ	6.04 ^o
	8	26.02 ^{ghik}	15.01 ^{fghikl}	4.72 ^{ab}	11.01 ^{hik}	10.30 ^{klmno}
	12	31.93 ^{defg}	16.56 ^{defghi}	4.89 ^{ab}	15.37 ^{defgh}	11.68 ^{hiklm}
AF	0	23.89 ^{ghik}	8.89 ^{klm}	1.14 ^{ef}	15.00 ^{defgh}	7.75 ^{mno}
	8	35.89 ^{cdef}	20.29 ^{cdefg}	3.5 ^{abcde}	15.60 ^{defgh}	16.77 ^{bcdefg}
	12	42.95 ^{bc}	24.70 ^{abc}	3.63 ^{abcde}	18.25 ^{bcdef}	21.07 ^{ab}
SSAF	0	19.64 ^{klmn}	8.82 ^{klm}	1.61 ^{def}	10.82 ^{hik}	7.22 ^{no}
	8	31.10 ^{defgh}	18.07 ^{cdefgh}	3.72 ^{abcde}	13.03 ^{ghi}	14.35 ^{efghikl}
	12	32.94 ^{defg}	20.13 ^{cdefg}	4.49 ^{abc}	12.81 ^{ghi}	15.64 ^{cdefghi}
SSF	0	12.07 ^{mn}	8.29 ^{lm}	1.80 ^{cdef}	3.79 ^{mn}	6.49 ^o
	8	21.00 ^{iklm}	13.77 ^{ghiklm}	3.94 ^{abcde}	7.23 ^{klm}	9.83 ^{lmno}
	12	24.74 ^{ghik}	15.99 ^{defghik}	4.39 ^{abcd}	8.75 ^{ikl}	11.60 ^{hiklmn}
YİÇSSA	0	27.70 ^{fghik}	13.16 ^{ghiklm}	2.29 ^{bcdef}	14.54 ^{efgh}	10.87 ^{iklmno}
	8	38.67 ^{bcde}	22.82 ^{abcde}	4.97 ^{ab}	15.85 ^{cdefgh}	17.85 ^{bcdef}
	12	37.41 ^{bcdef}	22.20 ^{abcdef}	4.84 ^{ab}	15.21 ^{defgh}	17.36 ^{bcdefg}
YİÇSSAF	0	24.22 ^{ghik}	11.55 ^{hiklm}	1.65 ^{def}	12.67 ^{ghi}	9.90 ^{lmno}
	8	32.53 ^{defg}	19.49 ^{cdefg}	3.88 ^{abcde}	13.03 ^{ghi}	15.62 ^{cdefghi}
	12	39.38 ^{bcde}	25.12 ^{abc}	4.74 ^{ab}	14.26 ^{fgh}	20.38 ^{abc}
OSH		2.960	2.218	0.813	1.512	1.523
YEM		0.000	0.000	0.030	0.000	0.000
GÜN		0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
YEM * GÜN		0.707	0.560	0.964	0.020	0.096

*a-h: Aynı sütunda farklı harfle gösterilen ortalamalar arasındaki farklılıklar önemlidir (P<0.05). **A**: Arpa, **Y**: Yulaf, **F**: Fiğ, **İÇ**: İtalyan çimi, **SS**: Sorgum x sudan otu melezi, **AF**: Arpa Fiğ karışımı, **SSAF**: Sorgum x sudan otu melezi, Arpa ve Fiğ karışımı, **SSF**: Sorgum x sudan otu melezi ve Fiğ karışımı, **YİÇSSA**: Yulaf, İtalyan çimi, Sorgum x sudan otu melezi ve Arpa karışımı, **YİÇSSAF**: Yulaf, İtalyan çimi, Sorgum x sudan otu melezi, Arpa ve Fiğ karışımı, **NDF**: Nötr Çözücülerde çözünmeyen lifli bileşikler, **ADF**: Asit çözücülerde çözünmeyen lifli bileşikler, **ADL**: Asit çözücülerde çözünmeyen lignin, **HSEL**: Hemi selüloz, **SEL**: Selüloz, **OSH**: Ortalamanın standart hatası.

Tablo 4. 17. Tohumların ve çimlendirilmiş bitkilerin Hoagland solüsyonda günlere göre hücre duvarı bileşenleri, %KM

Yemler		NDF	ADF	ADL	HSEL	SEL
A	0	30.54 ^{defgh}	9.84 ^{ijk}	1.70 ^{ghi}	20.70 ^a	8.15 ^{lmn}
	8	41.92 ^a	21.92 ^{abcd}	3.69 ^{abcdefg}	20.00 ^{ab}	18.23 ^{abcd}
	12	43.18 ^a	24.04 ^{ab}	4.60 ^{abcde}	19.14 ^{abc}	19.44 ^{abc}
Y	0	38.07 ^{abc}	18.53 ^{bcdefg}	1.89 ^{fghi}	19.54 ^{ab}	16.64 ^{cdef}
	8	45.59 ^a	24.81 ^a	2.68 ^{defgh}	20.78 ^a	22.13 ^a
	12	42.43 ^a	24.23 ^{ab}	3.31 ^{bcdefgh}	18.20 ^{abcd}	20.92 ^{ab}
F	0	13.90 ^{jk}	7.45 ^l	0.30 ⁱ	6.45 ^{ijk}	7.15 ^{mn}
	8	19.47 ^{ij}	16.04 ^{defgh}	2.86 ^{cdefgh}	3.43 ^{kl}	13.18 ^{efghij}
	12	22.68 ^{hi}	18.11 ^{bcdefg}	3.73 ^{abcdefg}	4.58 ^{jkl}	14.37 ^{defgh}
İÇ	0	31.34 ^{cdefg}	15.41 ^{efghi}	2.78 ^{defgh}	15.93 ^{bcde}	12.63 ^{fghijk}
	8	39.74 ^a	23.67 ^{ab}	5.26 ^{abc}	16.07 ^{bcde}	18.40 ^{abcd}
	12	41.23 ^a	25.13 ^a	5.99 ^a	16.09 ^{bcde}	19.13 ^{abc}
SS	0	10.85 ^l	8.84 ^{kl}	2.80 ^{defgh}	2.01 ^l	6.04 ⁿ
	8	23.54 ^{ghi}	13.69 ^{fghij}	4.80 ^{abcd}	9.85 ^{ghi}	8.89 ^{klmn}
	12	27.74 ^{efghi}	15.37 ^{efghi}	5.31 ^{ab}	12.37 ^{efgh}	10.07 ^{ijklmn}
AF	0	23.89 ^{ghi}	8.89 ^{kl}	1.14 ^{hi}	15.00 ^{cdef}	7.75 ^{lmn}
	8	32.45 ^{bcdef}	19.64 ^{abcdef}	3.76 ^{abcdefg}	12.80 ^{efgh}	15.89 ^{cdefg}
	12	32.92 ^{bcde}	18.36 ^{bcdefg}	2.71 ^{defgh}	14.57 ^{def}	15.65 ^{cdefg}
SSAF	0	19.64 ^{ij}	8.82 ^{jk}	1.61 ^{ghi}	10.82 ^{fgh}	7.22 ^{mn}
	8	29.16 ^{efgh}	18.30 ^{bcdefg}	4.57 ^{abcde}	10.86 ^{fgh}	13.73 ^{efghi}
	12	29.61 ^{efgh}	17.16 ^{cdefgh}	3.85 ^{abcdefg}	12.46 ^{efgh}	13.31 ^{efghij}
SSF	0	12.07 ^{kl}	8.29 ^{jk}	1.80 ^{ghi}	3.79 ^{kl}	6.49 ⁿ
	8	22.66 ^{hi}	13.21 ^{ghijk}	3.75 ^{abcdefg}	9.46 ^{ghi}	9.45 ^{klmn}
	12	25.06 ^{efghi}	16.63 ^{defgh}	4.96 ^{abcd}	8.43 ^{hij}	11.66 ^{ghijkl}
YİÇSSA	0	27.70 ^{efghi}	13.16 ^{ghijk}	2.29 ^{efghi}	14.54 ^{def}	10.87 ^{hijklm}
	8	39.27 ^{ab}	21.12 ^{abcde}	4.29 ^{abcdef}	18.15 ^{abcd}	16.83 ^{bcdef}
	12	38.65 ^{abc}	23.07 ^{abc}	5.68 ^{ab}	15.59 ^{bcde}	17.38 ^{bcde}
YİÇSSAF	0	24.22 ^{fghi}	11.55 ^{hijk}	1.65 ^{ghi}	12.67 ^{efgh}	9.90 ^{ijklmn}
	8	32.89 ^{bcde}	19.14 ^{abcdefg}	3.61 ^{abcdefg}	13.74 ^{defg}	15.53 ^{cdefg}
	12	32.74 ^{bcde}	20.68 ^{abcde}	4.42 ^{abcde}	12.06 ^{efgh}	16.26 ^{cdef}
OSH		2.501	1.808	0.712	1.356	1.289
YEM		0.000	0.000	0.001	0.000	0.000
GÜN		0.000	0.000	0.000	0.055	0.000
YEM * GÜN		0.931	0.815	0.950	0.003	0.490

***a-n**: Aynı sütunda farklı harfle gösterilen ortalamalar arasındaki farklılıklar önemlidir (P<0.05). **A**: Arpa, **Y**: Yulaf, **F**: Fiğ, **İÇ**: İtalyan çimi, **SS**: Sorgum x sudan otu melezi, **AF**: Arpa Fiğ karışımı, **SSAF**: Sorgum x sudan otu melezi, Arpa ve Fiğ karışımı, **SSF**: Sorgum x sudan otu melezi ve Fiğ karışımı, **YİÇSSA**: Yulaf, İtalyan çimi, Sorgum x sudan otu melezi ve Arpa karışımı, **YİÇSSAF**: Yulaf, İtalyan çimi, Sorgum x sudan otu melezi, Arpa ve Fiğ karışımı, **NDF**: Nötr Çözücülerde çözünmeyen lifli bileşikler, **ADF**: Asit çözücülerde çözünmeyen lifli bileşikler, **ADL**: Asit çözücülerde çözünmeyen lignin, **HSEL**: Hemi selüloz, **SEL**: Selüloz, **OSH**: Ortalamanın standart hatası.

4.4. Bir Kg Tohumdan Elde Edilen Hasıl Miktarı

Besin kaynaklarına göre bir kg tohumdan elde edilen hasıl miktarı KM’de Tablo 4.18’de, günlere göre bir kg tohumdan elde edilen hasıl miktarı KM’de Tablo 4.19’da, Şekil 4.1’ de ve Şekil 4.2’ de verilmiştir. Buna göre; 8. ve 12. günde hasat edilen hasıllarda farklı yem kaynağına bağlı olarak verimin değiştiği ($P<0.05$) belirlenmiştir. Hasıl üretiminde şebeke suyu veya Hoagland solüsyonu kullanımında 1 kg tohumdan elde edilen en yüksek ($P<0.05$) kuru madde verimi İtalyan çimi için tespit edilmiştir. Bitkilerin 12 günlük çimlenme sonucunda elde edilen hasadın miktarı besin kaynağı ve yem bitkisi türü ile besin kaynağı x yem interaksyonundan önemli derecede ($P<0.05$) etkilenmiştir. En yüksek kuru hasıl veriminin, 12. günde de 8 günlük çimlenme sonrasındaki hasat miktarına paralel olarak şebeke suyu ile sulanan İtalyan çimi bitkisinden (1250.44 g) elde edildiği görülmüştür. Her 1 kg tohumdan elde edilen en düşük KM verimi ise şebeke suyu ile sulanan arpa bitkisinden (815.19 g) elde edilmiştir. Hidroponik sistemle yetiştirilen yemlerin maliyet analizlerinde yeşil yem üretimi dikkate alındığında ekonomik olduğu; kuru madde verimi dikkate alındığında ise yüksek maliyetli olduğu bildirilmektedir (Karaşahin, 2014). Hasılın hasat edildiği günlere göre bir kg tohumdan elde edilen hasıl miktarı KM bazında incelendiğinde (Tablo 4.18 ve Tablo 4.19); şebeke suyunda günlerin ve yem x gün interaksyonunun etkisi önemli bulunurken ($P<0.05$), Hoagland solüsyonunda hasıllar üzerine günler, yem x gün interaksyonunun etkisi önemsiz bulunmuştur ($P>0.05$).

Tablo 4. 18. Besin kaynaklarına göre bir kg tohumdan elde edilen hasıl miktarı KM’de

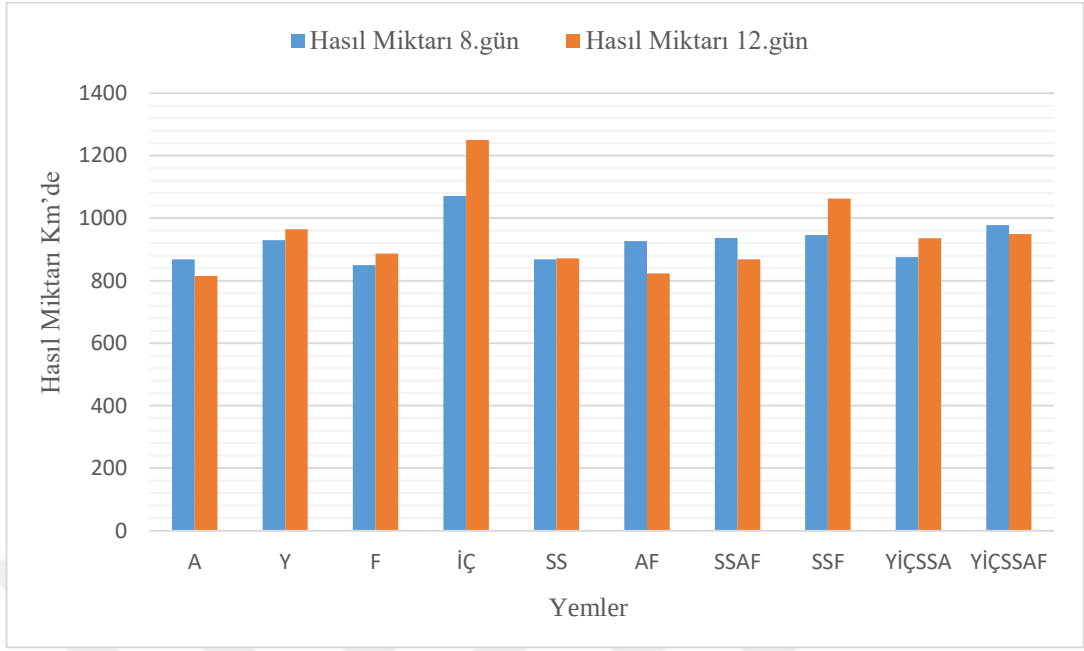
Yemler		8.gün	12.gün
A	H	921.06 ^{bcde}	842.61 ^{de}
	Ş	868.59 ^{cde}	815.19 ^e
Y	H	902.20 ^{bcde}	952.74 ^{cde}
	Ş	930.13 ^{bcde}	964.08 ^{cde}
F	H	957.70 ^{bcd}	967.13 ^{cde}
	Ş	849.55 ^{de}	886.28 ^{de}
İÇ	H	991.40 ^{ab}	1153.71 ^b
	Ş	1070.75 ^a	1250.44 ^a
SS	H	881.83 ^{bcde}	914.44 ^{cde}
	Ş	868.16 ^{cde}	871.47 ^{de}
AF	H	939.75 ^{bcde}	936.84 ^{cde}
	Ş	926.33 ^{bcde}	822.77 ^e
SSAF	H	827.14 ^e	879.91 ^{de}
	Ş	936.59 ^{bcde}	868.53 ^{de}
SSF	H	923.01 ^{bcde}	976.47 ^{cd}
	Ş	945.93 ^{bcd}	1063.02 ^{bc}
YİÇSSA	H	915.31 ^{bcde}	952.60 ^{cde}
	Ş	875.32 ^{cde}	935.71 ^{cde}
YİÇSSAF	H	949.90 ^{bcd}	903.76 ^{de}
	Ş	978.21 ^{abc}	948.69 ^{cde}
OSH		33.655	44.544
YEM		0.791	0.009
BESİN KAYNAĞI		0.001	0.000
YEM* BESİN KAYNAĞI		0.099	0.000

***a-e:** Aynı sütunda farklı harfle gösterilen ortalamalar arasındaki farklılıklar önemlidir (P<0.05). **A:** Arpa, **Y:** Yulaf, **F:** Fiğ, **İÇ:** İtalyan çimi, **SS:** Sorgum x sudan otu melezi , **AF:** Arpa Fiğ karışımı, **SSAF:** Sorgum x sudan otu melezi , Arpa ve Fiğ karışımı, **SSF:** Sorgum x sudan otu melezi ve Fiğ karışımı, **YİÇSSA:** Yulaf, İtalyan çimi, Sorgum x sudan otu melezi ve Arpa karışımı, **YİÇSSAF:** Yulaf, İtalyan çimi, Sorgum x sudan otu melezi , Arpa ve Fiğ karışımı, **H:** Hoagland Solüsyonu, **Ş:** Şebeke Suyu, **OSH:** Ortalamanın standart hatası.

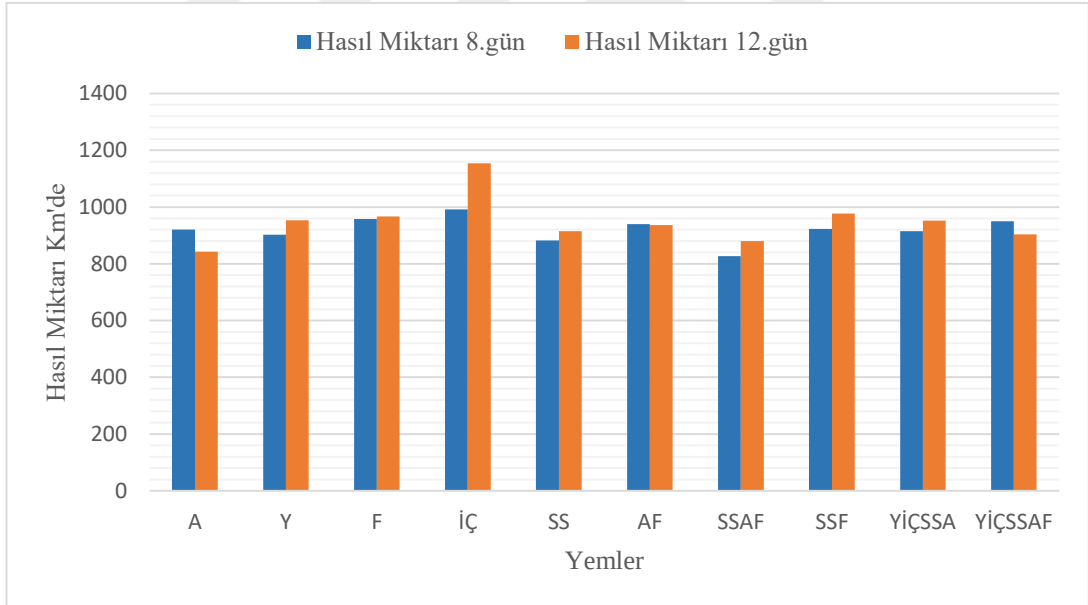
Tablo 4. 19. Günlere göre bir kg tohumdan elde edilen hasıl miktarı KM’de

Yemler		Şebeke suyu	Hoagland solüsyonu
A	8	868.59 ^{def}	921.06 ^{bcd}
	12	815.19 ^f	842.61 ^{cd}
Y	8	930.13 ^{bcdef}	902.20 ^{bcd}
	12	964.08 ^{bcde}	952.74 ^{bc}
F	8	849.55 ^{def}	957.70 ^{bc}
	12	886.28 ^{def}	967.13 ^{bc}
İÇ	8	1070.75 ^b	991.40 ^b
	12	1250.44 ^a	1153.71 ^a
SS	8	868.16 ^{def}	881.83 ^{bcd}
	12	871.47 ^{def}	914.44 ^{bcd}
AF	8	926.33 ^{cdef}	939.75 ^{bcd}
	12	822.77 ^{ef}	936.84 ^{bcd}
SSAF	8	936.59 ^{bcdef}	827.14 ^{cd}
	12	868.53 ^{def}	879.91 ^{bcd}
SSF	8	945.93 ^{bcdef}	923.01 ^{bcd}
	12	1063.02 ^{bc}	976.47 ^b
YİÇSSA	8	875.32 ^{def}	915.31 ^{bcd}
	12	935.71 ^{bcdef}	952.60 ^{bcd}
YİÇSSAF	8	978.21 ^{bcd}	949.90 ^{bcd}
	12	948.69 ^{bcdef}	903.76 ^{bcd}
OSH		42.433	36.280
YEM		0.000	0.000
GÜN		0.000	0.103
YEM * GÜN		0.000	0.147

***a-f**: Aynı sütunda farklı harfle gösterilen ortalamalar arasındaki farklılıklar önemlidir (P<0.05). **A**: Arpa, **Y**: Yulaf, **F**: Fiğ, **İÇ**: İtalyan çimi, **SS**: Sorgum x sudan otu melezi , **AF**: Arpa Fiğ karışımı, **SSAF**: Sorgum x sudan otu melezi , Arpa ve Fiğ karışımı, **SSF**: Sorgum x sudan otu melezi ve Fiğ karışımı, **YİÇSSA**: Yulaf, İtalyan çimi, Sorgum x sudan otu melezi ve Arpa karışımı, **YİÇSSAF**: Yulaf, İtalyan çimi, Sorgum x sudan otu melezi , Arpa ve Fiğ karışımı, **H**: Hoagland Solüsyonu, **Ş**: Şebeke Suyu, **OSH**: Ortalamanın standart hatası.



Şekil 4. 1. Şebeke suyu kullanımında günlere göre bir kg tohumdan elde edilen hasıl miktarı KM'de



Şekil 4. 2. Hoagland solüsyonu kullanımında günlere göre bir kg tohumdan elde edilen hasıl miktarı KM'de

4.5. Bir Kg KM' ye Karşılık Elde Edilen Yeşil Yem Miktarı

Denemede kullanılan tohumların (ve tohum karışımlarının) 8. ve 12. gün besin kaynaklarına göre bir kg KM' ye karşılık elde edilen yeşil yem miktarı Tablo 4.20'de ve günlere göre bir kg KM' ye karşılık elde edilen yeşil yem miktarı, g ise Tablo 4.21'de sunulmuştur. Buna göre yem ve besin kaynağına bağlı olarak hasıl verimi muameleden etkilenmiştir ($P<0.05$). Bu çalışmada elde edilen bulgulara göre Yem x besin kaynağı interaksyonu önemli bulunmuştur ($P<0.05$). Hidroponik sistemde hasıl üretimi açısından gerek 8. gün gerekse 12. gün sonrası hasatlarda en yüksek verim miktarına şebeke suyu ile sulanan İtalyan çimi (6156.20 g) tohumları sahip olmuştur ($P<0.05$). En düşük hasıl veriminin ise Hoagland solüsyonu (3327.92 g) ve şebeke suyu kullanımında (3655.86 g) SS tohumlarından elde edildiği görülmüştür ($P<0.01$). Yemler 12. gün sonrası hasat edildiğinde elde edilen hasıl üretim miktarları bakımından besin kaynağı ve yemler ile yemler x besin kaynağı interaksyonunun etkisinin önemli ($P<0.05$) olduğu belirlenmiştir. Hasat yapılan günlere göre incelendiğinde (Tablo 4.21) hasıl üretim miktarları üzerine hem şebeke suyunda hem Hoagland solüsyonunda günlerin ve yem x gün interaksyonunun etkisi önemli bulunmuştur ($P<0.05$). Hasat süresinin uzaması her iki besin kaynağı için, İÇ ve SS hasılları hariç diğer hasıllarda yeşil yem miktarını düşürmüştür. Çalışmada A için belirlenen taze yeşil yem verimi (4543 g), Yousof vd. (2017)'nin bildirdiği değerlerle (4500-5000 g) uyum gösterirken; Tudor vd. (2003), Saidi ve Omar (2015), Ansari vd. (2018), Gümüş ve Bayır (2020) ve Bayır (2021) tarafından bildirilen değerlerden (6360 g-8230 g) ise daha düşük bulunmuştur. Hidroponik sistemde yeşil yem verimini tahılın çeşidi ve kalitesi, metrekafe başına görünen tohum yoğunluğu, ışıkların az yada yoğun oluşu ve konumu (ışığın kırılması), sıcaklık ve nem oranındaki değişiklikler, sulama sıklığı, besin kaynağı ve büyüme aşaması gibi faktörlerin etkilediği çok sayıda araştırmacı tarafından bildirilmiştir (El-Deeba et al., 2009; Dung et al., 2010a; Molla and Sharaiha, 2010; Fazaeli et al., 2012). Nitekim bu çalışmada görülen farklılıkların sebebi de bu faktörlere bağlanabilir.

Tablo 4. 20. Besin kaynaklarına göre bir kg KM' ye karşılık elde edilen yeşil yem miktarı, g

Yemler		8.gün	12.gün
A	H	4201.60 ^{fghi}	3022.01 ^{hi}
	Ş	4543.64 ^{defg}	4422.08 ^{cd}
Y	H	4063.49 ^{ghij}	2862.81 ⁱ
	Ş	4229.03 ^{fghi}	3349.60 ^{fghi}
F	H	3909.30 ^{ij}	3558.30 ^{fgh}
	Ş	4163.41 ^{fghi}	3715.53 ^{efg}
İÇ	H	5844.12 ^b	5563.68 ^b
	Ş	6156.20 ^a	5964.64 ^a
SS	H	3327.92 ^k	3351.98 ^{fghi}
	Ş	3655.86 ^{jk}	3724.16 ^{efg}
AF	H	3899.32 ^{ij}	3198.34 ^{ghi}
	Ş	4903.28 ^{de}	4529.04 ^c
SSAF	H	3996.35 ^{hij}	3176.69 ^{ghi}
	Ş	4028.89 ^{hij}	3474.35 ^{fghi}
SSF	H	4396.77 ^{fghi}	3255.58 ^{ghi}
	Ş	4146.08 ^{ghij}	3357.15 ^{fghi}
YİÇSSA	H	5003.04 ^{cd}	3375.53 ^{fghi}
	Ş	5412.13 ^c	4245.12 ^{cde}
YİÇSSAF	H	4657.33 ^{def}	3348.05 ^{fghi}
	Ş	4460.16 ^{efgh}	3881.99 ^d
OSH		152.136	184.774
YEM		0.046	0.000
BESİN KAYNAĞI		0.000	0.000
YEM* BESİN KAYNAĞI		0.000	0.001

*a-k: Aynı sütunda farklı harfle gösterilen ortalamalar arasındaki farklılıklar önemlidir (P<0.05). A: Arpa, Y: Yulaf, F: Fiğ, İÇ: İtalyan çimi, SS: Sorgum x sudan otu melezi , AF: Arpa Fiğ karışımı, SSAF: Sorgum x sudan otu melezi , Arpa ve Fiğ karışımı, SSF: Sorgum x sudan otu melezi ve Fiğ karışımı, YİÇSSA: Yulaf, İtalyan çimi, Sorgum x sudan otu melezi ve Arpa karışımı, YİÇSSAF: Yulaf, İtalyan çimi, Sorgum x sudan otu melezi , Arpa ve Fiğ karışımı, H: Hoagland Solüsyonu, Ş: Şebeke Suyu, OSH: Ortalamanın standart hatası.

Tablo 4. 21. Günlere göre bir kg KM' ye karşılık elde edilen yeşil yem miktarı, g

Yemler		Şebeke suyu	Hoagland solüsyonu
A	8	4543.64 ^{de}	4201.60 ^{de}
	12	4422.08 ^{def}	3022.01 ^{gh}
Y	8	4229.03 ^{efg}	4063.49 ^{ef}
	12	3349.60 ⁱ	2862.81 ^h
F	8	4163.41 ^{efgh}	3909.30 ^{ef}
	12	3715.53 ^{ghi}	3558.30 ^{fg}
İÇ	8	6156.20 ^b	6844.12 ^a
	12	6964.64 ^a	5563.68 ^b
SS	8	3655.86 ^{hi}	3327.92 ^{gh}
	12	3724.16 ^{ghi}	3351.98 ^{gh}
AF	8	4903.28 ^d	3899.32 ^{ef}
	12	4529.04 ^{de}	3198.34 ^{gh}
SSAF	8	4028.89 ^{efgh}	3996.35 ^{ef}
	12	3474.35 ⁱ	3176.69 ^{gh}
SSF	8	4146.08 ^{efgh}	4396.77 ^{de}
	12	3357.15 ⁱ	3255.58 ^{gh}
YİÇSSA	8	5412.13 ^c	5003.04 ^c
	12	4245.12 ^{efg}	3375.53 ^{gh}
YİÇSSAF	8	4460.16 ^{de}	4657.33 ^{cd}
	12	3881.99 ^{fghi}	3348.05 ^{gh}
OSH		152.136	168.618
YEM		0.046	0.000
GÜN		0.000	0.000
YEM * GÜN		0.000	0.000

***a-i**: Aynı sütunda farklı harfle gösterilen ortalamalar arasındaki farklılıklar önemlidir ($P < 0.05$). **A**: Arpa, **Y**: Yulaf, **F**: Fiğ, **İÇ**: İtalyan çimi, **SS**: Sorgum x sudan otu melezi, **AF**: Arpa Fiğ karışımı, **SSAF**: Sorgum x sudan otu melezi, Arpa ve Fiğ karışımı, **SSF**: Sorgum x sudan otu melezi ve Fiğ karışımı, **YİÇSSA**: Yulaf, İtalyan çimi, Sorgum x sudan otu melezi ve Arpa karışımı, **YİÇSSAF**: Yulaf, İtalyan çimi, Sorgum x sudan otu melezi, Arpa ve Fiğ karışımı, **G**: Günler, **OSH**: Ortalamanın standart hatası.

4.6. *In Vitro* Besin Madde Sindirilebilirliği

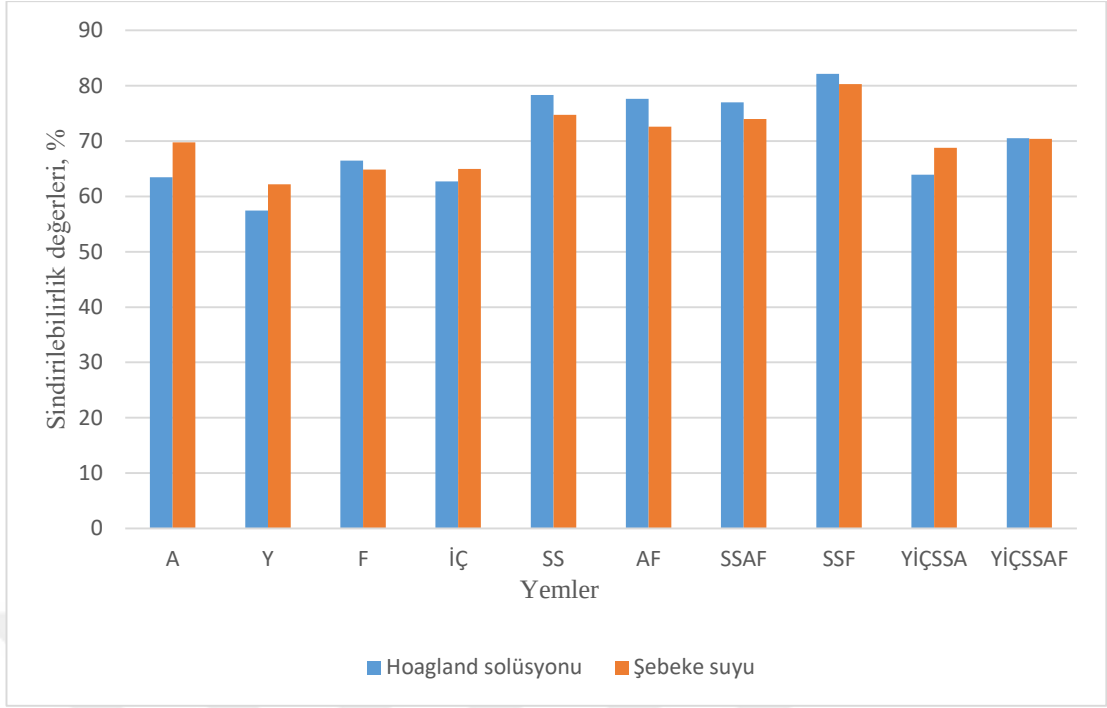
In vitro çalışmada hidroponik olarak yetiştirilen yem ve yem karışımlarının besin madde sindirilebilirliği üzerine etkisi araştırılmış ve yemlere ait *in vitro* gerçek NDF, KM ve OM sindirilebilirlikleri ile ilgili veriler 8. ve 12. gün sonunda yapılan hasat sonrası hasıllara ait veriler Tablo 4.22’de, Şekil 4. 3’te ve Şekil 4.4’te; Günlere göre hasat sonrası hasıllara ait *in vitro* gerçek sindirilebilirlik değerleri ise Tablo 4.23’ te verilmiştir. Çimlendirilmiş bitkinin 8. gün sonunda hasat edilen hasıllarda *in vitro* gerçek sindirilebilirlik değerleri IVNDFS, IVKMS ve IVOMS bakımından Hoagland solüsyonu veya şebeke suyu kullanımında önemli bir farklılık göstermemiştir ($P>0.05$). Hoagland solüsyonu kullanılan SSF yem karışımı en yüksek IVNDFS (%76.63), IVKMS (%80.79) ve IVOMS (%80.13) değerlerine sahip olurken; en düşük IVNDFS (%49.86), IVKMS (%82.51) ve IVOMS (%82.15) değerleri ise Y yeminde bulunmuştur. Diğer besin kaynağı olan şebeke su kullanımında da SSF yem karışımı yine en yüksek IVNDFS (%76.16), IVKMS (%82.51) ve IVOMS (%82.15) değeri gösterirken; en düşük IVNDFS (%49.30), IVKMS (%64.18) ve IVOMS (%62.20) değerlerini Y yemi göstermiştir. Yemler bazında çalışmada IVNDFS, IVKMS ve IVOMS değerleri bakımından önemli bir farklılık görülmemiştir ($P<0.05$). Ayrıca, besin kaynağı x yem interaksyonunun söz konusu parametreler üzerine etkisi önemsiz olmuştur ($P>0.05$). Besin kaynağı ve besin kaynağı x yemler interaksyonunun IVKMS hariç, diğer özellikler üzerine etkisi ise önemli bulunmuştur ($P<0.05$). Çalışmada kullanılan yemlerin ele alınan tüm parametreler üzerine etkisi önemli olmuştur ($P<0.05$). Hoagland solüsyonu kullanılan SSF yem karışımı en yüksek IVNDFS (%71.17), IVKMS (%80.80) ve IVOMS (%80.38) değerleri gösterirken; en düşük IVNDFS değeri (%51.71) Y yeminde; IVKMS (%61.07) ve IVOMS (%59.17) değerleri ise İÇ yeminde belirlenmiştir. Şebeke suyu kullanımında SSF yem karışımı en yüksek IVNDFS (%72.30), IVKMS (%81.37) ve IVOMS (%81.00) değerlerini gösterirken; en düşük IVNDFS (50.70), IVKMS (%57.90) ve IVOMS (%55.47) değerler Y yeminde belirlenmiştir. Her iki tablo (Tablo 4.22 ve Tablo 4.23) birlikte incelendiğinde IVOMS değerleri şebeke suyu kullanımında tüm yemlerde 8. günde yüksek iken 12. günde düşmüştür. Çimlendirilmiş bitkilerin farklı hasat zamanlarına (8. ve 12. günler) göre sindirilebilirlik değerleri incelendiğinde (Tablo 4.23) şebeke suyu kullanımında günlerin ve yem x gün interaksyonunun IVKMS ve IVOMS üzerine etkisi önemli bulunurken ($P<0.05$); Hoagland solüsyonu kullanımında

önemsiz bulunmuştur ($P>0.05$). Şebeke suyu kullanımında yemlerde F, SSAF ve SSF hariç hasat zamanı 8. günden 12. güne çıkması IVOMS değerini düşürmüştür ($P<0.05$). Hoagland solüsyonu kullanımında ise A, Y, F ve YİÇSSA hariç IVOMS değerinde hasat süresinin uzaması ile birlikte düşüş görülmüştür. Çalışmada A yemi için kullanılan 8. gün IVKMS değeri (%70.96) Ansari vd. (2018)'in ve Al-Baadani vd. (2022)'in bildirdiği değerlerden (%72.6-75.07) düşük olurken; Mohsen vd. (2015)'in bildirişinden (%67.96) ise yüksek bulunmuştur. Çalışmada A yemi için kullanılan 8. gün IVOMS değeri (%69.79) Mohsen vd. (2015)'in bildirdiği değer ile (%69.41) uyum gösterirken; Ansari vd. (2018)'in ve Al-Baadani vd. (2022)'in bildirdiği değerlerden (%74.3-78.91) daha düşük bulunmuştur. Ayrıca bu çalışmada Y için kullanılan IVOMS değeri (%64.18) Girma vd. (2018)'in bildirişinden (%40.78-55.78) yüksek bulunmuş; SS için kullanılan IVKMS (%75.73), IVOMS (%74.76) ve IVNDFS (%71.98) değerleri Ansari vd. (2018)'in bildirişlerinden IVKMS (%35.29), IVOMS (%43.64) ve IVNDFS (%57.34) yüksek bulunmuştur.

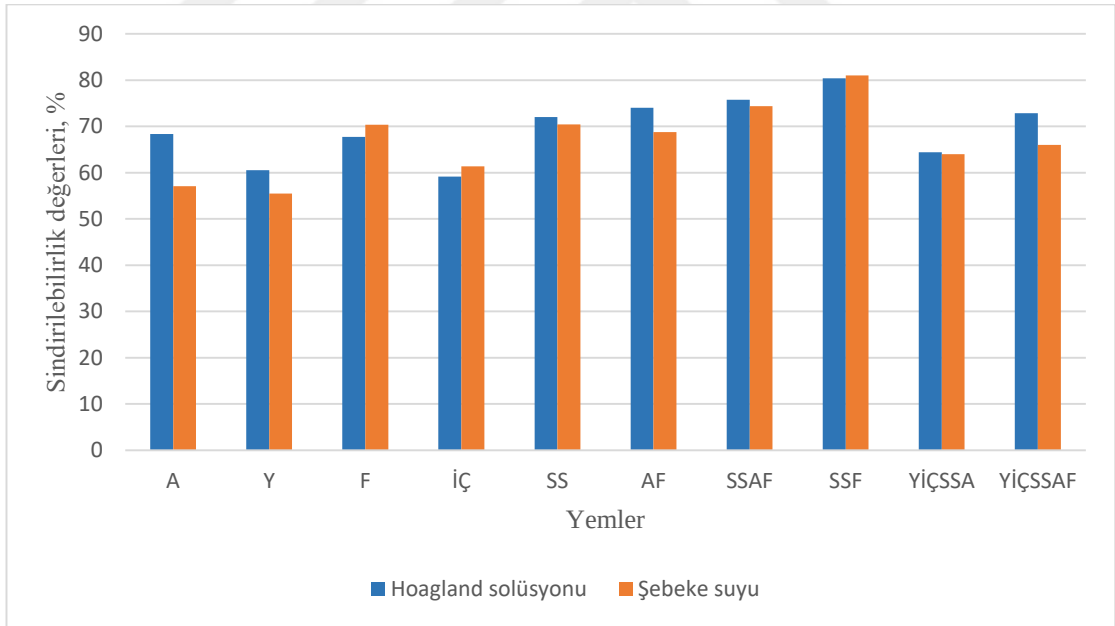
Tablo 4. 22. Çimlendirilmiş bitkilerin besin kaynaklarına göre sindirilebilirlik değerleri, %

Yemler		IVNDFS	IVKMS	IVOMS	IVNDFS	IVKMS	IVOMS
		8.gün			12.gün		
A	H	57.51 ^{defg}	65.17 ^{hij}	63.48 ^{hijk}	62.91 ^{abcd}	69.62 ^{efg}	68.33 ^{efg}
	Ş	63.10 ^{bcde}	70.96 ^{efgh}	69.79 ^{efghi}	53.69 ^{def}	59.24 ^{ik}	57.06 ^{ik}
Y	H	49.86 ^{fg}	59.69 ^j	57.47 ^k	51.71 ^{ef}	62.55 ^{ij}	60.50 ^{ijk}
	Ş	49.30 ^g	64.18 ^{ij}	62.20 ^{jk}	50.70 ^f	57.90 ^k	55.47 ^k
F	H	68.18 ^{abc}	68.16 ^{fghi}	66.50 ^{ghij}	63.35 ^{abcd}	69.21 ^{efg}	67.72 ^{efg}
	Ş	64.37 ^{bcde}	66.52 ^{ghi}	64.88 ^{hij}	64.61 ^{abc}	71.73 ^{def}	70.37 ^{cdef}
İÇ	H	55.99 ^{efg}	64.33 ^{ij}	62.72 ^{ijk}	54.75 ^{cdef}	61.07 ^{jk}	59.17 ^{ijk}
	Ş	55.79 ^{efg}	66.45 ^{ghi}	64.99 ^{hij}	60.77 ^{bcdef}	63.09 ^{hij}	61.34 ^{hij}
SS	H	71.88 ^{ab}	78.77 ^{abc}	78.33 ^{abc}	63.92 ^{abcd}	73.09 ^{cde}	72.01 ^{cde}
	Ş	71.98 ^{ab}	75.73 ^{bcde}	74.76 ^{bcdef}	64.60 ^{abc}	71.62 ^{def}	70.45 ^{cdef}
AF	H	66.35 ^{bcd}	78.28 ^{abc}	77.65 ^{abcd}	59.60 ^{cdef}	74.95 ^{cd}	74.05 ^{cd}
	Ş	65.33 ^{bcd}	73.83 ^{cdef}	72.60 ^{cdefg}	63.38 ^{abcd}	70.05 ^{efg}	68.78 ^{defg}
SSAF	H	67.94 ^{abc}	77.64 ^{abcd}	76.99 ^{bcde}	60.18 ^{cdef}	76.60 ^{bc}	75.78 ^{bc}
	Ş	68.39 ^{abc}	75.09 ^{bcde}	73.98 ^{bcdef}	64.66 ^{abc}	75.30 ^{cd}	74.37 ^c
SSF	H	76.16 ^a	82.51 ^a	82.15 ^a	71.17 ^{ab}	80.80 ^{ab}	80.38 ^{ab}
	Ş	76.63 ^a	80.79 ^{ab}	80.33 ^{ab}	72.30 ^a	81.37 ^a	81.00 ^a
YİÇSSA	H	58.33 ^{def}	65.57 ^{ghij}	63.95 ^{hijk}	57.54 ^{cdef}	66.00 ^{ghi}	64.42 ^{ghi}
	Ş	61.00 ^{cde}	70.13 ^{efghi}	68.79 ^{fghij}	62.01 ^{abcde}	65.64 ^{ghi}	63.99 ^{ghi}
YİÇSSAF	H	60.51 ^{cde}	71.82 ^{defg}	70.54 ^{defgh}	63.83 ^{abcd}	73.82 ^{cde}	72.86 ^{cde}
	Ş	63.87 ^{bcde}	71.74 ^{defg}	70.39 ^{defgh}	62.90 ^{abcd}	67.48 ^{fgh}	65.99 ^{fgh}
OSH		1.972	2.722	2.255	3.134	1.470	1.695
YEM		0.697	0.566	0.773	0.451	0.001	0.001
BESİN KAYNAĞI		0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
YEM* BESİN KAYNAĞI		0.121	0.894	0.159	0.488	0.001	0.004

*a-k: Aynı sütunda farklı harfle gösterilen ortalamalar arasındaki farklılıklar önemlidir (P<0.05). **A:** Arpa, **Y:** Yulaf, **F:** Fiğ, **İÇ:** İtalyan çimi, **SS:** Sorgum x sudan otu melezi, **AF:** Arpa Fiğ karışımı, **SSAF:** Sorgum x sudan otu melezi, Arpa ve Fiğ karışımı, **SSF:** Sorgum x sudan otu melezi ve Fiğ karışımı, **YİÇSSA:** Yulaf, İtalyan çimi, Sorgum x sudan otu melezi ve Arpa karışımı, **YİÇSSAF:** Yulaf, İtalyan çimi, Sorgum x sudan otu melezi, Arpa ve Fiğ karışımı, **IVNDFS:** *İn vitro* NDF sindirilebilirliği, **IVKMS:** *İn vitro* gerçek kuru madde sindirilebilirliği, **IVOMS:** *İn vitro* organik maddeler sindirilebilirliği, **H:** Hoagland solüsyonu, **Ş:** Şebeke suyu, **OSH:** Ortalamanın standart hatası.



Şekil 4. 3. Çimlendirilmiş bitkilerin besin kaynaklarına göre sindirilebilirlik değerleri, % (8.gün)



Şekil 4. 4. Çimlendirilmiş bitkilerin besin kaynaklarına göre sindirilebilirlik değerleri, % (12.gün)

Tablo 4. 23. Çimlendirilmiş bitkilerin günlere göre sindirilebilirlik değerleri, %

Yemler		IVNDFS	IVKMS	IVOMS	IVNDFS	IVKMS	IVOMS
		Şebeke suyu			Hoagland solüsyonu		
A	8	63.10 ^{bcd}	70.96 ^{bcd}	69.79 ^{cde}	57.51 ^{defg}	65.17 ^{ijk}	63.49 ^{ijkl}
	12	53.69 ^{ef}	59.24 ^{fg}	57.06 ^{hi}	62.91 ^{bcde}	69.62 ^{fghi}	68.33 ^{efghi}
Y	8	49.30 ^f	64.18 ^{ef}	62.20 ^{fgh}	49.86 ^g	59.69 ^k	57.47 ^l
	12	50.70 ^f	57.90 ^g	55.47 ⁱ	51.71 ^{fg}	62.55 ^{jk}	60.50 ^{ijkl}
F	8	64.37 ^{bcd}	66.52 ^{cde}	64.88 ^{efg}	68.18 ^{abc}	68.16 ^{hi}	66.50 ^{ghij}
	12	64.61 ^{bcd}	71.73 ^{bc}	70.37 ^{cde}	63.35 ^{bcde}	69.21 ^{fghi}	67.72 ^{fghi}
İÇ	8	55.79 ^{def}	66.45 ^{cde}	64.99 ^{efg}	55.99 ^{defg}	64.33 ^{ijk}	62.72 ^{ijkl}
	12	60.77 ^{cde}	63.09 ^{efg}	61.34 ^{fghi}	54.75 ^{efg}	61.08 ^{jk}	59.17 ^{kl}
SS	8	71.98 ^{ab}	75.73 ^b	74.76 ^{bc}	71.88 ^{ab}	78.77 ^{abc}	78.33 ^{abc}
	12	64.60 ^{bcd}	71.62 ^{bc}	70.45 ^{cde}	63.92 ^{bcde}	73.09 ^{defgh}	72.01 ^{cdefg}
AF	8	65.33 ^{bc}	73.83 ^b	72.60 ^{de}	66.35 ^{abcd}	78.28 ^{abcd}	77.65 ^{abc}
	12	63.38 ^{bcd}	70.05 ^{bcd}	68.79 ^{cdef}	59.60 ^{cdefg}	74.95 ^{cdef}	74.05 ^{cde}
SSAF	8	68.39 ^{abc}	75.09 ^b	73.98 ^c	67.94 ^{abc}	77.64 ^{abcd}	76.99 ^{abc}
	12	64.66 ^{bcd}	75.30 ^b	74.37 ^{bc}	60.19 ^{cdef}	76.60 ^{bcde}	75.78 ^{bcd}
SSF	8	76.63 ^a	80.78 ^a	80.33 ^{ab}	76.16 ^a	82.51 ^a	82.15 ^a
	12	72.30 ^{ab}	81.38 ^a	81.00 ^a	71.17 ^{ab}	80.80 ^{ab}	80.38 ^{ab}
YİÇSSA	8	61.01 ^{cde}	70.13 ^{bcd}	68.79 ^{cdef}	58.33 ^{cdefg}	65.57 ^{ij}	63.95 ^{ijk}
	12	62.01 ^{cde}	65.64 ^{de}	63.99 ^{efg}	57.54 ^{defg}	66.00 ^{ij}	64.42 ^{hijk}
YİÇSSAF	8	63.87 ^{bcd}	71.74 ^{bc}	70.39 ^{cde}	60.51 ^{cdef}	71.82 ^{efgh}	70.54 ^{defgh}
	12	62.90 ^{bcd}	67.48 ^{cde}	65.99 ^{defg}	63.83 ^{bcde}	73.82 ^{cdefg}	72.86 ^{cdef}
OSH		2.787	1.740	2.042	3.076	1.738	1.946
YEM		0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
GÜN		0.114	0.000	0.001	0.092	0.588	0.603
YEM * GÜN		0.323	0.004	0.011	0.314	0.136	0.154

*a-l: Aynı sütunda farklı harfle gösterilen ortalamalar arasındaki farklılıklar önemlidir (P<0.05). **A**: Arpa, **Y**: Yulaf, **F**: Fiğ, **İÇ**: İtalyan çimi, **SS**: Sorgum x sudan otu melezi, **AF**: Arpa Fiğ karışımı, **SSAF**: Sorgum x sudan otu melezi, Arpa ve Fiğ karışımı, **SSF**: Sorgum x sudan otu melezi ve Fiğ karışımı, **YİÇSSA**: Yulaf, İtalyan çimi, Sorgum x sudan otu melezi ve Arpa karışımı, **YİÇSSAF**: Yulaf, İtalyan çimi, Sorgum x sudan otu melezi, Arpa ve Fiğ karışımı, **IVNDFS**: *İn vitro* NDF sindirilebilirliği, **IVKMS**: *İn vitro* gerçek kuru madde sindirilebilirliği, **IVOMS**: *İn vitro* organik maddeler sindirilebilirliği, **H**: Hoagland solüsyonu, **Ş**: Şebeke suyu, **OSH**: Ortalamanın standart hatası.

4.7. Yemlerin *İn Vitro* Gaz Üretim Miktarları

Hidroponik sistemle yetiştirilen arpa; fiğ; İtalyan çimi; sorgum x sudan otu melezi; arpa fiğ karışımı; sorgum x sudan otu melezi, arpa ve fiğ karışımı; sorgum x sudan otu melezi ve fiğ karışımı; yulaf, İtalyan çimi, sorgum x sudan otu melezi ve arpa karışımı; yulaf, İtalyan çimi, sorgum x sudan otu melezi, arpa ve fiğ karışımlarına ait hasılların *İn vitro* gaz üretimleri ve buna bağlı parametreler ile metan üretimlerine ait veriler ele alınmıştır.

İn vitro gaz üretim tekniğinde kullanılan rumen sıvısına ait pH değeri 5.68 (5.67 – 5.70) ve NH₃-N miktarı 365 mg/l (307 – 410 mg/l) olarak bulunmuştur. Elde edilen sonuçlar, çalışmada kullanılan rumen sıvısının standart rumen sıvısı özelliği taşıdığını göstermekte olup, söz konusu değerler literatür bildirişlerine benzer bulunmuştur (Kılıç, 2005; Foley et al., 2009; Kılıç, 2009; Lascano and Heinrichs, 2009; Kaya vd., 2011; Cantalapiedra-Hijar et al., 2011; Canbolat, 2012; Şahin vd., 2013). Buna göre çalışmada elde edilen sonuçların rumen sıvısına ait özelliklerden dolayı önemli ölçüde etkilenmiş olduğu söylenemez.

Çimlenmiş bitkilerin (8. günde yapılan hasat sonrası) gaz üretim miktarları Tablo 4.24' te, Şekil 4.5'te ve Şekil 4.6' de; gaz üretim parametreleri Tablo 4.25'te, Şekil 4.7'de ve ME, NE_L ve OMS değerleri ise Tablo 4.26'da verilmiştir. Çizelgelerden de görüldüğü gibi bütün inkübasyonlar boyunca yemlere ait en düşük gaz üretimi Hoagland solüsyonu kulanılan yemlerden elde edilmiştir. Hoagland solüsyonunda çimlendirilen yemler içerisinde 3, 24, 48 ve 96. saatlik inkübasyonlarında en düşük gaz üretim değerine İÇ; 6. ve 9. saatlik inkübasyonunda ise Y sahip olmuştur (P<0.05). En yüksek değer ise tüm inkübasyon süreleri boyunca SSAF karışımından elde edilmiştir. Şebeke suyu kullanılan yemlerde en düşük değerler 3. saatte İÇ'de; 6, 9, 12, 72 ve 96. saatlerde YİÇSSAF' de; 24. ve 48. saatlerde ise Y' de tespit edilirken; en yüksek değer SSF karışımında elde edilmiştir. Yemler bazında 48, 72 ve 96. saatlik inkübasyon sürelerinde oluşan gaz üretim değerleri arasında önemli farklılıklar olmuştur (P<0.05). Diğer İnkübasyon sürelerinde meydana gelen farklılıklar ise önemsiz bulunmuştur. Besin kaynakları bakımından tüm İnkübasyon süreleri boyunca gaz üretim değerleri arasında önemli farklılıklar bulunmuştur (P<0.05). Hoagland solüsyonu kullanılarak çimlendirilen yemler içerisinde 24 saatlik inkübasyonları bakımından en düşük değer İÇ'de (36.75 ml) olurken; en yüksek değer SSAF' de (62.22 ml) belirlenmiştir. Şebeke suyu kullanılan

yemlere ait 24 saatlik inkübasyon değerleri incelendiğinde, en düşük ve en yüksek değerler sırasıyla Y'de (39.16 ml) ve SSF (53.03 ml) karışımında tespit edilmiştir. Yemlerin çimlendirilmesinde Hoagland solüsyonu veya şebeke suyu kullanımı dikkate alındığında, 24. saatlik inkübasyon sonrasında elde edilen gaz üretim değerleri 62.22 ml Hoagland solüsyonuna karşın 43.27 ml şebeke suyu kullanılan SSAF karışımı hariç, besin kaynağının diğer yemlerin gaz üretim miktarları üzerine etkisi önemsiz olmuştur ($P>0.05$). Buna göre SSAF hariç diğer bütün yem ve karışımlarda besin kaynağı olarak daha ucuz yani ekonomik olan şebeke suyunun kullanılabileceği anlaşılmaktadır. Fazaeli vd. (2012) tarafından arpa tanesini 6, 7 ve 8 günlük periyotlar boyunca hidroponik yetiştirme odasında çimlendirilmiş ve bunlarda 24 saat *in vitro* gaz üretim değerleri sırasıyla 75.45 ml, 72.7 ml, 71.33 ml olarak belirlenmiştir. Erken inkübasyon sürelerinde arpa tanesinde gaz üretimi daha düşük olurken, inkübasyonların 12. saat ve sonrasında gaz üretim miktarı artış göstermiştir. Ayrıca araştırmacılar, büyüme döngüsünün 6 günden 8 güne uzatılmasıyla özellikle 48 ve 72 saatlik inkübasyonda gaz üretiminde azalma eğilimi olduğunu bildirmişlerdir. Mevcut çalışmada çimlendirilmiş arpa yemine ait 24 saatlik gaz üretim miktarları 43.03 ml-43.14 ml aralığında tespit edilmiştir. Bu sonuçlar Fazaeli vd. (2012) ile Soto et al. (2012) hidroponik yulaf için bildirdikleri gaz üretim miktarlarından daha düşük bulunmuştur. Denemede kullanılan yemler için 24 saat sonrasında ölçülen pH değerleri 6.20-6.51 arasında değişmiştir. Çalışmada pH değeri üzerine yemlerin ve besin kaynağının etkisi önemli olmuştur ($P<0.05$). Nitekim, rumende bakteri üremesi için optimum pH 6.4; uygun olmayan pH değerleri ise 5.5 olarak bildirilmektedir (Cardozo et al., 2000).

Çalışmada 8 gün sonra hasat edilen hasılların gaz üretim parametreleri (a, b, c ve a+b) Tablo 4.25'te verilmiştir. Buna göre; "a" değeri (yemin enjektöre konulduğu ilk anda oluşan gaz üretimi) bakımından Hoagland solüsyonu kullanılan yemlerde en yüksek değer A (10.99 ml); en düşük değer ise İÇ (5.84 ml) olmuştur. Şebeke suyunda ise en yüksek ve en düşük değerler sırasıyla SS (15.20 ml) ve İÇ (7.99 ml) olmuştur. Yem, besin kaynağı ve yem x besin kaynağı interaksyonu "a" değerinde önemli bulunmuştur ($P<0.05$). Çalışmada ele alınan yemler incelendiğinde F yemi hariç karışım olmayan diğer yemlerde şebeke suyu kullanılan yemlerde "a" değeri daha yüksek bulunmuştur. Karışımlara F yeminin eklenmesi "a" değerini düşürmüştür.

Zamana bağlı olarak oluşan gaz miktarını tanımlayan "b" değeri bakımından yemlerin çimlendirilmesinde besin kaynağı olarak Hoagland solüsyonu kullanımında

en yüksek deęer SSAF (68.57 ml); en dūřuk deęer ise AF (39.76 ml) karıřımlarında olmuřtur. řebeke suyu kullanımında ise en yüksek ve en dūřuk deęerler sırasıyla SSF (52.62 ml) ve Y (39.94) yemlerinde gōrūlmūřtur. Yem, besin kaynaęı ve yem x besin kaynaęı interaksyonu “b” deęerinde önemli bulunmuřtur ($P<0.05$). Bu sonuçlar Fazaeli vd. (2012) bildirdięi deęerlerden (78.35-85.49) dūřuk bulunmuřtur.

Gaz üretim hızını gōsteren “c” deęeri bakımından Hoagland solūyonu kullanılan yemlerde en yüksek deęer SSF (0.07 ml/h); en dūřuk deęer Y (0.04 ml/h) olmuřtur. Besin kaynaęı olarak řebeke suyu kullanımında ise en yüksek ve en dūřuk deęerler sırasıyla F’de (0.08 ml/h) ve A, Y ve SS’ de (0.05 ml/h) belirlenmiřtir. Besin kaynaęı ile yem x besin kaynaęı interaksyonu “c” deęeri için önemli bulunmuřtur ($P<0.05$). Bu sonuç Fazaeli vd. (2012)’nin bildiriřinden (0.10-0.12 ml/h) ve Soto vd. (2012)’nun çimlendirilmiř yulafa için bildirdięi “c” deęerinden (0.06 ml/h) daha dūřuk olmuřtur.

Toplam gaz üretimini tanımlayan “a+b” deęeri bakımından Hoagland solūyonu kullanılan yemlerde en yüksek deęer SSAF (78.69 ml); en dūřuk deęer İ (47.73 ml) olmuřtur. řebeke suyu kullanımında ise en yüksek ve en dūřuk deęer sırasıyla SSF (64.50 ml) ve YİÇSSAF (50.26 ml) olmuřtur. Yem, besin kaynaęı ve yem x besin kaynaęı interaksyonunun “a+b” için etkisi önemli bulunmuřtur ($P<0.05$).

Çalıřmada inkūbasyon 24 saat sonrasında ōlülen metan miktarlarının 3.27 ile 9.60 ml aralıęında deęiřtięi tespit edilmiřtir. Hoagland solūyonu kullanılan yemlerde en yüksek metan deęerine (9.60 ml) SSAF sahip olurken, en dūřuk deęer İ’de (3.33 ml) tespit edilmiřtir. řebeke suyu kullanımında ise en yüksek ve en dūřuk deęer sırasıyla SSF (8.35 ml) ve Y’de (3.27) gōrūlmūřtur. Çimlendirilmiř bitkilerin 24.saatlik inkūbasyonu sonrasında ōretilen metan miktarı ōzerine besin kaynaęı ile yem x besin kaynaęı interaksyonu önemli bulunmuřtur ($P<0.05$).

Çimlendirilmiř bitkilerin 8. günde hasat edilen hasıllarda OMS, ME ve NE_L deęerleri incelendięinde (Tablo 4.26) ME, NE_L ve OMS deęerleri bakımından Hoagland solūyonu kullanmıř yemlerde en yüksek ME: F (13.73 MJ/kg KM), en dūřuk ME ise İ (8.67 MJ/kg KM)’de; NE_L deęeri bakımından en yüksek deęer SSAF (7.62 MJ/kg KM), en dūřuk deęer İ (4.67 MJ/kg KM) yemlerinde; OMS deęeri bakımından ise en yüksek deęer SSAF (%82.61), en dūřuk deęer Y (%57.27)’de tespit edilmiřtir. řebeke suyu kullanılmıř (13.94 MJ/kg KM) en yüksek ME deęerine; SSF (6.58 MJ/kg KM) NE_L deęerine; F ise (%72.76) en yüksek OMS deęerlerine sahip olurken; en dūřuk deęerler sırasıyla ME için, Y yeminde (8.94 MJ/kg KM); NE_L

için İÇ yeminde (5.00 MJ/kg KM) OMS, Y yeminde (%57.58) belirlenmiştir.

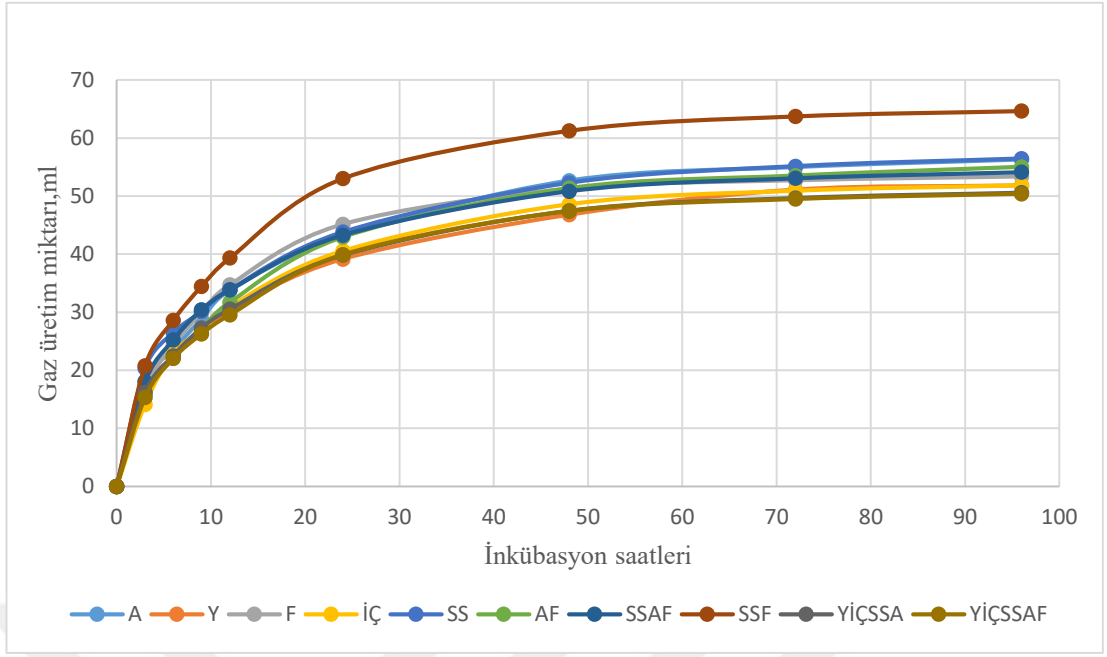
Çimlendirilmiş bitkileerin (8.gün hasat edilen hasıl için)) ME, OMS ve NE_L değerleri üzerine yem, besin kaynağı ve yem x besin kaynağının interaksyonu önemli bulunmuştur (P<0.05).

Fazaeli vd. (2012) çimlendirilmiş arpaların OMS değerlerini %81.86-85.53 arasında; metabolize edilebilir enerji (ME) değerlerinin ise 2.714-2.838 Mcal/kg KM arasında değiştiğini bildirmişlerdir. Soto vd. (2012) çimlendirilmiş yulafın organik madde sindirilebilirliğini %72.8; metabolize edilebilir enerji (ME) değerini ise 2.2 Mcal/kg KM olarak rapor etmişlerdir. Bu çalışmada elde edilen OMS değerleri, literatür bildirişlerinden daha yüksek olurken, ME değerleri ise bu bildirişlere benzer bulunmuştur.

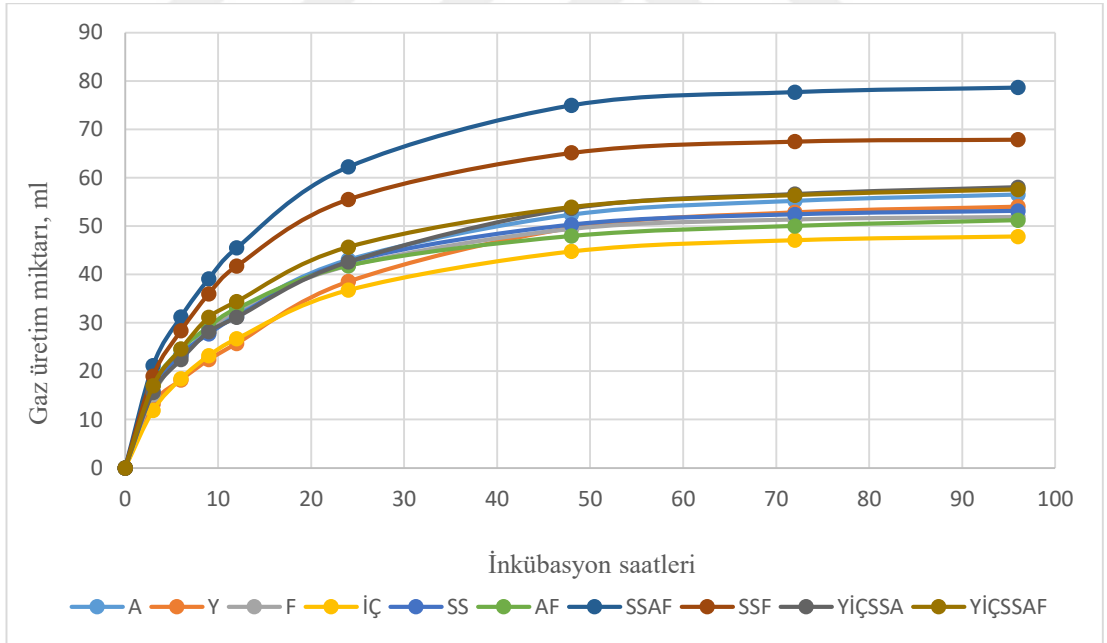
Tablo 4. 24. Çimlendirilmiş bitkilerin (8. gün) gaz üretim miktarları, ml

Yemler	Besin kaynağı	İnkübasyon Süreleri, saat								pH
		3	6	9	12	24	48	72	96	
A	H	17.12 ^{cde}	23.20 ^{cd}	28.50 ^{de}	32.15 ^{cd}	43.03 ^{cdef}	52.36 ^c	55.21 ^c	56.52 ^c	6.35 ^{cd}
	Ş	18.02 ^{bcd}	23.53 ^{cd}	28.83 ^{de}	33.77 ^{cd}	43.14 ^{cde}	52.67 ^c	55.00 ^c	56.31 ^c	6.43 ^{abc}
Y	H	13.20 ^{gh}	18.18 ^e	22.40 ^g	25.74 ^f	38.53 ^{ef}	49.66 ^{cd}	52.86 ^{cd}	54.03 ^{cd}	6.22 ^{fg}
	Ş	16.59 ^{cde}	22.32 ^d	26.29 ^{de}	30.29 ^{cde}	39.16 ^{def}	46.79 ^{cd}	51.10 ^{cd}	51.83 ^{cd}	6.31 ^{def}
F	H	15.14 ^{efg}	23.15 ^{cd}	28.06 ^{de}	32.61 ^{cd}	41.78 ^{cdef}	49.41 ^{cd}	51.35 ^{cd}	51.88 ^{cd}	6.46 ^{ab}
	Ş	16.85 ^{cde}	24.28 ^{cd}	30.01 ^{de}	34.73 ^c	45.16 ^{cd}	51.29 ^{cd}	52.73 ^{cd}	53.39 ^{cd}	6.51 ^a
İÇ	H	11.87 ^h	18.44 ^e	23.20 ^{fg}	26.71 ^{ef}	36.75 ^f	44.75 ^d	47.07 ^d	47.85 ^d	6.35 ^{cd}
	Ş	14.13 ^{fgh}	22.94 ^d	26.81 ^{ef}	30.98 ^{cde}	40.56 ^{cdef}	48.59 ^{cd}	50.92 ^{cd}	51.84 ^{cd}	6.38 ^{bcd}
SS	H	15.82 ^{def}	23.42 ^{cd}	27.71 ^{de}	31.29 ^{cd}	42.55 ^{cdef}	50.29 ^{cd}	52.42 ^{cd}	53.13 ^{cd}	6.24 ^{efg}
	Ş	20.35 ^{ab}	26.46 ^{bc}	30.10 ^{de}	33.90 ^{cd}	43.80 ^{cde}	52.28 ^c	55.14 ^c	56.46 ^c	6.31 ^{def}
AF	H	17.07 ^{cde}	24.49 ^{cd}	29.17 ^{de}	32.96 ^{cd}	41.81 ^{cdef}	47.93 ^{cd}	50.01 ^{cd}	51.20 ^{cd}	6.33 ^{de}
	Ş	15.82 ^{def}	22.17 ^d	27.12 ^{de}	31.72 ^{cd}	42.95 ^{cdef}	51.36 ^{cd}	53.53 ^{cd}	55.03 ^{cd}	6.38 ^{bcd}
SSAF	H	21.15 ^a	31.21 ^a	39.1 ^a	45.48 ^a	62.22 ^a	74.96 ^a	77.70 ^a	78.63 ^a	6.29 ^{def}
	Ş	18.05 ^{bcd}	25.23 ^{cd}	30.45 ^{de}	33.86 ^{cd}	43.27 ^{cde}	50.85 ^{cd}	53.07 ^{cd}	54.12 ^{cd}	6.43 ^{abc}
SSF	H	18.99 ^{abc}	28.34 ^{ab}	36.00 ^{ab}	41.75 ^{ab}	55.51 ^b	65.13 ^b	67.47 ^b	67.87 ^b	6.20 ^g
	Ş	20.78 ^a	28.61 ^{ab}	34.47 ^{bc}	39.33 ^b	53.03 ^b	61.26 ^b	63.74 ^b	64.66 ^b	6.37 ^{bcd}
YİÇSSA	H	15.58 ^{defg}	22.39 ^d	28.17 ^{de}	31.15 ^{cde}	42.59 ^{cdef}	53.65 ^c	56.61 ^c	58.04 ^c	6.24 ^{efg}
	Ş	16.18 ^{def}	22.51 ^d	27.28 ^{de}	30.53 ^{cde}	39.84 ^{cdef}	47.47 ^{cd}	49.67 ^{cd}	50.58 ^c	6.32 ^{de}
YİÇSSAF	H	16.95 ^{cde}	24.58 ^{cd}	31.16 ^{cd}	34.41 ^c	45.66 ^c	53.93 ^c	56.39 ^c	57.57 ^c	6.30 ^{def}
	Ş	15.30 ^{efg}	22.02 ^d	26.29 ^{ef}	29.55 ^{def}	39.91 ^{cdef}	47.43 ^{cd}	49.50 ^{cd}	50.41 ^{cd}	6.38 ^{bcd}
OSH		0.779	1.030	1.224	1.383	1.865	2.173	2.278	2.288	0.028
YEM		0.012	0.567	0.294	0.372	0.024	0.002	0.003	0.003	0.000
BESİN KAYNAĞI		0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
YEM* BESİN KAYNAĞI		0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.424

*a-h: Aynı sütunda farklı harfle gösterilen ortalamalar arasındaki farklılıklar önemlidir (P<0.05). **A:** Arpa, **Y:** Yulaf, **F:** Fiğ, **İÇ:** İtalyan çimi, **SS:** Sorgum x sudan otu melezi , **AF:** Arpa Fiğ karışımı, **SSAF:** Sorgum x sudan otu melezi , Arpa ve Fiğ karışımı, **SSF:** Sorgum x sudan otu melezi ve Fiğ karışımı, **YİÇSSA:** Yulaf, İtalyan çimi, Sorgum x sudan otu melezi ve Arpa karışımı, **YİÇSSAF:** Yulaf, İtalyan çimi, Sorgum x sudan otu melezi , Arpa ve Fiğ karışımı, **H:** Hoagland solüsyonu, **Ş:** Şebeke suyu, **OSH:** Ortalamanın standart hatası.



Şekil 4. 5. Çimlendirilmiş bitkilerin (8.gün) gaz üretim miktarları, ml (Şebeke suyu)

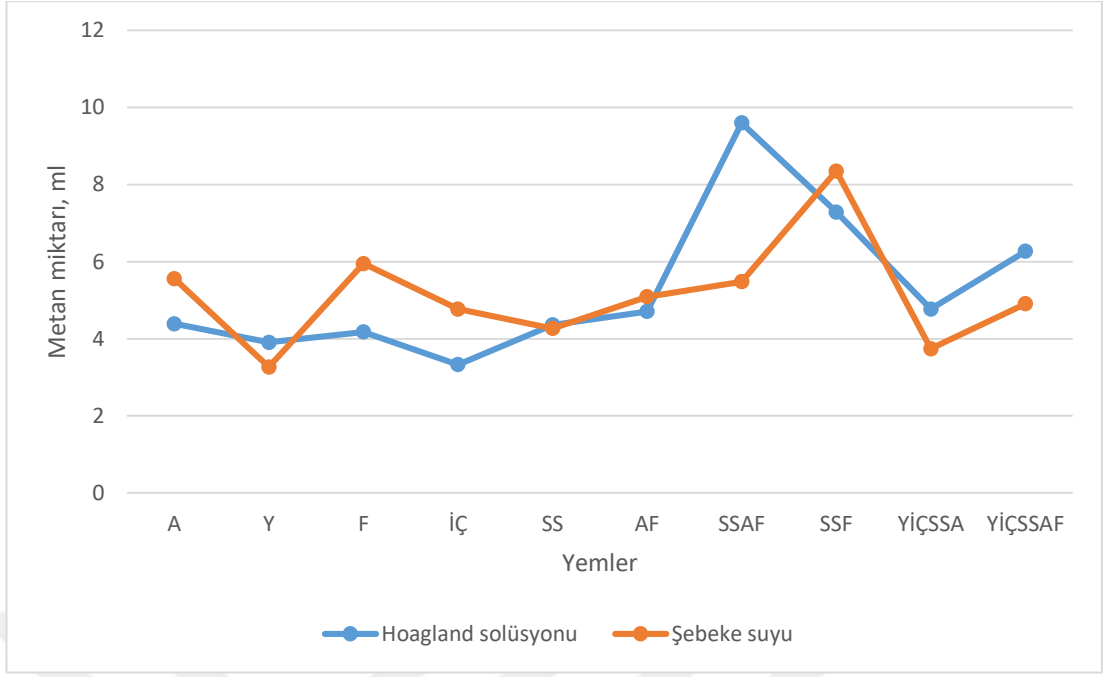


Şekil 4. 6. Çimlendirilmiş bitkilerin (8.gün) gaz üretim miktarları, ml (Hoagland solüsyonu)

Tablo 4. 25. Çimlendirilmiş bitkilerin (8. gün) gaz üretim parametreleri

Yemler	Besin kaynağı	a, ml	b, ml	c, ml/saat	a+b, ml	Metan,ml
A	H	10.99 ^{bcd}	45.47 ^{cde}	0.05 ^{de}	56.46 ^d	4.39 ^{defg}
	Ş	11.60 ^b	44.56 ^{de}	0.05 ^{de}	56.15 ^d	5.56 ^{cdef}
Y	H	6.90 ^{ef}	48.14 ^{cd}	0.04 ^e	55.04 ^{de}	3.91 ^{fg}
	Ş	11.92 ^b	39.94 ^e	0.05 ^{de}	51.86 ^{de}	3.27 ^g
F	H	8.10 ^{def}	43.43 ^{de}	0.07 ^{abc}	51.53 ^{de}	4.18 ^{efg}
	Ş	8.04 ^{def}	44.96 ^{de}	0.08 ^a	52.99 ^{de}	5.95 ^{cde}
İÇ	H	5.84 ^f	41.89 ^{de}	0.06 ^{bcd}	47.73 ^e	3.33 ^g
	Ş	7.99 ^{def}	43.39 ^{de}	0.06 ^{bc}	51.39 ^{de}	4.77 ^{defg}
SS	H	9.26 ^{bcde}	43.77 ^{de}	0.06 ^{bcd}	53.03 ^{de}	4.36 ^{defg}
	Ş	15.20 ^a	41.22 ^{de}	0.05 ^{de}	56.42 ^d	4.27 ^{defg}
AF	H	10.59 ^{bcd}	39.76 ^e	0.07 ^{abc}	50.34 ^{de}	4.71 ^{defg}
	Ş	8.79 ^{cde}	45.89 ^{cde}	0.06 ^{cd}	54.69 ^{de}	5.09 ^{defg}
SSAF	H	10.12 ^{bcd}	68.57 ^a	0.06 ^{bcd}	78.69 ^a	9.60 ^a
	Ş	11.89 ^b	41.70 ^{de}	0.06 ^{bcd}	53.59 ^{de}	5.48 ^{cdef}
SSF	H	8.03 ^{def}	59.88 ^b	0.07 ^{ab}	67.90 ^b	7.29 ^{bc}
	Ş	11.88 ^b	52.62 ^c	0.06 ^{bcd}	64.50 ^{bc}	8.35 ^{ab}
YİÇSSA	H	9.71 ^{bcd}	48.50 ^{cd}	0.05 ^{de}	58.21 ^{cd}	4.77 ^{defg}
	Ş	10.37 ^{bcd}	39.96 ^e	0.06 ^{cd}	50.33 ^{de}	3.74 ^{fg}
YİÇSSAF	H	9.69 ^{bcd}	47.29 ^{cde}	0.06 ^{bcd}	56.98 ^d	6.27 ^{cd}
	Ş	9.31 ^{bcde}	40.95 ^{de}	0.06 ^{cd}	50.26 ^{de}	4.91 ^{defg}
OSH		0.792	2.342	0.004	2.362	0.591
YEM		0.000	0.000	0.679	0.003	0.603
BESİN KAYNAĞI		0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
YEM* BESİN KAYNAĞI		0.000	0.000	0.042	0.000	0.000

***a-g:** Aynı sütunda farklı harfle gösterilen ortalamalar arasındaki farklılıklar önemlidir (P<0.05). **A:** Arpa, **Y:** Yulaf, **F:** Fiğ, **İÇ:** İtalyan çimi, **SS:** Sorgum x sudan otu melezi, **AF:** Arpa Fiğ karışımı, **SSAF:** Sorgum x sudan otu melezi, Arpa ve Fiğ karışımı, **SSF:** Sorgum x sudan otu melezi ve Fiğ karışımı, **YİÇSSA:** Yulaf, İtalyan çimi, Sorgum x sudan otu melezi ve Arpa karışımı, **YİÇSSAF:** Yulaf, İtalyan çimi, Sorgum x sudan otu melezi, Arpa ve Fiğ karışımı, **H:** Hoagland solüsyonu, **Ş:** Şebeke suyu, **a:** Yemin enjektöre konulduğu ilk anda oluşan gaz üretimi, **b:** Zamana bağlı olarak oluşan gaz miktarı, **c:** Gaz üretim hızı, **a+b:** Toplam gaz üretimi, **OSH:** Ortalamanın standart hatası.



Şekil 4. 7. Çimlendirilmiş bitkilerin besin kaynaklarına göre metan miktarları, ml (8.gün)

Tablo 4. 26. Çimlendirilmiş bitkilerin (8. gün) OMS, ME ve NE_L değerleri

Yemler	Besin kaynağı	OMS, %	ME, (MJ/kg KM)	NE _L , (MJ/kg KM)
A	H	62.91 ^{defg}	9.59 ^{ef}	5.44 ^{ef}
	Ş	60.97 ^{efgh}	9.34 ^{fgh}	5.36 ^{ef}
Y	H	57.27 ^h	8.67 ^h	5.00 ^{gh}
	Ş	57.58 ^{gh}	8.94 ^{gh}	5.24 ^{fgh}
F	H	71.15 ^{bc}	13.73 ^a	6.16 ^{cd}
	Ş	72.76 ^{bc}	13.94 ^a	6.49 ^{bc}
İÇ	H	59.14 ^{fgh}	8.82 ^{gh}	4.67 ⁱ
	Ş	61.07 ^{efgh}	9.01 ^{gh}	5.00 ^{gh}
SS	H	62.14 ^{efgh}	9.85 ^{de}	5.35 ^{ef}
	Ş	61.47 ^{efg}	9.47 ^{fgh}	5.36 ^{ef}
AF	H	64.97 ^{de}	10.74 ^c	5.56 ^{ef}
	Ş	64.92 ^{de}	10.55 ^{cd}	5.61 ^{def}
SSAF	H	82.61 ^a	13.35 ^a	7.62 ^a
	Ş	64.35 ^{def}	10.39 ^{cd}	5.63 ^{def}
SSF	H	76.15 ^b	12.36 ^b	6.87 ^b
	Ş	72.62 ^{bc}	11.69 ^b	6.58 ^{bc}
YİÇSSA	H	62.24 ^{efgh}	9.46 ^{fgh}	5.26 ^{fgh}
	Ş	59.08 ^{fgh}	8.98 ^{gh}	5.12 ^{gh}
YİÇSSAF	H	67.87 ^{cd}	10.94 ^c	5.85 ^{de}
	Ş	61.54 ^{efgh}	9.90 ^{de}	5.35 ^{ef}
OSH		1.658	0.254	0.188
YEM		0.000	0.000	0.021
BESİN KAYNAĞI		0.000	0.000	0.000
YEM* BESİN KAYNAĞI		0.000	0.000	0.000

***a-h**: Aynı sütunda farklı harfle gösterilen ortalamalar arasındaki farklılıklar önemlidir (P<0.05). **A**: Arpa, **Y**: Yulaf, **F**: Fiğ, **İÇ**: İtalyan çimi, **SS**: Sorgum x sudan otu melezi, **AF**: Arpa Fiğ karışımı, **SSAF**: Sorgum x sudan otu melezi, Arpa ve Fiğ karışımı, **SSF**: Sorgum x sudan otu melezi ve Fiğ karışımı, **YİÇSSA**: Yulaf, İtalyan çimi, Sorgum x sudan otu melezi ve Arpa karışımı, **YİÇSSAF**: Yulaf, İtalyan çimi, Sorgum x sudan otu melezi, Arpa ve Fiğ karışımı, **OMS**: Organik madde sindirilebilirliği, **ME**: Metabolize edilebilir enerji, **NE_L**: Net enerji laktasyon, **H**: Hoagland ssolüsyonu, **Ş**: Şebeke suyu, **OSH**: Ortalamanın standart hatası.

4.8. Ekonomik Değerlendirme

Çalışma sonucunda 1 kg taze yeşil yem üretmek için gerekli olan elektrik ve su masrafı, 1 kg tohum çimlendirme masrafı, 1kg tohumdan elde edilen HP değerleri kullanılarak ekonomik değerlendirme yapılmıştır. Hasılların ve tohumların 1 kg HP maliyeti Tablo 4.27’de verilmiştir. Buna göre; şebeke suyu kullanılmış yemler içerisinde 1 kg HP elde etmek için gerekli hasıl en düşük maliyetle yulafta elde edilirken; Hoagland solüsyonunda ise en düşük maliyet arpa bitkisinden üretilen hasıllardan elde edilmiştir. En düşük maliyetli 1 kg KM hem Hoagland solüsyonu hemde şebeke suyu kullanımında hasıl yulafta olmuştur. Fiğ, İtalyan çimi, sorgum x sudan otu melezi, SSAF, SSF ve YİÇSSA karışımlarının çimlendirilmesinin tohum olarak kullanıma göre daha az maliyetli olduğu tespit edilmiştir. Çalışmada test edilen 5 farklı karışım arasından en ekonomik üretim AF karışımında olmuştur.

Tablo 4. 27. Tohumların ve hasılların KM ve HP maliyetleri, TL/kg (8. gün)

Yemler	Besin kaynağı	Tohum (1)	Elektrik (2)	Su (3)	Toplam maliyet (4=1+2+3)	Tohum KM maliyeti	Tohum HP maliyeti	Hasıl KM maliyeti	Hasıl HP maliyeti
A	H	6.00	2.12	0.70	8.82	6.66	52	31.35	58
	Ş		1.96	0.01	7.96			27.40	60
Y	H	5.00	2.19	0.54	7.72	5.50	45	22.72	59
	Ş		2.10	0.01	7.11			22.52	49
F	H	20.00	2.27	0.66	22.93	21.99	65	98.09	63
	Ş		2.13	0.01	22.14			81.63	63
İÇ	H	45.00	1.52	0.42	46.94	49.92	384	258.77	296
	Ş		1.44	0.01	46.45			310.34	343
SS	H	68.00	2.67	0.75	71.42	76.05	622	286.32	410
	Ş		2.43	0.01	70.44			256.60	516
AF	H	11.60	2.28	0.66	14.54	12.82	61	61.54	63
	Ş		1.81	0.01	13.42			48.13	63
SSAF	H	28.80	2.22	0.71	31.73	31.94	169	123.71	143
	Ş		2.21	0.01	31.01			139.13	154
SSF	H	40.80	2.02	0.59	43.42	45.31	217	178.79	199
	Ş		2.14	0.01	42.95			194.29	215
YİÇSSA	H	31.00	1.78	0.57	33.34	34.38	274	191.71	226
	Ş		1.64	0.01	32.65			169.40	233
YİÇSSAF	H	25.15	1.91	0.58	27.63	27.81	147	114.68	129
	Ş		1.99	0.01	27.15			123.28	136

A: Arpa, **Y:** Yulaf, **F:** Fiğ, **İÇ:** İtalyan çimi, **SS:** Sorgum x sudan otu melezi , **AF:** Arpa Fiğ karışımı, **SSAF:** Sorgum x sudan otu melezi , Arpa ve Fiğ karışımı, **SSF:** Sorgum x sudan otu melezi ve Fiğ karışımı, **YİÇSSA:** Yulaf, İtalyan çimi, Sorgum x sudan otu melezi ve Arpa karışımı, **YİÇSSAF:**Yulaf, İtalyan çimi, Sorgum x sudan otu melezi , Arpa ve Fiğ karışımı, **H:** Hoagland solüsyonu, **Ş:** Şebeke suyu

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu çalışma, hidroponik tarım sistemi teknolojisi ile yetiştirilebilen farklı tohumlardan ve tohum karışımlarından elde edilen taze yeşil yemlerin besin madde içerikleri, yem kalitesi, *in vitro* gaz üretimi, metan üretimi ve *in vitro* gerçek besin madde sindirilebilirliği belirlenmesi amacıyla yürütülmüştür. Bununla birlikte çimlendirilmiş yeşil yemler aynı tohumların rasyonda tane olarak kullanılmasına göre ekonomik analizleri ve hayvan besleme bilimi açısından değerlendirilmiştir. Çalışmada her bir tohum için belirlenen besin madde içerikleri ve yem değerleri dikkate alınarak, taze yeşil yem üretiminde kullanılmak üzere en uygun tohum ve tohum karışımları belirlenmiştir.

Çalışmada elde edilen bulgulara göre; besin kaynağı olarak tohumların çimlendirilmesinde Hoagland solüsyonu ve şebeke suyu kullanılmasının bitkilerin boylarında önemli bir değişikliğe yol açmadığı belirlenmiştir. Bitkilerin 12. gündeki kuru maddeleri 8. güne göre daha yüksek değerlerde belirlenmiştir. Yem üretiminde yüksek KM verimi dikkate alındığı takdirde ekonomik olduğu sürece (enerji kullanımı, işçi maliyeti vb.) hasat süresinin 12 olması değerlendirilmelidir.

Çimlendirmede kullanılan besin kaynağı su verimliliği açısından değerlendirildiğinde 8 günlük hasat sonrası için yulaf ve AF hasıllarının en yüksek sulama verimliliğe sahip oldukları tespit edilmiştir. Su kısıntısı yaşanabilecek bölgelerde hidroponik sistemde yeşil yem üretiminde bitkilerin su verimliliği göz önüne alınmalıdır. Nitekim böyle durumlarda hidroponik üretim avantajlıdır ve tavsiye edilmektedir.

Denemede kullanılan yem bitkilerine ait 8. ve 12. gün bitki bütünlüğü açısından yapılan besin madde analizleri sonuçlarında HK, HP ve HY açısından besin kaynağı, yem bitkisi çeşidi ve besin kaynağı yem bitkisi interaksyonu önemli bulunmuştur ($P<0.05$). Yem bitkilerine ait 8. ve 12. gün bitki bütünlüğünü yansıtan ve ruminant hayvanların beslenmesinde önemli bir besin kaynağı olan hücre duvarı unsurları açısından yapılan besin madde analizler sonuçlarına göre NDF, ADF, HSEL ve SEL değerlerinin yem bitkisi türüne göre farklılık gösterdiği görüldüğü; besin kaynağı farklılıklarında ise herhangi bir değişim gözlenmemiştir. Hidroponik sistemde hasıl üretimi açısından en verimli yem bitkisinin şebeke suyu kullanılan İtalyan çimi olduğu bulunmuştur. En düşük verimin ise SS yem bitkisinde olduğu anlaşılmıştır. Hidroponik sistem ile çimlendirme yaparken uygun hasat zamanında hasat etmek

önem taşımaktadır. Çünkü hasat süresinin 8 günden 12 güne çıkarılmasının yeşil yem üretimini düşürdüğü tespit edilmiştir.

Çimlendirilmiş bitkilerin (8. gün ve 12. gün) *in vitro* gerçek sindirilebilirlik değerlerine göre IVOMS değerleri şebeke suyu ile sulanan tüm yemlerde 8.günde yüksek iken 12.günde düşmüştür. Hasat zamanı 8 günden 12 güne çıkması IVOMS değerini düşürmüştür. Bunun sebebi kaba yemler sindirilebilirliğin ölçüsü olan ADF değerinin artmasından kaynaklanmaktadır.

Deneme kullanılan yemlere ait gaz üretim miktarları incelenmesinde görüldüğü gibi Hoagland solüsyonu yemler bazında incelendiğinde 24. saat inkübasyonlarında en düşük gaz üretim değeri İÇ’de görülürken; en yüksek değer ise tüm inkübasyon boyunca ise SSAF’ de elde edilmiştir. Şebeke suyu ile sulanan yemler incelendiğinde en düşük değerler 24. saatte Y’de tespit edilirken; en yüksek değer SSF’de elde edilmiştir.

Çalışmada 24 saat sonrasında ölçülen metan değerleri 3.27 ile 9.60 ml aralığında tespit edilmiştir. Hoagland solüsyonu kullanılan yemlerde en yüksek metan değeri SSAF’ de olurken en düşük değer İÇ’ de tespit edilmiştir. Şebeke suyu kullanılan yemlerde ise en yüksek ve en düşük değer sırasıyla SSF’ de ve Y’ de olarak hesaplanmıştır. Bitkilerin 24.saat metan değerinde besin kaynağının etkisi istatistiki olarak önemli bulunmuştur.

Yemlere ait gaz üretim miktarları incelenmesinde görüldüğü gibi ME, NE_L ve OMS değerleri Hoagland solüsyonu kullanılan yemlerde en yüksek değerler sırasıyla ME’ de, F yeminde, NEL ve OMS’ de, SSAF karışımında tespit edilmiştir. Şebeke suyunda ise en yüksek değerler sırasıyla ME’ de, F yeminde, NE_L’ de, SSF karışımında ve OMS’ de F yeminde elde edilmiştir.

Hidroponik tarım sistemleri geleneksel tarım sistemine göre taze yeşil yem üretiminde gübre ve ilaç kullanılmadığı için hayvanlara, hayvansal ürünü tüketen insanlara, çevreye zarar vermemekle birlikte gübrelerden kaynaklanan çevre kirliliğini de azaltmaktadır. Bu sistemde tek bir tohum çimlendirilerek taze yeşil yem üretilenlikle birlikte, ham madde potansiyeline göre aynı anda birden çok tohum kullanılarak farklı taze yeşil yemler de üretilebileceği görülmüştür. Gün geçtikçe tarım arazilerin çeşitli amaçlarla tarım dışı kullanımı ile birlikte azalmaktadır. Hidroponik tarımın toprağa olan bağımlılığı azaltması ve arazi sorununu ortadan kaldırması bakımından yetiştiriciler için tercih edilme potansiyeli yüksek bir taze yeşil yem üretim sistemi olduğu düşünülmektedir. Ekonomik değerlendirmeden elde edilen

sonuçlara göre en düşük maliyetli 1 kg HP şebeke suyu kullanılan yemler içerisinde hasıl yulafta, Hoagland solüsyonunda ise arpa hasılinda elde edilmiştir. En düşük maliyetli 1 kg KM hem Hoagland solüsyonu hemde şebeke suyu kullanımında hasıl yulafta olmuştur.

Sonuç olarak hidroponik sistemlerde arpa tohumunun diğer tohumlara göre daha yaygın bulunması ve ucuz olmasından dolayı hasıl üretiminde kullanımı daha yaygındır. Hidroponik sistemin, tohumu hayvan yemi olarak verilen yemler için uygun olduğu düşünülmektedir. Tüm veriler incelendiğinde şebeke suyu kullanılan hidroponik sistemde üretilen arpa, yulaf ve fiğ tohumunun tek başına ve arpa x fiğ karışımının kullanımının önerilebileceği ortaya konulmuştur. Çalışmada elde edilen bulguların ayrıca, *in vivo* denemelerde test edilmesi önerilmektedir.

KAYNAKLAR

- Abdel-Wareth, A. A., Mohamed, E. M., Hassan, H. A., Eldeek, A. A., Lohakare, J. (2023). Effect of substituting hydroponic barley forage with or without enzymes on performance of growing rabbits. *Scientific Reports*, 13(1), 943.
- Abdula, A. H. (2022). Contribution of hydroponic feed for livestock production and productivity. *Science Frontiers*, 3(1), 1-7.
- Abouelezz, K. F. M., Sayed, M. A. M., & Abdelnabi, M. A. (2019). Evaluation of hydroponic barley sprouts as a feed supplement for laying Japanese quail: Effects on egg production, egg quality, fertility, blood constituents, and internal organs. *Animal Feed Science and Technology*, 252, 126-135.
- Adeyemi, T. A., Adeoye, S. A., Ogunyemi, T. J., Adedeji, E. A., Oluyemi, B., Ojo, V. O. A. (2020). Comparisons of nutrient solutions from organic and chemical fertilizer sources on herbage yield and quality of hydroponically produced maize fodder. *Journal of Plant Nutrition*, 44(9), 1258-1267.
- Akbağ, H.I., Türkmen, O.S., Baytekin, H., Yurtman, İ.Y. (2014). Effects of harvesting time on nutritional value of hydroponic barley production. *Turk J. Agric. Nat.*, 1761- 1765.
- Akman, M. (2020) Hidroponik sistemlerde üretilen tritikale (*triticosecale wittmack*) ve tritikale+fiğ (*vicia sativa l.*) karışımı yeşil hasılların besleme değerinin inorganik gübre ile artırılması. Burdur Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi Yüksek Lisans Tezi.
- Al-Ajmi, A., Salih, A. A., Kadim, I., Othman, Y. (2009). Yield and water use efficiency of barley fodder produced under hydroponic system in GCC countries using tertiary treated sewage effluents. *Journal of phytology.*, 1(5).
- Al-Baadani, H. H., Alowaimer, A. N., Al-Badwi M. A., Abdelrahman, M. M., Soufan, W. H., and Alhidary, I. A. (2022) Evaluation of the nutritive value and digestibility of sprouted barley as feed for growing lambs, *in vivo* and *in vitro* studies. *Animals*, 12, 1206. <https://doi.org/10.3390/ani12091206>
- Alçiçek, A., Kılıç, A., Ayhan, V. ve Özdoğan, M. (2010). Türkiye’de kaba yem üretimi ve sorunlari. *Ziraat Mühendisleri Odası Dergisi*. 10 s.
- Alharthi, A. S., Al-Baadani, H. H., Abdelrahman, M. M., Alhidary, I. A. (2023). Effects of feeding different levels of sprouted barley on fermentation characteristics, bacterial quantification, and rumen morphology of growing lambs. *Veterinary Sciences*, 10(1), 15.
- Al-Hashmi, M. M. (2008). Hydroponic green fodder production in the arabian gulf region. MSc. Thesis, Faculty of Graduate Studies, Arabian Gulf University, Bahrain.
- Al-Kanaan, A. J. (2022). Effects of adding different levels of hydroponic barley fodder on the productive performance and economic value of broiler chickens. *Archives of Razi Institute*, 77(5), 1853-1864.
- Al-Karaki, G. N. (2010). Hydroponic green fodder, alternative method for saving water in dry areas. In proceedings of the second agricultural meeting on sustainable improvement of agricultural and animal production and saving water use. September 2010, Sultanate of Oman.

- Al-Karaki, G. N., Al-Momani, N. (2011). Evaluation of some barley cultivars for green fodder production and water use efficiency under hydroponic conditions, *Jordan J. Agricultural Science*, 7(3), 448-456.
- Al-Karaki, G.N. (2011). Utilization of treated sewage waste water for green forage production in a hydroponic system. *Emirates Journal of Food and Agriculture*, 80-94.
- Al-Karaki, G.N., Al-Hashimi, M. (2012). Green fodder production and water use efficiency of some forage crops under hydroponic conditions. *ISRN Agronomy*, 10, 1-5.
- Al-Saadi, M. J. (2016). Productive effects and economical feasibility of substitution barley by 10 and 30% of sprouted barley in diet of Awassi male lambs. *Asian Journal of Animal and Veterinary Advances*, 11, 563-569.
- Altın, M., Orak, A., Tuna, C., (2009). Yembitkilerinin sürdürülebilir tarım açısında önemi. R. Avcıoğlu, R. Hatipoğlu ve Y. Karadağ (Editörler), Yembitkileri, Genel Bölüm, Tarım ve Köyişleri Bakanlığı, *Tarımsal Üretim ve Geliştirme Genel Müdürlüğü*, Cilt 1, İzmir, s. 14.
- Ankom Technology, 2003. Method for determining neutral detergent fiber, acid detergent fiber, crude fiber, Ankom Technology, Macedon, NY.
- Ansari, S. T., Ravi, A., Ramana, J. V., Raju, G. G. (2018). Voluntary intake and plane of nutrition of sheep fed hydroponic fodder varieties. *Indian Journal of Animal Research*, 53(8), 1054-1058.
- AOAC, 1998. Official methods of analysis, 16th Edition, AOAC International, Gaithersburg, MD.
- Arif, M., Iram, A., Fayyaz, M., Abd, El-Hack., M. E., Taha, A. E., Al-Akeel, K. A., Alagawany, M. (2023). Feeding barley and corn hydroponic based rations improved digestibility and performance in Beetal goats. *Journal of King Saud University-Science*, 35(2), 102457.
- Ata, M. (2016). Effect of hydroponic barley fodder on awassi lambs performance. *J. Biol. Agr. and Health.*, 6(8), 60-64.
- Ateş, S., Nefzaoui, A., Keles, G. (2013). Batı asya-kuzey afrika’da entegre bitkisel-hayvansal üretim sistemlerinde mera ve kaba yem kaynaklarının rolü ve yönetimi. VII. *Ulusal Hayvan Besleme Kongresi* (Uluslararası Katılımlı), 26 - 27 Eylül, Ankara. s. 29-37.
- Azzi, V. S., Kansa, A., Kobeissi, A., Kazpard, V., Lartiges, B., El Samrani, A. (2015). Effect of cadmium on *Lactuca sativa* grown in hydroponic culture enriched with phosphate fertilizer. *Journal of Environmental Protection*, 6(12), 1337.
- Badran, E., J. Abo Omar, Al. Qais, Abu Amsha, R., Al Jammal, M., and Qadri, M. (2017). Milk yield and quality and performance of Awassi ewes fed two levels of hydroponic barley. *Journal of new sciences*, 39(6), 2136-2143.
- Bakoğlu, A., Kökten, K., Karadavut, U. (2010). Bazı Macar fiğı hat ve çeşitlerinin Bingöl kuru şartlarına adaptasyonu üzerine bir araştırma. III. *Bingöl Sempozyumu*, Eylül, 17-19, 2010; Bingöl-Türkiye
- Bakshi, M. P. S., Wadhwa, M., Harinder, P. S. M. (2017). Hydroponic fodder production, A critical assessment. *Broadening Horizons*, 1-10.

- Bayır, A.M. (2021). Hidroponik Sistemlerde Üretilen Arpa, Yulaf, Ryegrass Ve Arpa+Yulaf, Arpa+Ryegrass Karışımı Yeşil Hasıllarının Besleme Değerlerinin İncelenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Burdur Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Burdur.
- Baytekin, H., Gül, İ. (2009). Yem bitkilerinde hasat, kuru ot üretimi ve depolama. Yem Bitkileri Cilt I, *T.C. Tarım ve Köyişleri Bakanlığı Yayınları*, 121-141. İzmir.
- Beigh, Y. A., Ganai, A. M., Ahmad, H. A. (2017). Prospects of complete feed system in ruminant feeding, A review, *Veterinary World*, 10, 424-437.
- Bhise, V., Chavan. J., Kadam, S. (1988) Effects of malting on proximate composition and *in vitro* protein and starch digestibilities of grain sorghum. *J. Food Sci. Tech.*, 25, 327-329.
- Bıçakçı, E., Açıkbaş, S. (2018). Bitlis ilindeki kaba yem üretim potansiyelinin hayvan varlığına göre yeterliliğinin belirlenmesi. *Bitlis Eren Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, 7(1), 180-185.
- Blümmel, M., Ørskov, E.R., 1993. Comparison of *in vitro* gas production and nylon bag degradabilities of roughages in predicting food intake of cattle, *Anim. Feed. Sci. and Technol.*, 40,109-119.
- Boğa, M., Çevik, K. K. (2012). Ruminant hayvanlar için karma yem hazırlama programı. *Akademik Bilişim*, 12, 1-3.
- Bonny, S.P.F., Gardner, G.E., Pethick, D.W., Hocquette, J.F. (2015). What is artificial meat and what does it mean for the future of the meat industry? *Journal of Integrative Agriculture*, 14(2), 255-263.
- Brownin, D.A. (2017) Hydroponic fodder systems. Erişim Tarihi, 19.12.2022 <https://worldagnetwork.com/hydroponic-fodder-systems>.
- Buchanan, D. N. and Omaye, S. T. (2013). Comparative study of ascorbic acid and tocopherol concentrations in hydroponic- and soil-grown lettuces. *Food and Nutrition Sciences*. 4, 1047-1053
- Canbolat, Ö. (2012). Bazı esansiyel yağların *in vitro* Sindirim, rumen fermentasyonu ve metan gazı üretimi üzerine etkileri, Iğdır Üni. Fen Bilimleri Enst. Der. / *Iğdır Univ. J. Inst. Sci. & Tech.* 2, 91-98.
- Cantalapiedra-Hijar, G., Yáñez-Ruiz, D. R., Newbold, C. J., Molina-Alcaide, E. (2011). The effect of the feed-to-buffer ratio on bacterial diversity and ruminal fermentation in single-flow continuous-culture fermenters, *J. Dairy Sci.*, 94 ,1374–1384.
- Cardozo, P.W., Calsamiglia, S. and Ferret, A. (2000). Effects of pH and pH fluctuations on microbial fermentation and nutrient flow in a dual flow continuous culture system. *J. Dairy Sci.* 83 (Suppl. 1), 265.
- Chai, J., Liu, J. N., Ngai, E. W. (2013). Application of decision-making techniques in supplier selection, A systematic review of literature. *Expert systems with applications*, 40(10), 3872-3885.
- Chavan, J. K., Kadam, S. S., Beuchat, L. R. (1989). Nutritional improvement of cereals by sprouting. *Critical reviews in food science & nutrition*, 28(5), 401-437.

- Chung, T. Y., Nwokolo, E. N. and Sim, J. S. (1989). Compositional and digestibility changes in sprouted barley and canola seeds. *Plant Foods for Human Nutrition* 39, 267-278.
- Coffman, F.A. (1961) Oats and oat improvement. *American Society Of Agronomy*, Medison-Wisconsin.
- Cuddeford D. (1989). Hydroponic grass. *In Practice*, 11(5), 211-214.
- Çağan, E., Kökten, K., Kaplan, M., Yılmaz, H.Ş. (2018). Bazı adi fiğ hat ve çeşitlerinin (*vicia sativa l.*) ot verimi ve ot kalitesi açısından değerlendirilmesi. *Harran Tarım ve Gıda Bilimleri Dergisi*, 22(1), 47-61.
- Çolak, E. (2015). Azotlu gübre dozlarının italyan çimi (*lolium italicum l.*) çeşitlerinin ot verimi, kalitesi ve bazı tarımsal özelliklerine etkisi. *Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Ankara/Türkiye.
- Demir, R. (2021). Topraksız tarım yolu ile kaba yem üretimi ve değerlendirilmesi. *Harran Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Şanlıurfa Yüksek Lisans Tezi*.
- Devendar, R., Kumari, N. N., Reddy, Y. R., Rao, K. S., Reddy, K. K., Raju, J., Sridhar, K. (2020). Growth performance, nutrient utilization and carcass characteristics of sheep fed hydroponic barley fodder. *Animal Nutrition and Feed Technology*, 20(2), 321-331.
- Dogrusoz, M. C. (2022). Can plant derived smoke solutions support the plant growth and forage quality in the hydroponic system?. *International Journal of Environmental Science and Technology*, 19(1), 299-306.
- Dung, D.D., Godwin, I.R., Nolan, J.V. (2005). Nutrient content and in sacco digestibility of Grimmer barley grain and sprouts. *Recent advances in animal nutrition in australia*. Vol. 15 : 2005.
- Dung, D.D., Godwin, I.R. and Nolan, J.V. (2010a). Nutrient content and in sacco degradation of hydroponic barley sprouts grown using nutrient solution or tap water, *J. Anim. Vet. Adv.*, 9(18), 2432-2436.
- Dung, D.D., Godwin, I.R., Nolan, J.V. (2010b). “Nutrient content and in sacco digestibility of barley grain and sprouted barley”, *J. Animal and Veterinary Adv.*, 9, 2485-2492.
- Dündar, F.Ç. (2010). Yazlık ekilen bazı yaygın fiğ çeşitlerinin verim ve verim unsurlarının belirlenmesi, *Yükseklisans Tezi. Namık Kemal Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Tekirdağ, Türkiye.
- Eğilmez, S. (2021). Tarımsal Ekonomi ve Politika Geliştirme Enstitüsü Müdürlüğü, *Arpa Ürün Raporu, TEPGE*, Yayın No,339. ISBN, 978-605-7599-78-0
- El-Deeba, M.M., El-Awady, M.N., Hegazi, M.M., AbdelAzeem, F.A., El-Bourdiny, M.M. (2009) Engineering factors affecting hydroponics grass-fodder production. In agric. eng. And variables of the present epoch. *The 16th annual conference of the misr society of Ag. Eng.* 25, 1647-1666.
- Emam, M. S. A., Badr, A. M., Baker, A. A., Ismail, F. S., Solimman, A. M. (2018). Evolution of some egyptian strains barley cultivators for green fodder hydroponic system and prediction digestibility values by in-vitro daisy II incubator. *Egyptian Journal of Nutrition and Feeds*, 21(2), 389-406.

- Emam, M.S.A. (2016). The sprout production and water use efficiency of some barley cultivars under intensive hydroponic system. *Middle East J. Agric. Res.* 5(2), 161-170.
- Eshtayeh, I. F. A. (2004). A new source of fresh green feed (hydroponic barley) for Awass sheep (Doctoral dissertation).
- Falkenmark, M. (2007). Shift in Thinking to Address the 21 st Century Hunger Gap Moving Focus from Blue to GreenWater Management. *Water Resource Manage*, 21,3-18.
- FAO, (2015). Alternative fodder production for vulnerable herders in the West Bank. Resilience promising practice. www.fao.org/3/a-i4759e.pdf. Erişim tarihi: 02.01.2023
- Farghaly, M.M., Abdullah, M.A.M., Youssef, I.M.I., Abdel-Rahim, I.R., Abouelezz, K. (2019). Effect of feeding hydroponic barley sprouts to sheep on feed intake, nutrient digestibility, nitrogen retention, rumen fermentation and ruminal enzymes activity. *Livest. Sci.* 228, 31-37.
- Fayed, A.M. (2011). Comparative study and feed evaluation of sprouted barley grains on rice straw versus Tamarix mannifera on performance of growing Barki lambs in Sinai. *J. Am. Sci.* 7, 954-961.
- Fazaeli, H., Golmohammadi, H. A., Shoayee, A. A., Montajebi, N., Mosharraf, S. (2011). Performance of feedlot calves fed hydroponics fodder barley. *J. Agr. Sci. Tech.* 13, 367-375
- Fazaeli, H., Golmohammadı, H.A., Tabatabayee, S.N., Asgarı-Tabrızi, M. (2012). Productivitiy and nutritive value of barley green fodder yield in hydroponic system. *World Appl. Sci. J.* 16(4), 531-539.
- Feyissa, F., Tolera, A., Melaku, S. (2007). Nutritive value of different varieties and morphological fractions of oats harvested at the soft dough stage. *Tropical Science*, 47(4), 188-196.
- Fiaz, S., Noor, M. A., Aldosri, F. O. (2018). Achieving food security in the Kingdom of Saudi Arabia through innovation, Potential role of agricultural extension. *Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences*, 17(4), 365-375.
- Finney, P. L. (1982) Effect of germination on cereal and legume nutrient changes and food or feed value. A comprehensive review. *Recent Adv Phytochem* 17, 229-305.
- Flander, L., Salmenkallio-Marttila, M., Sourtti, T., Autio, K. (2007). Optimization of ingredient and bakiing process for improved whole meal oat bread quality, *lwt-food science and technology*, pp, 860-870.
- Foley, P. A., Kenny, D. A., Callan, J. J., Boland, T. M., and O'Mar, F. P. (2009). Effect of dl-malic acid supplementation on feed intake, methane emission, and rumen fermentation in beef cattle. *J. Anim. Sci.* 87, 1048-1057.
- Fuentes, F., Poblete, C., Huerta, M., Palape, I. (2011). Evaluación de la producción y calidad nutritiva de avena como forraje verde hidropónico en condiciones de desierto. *Idesia (Arica)*, 29(3), 75-81.

- Gebre-medhin, W. K. (2015). Nutritional benefit and economic value of feeding hydroponically grown maize and barley fodder for Konkan Kanyal goats. *J. Agric. Vet. Sci.* 8, 24-30.
- Gençkan, M.S. (1992). Yem Bitkileri Tarımı. Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları No, 467, (2. Baskı), İzmir.
- Ghasemi-Mobtaker, H., Mostashari-Rad, F., Saber, Z., Chau, K. wing, Nabavi-Pelesaraei, A. (2020). Application of photovoltaic system to modify energy use, environmental damages and cumulative exergy demand of two irrigation systems-A case study, barley production of Iran. *Renew. Energy*, 160, 1316–1334.
- Ghasemi-Mobtaker, H., Sharifi, M., Taherzadeh-Shalmai, N., Afrasiabi, S. (2022). A new method for green forage production, Energy use efficiency and environmental sustainability. *Journal of Cleaner Production*. 363,132562.
- Girma, F., Diba, D., Gurmessa, K., and Kumsa, D.M. (2018). Evaluation of Hydroponics Performance and Nutritive Value of Different Oat (*A. sativa*) Forage Varieties in University. *American-Eurasian Journal of Scientific Research*, 13(3), 39-46
- Goel, G., Makkar, H. P. S., Becker, K. (2008). Changes in microbial community structure, methanogenesis and rumen fermentation in response to saponin-rich fractions from different plant materials. *Journal of Applied Microbiology*, 105(3), 770-777.
- Gray, D. A., Auerbach, R. H., Hill, S., Wang, R., Campbell, G. M., Webb, C., South, J. B. (2000). Enrichment of oat antioxidant activity by dry milling and sieving. *Journal of Cereal Science*, 32(1), 89-98.
- Gunasekaran, S., Bandeswaran, C. and Valli, C. (2019). Low-cost hydroponic fodder production technology for sustainable livestock farming during fodder scarcity. *Current Science* 116(4), 526-8.
- Güleçyüz, E., Kılıç, Ü. (2016). Kaba yemlerin peletlenmesi ve ruminant beslemede kullanılabilirliği. 12. *Ulusal Zootekni Öğrenci Kongresi*. 9-11 Mayıs 2016. Sayfa, 138. Isparta.
- Güler, A. (2019). Topraksız tarım ile üretilen kaba yemlerin besin madde değerleri üzerine bir araştırma, Yüksek lisans tezi. Harran Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Şanlıurfa.
- Gümüş, H., Bayır, A.M. (2020). Hasılatikte üretilen arpa ve yulaf yeşil hasılımın farklı günlerdeki besin madde değerleri *MAKU J. Health Sci. Inst.*, 8(2), 30-36.
- Hafla, A. N., Soder, K. J., Brito, A. F., Rubano, M. D., Dell, C. J. (2014). Effect of sprouted barley grain supplementation of an herbage-based or haylage-based diet on ruminal fermentation and methane output in continuous culture. *Journal of dairy science*, 97(12), 7856-7869.
- Harmanşah, F. (2018). Türkiye’de kaliteli kaba yem üretimi, sorunlar ve öneriler. *TÜRKTOB Dergisi*. 25, 9-13.
- Hayati, S., Valizadeh, R., Naserian, A. A., Tahmasbi, A., & Moosaei, A. (2018). The effect of dietary barley grain substitution with hydroponic barley grass on milk yield and some blood metabolites of Saanen lactating goats. *Research On Animal Production (Scientific and Research)*, 9(19), 32-38.

- Hegab, K. K., Mahmoud, A. E. M. (2019). Effect of sprouted green fodder on growing lambs' performance. *Egyptian Journal of Nutrition and Feeds*, 22(2), 265-272.
- Helal, H.G. (2015). Sprouted barley grains on olive cake and barley straw mixture as goat diets in Sinai. *Advances in Environmental Biology*. 9(22), 91-102
- Hoagland, D.R., Arnon, D.I. (1950) The water culture method for growing plants without soil, Circular 347, California Agricultural Experiment Station, University of California, Berkeley, CA.
- İlgün, A., Uçar, H., Toruk, İ., Oğul, A., Tekcan, K. (2016). Hububat çalışma grubu, türkiye hububat sektörü mevcut durum, sorunlar ve çözüm önerileri. TSÜAB raporu.
- Jemimah, R., Gnanaraj, P.T., Muthuramalingam, T., and Devi, T. (2015). Hydroponic green fodder production-TANUVAS experience. *Tamil Nadu Veterinary and Animal Sciences University*, Chennai, India.
- Jinyu, Y. A. N. G., Jiusheng, S. U. N., Xiaoyan, Q. I. A. O., Guolong, H. U. A. I. (2022). Effects of different light quality ratios on the growth of hydroponic forage barley. *Xinjiang Agricultural Sciences*, 59(8), 1871.
- Kamanga, Y. (2016). YAP proposal# 255, Hydroponic fodder, Increasing milk production and income! YAP-Youth Agripreneur Project.
- Kaouche-Adjlanea, S., Bafdelc, A. A. S. M., and Benhacined, R. (2016). Techno-economic approach to hydroponic forage crops, Use for feeding dairy cattle herd. *J. Appl. Environ. Biol. Sci* 6(3), 83-87.
- Karavaşin, M. (2014). Kaba yem kaynağı olarak hidroponik arpa çimi üretiminde kuru madde ve ham protein verimleri üzerine farklı uygulamaların etkileri. *SDÜ Ziraat Fakültesi Dergisi*. 9(1), 27-33.
- Karavaşin, M. (2015). Topraksız ortamda yetiştirilen bazı tahılların çim suyu verim ve besin değerleri. *Iğdır Üniv Fen Bil Enst Derg*. 5(4), 57-64.
- Karavaşin, M. (2017a). Farklı gübreleme ve yetiştirme süresi uygulamalarının hidroponik arpa (*Hordeum vulgare* L. conv. *distichon*) çimi üzerine etkileri. *Iğdır Üniversitesi Fen Bilimleri Enst. Derg*. 7(1), 39-46.
- Karavaşin, M., (2017b). Farklı tohum miktarlarının hidroponik arpa çimi üzerine etkileri. *Iğdır Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 7(4), 63-68.
- Kaya, İ., Şahin, T., Elmali, D. A., Ünal, Y. (2011). Merada otlatma ve meraya ilave konsantre yem verilmesinin kuzularda performans ve rumen parametrelerine etkisi, *Kafkas Univ. Vet. Fak. Derg*. 17, 693-697.
- Kerr, S., Conway, L., and Conway, A. (2014). Fodder for forage, Fact, folly, fable or fabulous? www.smallfarms.oregonstate.edu/sfn/w14fodder Erişim tarihi, 10.10.2022
- Khaziev, D., Gadiev, R., Yusupova, C., Kazanina, M., Kopylova, S. (2021). Effect of hydroponic green herbage on the productive qualities of parent flock geese. *Vet World*. 14(4), 841-6.
- Kılıç, Ü. (2005). Ruminant beslemede kullanılan bazı yem hammaddelerinin *in vitro* gaz üretim tekniği kullanılarak bazı fermentasyon ürünlerinin ve enerji içeriklerinin belirlenmesi. Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Fen Bilimleri Ens. Doktora tezi, Samsun

- Kılıç, Ü. (2009). Rumen sıvısına mikrobiyal inokülan ilavesinin buğday kuru ot ve silajlarında *in vitro* gaz üretimi üzerine etkisi, *V. Ulusal Hayvan Besleme Kongresi (uluslararası katılımlı)* Çorlu/Tekirdağ, 30 Eylül-3 Ekim.
- Kılıç, Ü. (2016). Kaba yem üretiminde hidroponik tarım sistemleri, *Türk Tarım Gıda Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 4(9),793-799.
- Kide, W., Desai, B., Kumar, S. (2015) Nutritional improvement and economic value of hydroponically sprouted maize fodder. *Life Sciences Int. Res. J.* 2, 76-79.
- Konka, R. K., Kumar, D. S., Ramana, J. V., Ravi, A. and Rao, E. R. (2016). Fermentation pattern in Murrah buffalo bulls fed crop residue based complete rations vis-a-vis conventional feeding system. *Anim. Nutr. Feed Technol.* 16, 171-179.
- Kumar, R., Mathur, M., Karnani, M., Choudhary, S. D., Jain, D. (2018). Hydroponics, An alternative to cultivated green fodder, A review. *Journal of Entomology and Zoology Studies*, 6(6), 791-795.
- Kruglyakov, Y. A. (1989). Construction of equipment for growing green fodder by a hydroponic technique. *Traktory-I Sel'skokhozyaistvennyye Mashiny*, 6(1), 24-27.
- Kuşan, O., Çayan, H., Şahin. A. (2019). Dry matter content of different feed grains germinated by hydroponics method. *XI. International Animal Science Conference*. October 20-22, Nevşehir, Turkey
- Kuşvuran, A., Nazlı, İ.R., Tansı, V. (2011). Türkiye’de ve Batı Karadeniz Bölgesi’nde çayır-mera alanları, hayvan varlığı ve yem bitkileri tarımının bugünkü durumu. *Gaziosmanpaşa Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 28(2), 21-32.
- Langer, R.H.M., and Hill, G.D. (1982). *Agricultural Plants*.Cambridge University Press.Cambridge.
- Lascano, G.J., Heinric, A.J. (2009). Rumen fermentation pattern of dairy heifers fed restricted amounts of low, medium, and high concentrate diets without and with yeast culture, *Published in Livestock Science*, 124, 48-57.
- Lawrence, R. D. (2019). Evaluation of feeding alternative feedstuffs including hydroponic barley sprouts and carinata meal to dairy cattle. *South Dakota State University*
- Lende, S. R., Nipane, S. F., Nimje, P. P., Dhok, A. P., Kawitkar, S. B., Chopade, S. V., Werulakar, R. L. (2021). Potential of hydroponics fodder production for sustainable livestock production. *The Pharma Innovation Journal*, 10(11), 349-351
- Llonch, P., Haskell, M. J., Dewhurst, R. J., Turner, S. P. (2017). Current available strategies to mitigate greenhouse gas emissions in livestock systems, an animal welfare perspective. *Animal*, 11(2), 274-284.
- MacGregor, S. (1998). Composition of barley related to food uses. Presented at International Food Barley Program, Canadian International Grains Institute in Winnipeg, Manitoba, Canada.
- Marchant, W., Tosunoglu, S. (2017). Robotic implementation to automate a vertical farm system. 30st Florida Conference on Recent Advances in Robotics. May 11-12, 2017, *Florida Atlantic University*, Boca Raton, Florida

- McAlpine, C.A., Etter, A., Fearnside, P.M., Seabrook, L., and Laurance, W.F. (2009). Increasing world consumption of beef as a driver of regional and global change, a call for policy action based on evidence from Queensland (Australia), Colombia and Brazil. *Global Environmental Change*, 19, 21-33.
- McGregor, A., and Houston, D. (2018). Cattle in the Anthropocene, four propositions. *Transactions of the Institute of British Geographers*, 43(1), 3-16.
- Mehta, M.P., Sharma, A. (2016) Hydroponic fodder production technology. *Think Grain Think Feed*, 2, 12-13.
- Mekonnen, E., Mekuriaw, Y., Tegegne, F., Asmare, B. (2019). Evaluation of fodder biomass yield of hydroponically-grown barley and oats and the effects on intake, digestibility and weight gain of Washera sheep when fed as a supplement to a basal diet of natural pasture hay in Ethiopia. *Tropical Grasslands-Forrajes Tropicales*, 7(5), 519-526.
- Menke, K.H., Raab, L., Salewski, A., Steingass, H., Fritz, D., Schneider, W. (1979). The estimation of the digestibility and metabolizable energy content of ruminant feedingstuffs from the gas production when they are incubated with rumen liquor *in vitro*. *J. Agric. Sci.* 93, 217-222.
- Menke, K.H., Steingass, H. (1988). Estimation of the energetic feed value obtained from chemical analysis and *in vitro* gas production using rumen fluid, *Anim. Res. Devel. Separate Print*, 28, 7-55.
- Mohammadi, A., Omid, M. (2010). Economical analysis and relation between energy inputs and yield of greenhouse cucumber production in Iran. *Appl. Energy*, 87,191-196.
- Mohapatra, K. K., Mohapatra, S., Ekka, R., Behera, R. C. (2016). Production of Green Fodder at Cuttack Odisha by Hydroponic Method. *Advances in Life Sciences* 5(17), 7137-71340.
- Mohsen, M. K., Abdel-Raouf, E. M., Gaafar, H. M. A., Yousif, A. M. (2015). Nutritional evaluation of sprouted barley grains on agricultural by-products on performance of growing New Zealand white rabbits. *Nat. Sci.* 13,35-45.
- Molders, K., Quinet, M., Decat, J., Secco, B., Dulie`re, E., S. Pieters T. van der Kooij, Lutts S. and Van Der Straeten D. (2012). Selection and hydroponic growth of potato cultivars for bioregenerative life support systems. *Advances in Space Research*, 50, 156-165.
- Molla, A., Sharaiha, R. (2010). Competition and resource utilization in mixed cropping of barley and durum wheat under different moisture stress levels. *World J. Agric. Sci* 6(6), 713-719.
- Morales, M. A., Juárez, M., Ávila, E. (2009). Effect of substituting hydroponic green barley forage for a commercial feed on performance of growing rabbits. *World Rabbit Science*, 17(1),35-38.
- Morgan, J., R.R., Hunter and O'Haire, R. (1992). Limiting factors in hydroponic barley grass production. In the proceeding of the 8th International congress on soil less culture, pp, 241-261.
- Mujoriya, R., Bodla, R.B. (2011) A study on wheat grass and its nutritional value. *Food Sci. Qual Manag.* 2,1-8.

- Myers, J.R. (1974). Feeding Livestock From The Hydroponic Garden. M. Sci. Thesis, Arizona State University, p 101, Arizona-USA.
- Naik, P.K. (2012). Hydroponics technology for fodder production. ICAR News. 18, 4.
- Naik, P.K. and Singh, N.P. (2013). Hydroponics fodder production, an alternative technology for sustainable livestock production against impending climate change. Model training course on management strategies for sustainable livestock production against impending climate change. southern regional station, *National Dairy Research Institute*, Adugodi, Bengaluru, India Pp. 70-75.
- Naik, P.K, R.B. Dhuri, M Karunakaran, B.K. Swain and Singh, N.P. (2014). Effect of feeding hydroponics maize fodder on digestibility of nutrients and milk production in lactating cows. *Indian Journal of Animal Sciences*, 84 (8), 880–883.
- Naik, P. K., Swain, B. K., Singh, N. P. (2015). Production and utilisation of hydroponics fodder. *Indian Journal of Animal Nutrition*, 32(1), 1-9.
- Naik, P. K., Dhawaskar, B. D., Fatarpekar, D. D., Karunakaran, M., Dhuri, R. B., Swain, B. K., Singh, N. P. (2017). Effect of feeding hydroponics maize fodder replacing maize of concentrate mixture partially on digestibility of nutrients and milk production in lactating cows. *Indian Journal of Animal Sciences*, 87, 452–455.
- Newell, R., Newman, L., Dickson, M., Vanderkooi, B., Fernback, T., White, C. (2021). Hydroponic fodder and greenhouse gas emissions, a potential avenue for climate mitigation strategy and policy development. *Facets*, 6(1), 334-357.
- Opio, C., Gerber, P., Mottet, A., Falcucci, A., Tempio, G., MacLeod, M. (2013). Greenhouse gas emissions from ruminant supply chains, a global life cycle assessment. Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), Rome, Italy.
- Ørskov, E. R., McDonald, I., 1979. The estimation of protein degradability in the rumen from incubation measurements weighted according to rate of passage, *J. Agric. Sci. Camb.* 92, 499–503.
- Özdemir, H., Temür, C. (2022). Increasing the Feed Values of Barley, Vetch, and Safflower Mixtures in Hydroponic Fodder Systems. <https://doi.org/10.21203/rs.3.rs-1216143/v1>.
- Pandey, H. N., Pathak, N. N. (1991). Nutritional Evaluation of Artificially Grown Barley Fodder in Lactating Corssbred Cows. *Indian Journal of Animal Nutrition*, 8(1), 77-78.
- Pascual, M. P., Lorenzo, G. A., Gabriel, A. G. (2018). Vertical farming using hydroponic system, Toward a sustainable onion production in Nueva Ecija, Philippines. *Open Journal of Ecology*, 8(01), 25.
- Peer, D.J. and Leeson, S. (1985). Nutrient content of hydroponically sprouted barley. *Animal Feed Science and Technology*, 13, 191-202.
- Pomeranz, Y. (1986). Constituents of the oat kernel. *Advances in Cereal Science and Technology*, 5, 63-85.

- Prasad, R., Seghal, J.P., Patnayak, B.C. and Beniwal, R.K. (1998). Utilization of artificially grown barley fodder by sheep. *Indian Journal of Small Ruminants*. 4, 63-68.
- Putnam, D. H., Robinson, P. H., Lin, E. (2013). Does hydroponic forage production make sense. Alfalfa and forage news. News and information from UC Cooperative extension about alfalfa and forage production. Retrieved, 16, 17.
- Rahman, M.M., Jahan, S., Amanullah S.M., Kabir, M.A., Tamanna, R.J., Hassan, M.M., Deb, G.K., and Hossain, S.M.J. (2021). Study on comparative biomass yield, nutritional quality and economics of hydroponic sprout produced from different grains *Bang. J. Livs. Res.* Vol. 26, 51-60
- Reddy, G.V.N., Reddy, M.R., and Reddy, K.K. (1988). Nutrient utilization by milch cattle fed on rations containing artificially grown fodder. *Indian Journal of Animal Nutrition*. 5(1), 19–22.
- Resh, H. M. (2001). Hydroponic Food Production, A Definitive Guide of Soilless Food-Growing Methods. *Woodbridge Press Publication*. California. P. 462.
- Rodriguez-Muela, C., Rodriguez, H.E., Ruiz, O., Flores, A., Grado, J.A., Arzola, C. (2004). Use of green fodder produced in hydroponic system as supplement for lactating cows during the dry season. *In the Proceeding of the American Society of Animal Science*. pp, 271-274.
- Saastamoinen, M., Kumpulainen, J., Nummela, S. (1989). Genetic and environmental variation in oil content and fatty acid composition of oats. *Cereal Chemistry*, 66(4), 296-300.
- Safa, T. J. (2019). Hydroponic forage production and water use efficiency of some forage crops under palestinian conditions doctoral dissertation, faculty of graduate studies, An Najah National University.
- Saha, S., Monroe, A., Day, M. R. (2016). Growth, yield, plant quality and nutrition of basil (*Ocimum basilicum* L.) under soilless agricultural systems. *Annals of Agricultural Sciences*, 61(2), 181-186.
- Saidi, A.R.M., Omar, J.A. (2015). The biological and economical feasibility of feeding barley green fodder to lactating awassi ewes. *Open Journal of Animal Sciences*, 5(2), 99-100.
- Salinger, M. (2013). Grass fed beef. [http:// fodderking.blogspot.in/2013/07/grass-fed-beef.html](http://fodderking.blogspot.in/2013/07/grass-fed-beef.html). (Erişim tarihi: 05.01.2023).
- Salvador-Castillo, J. M., Bolaños-González, M. A., Cedillo-Aviles, A. K., Vázquez-Chena, Y., Varela-de Gante, S. A., Meza-Discua, J. L. (2022). Effect of applying nutritive solutions on bromatological quality of the hydroponic green forage of *Avena sativa* and *Hordeum vulgare*. *Terra Latinoamericana*, 40.
- Sardare, M. D., Admane, S. V. (2013). A review on plant without soil-hydroponics. *International Journal of Research in Engineering and Technology*, 2(3), 299-304.
- Sarıçiçek, B. Z. , Yıldırım, B., Hanoğlu, H. (2018). Hidroponik ve topraklı sistemle yetiştirilen arpa ve yeşil yemi ile silajının besin madde kompozisyonu ve nispi yem değerinin karşılaştırılması . *Black Sea Journal of Agriculture*, 1(4), 102-109.

- Seydoşoğlu, S. (2014). Diyarbakır ekolojik koşullarında bazı yaygın fiğ (*vicia sativa* l.) genotiplerinin verim ve verim unsurlarının belirlenmesi. *Turk Journal Agric Res.* 1, 117-127.
- Shah, K.V., Kapupara, P.K., Desai, T.R. (2011) Determination of sodium potassium, calcium and lithium in a wheat grass by flame photometry *Pharma Sci Monit J. Pharm. Sci.* 900-909
- Shamshiri, R.R., Jones, J.W., Thorp, K.R., Ahmad, D., Che Man, H. and Taheri, S. (2018). Review of optimum temperature, humidity, and vapour pressure deficit for microclimate evaluation and control in greenhouse cultivation of tomato, a review. *International agrophysics*, 32(2). [https://doi, 10.1515/intag-2017-0005](https://doi.org/10.1515/intag-2017-0005)
- Sharif, M., Hussain, A. and Subhani, M. (2013). Use of sprouted grain in the diets of poultry and ruminants. *Indian Journal of Research.* 2(10), 4-7.
- Shit, N. (2019). Hydroponic fodder production, an alternative technology for sustainable livestock production in India. *Exploratory Animal and Medical Research*, 9(2), 108-119.
- Shtaya, I. (2004). Performance of Awassi lambs fed different levels of hydroponic barley. Master of Science theses. *An Najah National University, Nablus, Palestine.*
- Shukla, V., Vashistha, M., Singh, S.N. (2009) Evaluation of antioxidant profile and activity of amalaki (*Emblica officinalis*), spirulina and wheat grass. *Indian J. Clin. Biochem.* 24(1),70–75
- Sinchire, D. B. M., Álvarez, L. S. J., Valdivieso, J. I. B., Mora, E. D. C. (2020). Oat and wheat forage production under hydroponic and conventional systems. *Cienc. Tecnol. Agropecu* (21),1-16.
- Sinsinwar, S., Teja, K. (2012). Development of a cost effective, energy sustainable hydroponic fodder production device. *Agri. Engineering Interns. III, Kharagpur.* pp, 335.
- Sneath, R., McIntosh, F. (2003). Review of hydroponic fodder production for beef cattle, Queensland Government, Department of primary Industries, Dalby, Queensland 84. McKeehen, 54.
- Snow, A.M., Ghaly, A.E., Snow, A. A. (2008). Comparative assessment of hydroponically grown cereal crops for the purification of aquaculture waste water and the production of fish feed. *American Journal of Agricultural and Biological sciences*, 3(1), 364-378.
- Soder, K. J., Heins, B. J., Chester-Jones, H., Hafla, A. N., Rubano, M. D. (2018). Evaluation of fodder production systems for organic dairy farms. *The Professional Animal Scientist*, 34(1), 75–83
- Soto, M. A. C., Reyes, A. S. J., Ahumada, J. A. R., Cervantes, M. G., Lozano, R. G. R., Barragán, H. B. (2012). Producción de biomasa y valor nutricional del forraje verde hidropónico de trigo y avena. *Interciencia*, 37(12), 906-913.
- Starova, J. (2016). Hydroponic fodder production. ‘Feed the future programme’ of US Government global hunger and food security initiative in Ethiopia sponsored by USAID. https://pdf.usaid.gov/pdf_docs/PA00TJSD.pdf. Erişim tarihi: 11.11.2022

- Suma, T. C., Kamat, V. R., Sangeetha, T. R., Reddy, M. (2020). Review on hydroponics green fodder production, Enhancement of nutrient and water use efficiency. *IJCS*, 8(2), 2096-2102.
- Sun, Z., Scherer, L., Tukker, A., and Behrens, P. (2020). Linking global crop and livestock consumption to local production hotspots. *Global Food Security*, 25, 100323. DOI, 10.1016/j.gfs.2019.09.008.
- Sürmen, M., Yavuz, T., Çankaya, N., Töngel, M.Ö. (2008). Karadeniz bölgesinde hayvan besleme alışkanlıkları üzerine bir araştırma. *International Journal of Agricultural and Natural Sciences*, 1(1), 49-53.
- Şahin, T., Kaya, Ö., Elmali, D. A., Kaya, İ. (2013). Effects of dietary supplementation with distiller dried grain with solubles in growing lambs on growth, nutrient digestibility and rumen parameters, *Revue Méd. Vét.*, 164(4), 173-178.
- Tansı, V., Ülger, C., Sağlamtimur, T., Baytekin, H., Okant, M., Kılınç, M. (1992). Güneydou anadolu bölgesinde I. ve II. ürün olarak yetiştirilebilecek sorgum tür ve çeşitlerinin saptanması üzerinde araştırmalar. ç. ü. ziraat fakültesi gap tarımsal araştırma-inceleme ve geliştirme proje paketi, Kesin Sonuç Raporu, Ç. Ü. Ziraat Fakültesi Genel Yayın No, 39. GAP Yayınları No, 66, Adana, Eylül 1992.
- Tawfeeq, J. A., Hassan, S. A., Kadori, S. H., Shaker, R. M., Hamz, Z. R. (2018). Evaluation of feeding hydroponics barley on digestibility and rumen fermentations in Awassi lambs. *The Iraqi Journal of Agricultural Science*, 49(4), 639.
- TOB, (2019). Tarım ve Orman Bakanlığı, Bitkisel Üretim ve Bitki Sağlığı Grubu https://cdniys.tarimorman.gov.tr/api/File/GetFile/330/Sayfa/1416/1778/DosyaGaleri/2_bitkisel_uretim_ve_bitki_sagligi.pdf. Erişim tarihi, 10.09.2022
- Tudor, G., Darcy, T., Smith, P., Shallcross, F. (2003). The intake and live weight change of drought master steers fed hydroponically grown, young sprouted barley fodder (auto grass). *Department of Agriculture Western Australia*, 8.
- Turan, N., Özyazıcı, M.A., Tantekin, G.Y. (2015). Siirt ilinde çayır mera alanlarından ve yem bitkilerinden elde edilen kaba yem üretim potansiyeli. *Türkiye Tarımsal Araştırmalar Dergisi*, 2(1), 69-75.
- Türkiye İstatistik Kurumu, (2022). *İstatistik Veri Portalı* <https://data.tuik.gov.tr/Kategori/GetKategori?p=Tarim-111>, (Erişim Tarihi, 09.11.2022)
- Türkmen, O.S. (2016). Topraksız hasıl üretimi ve kullanım olanaklarının geliştirilmesi. Doktora Tezi, Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Çanakkale.
- USDA, (2022) United States Department of Agriculture, Foreign Agricultural Service. <https://apps.fas.usda.gov/psdonline/app/index.html#/app/advQuery> (Erişim Tarihi, 16.02.2023).
- Uyeda, J., Cox, L.J. and Radovich, T.J. (2011). An Economic comparison of commercially available organic and inorganic fertilizers for hydroponic production. *Sustainable Agriculture*, 5, 1-4.

- Vadiee, A., Martin, V. (2012). Energy management in horticultural applications through the closed greenhouse concept, state of the art. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 16(7), 5087-5100.
- Verma, S., Singh, A., Kalra, A., Saxena, M. J. (2015). Effect of feeding hydroponics barley (*Hordeum vulgare*) fodder on nutrient utilization, growth, blood metabolites and cost effectiveness in Haryana male calves. *Indian Journal of Animal Nutrition*, 32(1), 10–14.
- Wang, R., Koutinas, A.A., Campbell, G.M. (2007). Dry processing of oats application of dry milling. *J. Food En.* 82, 559-567.
- Yetim, H., Öztürk, İ., Törnük, F., Sağdıç, O., Hayta, M. (2010). Functional properties of edible plant and seed sprouts. *GIDA*. 35 (3), 205–210.
- Yousof, F.I., Amer, K.A., Mersal, I.F. (2017). Screening os some egyptians barley cultivars for sprouted green fodder yield under hydroponic system. *Int. J. Technol Res Sci.* 1(10), 364-371.
- Yurtseven, S., Güler, A., Sakar, E. (2020). Effects of hydroponic media on forage and silage quality of barley (*Hordeum vulgare* l.). *Applied Ecology and Environmental Research*, 18(1),1601-1610.
- Yusif, A. A., Mustafa, K. N., Salih, G. M. (2023). Effect Of Feeding Hydroponic Barley And Concentrate Diet On Milk Yield And Composition in Hamdani Ewes. *Journal of Jilin University (Engineering and Technology Edition)*. Vol, 42 Issue, 01-2023.

ÖZ GEÇMİŞ

Abdulkadir ERİŞEK' in İlkokul, Ortaokul ve Lise hayatı Niksar'da geçmiştir. Çukurova Üniversitesi Ziraat Fakültesi, Zootečni bölümünden 2009 yılında mezun oldu. 2014 yılında OMÜ Zootečni Ana Bilim Dalı Yüksek Lisans programını bitirdi. 2016 yılında OMÜ Zootečni Ana Bilim Dalı Doktora programına başladı. Meslek hayatına 2011 yılında Sakarya İli Ferizli İlçe Tarım ve Orman Müdürlüğünde başlamıştır. 2014 yılından itibaren Uluslararası Hayvancılık Araştırma ve Eğitim Merkezi Müdürlüğünde Ziraat Mühendisi olarak görev yapmaktadır. Abdulkadir ERİŞEK Orta derecede İngilizce bilmektedir (YDS:76,25, YÖKDİL:90). Evli ve bir çocuk babasıdır (03.02.2023).

İletişim Bilgileri

ORCID ID : 0000-0002-4724-0031

Yayınlar:

1. **Erişek, A.**, Kılıç, Ü. 2017 Determination of *In vitro* Gas Production and Forage Qualities of Alfalfa and Sorghum-Sudangrass Forages. Sch J Agric Vet Sci 2017; 4(7):273-281.
2. Ünay, E., Kayaçetin, F., Özdemir, P., Erol Tunç, A., Yıldırım Şenyer, G., **Erişek, A.** 2019. Türkiye'nin Farklı Lokasyonlarında Sonbaharda ve İlkbaharda Yetiştirilen Hardal (*Brassica juncea*)'ın Soğuk Pres Yöntemiyle Elde Edilen Küspesinin Ruminant Beslemesi Açısından Değerlendirilmesi Lalahan Hayvancılık Araştırma Enstitüsü Dergisi 2(3): 126-129.
3. Sakar, C.M., **Erişek, A.** 2019. Development of Akkaraman Lambs in Cankiri Region from Birth to 120 Days. Black Sea Journal Of Agriculture. Cilt 2 Sayı:1 syf. 16-20.
4. **Erişek, A.**, Kılıç, U. Boga, M. 2019. Determination of *In vitro* Gas Production Kinetics and Chemical Compositions of Ligustrum and Jasmine Tree Leaves Black Sea Journal of Agriculture, 2(3): 126-129.
5. Kılıç, U., **Erişek, A.** 2019. Effects of Additive Use on Silage Quality and *In vitro* Digestibility of Some Brassica silages. Journal of Scientific and Engineering Research Volume 6 Issue 11: 163-171.
6. Olomonchi, E.O.A., Kılıç, U., Garipoglu, A.V., **Erişek, A.** 2019. Comparison of Forage Quality and *in vitro* Digestibilities of Fodder

Beet (Beta vulgaris var. rapa) Fresh Material and Silage
Volume 6 Issue 11; 172-178.

7. Kılıc U., **Erişek, A.**, Garipoglu, A.V., Ayan,İ., Önder H. 2021. The Effects of Different Forage Types on Feed Values and Digestibilities in Some Brassica Fodder Crops Türk Tarım ve Doğa Bilimleri Dergisi 8(1): 94–102.
8. Şenyüz, H. H., Ünay, E., **Erişek, A.**, Erol Tunç, Arzu., Yıldırım Ç., Erdal, N., Coşkun, M. İ., ve Maraş H. 2022. The conservation method effects of the Barley-Vetch mixture planted together on the performance of pregnant ewes," Turkish Journal of Veterinary & Animal Sciences: Vol. 46: No. 2, Article 6.

Ulusal ve Uluslararası Kongreler Sözlü ve Poster Bildiriler:

1. Filik, G., Boğa, M., Yurtseven, S., Şentürk, R., **Erişek, A.**, 2009. Süt Sığırlarının Performansları Üzerine Sıcaklık Stresinin Etkisi ve Çözüm Yolları 5. Zootečni Öğrenci Kongresi 21-22 Mayıs 2009, Tokat
2. Burğut, A., Kumova, U., **Erişek, A.**, 2009 Bal Arılarında (Apis Mellifera L.) Biyoçeşitliliğinin belirlenmesi Üzerine Yapılan Çalışmalar 5. Zootečni Öğrenci Kongresi 21-22 Mayıs 2009, Tokat
3. Ağırşöl, Ö., **Erişek, A.**, Kılıç, Ü., 2012 Süt Sığırı Rasyonlarının Formülasyonunda Farklı Yem Enerji Ölçüm Sistemi Kullanılmasının Maliyet Üzerine Etkisi 8. Ulusal Zootečni Öğrenci Kongresi 22-23 Mayıs 2012 Şanlıurfa
4. **Erişek, A.**, Kılıç, Ü., 2013 Alternatif Kaba Yem Kaynağı Olarak Sorgum X Sudan Otunun Hayvan Beslemede Kullanılabilirliği VII. Ulusal Hayvan Besleme Kongresi (Uluslararası Katılımlı), 26 - 27 Eylül 2013, Ankara
5. Kılıç, Ü., Ayan, İ., Garipoğlu, A.V., Önder, H., **Erişek, A.**, 2015 Bazı Alternatif Yem Bitkileri Silajlarının Yem Değeri ve İn Vitro Sindirilebilirliklerinin Belirlenmesi 9. Ulusal Zootečni Bilim Kongresi 3-5 Eylül 2015 Konya
6. **Erişek, A.**, Kılıç, Ü., 2015 Yonca ve Sorgum x Sudan Kaba Yemlerinde Farklı Muhafaza Yöntemlerinin Besin Madde İçeriği ve Yem Değeri Üzerine Etkisi- Poster Bildiri 9. Ulusal Zootečni Bilim Kongresi 3-5 Eylül 2015 Konya
7. **Erişek, A.**, Kılıç, Ü., 2015 Effect of Different Storage Methods on *In vitro* Gas Production Parameters, Energy Contents and Organic Matter Digestibility of Alfalfa and Sorghum x Sudangrass Forages Poster "Dairy Livestock Production In Eastern Europe" October 15-16, 2015 – Balotesti, Romania
8. Boğa, M., Kılıç, Ü., **Erişek, A.**, 2016 The Effects of Pasture-Based Raising on The Composition of Goat Milk Poster 12th International Conference on Goats September 25-30 , 2016- Antalya, Turkey
9. **Erişek, A.**, Boğa, M., Kılıç, Ü., 2016 The effects of vegetable oils on quality of goat meat Poster 12th International Conference on Goats September 25-30 , 2016- Antalya, Turkey
10. Kılıç, Ü., **Erişek, A.**, Garipoğlu, A.V., 2016 Comparison Of Fodder Beets (Beta Vulgaris Var. Rapa) and their silages in terms of forage quality and *in vitro* digestibilities Poster 1st International Scientific Animal Nutrition Congress September 28- October 01 , 2016- Antalya, Turkey

11. **Erişek, A.**, Kılıc, U., 2018. Ruminant yemlerin Rumen Simülasyon Tekniği (Rusitec) İle Değerlendirilmesi. 2nd International Animal Nutrition Congress 1-4 Kasım 2018 Antalya
12. Yıldırım Şenyer, G., Ünay, E., Erol Tunç, A., **Erişek, A.**, Özdemir, P., Semen, Z., 2018. Mera Başlangıç Dönemindeki Akkaraman Koyunlarda Bazı Metabolizma Değerlerinin Belirlenmesi 2nd International Animal Nutrition Congress 1-4 Kasım 2018 Antalya.
13. Sakar, C.M., **Erişek, A.**, 2018. Development of between birth to 120. days period of Akkaraman lambs reared in Cankiri region. International Congress on Domestic Animal Breeding, Genetics and Husbandry (ICABGEH-18) Antalya, 26 – 28 September, 2018
14. **Erişek, A.**, Kılıc, U., Boga, M., 2018. Determination of *in vitro* gas production kinetics and chemical compositions of ligustrum and jasmine tree leaves. International Congress on Domestic Animal Breeding, Genetics and Husbandry (ICABGEH-18) Antalya, 26 – 28 September, 2018.
15. Abdi, A.M., Kılıc, U., **Erişek, A.** 2018 Feed additives used for reduction of enteric methane production. International Congress on Domestic Animal Breeding, Genetics and Husbandry (ICABGEH-18) Antalya, 26 – 28 September, 2018.
16. **Erişek, A.**, Ünay, E., Özdemir, P., Yıldırım Şenyer, G., Kılıç, B., Şenyüz, H.H., 2019. Germination Green Feed Total Mixture Ration (TMR) Dry Matter Consumption, Serum Biochemical Parameters, Serum Mineral Substances, Effect of Milk Components in Dairy Cows. Oral presentation. 1st International Livestock Science Congress 31.10.- 02.11.2019 Antalya/ Turkey.
17. Yıldırım Şenyer, G., Ünay, E., Erol Tunç, A., Semen, Z., **Erişek, A.**, Özdemir, P., 2019. Evaluation of Plant Nutrient Content in Terms of Animal Nutrition According to Vegetation Periods of Çorum Province Pastures. Poster presentation. 1st International Livestock Science Congress 31.10.- 02.11.2019 Antalya/ Turkey.
18. Özdemir, P., Ünay, E., **Erişek, A.**, Erol Tunç, A., Yıldırım Şenyer, G., Maraş, H., Çökülgen, T., Basmacıoğlu Malayoğlu, H., 2019 Ensability Characteristics and Silage Quality of Forage Turnips (Lenox, Brassica rapa L.) Poster presentation. 1st International Livestock Science Congress 31.10.- 02.11.2019 Antalya/ Turkey.
19. Şenyüz, H.H., Ünay, E., **Erişek, A.**, Erol Tunç, A., Yıldırım, Ç., Erdal, N., Coşkun M.İ., Maras, H., Effect of barley-vetch hay and silage on ewes live weight , lamb birth weight in Lalahan (Kivircikx AkkaramanB1) Sheep Oral presentation October 2021 Conference: 6. International Congress on Advances in Veterinary Sciences and Technics At: Sarajevo-Bosnia.
20. Erol Tunç A., Yaman Fırıncıoğlu S., Ünay E., **Erişek A.**, Özdemir P., Yıldırım Şenyer G., Kılıç., B., Coşkun M. İ., Şenyüz H. H., Nar Posası Silajının Fermantasyon Özellikleri Ve Kuzularda Performans Üzerine Etkisi, Conference: 2. International Livestock Studies Congress Antalya.