

T.C.
BİLECİK ŞEYH EDEBALI ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ
TARLA BİTKİLERİ ANABİLİM DALI

**HİDROPONİK YÖNTEM İLE ÇİMLENDİRİLEN ARPA VE YAYGIN FIĞ
KARIŞIMLARININ BESİN DEĞERLERİNİN BELİRLENMESİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

BURCU YILDIZ

TEZ DANIŞMANI
PROF. DR. HANİFE MUT

BİLECİK, 2025

10707279

T.C.
BİLECİK ŞEYH EDEBALI ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ
TARLA BİTKİLERİ ANABİLİM DALI

**HİDROPONİK YÖNTEM İLE ÇİMLENDİRİLEN ARPA VE YAYGIN FIĞ
KARIŞIMLARININ BESİN DEĞERLERİNİN BELİRLENMESİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

BURCU YILDIZ

TEZ DANIŞMANI
PROF. DR. HANİFE MUT

BİLECİK, 2025

10707279

BEYAN

“Hidroponik Yöntem ile Çimlendirilen Arpa ve Yaygın Fiğ Karışımlarının Besin Değerlerinin Belirlenmesi” adlı yüksek lisans tezi hazırlık ve yazımı sırasında bilimsel ahlak kurallarına uyduğumu, başkalarının eserlerinden yararlandığım bölümlerde bilimsel kurallara uygun olarak atıfta bulunduğumu, kullandığım verilerde herhangi bir tahrifat yapmadığımı, tezin herhangi bir kısmının Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi veya başka bir üniversitede başka bir tez çalışması olarak sunulmadığını, aksinin tespit edileceği muhtemel durumlarda doğabilecek her türlü hukuki sorumluluğu kabul ettiğimi ve vermiş olduğum bilgilerin doğru olduğunu beyan ederim.

Bu çalışmanın, Bilimsel Araştırma Projeleri (BAP), TÜBİTAK veya benzeri kuruluşlarca desteklenmesi durumunda; projenin ve destekleyen kurumun adı proje numarası ile birlikte, ETİK KURUL onayı alınması durumunda ise ETİK KURUL tarih karar ve sayı bilgilerinin beyan edilmesi gerekmektedir.			
DESTEK ALINMIŞTIR	<input type="checkbox"/>	DESTEK ALINMAMIŞTIR	<input checked="" type="checkbox"/>
Destek alındı ise;			
Destekleyen kurum;			
Desteğin Türü		Proje Numarası	
1- BAP (Bilimsel Araştırma Projesi)			
2- TÜBİTAK			
Diğer;.....			
ETİK KURUL onayı var ise;			
ETİK KURUL karar tarih/sayı:	/.....	

Burcu YILDIZ

Tarih

.....

İmza

.....

ÖN SÖZ

Yüksek lisans eğitimime başladığım günden bugüne çalışma sürecinde her türlü yol gösterici olan, olumlu tavrıyla emeklerini hiç esirgemeyen, bilgi birikimiyle çalışmama farklı açılardan bakmamı sağlayan beraber çalışmaktan ve her zaman öğrencisi olmaktan gurur duyduğum değerli danışman hocam Sayın Prof. Dr. Hanife MUT'a değerli katkı ve emekleri için teşekkürlerimi ve saygılarımı sunarım.

Bu günlere ulaşmamdaki tüm hayatım boyunca benim yanımda olan aldığım, kararları her zaman destekleyen, sadece bu çalışma sürecinde değil tüm hayatım boyunca beni cesaretlendiren ve moral veren aileme sonsuz şükranlarımı sunar ve teşekkür ederim.

BURCU YILDIZ

2025

ÖZET

HİDROPONİK YÖNTEM İLE ÇİMLENDİRİLEN ARPA VE YAYGIN FIĞ KARIŞIMLARININ BESİN DEĞERLERİNİN BELİRLENMESİ

Bu çalışmanın amacı, ruminant hayvanlarda kaba yem ihtiyacının giderek artmasıyla birlikte alternatif yem arayışı içerisinde hidroponik yem üretim sisteminin değerlendirilmesidir. Hidroponik yem üretim sistemlerinde birçok bitki kullanılmaktadır. Fakat en yaygın kullanılan tahıllar grubunda yer alan arpa, buğday, yulaf ve çavdar gibi bitkilerdir. Bu bitki tohumları hidroponik sistemde çimlendirme esasına dayanarak 7-8 günlük periyot sonunda hayvan beslemede alternatif seçenek olarak kullanılmaktadır. Yaptığımız çalışmada yaygın kullanımın aksine arpa ve yaygın fiğın yalın ve karışımlarının hidroponik yem verimi ve kalitesi incelenmiştir. Deneme Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi Ziraat ve Doğa Bilimleri Fakültesi Tarla Bitkileri Bölümüne ait Hızlı Islah ve İklim Odasında yürütülmüştür. Deneme kontrollü koşullarda 8 gün süre ile 23 °C' de ve % 65 oransal nem koşullarında tesadüf parselleri deneme desenine göre 3 tekrarlamalı olarak yürütülmüştür. İlk çıkışlar gözleneneye kadar yaklaşık iki gün karanlık diğer günlerde ise 16:8 saat aydınlık/karanlık foto periyot şartları uygulanmıştır. Çalışmada yeşil yem verimi (g/işlem), ham protein oranı, asit deterjanda çözünmeyen lif (ADF), nötr deterjanda çözünmeyen lif (NDF), nispi yem değeri, mineral madde (Ca, Mg, K ve P) içerikleri ve tetani değerlerine bakılmıştır. Çalışma sonucunda; yeşil yem verimi 138.9 – 309.3 g, ham protein oranı % 13.81 – 31.90, ADF oranı % 12.13 – 19.66, NDF oranı % 24.24 – 35.66, nispi yem değeri 206.2 – 297.7 ve tetani değeri % 1.899 – 3.611 arasında değişim göstermiştir. Ayrıca mineral besin elementleri yeterli seviyede bulunmuştur. Bu çalışma, yaygın fiğın arpa bazlı hidroponik yem üretimine dahil edilmesinin hem verimi hem de besin kalitesini önemli ölçüde artırdığını göstermektedir. Sonuçlar, baklagillerin eklenmesiyle yeşil yem verimi, ham protein oranı ve nispi yem değerinin arttığını, mineral besin elementlerinin ise yeterli seviyede korunduğunu ortaya koymuştur. Özellikle arpa tanelerine %60 ve 80 oranında yaygın fiğ eklenmesinin hem yem verimi hem de yem kalitesi açısından en etkili kombinasyon olduğu belirlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Hidroponik Sistem, Besin Değeri, Ruminant Hayvan, Yeşil Yem

ABSTRACT

DETERMINATION OF NUTRITIONAL VALUES OF BARLEY AND COMMON VETCH MIXTURES GERMINATED BY HYDROPONIC METHOD

The aim of this study is to evaluate the hydroponic forage production system as an alternative forage source in response to the increasing demand for roughage in ruminant animals. Various plant species are used in hydroponic forage production systems, with the most commonly utilized ones belonging to the cereal group, such as barley, wheat, oats, and rye. These plant seeds are germinated in a hydroponic system and can be used as an alternative forage source at the end of a 7–8-day period. In contrast to common practices, this study examines the hydroponic forage yield and quality of pure and mixed forms of barley and common vetch. The experiment was conducted in the Rapid Breeding and Climate Room of the Department of Field Crops at Bilecik Şeyh Edebali University, Faculty of Agriculture and Natural Sciences. The trial was carried out for eight days under controlled conditions at 23 °C and 65% relative humidity, following a completely randomized plot design with three replications. Until the first emergence, the seeds were kept in darkness for approximately two days, followed by a 16:8 hour light/dark photoperiod condition. Irrigation was performed with tap water in equal amounts, considering the condition of the germinated seedlings. In this study, green forage yield (g/treatment), crude protein ratio, ADF, NDF, Relative Forage Value (RFV), mineral content (Ca, Mg, K, and P), and tetany values were analyzed. The results showed that green forage yield ranged between 138.9 – 309.3 g, crude protein content varied from 13.81% to 31.90%, ADF ratio was between 12.13% and 19.66%, NDF ratio ranged from 24.24% to 35.66%, RFV varied between 206.2 and 297.7, and tetany values ranged from 1.899% to 3.611%. Additionally, mineral nutrient elements were found to be at sufficient levels. The findings of this study demonstrate that the integration of common vetch into barley-based hydroponic forage production significantly enhances both yield and nutritional quality. The results indicate that green forage yield, crude protein content, and relative forage value improve with the inclusion of legumes, while maintaining sufficient mineral nutrient levels. Specifically, the incorporation of 60-80% common vetch into barley grains was found to be the most effective combination in terms of both yield and forage quality.

Keyword: Hydroponic System, Nutritional Value, Ruminant Animal, Green Feed

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
ÖN SÖZ.....	i
ÖZET.....	ii
ABSTRACT.....	iii
İÇİNDEKİLER.....	iv
GRAFİKLER LİSTESİ.....	v
KISALTMALAR VE SİMGELER LİSTESİ.....	vi
1. GİRİŞ.....	1
2. HİDROPONİK SİSTEM İLE İLGİLİ GENEL BİLGİLER.....	4
3. MATERYAL VE YÖNTEM.....	8
3.1. Hidroponik Sistemde Yemin Hazırlanması.....	8
3.2. Denemenin Kurulması	8
3.3. Yapılan Ölçümler.....	9
4. BULGULAR ve TARTIŞMA.....	10
4.1. Yeşil Yem Verimi (g/işlem).....	10
4.2. Ham Protein (HP) Oranı (%).....	11
4.3. Asit Deterjanda Çözünmeyen Lif (ADF) Oranı (%).....	12
4.4. Nötr Deterjanda Çözünmeyen Lif (NDF) Oranı (%).....	13
4.5. Nispi Yem Değeri.....	14
4.6. Fosfor (P) Oranı (%).....	15
4.7. Potasyum (K) Oranı (%).....	16
4.8. Kalsiyum (Ca) Oranı (%).....	17
4.9. Magnezyum (Mg) Oranı (%).....	19
4.10. K/Ca+Mg (Tetani) Oranı (%).....	20
5. SONUÇ VE ÖNERİLER	22
KAYNAKÇA.....	24

GRAFİKLER LİSTESİ

	Sayfa
Grafik 4.1. Yeşil Yem Verimi (g/işlem).....	10
Grafik 4.2. Ham Protein Oranı (%).....	11
Grafik 4.3. Asit Deterjanda Çözünmeyen Lif Oranı (%).....	13
Grafik 4.4. Nötr Deterjanda Çözünmeyen Lif Oranı (%).....	13
Grafik 4.5. Nispi Yem Değeri.....	15
Grafik 4.6. Fosfor Oranı (%).....	16
Grafik 4.7. Potasyum Oranı (%).....	17
Grafik 4.8. Kalsiyum Oranı (%).....	18
Grafik 4.9. Magnezyum Oranı (%).....	19
Grafik 4.10. K/Ca+Mg Oranı (%).....	21

KISALTMALAR VE SİMGELER LİSTESİ

ADF: Asit Deterjan Fiber

NDF: Nötral Deterjan Fiber

P: Fosfor

K: Potasyum

Ca: Kalsiyum

Mg: Magnezyum

HP: Ham Protein

%: Yüzde

Kg: Kilogram

°C: Derece

pH: Bir Çözeltinin Asitlik veya Bazlık Derecesi

P≤0.01: İstatistiki Anlamlılık

1. GİRİŞ

Dünya nüfusunun artmasıyla birlikte insanların beslenme sorunları giderek artmaktadır. Bu sorunların azalması için insanların besinlere yeterli derecede ulaşabilmesi sağlanmalıdır. Bu amaçla sürdürülebilir tarım politikaları oluşturulmalı, tarımsal iyileştirmelerin yapılması gerekmektedir. İnsan nüfusunun hızla artmasıyla hayvansal gıdalara olan gereksinimde paralel olarak artmaktadır. Bu paralel artışa bağlı olarak özellikle üzerinde durulması gereken konulardan birisi hayvansal üretimin arttırmak amacı ile yem bitkileri üretiminde kalite ve verim artışını sağlamaya yönelik çalışmaların artırılmasıdır. Bu amaçla sürdürülebilir tarım politikaları oluşturulması ve tarımsal iyileştirmelerin yapılması gerekmektedir. Hayvanların beslenmesi açısından yem bitkileri, çayır ve meralar önemli besin alanlarıdır. Hem hayvan sağlığı açısından önemli olan hem de gerekse üretim maliyeti açısından ucuz olan kaba yemler son derece önem arz etmektedir (Özkan, 2020: 29-43).

Kaba yemler hayvanların tüketim açısından son derece önemli yemlerdir. Hayvancılıkta girdilerin büyük bölümünü %70 oranında paya sahip olan yem giderleri oluşturmaktadır. Bu oranının %78'lik kısmı kaba yem, geriye kalan kısmı ise karma (%22) yemlerden sağlanmaktadır (Harmanşah, 2018: 9-13). Ruminant hayvanların sağlığı ve sindirimi için önem arz eden kaba yemler, selüloz içeriği bakımından yüksek yemlerdir (Arısoy, 1988: 165-170). Ülkemizde kaba yem; yem bitkileri ekim alanları, çayır mera alanları, tahıl ve endüstri bitkileri artıklarından karşılanmaktadır. Hayvanların kaba yem ihtiyaçları yaz aylarında rahatça bulunmasına rağmen kış aylarında kaba yemin bulunmaması önemli bir sorun haline gelmektedir (Kılıç, 2016: 793-799).

Kaba yemlerin kesif yemlere göre daha ekonomik olması hayvansal üretim açısından önem arz etmektedir (Alçıçek vd., 2010: 1-10). Hayvansal üretimin az olmasının başlıca nedenleri arasında yem bitkilerinin ekim alanlarının dar olması ve çayır ve mera alanlarının bakımlarının yetersiz olmasıdır. Gelişmiş ülkelerde yem bitkilerinin payı %25-30 oranlarındayken ülkemizde bu oran %12 civarlarındadır (Harmanşah, 2018: 9-13). Çayı ve mera alanlarında iyileştirmelerin yapılmaması hayvan varlığı artışının azalmasına sebep olmaktadır. Bu sebeplerden dolayı ülkemiz hayvan varlığının kaba yem ihtiyacını karşılamakta yeterli seviyede değildir (Topal, 1993). Bu olumsuz sorunların giderilmesi için yem bitkileri ekim alanlarının artırılması, birim alandaki kalite ve verimi artırmak amacıyla tarımsal iyileştirmeler yapılarak desteklenmelidir (Tosun, 1996: 1-15). Bunların yanı sıra kapalı alanlarda hayvan besleme yaygın olup kış aylarında taze yemlere ulaşmak mümkün değildir.

Bu nedenlerden dolayı hayvanların tüketimi için yeşil taze kaba yem sağlayan hidroponik sistem günümüzde yaygınlaşmaya başlamıştır.

Hidroponik sistem 1966 yılında ilk kez İngiltere de kullanılmış olup ülkemizde ise 2009 yılından sonra kullanılmaya başlamıştır (Kılıç, 2016: 793-799). Hidroponik sistem, toprak kullanmadan tohumların çimlenmesi ve büyümesi için gerekli olan nem, ısı, ışık gibi faktörleri toprağın olmadığı bir ortamdan sağlamasından ibarettir (Çopur Doğrusöz vd., 2020: 158-167; Çopur Doğrusöz vd., 2021: 227-233). Bu sistemde su içinde çözülmüş besin maddeleri kullanılarak bitkilerin ihtiyaç duyduğu tüm besin maddeleri kontrollü bir şekilde almaktadır. Bu sistemle üretilen tohumlar 6-8 gün içerisinde çimlenir ve kökler birbirine dolaşır bir hal alarak görünümü almaktadır. Bitki boyunun 20-25 cm uzamasıyla birlikte tohum ağırlığına oranla 6-10 kat yeşil yem elde edilmektedir. Hidroponik sistem ile yapılan tarımın su tasarrufu, besin kontrolü, hastalık ve zararlıların azalması veya ortadan kalkması, daha hızlı üretimin sağlanması, kısıtlı alanlarda bile etkili tarım yapma gibi birçok avantajı bulunmaktadır. Ayrıca bunların yanında bitkide zengin lif, protein, vitamin ve mineral içeriği olması, yılın her ayı üretim yapılabilmesi, çim suyunun hayvanların performanslarında iyileşme sağlanması, tanelerin sindirilebilirliği (Marsico vd., 2009: 625-627; Micera vd., 2009: 625-627; Dung vd., 2010: 2485-2492; Al Karaki ve Al-Hashimi, 2012: 1-5), döl tutma oranının yükselmesi ve enerji sağlanması (Atıcı, 2012: 96-97) gibi avantajlarında vardır. Bu sebepten dolayı son zamanlarda hidroponik üretim dünya genelinde yaygınlaşmaya başlamıştır.

Küresel ısınmadan kaynaklı ve hızlı nüfus artışına bağlı olarak doğal su kaynaklarının kullanımı tarımsal faaliyetlerde kısıtlama yoluna gidilmesi dünyada genelinde yankı oluşturmaktadır. Su kaynaklarındaki azalma sorunu bitki yetiştirmede suyun verimli ve daha etkin kullanımı sağlayan hidroponik sisteme olan ilgiyi arttırmıştır (Karaşahin, 2014: 27-33). Hidroponik sistem üretiminde kullanılan su miktarı tarlada üretim için kullanılan suyun yalnızca %3-5 ile aynı miktardaki su kullanımı ile gerçekleştirilmektedir (Karaşahin 2014: 27-33).

Hidroponik sistemde kısıtlı su miktarı ile üretim yapılabilmesi ve gübre kullanılmamasından dolayı çevre kirliliğine olumsuz etki oluşturmamasından dolayı da avantajları vardır. Kısıtlı su miktarı ile üretim yapılabilmesi, üretim elde edildikten sonra suyun tekrardan kullanılması ve gübre kullanılmamasından faydalı etkileri olmaktadır. Ayrıca bu sistemin ruminant hayvanlarda sağlık problemleri üzerinde faydalı etkileri olduğu araştırmacılar tarafından bildirilmiştir. Araştırmacıların yaptığı çalışmalara göre, hidroponik sistemde üretilen yem bitkilerinin rasyona katılmasıyla ruminant hayvanlarda sindirim

sisteminde, süt veriminde, kırmızı kan hücre sayısı ve kandaki oksijen oranında artışın olduğu birçok fayda sağlandığı ve bu sebeple ruminant hayvanlarda yüksek performans elde edildiği görülmüştür (Sharif vd., 2013: 4-7). Birim alanda hidroponik üretim sistemi ile daha çok verim alınabileceği araştırmacılar tarafından kanıtlanmıştır. Yılda 300 ton yeşil yemin, hidroponik üretim ile 120 m² bir alanda üretebileceğini bildirilmiştir (Karaşahin, 2014: 27-33). Yapılan başka bir araştırmaya göre, 2.5 dekar alandan bir büyük baş hayvanın kaba yem ihtiyacının karşılayabildiği, hidroponik üretim sayesinde yem üretimi için arazi ihtiyacının azalmasıyla, mevcut arazi alanlarına farklı ürünler ekilip yetiştirilerek ekonomik açıdan da gelir miktarının artacağını bildirilmiştir (Atıcı, 2012: 96-97).

Hidroponik sistemle çimlenen tohumlarda çimlenme sırasında bitkinin vitamin değerlerinde artış görüldüğü bu oranın filizlenmiş tahıllarda 20 kata kadar artırabileceği belirlenmiştir (Cuddeford, 1989: 211-214). Bu sistemde verim ve kaliteyi arttırmanın başlıca yolları; kullanılan tohumun çeşit ve kalitesi, suyun pH ve kalitesi, sulama süresi ve sıklığı, sıcaklık, nem, ışık ve yetiştirme süresi gibi maddelerdir (Sneath ve McIntosh, 2003; Dung vd., 2010: 2485-2492. Fazaeli vd., 2012: 513-539). Ayrıca bu üretim sistemiyle elde edilen ürünlerin besin içeriğini ölçme kriterleri yalnızca yeşil ve kuru madde ağırlığı ile sınırlı olmayıp enerji ve protein değerlerine de dikkat edilmelidir. Protein hayvan gelişim ve performansı açısından önemli besin değeri olup, yemde bulunan protein miktarı yemin değerini belirlemek için önem arz etmektedir. Yapılan çalışmaya göre, hidroponik sistem yeşil yem üretiminde vitamin E, beta-karoten, biotin ve serbest folik asit miktarında artışlar bildirilmiştir (Sneath ve McIntosh 2003; Dung vd., 2010: 2485-2492; Fazaeli vd., 2012: 513-539).

Hidroponik sistemle üretimi yapılan bitkilerin avantajlarının yanı sıra dezavantajları da bulunmaktadır. Bu sistemde en büyük dezavantajlardan biri iyi yönetilmeyen sistemde üretilen yemlerin küflenmesidir. Yemin küflü olması hayvan sağlığını olumsuz etkilemektedir. Hatta bu küflü yemlerle beslenen hayvanların ölümüne dahi sebep olmaktadır (Myers, 1974: 101). Bu sistemde üretim yapabilmek için iklimlendirme büyük önem arz etmekte olup, sürekli enerji kullanımı söz konusudur. Ayrıca sistemin en büyük sorunu olan kuru madde ağırlığında görülen kayıplardır (Fazaeli vd., 2012: 513-539). Bu sorunun oluşmaması için farklı yöntemler yapılmaktadır. Kuru ağırlık kaybını minimum seviyeye indirerek elde edilecek üründe kalite ve verimi artırabilmek için çimlenme ve fide gelişimi üzerine uygulanan pek çok priming uygulaması bu sistemde kullanılmaktadır (Yari vd., 2010: 5-8).

Bu çalışmada; hidroponik sistemde yetiştirilen arpa ve yaygın fiğ karışım oranlarından elde edilen yeşil otun verim ve bazı kalite özelliklerini belirlemek amaçlanmıştır.

2. HİDROPONİK SİSTEM İLE İLGİLİ GENEL BİLGİLER

Kaliteli yeşil yemler süt hayvanların beslenmesi açısından önem arz etmektedir. Ekonomik süt hayvancılığı sürdürülebilir kalkınmada önemli bir rol oynamaktadır. Ancak farklı kısıtlamalar sebebiyle çiftçiler sorun yaşamaktadır. Yaşanan sorunları ise; yem arazilerinin küçüklüğü, su kıtlığı, kaliteli yem tohumlarının bulunmaması, daha fazla iş gücü gereksinimi, gübre gereksinimi, bitkinin daha uzun büyüme süresi (45-60) gün, yabancı hayvanların yem mahsulünü zarar vermesi doğal felaketler vb. olarak sıralanabilir. Ayrıca yıl boyunca sürekli yem kalitesi ve veriminde azalmalar gerçekleşebildiğinden geleneksel yem yetiştirme yöntemlerine alternatif olarak hidroponik sistem ile üretim ortaya çıkmıştır. (Naik et al. 2011; Naik 2012a: 161-163 Naik et al., 2013a: 70-75 Naik et al., 2013b: 54-58 Naik ve Singh 2013b: 54-58 Naik, 2014:880-883 Naik ve Singh 2014:880-883 Naik et al., 2015: 1-9).

Araştırmacıların yaptığı çalışmalara göre farklı yem bitki türleri hidroponik sistemde üretildiği görülmektedir. Bu bitkiler ile yapılan çalışmalar; arpa (Reddy vd., 1988: 19-22), yulaf, buğday (Snow vd., 2008: 364-378), sorgum, yonca börülce (AI-Karaki ve AI-Hashimi, 2012: 1-5), mısır (Naik et al., 2011; Naik et al., 2012a: 161-163) olarak bildirmişlerdir. Hidroponik sistemde üretimi yapılacak yemin kolay bulunması, kaliteli ve verimli olması en önemli faktörler içerisinde yer almaktadır. Ayrıca tohum hazırlıkları da önemlidir. Hidroponik yem üretimi için tohumların ıslatılması, suyun aktif bir şekilde alınarak bitki bünyesine geçmesine bağlı olarak hızlı büyüme ve gelişmenin gerçekleşmesi hidroponik sistem için çok önemli bir adımdır. Arpa (Morgan vd., 1992: 241-261) ve mısır (Naik, 2012b: 265-270) tohumların 4 saat bekletilmesinin faydalı olduğunu bildirmişlerdir.

Tohum oranı ayrıca tohum türüne göre değişen hidroponik yem verimini de etkiler. Ticari birimlerin çoğu 6-8 kg/m² tohum oranını önermektedir (Morgan vd., 1992: 241-261). Ancak diğer bir araştırmacının önerisine göre daha yüksek verim elde edilmesi için mısır bitkisi tohum oranının 7,6 kg/ m² olmasını önermiştir (Naik et al., 2013a: 70-75). Tohum yoğunluğu fazlaysa filizlerin büyümesini etkileyen kök matında mikrobiyal kontaminasyon olasılığı daha fazladır. Hidroponik sistemde çimlenmenin başlaması ve köklerin görünürlüğü tohum türüne göre değişmektedir. Mısır ve börülce tohumlarında çimlenme 1 veya 2 gün sonra başlamaktadır ve kökler sırasıyla 2 veya 3 gün sonra açıkça görünür hale gelmektedir. Kloroplastlar aktive olana kadar fotosentez 5. günün sonuna kadar fidelerin metabolizması için önemli değildir (Sneath ve McIntosh, 2003: 54). Bu nedenle tahıl tanelerinin filizlenmesi için ışığa ihtiyaç yoktur, ancak filizlenme döneminin ikinci yarısında az miktarda ışık fotosentezi ve filizlerin yeşermesini teşvik eder. Tahılların genellikle serada yaklaşık yedi gün filizlenmesine izin verilir

ve 8. günde bunlar hayvan yemi hasat olarak edilir. Çoğunlukla, tarla koşullarında düşük maliyetli cihazlar kullanarak hidroponik yem üreten çiftçiler ürünü 7-10 gün tutarlar fakat fazla gün bekletmelerinden dolayı küf oluşma şansını artırır.

Hidroponik sistemde başarılı bir yem üretimi için elde edilen yemin kuru madde içeriği önemlidir. Tohumların filizlenmesi sırasında taze yem ağırlığında artış görüldüğü ancak kuru madde içeriğinde azalma olmaktadır. Dolayısıyla suyun emilmesi ve enzimatik aktivelerin etkisiyle endospermin içerisinde bulunan besin maddelerini tüketir ve bitki büyüme döngüsü sırasında fotosentez yeterli olmamaktadır (Sneath ve McIntosh, 2003). Bu sistemde yetiştirilen arpa 6-8 günde içerisinde 2.8-8 kat,% 8-19.7 kuru madde içeriğine sahip taze verim olup, mısır yeminde ise 7-8 gün içerisinde yetiştirilmiş ve oranların 3.5-6.0 kat ,% 10.3-18.5 kuru madde içeriğine sahip olduğunu bildirmişlerdir (Hillier ve Perry 1969: 783-785 Peer ve Leeson 1985: 183-190 Morgan vd., 1992: 241-261 Mukhopad 1994: 51-52 Tudor vd., 2003: 24-30 Sneath ve McIntosh, 2003: 54 AI-Ajmi vd., 2009: 342-348 ; Dung vd., 2010: 2485-2492 Fazaeli vd., 2011: 367-375 ; Naik vd., 2011; Fazaeli vd., 2012: 513-539 ; AI-Karaki vd., 2012: 1-5; Naik vd., 2014: 880-883).

Düşük maliyetli cihazlar veya seralarda hidroponik sistemle mısır yemi üreten çiftçiler, yerel olarak yetiştirilen 1 kg mısır 7-10 gün arasında 8-10 kg verim elde ettiklerini bildirmişlerdir (Naik vd., 2013b: 54-58). Hidroponik yemin kalite verimi ve kuru madde içeriğini etkileyen faktörler; ürün türü, hasat zamanı, tohum türü ve kalitesi, tohum oranı, tohum işleme, su kalitesi, pH, sulama sıklığı, kullanılan besin çözeltisi, ışık, büyüme dönemi, sıcaklık, nem, seranın temiz ve hijyenik durumu vb. gibi birçok faktör etkilemektedir (Trubey vd., 1969: 663-665; Sneath ve McIntosh, 2003: 54; Dung vd., 2010:2485-2492 ; Molla ve Brihan, 2010:713-719 ; Fazaeli et al., 2012: 531-539 ; Naik, 2012b: 265-270; Naik, 2013a: 70-75 Naik 2013b: 54-58). Ayrıca besin solüsyonunun kullanımı, minerallerin emilimi nedeniyle oluşabilecek kuru madde kaybını azaltır ve böylece kül içeriği ve hidroponik yemin son ağırlığı artmaktadır (Dung vd., 2010: 2485-2492).

Tahıl türüne bağlı olarak, hidroponik sistemde yetiştirilen yemler yaklaşık 8 günlük çimlenme periyodunun sonunda beyaz kökleri ve yeşil sürgünleri içine gömülmüş çimlenmiş tohumlardan oluşan 11-30 cm yüksekliğinde bir hasır görünümünde olmaktadır (Mukhopad, 1994:51-52 Snow vd., 2008: 364-378 ; Dung vd., 2010: 2485-2492; Naik vd., 2011; Naik vd., 2014: 880-883). Tahıl tanelerinin ve hidroponik yemlerin besin içeriğinde değişiklikler vardır (Hillier ve Perry 1969: 783-785 Peer ve Leeson1985:191-202 Sneath ve McIntosh, 2003: 54 Dung vd., 2010:2485-2492 Fazaeli vd., 2011:367-375 Fazaeli vd., 2012:513-539 Naik vd.,

2012a: 161-163 Naik vd., 2014: 880-883). DM (%89,7' ye karşı % 13,4) ve OM (% 96,60 - % 97,19'a karşı % 96,35) içeriği azalmaktadır. Bunun nedeni nişasta içeriğindeki azalmaya bağlı olabilir. Filizlenme sırasında nişasta büyüyen bitkilerin solunum ve hücre duvarı sentezi için metabolizmayı ve enerji gereksinimi desteklemek amacıyla çözümler ve şekerlere parçalanmaktadır. Dolayısıyla nişasta miktarındaki herhangi bir azalma DM ve OM'de buna karşılık gelen bir azalmaya neden olur.

CP (8.60-13.90- % 11.38- 24.90), NPN (3.35-% 5.89), SP (%10.49-12.30), IP (1.24-%2.37) içerikleri çoğunlukla artmış olmakla birlikte, TP (7.10-9.39 - % 7.79- 8.24) içeriği azalmış veya etkilenmemiştir. CP içeriğindeki artış, çimlenme sırasında solunum yoluyla DM'deki daha fazla kayba ve protein içeriğindeki artışa neden olur. Ayrıca, nitratların emilimi, azotlu bileşiklerin metabolizmasını kolaylaştırır ve böylece CP seviyelerini artırır. Besin solüsyonunun kullanımı, musluk suyundan daha fazla hidroponik yemin CP içeriğini artırmaktadır. Bu artışa neden olan ise azotlu bileşiklerin alımından kaynaklanıyor olabilir (Dung vd., 2010: 2485-2492). Araştırmacıların yaptığı çalışmalara göre bitki büyümesiyle ilişkili yapısal lipitlerde artış ve klorofil üretiminin arttığını gözlemleyerek, linolenik asit (0, 59'a karşı 0, 97) ve stearik asit (0,07'ye karşı 0,13) konsantrasyonları (yağın trigliserit fraksiyonunun toplam yağ asidi içeriğinin yüzdesi olarak) filizlenme süresiyle birlikte arttığını bildirmişlerdir (Peer ve Leeson, 1985:191-202).

Yapılan çalışmalara baktığımızda hidroponik sistemde yetiştirilen yemlerin tatları lezzetlidir ve kök sistemine gömülü çimlenmiş tohumlarda bitkilerin sürgünleriyle birlikte herhangi bir besin israfına yol açmadan tüketilmektedir (Pandey ve Pathak, 1991:183-190). Hayvanlar hidroponik sistemde üretilen yemin daha çok yapraklı kısımları tüketir, kök kısımları tüketmezler. Bu durum hidroponik yemin rasyonunun diğer kaba yem bileşenleri ile karıştırılmasıyla hayvanların yemi tüketmesiyle önlenir (Reddy vd., 1988:19-22, Naik vd., 2014: 880-883). Ayrıca hidroponik yemlerin potansiyel yararları da uzun zamandır bilinmektedir (Sneath and McIntosh, 2003: 54). Kuru taneler, çoğunlukla enzim inhibitörler nedeniyle inaktif olan bol miktarda enzim içermektedir. Filizlenme sırasında, inaktif enzimlerin aktiviteleri taneler enzim inhibitörlerinin nötralizasyonu nedeniyle artar ve bu enzimler nihayetinde nişasta, protein ve lipitler gibi yedek kimyasal bileşenleri şekerler, amino asitler ve serbest yağ asitleri gibi çeşitli metabolitlere ayırır. Dahası, bunlar yeni bileşikler sentezlemek veya besinsel olarak istenmeyen bileşenlerin parçalanması da dahil olmak üzere büyüyen fidelerin diğer kısımlarına taşınmak için kullanılır olduğunu saptamışlardır (Chavan ve Kadam, 1989: 401-437).

Enzimler daha basit bileşenlerin birbirine dönüşmesine neden olarak amino asitlerin kalitesinin ve vitaminin konsantrasyonunun artmasına yol açmaktadır (Plaza vd., 2003; Koehler et al., 2007). Hidroponik sistemde yetişen bitkiler B-karoten, C vitamini, E, Se ve Zn gibi ilgili mineraller açısından zengin bir antioksidan kaynağıdır. Bu sistemde yetişen tahıllarda zengin içeriğe sahiptirler. Doğada bulunan yemler enzim bakımından zengin genellikle alkali yapıdadır. Dolayısıyla hayvanların beslemesinde bağışıklık sisteminden kaynaklanan sorunlar çıkabilmektedir. Hidroponik ortamda yetiştirilen yemlerin beslenmesiyle hayvanlar gelişerek verimlilik artmaktadır. Ayrıca nötralizasyona bağlı olarak daha güçlü bağışıklık sistemi asidik koşul oluşması, fitik asit ve anti-besleme gibi etkenlerin ortadan kaldırılmasına yardımcı olan sistem kaynağıdır. (Finney, 1982: 229-305; Chavan ve Kadam, 1989: 401-437; Sneath ve McIntosh, 2003: 54; Shipard, 2005).

3. MATERYAL VE YÖNTEM

Bu çalışmada zahirecilerden temin edilen yaygın fiğ (*Vicia sativa* L.) ve arpa (*Hordeum vulgare* L.) tohumları kullanılmıştır. Çalışma Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarla Bitkileri Bölümü bünyesinde yer alan hızlı ıslah ve iklim odasında kontrollü şartlarda yürütülmüştür.

3.1. Hidroponik Sistemde Yemin Hazırlanması

Çalışmada bitki seçimi önemli olduğundan kolay çimlendiğinden ve verim artışının fazla olmasından dolayı arpa ve yaygın fiğ tercih edilmiştir. Arpa hızlı büyüyen ve verim kalitesi yüksek olan ve kısa sürede hasadı mümkün olan bitkidir. Yüksek besleyici değerlere sahip olan arpa çimi hayvan yeminde vitamin, mineral, amino asit gibi ihtiyaçları karşılamaktadır. Yaygın fiğ ise ot verimi yüksek, besin değeri iyi olan bir baklagil yem bitkisidir. Genellikle ülkemizde fiğ türleri kaba yem elde etmek amacıyla yetiştirilmektedir. Ancak fiğ tohumları yüksek oranda protein içerdiği için arpa tohumları ile karıştırılarak yem üretimi yapılmıştır. Fiğ bitkisinden elde edilen yemler hayvanlarda şişmeye neden olmamaktadır. Dolayısıyla hayvanlar için sağlık problemleri oluşturmadığı ve kaliteli yem üretildiği için bu bitkiler tercih edilmiştir. Hidroponik sistemde toprak tarımına kıyasla daha düşük su kullanılarak üretim daha sürdürülebilir halde yürütülmektedir. Çalışmada arpa ve yaygın fiğ tohumları karıştırılarak deneme kurulmuş, elde edilen yemlerin kalite değerleri tespit edilmiştir.

3.2. Denemenin Kurulması

Çalışmada arpa ve yaygın fiğ 6 farklı tohum oranında (100:0, 80:20, 60:40, 40:60, 20:80 ve 100:0) çimlendirmeye alınmıştır. Deneme Tesadüf Parselleri Deneme Desenine göre 3 tekrarlamalı olarak yürütülmüştür. Her bir işlem için 120 g tohum tartılarak çimlendirme kabına (26.5 cm x 19.0 cm boyutlarında) yerleştirilmiştir. Çimlendirme kaplarına alınan tohumlar çeşme suyu ile iyice yıkandıktan sonra çimlendirmeye bırakılmıştır. Çimlenen fidelerin durumu dikkate alınarak çeşme suyu ile eşit miktarda püskürtme şeklinde sulama yapılmıştır. Deneme iklim odasında 8 gün süre ile 23 °C' de ve % 65 oransal nem koşullarında yürütülmüştür. İlk çıkışlar gözlenene kadar yaklaşık iki gün karanlık diğer günlerde ise 16:8 saat aydınlık/karanlık foto periyot şartları uygulanmıştır. Aydınlık koşullarında beyaz, 12000 lüks ışık şiddetli florasan lambalar kullanılmıştır. Yetiştirilen fideler 8. gün hasat edilmiştir.

3.3.Yapılan Ölçümler

Yeşil yem verimi (g/işlem): Çimlenen fideler 8 günün sonunda tartılarak yaş ağırlıkları alınmış ve kap başına yeşil yem verimi g/işlem olarak verilmiştir (Çevik, 2023).

Ham Protein Oranı, Asit deterjanda çözülmeyen lif oranı (ADF), Nötr deterjanda çözülmeyen lif oranı (NDF), Fosfor (P), Potasyum (K), Kalsiyum (Ca) ve Magnezyum (Mg) Oranları (%): Sekizinci gün sonunda tartılan örnekler sabit ağırlığa gelene kadar kurutulmuştur. Kurutulmuş yem örnekleri ot değirmeni ile öğütülerek 1mm'lik elekten geçirilmiştir. Öğütülmüş örnekler NIRS (Foss 6500) cihazında IC0904-FE programı kullanılarak örneklerin ham protein, ADF, NDF ve mineral içerikleri (P, K, Ca ve Mg) belirlenmiştir.

K/ Ca+Mg (Tetani) oranı: Örneklerde belirlenen potasyum, kalsiyum ve magnezyum oranlarından yararlanılarak "K/Ca+Mg" formülü ile tetani oranları hesaplanmıştır (Dele vd., 2024: 68 – 81).

Nispi Yem Değeri: Örneklerin nispi yem değerleri aşağıda verilen formül yardımıyla tespit edilmiştir (Yavuz, 2005: 97 - 101).

$$\%SKM \text{ (Sindirilebilir Kuru Madde)} = 88.9 - (0.779 * \%ADF)$$

$$\%KMA \text{ (kuru madde alım yüzdesi)} = 120 / NDF$$

$$NYD = (\%SKM) * (\%KMA) * (0.775)$$

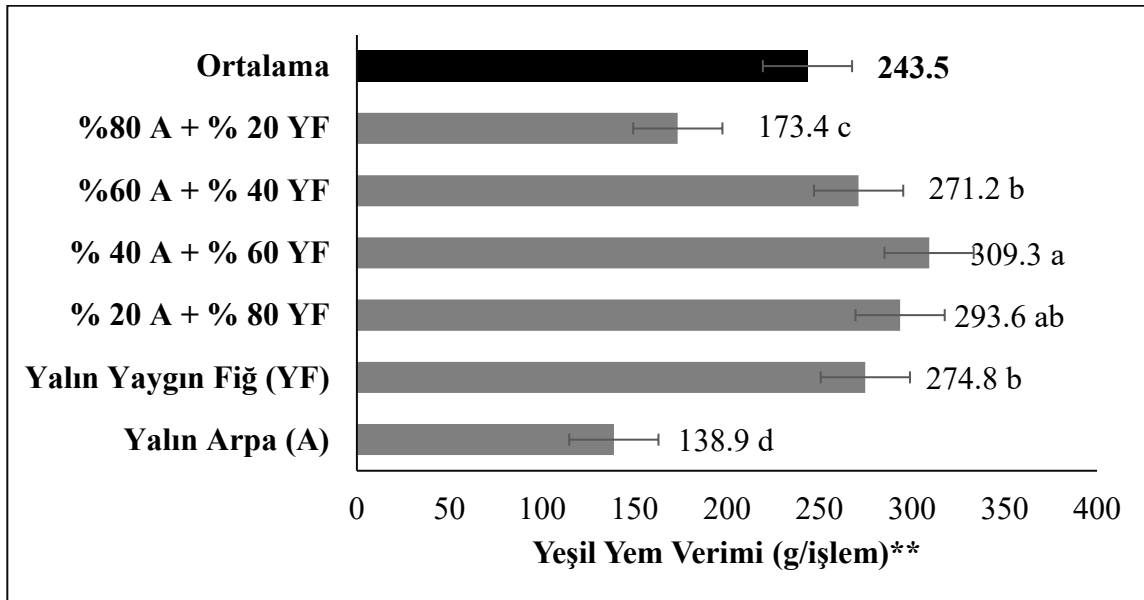
Elde edilen veriler SPSS 20.0 istatistik programı ile Tesadüf Parselleri Deneme Desenine göre analiz edilmiş ve ortalamalar arasındaki farklar Duncan çoklu karşılaştırma testi ile belirlenmiştir.

4. BULGULAR ve TARTIŞMA

Yaygın fiğ ve arpanın farklı karışım oranlarının hidroponik sistemde yem performansını değerlendirmek amacıyla ham protein (HP), asit deterjanda çözülmeyen lif (ADF), nötr deterjanında çözülmeyen lif (NDF), fosfor (P), potasyum (K), kalsiyum (Ca), magnezyum (Mg) K/Ca+Mg (tetani) oranları ve nispi yem değeri (NYD) belirlenmiştir. Her bir parametre aşağıda verildiği gibi ayrı başlık ve grafikte incelenmiştir.

4.1. Yeşil Yem Verimi (g/işlem)

Hidroponik sistemde yetiştirilen arpa ve yaygın fiğ karışımlarının yeşil yem verimlerine ait değerler Grafik 4.1’de verilmiştir. Ele alınan işlemler arasında istatistiki olarak çok önemli farklılıklar ortaya çıkmıştır. Çalışmada en yüksek ot verimi 309.3 g ile %40 arpa + %60 yaygın fiğ karışımında belirlenmiş olup, bu karışım %20 arpa + %80 yaygın fiğ karışımı ile istatistiki olarak aynı grupta yer almıştır. En düşük yeşil yem değeri ise 138.9 g ile yalın arpada belirlenmiştir. Arpaya eklenen yaygın fiğ oluşan yaş ağırlık oranını görünür şekilde artırmıştır. Yemin yaş ağırlık oranı %20 oranında eklenen yalın fiğ ile 173.4 g olurken, %80 oranında eklenmesi ile 293.6 g’a yükselmiştir. Çalışmamızda elde ettiğimiz verilere göre tahıl tanelerine baklagil tohumlarının karıştırılmasıyla yaş ağırlık oranının görünür şekilde değiştiği tespit edilmiştir (Grafik 4.1).



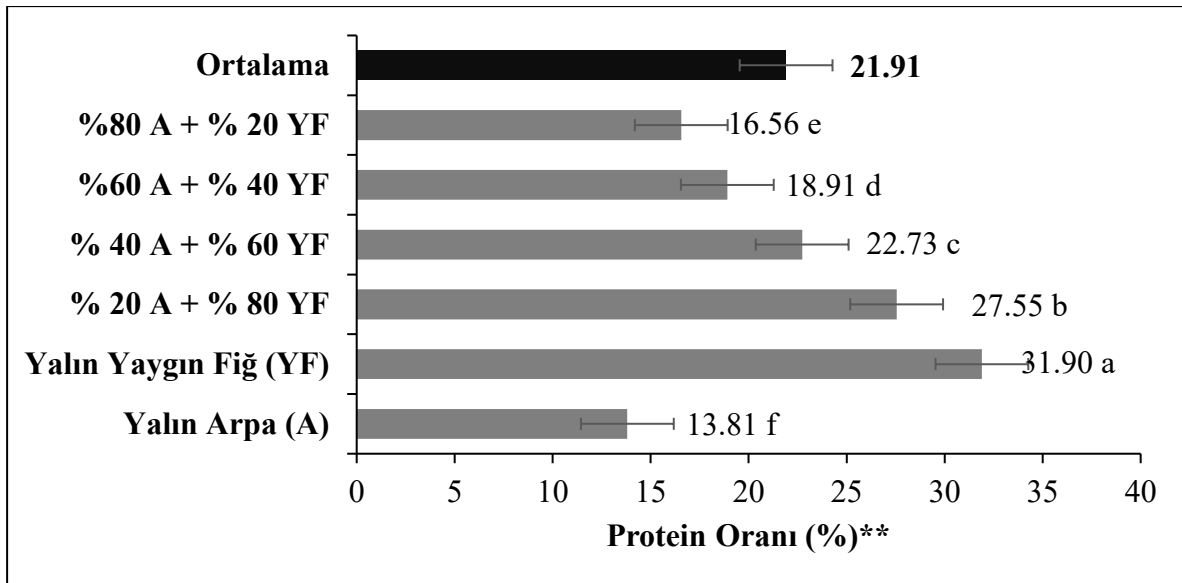
Grafik 4.1. Hidroponik sistemde yetiştirilen arpa ve yaygın fiğ karışımlarının yeşil yem verimi

** Aynı harfle gösterilen işlem ortalamaları arasında $p < 0.01$ seviyesinde farklılık yoktur.

Safa (2019), buğday, yaygın fiğ ve burçak ile yaptığı hidroponik üretim sonucunda diğer iki ürüne kıyasla en yüksek yeşil yem veriminin 1.39 kg/işlem ile yaygın fiğden alındığını bildirmektedir. Karaşahin (2014: 27-33) tarafından kaba yem kaynağı olarak hidroponik arpa çimi üretiminde kuru madde ve ham protein verimleri üzerine farklı uygulamaların etkilerinin incelendiği çalışmada, arpa yeşil yem veriminin 33.9 ile 40.2 kg/m² arasında değiştiği tespit edilmiştir. Karaşahin (2017: 63-68) tarafından farklı tohum miktarı uygulamalarının arpanın yeşil yem verimine etkilerinin incelendiği bir başka çalışmada, yeşil yem veriminin m²'de 7.3 ile 23.7 kg arasında değiştiği tespit edilmiştir. Yapılan çalışmalardan elde edilen sonuçlar çalışmamızda belirlenen yalın arpa yeşil yem veriminden yüksek ancak karışımların yeşil yem verimleri ile benzer olmuştur. Çalışmada diğer işlemlere göre yalın arpa verimi oldukça düşük olmuştur.

4.2. Ham Protein (HP) Oranı (%)

Hidroponik sistemde yetiştirilen arpa ve yaygın fiğ karışımlarının ham protein oranlarına ait değerler Grafik 4.2'de verilmiştir. Ham protein bakımından işlemler arasında çok önemli seviye farklılıklar çıkmıştır. Çalışmada en yüksek ham protein oranı %31.90 ile yalın yetiştirilen yaygın fiğde, en düşük değer ise % 13.81 ile yalın arpada belirlenmiştir. Arpaya eklenen yaygın fiğ oluşan yeşil yemin protein oranını belirgin bir seviyede artırmıştır. Nitekim karışıma yemin protein oranı %20 oranında eklenen yalın fiğ ile % 16.56 olurken, %80 oranında eklenmesi ile % 27.55'e yükselmiştir.



Grafik 4.2. Hidroponik sistemde yetiştirilen arpa ve yaygın fiğ karışımlarının ham protein oranı.

** Aynı harfle gösterilen işlem ortalamaları arasında $p < 0.01$ seviyesinde farklılık yoktur.

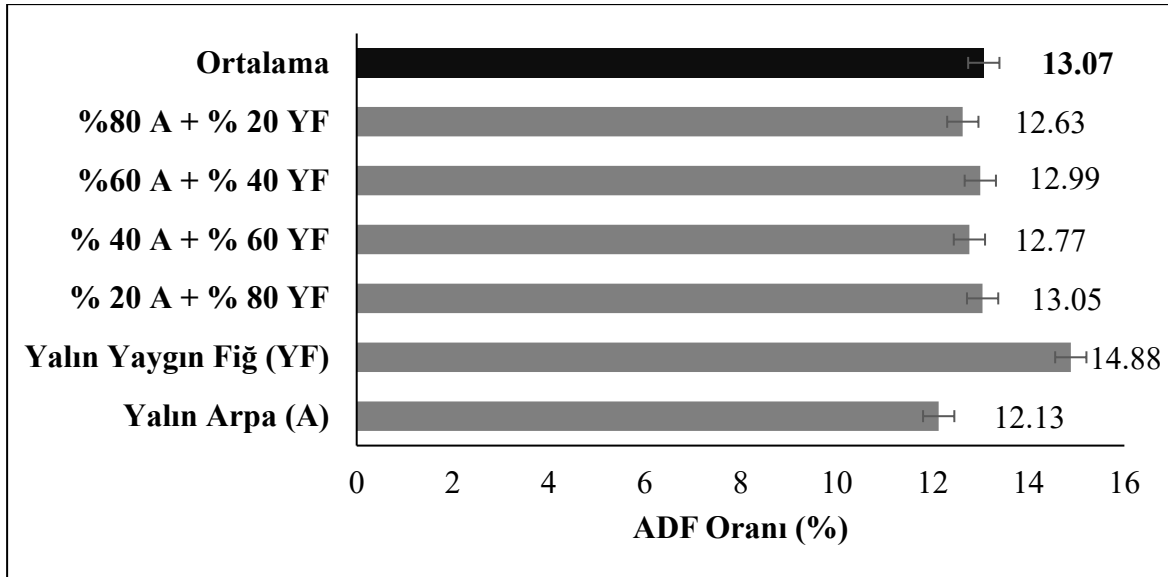
Yem kalitesini etkileyen birçok faktör bulunmaktadır. Bitki türü, olgunlaşma süresi, hasat zamanı, hasat sonrasında saklama metotları başlıca etkileyen faktörlerdir. Baklagillerin buğdaygillerle karışım halinde üretilmesinin en önemli nedeni yem kalitesini arttırmasıdır. Çalışmamızdan elde edilen bulgular ışığında tahıl tanelerine baklagillerin eklenmesi ile yeşil yemin kalitesinin belirgin bir şekilde arttığı görülmüştür (Grafik 4.2).

Hidroponik ortamda yaygın olarak değerlendirilen arpada ham protein oranını Eshtayeh (2004:) %1 6.9, Adıyaman ve Ayhan (2011: 29-38) % 10.22, Kiraz ve Kutlu (2016: 105-118) % 7.81 olarak belirlemişlerdir. Ayrıca, Fazaeli vd. (2012: 531-539) hidroponik sistemde yetiştirdikleri arpayı 8. Gün hasat etmişlerdir ve protein oranını % 14.67 olarak belirlemişlerdir. Çalışmada belirlenen sonuçlar ile önceki çalışmalarda belirlenen sonuçları arasındaki farklılıklar çalışmamızda arpanın baklagil yem bitkisi olan yaygın fiğ ile karışık ekilmesi başta olmak üzere kullanılan çeşitlerin farklı olması ve yetiştirme ortamından kaynaklanmaktadır.

4.3. Asit Deterjanda Çözünmeyen Lif (ADF) Oranı (%)

Son zamanlarda, hayvan beslemede ADF değeri ruminant rasyonlarında enerji göstergesi olarak kullanılmaya başlamıştır. Çalışmada belirlenen ADF değerleri Grafik 4.3.'te verilmiştir. ADF değerleri %12.13 (yalın arpa) ile %19.66 (%60 arpa + %40 yalın fiğden) arasında değişim göstermiştir. Genel olarak belirlenen ADF değerlerinin tümü oldukça düşük olmakla birlikte, en yüksek ADF değeri % 60 arpa % 40 yaygın fiğ karışımında belirlenmiştir.

Yem kalitesini belirleyen etmenlerden biri de ADF oranıdır. ADF ruminantların sindirimi için önem arz etmektedir. Bu oran arttıkça lif artışı devam etmekte ve yemin besin değeri düşmektedir. Kaba yemlerde ideal ADF oranı Güney vd., (2016: 254 – 258) tarafından bildirildiği üzere % 31 (mükemmel)'den az olması gerekmektedir. Ancak hayvana az miktarda ADF verilmesi; rumendeki fermantasyon ortamının değişmesi ile asidosiz, abomosum diplazisi, laminitis, süt yağ oranının ve vücut kondisyonunu düşmesi olumsuz sonuçlara sebep olduğu da bilinmektedir. Çalışmamızda yalın arpaya yaygın fiğ ilavesi ile ADF oranının ideal değerlere daha yakınlaştığı belirlenmiştir (Grafik 4.3).. Yapılan bazı çalışmalarda hidroponik yemlerin ADF değerleri % 21.57 – 23.74 (Karaşahin, 2017), % 17.44 – 21.43 (Çopur Doğrusöz vd., 2020: 158-167), % 16.47 – 19.01 (Çevik, 2023: 30) arasında değişim göstermiş ve çalışmamızda belirlenen değerler ile uyumlu olmuştur.

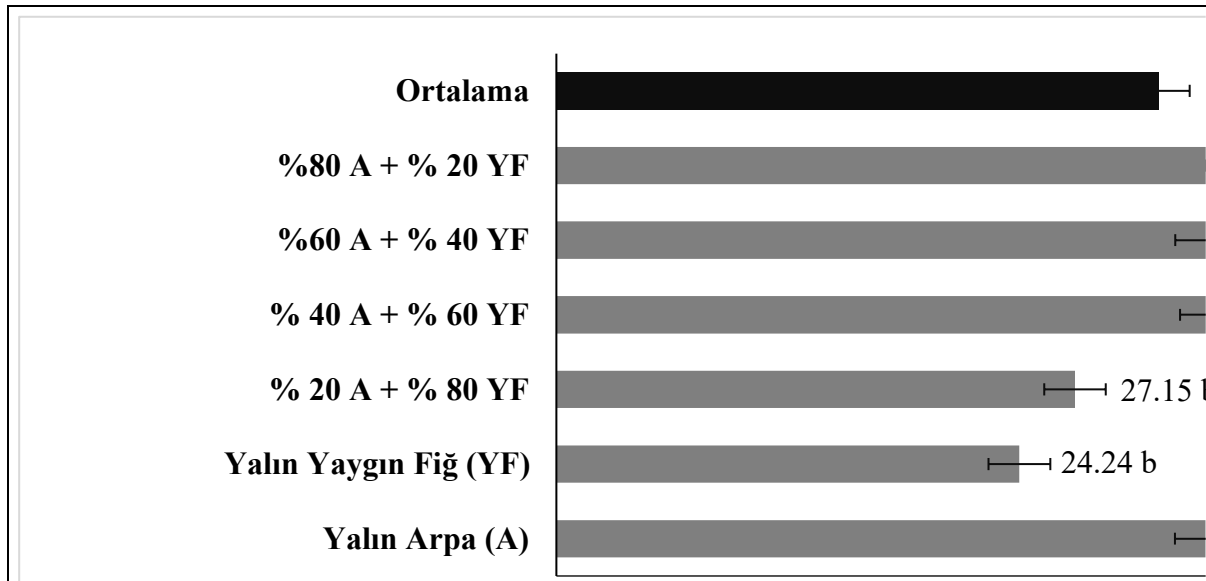


Grafik 4.3. Hidroponik sistemde yetiştirilen arpa ve yaygın fiğ karışımlarının ADF oranı

*** Aynı harfle gösterilen işlem ortalamaları arasında $p < 0.01$ seviyesinde farklılık yoktur.*

4.4. Nötr Deterjanda Çözünmeyen Lif (NDF) Oranı (%)

Hidroponik sistemde yetiştirilen arpa ve yaygın fiğ karışımlarının NDF değerleri arasında istatistiki olarak çok önemli farklılıklar belirlenmiş olup, değerler Grafik 4.4'te verilmiştir. Çalışmada, en yüksek NDF değeri %35.66 ile %80 arpa + %20 yaygın fiğ karışımında belirlenmiş olup, bu karışım ile %40 arpa+ %60 yaygın fiğ, %60 arpa +%40 yaygın fiğ ve yalın arpa işlemleri istatistiki olarak aynı grupta yer almıştır. En düşük değer ise % 24.24 ile yalın yaygın fiğ karışımında tespit edilmiştir.



Grafik 4.4. Hidroponik sistemde yetiştirilen arpa ve yaygın fiğ karışımlarının NDF oranı.

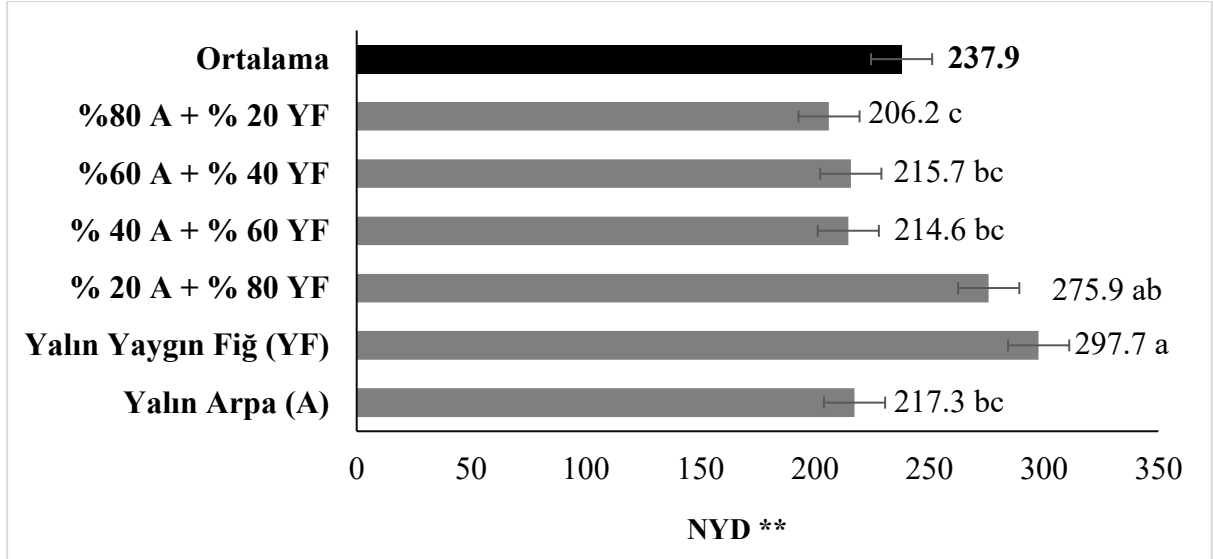
*** Aynı harfle gösterilen işlem ortalamaları arasında $p < 0.01$ seviyesinde farklılık yoktur.*

Güney vd. (2016: 254 – 258) kaba yemlerin kalite standardını belirlemek üzere otun NDF değerlerinin %40 dan düşük olması gerektiğini bildirmişlerdir. Elde edilen tüm sonuçlar bu değerden daha düşüktür ve kalite sınıfı mükemmeldir. Ancak ADF' ye benzer şekilde NDF oranının yaygın fiğ karışım oranları ile artması daha kaliteli yem üretildiğinin göstergesidir. Karbonhidratlar ruminant rasyonlarının büyük bir kısmını oluşturmaktadır. Süt yağı, süt bileşenleri, rumendeki asetik asit /propiyonik asit oranı, kuru madde tüketiminin rumendeki mikroflora ve mikrofauna üzerine etkili olduğunu bildirmişlerdir (Ferreira ve Mertens, 2007: 335 – 340; Saçaklı vd., 2007: 43 – 48; Hansey vd., 2010: 28 - 37). Bu amaçla yetiştirilen yemler ruminant hayvanların rumen yapısında iyileştirici rol oynamaktadır. Rasyonlarda NDF miktarının az olması rumen fermantasyonundaki değişim nedeniyle enerji azalmasına bağlı çeşitli metabolik hastalıklar oluşturmaktadır (Calsamiglia vd., 2008). Bu metabolik hastalıklar; abomasumdiplasisi, karaciğer yağlanması, rumen asidozu, A vitamini eksikliği ve mide ülseridir. NDF yetersizliğine bağlı olarak enerji eksikliğinde ise rumen hipoaktivitesi ve rumen ketozisi de görülmektedir.

NDF değerleri azaldığında yemlerin çiğnenme aktivitesinin azalmasına bağlı olarak, ruminal PH'nın azalması ve tükürük sekresyonunda azalma sonucu asetat/propionat oranı düştüğünden süt yağı ve diğer süt bileşenleri %4 oranında düşürdüğü gözlemlenmiştir (Moon vd., 2002: 968-973; Jung ve Casler, 2006: 1801-1809 Kendall vd., 2008: 313-323; Zebelli vd., 2008: 2046-2066). Yapılan bir çalışmada, kuru madde alınımında 0.25 kg artışın süt yağına %4 katkı sağladığı bildirilmiştir (Oba ve Allen, 1999: 589-596). Çalışmada elde edilen bulgulara göre arpa ve yaygın fiğ karışımlarının karıştırıp yem üretilmesi ve elde edilen yemde NDF oranlarının yüksek çıkması yemin kalitesini artırmıştır. Dolayısıyla bu durumun ruminant hayvanların rumen yapısı için faydalı olacağı düşünülmektedir.

4.5. Nispi Nem Değeri (NYD)

Hidroponik sistemde yetiştirilen arpa ve yaygın fiğ karışımlarının nispi yem değerlerine ait Grafik 4.5'te verilmiştir. Nispi yem değeri bakımından işlemler arasında önemli seviyede farklılıklar belirlenmiştir. Çalışmada en yüksek nispi yem değeri 297.7 ile yaygın fiğde, en düşük değer ise 206.2 ile karışım olarak yetiştirilen %80 A (arpa) + %20 YF (yaygın fiğ)'de tespit edilmiştir. Yalın arpaya göre tahıl tanesine baklagil eklenmesi ile nispi yem değerinin 217.3'ten 275.9'a yükseldiği görülmüştür.



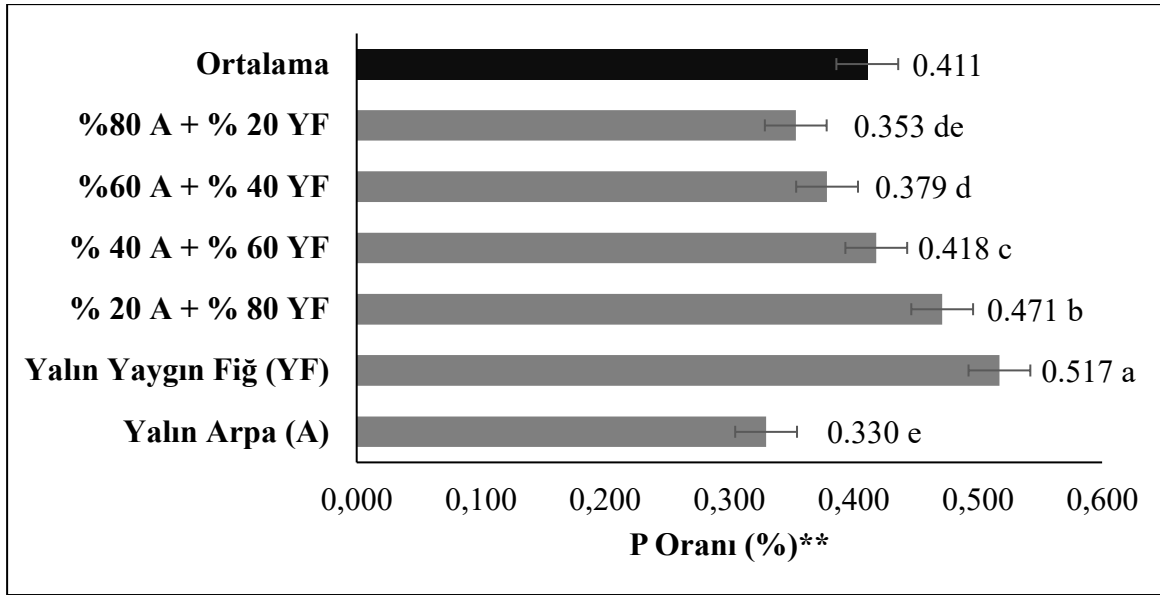
Grafik 4.5. Hidroponik sistemde yetiştirilen arpa ve yaygın fiğ karışımlarının NYD oranı.

*** Aynı harfle gösterilen işlem ortalamaları arasında $p < 0.01$ seviyesinde farklılık yoktur.*

Yem kalitesi genellikle fiziksel görünümü ve kimyasal oranına göre belirlenir ve nispi yem değeri ile değerlendirilir (Moore ve Undersander, 2002: 1). Gümüş ve Bayır (2020: 30-36), hidroponik sistemde üretilen arpa ve yulaf yeşil yemleri arasında en yüksek RFV değerinin arpa yeşil yeminde bulunduğunu belirtmiştir. Sarıçiçek ve ark. (2018 : 102-109) tarafından gerçekleştirilen hidroponik sistem ve toprak sistemi karşılaştırmasında, en yüksek RFV değerinin hidroponik sistemde olduğu tespit edilmiştir. Akman vd. (2021: 77-82) yaptıkları çalışmada, nispi yem değeri açısından en yüksek değeri % 20 tritikale + % 80 fiğ karışımında bulunurken ($P < 0.01$), en düşük değer, % 100 yalın tritikale grubunda tespit etmişlerdir.

4.6. Fosfor (P) Oranı (%)

Hidroponik sistemde yetiştirilen arpa ve yaygın fiğ karışımlarının fosfor oranlarına ait değerler Grafik 4.6'da verilmiştir. Çalışmada, P oranı bakımından işlemler arasında önemli seviyede farklılıklar belirlenmiştir. Ele alınan işlemler arasında en yüksek fosfor oranı % 0.517 ile yalın yaygın fiğde, en düşük ise % 0.330 ile yalın arpada belirlenmiştir. İşlemlerin ortalaması olarak P oranı % 0.411 olarak belirlenmiştir. Çalışmada, yalın yetiştiriciliğe göre karışım şeklinde yapılan yetiştiricilik ile elde edilen yeşil yemlerin fosfor değerinde belirgin bir artış sağlandığı tespit edilmiştir (Grafik 4.6).



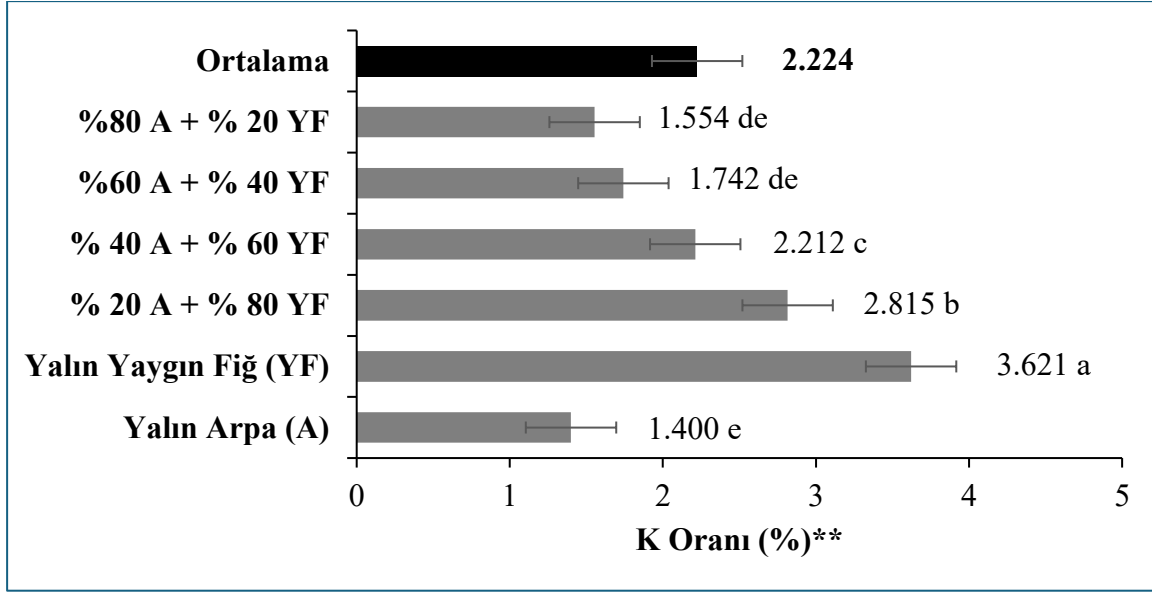
Grafik 4. 6. Hidroponik sistemde yetiştirilen arpa ve yaygın fiğ karışımlarının P oranı.

** Aynı harfle gösterilen işlem ortalamaları arasında $p < 0.01$ seviyesinde farklılık yoktur.

Bitkilerin yaprak ve saplarına nazaran tohumlarında fosfor içeriği daha yüksektir. Bu nedenle yeşil yem tüketen hayvanlarda fosfor eksikliği daha çok görülmektedir (Olgun ve Ünal, 1983: 61 – 64). Fosforun hayvan vücudunda % 80' i iskelet yapısında ve % 20 si kas dokularında görev yapmaktadır. Bu nedenle yemde fosfor tayini kalite açısından oldukça önemli olup kaba yemlerde kalite bakımından % 0.05 – 0.47 düzeyinde olmalıdır (Kacar, 1972). Sonuçlarımız yalın arpa hariç tüm işlemlerin fosfor oranı bu sınırlar arasında yer almaktadır. Yapılan hidroponik yem üretim çalışmalarında; arpa fidelerinin fosfor oranlarını Fazaeli vd. (2012: 531-539) % 0.43; Karaşahin (2017: 63 -68), 0.57 – 0.89 mg/kg; Doğrusöz vd. (2020: 158 – 167) ise % 0.43 – 0.50 arasında değiştiğini bildirmektedirler. Çevik (2023: 33) ise yaygın fiğde fosfor oranını % 0.51 olarak tespit etmiştir. Hidroponik sistemde yetiştirilen arpa ve fiğde belirlenen fosfor oranları mevcut çalışmada belirlenen değerlerle benzerlik göstermektedir.

4.7. Potasyum (K) Oranı (%)

Hidroponik sistemde yetiştirilen arpa ve yaygın fiğ karışımlarının potasyum (K) oranı bakımından karışımlar arasında istatistiki olarak önemli farklar olduğu belirlenmiştir (Grafik 4.7). İşlemler arasında en yüksek K oranı % 3.621 ile yalın yaygın fiğde, en düşük ise % 1.400 ile yalın arpada belirlenmiştir. İşlemlerde belirlenen ortalama potasyum oranı % 2.224 olmuştur. Arpa ve yaygın fiğin karışım halinde yetiştirilmesi ile potasyum oranının yalın arpaya göre belirgin ölçüde artırdığı görülmüştür.



Grafik 4. 7. Hidroponik sistemde yetiştirilen arpa ve yaygın fiğ karışımlarının K oranı.

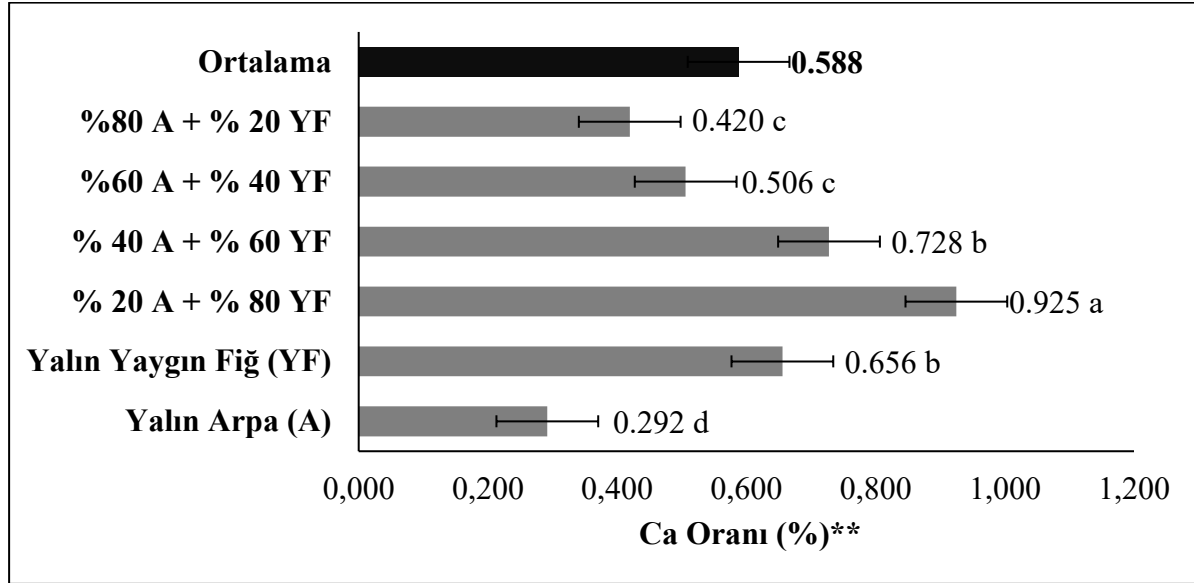
** Aynı harfle gösterilen işlem ortalamaları arasında $p < 0.01$ seviyesinde farklılık yoktur.

Potasyum bitkilerde gerçekleşmekte olan pek çok olayda esas rol oynamaktadır. Fazla sayıda enzim ve koenzimlerin aktivasyonunda, fotosentez, protein oluşumu, nişasta oluşumu ve şeker transferi esnasında bitkiler tarafından kullanılmaktadır. Hücre özsuyu ve dolayısıyla bitkinin su dengesini sağlamasını ve kuraklığa karşı direncini artırmaktadır. (Brady, 1990; Kantarcı, 2000; McCauley vd., 2009). Kaba yemlerde potasyum içeriğini Kacar (1972) % 0.20 – 11.0 arasında olmasının yemin kalitesi için önemli olduğunu vurgulamıştır. Elde edilen sonuçlar bu değerler arasında yer almakta olup baklagil karışımı ile potasyum içeriğinin artması; kalite artışının açık bir göstergesi olmuştur. Hidroponik ortamda yetiştirilen ve farklı zamanlarda hasat edilen arpa filizlerinin en yüksek potasyum içeriklerinin 7. ve 8. günlerde sırasıyla % 2.84 ve 2.91 olarak belirlenmiştir (Çopur Doğrusöz vd., 2020: 158 – 167). Farklı tohum miktarlarının hidroponik arpa çimi üzerine etkilerini inceleyen Karaşahin (2017: 63 – 68), filizlerde potasyum oranının 34.57 – 36.46 mg/kg arasında değiştiğini bildirmiştir.

4.8. Kalsiyum (Ca) Oranı (%)

Hidroponik sistemde üretilen arpa ve yaygın fiğ yalın ve karışımlarında belirlenen kalsiyum oranlarına ait değerler Grafik 4.8.'de verilmiştir. Ele alınan işlemler arasında Ca oranı bakımından çok önemli düzeyde farklılık belirlenmiştir. Çalışmada en yüksek Ca oranı % 0.925 ile %20 arpa + %80 yaygın fiğ karışımında, en düşük değer ise % 0.292 ile yalın yaygın fiğ de belirlenmiştir. İşlemlerin ortalaması olarak belirlenen Ca oranı % 0.588 olmuştur.

Arpa tohumlarına oran olarak fazla katılan fiğ tohumları ile hazırlanan karışımlarda kalsiyum oranlarının yüksek çıktığı tespit edilmiştir.



Grafik 4. 8. Hidroponik sistemde yetiştirilen arpa ve yaygın fiğ karışımlarının Ca oranı.

** Aynı harfle gösterilen işlem ortalamaları arasında $p < 0.01$ seviyesinde farklılık yoktur.

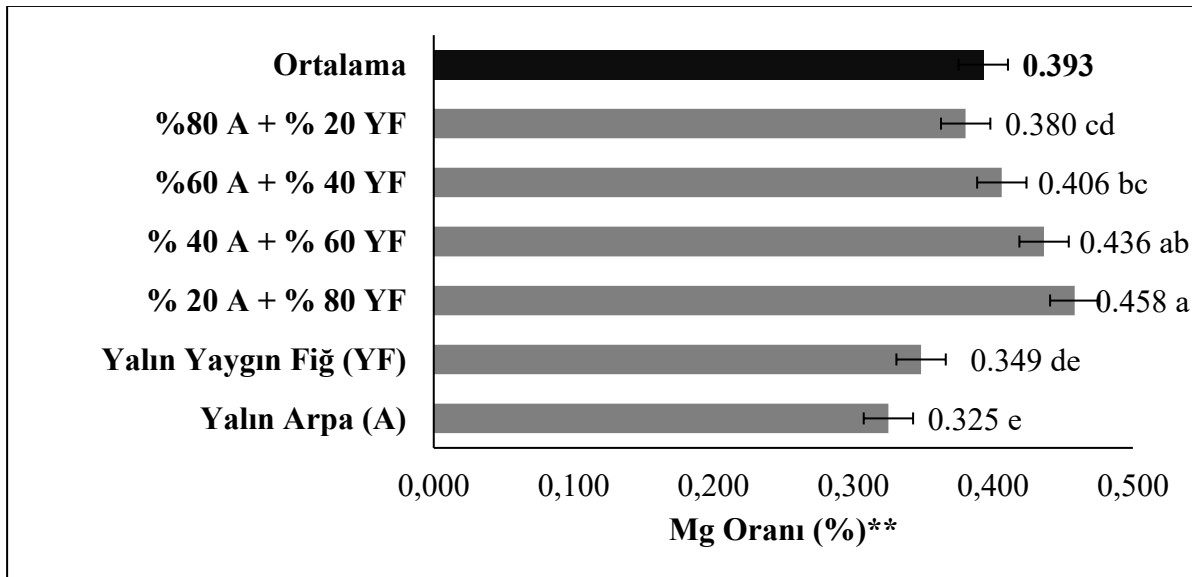
Bitkilerde kalsiyum ilk sıralarda kullanılan bitki besin elementidir. Bitkide hücre duvarının tamamlayıcısı olduğundan, hücre duvarı yapısını düzenleyen bitki besin elementi olarak da bilinmektedir (Plaster, 1992; McCauley vd., 2009: 1-16). Ayrıca kalsiyum yem verimini artırması ve hayvanların vücutlarında kemik ve dişlerin yapısında bulunması ile kaliteli yem açısından önemlidir. Bu nedenlerle bitkilerin kalsiyum içeriğinin hem hasıl yem hem de yem bitkisi açısından bilinmesi gerekmektedir. Genel olarak bitkilerin Ca içerikleri kuru ağırlık ilkesine göre % 0.2 -3.0 arasında değişmekle beraber kaliteli kaba yemlerde en az % 0.3 olması gerektiğini Kidambi vd. (1989) bildirmişlerdir. Elde edilen sonuçlarda yalın arpa hariç diğer tüm karışımlar ve yalın yaygın fiğde Ca oranları bu değer üzerinde bulunmuştur. Ayrıca, potasyum (K) gibi bazı besin elementlerinin kök dokusunda tutulmasını ve taşınmasında aktif rol aldığı belirtilmektedir. Bitki yapısında hareketsiz olduğu için, noksanlığında önce genç dokuların etkilendiği gözlemlenmiştir. Görünen noksanlık belirtisi ise en çok kök ve sap kısımlarının gerilemesidir.

Hidroponik ortamda yetiştirilen ve farklı zamanlarda hasat edilen arpa filizlerinde Ca içeriklerinin hasat zamanına göre değiştiği, arpa çimlerinde en yüksek Ca içeriğinin % 0.14 ile 7. gün ve % 0.13 ile 8. günde belirlendiği 6. gün hasadında ise Ca değerinin oldukça düşük seviyelerde olduğu bildirilmiştir (Çopur Doğrusöz vd., 2020: 158 -167). Karaşahin (2017: 63

– 68), hidroponik arpa çiminde Ca içeriğinin 5.19 – 7.23 mg/kg arasında değiştiğini bildirmiştir. Ruminantların kalsiyum ihtiyaçlarının minimum düzeyde karşılanması bakımından, yemlerde Ca oranının %0.30 olması gerekmektedir (Eğritaş ve Önal Aşçı, 2015: 13-18). Çalışmada belirlenen Ca içerikleri yalnız arpa hariç diğer bütün işlemlerde bu değerin üstünde bulunmuştur.

4.9. Magnezyum (Mg) Oranı (%)

Hidroponik sistemde üretilen arpa ve yaygın fiğ bitkilerinde magnezyum (Mg) oranlarına ait değerler Grafik 4.9.'da verilmiştir. Çalışmada en yüksek Mg değeri % 0.458 ile % 20 arpa + % 80 yaygın fiğde belirlenirken, % 40 arpa + % 60 yaygın fiğ karışımı % 0.436 ile bu işlem ile aynı grupta yer almıştır. Çalışmada en düşük Mg oranı % 0.325 ile yalnız yetiştirilen arpada belirlenmiştir. Ele alınan işlemlerin ortalamasında Mg oranı % 0.393 olmuştur. Arpa tohumlarına oran olarak fazla katılan fiğ tohumları ile hazırlanan karışımlarda magnezyum oranlarının yüksek çıktığı tespit edilmiştir.



Grafik 4. 9. Hidroponik sistemde yetiştirilen arpa ve yaygın fiğ karışımlarının Mg oranı.

*** Aynı harfle gösterilen işlem ortalamaları arasında $p < 0.01$ seviyesinde farklılık yoktur.*

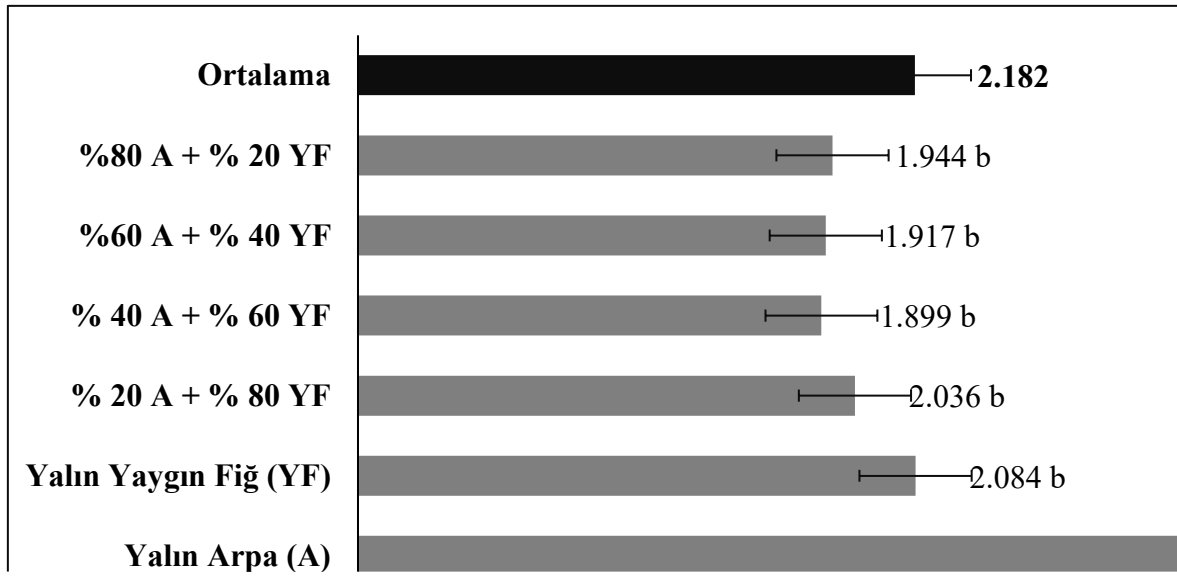
Magnezyum klorofil yapısında yer aldığı için noksanlığında klorofil miktarının azalması ve fotosentez gerilemesi gerçekleşmektedir. Dolayısıyla bitkilerde gelişim geriliği ve ürün kaybı görülmektedir. Magnezyum noksanlığının en önemli belirtisi yaşlı yapraklarda damarlar arasında görülen sararmalar ve yaprakların benekli bir görüntüye sahip olmasıdır (Aktaş ve Ateş, 1998; Özbek vd., 2001; Gardiner ve Miller 2008; Kacar ve Katkat, 2010). Mineral besin maddeleri fotosentez ürünlerinin oluşumunda çeşitli rollere sahiptir. Bu nedenle, mineral besin maddelerinin eksiklikleri kuru madde üretimini sekteye uğratmaktadır (Bolat ve

Kara, 2017: 218-228). Hidroponik yemlerde, kök büyümesi mineral maddelerin alınma yardımcı olmakta, bu da büyüyen fidede kül ve protein içeriğini dördüncü günden itibaren olumlu anlamda hızla değiştirmektedir (Hassen ve Dawid, 2022: 899-916). Genel olarak bitkilerde Mg içeriği % 0.1 - % 1.0 arasında değişmekte olup, kaba yemlerde en az % 0.1 düzeyinde olması gerekmektedir (Kidambi vd., 1989: 316-322; Kacar ve Katkat, 2010). İşlemlerden elde edilen tüm sonuçlar belirtilen aralıkta olup kaliteli kaba yem kapsamında değerlendirilebilirler. Hidroponik ortamda yetiştirilen ve farklı zamanlarda hasat edilen arpa filizlerinde Mg içeriklerinin hasat zamanına göre değiştiği, çimlendirilmemiş arpa tanesinde %0.18 olan Mg içeriğinin tanelerin filizlenmesi ile 6. günde en yüksek değere (% 0.31) ulaştığı, hasadın ilerlemesi ile 7. ve 8. günlerde bu oranın azaldığı bildirilmektedir (Çopur Doğrusöz vd. (2020: 158 – 167). Karaşahin (2017: 63 – 68), hidroponik arpa çiminde Mg içeriğinin 4.88 – 7.31 mg/kg arasında değiştiğini bildirmiştir.

4.10. K/Ca+Mg (Tetani) Oranı (%)

Hidroponik sistemde yetiştirilen arpa ve yaygın fiğ karışımlarında belirlenen tetani (K/Ca+Mg) oranları Grafik 4.10'da verilmiştir. Tetani oranı bakımından işlemler istatistiki olarak çok önemli farklılıklar belirlenmiştir. Grafik 4.10. incelendiğinde, en yüksek tetani oranı % 3.611 ile yalın arpada, en düşük değer ise % 1.899 ile % 40 arpa + % 60 yalın fiğ karışımında belirlenmiştir. Yalın arpa dışında tüm işlemler istatistiki olarak aynı grupta yer almıştır. Tahıl tohumlarına eklenen baklagil tohumlarının K/Ca+Mg oranını azaltarak yeme olumlu yönde etkileri olduğu tespit edilmiştir.

Çayır tetanisi sığır ve koyunlarda kandaki düşük magnezyum eksikliğine bağlı olarak gelişen metabolik bir bozukluktur. Başlıca nedeni hayvanlar tarafından tüketilen bitkilerin içeriklerinde yer alan bazı besin elementi konsantrasyonları arasındaki dengesizliktir (Yılmaz, 2022: 518 – 526). Ruminantların beslenmesinde tüketilen yemlerin K/(Ca+Mg) oranının 2.2'den yüksek olduğu durumlarda çayır tetanisi hastalığı (ot tetanozu) ortaya çıkmaktadır (Kidambi vd., 1989: 316-322; Mayland vd., 1992: 369 – 374). Genellikle yoğun buğdaygillerin yer aldığı meralarda otlayan hayvanlarda önemli bir tehdit olmaktadır. Çalışmada sadece yalın arpa çiminde K/Ca+Mg oranının kritik seviyenin üzerinde olduğu belirlenmiştir. Hidroponik sistemde tahıllar özellikle de arpa en çok tercih edilen bitkilerdendir. Ancak, hayvan sağlığı açısından tahıl tanelerinin içerisine baklagillerin karıştırılması ile elde edilen hidroponik yemin daha sağlıklı olduğu görülmektedir (Grafik 4.10).



Grafik 4. 10. Hidroponik sistemde yetiştirilen arpa ve yaygın fiğ karışımlarının K/Ca+Mg oranı.

*** Aynı harfle gösterilen işlem ortalamaları arasında $p < 0.01$ seviyesinde farklılık yoktur.*

5. SONUÇ ve ÖNERİLER

Bu çalışma, hidroponik yem üretiminin ruminant hayvanların artan kaba yem ihtiyacını karşılamak için etkili bir alternatif sunduğunu ortaya koymak amacıyla arpa ve yaygın fiğ karışımlarının yem verimi ve kalitesini belirlemek amacıyla yürütülmüştür.

Çalışmada belirlenen özelliklere bakıldığında;

- Yeşil yem veriminin 138.9 – 309.3 g/işlem ve ortalama 243.5 g/işlem,
- Ham protein oranının % 13.81 – 31.90 ve ortalama % 21.91,
- ADF ve NDF Değerlerinin sırasıyla % 12.13 – 14.88, % 24.24 – 34.00 ve ortalama % 13.07 ve 31.55,
- Nispi Yem Değerinin 217.3 – 297.7 ve ortalama 237.9,
- Fosfor içeriğinin % 0.330 – 0.527 ve ortalama % 0.411,
- Potasyum içeriğinin % 1.400 – 3.621 ve ortalama % 2.224
- Kalsiyum içeriğinin % 0.292 – 0.925 ve ortalama % 0.588,
- Magnezyum içeriğinin % 0.325 – 0.458 ve ortalama % 0.393 ve
- K/Ca+Mg içeriğinin ise % 1.899 – 3.611 ve ortalama % 0.281 olduğu tespit edilmiştir.

Elde edilen sonuçlar, yaygın fiğin arpaya ilave edilmesi ile elde edilen hidroponik yemin hem verim hem de kaliteyi önemli ölçüde artırdığını göstermektedir. Yeşil yem verimi arpaya % 60 oranında yaygın fiğ eklenmesi ile 138.9 g/işlemden 309.3 g/işleme yükselmiştir. Aynı şekilde yaygın fiğin arpa ile karıştırılması yem kalitesini de oldukça artırmıştır. Yalın arpa yeminde tetani hastalığı riski yüksek iken karışımlarda böyle bir risk bulunmamıştır. Yalın arpa çimi hariç tüm işlemlerde K/Ca+Mg oranı 2.2'den düşük olmuştur. Ayrıca, P, K, Ca ve Mg gibi temel minerallerin ve ADF ve NDF içeriklerinin yeterli seviyede olduğu tespit edilerek, hidroponik olarak yetiştirilen yemin hayvanların besin gereksinimlerini karşıladığı doğrulanmıştır. İncelenen tüm parametreler dikkate alındığında arpa tohumlarına %60 ve 80 oranında yaygın fiğ eklenmesinin hem yem verimi hem de yemin kalitesini en üst düzeye çıkardığı belirlenmiştir. Bu bulgular doğrultusunda, özellikle arazi ve su kaynakları sınırlı olan bölgelerde, hidroponik yem üretiminin kaba yem tedarikini iyileştirmek ve sürdürülebilir hayvancılığı desteklemek için güçlü bir alternatif sunduğu görülmüştür. Bu sistem, geleneksel yem kaynaklarının mevsimsel ve çevresel sınırlamalara bağlı olarak değişkenlik gösterdiği durumlarda da önemli bir çözüm sunmaktadır.

Çalışmada en etkili karışımın arpaya % 60 – 80 yaygın fiğ ilavesi ile edilen karışım olduğu belirlenmiş olsa da, farklı baklagil ve tahıl kombinasyonlarının yem kalitesi ve verimi üzerindeki etkileri araştırılmalıdır. Farklı tohum oranları ve çimlenme süreleri test edilerek hidroponik yem üretim verimliliği artırılabilir. Hidroponik yem üretimi, ticari ölçekli ve çiftlik seviyesinde yaygınlaştırılarak sürekli ve güvenilir bir yem kaynağı oluşturulabilir. Farklı bitki türleri için besin çözeltilerinin ve çevresel koşulların optimize edilmesine yönelik daha fazla araştırma yapılabilir.

Sonuç olarak, hidroponik yem üretimi yüksek kaliteli hayvan besin ihtiyacını karşılamak için sürdürülebilir ve yenilikçi bir yaklaşım sunmaktadır. Optimum bitki kombinasyonlarının, ileri yetiştirme teknolojilerinin ve maliyet etkin üretim stratejilerinin entegre edilmesiyle, bu sistem modern hayvan beslenmesinde devrim yaratabilecek potansiyele sahiptir ve çevresel sürdürülebilirliği destekleyen önemli bir yöntem olarak değerlendirilebilir.

KAYNAKÇA

- Adıyaman, E. & Ayhan, V.** (2011). Broiler Altlığı ile Bazı Buğdaygil Yem Bitkilerinin Silolanma Olanakları. *Hayvansal Üretim*, 52(2), 29 – 38.
- Akman M., Güzel Ş. & Gümüş, H.** (2021). Hidroponik Sistemde Üretilen Triticale ve Fiğ Karışımlarının Bitki Boyları İle Nispi Yem Değerlerinin Karşılaştırılması. *Kocatepe Veteriner Dergisi*, 1: 77 – 82.
- Aktaş, M. & Ateş, A.** (1998). Bitkilerde Beslenme Bozuklukları Nedenleri Tanınmaları. Nurol Matbaacılık A.Ş. Ostim-Ankara.
- Alçıçek A., Kılıç A., Ayhan V & Özdoğan M.** (2010). Türkiye’de Kaba Yem Üretim ve Sorunları. Ziraat Mühendisliği VII. Teknik Kongresi, 11-15 Ocak, Ankara.
- Al-Ajmi, A., A. Salih, I Kadhim & Y. Othman,** (2009). Yield and water use efficiency of barley fodder produced under hydroponic system in GCC countries using tertiary treated sewage effluents. *Journal of Phytology* 37:833-854
- Al-Karaki & Al-Hashimi.** (2012). Green Fodder Production and Water Use Efficiency of Some Forage Crops under Hydroponic Conditions. *ISRN Agronomy*.
- Arısoy, M.** (1998). The effect of sodium hydroxide treatment on chemical composition and digestibility of straw, *Tr. J. of Veterinary and Animal Sciences*, 22, 165-170.
- Atıcı, K.D.** (2012). Hasılatik yem derdini ortadan kaldırıyor. *Tarım Gündem Dergisi*, Sayı 9 (Temmuz-Ağustos), Sayfa:96-97.
- Bolat, İ. & Kara, Ö.** (2017). Bitki Besin Elementleri: Kaynakları, İşlevleri, Eksik ve Fazlalıkları. *Bartın Orman Fakültesi Dergisi* 19(1): 218-228
- Brady N C.** (1990). *The Nature and Properties of Soils*. 10th Edition, Macmillan Publishing Company, New York, USA.
- Calsamiglia S., Cardozo PW., Ferret A. & Bach A.** (2008). Changes in rumen microbial fermentation are due to a combined effect of type of diet and pH. *J.Anim.Sci.*,86,702711.
- Chavan, J. & Kadam, S.S.** (1989). Nutritional improvement of cereals by sprouting. *Critical Rev. Food Sci. Nutr.* 28: 401-437.
- Cuddeford, D.** (1989). “Hydroponic grass.” *In Practice* 11: 211-214.
- Çevik, M.** (2023). *Duman Solüsyonu İle Priming Edilmiş Baklagil Karışımlarının Hidroponik Ortamda Ot Verimi ve Kalitesi*. Yüksek Lisans Tezi, Sayfa: 1-66

Çopur Doğrusöz M., Başaran U., Mut H., & Gülümser, E. (2020). Hidroponik Yeşil Yem Üretiminde Arpa, Buğday ve Mürdümügün Verim ve Kalitelerinin Zamana Bağlı Değişimi. *Euroasia Journal of Mathematics, Engineering, Natural Medical Sciences*, 7 (9), 158-167.

Dele, P.A. (2024). Elemental contents of Gliricidia-Megathyrus mixtures. *Ghana Jnl Agric. Sci.*, 59 (1), 68 – 81.

Dung D.D., Godwin I.R., & Nolan J.V., “Nutrient content and in sacco digestibility of barley grain and sprouted barley”. *Journal of Animal and Veterinary Advances*, 9: 2485-2492, 2010

Eğritaş, Ö. & Önal Aşçı, Ö. (2015). Yaygın fiğ - tahıl karışımlarının bazı mineral madde içeriğinin belirlenmesi. *Akademik Ziraat Dergisi*, 4(1), 13-18.

Fazaeli H., Golmohammadi H.A., Tabatabayee S.N. & Asgari-Tabrizi M. (2012). Productivity and nutritive value of barley green fodder yield of hydroponic system. *World of Applied Sciences Journal*, 16: 531-539.

Ferreira G & Mertens Dr. (2007). Measuring detergent fibre and insolubleprotein in corn silage using crucibles or filter bags. *Anim. Feed. Sci. Tech.*, 133, 335-340.

Finney P. L. (1982). The effect of germination on cereal and legume nutrient change sand food or feed value. A comprehensive review. *Recent Adv. Phyto chem.* 17: 229-305.

Gardiner D. T. & Miller R. W. (2008). *Soils in Our Environment*. 11th Edition, Pearson/Prentice Hall, Upper Saddle Hill, Ne Jersey, USA.

Gümüş, H. & Bayır, A. (2020). The nutrient values of barley and oat green fodder produced by hasılmatik at different days. *Mehmet Akif University Journal of Healty Sciences Institute 2*, 30-36.

Güney, M., Bingöl, N. T. & Aksu, T. (2016). Kaba Yem Kalitesinin Sınıflandırılmasında Kullanılan Göreceli Yem Değeri (GYD) ve Göreceli Kaba Yem Kalite İndeksi (GKKİ). Atatürk Üniversitesi *Vet. Bil. Derg.*, 11(2), 254 – 258.

Hansey NC., Lorenz JA., & Deleon N. (2010). Cell wall composition and ruminant digestibility of various maize tissues across development. *BioEnergy. Res.*, 3, 28-37.

Harmanşah F. (2018). Türkiye’de Kaliteli Kaba Yem Üretimi, Sorunlar ve Öneriler, *TÜRKTÖB Dergisi*, 25: 9-13.

Hassen, A. & Dawid Mume, I. (2022). Contribution of Hydroponic Feed for Livestock Production and Productivity: A Rewiew, 899-916.

Hillier, R. J., & Perry, T. W. (1969). Effect of hydroponically produced oat grass on ration digestibility of cattle. *Journal of Animal Science*, 29(5), 783–785.

Eshtayeh, I. F. A. (2004). *A New Source of Fresh Green Feed (Hydroponic barley) for Awassi Sheep*. Master in Environmental Sciences, Faculty of Graduate Studies, at An Najah National University, Nablus, Palestine.

Jung HG & Casler MD. (2006). Maize stem tissues: mipact of development on cell wall degradability. *Crop. Sci.*, G6, İŞp-İ8009.

Kacar, B. (1972). Bitki ve Toprağın Kimyasal Analizleri, III. Toprak Analizleri. AÜ Ziraat Fak, Eğt. Arş. ve Gel. Vakfi Yayın No:3.

Kacar, B.& Katkat, V. (2010). Bitki Besleme. 5. Baskı, Nobel Yayın Dağıtım Tic. Ltd. Şti, Kızılay-Ankara.

Kantarci, M., D. (2000). Toprak İlimi. İÜ Toprak İlimi ve Ekoloji Anabilim Dalı, İ Ü Yayın No. 4261, Orman Fakültesi Yayın No. 462, İstanbul, 420 s.

Karavaşin M. (2014). Kaba Yem Kaynağı Olarak Hidroponik Arpa Çimi Üretiminde Kuru Madde ve Ham Protein Verimleri Üzerine Farklı Uygulamaların Etkileri. Süleyman Demirel Üniversitesi *Ziraat Fakültesi Dergisi* 9 (1):27-33.

Karavaşin M. (2017). Farklı Tohum Miktarlarının Hidroponik Arpa Çimi Üzerine Etkileri. Iğdır Üniversitesi *Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi* 4, 63 – 68.

Kendall C., Leonardi C., Hoffman PC., & Combs DK. (2008). Intake and milk production of cows fed diets differed in dietary neutral detergent fiber and neutral detergent fiber digestibility. *J. Dairy Sci.*, 92, 313-323.

Kılıç Ü. (2016). Kaba Yem Üretiminde Hidroponik Tarım Sistemleri. *Türk Tarım – Gıda Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 4(9), 793-799.

Kidambi, SP., Matches, AG. & Griggs, T.C. (1989). Variability for Ca, Mg, K, Cu, Zn and K/(Ca+Mg) Ratio among 3 Wheat Grasses and Sainfoin on the Southern High Plains. *Journal of Range Management*, 42, 316-322.

Kiraz, A. B., & Kutlu, H. R. (2016). Arpa Silajının Ham Besin Madde İçerikleri Üzerine Rekombinant İnokulant Katkısının Etkileri. *Harran Tarım ve Gıda Bilimleri Dergisi*, 20(2), 105-118.

- Koehler, P., Hartmann, G., Wierser, H. & Rychlik, M.** (2007). Changes of folates, dietary fibre and proteins in wheat as affected by germination. *J. Agric. Food Chem.* 55: 4678-4683
- Marsico, G., Micera, E., Dimatteo, S., Minuti, F., Vicenti, A. & Zarrilli, A.** (2009). Evaluation of Animal Welfare and Milk Production of Goat Fed on Diet Containing Hydroponically Germinating Seeds. *Ital. J. Anim. Sci.*, 8(2): 625-627.
- Mayland, HF., Hasay, KH. & Clark, D.H.** (1992). Seasonal trends in herbage yield and quality of Agropvrons. *Journal of Range Management*, 45: 369-374
- McCauley A, Jones C & Jacobsen J.** (2009). Nutrient Management. Nutrient management module 9 Montana State University Extension Service. Publication 4449-9 p.1-16
- Micera, E., Ragni, M., Minuti, F., Rubino, G., Marsico, G. & Zarrilli, A.** (2009). Improvement of Sheep Welfare and Milk Production Fed on Diet Containing Hydroponically Germinating Seeds. *Ital. J. Anim. Sci.*, 8(2): 634-636.
- Molla, A. & Birhan, D.** (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.
- Moon YH, & Lee SS.** (2002). Chewing activities of selected roughage and concentrates by dairy steers. *Asian -Aust J. Anim. Sci.*, 15, 968-973.
- Moore JE., & Undersander DJ.,** (2002). Relative Forage Quality: An alternative to relative feed value and quality index. In "Proceedings of the 13th Annual *Florida Ruminant Nutrition Symposium*", 10-11 January, Gainesville.
- Morgan, J., Hunter, R.R. & O'Haire, R.** (1992). Limiting factors in hydroponic barley grass production. In: Proc. 8 th International Congress on Soilless Culture. Hunter's Rest, South Africa, pp: 241-261.
- Mukhopad, Yu.** (1994). Cultivating green forage and vegetables in the Buryat Republic. *Mezhdunarodnyi Sel'skokho zyaistvennyi Zhurnal* 6 (1): 51-52.
- Myers, J.R.** (1974). *Feeding Livestock From The Hydroponic Garden*. M. Sci. Thesis, Arizona State University, p 101, Arizona-USA.
- Naik, P.K.** (2012b). Effect of soaking time on yield of hydroponics maize fodder. (Unpublished).

- Naik, P.K.** (2013a). Effect of seed rate on the yield of hydroponics maize fodder. (Unpublished).
- Naik, P.K.** (2013b). Yield and dry matter content of hydroponics maize sprouts (Un-published).
- Naik, P.K. & Singh, N.P.** (2013). Hydroponics fodder production: an alternative technology for sustainable livestock production a gains impending climate change. In: compendium of Model Training Course ‘Management Strategies for Sustainable Livestock Production against Impending Climate Change’, held during November 18-25, 2013. Southern Regional Station, National Dairy Research Institute, Adugodi, Bengaluru, India, Pp. 70-75.
- Naik, P.K. & Singh, N.P.** (2014). Production and feeding of hydroponics green fodder. *Indian Farming*. 64 (6): 42- 44.
- Naik, P.K., Dhuri, R.B. & Singh, N.P.** (2011). Technology for production and feeding of hydroponics green fodder. Extension Folder No. 45/ 2011, ICAR Research Complex for Goa, Goa.
- Naik, P.K., Swain, B.K. & Singh, N.P.** (2015). Hydroponics: its feasibility as an alternative to cultivated forages. In: Proc. 9th Biennial Animal Nutrition Association Conference on ‘Eco-responsive Feeding and Nutrition: Linking Livestock and Livelihood’ held at Guwahati, India, January 22-24, 2015, pp 74-87.
- Oba M., & Allen MS.** (1999). Evaluation of the importance of the digestibility of neutral detergent fiber from forage: effects on dry matter intake and milk yield of dairy cows. *J. Dairy Sci.*, 82, 589-596.
- Olgun, & Ünal, S.** (1983). Hayvan beslemede fosfor. *Lalahan Zoo. Ars. Ens. Derg.*, 23 (1-2) 61-64.
- Özbek, H. Kaya, Z. Gök, M.& Kaptan H.** (2001). Toprak Bilimi. 5. Baskı, ÇÜ Ziraat Fakültesi Genel Yayın No 73, Ders Kitapları Yayın No A-16, Adana
- Özkan, U.** (2020). Türkiye Yem Bitkileri Tarımına Karşılaştırmalı Genel Bakış ve Değerlendirme. *Turkish Journal of Agricultural Engineering Research (TURKAGER)*, 1(1), 29-43.
- Pandey, H.N. & Pathak, N.N.** (1991). Nutritional evaluation of artificially grown barley fodder in lactating cross bred cows. *Indian J. Anim. Nutr.* 8 (1): 77-78.

Peer, D.J. & Leeson, S. (1985b). Nutrient content of hydroponically sprouted barley. *Anim. Feed Sci. Technol.* 13: 191-202.

Plaster E J. (1992). *Soil Science and Management*. 2nd Edition, Delmar Publishers Inc., Albany, New York, USA.

Plaza, L., de Ancos, B. & Cano, M.P. (2003). Nutritional and health related compounds in sprouts and seeds of soybean (*Glycine max*), wheat (*Triticum aestivum L.*), and alfalfa (*Medicago sativa*) treated by a new drying.

Reddy, G.V.N., Reddy, M.R. & Reddy, K.K. (1988). Nutrient utilization by milch cattle fed on rations containing artificially grown fodder. *Indian J. Anim. Nutr.* 5 (1): 19-22.

Saçaklı P., Köksal BH., & Tuncer ŞD. (2007). Süt ineklerinin beslenmesinde karbonhidratlar. *Yem magazin*, 48, 43-48.

Safa, T. J. (2019). *Hidroponic Forage Production and Water Use Efficiency of Some Forage Crops under Palestinian Conditions*. Msc Thesis. An-Najah National University. Faculty of Graduate Studies.

Sarıççek, B. Z. (2018). Hidroponik Ve Topraklı Sistemle Yetiştirilen Arpa Ve Yeşil Yemi İle Silajının Besin Madde kompozisyonu Ve Nispi Yem Değerinin Karşılaştırılması. *Black Sea Journal of Agriculture* , vol.1, no.4, 102-109.

Sharif, M., Hussain, A., & Subhani, M. (2013). Use of sprouted grains in diets of poultry and ruminants. *Indian Journal of Research* 2(10):4-7.

Shipard, I. (2005). *How Can I Grow and Use Sprouts as Living Food ?* Stewart Publishing.

Sneath R & McIntosh F. (2003). Review of hydroponic fodder production for beef cattle.

Snow, A.M. Ghaly, A.E. & Snow A. (2008). A comparative assessment of hydroponically grown cereal crops for the purification of aquaculture wastewater and the production of fish feed, *American Journal of Agricultural and Biological Sciences*, 3(1), 364-378.

Topal A. (1993). *Konya ekolojik şartlarında bazı arpa çeşitlerinde (Hordeum vulgare L.) farklı ekim zamanlarının kışa dayanıklılık, dane verimi, verim unsurları ve kalite özelliklerine etkileri üzerine bir araştırma*. Doktora Tezi (Basılmamış), Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Konya.

Tosun, F. (1996). Türkiye’de kaba yem üretiminde çayır-mer’a ve yem bitkileri yetiştiriciliğinin dünü, bugünü ve yarını. Türkiye 3. Çayır-Mer’a ve Yem Bitkileri Kongresi, 17-19 Haziran, Erzurum, s: 1-15.

Trubey, C.R. & Otros, Y. (1969). Effect of light, culture solution, and growth period on growth and chemical composition of hydroponically produced oat seedlings. *Agronomy Journal*. 61: 663-665.

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 (Autoglass) Department of Agriculture Western Australia. Page 8.

Yari, L., Aghaalikhani, M., & Khazaei, F. (2010). Effect of Seed priming duration and temperature on seed germination behavior of bread wheat (*Triticum aestivum* L.). *ARP Journal of Agricultural and Biological Science*, 5(1), 5-8.

Yavuz, M. (2005). Bazı Ruminant Yemlerinin Nispi Yem Değeri ve İn vitro Sindirim Değerlerinin Belirlenmesi. *GOÜ. Ziraat Fakültesi Dergisi*, 22 (1), 97-101.

Yılmaz, Ü. (2022). Meralarda otlayan hayvanları tehdit eden çayır tetanisi riski. *Iğdır Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 12(1), 518-526.

Zebelli Q., Dijkstra J., Tafaj M., Steingass H., Ametaj BN., & Drocher W., (2008). Modeling the adequacy of dietary fibre in dairy cows based on the responses of ruminal pH and milk fat production to composition of the diet. *J. Dairy Sci.*, 91, 2046-2066.