



T.C.

BİLECİK ŞEYH EDEBALI ÜNİVERSİTESİ

LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ

TARLA BİTKİLERİ ANABİLİM DALI

**FARKLI SULAMA SEVİYELERİNDE ÇEMEN (*Trigonella foenum-graecum* L.)
YAPRAĞININ BİYOKİMYASAL ÖZELLİKLERİNİN BELİRLENMESİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

FEYZA TAŞ

TEZ DANIŞMANI

PROF. DR. ERDEM GÜLÜMSER

BİLECİK, 2026

10798658

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

**FARKLI SULAMA SEVİYELERİNDE ÇEMEN (*Trigonella foenum-graecum* L.)
YAPRAĞININ BİYOKİMYASAL ÖZELLİKLERİNİN BELİRLENMESİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

FEYZA TAŞ

TEZ DANIŞMANI
PROF. DR. ERDEM GÜLÜMSER

BİLECİK, 2026

10798658

BEYAN

“Farklı Sulama Seviyelerinde Çemen (*Trigonella foenum – graecum* L.) Yaprığının Biyokimyasal Özelliklerinin Belirlenmesi” başlıklı yüksek lisans tezinin hazırlık ve yazım aşamasında bilimsel araştırma ve etik kurallarına uyduğumu, [Yükseköğretim Kurumları Bilimsel Araştırma ve Yayın Faaliyetlerinde Üretken Yapay Zekâ Kullanımına Dair Etik Rehberine](#) uygun olarak tez/dönem projemi hazırladığımı, başkalarının eserlerinden yararlandığım bölümlerde bilimsel etik kurallarına uygun olarak atıfta bulunduğumu, kullandığım verilerde herhangi bir tahrifat yapmadığımı, çalışmamın herhangi bir kısmının başka bir tez/dönem projesi olarak sunulmadığını, aksinin tespit edilmesi durumunda doğabilecek her türlü hukuki sorumluluğu kabul ettiğimi ve vermiş olduğum bilgilerin doğru olduğunu beyan ederim.

Feyza TAŞ

.../.../2026

İmza

.....

ÖN SÖZ

Bu çalışmanın fikir aşamasından tez yazım aşamasına kadar beni anlayışla ve nezaketle karşılayan, çok değerli hocam Sayın Prof. Dr. Erdem GÜLÜMSER'e değerli katkı ve emekleri için saygı ve teşekkürlerimi sunarım. Burada olduğu gibi hayatın her alanında beni maddi manevi destekleyen, haklarını asla ödeyemeyeceğim annem Meryem DERETAŞI, babam Kadir DERETAŞI'na ve aileme sonsuz teşekkürlerimi sunuyorum. Her anım gibi tez çalışma sürecim boyunca inancını ve desteğini esirgemeyen, gösterdiği anlayışla bana yoldaşlık eden kıymetli eşim Kadir TAŞ'a teşekkürü bir borç bilirim.

Feyza TAŞ

2026

ÖZET

Bu çalışmada Bilecik ekolojik koşullarında farklı sulama seviyelerinin (%0,%25, %50, %75 ve %100) çemen yaprağının kalite bileşenleri, sekonder metabolit içeriği ve mineral madde düzeyleri üzerindeki etkileri incelenmiştir. Çalışmada, bitkiler 13 haziran 2024 tarihinde hasat edilmiş ve yapraklarında kuru madde oranı (KMO), ham protein oranı (HPO), ham kül oranı (HKO), kondanse tanen (KT), mineral madde (Ca, K, P ve Mg), toplam fenolik (TFN), toplam flavonoid (TFL), antioksidan aktivite (DPPH) ve toplam alkaloit (TA) içerikleri belirlenmiştir. Elde edilen sonuçlar, KMO değerleri %22.82–28.03, HPO değerleri %26.11–27.82, HKO değerleri %9.62–11.20 ve KT değerleri %0.96–1.29 arasında değiştiğini göstermiştir. Sekonder metabolit içeriklerinde TFN 22.60–42.74 mg GAE/g, TFL 8.42–10.81 mg QE/g, DPPH %39.99–47.99 ve TA %5.64–6.93 arasında bulunmuştur. Mineral madde içeriklerinde ise Ca %0.98–1.21, K %2.27–2.58, P %0.400–0.440 ve Mg %0.453–0.510 arasında değişim göstermiştir. Sulama seviyeleri çemen yaprağının kalite, sekonder metabolit ve mineral içeriğini önemli ölçüde etkilemiştir. KMO ve HPO değerleri en yüksek %50–%75 sulama seviyelerinde belirlenmiş, düşük ve yüksek sulama koşullarında azalmıştır. Ham kül içeriği sulama ile değişim göstermiştir. Sekonder metabolitler (TFN, TFL ve DPPH) düşük sulama seviyelerinde (%0–%25) daha yüksek bulunmuş, bu durum su stresine bağlı savunma mekanizmaları ile açıklanmıştır. Alkaloit içeriklerinde ise daha sınırlı değişimler belirlenmiştir. Mineral madde içerikleri genel olarak orta sulama seviyelerinde daha yüksek tespit edilmiştir.

Sonuç olarak, sulama seviyesinin çemen yaprağında kalite bileşenleri, antioksidan kapasite ve mineral içerik üzerinde belirleyici bir faktör olduğunu ortaya koymaktadır. Elde edilen bulgular birlikte değerlendirildiğinde, düşük sulama seviyelerinin sekonder metabolit üretimini artırırken, orta sulama seviyelerinin besin elementi içeriği ve genel kalite açısından daha dengeli bir performans sağladığı görülmektedir. Buna göre, çemen yaprağı üretiminde kalite dikkate alındığında %50–%75 sulama suyu seviyelerinin en uygun uygulama aralığı olduğu sonucuna varılmıştır.

Anahtar kelimeler: Çemen, sulama, yaprak, kalite, verim.

ABSTRACT

This study was conducted under the ecological conditions of Bilecik to evaluate the effects of different irrigation levels (0% (no irrigation), 25%, 50%, 75%, and 100%) on the quality components, secondary metabolite content, and mineral composition of fenugreek (*Trigonella foenum-graecum* L.) leaves. The measured parameters included dry matter content (DM), crude protein content (CP), crude ash content (CA), condensed tannin (CT), mineral elements (Ca, K, P, and Mg), total phenolic content (TP), total flavonoid content (TF), antioxidant activity (DPPH), and total alkaloid content (TA). The results showed that DM ranged from 22.82% to 28.03%, CP from 26.11% to 27.82%, CA from 9.62% to 11.20%, and CT from 0.96% to 1.29%. For secondary metabolites, TP varied between 22.60 and 42.74 mg GAE g⁻¹, TF between 8.42 and 10.81 mg QE g⁻¹, DPPH between 39.99 and 47.99%, and TA between 5.64% and 6.93%. Mineral contents ranged from 0.98% to 1.21% for Ca, 2.27% to 2.58% for K, 0.400% to 0.440% for P, and 0.453% to 0.510% for Mg. Irrigation levels significantly affected all measured traits. The highest DMC and CPC values were recorded at moderate irrigation levels (50%–75%), while lower and higher irrigation levels resulted in decreased values. Secondary metabolites (TPC, TFC, and DPPH) were higher under no irrigation (0%) and low irrigation (25%) levels, which can be attributed to drought-induced activation of plant defense mechanisms. Alkaloid content showed relatively limited variation. Mineral element contents were generally higher under moderate irrigation conditions.

As a result, the irrigation level was found to be a key factor affecting the quality, antioxidant capacity, and mineral composition of fenugreek leaves. The results suggested that while low irrigation enhanced secondary metabolite accumulation, moderate irrigation provided a more balanced performance in terms of nutritional quality and overall leaf composition. Accordingly, 50%–75% irrigation levels can be recommended as the most suitable range for achieving an optimal balance between quality and productivity.

Keywords: Fenugreek, irrigation, leaf, quality, yield.

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
ÖN SÖZ.....	i
ÖZET	ii
ABSTRACT.....	iii
İÇİNDEKİLER	iv
TABLolar LİSTESİ	vi
ŞEKİLLER LİSTESİ	vii
KISALTMALAR VE SİMGELER LİSTESİ.....	viii
1. GİRİŞ	1
2. LİTERATÜR İNCELEMESİ	4
3. MATERYAL VE YÖNTEM.....	8
3.1. Materyal	8
3.1.1. Gürarlan çemen çeşidi.....	8
3.1.2. Deneme yerinin toprak özellikleri	8
3.1.3. Deneme yerinin iklim özellikleri.....	9
3.2. Yöntem.....	9
3.2.1. Denemede tespit edilen ölçüm ve analizler	10
3.2.1.1. Yaş yaprak verimi (kg/da).....	10
3.2.1.2. Ham protein oranı (HPO)	10
3.2.1.3. Ham kül analizi (HK, %)	10
3.2.1.4. Besin elementi analizi (%).....	10
3.2.1.5. Kuru madde oranı (KM, %)	10
3.2.1.6. Toplam alkaloid analizi (%).....	10
3.2.1.7. Kondanse tanen analizi (KT, %).....	11

3.2.1.8. Toplam flavonoid analizi (TFL, mg QE/g).....	11
3.2.1.9. Toplam fenolik analizi (TFN, mg GAE/g).....	11
3.2.1.10. Radikal kovucu aktivite (DPPH) analizi (%).....	12
3.2.2. Verilerin değerlendirilmesi	12
4. BULGULAR VE TARTIşMA	13
5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER	19
KAYNAKÇA	20

TABLÖLAR LİSTESİ

Sayfa

Tablo 1.1. Üretim alanı.....	2
Tablo 3.1. Deneme alanı toprağının bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri.....	8
Tablo 3.2. Bilecik ili uzun yıllar ile deneme yıllarına ait iklim verileri.....	9
Tablo 4.1. Çemen yaprağının bazı kalite içerikleri.....	16
Tablo 4.2. Çemen yaprağının sekonder metabolit içerikleri.....	17
Tablo 4.3. Çemen yaprağının mineral madde içerikleri.....	18

ŞEKİLLER LİSTESİ

Sayfa

Şekil 4.1. Çemende yaş yaprak verimi (kg/da)	13
---	----

KISALTMALAR VE SİMGELER LİSTESİ

%: Yüzde

da: Dekar

DPPH: Radikal Kovucu Aktivite

g: Gram

HP: Ham protein oranı

kg: Kilogram

KT: Kondanse tanen

m: Metre

µm: Mikrometre

Ca: Kalsiyum

K: Potasyum

Mg: Magnezyum

N: Azot

P: Fosfor

TFL: Toplam flavonoid

TFN: Toplam fenolik

1. GİRİŞ

Dünya Sağlık Örgütü (WHO) bitkisel drogları veya karışımları hastalıklardan korunmak veya tedavi amaçlı “Bitkisel İlaç” olarak adlandırmıştır. Günümüzde bu “Bitkisel İlaç” olarak adlandırılan ürünler Tıbbi ve Aromatik bitkiler olarak ifade edilmiştir (Kırıcı, 2016). Bu bitkilerin en temel önemi, özellikle sağlık alanında tedavi edici özellikler taşımalarıdır (Acıbuca ve Budak, 2018). Modern tıp ve ilaç–kimya sanayisinde yaşanan önemli ilerlemelere rağmen, alternatif tedavi yöntemleri ile tıbbi bitkilerden yararlanma uygulamaları güncelliğini korumakta ve özellikle son yıllarda gelişmiş ülkelerde giderek artan bir ilgiyle karşılanmaktadır. Öte yandan, gelişmekte olan ve az gelişmiş ülkelerde yaklaşık 2.5 milyar insanın modern tıbbi ürünlere erişimde kısıtlılık yaşadığı belirtilmektedir (Arslan vd., 2015). Bu bağlamda tıbbi bitkilerin kullanımı yalnızca ekonomik bir alternatif olarak değil, aynı zamanda yerel kültür ve doğal kaynaklarla uyumlu sağlık sistemlerinin geliştirilmesi ve dışa bağımlılığın azaltılması açısından da stratejik bir önem taşımaktadır (Kırıcı, 2016).

Tıbbi bitkilerin kullanımına ilişkin en eski yazılı kaynaklardan bazıları Antik dönem uygarlıklarına kadar uzanmaktadır. Milattan önce yaklaşık 3700 yıllarında Çin’de hükümdar Shin-Nong’a atfedilen eserlerde 200’den fazla bitkiye dair bilgilere yer verildiği bilinmektedir. Benzer şekilde, Babiller ve Eski Mısırlılarında çeşitli bitkileri tedavi amaçlı kullandıkları ve insan anatomisi hakkında belirli bir bilgi düzeyine sahip olduklarına dair bulgular bulunmaktadır. Anadolu coğrafyasında ise Hititler dönemine ait M.Ö.1500’lü yıllardan kalan kil tabletler, tıbbi bitki kullanımına ilişkin önemli veriler sunmaktadır. Mezopotamya kayıtlarıyla benzerlik gösteren bu tabletlerde üzüm, zeytin, defne, haşhaş, sarımsak, buğday, çemen ve meyan kökü gibi birçok bitkinin tedavi amaçlı kullanıldığı belirtilmektedir. Bu yönüyle söz konusu tabletler, Hititlerin tıp ve bitkisel tedavi bilgilerini ortaya koyan önemli tarihsel kaynaklar arasında değerlendirilmektedir (Ertem, 1987).

Türkiye, tıbbi ve aromatik bitki çeşitliliği bakımından dünya genelinde öne çıkan ülkeler arasında yer almaktadır. Fesleğen, çemen, rezene, anason, haşhaş, kimyon, kişniş, safran ve defne gibi dünya çapında yaygın olarak yetiştirilen pek çok önemli tıbbi ve aromatik bitkinin ülkemizde de kültürü yapılmaktadır. Bu bitkiler arasında çemen sahip olduğu özellikler ve kullanım alanları bakımından önemli bir konuma sahiptir (Beyzi, 2011).

Çemen, *Fabales* takımı içinde *Fabaceae* (baklagiller) familyasına ait *Trigonella* cinsinde yer alan bir bitkidir. Gövdesi başlangıçta tüylü, gelişim ilerledikçe tüysüz ve koyu yeşil bir yapı kazanır. Üçlü yapraklara sahip olup yoncaı andırır. Küçük sarımsı beyaz çiçekler açar ve kıvrık bakla şeklindeki meyvelerinde ortalama 10–20 tohum bulunur (Davis,1982; Pribac ve Ardelean, 2008).

Kullanım açısından bitkinin yaprak, çiçek, kabuk, yumru ya da toprak üstü kısımları gibi farklı bölümlerinden yararlanılabilmektedir. Söz konusu kısımlar bütün halde, parçalanmış ya da öğütülmüş formda kullanılabildiği gibi, çeşitli ekstrakt ve preparatlara dönüştürülerek de tüketilebilmektedir. Ayrıca tıbbi ve aromatik bitkiler hem taze hem de kurutulmuş halde değerlendirilebilmektedir (Acıbuca ve Budak, 2018).

Çemen bitkisinin kültüre alınmasının kökeni, yaklaşık MÖ 2000’li yıllarda Antik Mısır’a kadar uzanmaktadır. Antik Yunan döneminde Theophrastos ve Dioskurides tarafından farklı isimlerle anılan bu bitkinin tarihsel süreçte hem Mısır hem de Hint uygarlıklarında tarımının yapıldığı ve Sanskritçe kaynaklarda yer aldığı bilinmektedir (Arıhan, 2013). Günümüzde çemen Etiyopya, Türkiye, Hindistan ve Orta Avrupa başta olmak üzere geniş bir coğrafyada yetiştirilmektedir. Türkiye’de ise başlıca Konya, Kayseri, Ankara, Gaziantep ve Şanlıurfa gibi illerde üretimi gerçekleştirilmektedir (Gençkan, 1983; Özdemir ve Gürbüz, 1998).

Tablo 1.1. Üretim alanı

İller	Alan(da)	Üretim (kg/da)	Verim (kg/da)
Yozgat	3593	395	110
Konya	2480	364	147
Sivas	2034	236	116
Tokat	1628	217	133
Çorum	686	52	77
Samsun	300	36	120
Kayseri	194	16	82
Karaman	160	18	113
Nevşehir	105	11	105
Amasya	56	5	89
Afyonkarahisar	10	1	100
Kastamonu	7	1	143
TOPLAM	11253	1352	

Kaynak: TÜİK, 2024

Çemen bitkisi halk hekimliğinde sindirimi destekleme, süt üretimini artırma, balgam söktürme, ateş düşürme, boğaz ağrılarını hafifletme ve yara iyileşmesini hızlandırma gibi amaçlarla kullanılmaktadır. Ayrıca tohumları gıda sanayisinde fırıncılık ürünleri, et ürünleri, içecekler, şekerlemeler ve çeşitli tatlı ürünlerde aroma verici olarak değerlendirilmektedir. Kurutulmuş veya öğütülmüş halde ise baharat karışımlarında, turşularda, çorbalarda ve soslarda yaygın kullanım alanına sahiptir. Besin değeri açısından zengin olan yeşil aksamı, özellikle protein içeriği sayesinde hayvan beslemede iştah artırıcı etki göstererek yem tüketimini desteklemekte ve rasyonlara katkı sağlamaktadır (Toppo vd., 2009 ; Koç, 2002; Acar, 2000).

Bitkide dallar yaprak koltuklarından çıkar. Yapraklar üçlü (trifoliat) yapıda olup, yaprakçıklar genellikle ters yumurta şeklindedir. Orta yaprakçık saplı olmasına rağmen, yan yaprakçıklar sapsızdır. Kenarları üst kısımda dişli, taban kısmı ise daha düz veya kama şeklindedir. Bitkinin üst yaprakları daha kalın ve tüylü bir yapı göstermektedir. Kulakçıklar ise farklı şekillerde (üçgenimsi, mızraksı veya yumurtamsı) olabilmektedir (Köroğlu, 1985; Gençkan, 1983). Çemen yapraklarının biyomadde elde edilmesi açısından yüksek potansiyele sahip olduğu ve bu amaçla basit ekstraksiyon yöntemlerinin uygulanabileceği ifade edilmektedir (Chouhan vd., 2019).

Sulama, bitkilerin yeterli suya ulaştırılarak verim ve büyümenin artırılmasını sağlayan temel bir uygulamadır. Su kaynaklarının sınırlandırılması nedeniyle suyun verimli kullanımı ve modern sulama teknikleri giderek daha önemli hale gelmiştir (Baştuğ ve Kanber, 1989; Anonim, 2004).

Çemen, ılıman iklimlere uyum sağlayabilen, kuraklık ve yüksek sıcaklıklara dayanıklı bir bitkidir. Türkiye’de farklı iklim koşullarına göre kışlık veya yazlık olarak yetiştirilebilmekte, özellikle pH 6.5–7.5 aralığındaki topraklarda daha verimli gelişim göstermektedir. Sulama ihtiyacı bulunan bir tür olmakla birlikte, bazı bölgelerde kuru tarım koşullarında da üretilebilmektedir (Baytop, 1984 ; Lal vd., 2014).

Bu çalışma Bilecik ekolojik koşullarında farklı sulama suyu seviyelerinde çemen yaprağının biyokimyasal özelliklerinin belirlenmesi amacıyla yapılmıştır.

2. LİTERATÜR İNCELEMESİ

Dünya genelinde gıda amaçlı tüketilen tıbbi ve aromatik bitki türlerinin 10.000'in üzerinde olduğu bildirilmektedir. Söz konusu bitkiler; eczacılık, kozmetik ve mutfak uygulamalarının yanı sıra, son dönemlerde özellikle antioksidan özellikleri nedeniyle gıda teknolojisi alanında da yaygın olarak değerlendirilmektedir. Bu bitkilerin doğadan toplanması ve kültüre alınarak yetiştirilmesi ise insanlık tarihi boyunca kesintisiz şekilde devam etmiştir (Nohutçu vd., 2019).

Tıbbi ve aromatik bitkiler, steroidler, flavonoidler, saponinler, alkaloidler, terpenler ve fenolik bileşikler gibi çeşitli biyoaktif sekonder metabolitler bakımından zengin bir içeriğe sahiptir. Bu bileşikler; antimikrobiyal ve antifungal etkilerin yanı sıra antialerjik, antidiyabetik ve kardiyovasküler sistemi destekleyici özellikler gösterebilmektedir. Ayrıca antioksidan, antikanser, antitiroid, antihistaminik, antimalaryal, antihelmintik ve antienflamatuvar aktiviteler ile birlikte antihipertansif, spazm çözücü ve analjezik (ağrı kesici) etkiler de bu metabolitlerin farmakolojik potansiyelleri arasında yer almaktadır (Aftab, 2019).

2024 yılına ait TÜİK verileri çerçevesinde Türkiye'de tıbbi ve aromatik bitkiler grubunun üretiminde artış eğiliminin devam ettiği görülmektedir. Bu kapsamda söz konusu ürün grubunda ekim alanı yaklaşık 182 bin hektar (1.820.000 dekar) seviyesine ulaşmıştır. Üretim miktarı ise yaklaşık 2,45 milyon ton düzeyinde gerçekleşerek bir önceki yıllara kıyasla artış göstermiştir (Tüik, 2024).

Çemen (*Trigonella foenum – graecum L.*) Fabales takımının, Fabaceae (Baklagiller) familyasının, *Trigonella* cinsinde yer almaktadır. Halk arasında "buyotu" olarak bilinen bu bitki dünyada geniş yayılma alanına sahiptir. *Trigonella* cinsi çoğunlukla Akdeniz çevresinde yayılış gösteren 50 kadar tür içermektedir ve bu türlerden de 45'i Türkiye'de doğal olarak yetiştirilmektedir. Bunlardan *Trigonella foenum- graecum L.* türünün kültürü yapılmaktadır (Davis,1982; Arslan vd., 1989a). *Trigonella foenum-graecum L.* Asya'nın batısı ve Avrupa'nın güney doğusuna özgü olmakla birlikte çok uzun süreden bu yana Akdeniz havzası, Hindistan ve Kuzey Afrika'da yetiştirilmektedir (Kıralan vd., 2017). Türkiye'de yetiştiği iller ise Konya, Kayseri, Çankırı, Ankara, Gaziantep, Afyon, Kahramanmaraş, Şanlıurfa ve Hatay'dır (Özdemir ve Gürbüz, 1998).

Çemen, kaliteli kaba yem üretimi açısından önemli bir potansiyele sahip olup, ruminant hayvanların üretim performansını artırmada doğal bir yem katkı maddesi olarak değerlendirilmektedir. Bu bitki hem kaba yem hem de silaj olarak yetiştirilebilmektedir. Ayrıca, diğer baklagillerde bulunmayan diosgenin gibi büyümeyi destekleyici bileşikler içermesi ve şişkinlik sorununa yol açmaması nedeniyle dikkat çekmektedir (Cao vd., 2011).

Ülkemizde çemenin kültür türünün yanında çok sayıda yabancı türlerinin de bulunması sebebiyle bitkinin daha iyi tanınması sağlanarak yetiştiriciliğinin yaygınlaştırılması ve ülke yararına değerlendirilmesi gerekmektedir. Dolayısıyla, ülkemiz ekolojisinde çemen bitkisi toprak ve iklim istekleri açısından geniş sınırlara sahip olup hemen hemen buğdayın yetiştiği her yerde çemen yetiştiriciliğinin yapılabilmesi mümkündür (Tunçtürk ve Çelen, 2005).

Çemen, ılıman iklim koşullarına uyum sağlayabilen, aynı zamanda kuraklık ve yüksek sıcaklık stresine tolerans gösterebilen bir bitkidir. Türkiye'deki farklı ekolojik bölgelerde, iklim özelliklerine bağlı olarak hem kışlık hem de yazlık formda yetiştirilebilmektedir. Özellikle pH değeri 6.5 ile 7.5 arasında değişen topraklarda daha yüksek verim potansiyeli sergilediği bilinmektedir. Su gereksinimi bulunan bir tür olmasına karşın, bazı yörelerde kuru tarım şartlarında da üretimi mümkün olabilmektedir (Baytop, 1984; Lal vd., 2014).

Çemen, kısa süreli ekim nöbeti sistemlerine dahil edilebilen, hayvan yemi olarak saman ve silaj üretiminde kullanılabilen, toprağa azot bağlayarak verimliliğini artıran oldukça faydalı bir baklagil bitkisidir (Ahari vd., 2009).

Çemen bitkisinin hem tohumları hem de vejetatif aksamı farklı amaçlar için kullanılmaktadır. Ülkemizde çemen tohumları un haline getirildikten sonra, kırmızıbiber, bir miktar burçak unu ve dövülmüş sarımsakla karıştırılarak kızıl renkli çemen adı verilen bir macun elde edilir ve pastırma imalatının başlıca hammaddesidir. Ayrıca, sofralarda garnitür olarak veya baharat yerine kullanılırken, sap ve yaprakları da hayvan yemi olarak kullanılmaktadır (Bal, 1990).

Öğütülmüş tohumları mutfaklarda, baharat karışımlarında, turşularda, çorbalarda, soslarda ve et ürünlerinde kullanılmaktadır. Gıda sanayinde alkolsüz içecekler, şekerlemeler, çeşni ürünleri, şurup ve şekerli sosların karışımında yer almaktadır. Bitkinin yan ürünleri olan özüt ve oleorezin ise alkollü içeceklerde, jelatinlerde, pudinklerde, çikletlerde, şekerli kremalarda ve turşularda kullanılır. Ayrıca sucuk yapımında da kullanıldığı bildirilmiştir (Çalık,1996; Akgül, 1993).

Çemen biyolojik ve farmakolojik etkilerini, içerdiği çok çeşitli fitokimyasal bileşenlerden almaktadır. Tohumları yüksek oranda karbonhidrat içermekle birlikte, bu kısmın büyük bölümünü galaktomannan yapısındaki müsilajlı lifler oluşturmaktadır. Bunun yanında proteinler, özellikle esansiyel amino asitler bakımından zengin bir profil sergilerken; lipitler, alkaloidler, flavonoidler, saponinler, vitaminler ve mineraller bitkinin biyolojik aktivitesine katkısağlamaktadır.

Özellikle saponinlerin hidrolizi sonucunda ortaya çıkan steroidal sapogeninler (örneğin diosgenin), çemenin farmakolojik etkileri açısından önemli bileşenler arasında yer almaktadır. Bu zengin kimyasal içerik, bitkinin antioksidan ve antidiabetik özellikleriyle ilişkilendirilmektedir (Mehrafarin vd., 2010).

Çemen otu, hem yaprakları hem de tohumları değerlendirilen çok yönlü bir bitkidir. İçeriğinde yüksek oranda protein (%25,5) ve karbonhidrat (%45–60) bulunurken, müsilaj (%20), 4-hidroksiizolösün (%0,09) gibi amino asitler, çeşitli vitaminler ve linoleik asit (%37) ile α -linolenikasit (%28) gibi önemli doymamış yağ asitleri yer almaktadır. Ayrıca diosgenin (%1,7) gibi steroidal sapogeninler, trigonellin (%0,38) gibi piridin alkaloidleri, kuersetin içeren flavonoidler, kumarinler, düşük oranda uçucu yağlar (%0,015) ile birlikte demir (Fe), bakır (Cu) ve çinko (Zn) gibi mineral elementler açısından da zengin bir bileşime sahiptir (Aggarwal vd., 2009; Singh vd., 2022).

Çemen otu yaprakları polifenoller, kuersetin ve kampferol gibi flavonoid bileşikler, steroidal saponinler, karotenoidler, galaktomannanlar, amino asitler ile birlikte çeşitli makro ve mikro besin elementleri bakımından oldukça zengin bir içeriğe sahiptir (Aasim vd., 2018; Akhlaghi ve Najafpour-Darzi, 2021; Khorrami vd., 2024).

Çemen otu yapraklarının fitokimyasal profili dikkate alındığında, fenolik bileşikler ve flavonoidlerin tespit edilen antioksidan aktivitede önemli rol oynayan başlıca etkenler olabileceği öngörülmektedir (Salam vd., 2023).

Çemen tohumunda ham protein, ham yağ, ham kül, ham selüloz ve karbonhidrat içeriklerini, sırasıyla, %25.8, %6.53, %3.26, %6.28 ve %58.13 brüt enerji değerini, ise 3944 kcal/kg olarak bildirmişlerdir (Kochhar vd., 2006). Çemen bitkisinin tohum verimi, 123-245kg/da (Sharma ve Bhati, 1987; Deo ve Kothari, 2002) olarak bildirilmiştir. Çemen tohumları flavonoidler, kolin, karoten, trigonellin ve diğer fonksiyon elemanları içeren uçucu yağları içermektedir (Meghwal ve Goswami, 2012).

NDF, ADF, hemiselüloz, selüloz, lignin ve pektin değerlerini, sırasıyla, %35.15; 2.35; 32.80;1.46;0.38;2.95 olarak belirlemişlerdir. El Nasrivd. (2007), çemende %28,4 oranında ham protein olduğunu tespit etmişlerdir. Çemen tohumunun HP, HY, HS ve HK içerikleri sırasıyla %27.3, 6.7, 6.7 ve 3.8 olarak Beyzi (2011) tarafından belirlenmiştir.

Hadivd., (2018) çalışmasında, çemen tohumlarının kimyasal bileşimi analiz edilmiş ve yağ ekstraktlarının antibakteriyel ve antifungal etkileri incelenmiştir. Analizlerde, tohumların protein içeriği %27.50, karbonhidrat içeriği %42.26, ve yağ içeriği %4.50 olarak belirlenmiştir.

Çemen tohumu yağı, yenilebilir yağlara benzer özellikler göstermiştir ve hekzan ile farklı konsantrasyonlarda (% 40, % 80 ve % 100 ekstrakte edilmiştir. Ankara Tarla Bitkileri Merkez Araştırma Enstitüsü'nde yapılan bu çalışmada, Gürarslan çeşidiyle dört tekrarlamalı bir deneme kurulmuştur. Sonuçlar bitki boyu, bakla sayısı, dal sayısı, bakladaki tohum sayısı ve bin tohum ağırlığı gibi morfolojik özelliklerde farklılıklar olduğunu göstermiştir. Ayrıca biyolojik verimin 791.70-1098.48 kg/da, tohum veriminin 88.60-143.30 kg/da ve hasat indeksinin %8.10- 18.11 aralıklarında değiştiği bildirilmiştir (Bozdemir vd., 2016).

Çemen bitkisi, kurağa ve yüksek sıcaklığa dayanıklı bir bitkidir. Ayrıca ılıman iklimlerde iyi gelişir ve kışlık olarak ekilebilmektedir. Ülkemizde sıcak bölgelerde, erken ilkbaharda veya kışlık olarak, soğuk bölgelerde ise yazlık olarak ekimi yapılmaktadır (Kevseroğlu vd., 1997; Kızıl vd., 2003).

Kurak şartlara iyi dayanan ancak aşırı yağıştan olumsuz etkilenen çemen bitkisinde, kurak yıllarda yapılan az miktardaki sulamalarla fazla ürün verdiği bilinmektedir. (Yıldız ve Özbay, 2009). Dünyanın kurak ve yarı kurak bölgelerinde yapılan pek çok çalışmada, mikro havza su hasadının özellikle sırt karık metodu ile bitkisel üretimde ve ağaç gelişiminde verimi pozitif yönde etkilediği tespit edilmiştir (Vashistha vd., 1980; Gupta, 1995; Örs vd., 2011).

Azot bağlayan 3 bakteri inokülasyonu ve 2 farklı toprak nemin de sulamanın çemen üzerine etkisini konu edinen bir çalışmada toprak nem tutma kapasitesi %60 olduğunda ve No 333 *Rhizobium* bakteri aşılmasıyla iyi sonuçlar elde edildiği saptanmıştır (Atanasova vd., 2014).

İran'da 20 çemen popülasyonu ile yaptıkları çalışmada bitkileri kuraklık şartlarında ve kuraklık stresi olmayan şartlarda yetiştirmişlerdir. Çemen popülasyonlarının verim, kuru biyokütle, kuraklığa tolerans ve duyarlılık açısından farklı sonuçlar verdiği belirlenmiştir (Ahari vd., 2009).

Hindistan'da normal şartlarda ve su stresi şartlarında 10 çemen genotipi tohum kalitesi parametrelerine göre değerlendirildiği çalışmada su stresinin toplam yağ, saponin ve diosgenini artırdığı bulunmuştur. Su stresi tüm genotiplerde ham protein ve toplam karbonhidratı azaltmıştır (Ghosaliye vd., 2021).

3. MATERYAL VE YÖNTEM

3.1. Materyal

Bu çalışmada materyal olarak çemen (*Trigonella foenum – graecum* L.)’nin Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarla Bitkileri Bölümü’nde yapılan ıslah çalışmaları sonucunda elde edilerek tescil ettirilmiş “GÜRARSLAN” çeşidi kullanılmıştır. Çalışma Marmara, Ege, Karadeniz ve İç Anadolu Bölgesi’nin kesişme noktasında yer alan Bilecik ilinin Merkez ilçesinde 2024 yılında yürütülmüştür.

3.1.1. Gürarслан çemen çeşidi

Gürarслан çemen çeşidi, 09.04.2004 tarihinde Ankara Üniversitesi tarafından geliştirilen ve tescil edilmiştir. Bu çeşit, yüksek tohum ve yağ verimi potansiyeli ile öne çıkmaktadır. Ayrıca, %25–40 arasında değişen müsilaaj oranı ve %20–30 düzeyindeki protein içeriği sayesinde dikkat çekici bir kimyasal bileşime sahiptir. Söz konusu özellikleri nedeniyle, özellikle tarımsal araştırmalarda, verim unsurlarının belirlenmesi ve morfolojik özelliklerin incelenmesine yönelik çalışmalarda yaygın olarak tercih edilen bir materyal niteliğindedir.

3.1.2. Deneme yerinin toprak özellikleri

Deneme alanının 30 cm derinlikten alınan toprak özellikleri Tablo 3.1’de verilmiştir. Toprak pH’sı 7.75 ve kireç oranı %7.95, 25.40 kg da⁻¹ fosfor, 115.80 kg da⁻¹ potasyum ve %1,25 organik madde içeren killi tınlı toprak tipindedir.

Tablo 3.1. Deneme alanı toprağının bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri

Toprak özellikleri	Değeri	Derecesi
Strüktür	58.30	Killi-tınlı
pH	7.75	Hafif alkali
Kireç (CaCO ₃ , %)	7.95	Orta derece
Organik Madde (%)	1.25	Düşük
Fosfor (P ₂ O ₅ , kg/da)	25.40	Yüksek
Potasyum (K ₂ O kg/da)	115.80	Yüksek

3.1.3. Deneme yerinin iklim özellikleri

Çalışmanın yürütüldüğü alanın uzun yıllar ile 2024 yıllarına ait sıcaklık ve yağış miktarları Tablo 3.2’de verilmiştir. Uzun yıllar sıcaklık ortalaması 15.8 °C iken, 2024 yılı 18.5°C olarak tespit edilmiştir. İlin uzun yıllar toplam yağış miktarı 131.5 mm iken, 2024 yılı toplam yağış miktarı 62.1 mm olmuştur (Tablo 3.2.).

Tablo 3.2. Bilecik ili uzun yıllar ile deneme yıllarına ait iklim verileri

Aylar	Sıcaklık(°C)		Yağış(mm)	
	Uzunyıllar**	2024	Uzun yıllar**	2024
Nisan	11.5	16.0	41.8	8.2
Mayıs	16.1	15.1	47.1	53.9
Haziran	20.0	24.5	42.6	-
Ort./Top.	15.8	18.5	131.5	62.1

*Bilecik Meteoroloji Müdürlüğü; **:2007-2024 arası.

3.2. Yöntem

Deneme 16.04.2024 tarihinde Bilecik ekolojik koşullarında tesadüf blokları deneme desenine göre 3 tekerrürlü olarak kurulmuştur. Deneme elle kurulmuş olup, parsellerde sıra arası mesafe 30 cm olacak şekilde 6 sıra oluşturulmuştur. Parsel uzunluğu 4 m olarak ayarlanmıştır. Dekara tohum miktarı ise 4 kg olarak hesaplanmıştır. Ekimle birlikte taban gübresi olarak dekara 8 kg P₂O₅ gelecek şekilde DAP gübresi verilmiştir.

Çalışmada 5 farklı sulama suyu seviyesi (S1:%100,S2:%75,S3:%50,S4:%25 ve S5:%0) uygulanmıştır. Yağmurlama sulama ile ilk çıkış gözlenen bitkiler daha sonra damla sulama sistemi ile sulanmaya devam etmiştir. Uygulanacak sulama suyu miktarı bitkiler çıkış yapana kadar her parselde eşit miktarda 25 mm yağmurlama sulama ile verilmiştir. Daha sonra sulamalar arazinin ortasına konulan A sınıfı buharlaşma kabında gerçekleşen yağışsımlı buharlaşma miktarına göre hesaplanmıştır. Bitki yapraklandıktan sonra 13 haziran 2024 tarihinde hasat edilmiştir. Hasat edilen bitkiler 60 °C’de sabit ağırlığa gelene kadar kurutulmuş ve laboratuvar da 1mm elek çapına sahip değirmende öğütülerek analize hazır duruma getirilmiştir.

3.2.1. Denemede tespit edilen ölçüm ve analizler

3.2.1.1. Yaş yaprak verimi (kg/da)

Hasat sonrasında çemen bitkilerinin yaprakları ayrılarak ağırlıkları belirlenmiş, elde edilen veriler dekara verim değerlerine dönüştürülmüştür.

3.2.1.2. Ham protein oranı (%)

Hasat sonrasında elde edilen örnekler 60°C’de sabit ağırlığa gelene kadar kurutulmuş ve laboratuarda değirmende öğütüldükten sonra 1mm elek çapındaki elekten geçirilerek analize hazır duruma getirilmiştir. Daha sonra bu örneklerin azot tayinleri Kjeldahl yöntemi ile yapılarak azot miktarı belirlenmiş ve 6.25 katsayısı ile çarpılıp ham protein oranları belirlenmiştir (AACC, 1990).

3.2.1.3. Ham kül oranı (%)

Öğütülen örneklerden 2g tartılarak ve yakma fırınında 550°C’de 4 saat süreyle yakılmış ve kalan miktar kül olarak hesaplanmıştır (Kacar, 1972).

3.2.1.4. Besin elementi analizi (%)

Kurutulan örnekler, 1 mm çapındaki elekten geçebilecek inceliğe ulaşınca kadar değirmende öğütülmüştür. Elde edilen bu örneklerin potasyum (K), fosfor (P), kalsiyum (Ca) ve magnezyum (Mg) içerikleri, Near Infrared Reflectance Spectroscopy (NIRS) yöntemi kullanılarak, Foss 6500 cihazı ve IC-0904FE paket programı aracılığıyla analiz edilmiştir.

3.2.1.5. Kuru madde oranı (%)

Hasat edilen yaprak örnekleri öncelikle yaş ağırlıkları belirlenerek tartılmış, ardından 105 °C’de etüvde sabit ağırlığa ulaşınca kadar kurutulmuştur. Kurutma işlemi sonrasında elde edilen kuru madde oranı, kuru ağırlığın başlangıçtaki yaş ağırlığa oranlanmasıyla hesaplanmıştır.

3.2.1.6. Toplam alkaloit analizi (%)

Örneklerin toplam alkaloit içerikleri, INEN (2005) yönteminde yapılan bazı modifikasyonlar ile belirlenmiştir. Bu kapsamda, 0.2 g örnek üzerine 1,2 g Al₂O₃ ilave edilerek homojen bir toz karışımı elde edilinceye kadar karıştırılmıştır. Elde edilen karışıma 1 mL KOH (150,4 g/L) çözeltisi eklenmiş ve homojen bir yapı oluşuncaya kadar karıştırma işlemine devam edilmiştir. Hazırlanan karışım santrifüj tüplerine aktarılmış ve üzerine 6 mL kloroform ilave edilerek 3000 g’de 5 dakika süreyle santrifüj edilmiştir. Elde edilen süzüntü filtre edilerek cam şişelerde toplanmıştır. Kloroform ile ekstraksiyon, santrifüjleme ve süzüntü toplama işlemleri, ortamda alkaloit kalmayınca kadar en az 10 kez tekrarlanmıştır.

Elde edilen ekstrakt, 30°C’de buharlaştırılarak hacmi yaklaşık 1 mL’ye düşürülmüştür. Alkaloid miktarının belirlenmesi amacıyla ekstrakta 5 mL NaOH (0,40 g/L) çözeltisi ve birkaç damla metil kırmızısı indikatörü ilave edilmiş, ardından 0,01 N sülfürik asit ile titrasyon gerçekleştirilmiştir. Toplam alkaloid miktarı (g/100 g), aşağıdaki eşitlik kullanılarak hesaplanmıştır:

$$TA=0,248 \times V / \text{örnek ağırlığı (g)} \quad F.1$$

3.2.1.7. Kondanse tanen analizi (%)

Öğütülmüş bitki örneklerinden 0,01g tartılarak üzerine 6 mL tanen çözeltisi ilave edilmiş ve tüpler vorteks yardımıyla homojen şekilde karıştırılmıştır. Hazırlanan örnekler kaynar su banyosunda 1 saat süreyle inkübe edildikten sonra sudan çıkarılmış ve 100 °C’de ilave 1 saat bekletilmiştir. Daha sonra soğutulan örneklerin absorbans değerleri 550 nm dalga boyunda ölçülmüştür (Bate-Smith, 1975). Kondanse tanen içeriği, aşağıdaki formül kullanılarak hesaplanmıştır:

$$\text{Absorbans (550nm} \times 156,5 \times \text{seyreltme faktörü) / kuru ağırlık (\%)}. \quad F.2$$

3.2.1.8. Toplam flavonoid analizi (mg QE/g)

Quersetin stok çözeltisi 200 mg/L derişimde hazırlanmış ve bu çözeltiden yapılan seyreltmelerle beş farklı konsantrasyon elde edilmiştir. Bitki ekstraktlarından alınan 1 mL örnekler, eşit hacimde %2’lik $AlCl_3$ çözeltisi ile karıştırılmış ve oda sıcaklığında 10 dakika inkübasyona bırakılmıştır. Süre sonunda numunelerin absorbans değerleri 415 nm dalga boyunda ölçülmüştür. Aynı işlemler standart quersetin çözeltileri içinde uygulanmış ve elde edilen kalibrasyon eğrisi kullanılarak örneklerin toplam flavonoid içerikleri quersetin eş değeri cinsinden (mg QE/g) hesaplanmıştır (Arvouet-Grand vd., 1994).

3.2.1.9. Toplam fenolik analizi (mg GAE/g)

Ekstraktların toplam fenolik madde içerikleri, Folin-Ciocalteu reaktifi kullanılarak Singleton vd. (1999) yöntemine göre modifiye edilerek belirlenmiştir. Analiz kapsamında, örnek çözeltilerinden 0,2 mL alınmış ve üzerine 9 mL distile su ilave edilmiştir. Ardından karışıma 0,2 mL Folin-Ciocalteu reaktifi eklenerek 3 dakika süreyle bekletilmiştir. Daha sonra %20’lik sodyum karbonat (Na_2CO_3) çözeltisinden 0.6 mL ilave edilerek toplam hacim 10 mL’ye tamamlanmıştır. Hazırlanan karışımlar oda sıcaklığında, karanlık ortamda 2 saat inkübe edildikten sonra, absorbans değerleri 760 nm dalga boyunda spektrofotometrik olarak ölçülmüştür. Standart kalibrasyon eğrisinin oluşturulmasında gallik asit kullanılmış olup, saf suda çözülen 0,1 mg/mL derişimindeki stok çözeltiden yapılan seyreltmelerle yedi farklı

konsantrasyon hazırlanmıştır. Kontrol örneği olarak ise, örnek çözeltisi yerine eşit hacimde (0,2 mL) saf su kullanılmıştır. Elde edilen kalibrasyon eğrisi doğrultusunda, bitki ekstraktlarının toplam fenolik madde içerikleri gallik asit eşdeğeri cinsinden (mg GAE/g ekstrakt) hesaplanmıştır.

3.2.1.10. Radikal kovucu aktivite (DPPH) analizi (%)

Serbest radikal giderme aktiviteleri, stabil bir radikal olan 2,2-difenil-1-pikrilhidrazil (DPPH) kullanılarak Gezer vd. (2006) yöntemine göre belirlenmiştir. Bu amaçla, 4 mg DPPH 100 mL metanol içerisinde çözülerek çalışma çözeltisi hazırlanmıştır. Bitki ekstraktlarından elde edilen ana stok çözeltilerden farklı konsantrasyonlarda seyreltmeler yapılmıştır. Her bir analiz için, 3,2 mL DPPH çözeltisi üzerine farklı konsantrasyonlardaki ekstraktlardan 200 µL ilave edilmiştir. Hazırlanan karışımlar oda sıcaklığında, karanlık ortamda 30 dakika inkübasyona bırakılmış ve süre sonunda absorban değerleri 517 nm dalga boyunda spektrofotometrik olarak ölçülmüştür. Standart karşılaştırma amacıyla askorbik asit ve bütillenmiş hidroksitoluen (BHT) kullanılmıştır. Kontrol gruplarında ise ekstrakt yerine eşit hacimde çözücü ilave edilmiştir. Tüm analizler üç tekerrürlü olarak gerçekleştirilmiştir. DPPH radikal süpürücü aktivite yüzdesi aşağıdaki eşitlik kullanılarak hesaplanmıştır:

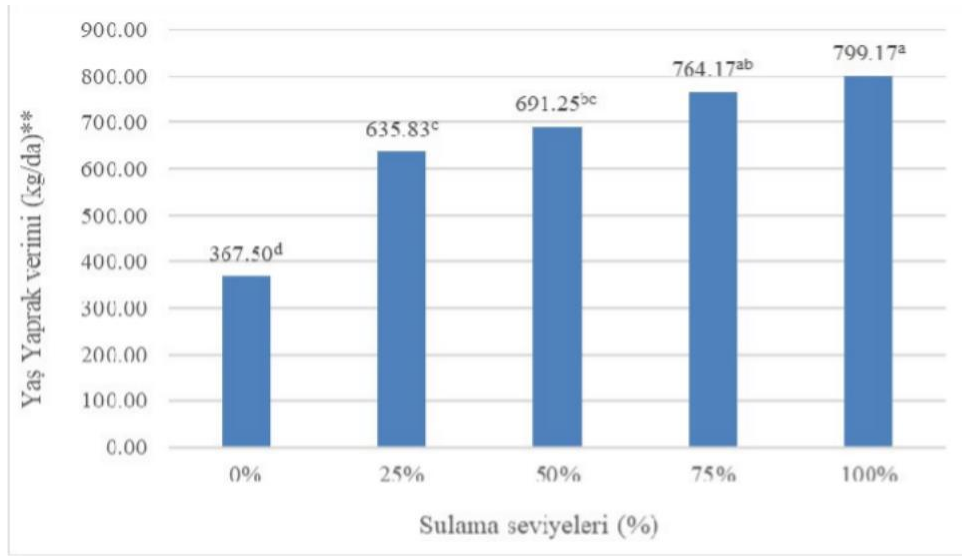
$$\%DPPH \text{ radikal süpürücü aktivitesi} = [(A_{\text{kontrol}} - A_{\text{ekstrakt}}) / A_{\text{kontrol}}] \times 100. \quad F.3$$

3.2.1. Verilerin Değerlendirilmesi

Elde edilen verilerin analizi SPSS 22.0 paket programı kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Denemede tüm özellikler tesadüf blokları deneme desenine göre analiz edilmiştir. Ortalamalar arasındaki farklılıkların karşılaştırılmasında ise Duncan çoklu karşılaştırma testi kullanılmıştır.

4. BULGULAR VE TARTIŞMA

Bilecik ekolojik koşullarında çemenin yaş yaprak verimi Şekil 4.1’de verilmiştir. Çalışmada sulama seviyeleri arasında çok önemli($p<0.01$) fark olmuştur. Yaş yaprak verimi sulama seviyelerinden önemli ölçüde etkilenmiş ve sulama miktarındaki artışa bağlı olarak artış göstermiştir. En düşük yaş yaprak verimi %0 sulama uygulamasında $367.50 \text{ kg da}^{-1}$ olarak belirlenirken, en yüksek değer $799.17 \text{ kg da}^{-1}$ ile %100 sulama seviyesinde elde edilmiştir. Sulama uygulamaları, bitkilerin su ihtiyacını karşılayarak yaprak gelişimini ve biyokütle üretimini teşvik etmiş, buna bağlı olarak yaş yaprak veriminde artış sağlamıştır. Bununla birlikte, %75 ($764.17 \text{ kg da}^{-1}$) ve %100 ($799.17 \text{ kg da}^{-1}$) sulama seviyelerinin aynı istatistiksel grupta yer alması, bu iki uygulama arasında yaş yaprak verimi bakımından anlamlı bir fark bulunmadığını göstermektedir. Bu durum, çemen bitkisinde su ihtiyacının büyük ölçüde %75 sulama düzeyinde karşılandığını ve bundan sonraki sulama artışlarının yaş yaprak verimine önemli bir katkı sağlamadığını düşündürmektedir. Dhaukhandi vd. (1995) çemenin yaş yaprak veriminin 775 kg/da olduğunu bildirmişlerdir.



Şekil 4.1. Çemende yaş yaprak verimi (kg/da)

Bilecik ekolojik koşullarında çemen yaprağının kuru madde oranı (KMO), ham protein oranı (HPO), ham kül oranı (HKO) ve kondanse tanen içeriği (KT) Tablo 4.1’de verilmiştir. Çalışmada HPO bakımından sulama seviyeleri arasında istatistiksel olarak çok önemli ($p<0.01$), KMO, HKO ve KT bakımından ise önemli fark ($p < 0.05$) olmuştur (Tablo 4.1). Farklı sulama seviyelerinde çemen yaprağının kuru madde oranları incelendiğinde, en yüksek kuru madde oranı %50 (%26.78), %75 (%28.03) ve %100 (%26.94), en düşük ise %0 (%23.37) ve %25 (%22.82) seviyelerinden elde edilmiştir (Tablo 4.1).

Sulama seviyesinin azalmasıyla birlikte bitkide su stresi meydana gelmekte, bu durum bitkinin su dengesini koruyabilmek amacıyla bir dizi fizyolojik ve biyokimyasal tepki geliştirmesine neden olmaktadır. Su eksikliği koşullarında bitki stomalarını kapatarak su kaybını azaltmaya çalışırken, bu durum aynı zamanda karbondioksit alımını sınırlandırmakta ve fotosentetik aktivitenin düşmesine yol açmaktadır (Öztürk ve Sefaoğlu, 2022). Fotosentez hızındaki azalma, karbon asimilasyonunu ve dolayısıyla biyokütle oluşumunu olumsuz etkileyerek büyüme performansını sınırlandırmaktadır (Yavaş ve Ünay, 2018). Ayrıca hücre turgor basıncının azalması, hücre genişlemesini kısıtlamakta ve bitkinin daha kısa, daha yoğun ve stres adaptasyonuna yönelik bir yapı geliştirmesine neden olmaktadır. Bu süreçte bitki, ozmotik dengeyi sağlamak ve stres koşullarına uyum göstermek amacıyla bazı ozmolitler ve ikincil metabolitlerin sentezini artırabilmektedir (Özay ve Pehlivan, 2024). Ancak stresin şiddeti arttıkça metabolik faaliyetler daha fazla baskılanmakta ve hem verim hem de kalite parametrelerinde belirgin düşüşler meydana gelmektedir. Dolayısıyla, sulama seviyesindeki azalma doğrudan bitkide su stresini tetikleyerek fizyolojik, morfolojik ve biyokimyasal süreçler üzerinde belirleyici bir etki oluşturmaktadır (Taiz ve Zeiger, 2006). Mehta vd. (2010) sulama suyu arttıkça çemende kuru madde oranının arttığını bulmuşlardır.

Çemen yaprağının en yüksek ham protein oranı %50 (%27.55) ve %75 (%27.82) sulama seviyelerinde tespit edilmiştir. En düşük ise %100 sulama seviyesinde %26.11 ile elde edilmiştir. Çemen yaprağında ham protein içeriğinin hem düşük hem de yüksek sulama düzeylerinde azaldığı belirlenmiştir. Bu durum yaprak dokusunda ham protein içeriğinin sulama düzeylerine bağlı olarak bitkinin fizyolojik süreçleri ve azot metabolizması üzerinden önemli ölçüde değişmesine bağlıdır. Nitekim su stresinin hâkim olduğu düşük sulama koşullarında fotosentetik aktivite ve kökler aracılığıyla azot alımı sınırlanmakta, bu durum yapraklarda protein sentezinin azalmasına yol açmaktadır. Orta düzey (optimum) sulama ise enzimatik faaliyetlerin ve azot asimilasyonunun en etkin olduğu koşulları sağlayarak genellikle en yüksek yaprak ham protein içeriğinin elde edilmesine olanak tanımaktadır. Buna karşılık, aşırı sulama koşullarında artan vejetatif büyümeye rağmen protein sentezinin aynı oranda artmaması seyreleme etkisine neden olmakta ve yaprak ham protein oranında düşüşe yol açabilmektedir. Ayrıca, yüksek sulama seviyeleri toprakta azot yıkanmasını artırarak bitkinin yararlanabileceği azot miktarını sınırlayabilmektedir (Yüksek ve Aksoy, 2017). Kaplan vd. (2024) tarafından yürütülen çalışmada, artan sulama seviyelerinin ham protein içeriğini azalttığı ve bu durumun özellikle yüksek su uygulamalarında daha belirgin hale geldiğini bildirilmişlerdir.

Tıbbi bitkilerde ham protein içeriği, bitkinin hem besleyici değerinin hem de farmakolojik potansiyelinin belirlenmesinde önemli bir kalite parametresi olup; proteinlerin enzimatik sistemlerde görev alması ve biyolojik olarak aktif bileşiklerin sentezinde rol oynaması nedeniyle antioksidan, antimikrobiyal ve immünomodülatör etkilerin oluşumuna katkı sağladığı bildirilmektedir (Luzardo-Ocampo ve Mejia, 2025). Bakhtiar vd. (2024), çemenin yapraklarının yaklaşık %25.5 protein içeriğine sahip olması nedeniyle önemli bir besin kaynağı olarak değerlendirildiğini bildirmiştir.

Ham kül içeriği, tıbbi bitkilerin mineral madde düzeyini gösteren önemli bir kalite parametresi olup bitkinin inorganik besin elementleri bakımından zenginliğini yansıtmaktadır. Çemen yaprağının en yüksek ham kül oranı istatistiksel olarak aynı grupta yer alan %0 (%10.68), %25 (%10.75), %50 (%10.56) ve %100 (%11.20) sulama seviyelerinde belirlenirken, en düşük ise %75 sulama seviyesinde %9.62 ile elde edilmiştir. Cao vd. (2025) çemen yaprağının ham kül içeriğinin %9.70 olduğunu bildirmiştir. Mevcut çalışmadan elde edilen ham kül içeriği söz konusu araştırmacının bulgularından yüksek olmuştur. Farklılıklar çeşit, ekoloji ve uygulanan kültürel işlemlerden kaynaklanmış olabilir.

Çalışmada sulama seviyelerine bağlı olarak çemen yapraklarının kondanse tanen içerikleri de artmıştır. Buna göre, en yüksek kondanse tanen içeriği % 0(1.109), %25(%1.29) ve %50 (%1.19), en düşük ise %75 (%1.08) ve %100 (%0.96) sulama seviyelerinde tespit edilmiştir (Tablo 4.1). Sulama suyu seviyesinin azalmasıyla tanen içeriğinin artması, bitkinin su stresine karşı verdiği doğal bir savunma tepkisi olarak açıklanabilir. Su kısıtı altında bitkide büyüme ve fotosentez yavaşladığı için, oluşan karbon kaynakları büyüme yerine tanen gibi sekonder metabolitlerin üretimine yönlendirilir. Ayrıca su stresine bağlı olarak bitkide oksidatif stres artar ve bu durum antioksidan özelliğe sahip fenolik bileşiklerin (tanenler dâhil) sentezini uyarır. Böylece bitki, olumsuz çevre koşullarına karşı kendini korumaya çalışır ve tanen miktarı artar. Bu durum literatürde su stresinin fenolik bileşik birikimini artırdığı yönündeki çalışmalarla da desteklenmektedir (Taiz vd., 2015; Selmar ve Kleinwächter, 2013; Buchanan vd., 2015).

Diğer taraftan kondanse tanenler (proantosiyanidinler), bitkisel kökenli polifenolik bileşikler olup güçlü antioksidan aktiviteleri sayesinde oksidatif stresi azaltmakta; anti-inflamatuvar, antimikrobiyal ve antikanser etkileriyle hücresel hasarı sınırlandırarak çeşitli kronik hastalıkların önlenmesine katkı sağlamaktadır. Ayrıca, LDL oksidasyonunu inhibe etmeleri ve damar fonksiyonlarını iyileştirmeleri yoluyla kardiyovasküler hastalıklara karşı koruyucu etki göstermekte, hücre proliferasyonunu baskılayıp apoptozu indükleyerek tümör gelişimini sınırlayabilmektedir.

Bununla birlikte, bağırsak sağlığını destekleyici ve patojen mikroorganizmaların adezyonunu azaltıcı etkileri sayesinde enfeksiyonların kontrolünde de önemli bir rol üstlenmektedir (De la Iglesia vd., 2010). Akbay vd. (2020) çemende kondanse tanen içeriğinin %0.76-1.61 arasında bildirmişlerdir. Farklılıklar kullanılan çeşit, bitki aksamı, ekoloji ve uygulanan kültürel işlemlerden kaynaklanmıştır.

Tablo 4.1. Çemen yaprağının bazı kalite içerikleri

Sulama suyu Seviyeleri	KMO(%)*	HPO (%)**	HKO (%)*	KT(%)*
% 0	23.37b	26.71b	9.62b	1.19ab
% 25	22.82b	26.76b	10.75a	1.290a
% 50	26.78a	27.55a	10.56a	1.19ab
% 75	28.03a	27.82a	10.68a	1.08bc
% 100	26.94a	26.11c	11.20a	0.96c
Ortalama	25.59	26.99	10.56	1.14

*: $p<0.05$; **: $p<0.01$; Aynı sütunda aynı harfle gösterilen ortalamalar arasında fark yoktur. KMO: Kuru madde oranı; HPO: Ham protein oranı; HKO: Ham kül oranı; KT: Kondanse tanen.

Bilecik ekolojik koşullarında çemen yaprağının toplam fenolik (TFN), toplam flavonoid (TFL), radikal kovucu aktivite (DPPH) ve toplam alkaloit (TA) içerikleri Tablo 4.2’de verilmiştir. Çalışmada TFN, TFL ve DPPH bakımından sulama seviyeleri arasında istatistiksel olarak çok önemli ($p<0.01$), TA bakımından ise önemli ($p<0.05$) fark olmuştur (Tablo4.2). Çalışmada en yüksek toplam fenolik (42.74 mg GAE/g), toplam flavonoid (47.99 mg QE/g) ve DPPH (%47.99) %0 uygulamasında en düşük ise %100 (sırasıyla 22.60 mg GAE/g, 8.42 QE/g ve %39.99) sulama seviyesinde elde edilmiştir. Çalışmada toplam alkaloit içeriği ise %5.64-%6.93 arasında olmuştur (Tablo 4.2).

Elde edilen sonuçlar, sulama seviyelerinin sekonder metabolit içeriği üzerinde önemli bir etkisi olduğunu göstermektedir. Özellikle toplam fenolik (TFN), toplam flavonoid (TFL) ve DPPH değerlerinin düşük sulama seviyelerinde (%0 ve %25) daha yüksek olması, su stresinin bu bileşiklerin artışıını teşvik ettiğini ortaya koymaktadır. Kuraklık koşullarında bitkide oluşan Oksidatif stres, reaktif oksijen türlerinin (ROS) birikimine yol açarak savunma mekanizmalarının aktive edilmesini sağlamaktadır. Bu süreçte fenolik ve flavonoid bileşiklerin artışı, bitkinin oksidatif hasara karşı geliştirdiği önemli bir adaptif yanıt olarak değerlendirilmektedir (Mittler, 2002; Nakabayashi ve Saito, 2015). Bu nedenle düşük sulama uygulamalarında gözlenen yüksek antioksidan aktivite, bitkinin strese karşı geliştirdiği bir uyum mekanizması olarak kabul edilebilir. Sulama suyu seviyesinin artmasıyla birlikte bu parametrelerde görülen azalma ise stres koşullarının ortadan kalkmasıyla birlikte bitkinin

savunma metabolitlerine olan ihtiyacının azalmasıyla açıklanabilir. Uygun su koşullarında bitkiler daha çok büyüme ve gelişmeye yönelmekte, bu durum sekonder metabolit üretiminin görece azalmasına neden olmaktadır. Bu yaklaşım, bitkilerde büyüme ve savunma arasında kaynak paylaşımını açıklayan “büyüme–savunma dengesi” teorisi ile de uyumludur. Toplam alkaloit (TA) içeriğinde ise daha sınırlı değişimler gözlenmiş olup, en yüksek değerin %25 sulama seviyesinde belirlenmesi, alkaloitlerin su stresine karşı fenolik bileşiklere göre daha farklı ve türlere bağlı tepkiler verdiğini göstermektedir (Facchini, 2001).

Tablo 4.2. Çemen yaprağının sekonder metabolit içerikleri

Sulama Suyu Seviyeleri	TFN**	TFL**	DPPH**	TA*
% 0	42.74a	10.81a	47.99a	6.47ab
% 25	39.09b	9.37b	46.40b	6.93a
% 50	26.66c	8.82bc	42.45d	6.42ab
% 75	24.36d	8.88bc	43.88c	5.64b
% 100	22.60e	8.42c	39.99e	5.69b
Ortalama	31.09	9.26	44.14	6.23

*:p<0.05; **:p<0.01; Aynı sütunda aynı harfle gösterilen ortalamalar arasında fark yoktur. TA: Toplam alkaloit; TFL: Toplam flavonoid; TFN: Toplam fenolik; DPPH: Radikal kovucu aktivite.

Bilecik ekolojik koşullarında çemen yaprağının potasyum (K), fosfor (P), kalsiyum (Ca) ve magnezyum (Mg) içerikleri Tablo 4.3’de verilmiştir. Tüm besin elementleri bakımından sulama seviyeleri arasında istatistiksel olarak önemli ($p<0.01$) fark olmuştur (Tablo 4.3). Çalışmada en yüksek Ca, P Mg içerikleri istatistiksel olarak aynı grupta yer alan %50 ve %75 sulama seviyelerinde elde edilmiştir. En düşük ise sulama yapılmayan (%0) uygulamadan elde edilmiştir.

Kalsiyum (Ca), potasyum (K), fosfor (P) ve magnezyum (Mg) tıbbi bitkilerin hem fizyolojik gelişimi hem de besleyici değerinin belirlenmesinde temel öneme sahip makro mineraller arasında yer almaktadır. Bu elementlerin bitki metabolizmasında hücre duvarı stabilitesi, ozmotik denge, enerji transferi (ATP metabolizması) ve enzim aktivasyonu gibi kritik süreçlerde rol oynadığı; ayrıca insan sağlığı açısından kemik gelişimi, sinir-kas fonksiyonları ve kardiyovasküler düzenleme gibi yaşamsal işlevlere katkı sağladığı bildirilmektedir. Tıbbi bitkilerde bu minerallerin yeterli düzeyde bulunması hem farmakolojik etkinliğin desteklenmesi hemde fonksiyonel gıda ve fitoterapötik kullanım potansiyelinin artırılması açısından önemli bir kriter olarak değerlendirilmektedir (Radha vd., 2021; Rahmonov vd., 2025).

Tablo 4.3. Çemen yaprağının mineral madde içerikleri

Sulama Suyu Seviyeleri	Ca (%)**	K (%)*	P (%)*	Mg (%)**
% 0	1.09b	2.27b	0.400c	0.453d
% 25	1.00c	2.45ab	0.417bc	0.480bc
% 50	1.20a	2.51a	0.423ab	0.503ab
% 75	1.21a	2.58a	0.440a	0.510a
% 100	0.98c	2.27b	0.417bc	0.470cd
Ortalama	1.10	2.42	0.419	0.483

*:p<0.05; **:p<0.01. Aynı sütunda aynı harfle gösterilen ortalamalar arasında fark yoktur (p<0.05), K: Potasyum; P:Fosfor Ca: Kalsiyum; Mg: Magnezyum.

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu çalışma, Bilecik ekolojik koşullarında farklı sulama suyu seviyelerinin (%0, %25, %50, %75 ve %100) çemen (*Trigonella foenum-graecum* L.) yaprağının kalite bileşenleri, sekonder metabolit içeriği ve mineral madde düzeyleri üzerindeki etkilerini ortaya koymuştur. Elde edilen bulgular, sulama düzeyinin incelenen tüm parametreler üzerinde belirleyici ve istatistiksel olarak önemli bir faktör olduğunu göstermiştir.

Kuru madde ve ham protein oranı değerlerinin en yüksek orta sulama suyu seviyelerinde (%50–%75) elde edildiği, buna karşılık hem düşük hem de yüksek sulama koşullarında bu değerlerin azaldığı belirlenmiştir. Bu durum, su eksikliği veya aşırı suyun bitkide fizyolojik dengesizliklere yol açarak büyüme ve kalite parametrelerini sınırladığını göstermektedir. Ham kül içeriğindeki değişimler ise mineral madde birikiminin sulama seviyelerinden etkilendiğini ortaya koymuştur.

Sekonder metabolit içerikleri açısından değerlendirildiğinde, toplam fenolik (TFN), toplam flavonoid (TFL) ve antioksidan aktivite (DPPH) değerlerinin düşük sulama seviyelerinde (%0 ve %25) daha yüksek olduğu belirlenmiştir. Bu durum, su stresine bağlı olarak artan oksidatif stresin bitkide savunma mekanizmalarını aktive etmesi ve fenolik bileşik sentezini artırmasıyla açıklanabilir. Buna karşılık, alkaloid içeriğinde daha sınırlı ve düzensiz değişimler gözlenmiş, bu bileşiklerin çevresel koşullara daha kompleks tepkiler verdiği düşünülmüştür.

Mineral madde içerikleri (Ca, K, P ve Mg) genel olarak orta sulama koşullarında (%50–%75) daha yüksek bulunmuştur. Bu sonuç, optimum su seviyesinin kök gelişimini, besin elementi alımını ve taşınımını desteklediğini göstermektedir. Aşırı sulama koşullarında ise muhtemel yıkanma kayıpları ve seyrelme etkisi nedeniyle mineral içeriklerinde azalma meydana gelmiş olabilir.

Genel olarak, elde edilen sonuçlar çemen yaprağında sulama yönetiminin hem besin kalitesi hem de biyokimyasal bileşim üzerinde doğrudan etkili olduğunu ortaya koymuştur. Düşük sulama seviyeleri sekonder metabolit üretimini artırırken, orta sulama seviyeleri hem verim hem de kalite parametreleri açısından daha dengeli bir performans sağlamıştır. Aşırı sulama ise birçok parametre açısından optimumun altında sonuçlar vermiştir. Buna göre, çemen yaprağı üretiminde kalite dikkate alındığında %50–%75 sulama seviyelerinin en uygun uygulama aralığı olduğu sonucuna varılmıştır.

KAYNAKÇA

- Aasim, M., Baloch, F.S., Nadeem, M.A., Bakhsh, A., Sameeullah, & M., Day, S. (2018). Fenugreek (*Trigonella foenum-graecum* L.): an underutilized edible plant of modern world. In: Ozturk, M., Hakeem, K.R., Ashraf, M., Ahmad, M.S.A. (Eds.), Pages, 381-408 in Global Perspectives on Underutilized Crops. *Springer International Publishing*, Cham.
- Acar, R. (2000). Çemen (*Trigonella foenum-graceum* L.) Tarımı *Ticaret Borsası Dergisi*, (7), 26-31.
- Acıbuca, V., & Budak, D.B. (2018). “Dünya’da ve Türkiye’de Tıbbi ve Aromatik Bitkilerin Yeri ve Önemi”. *Çukurova Tarım Gıda Bilimleri Dergisi*, 33 (1), 37 44,
- Aftab, T. (2019). A review of medicinal and aromatic plants and their secondary metabolites status under abiotic stress. *Journal of Medicinal Plants*, 7(3), 99-106,
- Aggarwal, B.B., & Kunnumakkara, A.B. (2009). Molecular Targetsand Therapeutic Usesof Spices: Modern Uses for Ancient Medicine
- Ahari, D.S., Kashi, A.K., Hassandokht, M.R., Amri, A., & Alizadeh, K. (2009). Assessment of drought tolerance in Iranian fenugreek landraces. *J. Food Agric. Environ*, 7(3-4), 414-419.
- Akbay, F., Erol, A., & Kamalak, A. (2020). Farklı hasat döneminin çemen (*Trigonella foenum-graecum* L.) otunun kimyasal bileşimi, metan üretimi ve kondense tanen içeriği üzerine etkisi. *Tarım ve Doğa Dergisi*, 23(6), 1663.
- Akgül, A. (1993). Baharat Bilim ve Teknolojisi, Gıda Teknolojisi Derneği Yayınları, No.15, Ankara,
- Akhlaghi, N., & Najafpour-Darzi, G. (2021). Phytochemical analysis, antioxidant activity, and pancreatic lipase inhibitory effect of ethanolic extract of *Trigonella foenumgraceum* L. leaves. *Biocatal. Agric. Biotechnol.* 32, 101961.
- Anonim (2004). *Hasad Aylık Gıda Tarım ve Hayvancılık Dergisi*, Yayın No: 231S: 28, İstanbul
- Arecanut and Spices Journal*, 11(4), 89-91.
- Arıhan, S. K. (2003). *Antik dönemde tıp ve bitkisel tedavi* (Master's thesis, Ankara Üniversitesi (Turkey)).
- Arslan, N., Baydar, H., Kızıl, S., Karık, Ü., Şekeroğlu, N., & Gümüşçü, A. (2015). Tıbbi aromatik bitkiler üretiminde değişimler ve yeni arayışlar. *Türkiye Ziraat Mühendisliği VIII. Teknik Kongresi*, 12, 16.
- Arslan, N., Tekeli, S., & Gençtan, T. (1989).“Değişik yörelere ait çemen (*Trigonella foenum-graecum* L.) populasyonlarının tohum verimleri ”VIII. Bitkisel İlaç Ham maddeleri

- Toplantısı 19-21 Mayıs, Cilt II: 93-97, İstanbul, Assessment of drought tolerance in Iranian fenugreek land races. *Science and technology*, 7(3and4), 414-41,
- Arvouet-Grand, A., Vennat, B., Pourrat, A., & Legret, P. (1994). Standardisation d'un extrait de propolis et identification des principaux constituants. *Journal de pharmacie de Belgique* 49, 462-468.
- Atanasovai, E., Perfanova, I., & Donkova, R. (2014). Growing of fenugreek (*Trigonella foenum-graceum* L.), 9th International Soil Science Congress, 14-16 October, Side, Antalya/Turkey, 255-260.
- Bakhtiar, Z., Hassandokht, M., Naghavi, M. R., & Mirjalili, M. H. (2024). Variability in proximate composition, phytochemical traits and antioxidant properties of Iranian agro-ecotypic populations of fenugreek (*Trigonella foenum-graecum* L.). *Scientific Reports*, 14(1), 87.
- Bal, Ş. (1990). *Trigonella foenum graecum* L.'da Karyotip Analizler. Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, (1990) Sayfa sayısı?, Ankara.
- Baştuğ, R., & Kanber, R. (1989). Sulama programlarının geliştirilmesinde bitkilerin içsel su durumlarını belirleyen yöntemlerden yararlanma olanakları. *Akdeniz University Journal of the Faculty of Agriculture*, 2(1), 17-30.
- Baytop, T. (1984). Türkiye'de Bitkiler İle Tedavi. İstanbul Üniv. Eczacılık Fak. Yayınları, No, 3255.
- Beyzi, E. (2011). "Çemen (*Trigonella foenum-graecum* L.)'de Farklı Fosfor Dozlarının Verim ve Bazı Morfolojik Özellikler Üzerine Etkileri" Ankara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans tezi, 43 s, Ankara,
- Bozdemir, Ç., Çinkaya, N., & Bahtiyarca Bağdat, R. (2016). Ankara ekolojik şartlarında kışlık çemen (*Trigonella foenum-graecum* L.) yetiştirme çalışmaları. *Ziraat Mühendisliği*, 363, 44-49.
- Buchanan, B. B., Gruissem, W., & Jones, R. L. (2015). *Biochemistry and molecular biology of plants*: John Wiley & Sons
- Cao, H., Qiu, Z., He, X., Bai, Q., Ge, S., Shi, X., ... & Xin, R. (2025). Dietary fenugreek leaf powder improves growth performance, immune function, antioxidant status, and intestinal health in yellow-feathered broilers. *Poultry Science*, 106325.
- Cao, Y., Wang, C., Zhang, L., & Zhang, L. (2011). Edgel index for large-scale sketch-based image search. In *CVPR 2011* (pp. 761-768). IEEE.

- Chouhan, K.B.S., Tandey, R., Sen, K.K., Mehta, R., & Mandal, V. (2019). Extraction of phenolic principles: value addition through effective sample pretreatment and operational improvement. *Journal of Food Measurement and Characterization*, 13(1), 177-186.
- Çalık, E. (1996). Büyü otu (*Trigonella foenum-graecum* L.)'nun Kalite Kriterlerinin Belirlenmesi, A.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, Sayfa sayısı ?? Ankara.
- Davis, P.H. (1982). Flora of Turkey and the adjacent lands. Edinburgh Univ., 3, 465-482.
- De la Iglesia, R., Milagro, F. I., Campión, J., Boqué, N., & Martínez, J. A. (2010). Healthy properties of proanthocyanidins. *Biofactors*, 36(3), 159-168.
- Deo, C., & Kothari, M. L. (2002). Effect of modes and levels of molybdenum application on grain yield protein content and nodulation of chickpea grown on loamy sand soil. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 33(15-18), 2905-2915.
- El Nasri, N.A., & El Tinay, A.H. (2007). Functional properties of fenugreek (*Trigonella foenum-graecum*) protein concentrate. *Food Chemistry*, 103, 582-589.
- Ertem, H. (1987). Boğaz köy Metinlerine Göre Hititler Devri Anadolu'sunun Florası. Türk Tarih Kurumu Yayınları (VII. Dizi): Ankara.
- Facchini, P. J. (2001). Alkaloid biosynthesis in plants: biochemistry, cell biology, molecular regulation, and metabolic engineering applications. *Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology*, 52, 29-66.
- Gençkan, M.S. (1983). Yem Bitkileri Tarımı. Ege Üniv. Matbaası, Yayın No: 467, İzmir, s, 254-259.
- Ghosaliye, B.K., Mittal, G.K., Shivran, A.C., Sharma, S.K., Saxena, S.N., & Jain, S.K. (2021). Water stress induced changes in seed quality of fenugreek (*Trigonella foenum-graecum* L.) genotypes. *Legume Research- An International Journal*, 1-7.
- Gökçe, Z., & Efe, L. (2016). Çemen (*Trigonella foenum-graecum* L.) Bitkisinin Kullanım Alanları ve Tıbbi Önemi. *Nevşehir Bilim ve Teknoloji Dergisi*. TARGİD Özel Sayı, 355-363.
- Gupta, G.N. (1995). Rainwater management for tree planting in the Indian Desert. *Journal of Arid Environments*, 31, 219-235.
- Herms, D. A., & Mattson, W. J. (1992). The dilemma of plants: to grow or defend. *Quarterly Review of Biology*, 67(3), 283-335.
- Kacar, B. (1972). Bitki ve toprak analiz yöntemleri. Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları.

- Kan,Y., & Mülayim, M. (2006). Organik ve İnorganik Gübrelerin Çemen (*Trigonella foenum-graecum* L.)’in Bazı Tarımsal Karakterleri zerine Etkileri, *Bitkisel Araştırma Dergisi*,1, 6-15.
- Kaplan, M., Kaymaz, E., Varol, I. S., Ciftci, B., & Gokalp, Z. (2024). Herbage yield and biochemical characterization of Fenugreek (*Trigonella foenum-graecum* L.) under different irrigation levels. *Industrial Crops and Products*, 210, 118071.
- Kevseroğlu, K., & zyazıcı, G. (1997).Azotlu gbre dozlarının çemen (*Trigonella foenum graecum* L.) bitkisinin bazı tarımsal zelliklerine etkileri. Türkiye II. Tarla Bitkileri Kongresi Bildiri Kitabı 22-25, Eyll, Samsun, 367-371.
- Khorrami, M., Samsampour, D., Badi, H.N., & Qaderi, A. (2024). Genetic and phytochemical evaluation of M2 generation mutants of fenugreek (*Trigonella foenum-graecum* L.) induced by gamma rays and Ethyl Methane Sulphonate (EMS). *Mol. Biol. Rep.*, 51, 1154.
- Kıralan, M., Yorulmaz, A., Çalıkoğlu, E., & Bayrak, A. (2017). Çemen otu (*Trigonella foenum-graecum* L.) tohumunun yağ asitleri ve sterol bileşimi. *Derim*, 34(2), 138-141.
- Kızıl, S., & Arslan, N. (2003). “Investigation of the effects on yield and yield components of different sowing rates in some fenugreek (*Trigonella foenum-graecum* L.) lines”. *Journal*
- Kochhar, A., Nagi, M., & Sachdeva, R. (2006). Proximate composition, available carbohydrates, dietary fibre and anti nutritional factors of selected traditional medicinal plants. *Journal on Human Ecology*,19,195-199.
- Koç, H. (2002). Bitkilerle sağlıklı yaşama. Kltr Eserleri Dizisi, ISBN: 975-17-2925-4,Yayın No, 2883.
- Krođlu, H.A. (1985). Çemen Bitkisinde Fenolojik, Morfolojik ve Teknolojik zellikler zerinde Araştırmalar. A.. Fen Bilimleri Yüksek Lisans Tezi, 83, Ankara.
- Lal, R. (2014). Societal value of soil carbon. *Journal of Soil and Water Conservation*, 69(6), 186-192.
- Luzardo-Ocampo,I., & de Mejia, E.G. (2025). Plant proteins and peptidesas key contributors to good health: A focus on pulses. *Food Research International*, 211, 116346.
- Meghwal, M., & Goswami, T.K. (2012). A review on the functional properties, nutritional content, medicinal utilization and potential application of fenugreek. *Journal Food Processing & Technology*.3,1-10.
- Mehrafarin, A., Qaderi, A., Rezazadeh, S., Naghdi Badi, H., Noormohammadi, G., & Zand, E. (2010). Bioengineering of important secondary metabolites and metabolic pathways in fenugreek (*Trigonella foenum-graecum* L.). *Journal of Medicinal Plants*, 9(35), 1–18.

- Mehta, R. S., Meena, S. S., & Lal, G. (2010). Effect of irrigation levels and weed control methods on dry matter accumulation, growth dynamics and yield of fenugreek. *Indian Journal of Horticulture*, 67(2), 219-224.
- Mittler, R. (2002). Oxidative stress, antioxidants and stress tolerance. *Trends in Plant Science*, 7(9), 405–410.
- Nakabayashi, R., & Saito, K. (2015). Integrated metabolomics for abiotic stress responses in plants. *Current Opinion in Plant Biology*, 24, 10–16.
- Neetu, P., Pant, N., Singh, J.P., & Agrawal, S. (2014). Antioxidant activity of using various in vitro models. *International Journal of Herbal Medicine*, 2(1), 53-57.
- Nohutçu, L., Tunçtürk, M., & Tunçtürk, R. (2019). Yabancı bitkilerin korunması ve sürdürülebilirlik. *Yüzüncü Yıl Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 24(2), 142-151. *Of Agricultural Sciences*, 9(4), 142-151
- Örs, İ., Safi, S., Ünlükara, A., & Yürekli, K. (2011). Su hasadı teknikleri, yapıları ve etkileri.
- Özay, C., & Pehlivan, E. (2024). Bitki sekonder metabolitlerinin biyosentezini ve akümüülasyonunu etkileyen faktörler. *Journal of Faculty of Pharmacy of Ankara University*, 48(3), 1248-1263.
- Özdemir, B. (1999). Seçilmiş bazı çemen (*Trigonella foenum-graecum* L.) hatlarının verim ve verim öğeleri üzerinde çalışmalar. Ankara Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarla Bitkileri Bölümü, Yüksek Lisans Tezi, 41s, Ankara.
- Özdemir, B., & Gürbüz, B. (1998). Seçilmiş bazı çemen (*Trigonella foenum-graecum* L.) hatlarının verim ve verim özellikleri üzerinde araştırmalar. *Tarla Bitkileri Merkez Araştırma Enstitüsü Dergisi*, 7(2), 10-17.
- Öztürk, E., & Sefaoğlu, F. (2022). Bölüm 3 kuraklık (su) stresi. *Bitkilerde Abiyotik Ve Biyotik*, 57.
- Pribac, C., & Ardelean, A. (2008). In vitro culture of *Trigonella foenum-graecum* plantules and their anatomic characterization. In EMC 2008 14th European Microscopy Congress 1 5 September 2008, Aachen, Germany.
- Radha, Kumar, M., Puri, S., Pundir, A., Bangar, S.P., Changan, S.,...& Mekhemar, M. (2021). Evaluation of nutritional, phytochemical, and mineral composition of selected medicinal plants for the therapeutic uses from cold desert of Western Himalaya. *Plants*, 10(7), 1429.
- Rahmonov, O., Środek, D., Pytel, S., Kupka, T., & Makieieva, N. (2025). Mineral Composition of *Chelidonium majus* L. And Soils in Urban Areas. *Applied Sciences*, 15(9), 4718.
- Salam, S. G. A., Elgamal, S. M., Abd El-Hack, M. E., Alagawany, M., & Farag, M. R. (2023). Phytochemical screening and in-vitro biological properties of unprocessed and household processed fenugreek (*Trigonella foenum-graecum* Linn.) seeds and leaves. *Scientific*

- Reports*, 13, 1–15.
- Selmar, D., & Kleinwächter, M. (2013). Influencing the contents of secondary plant products through environmental factors: A review. *Industrial Crops and Products*, 45, 225–234.
- Sharma, R.K., & Bhati, D.S. (1987). Evaluation of Fenugreek Varieties. Indian Cocoa, Sinauer Associates.
- Singh, N., Yadav, S. S., Kumar, S., & Narashiman, B. (2022). Ethno pharmacological, phytochemical and clinical studies on fenugreek (*Trigonella foenum-graecum* L.). *Food Biosci.*, 101546.
- Taiz, L., & Zeiger, E. (2006). Plant Physiology, 4th Ed., Sinauer Associates Inc. Publishers, Massachusetts.
- Taiz, L., Zeiger, E., Møller, I.M., & Murphy, A. (2015). Plant Physiology and Development. *Tarım Bilimleri Araştırma Dergisi*, 4(2), 65-71.
- Toppo, A.F., Akhand, R., & Pathak, A.K. (2009). Pharmacological Actions and Uses of *Trigonella foenum-graecum*: A Review. *Asian Journal of Pharmaceutical and Clinical Research*. 4, 29-32.
- Tunçtürk, M., & Çelen, A.E. (2005). The effect of different seeding rates on the yield and some yield characteristics of fenugreek (*Trigonella foenum-graecum* L.). *Turkish Journal of Field Crops*, 10(1), 37-42.
- Vashistha, R.N., Pandita, M.L., & Batra, R.R. (1980). Water harvesting studies under rainfed condition in relation to growth and yield of okra. *Haryana Journal of Horticultural Science*, 9, 88–191.
- Yavaş, İ., & Ünay, A. (2018). Küresel iklim değişikliğinin fotosentez üzerine etkileri. *Adnan Menderes Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 15(2), 95-99.
- Yıldız, S., & Özbay, O. (2009). Kuraklık koşullarının tarımsal üretime etkileri ve su yönetimi yaklaşımları. Meteoroloji Genel Müdürlüğü Yayınları
- Yüksel, B., & Aksoy, Ö. (2017). Su stresi koşullarında bitkilerde gözlenen değişimler. *Journal of Scientific Reviews*, 10 (2), 01-05.
- Kırıcı, S. (2016). Tıbbi ve aromatik bitkiler (ders notları). Çukurova Üniversitesi.