



**FARKLI HİNT HARDALI (*Brassica juncea* L.)
GENOTİPLERİNİN VERİM VE KALİTE ÖZELLİKLERİ
İLE BİYODİZELE UYGUNLUKLARININ
BELİRLENMESİ**

Bilal ALPASLAN



T.C.
BURSA ULUDAĞ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**FARKLI HİNT HARDALI (*Brassica juncea* L.) GENOTİPLERİNİN VERİM VE
KALİTE ÖZELLİKLERİ İLE BİYODİZELE UYGUNLUKLARININ
BELİRLENMESİ**

Bilal ALPASLAN
OrcID: 0000-0001-5760-6941

Prof. Dr. Mehmet SİNCİK
(Danışman)

YÜKSEK LİSANS TEZİ
TARLA BİTKİLERİ ANABİLİM DALI

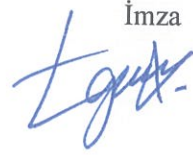
BURSA-2019

TEZ ONAYI

Bilal Alpaslan tarafından hazırlanan “FARKLI HİNT HARDALI (*Brassica juncea* L.) GENOTİPLERİNİN VERİM VE KALİTE ÖZELLİKLERİ İLE BİYODİZELE UYGUNLUKLARININ BELİRLENMESİ” adlı tez çalışması aşağıdaki jüri tarafından oy birliği ile Bursa Uludağ Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tarla Bitkileri Anabilim Dalı’nda **YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak kabul edilmiştir.

Danışman : Prof. Dr. Mehmet SİNCİK
Bursa Uludağ Üniversitesi,
Ziraat Fakültesi
Tarla Bitkileri Anabilim Dalı

Başkan : Prof. Dr. Abdurrahim Tanju GÖKSOY
Bursa Uludağ Üniversitesi,
Ziraat Fakültesi
Tarla Bitkileri Anabilim Dalı
OrcID: 0000-0002-0012-4412

İmza


Üye : Prof. Dr. Mehmet SİNCİK
Bursa Uludağ Üniversitesi,
Ziraat Fakültesi
Tarla Bitkileri Anabilim Dalı
OrcID: 0000-0002-1568-2564

İmza


Üye : Doç. Dr. Emre İLKER
Ege Üniversitesi,
Ziraat Fakültesi
Tarla Bitkileri Anabilim Dalı
OrcID: 0000-0002-4870-3907

İmza


Yukarıdaki sonucu onaylarım

Prof. Dr. Hüseyin Aksel EREN
Enstitü Müdürü

..!./.....

U.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, tez yazım kurallarına uygun olarak hazırladığım bu tez çalışmada;

- tez içindeki bütün bilgi ve belgeleri akademik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi,
- görsel, işitsel ve yazılı tüm bilgi ve sonuçları bilimsel ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu,
- başkalarının eserlerinden yararlanılması durumunda ilgili eserlere bilimsel normlara uygun olarak atıfta bulunduğumu,
- atıfta bulunduğum eserlerin tümünü kaynak olarak gösterdiğimi,
- kullanılan verilerde herhangi bir tahrifat yapmadığımı,
- ve bu tezin herhangi bir bölümünü bu üniversite veya başka bir üniversitede başka bir tez çalışması olarak sunmadığımı

beyan ederim.



.../.../.....

Bilal ALPASLAN

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

FARKLI HİNT HARDALI (*Brassica juncea* L.) GENOTİPLERİNİN VERİM VE KALİTE ÖZELLİKLERİ İLE BİYODİZELE UYGUNLUKLARININ BELİRLENMESİ

Bilal ALPASLAN

Bursa Uludağ Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Tarla Bitkileri Anabilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. Mehmet SİNCİK

Farklı Hint hardalı (*Brassica juncea* L.) genotiplerinin verim ve kalite özellikleri ile biyodizele uygunluklarını belirlemek amacıyla planlanan bu araştırma, 2017-2018 vejetasyon döneminde Bursa Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarımsal Uygulama ve Araştırma Merkezi deneme tarlalarında yürütülmüştür. Araştırmada materyal olarak 68 hat ve 4 şahit çeşit olmak üzere toplam 72 adet Hint hardalı genotipi kullanılmıştır. Tarla denemeleri, 3 tekerrürlü 8 x 9 dikdörtgen latis deneme desenine göre sıra arası 17.5 cm ve parsel uzunluğu 5 m olacak şekilde 8 sıralı olarak yürütülmüştür. Araştırma sonucunda, CR2658 (419,1 kg/da) ve CR2619 (416,9 kg/da) hatları en yüksek tane verimine sahip olurken, Burgonde çeşidi 287,3 kg/da ile en yüksek tane verimine sahip şahit çeşit olmuştur. En yüksek ham yağ oranı (% 51,6) CR2458, en yüksek ham yağ verimi (210,0 kg/da) ise CR2619 hatlarından elde edilmiştir. Yağ asitleri kompozisyonu bakımından Hint hardalı genotiplerinin ortalama palmitik, stearik, oleik, linoleik, linolenik ve erusik asit oranları sırasıyla % 3,5, % 1,5, % 14,4, % 22,8 ve % 36,6 olarak tespit edilmiştir. Çalışmada ele alınan Hint hardalı genotiplerinin biyodizel yakıt özellikleri incelendiğinde, kinematik vizkozite dışındaki bütün yakıt özelliklerinin TS 14214 biyodizel standardının sınır değerleri içerisinde yer aldığı görülmektedir. Ancak, tüm biyodizel yakıt özellikleri birlikte değerlendirildiğinde araştırmada ele alınan Hint hardalı genotiplerinin tümünün biyodizel üretiminde kullanılabileceği söylenebilir.

Anahtar Kelimeler: Biyodizel, *Brassica juncea*, Verim, Verim komponentleri
2019, viii + 50 sayfa.

*Bu çalışma 115O367 nolu proje kapsamında Tübitak tarafından desteklenmiştir.

ABSTRACT

MSc Thesis

DETERMINATION YIELD, QUALITY AND BIODIESEL CHARACTERISTICS OF DIFFERENT INDIAN MUSTARD (*Brassica juncea* L.) GENOTYPES

Bilal ALPASLAN

Bursa Uludag University
Graduate School of Natural and Applied Sciences
Department of Field Crops

Supervisor: Prof. Dr. Mehmet SİNCİK

This research was carried out in Bursa Uludag University Faculty of Agriculture Agricultural Application and Research Center trial fields in 2017-2018 vegetation period. The aim of this study was to determine yield and quality characteristics of different Indian mustard (*Brassica juncea* L.) genotypes and their compatibility with biodiesel. A total of 72 Indian mustard genotypes, 68 lines and 4 witness cultivars, were used in the study. Field trials were carried out in 8 rows with 17,5 cm between the rows and 5 m plot length and 8 x 9 rectangular lattice trial pattern with 3 replications. As a result of the research, CR2658 (419,1 kg/da) and CR2619 (416,9 kg/da) lines have the highest seed yield, while Burgonde cultivar has the highest seed yield with 287,3 kg/da among the witness cultivars. The highest crude oil content (51,6 %) was obtained from CR2458 line and the highest crude oil yield (210,0 kg/da) was given by CR2619 line. In terms of fatty acid composition, the average palmitic, stearic, oleic, linoleic, linolenic and erucic acid ratios of Indian mustard genotypes were 3,5%, 1,5%, 14,4%, 22,8% and 36,6%, respectively. When the biodiesel fuel properties of Indian mustard genotypes discussed in the study are examined, it is seen that all fuel properties except kinematic viscosity are within the limit values of TS 14214 biodiesel standard. However, when all biodiesel fuel properties are evaluated together, it can be said that all of the Indian mustard genotypes discussed in the research can be used in biodiesel production.

Key words: Biodiesel, *Brassica juncea*, Yield, Yield components
2019, vii + 50 pages.

* This research is supported by Tubitak the scope of 115O367 numbered project.

TEŞEKKÜR

Farklı Hint hardalı (*Brassica juncea* L.) genotiplerinin verim ve kalite özellikleri ile biyodizel uygunluklarının belirlenmesi konulu yüksek lisans tezimin hazırlanmasında bana büyük yardımları olan, bilgi ve deneyimlerini benden esirgemeyen danışman hocam Sayın Prof. Dr. Mehmet SİNCİK'e teşekkürlerimi sunarım.

Tez hazırlığı aşamasında ölçüm teknikleri ve birçok konuda bilgi ve becerilerini benden esirgemeyen hocam Sayın Öğr. Gör. Emre ŞENYİĞİT'e ve Sayın Dr. Gamze BAYRAM' a ayrıca teşekkürlerimi sunarım.

Son olarak desteğini bana her daim gösteren tüm çalışmalarımızı birlikte yürüttüğümüz yüksek lisans öğrencisi arkadaşım Cansu DOLGUN'a ve Canser DOLGUN'a katkılarından ve desteklerinden dolayı teşekkürlerimi sunarım.

Bilal ALPASLAN

.../.../.....

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
ÖZET	i
ABSTRACT	ii
TEŞEKKÜR	iii
İÇİNDEKİLER	iv
SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ.....	v
ŞEKİLLER DİZİNİ	vi
ÇİZELGELER DİZİNİ.....	vii
1. GİRİŞ.....	1
2. KAYNAK ARAŞTIRMASI.....	3
3. MATERYAL ve YÖNTEM.....	11
3.1. Bitki Materyali.....	11
3.1.1. Toprak Özellikleri.....	12
3.1.2. İklim Özellikleri.....	13
3.2. Yöntem.....	13
3.2.1. Deneme Yöntemi ve Uygulanan İşlemler.....	13
3.2.2. İncelenen Özellikler.....	15
3.2.3. Sonuçların İstatistiksel Değerlendirilmesi.....	19
4. BULGULAR ve TARTIŞMA.....	20
4.1. Çiçeklenme Gün Sayısı	20
4.2. Fizyolojik Olgunluk Gün Sayısı	21
4.3. Bitki Boyu	24
4.4. Yan Dal Sayısı	26
4.5. Bitkide Harnup Sayısı	28
4.6. Harnupta Tane Sayısı	30
4.7. Tane Verimi	32
4.8. Bin Tane Ağırlığı	34
4.9. Ham Yağ Oranı.....	36
4.10. Ham Yağ Verimi.....	38
4.11. Yağ Asitleri Kompozisyonu.....	40
4.12. Biyodizel Yakıt Özellikleri.....	42
5. SONUÇ	44
KAYNAKLAR.....	47
ÖZGEÇMİŞ.....	47

SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ

Simgeler	Açıklama
da	Dekar
g	Gram
kg	Kilogram
kg/da	Kilogram Dekar
m	Metre
mm	Milimetre
cm	Santimetre
°C	Santigrat Derece
%	Yüzde

Kısaltmalar	Açıklama
Ark.	Arkadaşları
AÖF (LSD)	Asgari Önemli Farklılık
NPK	Azot-Fosfor-Potasyum
ÇU	Çukurova Üniversitesi
ETAE	Ege Tarımsal Araştırma
ÖD	Önemli Değil
TAE	Tarımsal Araştırma Enstitüsü
TÜİK	Türkiye İstatistik Kurumu
VK	Varyasyon Katsayısı
ZF	Ziraat Fakültesi

ŞEKİLLER DİZİNİ

	Sayfa
Şekil 3.1. Ekim yapılacak arazinin hazırlığı (parselasyon işlemi).....	14
Şekil 3.2. Deneme mibzeri ile ekim işlemi.....	14
Şekil 3.3. Hint hardalının bitki gelişim dönemleri.....	18
Şekil 3.4. Hint hardalı gözlemler ve hasat işlemleri	18



ÇİZELGELER DİZİNİ

	Sayfa
Çizelge 3.1. Araştırmada kullanılan Hint hardalı (<i>Brassica juncea</i> L.) hatları ve orjinleri	11
Çizelge 3.2. Deneme alanı topraklarının analiz sonuçları.....	12
Çizelge 3.3. 2017-2018 vejetasyon döneminde ve uzun yıllar ortalaması olarak deneme lokasyonuna ait iklim verileri	13
Çizelge 4.1. Farklı Hint hardalı genotiplerinde çiçeklenme gün sayısına ait varyans analizi sonuçları.....	20
Çizelge 4.2. Farklı Hint hardalı genotiplerinde çiçeklenme gün sayısına ait ortalama değerler.....	21
Çizelge 4.3. Farklı Hint hardalı genotiplerinde fizyolojik olgunluk sayısına ait varyans analizi sonuçları.....	22
Çizelge 4.4. Farklı Hint hardalı genotiplerinde fizyolojik olgunluk gün sayısına ait ortalama değerler.....	23
Çizelge 4.5. Farklı Hint hardalı genotiplerinde bitki boyu değerlerine ait varyans analizi sonuçları.....	24
Çizelge 4.6. Farklı Hint hardalı genotiplerine ait ortalama bitki boyu değerleri.....	25
Çizelge 4.7. Farklı Hint hardalı genotiplerinde yan dal sayısı değerlerine ait varyans analizi sonuçları.....	26
Çizelge 4.8. Farklı Hint hardalı genotiplerine ait ortalama yan dal sayısı değerleri..	27
Çizelge 4.9. Farklı Hint hardalı genotiplerinde bitkide harnup sayısı değerlerine ait varyans analizi sonuçları	28
Çizelge 4.10. Farklı Hint hardalı genotiplerine ait ortalama bitkide harnup sayısı değerleri.....	29
Çizelge 4.11. Farklı Hint hardalı genotiplerinde harnupta tane sayısı değerlerine ait varyans analizi sonuçları.....	30
Çizelge 4.12. Farklı Hint hardalı genotiplerine ait ortalama harnupta tane sayısı değerleri.....	31
Çizelge 4.13. Farklı Hint hardalı genotiplerinde tane verimine ait varyans analizi sonuçları.....	32
Çizelge 4.14. Farklı Hint hardalı genotiplerine ait ortalama tane verimi değerleri...	33
Çizelge 4.15. Farklı Hint hardalı genotiplerinde bin tane ağırlığına ait varyans analizi sonuçları.....	34
Çizelge 4.16. Hint hardalı hatları ve çeşitlerine ait ortalama bin tane ağırlığı değerleri.....	35
Çizelge 4.17. Farklı Hint hardalı genotiplerinde ham yağ oranına ait varyans analizi sonuçları.....	36
Çizelge 4.18. Hint hardalı hatları ve çeşitlerine ait ortalama ham yağ oranı değerleri.....	37
Çizelge 4.19. Farklı Hint hardalı genotiplerinde ham yağ verimine ait varyans analizi sonuçları.....	38
Çizelge 4.20. Hint hardalı hatları ve çeşitlerine ait ortalama ham yağ verimi değerleri.....	39

Çizelge 4.21. Hint hardalı hatları ve çeşitlerinin yağ asitleri kompozisyonu.....	40
Çizelge 4.22a. Seçilmiş bazı Hint hardalı genotiplerinin biyodizel analiz sonuçları ve referans değerleri.....	43
Çizelge 4.22b. Seçilmiş bazı Hint hardalı genotiplerinin biyodizel analiz sonuçları ve referans değerleri.....	43



1. GİRİŞ

Ülkemizde kahverengi hardal veya kırmızı hardal olarak da bilinen Hint hardalı (*Brassica juncea* L.) yağ şalgamı (*Brassica rapa* L.) ve siyah hardalın (*Brassica nigra* L.) doğal koşullar altında melezlenmesi ve kromozom sayısının ikiye katlanması sonucu oluşmuş amphidiploid bir türdür. Bitkinin orijin merkezinin Batı Asya'da özellikle Afganistan, İran ve Irak olduğu düşünülmektedir (Chen ve ark. 2013). Hint hardalı, Hindistan'ın kuzeyi ile Çin'in kuzey batısında yağ bitkisi olarak geniş alanlarda üretilmektedir. Kahverengi ve sarı tohumları bulunan Hint hardalı, Kanada'da daha çok baharat olarak yetiştirilmektedir. Günümüzde kolza yağ kalitesine sahip Hint hardalı çeşitleri geliştirebilmek için yoğun çalışmalar yapılmaktadır (Rakow ve ark. 1995, Pots ve ark. 1999, Oram ve ark. 2005). Kanada'da Hint hardalı ile yapılan çok sayıda tarla denemesinde elde edilen sonuçlar, bu bitkinin sıcağa ve kurağa dayanımının kolzaya göre daha iyi olduğunu göstermiştir. Hint hardalı aynı zamanda kapsül çatlamasına ve Karabacak (phoma-blackleg) hastalığına kolzadan daha dayanıklıdır (Kirk ve Oram 1981). Tohumları yüksek oranda yağ içeren ve marjinal alanlarda yetiştirilebilen bir bitki olan Hint hardalı biyodizel üretiminde de başarı ile kullanılabilir (Pavlista ve ark. 2011). Hint hardalı yağından elde edilen biyodizelin kalitesi ABD ASTM D6751 ve Avrupa Birliği EN 14214 kalite standartlarına göre incelenmiş ve Hint hardalı yağının biyodizel üretimi için uygun bir kaynak olduğu sonucuna varılmıştır (Jham ve ark. 2009).

Dünyada *Brassica* cinsine dahil olan türler yemeklik yağ ve biyodizel amacıyla giderek artan oranlarda yetiştirilmektedir. Yağ ve enerji hammaddeleri ithalatı ülkemizin dışarıya en fazla döviz ödediği kalemlerdir. Bu nedenle ülkemizde hem yemeklik yağ hem de biyodizel üretimine yönelik yağ bitkileri üretiminin artırılması zorunludur. Bu hedefe ulaşmak için mevcut yağ bitkilerinin ekim alanlarının genişletilmesinin yanında ülkemizin tarımsal yapısına uygun, ekim nöbetlerine rahatlıkla girebilecek, stres faktörlerine dayanıklı ve verim potansiyeli yüksek yeni yağ bitkilerinin üretime alınması gerekmektedir. Bu türler arasında kolza, Etiyopya hardalı, Hint hardalı ve yağ şalgamını saymak mümkündür (Seyis ve Aydın 2012). Özellikle kurak ve yarı kurak bölgelerde yetiştirilen bu türler güçlü büyüme ve gelişme özellikleri (besin maddelerini etkili kullanma, hastalık ve zararlılara dayanıklılık, erkencilik, sıcağa ve soğuğa

tolerans) ile gıda, yem ve biyoyakıt olarak kullanılabilme imkanlarını bir arada sunmaktadır (Gan ve ark. 2008).

Dünya üzerinde fosil yakıtların çevreyi olumsuz etkilemesi ve bunların telafisi için yapılan büyük harcamalar, artan nüfus ve gelişen teknolojiyle birlikte fosil yakıt rezervlerinin hızlı bir şekilde azalması, ülkelerin enerji kaynaklarını çeşitlendirme ve enerjide dışa bağımlılıktan kurtulabilme strateji ve çabaları, bilim adamlarının dikkatini bu konu üzerinde toplamıştır (Gizlenci ve Acar 2008). Biyodizel, ülkelerin enerji kaynaklarını çeşitlendirme ve enerjide dışa bağımlılıktan kurtulabilme stratejileri için destek olan, hem küçük (evsel) hem de sanayi tipi üretimde ekonomik uygulanabilirliği olan, atık yağların değerlendirilerek yeraltı sularının kirletilmesinin önüne geçilmesi ve böylece ekonomiye geri kazanımı, motorun daha sessiz çalışmasını sağlaması ile gürültü kirliliğini önleyici etkileri ile ön plana çıkan, savaş ve zorunlu hallerde stratejik yakıt olarak kullanılabilen, taşıma ve depolanması itibarıyla dünya standartlarında “tehlikeli madde” kapsamında yer almayan güvenli ve çevre dostu kabul edilen bir yakıttır. Biyodizel, traktör ve biçerdöverlerde, deniz araçlarında, tır, kamyon, otobüs ve iş makinelerinde, otomobillerde motor yakıtı olarak kullanılmaktadır (Kolsarıcı ve ark. 2005). Dünyadaki gelişmelere paralel olarak ülkemizde de motorine 2018 yılından itibaren binde 5 oranında biyodizel katılma zorunluluğu getirilmesi biyodizel hammadde kaynağı olan yağlı tohumlu bitkilere olan ihtiyacı daha fazla arttırmıştır. Ülkemizde biyodizel üretiminde yerli hammadde kullanma zorunluluğu bulunmakta ve hammadde olarak daha çok kolza bitkisi kullanılmaktadır. Yağlı tohum üretiminin yetersiz olması nedeniyle her yıl büyük miktarlarda yağlı tohum ve ham yağ ithal etmek zorunda kalan ülkemizde kolza gibi kaliteli yemeklik yağ elde edilen bitkilerin biyodizel üretiminde kullanılması uygun değildir. Bu nedenle, biyodizel üretimi için alternatif bitkilerin devreye alınması gerekmektedir. Özellikle Akdeniz tipi yarı-kurak iklime uygun olduğu bilinen Hint hardalı yüksek erusik asit içeriği nedeniyle yemeklik olarak kullanılmayan, ancak biyodizel üretimi için dünyada giderek daha fazla kullanılan bir *Brassica* türüdür. Bu çalışma kapsamında söz konusu bitki türünün verim, verim komponentleri ve biyodizel özellikleri ülkemizde ilk defa araştırılmıştır. Bu amaçla yürütülen tarla denemeleri ile stres koşullarına dayanıklı, yüksek verimli ve biyodizel üretimine uygun Hint hardalı genotiplerinin belirlenmesi hedeflenmiştir.

2. KAYNAK ARAŞTIRMASI

Gunasekera ve ark. (2006a), yaptıkları çalışmada, Hint hardalı (*Brassica juncea* L.) ve kolza (*Brassica napus* L.) bitkilerinin güneybatı Avustralya'daki düşük yağış, kısa gelişme mevsimi ve Akdeniz tipi iklime adaptasyonu ile genotip, çevre ve bunların bitki büyümesi ve tohum verimi üzerindeki etkilerini araştırmıştır. Düşük yağışlı ortamlarda Hint hardalı ve kolza ilkbahar başında ekildiğinde daha yüksek verim alınmıştır. Yapılan ana bileşen ve G x Ç interaksiyonu analizleri sonuçları Hint hardalının düşük yağış, yüksek sıcaklık ve geç ekim ile ilgili stres koşullarına kolzadan daha fazla uyum sağladığını göstermiştir. Hint hardalı (391 kg/da), özellikle geç ekimlerde kolzaya (263 kg/da) kıyasla daha yüksek kuru madde üretmiştir. Hint hardalı kolzaya oranla daha fazla kuru madde üretse de, kuru maddenin tohum verimine dönüştürülmesinde verim düşüklüğü nedeniyle (düşük hasat endeksi) yüksek tohum verimine ulaşamamıştır. Kolza bitkisinin yüksek hasat indeksine sahip olması tane verimi bakımından arada çok büyük fark olmasını engellemiştir.

Gunasekera ve ark. (2006b), Hint hardalı ve kolzada Akdeniz tipi iklime sahip Batı Avustralya'da genotip, çevre ve bunların interaksiyonunun yağ ve protein oranları üzerine etkilerini incelemiştir. Araştırma sonucunda, çevrenin protein oranları üzerine olan etkisi yağ oranlarına göre daha fazla olmuştur. Yağ oranları % 37,3-40,0 arasında değişirken; protein oranları % 22,9-28,5 aralığında değişim göstermiştir. Her iki türde de tohum verimi arttıkça yağ oranı da artmış ancak protein oranı azalmıştır. Tohum verimi arttıkça yağ oranındaki artış miktarı kolzada Hint hardalına göre daha yüksek olmuştur.

Alpgiray ve Gürhan (2007), yaptıkları çalışmada, yakıt olarak kullanılan kolza yağının tek silindirli bir dizel motorunun performansına ve egzoz gazı emisyon karakteristiklerine etkilerinin belirlenmesini amaçlamıştır. Araştırmada çalışmalar iki ana bölüme ayrılmıştır. Birinci bölümde kanola yağı dizel yakıtına hacimsel olarak % 20, 40, 60 ve 80 oranlarında karıştırılarak seyreltilmiş, daha sonra emisyon ve motor denemeleri yapılmıştır. İkinci bölümde ise, transesterifikasyon ile kolza yağı metil esteri (biyodizel) elde edilmiş, emisyon ve motor denemeleri gerçekleştirilmiştir. Denemelerde devir sayılarına bağlı olarak, dönme momenti, emisyon değerleri ve yakıt

tüketim değerleri ölçülmüştür. Kolza yağı kullanımı ile motor momenti ve gücünde dizel yakıtına kıyasla az da olsa düşüşlerin meydana geldiği, yağ asidi metil esteri kullanımı ile moment ve gücün ham kolza yağına oranla daha yüksek olduğu ve dizel yakıtına daha yakın olduğu belirlenmiştir. Transesterifikasyon yönteminin kolza yağına uygulanması sonucu yağın viskozitesinin ve özgül ağırlığının azaldığı belirlenmiştir. Bu özellikleri ile kolza yağı metil esteri dizel yakıtına daha yakın özellikler göstermiştir. Kolza yağı ile yapılan testlerde duman koyuluğunun dizel yakıtına oranla daha yüksek olduğu, fakat yağ asidi metil esterinin kullanımı ile duman yoğunluğunun seyreltme yöntemi ile elde edilen yakıtlara oranla daha düşük olduğu belirlenmiştir. Karışım ve metil ester yakıtların CO₂, CO ve O₂ değerleri de belirlenmiştir. Sonuç olarak kolza yağı metil esterinin dizel yakıtına daha yakın değerlere sahip olduğu görülmüştür.

İlgen ve ark (2007), bitkisel yağların transesterifikasyonu ile üretilen biyodizelin dizel alternatif bir yakıt olduğunu, biyodizel üretiminde heterojen katalizörlerin kullanılması ile reaksiyon sonrası karışımın ayrılmasına katkıda bulunup, işlemi büyük ölçüde kolaylaştırdığını bildirmiştir. Araştırmacılar yaptıkları çalışmada, kolza yağı metil esterinin üretilmesinde heterojen bir katalizör olarak kullanılan Mg-Al hidroksitlerini incelemiş, sonuç olarak metanolün bu reaksiyon koşulu için en iyi alkol olduğu saptanmıştır.

Çelikten ve Arslan (2008), dizel motorlarında alternatif olarak kullanılacak kolza ve soya yağı metil esterlerinin performanslarının incelenmesi amacıyla yürüttükleri çalışmada; motor güç değişimlerinin dizel yakıtına göre; kolza yağı metil esterinde % 9,7 azaldığı, özgül yakıt tüketimlerinin ise dizel yakıtına göre kolza yağı metil esterinde % 10,1, soya yağı metil esterinde ise % 17,5 oranında artış gösterdiği tespit edilmiştir. Bunun yanında duman koyuluklarının dizel yakıtlara oranla kolza yağı metil esterinde % 25, soya yağı metil esterinde ise % 37 oranlarına kadar azalma gösterdiği saptanmış olup tüm bu bulgular ışığında en yüksek motor performansının dizel yakıtlardan sonra kolza yağı metil esteri ile sağlandığı, en düşük duman ve CO emisyon değerine ise yine kolza yağı metil esteriyle ulaşılması sonucunda kolza yağı tam olarak dizel yakıtların yerini alamasa da özellikle egsoz emisyonları bakımından daha iyi sonuçlar vermesi nedeniyle alternatif yakıt olarak kullanılabilirliği görülmüştür.

Jham ve ark. (2009), Hint hardalı (*Brassica juncea* L.) yağını biyodizel üretimi için hammadde kaynağı olarak değerlendirmiştir. Bu çalışmada biyodizel üretiminde metanol ve sodyum metoksit katalizörü ile standart bir transesterifikasyon prosedürü uygulanarak, ağırlıkça % 94 verim elde edilmiştir. Hint hardalı yağının yağ asidi profilinin çoğunu erusik (% 45), linoleik (% 14,2) ve linolenik (% 13) yağ asitleri oluşturmuştur. Elde edilen yağ asidi metil esterlerinin setan sayısı, kinematik viskozitesi ve oksidatif stabilitesi sırasıyla 61,1, 5,33 mm² s⁻¹ (40 °C) ve 4,8 saat (110 °C) şeklindedir. Bulanıklık, akışkanlık ve soğuk filtre tıkanma noktaları sırasıyla 4, -21 ve -3 °C olmuştur. Çalışmada ayrıca, asit değeri, kayganlık, serbest ve toplam gliserol içeriği, iyot değeri, özgül ağırlık, kükürt ve fosfor içerikleri gibi özellikler de belirlenmiş ve ASTM D6751 ve EN 14214 biyodizel standartları ile karşılaştırılmıştır. Çalışma sonucunda, Hint hardalı yağının biyodizel üretimi için kabul edilebilir bir hammadde olarak görüldüğü bildirilmiştir.

Blackshaw ve ark. (2011) Kanada'da biyodizel üretiminde kullanılan kolza bitkisinin yemeklik yağ üretiminde de kullanılmasından dolayı alternatif bitkiler üzerine yaptığı bir araştırmada yağ şalgamı, Hint hardalı, Etiyopya hardalı, ak hardal, ketencik ve keten bitkilerini ele almıştır. Bu bitkilerin olgunlaşma süreleri 87-126 gün arasında değişmiş olup en kısa olgunlaşma süresi yağ şalgamında bulunmuştur. Tane verimi değerleri 1. Yıl 144-415 kg/da ve 2. Yıl 157-358 kg/da arasında değişmiş olup ilk yıl en yüksek verim değerleri ketencik (415 kg/da), ak hardal (319 kg/da) ve Hint hardalından (302 kg/da) elde edilmiştir. İkinci yılda ise en yüksek verim yine Hint hardalından (358 kg/da) elde edilirken, bu bitkiyi 307 kg/da ile Etiyopya hardalı takip etmiştir. Bu bitki türlerinin biyodizel performansı incelendiğinde ise en iyi değerler ketencik, keten, yağ şalgamı ve Hint hardalından elde edilmiştir.

Bannikov (2011), tarafından Hint hardalı metil esterleri (biyodizel) ve normal dizel yakıtı doğrudan enjeksiyonlu dizel motorda test edilmiştir. Deneysel verilerin analizi, yakıt enjeksiyonu ve yanma özelliklerinin analizi ile desteklenmiştir. Biyodizel ile çalışan motor, frende spesifik yakıt tüketimini artırmış, azot oksit emisyonunu ve siyah duman oranını azaltmış, karbon monoksit emisyonunda orta düzeyde bir artış göstermiş,

yanmamış hidrokarbon emisyonunu ise değiştirmemiştir. Yakıt tüketimindeki artış, biyodizelin daha düşük ısıtma değerine ve kısmen de yakıt dönüşüm verimliliğinin azalmasına bağlanmıştır. Yanma özelliklerinin analizi, enjeksiyonun daha erken başladığını ve biyodizelin ateşlemedeki gecikme sürelerini kısalttığını ortaya koymuştur. Azot oksit emisyonlarının azaltılmasının en muhtemel nedeni, azami ısı salımı oranındaki ve silindir basıncındaki düşüştür. Yanma özelliklerinin analizi ayrıca setan indeksinin biyodizelin tutuşma kalitesi için uygun bir ölçüt olmadığını göstermiştir. Yürütölen çalışma sonucunda Hint hardalı yağının Pakistan'da ticari biyodizel üretimi için uygun bir kaynak olabileceği sonucuna varılmıştır.

Boffito ve ark. (2012) alternatif yağlardan sürdürülebilir biyodizel üretimi üzerine bir çalışma gerçekleştirmişler. Bu çalışmada Hint hardalı, aspir, atık yağ, atık yağ + kolza yağı karışımları (1:1, 3:1) normal üretim aşamalarından geçirilmiş fakat serbest yağ asitlerinin esterifikasyonunda katalizör olarak A46 (Amberlyst 46) materyali kullanılmıştır. Bu çalışma sonucunda asitlik oranı hepsinde % 62-83 oranında düşürölmüş olup, Hint hardalından % 98,5 saflıkta biyodizel elde edilmiştir.

Sarala ve ark. (2012), Birçok ölkede, çevre dostu olan uygun alternatif yakıtlar aramaya ilgi giderek artış göstermektedir. Saf bitkisel yağların dizel motorlarda kullanılabilmesine rağmen, yüksek viskoziteleri, düşük uçuculukları ve düşük soğuk akışkanlıkları özellikleri sebebiyle, alternatif türevlerin araştırılmasına neden olmuştur. Biyodizel, transesterifikasyon yoluyla herhangi bir bitkisel yağdan elde edilebilen bir alkali yağ asidi esteridir. Biyodizel yenilenebilen, biyolojik olarak ayrıştırılabilen ve toksik olmayan bir yakıt türüdür. Bu çalışmada, *Brassica juncea* yağı, *Brassica juncea* yağı metil esterini (BOME) elde etmek için, katalizör olarak sodyum hidroksit kullanılarak metanol ile transesterleştirilmiştir. Biyodizel, performans özelliklerini değerlendirmek için tek silindirli 4 zamanlı dizel motorda test edilmiştir ve sonuçta *Brassica juncea* yağı metil esterinin dizel motorlarda kullanılabileceği belirlenmiştir.

Roy ve ark. (2013), yapmış oldukları çalışmada bir dizel motor üzerinde B0 (% 100 dizel), B5 (% 5 biyodizel, % 95 dizel), B10 (% 10 biyodizel, % 90 dizel) gibi karışımları test etmiş ve motor performansı, frene özgü yakıt tüketimi (bsfc) ve yakıt

dönüşüm verimliliği (nf) gibi özellikleri incelemiştir. Sonuç olarak; biyodizel-dizel karışımları, % 100 dizele göre daha yüksek yakıt dönüşüm verimliliği sağlamış ve biyodizel düşük yük işletiminde dizele kıyasla önemli bir CO ve HC azalması göstermiştir. Öte yandan düşük yük işletiminde biyodizel ile NOx emisyonu, % 100 dizele göre önemli ölçüde artmış ancak yüksek yük işletim altında biyodizel ve dizel ile NOx emisyonlarında neredeyse hiçbir değişiklik olmamıştır.

Wilkes ve ark. (2013), Hint hardalı (*Brassica juncea*)'nın biyodizel hammaddesi olarak kullanılabilirliğini belirlemek amacıyla, Avustralya'da iki farklı araştırma yürütmüştür. İlk araştırma, erken ekimin geç ekime göre 130 kg/da'dan daha fazla verim artışı sağladığını göstermiştir. Bu çalışmada ham yağ oranları % 34 ila % 39,8 arasında değişiklik göstermekle birlikte, yağ asidi profilini etkileyen ana faktörün, genotip olduğu belirlenmiştir. İkinci çalışmada ise büyüme mevsimi ve yıl ile diğer parametreler arasındaki etkileşimlerin, yağ asidi profili üzerinde büyük bir etkiye sahip olduğu tespit edilmiştir. Gelişme mevsiminden etkilenen ana yağ asitleri oleik, linoleik ve erusik asit olarak belirlenmiştir. Oleik ve linoleik asitlerin, daha soğuk yetiştirme koşullarında daha yüksek olma eğiliminde olan erusik asit içeriği ile ters orantılı olduğu gözlemlenmiştir. Araştırmadan elde edilen yağlar, biyodizel haline getirilerek kalite açısından değerlendirilmiş ve yakıt, oksidasyon kararlılığı ve kinematik viskozite hariç çoğu biyodizel standardını karşılamıştır. Çoklu doymamış yağ asitlerinin nispeten yüksek konsantrasyonunun, zayıf oksidasyon stabilitesinden ve daha yüksek miktarda erusik asit ile gliserolün zayıf kinematik viskozite değerlerine katkıda bulunmasından sorumlu olduğu kabul edilmiştir. Araştırma sonucunda, analiz edilen Hint hardalı genotiplerinin hem uygun bir ikinci ürün alternatifi hem de iyi bir biyodizel hammadde kaynağı olabileceği tespiti yapılmıştır.

Alam ve ark. (2014), 2010-11 ve 2011-12 vejetasyon dönemlerinde üç farklı ekim zamanında (25 Kasım, 5 Aralık ve 15 Aralık) 30 farklı kolza ve Hint hardalı genotipini Bangladeş BARI Araştırma İstasyonu'nda denemiştir. Geç ekim koşulları altında bitkiler yüksek sıcaklıklara maruz kaldığında, bitki fenolojisinin, Hint hardalı genotiplerinin verim ve gelişme değişimlerinin belirmesinde etkili olduğu gözlemlenmiştir. Çiçeklenme ve olgunlaşma süreleri ekim zamanlarına göre farklılık

göstermiştir. Ekim tarihi, her iki vejetasyon döneminde de bitkinin boyunu, bitki başına harnup sayısını, harnup başına tane sayısını, tane verimini ve yağ içeriğini önemli ölçüde etkilemiştir. En yüksek tohum verimi (175,8 ve 182,5 kg/da) 25 Kasım ekim tarihinde ekilen Hint hardalı çeşitleri olan BJDH-11 ve BARI Sarisha-16'dan alınmıştır. Tohumların en yüksek yağ içeriği (% 44,4 ve % 45,9) her iki vejetasyon döneminde de 25 Kasım ekiminde ekilen BARI Sarisha-6 ve BARI Sarisha-14 Hint hardalı çeşitlerinden elde edilmiştir.

Aysal ve ark. (2014), tarafından yürütülen çalışmada hardal yağından biyodizel üretim sürecinin optimizasyonu yapılmıştır. Optimizasyon süreci metanol/yağ oranı, katalizör konsantrasyonu reaksiyonu süresi ve sıcaklığı gibi parametrelere göre ele alınmıştır. Değişen oranlarda hardal yağı-dizel karışımından elde edilen biyodizel yakıtının motor performansına ve egzoz emisyonlarına etkileri incelenmiştir. Biyodizel oranı arttıkça içten yanmalı motorun güç ve momenti azalırken, özgül yakıt tüketimi (SFC) artmıştır. Ayrıca, biyodizel, dizel yakıtları ve biyodizel dizel yakıtlarının karışımlarının NOx ve CO emisyonları karşılaştırılmıştır. Hardal yağı biyodizelinin emisyon değerlerinin dizel yakıttan düşük olduğu görülmüştür.

Chakraborty ve ark. (2014), Dört faktörlü, üç seviyeli "yanıt yüzey metodolojisi" kullanılarak, magnezyum emdirilmiş, önceden sindirilmiş uçucu kül heterojen baz katalizörü kullanılarak Hint hardalı yağının metanolizi (MO) yoluyla biyodizel üretimi için işlem koşullarının optimizasyonunu gerçekleştirmiştir. Çalışmada, biyodizelin (yağ asidi metil ester, YAME) veriminin çok değişkenli regresyon analizi ile tahmini için kuadratik bir polinom modeli formüle edilmiştir. Modelde maksimum deneysel YAME verimine karşılık gelen optimum parametrik değerler (Ağırlıkça % 97,5 verim) aşağıdaki gibidir: metanol: MO molar oranı, 13.13: 1; kalsinasyon sıcaklığı, 950 ° C; katalizör konsantrasyonu,% 3,44; ve karıştırıcı hızı, 890 rpm'dir. Bu şekilde formüle edilmiş olan B10 biyodizeli (% 10 biyodizel; % 90 dizel), ABD ASTM D6751 ve Avrupa Birliği EN 14214 kalite standartlarına uygundur. Bu şekilde, optimal olarak hazırlanan düşük maliyetli ve yeniden kullanılabilir katalizör kullanılarak hardal yağından biyodizel eldesinin oldukça ekonomik olacağı düşünülmektedir.

Sanjid ve ark. (2014), tarafından yürütülen çalışmada, Hint hardalı biyodizeli (B100) düşük kaliteli ham Hint hardalı yağından üretilmiş olup, farklı motor hızlarında, tam yük koşullarında motorun yanma, performansı ve emisyon özelliklerini araştırmak için dört silindirli, doğrudan enjeksiyonlu, dizel motorda test edilmiştir. Biyodizel ve karışımları, dizel yakıt (B0) ile karşılaştırıldığında tepe silindir basıncında artış ve ateşleme gecikmesinde bir azalış göstermiştir. B100 ve karışımları için, önceden karıştırılmış yanma aşaması ve enjeksiyon zamanlamasının başlangıcı B0'dan önce gerçekleşmiştir. Motor performans testleri sırasında, % 10 ve % 20'lik biyodizel karışımları, dizel yakıtla kıyasla, % 4-8 daha yüksek spesifik fren yakıt tüketimi ve % 9-13 daha düşük fren gücü göstermiştir. Motor emisyon testleri, B0 ile karşılaştırıldığında B100 karışımları için % 9-12 daha yüksek NO, % 19-42 daha düşük HC ve CO göstermiştir. Sonuç olarak, % 10 ve % 20'lik B100 karışımlarının dizel motorlarda değişiklik yapılmadan kullanılabilmesi görülmüştür.

Zia-Ul-Hassan ve ark. (2014), 11 adet Hint hardalı ve 1 adet kolza çeşidinin kuru koşullardaki verim performansını karşılaştırmıştır. Çalışmada Hint hardalı çeşitlerinden KJ-119 250 kg/da, Abaseed kolza çeşidi ise 242,5 kg/da ile en yüksek tane verimlerini sağlamıştır. En düşük tohum verimi ise 140,0 kg/da ile BSA Hint hardalı çeşidinden alınmıştır. Bitkide harnup sayısı ve harnupta tane sayısı fazla olan çeşitlerin daha yüksek tane verimine ulaştığı görülmüştür.

Moser ve ark. (2015), Hint hardalı yağının biyodizel üretimi için hammadde kaynağı olarak uygunluğunu ve yakıt özelliklerinin değerlendirilmesini, hem saf bir şekilde hem de petrol-dizel yakıtı ile karıştırarak incelemiştir. Elde edilen sonuçlar, ASTM D6751, EN 14214, ASTM D975, EN 590 ve ASTM D7467 gibi ilgili yakıt standartlarıyla karşılaştırılmıştır. Hint hardalı yağı, düşük kaliteli tohumlardan, boru şeklinde radyal presler kullanarak ekstre edilmiştir. Bu yağ, daha sonra homojen sodyum metoksit katalizli transesterifikasyona uygun hale gelebilmesi için, reçine çıkartımı, nötrleştirme ve ağartma işlemleri uygulanarak kimyasal olarak rafine edilmiştir. Hint hardalı yağında tespit edilen başlıca yağ asidi erüsik asittir (% 44,1). Elde edilen biyodizel, oksidatif stabilite ve kinematik viskozite hariç, EN 14214 biyodizel standartlarına uygun yakıt özellikleri vermiştir.

Al-dobouni ve ark. (2016), yaptıkları çalışmada biyodizeli, yenilebilir olmayan bir yağ kaynağı olan Hint hardalı (*Brassica juncea* L.) yağından, katalizör olarak potasyum hidroksit kullanarak, metanol ile optimize ederek, alkali katalize edilmiş transesterifikasyon yoluyla elde etmiştir. Biyodizel verimi (% 96,7 ester içeriğinde % 95,5), 60 °C sıcaklık ve 45 dakikalık reaksiyon süresinde optimum koşullar altında (yağın % 0,75'i oranında potasyum hidroksit, 6:1 metanol/yağ oranı) şeklinde elde edilmiştir. Hint hardalı (*Brassica juncea* L.) yağının biyodizel özellikleri belirlenerek, ASTM D6751 biyodizel standardı sınırları içinde olduğu tespit edilmiştir.

Saud ve ark. (2016), kısıntılı sulama ve farklı azot dozlarının Hint hardalında verim ve verim özellikleri üzerine etkisini belirlemek amacıyla 1999-2000 ve 2000-2001 vejetasyon dönemlerinde bir çalışma yapmıştır. En yüksek tane verimi (146,5 kg/da), bitki boyu (183 cm), bitkide harnup sayısı (200 adet), harnupta tane sayısı (16 adet) ve bin tane ağırlığı Laxmi Hint hardalı çeşidinden elde edilmiştir. Çiçeklenme dönemindeki 60 mm ilave sulama 158,2 kg/da ile harnup oluşturma dönemindeki 60 mm ek sulamaya (144,1 kg/da) göre daha fazla tohum verimi sağlamıştır. Azotlu gübreleme 10 kg/da etkili madde dozuna kadar verim ve verim özelliklerinde artış sağlamış, daha yüksek dozlarda önemli bir artış görülmemiştir.

Singh ve ark. (2018), kolza ve Hint hardalının, Hindistan'ın daha çok kuzey-doğu/kuzey-batı bölgelerinde sulu veya kuru koşullarda, zaman zaman tuzlu topraklarda yetiştirildiğini, doğru ekim zamanının ürün gelişimi için çok önemli olduğunu, kışlık ekimlerin daha yüksek tohum verimi sağladığını, farklı çeşitlerin değişik çevrelere olan tepkisinin ekim zamanlarına göre farklılık gösterdiğini bildirmiştir.

3. MATERYAL ve YÖNTEM

Bu araştırma, farklı Hint hardalı (*Brassica juncea* L.) genotiplerinin verim ve kalite özellikleri ile biyodizele uygunluklarını belirlemek amacıyla 2017-2018 vejetasyon döneminde Bursa Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarımsal Uygulama ve Araştırma Merkezi deneme tarlalarında yürütülmüştür.

3.1. Bitki Materyali

Araştırmada bitki materyali olarak; Kanada ve Alman Gen Bankalarından sağlanan 68 adet Hint hardalı (*Brassica juncea* L.) genotipi ve Kanada Bitki Gen Bankası (PGRC) tarafından sağlanan 4 adet şahit Hint hardalı çeşidi (Burgonde, Cutlass, Saryam ve Stoke) kullanılmıştır.

Çizelge 3.1. Araştırmada kullanılan Hint hardalı (*Brassica juncea* L.) hatları ve orjinleri

Hat No	Kodu	Orjini	Hat No	Kodu	Orjini
1	CR2480	ÇİN	37	CR2658	HİNDİSTAN
2	CR2516	JAPONYA	38	CR2681	POLONYA
3	CR83	HİNDİSTAN	39	CR2669	RUSYA
4	CR2673	NEPAL	40	CR2458	RUSYA
5	CR2675	HABEŞİSTAN	41	CR494	AVUSTURYA
6	CR2496	İTALYA	42	CR93	ALMANYA
7	CR2504	GÜRCİSTAN	43	CR2693	ALMANYA
8	CR2484	KÜBA	44	CR2353	GÜRCİSTAN
9	CR2526	JAPONYA	45	CR2671	POLONYA
10	CR2640	TÜRKİYE	46	CR2664	HİNDİSTAN
11	CR114	RUSYA	47	CR2635	POLONYA
12	CR76	ALMANYA	48	CR2701	BULGARİSTAN
13	CR2487	KORE	49	CR2619	KANADA
14	CR2444	ÇİN	50	CR3484	KORE
15	CR2603	FAS	51	CR3326	ÇİN
16	CR80	MACARİSTAN	52	CR2602	KANADA
17	CR2455	ÇİN	53	CR104	HİNDİSTAN
18	CR115	RUSYA	54	CR2756	ALMANYA

Çizelge 3.1. Araştırmada kullanılan Hint hardalı (*Brassica juncea* L.) hatları ve orjinleri (devam)

Hat No	Kodu	Orjini	Hat No	Kodu	Orjini
19	CR2451	ÇİN	55	CR97	HİNDİSTAN
20	CR2432	AFGANİSTAN	56	CR2421	ÇİN
21	CR2694	ROMANYA	57	CR2471	GÜRCİSTAN
22	CR2652	ALMANYA	58	CR2478	ÇİN
23	CR2651	KANADA	59	CR3356	KORE
24	CR79	KANADA	60	CR3325	ÇİN
25	CR2515	KÜBA	61	CN101816	PAKİSTAN
26	CR1208	MACARİSTAN	62	CN101818	PAKİSTAN
27	CR3333	ABD	63	CN31280	RUSYA
28	CR3339	ABD	64	CN39623	İNGİLTERE
29	CR2459	RUSYA	65	CN39624	RUSYA
30	CR2646	BELÇİKA	66	CN39630	İNGİLTERE
31	CR493	AVUSTURYA	67	CN43441	HİNDİSTAN
32	CR3428	AVUSTURYA	68	CN43437	HİNDİSTAN
33	CR3335	JAPONYA	69	Burgonde	KANADA
34	CR2489	İTALYA	70	Cutlass	KANADA
35	CR2492	POLONYA	71	Saryam	HİNDİSTAN
36	CR2488	KÜBA	72	Stoke	ALMANYA

3.1.1. Toprak Özellikleri

Deneme alanına ait topraklar alkali-killi toprak özelliğinde olup fosfor ve potasyum bakımından zengin, organik maddece fakir ve orta derecede kireçli olup, tuzluluk sorunu bulunmamaktadır. Araştırmanın yürütüldüğü deneme alanı topraklarının bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri Çizelge 3.2’de verilmiştir.

Çizelge 3.2. Deneme alanı topraklarının analiz sonuçları

Toprak Özellikleri	Analiz Sonuçları
Kireç (%)	1,60
Bünye	Killi
Total Tuz (%)	0,080
pH	7,20
Fosfor (kg/da)	9,60
Potasyum (kg/da)	100,00
Organik Maddeler (%)	1,90

3.1.2. İklim Özellikleri

Denemenin yapıldığı, 2017-2018 vejetasyon döneminde aylık ortalama sıcaklık değerleri bakımından Bursa ili sıcaklık değerinin 14,6 °C olduğu görülmektedir. Buna karşılık uzun yıllar sıcaklık ortalaması 12,6 °C olarak gerçekleşmiştir. 2017-2018 vejetasyon dönemindeki yağış durumuna bakıldığında ise; Bursa ilinin 2017-2018 vejetasyon dönemindeki toplam yağış miktarı 727,7 mm olurken, uzun yıllar yağış toplamı 664,1 mm olmuştur.

Çizelge 3.3. 2017-2018 Vejetasyon döneminde deneme lokasyonuna ait iklim verileri

Aylar	BURSA			
	2017/2018 Vejetasyon Dönemi		Uzun Yıllar Ortalaması	
	Aylık Sıcaklık Ortalaması (°C)	Aylık Yağış Ortalaması (mm)	Aylık Sıcaklık Ortalaması (°C)	Aylık Yağış Ortalaması (mm)
Eylül	23, 2	16, 8	20, 1	39, 5
Ekim	15, 1	125, 9	15, 2	68, 8
Kasım	10, 5	37, 2	10, 7	78, 5
Aralık	9, 0	112, 4	7, 4	103, 4
Ocak	6, 7	72, 2	5, 4	87, 6
Şubat	9, 6	71, 4	6, 3	74, 6
Mart	13, 1	123, 6	8, 4	69, 7
Nisan	15, 7	15, 0	12, 8	63, 4
Mayıs	19, 8	94, 2	17, 6	44, 3
Haziran	23, 4	59, 0	22, 1	34, 3
Toplam	-	727, 7	-	664, 1
Ortalama	14, 6	-	12, 6	-

3.2. Yöntem

3.2.1. Deneme Yöntemi ve Uygulanan İşlemler

Tarla denemeleri, 3 tekerrürlü 8 x 9 dikdörtgen latis deneme desenine göre sıra arası 17.5 cm ve parsel uzunluğu 5 m olacak şekilde 8 sıralı olarak yürütülmüştür. Denemenin ekimi 07 Ekim 2017 tarihinde deneme mibzeri ile gerçekleştirilmiş olup,

ekim normu dekara 800 g olarak alınmıştır. Ekim öncesinde 6 kg/da etkili madde dozunda azot-fosfor-potasyum 15-15-15 kompoze gübre şeklinde parsellere uygulanmıştır. İlkbahar başlangıcında 10 kg/da etkili madde dozunda azot % 46'lık üre gübresi formunda ilave olarak verilmiştir. Denemeler, kuru koşullarda yürütülmüş, doğal yağışa ek olarak herhangi bir sulama yapılmamıştır. Ekim öncesinde trifluralin etkili maddeli yabancı ot ilacı 150 cc/da dozunda pülvarizatörle toprağa uygulanıp ardından diskaro ile toprağın 10-12 cm derinliğine karıştırılmıştır. Çıkış sonrasında görülen yabancı otlar elle kontrol edilmiştir. Gözlem ve ölçümler ortadaki 6 sırada ve rastgele seçilen 5 adet bitki üzerinde yapılmıştır. Hasat işlemleri, bitkilerin % 75'inde yapraklar sararıp döküldüğünde Hege tipi parsel biçerdöveri ile gerçekleştirilmiştir.



Şekil 3.1. Ekim yapılacak arazinin hazırlığı; (parselasyon işlemi).



Şekil 3.2. Deneme mibzeri ile ekim işlemi

3.2.2. İncelenen Özellikler

Araştırmada; çiçeklenme gün sayısı, fizyolojik olum gün sayısı (gün), bitki boyu (cm), yan dal sayısı (adet), bitkide harnup sayısı (adet), harnupta tane sayısı (adet), tane verimi (kg/da), bin tane ağırlığı (g), ham yağ oranı (%), yağ asitleri kompozisyonu (%) ve biyodizel yakıt kalitesi özellikleri incelenmiştir.

Çiçeklenme Gün Sayısı (gün):

Ekim ile parseldeki bitkilerde çiçeklenmenin başladığı tarih arasındaki gün sayısıdır.

Fizyolojik Olum Gün Sayısı (gün):

Ekim tarihinden itibaren parseldeki bitkilerin %75'inin yaprak, sap ve kapsüllerinin sarardığı, tohumların dolgunlaştığı tarih arasındaki gün sayısıdır.

Bitki Boyu (cm):

Her parselde hasat olgunluğuna gelen bitkiler arasından rastgele seçilen 5 adet bitkide, kök boğazı ile tepe noktası arasında kalan mesafe ölçülmüş ve ortalaması alınmıştır.

Yan Dal Sayısı (adet): Her parselde hasat olgunluğuna gelen bitkiler arasından rastgele seçilen 5 adet bitkide ana sapa bağlı olan yan dallar sayılmış ve ortalaması alınmıştır.

Bitkide Harnup Sayısı (adet):

Her parselde hasat olgunluğuna gelen bitkiler arasından rastgele seçilen 5 adet bitkide yer alan bütün harnuplar sayılmış ve ortalaması alınmıştır.

Harnupta Tane Sayısı (adet):

Her parselde hasat olgunluğuna gelen bitkiler arasından rastgele seçilen 5 adet bitkinin her birinden tesadüfen seçilen 5 adet harnuptaki (toplam 25 harnup) tohumlar sayılmış ve ortalaması alınmıştır.

Tane Verimi (kg/da):

Her parselde yer alan bitkiler Hege tipi parsel biçerdöveri ile hasat edilmiş, elde edilen tohumlar temizlenip tartılmış, % 10 nem seviyesine göre düzeltme yapılmış ve daha sonra parsel verimleri dekara dönüştürülmüştür.

Bin tane ağırlığı (g):

Her parselden hasat edilen ve temizlenen tohumlar içerisinde 4 adet 100 tohum sayılarak tartılmış, ağırlıkları ortalamasının 10 ile çarpılması ve %10 nem seviyesine göre düzeltilmesi ile tespit edilmiştir.

Ham Yağ Oranı (%):

Her parsele ait tohum örneklerinden 10 gr tohum değirmende öğütülmüş ve bunun içerisinde 3 gr numune alınarak kartuşlara konduktan sonra ham yağ oranları Soxhlet metodu ile susuz eter ekstraksiyonunda 6 saat süre ile analiz edilmiştir.

Ham Yağ Verimi (kg/da)

Her bir genotipe ait tane verimi ile ham yağ oranı değerlerinin çarpımı sonucu elde edilmiştir.

Yağ Asitleri Kompozisyonu (%)

Metil esterleri oluşturulan örneklerin yağ asidi bileşimi Agilent 7890A Gaz kromatografi sistemi, 7683B serisi oto enjektör ve alev iyonizasyonu dedektörü (FID) ile belirlenmiştir. Kromatografik ayırım için HP-88 kapillar GC kolonu (100 m×0,25×mm, 0,20 µm film kalınlıklı; J&W Scientific, USA) kullanılmıştır. Analiz şartları; enjektör sıcaklığı; 250 °C, fırın sıcaklığı programı; 140 °C' de 5 dakika, 4°C/dakika artışla 240 °C ve bu sıcaklıkta 10 dakika bekleyecek şekilde belirlenmiştir. Taşıyıcı gaz olarak helyum (30 mL/dk akış hızıyla) kullanılmış ve 1/30 split modu seçilmiştir. Ticari yağ asidi metil esterleri karışımı, dış standart olarak her bir yağ asidi metil esterinin çıkış zamanını belirlemek için kullanılmıştır. Her bir yağ asidinin % oranı, o yağ asidine ait pikin kalan alanının, toplam pik alanına bölümünden elde edilmiştir.

Biyodizel Yakıt Kalitesi

Araştırmada ele alınan kolza hatlarından elde edilen biyodizelin yakıt kalitesi Karadeniz Tarımsal Araştırma Enstitüsü bünyesinde bulunan Enerji Bitkileri Araştırma Merkezi'nde Türk Standartları Enstitüsü tarafından hazırlanan TS EN 14214:2012+A2 standartları dahilinde belirlenmiştir. Biyodizel analizleri çok pahalı ve zaman alıcı olduğu için araştırmada en yüksek verim potansiyeline sahip 13 Hint hardalı hattı (CR76, CR79, CR1208, CR2459, CR2646, CR2488, CR2658, CR494, CR2619, CR3484, CR3326, CN39623, CN43441) ile 2 adet şahit çeşidin (Burgonde ve Stoke) biyodizel yakıt özellikleri incelenebilmiştir.

Biyodizel Deney Yöntemleri:

Yoğunluk Tayini: KEM marka DA-640 model otomatik yoğunluk ölçüm cihazı ile TS EN ISO 12185 test yöntemine göre belirlenmiştir.

Kinematik Viskozite Tayini: TANAKA marka AKV-202 model otomatik kinematik viskozite cihazı ile TS 1451 EN ISO 3104/T1 test yöntemine göre 40 °C' de belirlenmiştir.

Su Tayini: Karl-Fischer MKC-520 marka su tayin cihazı ile TS 6147 EN ISO 12937 kulometrik karl fischer titrasyon test yöntemine göre belirlenmiştir.

Parlama Noktası Tayini: Koehler Rapid Tester marka parlama noktası tayin cihazı ile TS EN ISO 3679 hızlı denge kapalı kap test yöntemine göre belirlenmiştir.

Akma ve Soğuk Filtre Tıkanma Noktası Tayini: Lawler marka cihaz ile TS 1233 ISO 3016 ve TS EN 116 test yöntemlerine göre belirlenmiştir.

Mikro Karbon Kalıntısı Tayini: TANAKA marka ACR-M3 model cihaz ile TS 6148 EN ISO 10370 mikro metot yöntemine göre belirlenmiştir.

Bakır Şerit Korozyonu Tayini: Petrotest marka cihaz ile TS 2741 EN ISO 2160 bakır şerit yöntemine göre belirlenmiştir.

Oksidasyon Kararlılığının Tayini: KLC Instruments Oxifast K-OSE cihazı ile TS EN 14112 test yöntemine göre belirlenmiştir.

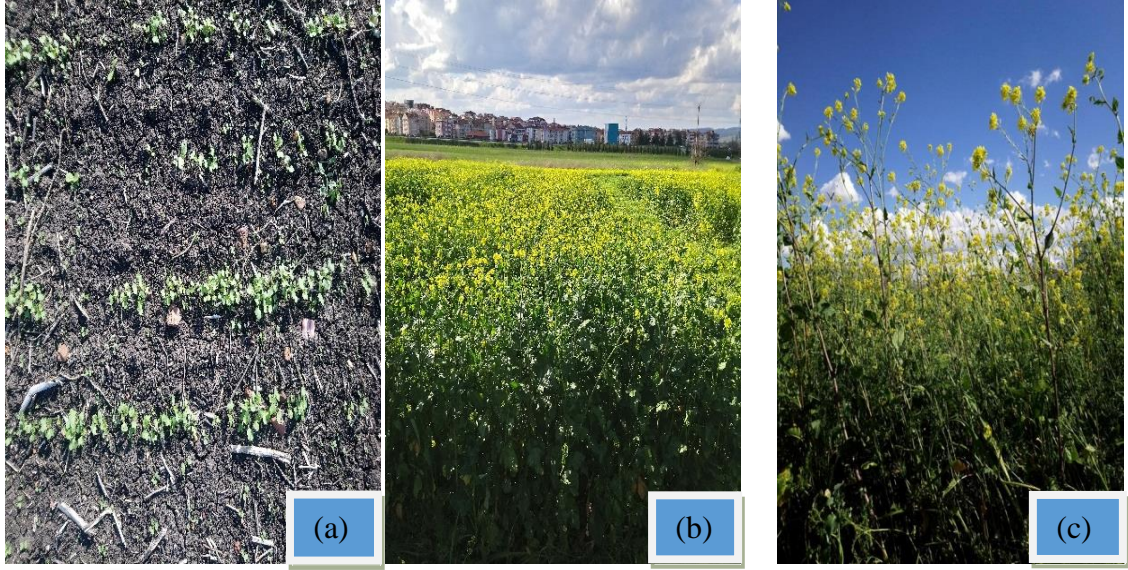
Asit Sayısı Tayini: KEM marka AT-510 model otomatik potansiyometrik titratör ile TS EN 14104 test yöntemine göre belirlenmiştir.

İyot Sayısı Tayini: KEM marka AT-510 model otomatik potansiyometrik titratör ile TS EN 14111 test yöntemine göre belirlenmiştir.

Metanol Muhtevası Tayini: Perkin Elmer marka Clarus 680 model Head Space üniteli Gaz Kromatografisi cihazı ile TS EN 14110 test yöntemine göre belirlenmiştir.

Yağ Asitleri Metil Ester (YAME) ve Linolenik Asit Metil Ester İçeriği Tayini: Perkin Elmer marka Clarus 680 model Gaz Kromatografisi cihazı ile TS EN 14103:2011 test yöntemine göre belirlenmiştir.

Mono- Di- ve Trigliserit Muhtevası Tayini: Perkin Elmer marka Clarus 680 model Gaz kromatografisi cihazı ile TS EN 14105:2011 test yöntemine göre belirlenmiştir.



Şekil 3.3. Hint hardalının bitki gelişim dönemleri; (a) İlk çıkış başlangıcı, (b) Tam çiçeklenme zamanı, (c) Belli gelişim dönemindeki hint hardalının genel görünümünden bir kesit.



Şekil 3.4. Hint hardalı gözlemler ve hasat işlemleri; (a) Rastgele yapılan 5 bitki seçimi ve elle hasadı, (b) Parsellerin biçerdöver ile hasadı.

3.2.3. Sonuçların İstatistiksel Değerlendirilmesi

Elde edilen veriler 8 x 9 dikdörtgen latis deneme desenine göre varyans analizine tabi tutulmuştur. Önemlilik testlerinde % 1 ve % 5, farklı grupların belirlenmesinde ise % 5 olasılık düzeyleri kullanılmıştır. İstatistiki farklı gruplar AÖF (LSD) testi ile belirlenmiştir. Tüm hesaplar bilgisayarda JMP-7 paket programı kullanılarak yapılmıştır. Yağ asitleri kompozisyonu ve biyodizel yakıt özelliklerinin belirlenmesi analizleri çok fazla zaman aldığı ve çok pahalı olduğundan dolayı tek tekerrür üzerinden iki paralelli olarak yapıldığı için bu özelliklerde varyans analizi yapılamamıştır.



4. BULGULAR VE TARTIŞMA

4.1. Çiçeklenme Gün Sayısı (gün)

Araştırmada ele alınan Hint hardalı hatları ve çeşitlerinde çiçeklenme gün sayısına ait varyans analizi sonuçları Çizelge 4.1.'de verilmiştir. Çizelge 4.1. incelendiğinde, çiçeklenme gün sayısı bakımından Hint hardalı genotipleri arasında %1 olasılık düzeyinde önemli farklılık bulunduğu görülmektedir.

Çizelge 4.1. Farklı Hint hardalı genotiplerinde çiçeklenme gün sayısına ait varyans analizi sonuçları

Varyasyon Kaynağı	Serbestlik Derecesi	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması
Tekrar	2	9,6	4,8
Blok[Tekrar]	24	78,8	3,3
Genotip	71	1231,3	17,3**
Hata	118	281,9	2,4
CV (%)		1,00	

Çalışmada yer alan Hint hardalı genotiplerine ait ortalama çiçeklenme gün sayısı değerleri incelendiğinde, CR2421 hattının 149,3 gün ile en erken çiçeklenen genotip olduğu, CN39624, CR80 ve CR2484 hatlarının sırasıyla; 158,9 ve 158,7 gün değerleri ile en geç çiçeklenen genotipler olduğu tespit edilmiştir (Çizelge 4.2.). Şahit çeşitlerin çiçeklenme gün sayıları ise 154,0-155,2 gün arasında değişmiştir. Yapmış oldukları çalışmalarda çiçeklenme gün sayılarını Gunasekera ve ark. (2016a) 66-97 gün, Sharma ve Sardana (2016), 86,0-121,8 gün aralığında tespit etmiştir. Bu değerler, bizim çalışmamızda elde ettiğimiz verilere göre daha kısadır. Çiçeklenme gün sayısı arasındaki bu farklılıkların denemelerin farklı genotiplerle, değişik ekim zamanları ve iklim koşulları altında kurulmuş olmasından kaynaklandığı düşünülmektedir.

Çizelge 4.2. Farklı Hint hardalı genotiplerinde çiçeklenme gün sayısına ait ortalama değerler

Genotip	Çiçeklenme Gün Sayısı (gün)	Genotip	Çiçeklenme Gün Sayısı (gün)
CR2480	153,8 g-o	CR2658	154,6 k-r
CR2516	152,2 b-k	CR2681	151,7 a-ı
CR83	152,7 c-m	CR2669	154,8 k-s
CR2673	150,6 a-f	CR2458	153,8 h-o
CR2675	156,8 q-v	CR494	155,5 n-t
CR2496	154,7 k-s	CR93	155,7 n-u
CR2504	158,6 u-v	CR2693	154,5 k-r
CR2484	158,7 v	CR2353	150,2 a-c
CR2526	152,5 b-l	CR2671	151,7 a-j
CR2640	154,5 j-r	CR2664	150,1 a-c
CR114	158,2 s-v	CR2635	154,0 ı-s
CR76	158,4 u-v	CR2701	158,7 v
CR2487	153,1 f-n	CR2619	154,8 k-s
CR2444	157,4 s-v	CR3484	154,69 k-r
CR2603	155,1 l-s	CR3326	154,93 l-s
CR80	158,9 v	CR2602	155,3 m-s
CR2455	156,7 p-v	CR104	155,3 m-s
CR115	155,7 n-u	CR2756	151,8 a-j
CR2451	156,0 o-v	CR97	150,3 a-d
CR2432	150,1 a-c	CR2421	149,3 a
CR2694	154,7 k-s	CR2471	155,1 m-s
CR2652	155,0 l-s	CR2478	150,3 a-e
CR2651	156,5 o-v	CR3356	150,5 a-f
CR79	155,4 m-s	CR3325	150,9 a-f
CR2515	151,1 a-g	CN101816	155,5 n-t
CR1208	155,1 l-s	CN101818	151,2 a-h
CR3333	154,2 l-r	CN31280	150,6 a-f
CR3339	149,9 ab	CN39623	150,0 ab
CR2459	154,7 k-s	CN39624	158,9 v
CR2646	154,9 l-s	CN39630	155,1 l-s
CR493	155,2 m-s	CN43441	15,4 n-s
CR3428	154,9 l-s	CN43437	150,7 a-f
CR3335	153,1 e-n	Burgonde	154,0 g-r
CR2489	150,7 a-f	Cutlass	155,2 m-s
CR2492	151,1 a-h	Saryam	154,3 ı-r
CR2488	153,0 d-n	Stoke	154,7 k-s
LSD (%5)	2,48		

4.2. Fizyolojik Olgunluk Sayısı (gün)

Farklı Hint hardalı hat ve çeşitlerinde fizyolojik olgunluk sayısına ait varyans analizi sonuçları Çizelge 4.3.'te verilmiştir. Çizelge 4.3. incelendiğinde, fizyolojik olgunluk sayısı bakımından hardal genotipleri arasında % 1 olasılık düzeyinde önemli farklılık bulunmuştur.

Çizelge 4.3. Farklı Hint hardalı genotiplerinde fizyolojik olgunluk sayısına ait varyans analizi sonuçları

Varyasyon Kaynağı	Serbestlik Derecesi	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması
Tekrar	2	8,3	4,1
Blok[Tekrar]	24	64,7	2,7
Genotip	71	1215,8	17,1**
Hata	118	302,6	2,5
CV (%)		0,7	

Çalışmada incelenen Hint hardalı genotiplerine ait ortalama fizyolojik olgunlaşma gün sayısı değerlerine göre; CR2421 hattı 223,4 gün değeri ile en erken fizyolojik olgunluğa ulaşırken; CR2701, CR2484, CR80 ve CN39624 hatlarının sırasıyla; 232,8, 232,8, 233,0 ve 233,1 gün değerleri ile en geç fizyolojik olgunluğa ulaştıkları tespit edilmiştir (Çizelge 4.4). Şahit çeşitlerin fizyolojik olgunlaşma gün sayıları ise 228,4-229,3 gün aralığında değişim göstermiştir. Bu konuda yapılmış diğer çalışmalara bakıldığında fizyolojik olgunluk gün sayılarını Sharma ve Sardana (2016) 149,3-159,8 gün, Singh ve ark. (2018) 154-156 gün aralığında tespit edildiğini bildirmiştir. Görüldüğü gibi bu değerler, bizim çalışmamızda elde ettiğimiz fizyolojik olgunlaşma gün sayısı değerlerine göre daha kısadır. Çiçeklenme gün sayısında olduğu gibi fizyolojik olgunlaşma gün sayısı arasındaki bu farklılıkların da denemelerin farklı genotiplerle, değişik ekim zamanları ve iklim koşulları altında kurulmuş olmasından kaynaklandığı düşünülmektedir.

Çizelge 4.4. Farklı Hint hardalı genotiplerinde fizyolojik olgunluk gün sayısına ait ortalama değerler

Genotip	Fizyolojik Olgunluk Sayısı (gün)	Genotip	Fizyolojik Olgunluk Sayısı (gün)
CR2480	227,7 f-o	CR2658	228,7 k-q
CR2516	226,3 b-k	CR2681	225,7 a-i
CR83	227,2 d-n	CR2669	228,9 k-q
CR2673	224,7 a-e	CR2458	228,2 g-p
CR2675	230,9 p-u	CR494	229,6 m-r
CR2496	228,8 k-q	CR93	229,6 m-s
CR2504	232,7 t-u	CR2693	228,7 j-p
CR2484	232,8 u	CR2353	224,3 a-c
CR2526	226,5 b-l	CR2671	225,8 a-i
CR2640	228,9 k-q	CR2664	224,2 a-c
CR114	232,3 r-u	CR2635	228,5 i-p
CR76	232,4 s-u	CR2701	232,8 u
CR2487	227,2 d-n	CR2619	228,8 k-q
CR2444	231,4 q-u	CR3484	228,5 i-p
CR2603	229,1 l-q	CR3326	229,0 k-q
CR80	233,0 u	CR2602	229,3 l-q
CR2455	230,7 p-u	CR104	229,4 m-q
CR115	226,9 c-m	CR2756	225,9 a-j
CR2451	229,9 n-t	CR97	224,4 a-d
CR2432	224,0 ab	CR2421	223, 4 a
CR2694	228,7 k-p	CR2471	229,2 l-q
CR2652	228,9 k-q	CR2478	224,2 a-c
CR2651	230,4 o-u	CR3356	224,6 a-e
CR79	229,2 l-q	CR3325	224,9 a-e
CR2515	225,6 a-g	CN101816	229,5 m-r
CR1208	229,0 k-q	CN101818	225,6 a-h
CR3333	228,3 h-p	CN31280	224,7 a-e
CR3339	223,9 ab	CN39623	224,1 ab
CR2459	228,8 k-q	CN39624	233,1 u
CR2646	228,9 k-q	CN39630	229,1 l-q
CR493	229,3 l-q	CN43441	229,5 m-r
CR3428	229,0 l-q	CN43437	224,8 a-e
CR3335	227,2 e-n	Burgonde	228,6 g-q
CR2489	224,6 a-e	Cutlass	229,3 l-q
CR2492	225,2 a-f	Saryam	228,4 g-p
CR2488	227,1 d-m	Stoke	228,8 k-q
LSD (%5)	2,38		

4.3. Bitki Boyu (cm)

Çalışmada incelenen Hint hardalı hatları ve çeşitlerinde bitki boyuna ait varyans analizi sonuçları Çizelge 4.5.'te verilmiştir. Çizelge 4.5. incelendiğinde, bitki boyu bakımından hardal genotipleri arasında % 1 olasılık düzeyinde önemli farklılık tespit edildiği görülmektedir.

Çizelge 4.5. Farklı Hint hardalı genotiplerinde bitki boyu değerlerine ait varyans analizi sonuçları

Varyasyon Kaynağı	Serbestlik Derecesi	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması
Tekrar	2	27,3	13,6
Blok[Tekrar]	24	2619,2	109,1
Genotip	71	21421,0	301,7**
Hata	118	3182,4	26,9
CV(%)		2,92	

Hint hardalı genotiplerine ait ortalama bitki boyu değerleri Çizelge 4.5.'de verilmiştir. Çalışmada 198,3 cm bitki boyu değeri ile CR2640 hardal hattı en uzun bitki boyuna sahip iken, 138,6 cm bitki boyu değeri ile CR97 hattının en kısa bitki boyuna sahip olduğu gözlemlenmiştir. Şahit çeşitler arasında en kısa bitki boyu 156,6 cm ile Burgonde çeşidinden, en uzun bitki boyu ise 175,8 cm ile Cutlass çeşidinden elde edilmiştir (Çizelge 4.6.). Yapmış oldukları çalışmalarda Hint hardalında bitki boyunu Zia-Ul-Hassan ve ark. (2014) 123,2-231,0, Saud ve ark. (2016) 175,2-186,2 cm ve Sharma ve Sardana (2016) 140,4-223,8 cm aralığında tespit etmiştir. Bizim çalışmamızda elde ettiğimiz sonuçlar bu çalışmaların sonuçlarıyla uyumludur.

Çizelge 4.6. Farklı Hint hardalı genotiplerine ait ortalama bitki boyu değerleri

Genotip	Bitki boyu (cm)	Genotip	Bitki boyu (cm)
CR2480	191,2 a-d	CR2658	182,6 d-m
CR2516	182,7 d-m	CR2681	187,7 b-g
CR83	181,4 e-o	CR2669	177,1 i-s
CR2673	171,7 p-v	CR2458	184,6 d-j
CR2675	169,2 r-v	CR494	178,1 h-r
CR2496	185,4 c-i	CR93	195,0 ab
CR2504	189,8 a-f	CR2693	184,8 d-j
CR2484	172,9 n-u	CR2353	178,1 h-r
CR2526	189,9 a-e	CR2671	170,8 r-v
CR2640	198,3 a	CR2664	163,5 v-y
CR114	177,2 i-s	CR2635	170,0 r-v
CR76	185,6 c-i	CR2701	188,4 b-g
CR2487	167,7 t-v	CR2619	184,1 d-k
CR2444	176,4 j-t	CR3484	181,6 e-n
CR2603	174,7 l-u	CR3326	191,2 a-d
CR80	172,8 n-u	CR2602	181,5 e-n
CR2455	173,3 n-u	CR104	188,8 b-g
CR115	166,2 u-x	CR2756	173,3 n-u
CR2451	182,5 d-m	CR97	138,6 z
CR2432	168,9 s-v	CR2421	155,3 yz
CR2694	174,3 m-u	CR2471	193,9 a-c
CR2652	180,8 f-p	CR2478	157,4 x-z
CR2651	173,1 n-u	CR3356	167,6 t-v
CR79	171,5 q-v	CR3325	181,2 g-n
CR2515	178,1 h-r	CN101816	187,2 b-h
CR1208	166,3 u-w	CN101818	174,9 k-u
CR3333	196,2 ab	CN31280	166,5 u-w
CR3339	182,7 d-m	CN39623	176,1 j-t
CR2459	188,7 b-g	CN39624	184,3 d-j
CR2646	190,9 a-d	CN39630	183,6 d-l
CR493	184,5 d-j	CN43441	180,1 g-q
CR3428	183 d-m	CN43437	154,3 z
CR3335	174,8 l-u	Burgonde	156,6 w-z
CR2489	169,5 r-v	Cutlass	175,8 j-t
CR2492	175,0 l-u	Saryam	172,3 o-v
CR2488	189,6 a-f	Stoke	166,7 uv
LSD (%5)	8,35		

4.4. Yan Dal Sayısı (adet)

Araştırmada incelenen Hint hardalı hatları ve çeşitlerinin yan dal sayılarına ait varyans analizi sonuçları Çizelge 4.7.'de verilmiştir. Elde edilen verilere göre, yan dal sayısı özelliği bakımından, Hint hardalı hatları ve çeşitleri arasında % 1 olasılık düzeyinde önemli farklılık bulunmuştur.

Çizelge 4.7. Farklı Hint hardalı genotiplerinde yan dal sayısı değerlerine ait varyans analizi sonuçları

Varyasyon Kaynağı	Serbestlik Derecesi	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması
Tekrar	2	1,1	0,5
Blok[Tekrar]	24	70,6	2,9
Genotip	71	244,5	3,4**
Hata	118	140,1	1,2
CV(%)		12,7	

Çalışmada ele alınan Hint hardalı genotiplerine ait ortalama yan dal sayısı değerleri incelendiğinde; CR2635 hattı, ortalama 11,9 adet yan dal sayısı değeri ile en çok yan dal sayısına sahip iken, CR2421 hattı, ortalama 6,4 adet ile en az yan dal sayısına sahip hat olarak bulunmuştur. Cutlass çeşidi 10,7 adet ile en fazla yan dal sayısına sahip olan şahit çeşit olurken, şahit çeşitler arasında en az yan dal sayısı 7,8 adet ile Saryam çeşidinden elde edilmiştir (Çizelge 4.8.). Bitkide yan dal sayısı değerlerini Saud ve ark. (2016) 9,4-11,8 adet, Sharma ve Sardana (2016) 6,5-15,3 adet ve Tiwari (2019) 3,4-13,0 adet arasında tespit etmiştir. Bu sonuçlar, bizim araştırmamızda elde ettiğimiz sonuçlarla paralellik göstermektedir.

Çizelge 4.8. Farklı Hint hardalı genotiplerine ait ortalama yan dal sayısı değerleri

Genotip	Yan Dal Sayısı (adet)	Genotip	Yan Dal Sayısı (adet)
CR2480	6,7 t-v	CR2658	8,7 e-s
CR2516	6,6 uv	CR2681	9,2 b-l
CR83	8,2 h-v	CR2669	8,2 h-v
CR2673	7,7 k-v	CR2458	7,8 i-v
CR2675	8,5 f-t	CR494	8,8 d-s
CR2496	7,5 k-v	CR93	7,1 q-v
CR2504	10,0 a-e	CR2693	7,3 l-v
CR2484	8,4 g-u	CR2353	9,1 b-m
CR2526	7,1 r-v	CR2671	9,1 b-m
CR2640	10,1 a-g	CR2664	7,2 n-v
CR114	8,3 g-v	CR2635	11,9 a
CR76	8,3 h-v	CR2701	10,3 a-f
CR2487	7,6 k-v	CR2619	7,2 n-v
CR2444	8,7 e-s	CR3484	9,9 b-h
CR2603	7,3 l-v	CR3326	8,6 e-s
CR80	8,3 g-v	CR2602	9,0 b-q
CR2455	8,6 e-s	CR104	9,0 b-p
CR115	9,0 b-p	CR2756	9,3 b-k
CR2451	8,2 h-v	CR97	7,1 r-v
CR2432	8,3 g-v	CR2421	6,4 v
CR2694	8,1 h-v	CR2471	9,1 b-o
CR2652	9,1 b-n	CR2478	7,5 k-v
CR2651	7,2 o-v	CR3356	8,9 b-r
CR79	7,8 j-v	CR3325	8,9 b-r
CR2515	8,1 h-v	CN101816	8,7 d-s
CR1208	8,2 h-v	CN101818	8,4 f-u
CR3333	7,7 k-v	CN31280	8,1 h-v
CR3339	8,8 c-r	CN39623	7,2 m-v
CR2459	8,8 d-s	CN39624	7,1 p-v
CR2646	9,7 b-i	CN39630	9,7 b-j
CR493	9,2 b-l	CN43441	8,7 e-s
CR3428	9,9 b-h	CN43437	6,6 t-v
CR3335	8,2 g-v	Burgonde	9,1 b-s
CR2489	6,9 s-v	Cutlass	10,7 a-c
CR2492	10,6 a-d	Saryam	7,8 k-v
CR2488	10,8 ab	Stoke	8,3 g-v
LSD (%5)	1,75		

4.5. Bitkide Harnup Sayısı (adet)

Denemede ele alınan Hint hardalı genotiplerinin bitkide harnup sayılarına ait varyans analizi sonuçları Çizelge 4.9.'da verilmiştir. Çizelge 4.9'da da görüldüğü gibi, bitkide harnup sayısı özelliği bakımından, Hint hardalı hatları ve çeşitleri arasında % 1 olasılık düzeyinde önemli farklılık bulunmuştur.

Çizelge 4.9. Farklı Hint hardalı genotiplerinde bitkide harnup sayısı değerlerine ait varyans analizi sonuçları

Varyasyon Kaynağı	Serbestlik Derecesi	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması
Tekrar	2	254,5	127,2
Blok[Tekrar]	24	13227,3	551,1
Genotip	71	760571,1	10712,3**
Hata	118	48518,6	411,2
CV(%)		6,96	

Araştırmada incelenen Hint hardalı genotiplerine ait ortalama bitkide harnup sayısı değerleri incelendiğinde; CR 2658 ve CR2619 hatları sırasıyla 429,4 ve 430,2 adet ile en fazla ortalama bitkide harnup sayısı değerlerine sahip olmuştur. En düşük ortalama bitkide harnup sayısı değerleri aynı istatistiksel grupta yer alan CR2421, CN39624, CN31280, CR3428, CN43441, CR2673, CR2669, CN39630, CR2664 ve CR39623 hatlarında tespit edilmiştir. Bu hatların bitkide harnup sayısı değerleri 144,6-225,6 adet arasında değişim göstermiştir (Çizelge 4.10.). Farklı Hint hardalı genotiplerinde bitkide harnup sayılarını Saud ve ark. (2016) 194,6-206,7 adet, Sodani ve ark. (2017) 180,0-220,0 adet ve Tiwari (2019) 85,0-289,2 adet ile bizim çalışmalarımızda elde ettiğimiz verilere göre daha düşük; Zia-Ul-Hassan ve ark. (2014) 154,8-1055,2 adet ve Sharma ve Sardana (2016) 210,1-608,8 adet ile bizim çalışmamıza benzer veya daha yüksek sonuçlar ulaşmıştır.

Çizelge 4.10. Farklı Hint hardalı genotiplerine ait ortalama bitkide harnup sayısı değerleri

Genotip	Bitkide Harnup Sayısı (adet)	Genotip	Bitkide Harnup Sayısı (adet)
CR2480	397,6 a-c	CR2658	429,4 a
CR2516	358,5 d-j	CR2681	233,2 yz
CR83	236,3 x-z	CR2669	211,4 z
CR2673	211,0 z	CR2458	250,6 t-z
CR2675	276,0 q-v	CR494	394,2 bc
CR2496	283,5 p-u	CR93	330,1 ı-m
CR2504	313,3 k-p	CR2693	262,8 s-y
CR2484	313,5 k-p	CR2353	339,6 f-l
CR2526	266,4 o-t	CR2671	326,4 j-m
CR2640	362,9 c-ı	CR2664	225,5 z
CR114	302,1 m-r	CR2635	238,7 w-z
CR76	355,7 d-j	CR2701	303,0 l-q
CR2487	244,6 v-z	CR2619	430,2 a
CR2444	266,2 s-y	CR3484	379,5 cd
CR2603	253,1 t-z	CR3326	243,6 v-z
CR80	342,9 f-k	CR2602	317,8 k-p
CR2455	332,1 h-m	CR104	251,0 u-z
CR115	324,4 j-n	CR2756	343,8 e-k
CR2451	305,8 l-q	CR97	325,1 x-z
CR2432	244,0 v-z	CR2421	144,6 z
CR2694	347,0 d-k	CR2471	275,3 q-v
CR2652	254,2 t-z	CR2478	238,6 w-z
CR2651	271,7 q-w	CR3356	256,3 t-z
CR79	269,8 r-x	CR3325	338,4 g-l
CR2515	319,6 k-o	CN101816	291,6 n-s
CR1208	345,9 d-k	CN101818	313,6 k-p
CR3333	370,2 c-g	CN31280	162,8 z
CR3339	366,2 c-h	CN39623	225,6 z
CR2459	255,5 t-z	CN39624	146,4 z
CR2646	326,0 j-n	CN39630	212,7 z
CR493	379,4 c-e	CN43441	201,8 z
CR3428	170,0 z	CN43437	232,8 yz
CR3335	265,5 s-y	Burgonde	420,3 ab
CR2489	327,2 ı-m	Cutlass	232,0 w-z
CR2492	328,4 ı-m	Saryam	243,1 v-z
CR2488	372,0 c-f	Stoke	252,3 t-z
LSD (%5)	32,7		

4.6. Harnupta Tane Sayısı (adet)

Farklı Hint hardalı hat ve çeşitlerinde harnupta tane sayısına ait varyans analizi sonuçları Çizelge 4.11.'de verilmiştir. Söz konusu çizelgede yer alan verilere göre, harnupta tane sayısı özelliği bakımından, hardal hatları ve çeşitleri arasında % 5 olasılık düzeyinde önemli farklılık tespit edilmiştir.

Çizelge 4.11. Farklı Hint hardalı genotiplerinde harnupta tane sayısı değerlerine ait varyans analizi sonuçları.

Varyasyon Kaynağı	Serbestlik Derecesi	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması
Tekrar	2	26,4	13,2
Blok[Tekrar]	24	323,1	13,4
Genotip	71	1285,6	18,1*
Hata	118	1722,3	14,6
CV(%)		8,8	

Araştırmada ele alınan Hint hardalı hatları ve çeşitlerine ait ortalama harnupta tane sayısı değerleri incelendiğinde; CR2451 hattı ortalama 23,5 adet harnupta tane sayısı değeri ile en yüksek harnupta tane sayısına sahip iken, CR493 hattı ortalama 7,7 adet harnupta tane sayısı değeri ile en düşük harnupta tane sayısına sahip hat olarak belirlenmiştir. Diğer yandan, Burgonde çeşidi 13,3 adet ile şahit çeşitler arasında en yüksek; Saryam çeşidi ise 9,6 adet ile en düşük harnupta tane sayısını vermiştir (Çizelge 4.12.). Harnupta tane sayısı değerlerini Saud ve ark. (2016), Sodani ve ark. (2017) ve Tiwari (2019) 10,0-16,1 adet aralığında bu çalışmanın sonuçlarına göre daha düşük; Zia-Ul-Hassan (2014) ve Sharma ve Sardana (2016) 10,8-29,9 adet ile bu çalışmanın sonuçlarına paralel olarak tespit etmişlerdir.

Çizelge 4.12. Farklı Hint hardalı genotiplerine ait ortalama harnupta tane sayısı değerleri

Genotip	Harnupta Tane Sayısı (adet)	Genotip	Harnupta Tane Sayısı (adet)
CR2480	13,6 b-d	CR2658	11,2 b-d
CR2516	11,1 b-d	CR2681	11,7 b-d
CR83	13,9 b-d	CR2669	11,9 b-d
CR2673	13,0 b-d	CR2458	10,8 b-d
CR2675	9,2 cd	CR494	9,9 cd
CR2496	10,8 b-d	CR93	11,3 b-d
CR2504	14,1 b-d	CR2693	11,5 b-d
CR2484	11,1 b-d	CR2353	14,7 bc
CR2526	13,1 b-d	CR2671	13,7 b-d
CR2640	12,1 b-d	CR2664	12,3 b-d
CR114	13,7 b-d	CR2635	12,4 b-d
CR76	9,7 cd	CR2701	11,4 b-d
CR2487	11,9 b-d	CR2619	11,6 b-d
CR2444	12,1 b-d	CR3484	13,4 b-d
CR2603	12,6 b-d	CR3326	12,8 b-d
CR80	10,9 b-d	CR2602	14,1 b-d
CR2455	12,9 b-d	CR104	11,8 b-d
CR115	12,8 b-d	CR2756	12,1 b-d
CR2451	23,5 a	CR97	11,9 b-d
CR2432	13,7 b-d	CR2421	8,3 cd
CR2694	12,1 b-d	CR2471	11,2 b-d
CR2652	11,2 b-d	CR2478	13,4 b-d
CR2651	12,1 b-d	CR3356	14,0 b-d
CR79	13,4 b-d	CR3325	16,3 b
CR2515	9,6 cd	CN101816	12,0 b-d
CR1208	10,4 b-d	CN101818	12,8 b-d
CR3333	10,9 b-d	CN31280	14,4 b-d
CR3339	13,4 b-d	CN39623	12,0 b-d
CR2459	10,3 b-d	CN39624	10,6 b-d
CR2646	12,1 b-d	CN39630	12,5 b-d
CR493	7,7 d	CN43441	13,2 b-d
CR3428	11,7 b-d	CN43437	11,9 b-d
CR3335	10,1 b-d	Burgonde	13,3 b-d
CR2489	11,5 b-d	Cutlass	9,9 cd
CR2492	11,7 b-d	Saryam	9,6 cd
CR2488	11,6 b-d	Stoke	12,5 b-d
LSD (%5)	6,15		

4.7. Tane Verimi (kg/da)

Bu çalışmada incelenen Hint hardalı hatları ve çeşitlerinin tane verimine ait varyans analizi sonuçları Çizelge 4.13.'de verilmiştir. Çizelge 4.13.'de de görüldüğü gibi, tane verimi özelliği bakımından, Hint hardalı hatları ve çeşitleri arasında % 1 olasılık düzeyinde önemli farklılık bulunmuştur.

Çizelge 4.13. Farklı Hint hardalı genotiplerinde tane verimine ait varyans analizi sonuçları

Varyasyon Kaynağı	Serbestlik Derecesi	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması
Tekrar	2	17748,6	8874,3
Blok[Tekrar]	24	12341,2	514,2
Genotip	71	981547,6	13824,6**
Hata	118	59169,4	501,4
CV(%)		10,1	

Farklı Hint hardalı hatları ve çeşitlerine ait ortalama tane verimi değerleri incelendiğinde; CR2658 (419,1 kg/da) ve CR2619 (416,9 kg/da) hatlarının en yüksek tane verimine sahip olduğu belirlenirken, CN101818, CR83, CR2421, CR2671, CR2487, CR3325, CR97, CR3356, CR2681, CR2504, CR2484 ve CR2478 hatlarının ise aynı istatistiksel grupta yer alarak en düşük tane verimlerine sahip olduğu ve tane verimlerinin 113,5-148,8 kg/da aralığında değişim gösterdiği saptanmıştır. Burgonde çeşidi 287,3 kg/da ile en yüksek tane verimine sahip şahit çeşit olmuştur. Diğer şahit çeşitlerden Stoke 266,3 kg/da ve Saryam 210,5 kg/da tane verimi sağlarken Cutlass çeşidi 184,4 kg/da ile en az tane verimi üreten çeşit olmuştur (Çizelge 4.14.). Bu konuda yapılan diğer çalışmalara bakıldığında; Hint hardalında dekara tane veriminin çok geniş sınırlar içerisinde (9,2-319,6 kg/da) değiştiği görülmektedir. Bu farklılıkların denemelerin farklı genotiplerle, değişik ekim zamanları ve iklim koşulları altında kurulmuş olmasından kaynaklandığı düşünülmektedir. Hint hardalında dekara tane verimi değerlerini Gunasekera ve ark. (2006a) 90-128 kg/da, Alam ve ark. (2014) 131,0-182,5 kg/da, Saud ve ark. (2016) 136,4-150,4 kg/da ve Sodani ve ark. (2017) 127,7-171,3 kg/da aralığında bizim çalışmamızda elde ettiğimiz bulgulara göre biraz daha düşük olarak tespit ederken; Zia-Ul-Hassan ve ark. (2014) 94,6-250,0 kg/da ve

Sharma ve Sardana (2016) 68,5-319,6 kg/da ile bizim sonuçlarımıza yakın bir şekilde belirlemiştir.

Çizelge 4.14. Farklı Hint hardalı genotiplerine ait ortalama tane verimi değerleri

Genotip	Tane Verimi (kg/da)	Genotip	Tane Verimi (kg/da)
CR2480	175,4 u-z	CR2658	419,1 a
CR2516	183,1 s-z	CR2681	126,4 z
CR83	144,8 z	CR2669	181,3 s-z
CR2673	192,1 p-y	CR2458	173,9 u-z
CR2675	188,4 p-y	CR494	348,7 b-d
CR2496	169,2 v-z	CR93	241,4 h-n
CR2504	124,3 z	CR2693	227,7 h-p
CR2484	122,2 z	CR2353	155,3 x-z
CR2526	331,2 c-e	CR2671	139,3 z
CR2640	326,6 de	CR2664	188,6 q-y
CR114	236,6 h-n	CR2635	193,6 o-x
CR76	324,3 de	CR2701	257,0 f-k
CR2487	134,7 z	CR2619	416,9 a
CR2444	220,1 k-s	CR3484	376,4 b
CR2603	186,5 q-z	CR3326	244,8 g-m
CR80	211,1 l-u	CR2602	262,6 f-j
CR2455	262,6 f-i	CR104	230,7 h-o
CR115	312,9 de	CR2756	155,8 w-z
CR2451	195,2 o-w	CR97	130,5 z
CR2432	180,0 t-z	CR2421	143,9 z
CR2694	203,4 n-v	CR2471	250,5 g-l
CR2652	181,1 t-z	CR2478	113,5 z
CR2651	246,8 g-m	CR3356	126,8 z
CR79	331,5 c-e	CR3325	131,4 z
CR2515	211,1 m-u	CN101816	180,4 t-z
CR1208	224,1 i-q	CN101818	148,8 z
CR3333	294,0 ef	CN31280	177,8 t-z
CR3339	215,5 l-t	CN39623	294,5 ef
CR2459	305,9 e	CN39624	243,9 h-m
CR2646	231,7 h-o	CN39630	153,9 yz
CR493	189,9 p-y	CN43441	308,1 de
CR3428	223,2 j-r	CN43437	155,7 x-z
CR3335	258,0 f-k	Burgonde	287,3 e-g
CR2489	256,4 f-k	Cutlass	184,4 r-z
CR2492	178,3 t-z	Saryam	210,5 m-u
CR2488	366,2 bc	Stoke	266,3 f-h
LSD (%5)			36,09

4.8. Bin Tane Ağırlığı (g)

Denemede ele alınan Hint hardalı hatları ve çeşitlerinde bin tane ağırlığına ait varyans analizi sonuçları Çizelge 4.15.'de verilmiştir. Elde edilen sonuçlara göre, bin tane ağırlığı özelliği bakımından, hardal hatları ve çeşitleri arasında % 1 olasılık düzeyinde önemli farklılık belirlenmiştir.

Çizelge 4.15. Farklı Hint hardalı genotiplerinde bin tane ağırlığına ait varyans analizi sonuçları

Varyasyon Kaynağı	Serbestlik Derecesi	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması
Tekrar	2	0,1	0,05
Blok[Tekrar]	24	0,7	0,03
Genotip	71	21,9	0,30**
Hata	118	3,9	0,03
CV(%)		5,2	

Araştırmada yer alan Hint hardalı genotiplerine ait ortalama bin tane ağırlığı değerleri incelendiğinde; CR2489 hattının 4,97 g ortalama bin tane ağırlığı değeri ile en yüksek bin tane ağırlığına sahip olduğu görülmektedir. Diğer taraftan, CN31280 hattı 2,87 g, CR2671 hattı 2,91 g, CR3339 hattı 2,93 g ve CR83 hattı ise 2,93 g ile en düşük bin tane ağırlığına sahip olan hatlar olmuştur. Şahit çeşitlerin bin tane ağırlığı değerleri ise Burgonde için 3,67 g, Stoke için 3,61 g, Cutlass için 3,52 g ve Saryam için ise 3,42 g olarak gerçekleşmiştir (Çizelge 4.16.). Yapmış oldukları çalışmalarda farklı Hint hardalı genotiplerinde bin tane ağırlığı değerlerini Saud ve ark. (2016) 3,92-4,73 g, Sharma ve Sardana (2016) 2,74-4,87 g ve Tiwari (2019) 3,21-6,19 g aralığında tespit etmiştir. Bizim çalışmamızda elde ettiğimiz bin tane ağırlığı değerleri de bu sınırlar içerisinde yer almaktadır.

Çizelge 4.16. Hint hardalı hatları ve çeşitlerine ait ortalama bin tane ağırlığı değerleri

Genotip	1000 Tane Ağırlığı (g)	Genotip	1000 Tane Ağırlığı (g)
CR2480	3,06 v-z	CR2658	3,73 c-f
CR2516	2,98 x-z	CR2681	3,11 r-z
CR83	2,93 z	CR2669	3,67 c-1
CR2673	2,94 yz	CR2458	3,71 c-g
CR2675	3,09 s-z	CR494	3,58 e-1
CR2496	3,57 e-m	CR93	3,74 c-f
CR2504	3,38 h-u	CR2693	3,54 e-m
CR2484	3,55 e-m	CR2353	3,18 o-z
CR2526	3,28 k-x	CR2671	2,91 z
CR2640	3,41 g-s	CR2664	3,59 e-k
CR114	3,59 e-k	CR2635	4,10 b
CR76	3,65 d-1	CR2701	3,37 h-v
CR2487	3,57 e-m	CR2619	3,49 f-o
CR2444	3,80 b-e	CR3484	3,07 u-z
CR2603	3,37 h-v	CR3326	3,46 f-p
CR80	3,36 1-v	CR2602	3,25 m-y
CR2455	3,14 p-z	CR104	3,35 1-v
CR115	3,55 e-m	CR2756	3,62 d-1
CR2451	3,73 c-f	CR97	3,11 r-z
CR2432	3,27 l-x	CR2421	3,40 h-t
CR2694	3,55 e-m	CR2471	2,98 w-z
CR2652	3,67 c-1	CR2478	3,92 b-d
CR2651	3,80 b-e	CR3356	2,96 x-z
CR79	3,41 g-s	CR3325	3,42 g-q
CR2515	3,53 e-m	CN101816	3,97 bc
CR1208	3,47 f-o	CN101818	3,17 o-z
CR3333	3,08 u-z	CN31280	2,87 z
CR3339	2,93 z	CN39623	3,68 c-h
CR2459	3,63 d-1	CN39624	3,80 b-e
CR2646	3,20 n-z	CN39630	3,15 p-z
CR493	3,55 e-m	CN43441	3,80 b-e
CR3428	3,56 e-m	CN43437	3,30 j-w
CR3335	3,08 t-z	Burgonde	3,67 c-1
CR2489	4,97 a	Cutlass	3,52 e-n
CR2492	3,12 q-z	Saryam	3,42 f-r
CR2488	3,54 e-m	Stoke	3,61 d-j
LSD (%5)	0,29		

4.9. Ham Yağ Oranı (%)

Araştırmada incelenen Hint hardalı genotiplerinin ham yağ oranlarına ait varyans analizi sonuçları Çizelge 4.17’de verilmiştir. Söz konusu sonuçlar incelendiğinde farklı Hint hardalı genotipleri arasındaki farklılıkların % 1 olasılık düzeyinde önemli olduğu görülmektedir.

Çizelge 4.17. Farklı Hint hardalı genotiplerinde ham yağ oranına ait varyans analizi sonuçları

Varyasyon Kaynağı	Serbestlik Derecesi	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması
Tekrar	2	0,2	0,1
Blok[Tekrar]	24	8,8	0,4
Genotip	71	991,8	13,9**
Hata	118	81,7	0,7
CV(%)		1,8	

Çalışmada ele alınan farklı Hint hardalı genotiplerine ait ortalama ham yağ oranı değerlerinin yer aldığı Çizelge 4.18 incelendiğinde; en yüksek ham yağ oranının % 51,6 değeriyle CR2458 hattından alındığı, CR493, CR3339, CR2515, CN43441, CR2669, CR2492, CR2640, CR2478, CR2484 ve CR2480 hatlarının ise % 41,8-42,6 arasında değerler alıp aynı istatistiksel grupta yer alarak son sıraları paylaştığı görülmektedir. Şahit çeşitler arasında Cutlass çeşidi % 47,6 ham yağ oranıyla en yüksek değeri alırken, en düşük değer % 41,9 ile Burgonde çeşidinden elde edilmiştir. Yapmış oldukları çalışmalarda farklı Hint hardalı genotiplerinin ham yağ oranı değerlerini Gesch ve ark. (2015) % 40,8-45,1, Sharma ve Sardana (2016) % 37,6-38,0, Sodani ve ark. (2017) % 35,7-42,9 ve Tiwari (2019) % 37,5-44,6 aralığında tespit etmiştir. Bizim çalışmamızda elde ettiğimiz ham yağ oranı değerleri Sharma ve Sardana (2016) ile Sodani ve ark. (2017)’nin bulgularına göre biraz daha yüksek; Gesch ve ark. (2015) ile Tiwari (2019)’un bulgularına ise daha yakındır. Ham yağ oranları arasındaki bu farklılıkların, araştırmaların farklı genotiplerle, farklı iklim ve toprak koşulları altında yürütülmesinden kaynaklandığı düşünülmektedir.

Çizelge 4.18. Hint hardalı hatları ve çeşitlerine ait ortalama ham yağ oranı değerleri

Genotip	Ham Yağ Oranı (%)	Genotip	Ham Yağ Oranı (%)
CR2480	42,6 z	CR2658	43,3 t-z
CR2516	44,2 r-x	CR2681	45,9 r-o
CR83	46,3 f-l	CR2669	42,2 z
CR2673	44,6 n-v	CR2458	51,6 a
CR2675	43,9 r-z	CR494	44,7 n-u
CR2496	44,2 r-x	CR93	50,5 ab
CR2504	43,2 v-z	CR2693	48,0 c-e
CR2484	42,6 z	CR2353	43,4 s-z
CR2526	42,9 x-z	CR2671	45,3 k-r
CR2640	42,3 z	CR2664	43,1 w-z
CR114	50,1 b	CR2635	44,5 o-w
CR76	46,8 c-j	CR2701	47,5 c-g
CR2487	44,2 r-y	CR2619	50,5 ab
CR2444	45,2 k-r	CR3484	47,4 c-i
CR2603	44,1 r-y	CR3326	43,9 r-z
CR80	42,9 x-z	CR2602	47,8 c-e
CR2455	42,9 x-z	CR104	48,1 cd
CR115	44,9 l-r	CR2756	45,3 k-r
CR2451	44,4 p-w	CR97	44,8 m-t
CR2432	44,0 r-z	CR2421	44,7 m-u
CR2694	44,5 o-w	CR2471	46,2 g-m
CR2652	44,7 n-u	CR2478	42,4 z
CR2651	42,7 yz	CR3356	45,1 l-r
CR79	45,7 j-q	CR3325	45,7 j-p
CR2515	42,2 z	CN101816	47,8 c-e
CR1208	45,2 k-r	CN101818	44,8 m-s
CR3333	45,1 k-r	CN31280	46,5 e-k
CR3339	42,0 z	CN39623	48,3 c
CR2459	44,3 q-x	CN39624	50,7 ab
CR2646	46,7 d-j	CN39630	45,0 l-r
CR493	41,8 z	CN43441	42,2 z
CR3428	44,1 r-z	CN43437	42,9 x-z
CR3335	43,9 r-z	Burgonde	41,9 z
CR2489	47,4 c-h	Cutlass	47,6 c-f
CR2492	42,3 z	Saryam	45,1 l-r
CR2488	45,2 k-r	Stoke	43,3 u-z
LSD (%5)	0,5		

4.10. Ham Yağ Verimi (kg/da)

Araştırmada incelenen Hint hardalı genotiplerinin ham yağ verimlerine ait varyans analizi sonuçları Çizelge 4.19’da verilmiştir. Söz konusu sonuçlar incelendiğinde farklı Hint hardalı genotipleri arasındaki farklılıkların % 1 olasılık düzeyinde önemli olduğu görülmektedir.

Çizelge 4.19. Farklı Hint hardalı genotiplerinde ham yağ verimine ait varyans analizi sonuçları

Varyasyon Kaynağı	Serbestlik Derecesi	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması
Tekrar	2	3442,2	1721,1
Blok[Tekrar]	24	2572,7	107,1
Genotip	71	218305,8	3074,7**
Hata	118	12061,68	102,22
CV(%)		10,1	

Çalışmada ele alınan farklı Hint hardalı hat ve çeşitlerine ait ortalama ham yağ verimi değerleri incelendiğinde; CR2619 hattının ortalama 210,0 kg/da ham yağ verimi değeri ile en yüksek ham yağ verimine sahip olduğu belirlenirken, CR2478, CR2484, CR2504, CR3356, CR2681, CR97, CR2487, CR3325, CR2671, CR2421, CN101818, CN43437, CR83, CR2353 ve CN39630 hatlarının ise ortalama 47,3-69,2 kg/da arasında değişiklik gösteren ham yağ verimi değerleri ile en düşük ham yağ verimine sahip hatlar olduğu belirlenmiştir.

Çizelge 4.20. Hint hardalı hatları ve çeşitlerine ait ortalama ham yağ verimi değerleri

Genotip	Ham Yağ Verimi (kg/da)	Genotip	Ham Yağ Verimi (kg/da)
CR2480	74,7 x-z	CR2658	182,4 b
CR2516	80,9 w-z	CR2681	58,4 z
CR83	67,3 z	CR2669	76,9 w-z
CR2673	85,9 t-z	CR2458	89,6 r-x
CR2675	82,9 u-z	CR494	154,7 cd
CR2496	74,7 x-z	CR93	121,9 h-m
CR2504	53,8 z	CR2693	109,5 k-p
CR2484	51,6 z	CR2353	67,4 z
CR2526	142,1 d-f	CR2671	63,3 z
CR2640	138,4 d-h	CR2664	81,5 v-z
CR114	118,3 i-n	CR2635	86,5 t-z
CR76	152,2 c-e	CR2701	122,1 h-m
CR2487	59,7 z	CR2619	210,0 a
CR2444	99,4 o-u	CR3484	178,6 b
CR2603	82,3 u-z	CR3326	107,4 l-r
CR80	90,2 r-x	CR2602	124,9 f-k
CR2455	112,5 j-o	CR104	111,6k-p
CR115	140,6 d-g	CR2756	71,3 yz
CR2451	86,4 t-z	CR97	58,6 z
CR2432	79,5 w-z	CR2421	64,0 z
CR2694	91,1 q-x	CR2471	115,4 i-o
CR2652	80,6 v-z	CR2478	47,4 z
CR2651	105,3 m-s	CR3356	56,4 z
CR79	151,5 c-e	CR3325	60,5 z
CR2515	89,3 s-x	CN101816	86,8 t-z
CR1208	101,3 n-t	CN101818	66,6 z
CR3333	132,8 f-i	CN31280	82,5 u-z
CR3339	91,2 q-x	CN39623	141,9 d-f
CR2459	136,3 e-h	CN39624	123,7 g-l
CR2646	107,7 k-q	CN39630	69,2 z
CR493	79,9 w-z	CN43441	130,3 f-j
CR3428	98,4 o-v	CN43437	67,1 z
CR3335	113,5 j-o	Burgonde	120,8 h-n
CR2489	121,4 h-m	Cutlass	88,3 s-y
CR2492	75,6 x-z	Saryam	94,5 p-w
CR2488	168,4 bc	Stoke	115,4 i-o
LSD (%5)		16,2	

4.11. Yağ Asitleri Kompozisyonu (%)

Çalışmada yer alan Hint hardalı genotiplerinin yağ asitleri kompozisyonlarının yer aldığı Çizelge 4.17 incelendiğinde; Hint hardalı genotiplerinin palmitik asit oranlarının % 2,9-3,9 (ortalama % 3,5); stearik asit oranlarının % 1,1-1,9 (ortalama % 1,5); oleik asit oranlarının % 3,8-19,6 (ortalama % 14,4); linoleik asit oranlarının 18,0-27,0 (ortalama % 22,8); linolenik asit oranlarının % 12,7-17,5 (ortalama % 15,7) ve erusik asit oranlarının ise % 21,1-51,0 (ortalama % 36,6) arasında değiştiği görülmektedir.

Çizelge 4.21a. Hint hardalı hatları ve çeşitlerinin yağ asitleri kompozisyonu

Genotip	Yağ Asitleri Kompozisyonu (%)					
	Palmitik Asit	Stearik Asit	Oleik Asit	Linoleik Asit	Linolenik Asit	Erusik Asit
CR2480	3,5	1,3	9,2	18,7	14,6	39,2
CR2516	3,1	1,4	17,7	19,9	12,7	34,0
CR83	3,3	1,5	16,2	20,7	13,3	33,5
CR2673	3,2	1,6	18,2	22,5	14,2	27,5
CR2675	3,2	1,5	18,1	22,2	14,0	27,3
CR2496	3,7	1,6	18,1	24,2	17,0	21,1
CR2504	3,3	1,4	15,2	21,8	15,3	31,7
CR2484	3,7	1,6	18,3	24,6	15,6	34,3
CR2526	3,7	1,7	18,6	24,7	15,6	34,6
CR2640	2,9	1,2	11,8	19,2	14,4	39,1
CR114	2,9	1,2	10,4	19,5	14,5	39,9
CR76	3,7	1,8	18,1	24,4	17,1	33,0
CR2487	3,7	1,8	18,1	24,4	17,1	32,9
CR2444	3,3	1,5	15,2	22,0	15,5	40,4
CR2603	3,3	1,5	15,4	21,9	15,4	40,3
CR80	3,2	1,5	18,5	24,2	14,7	24,8
CR2455	3,2	1,5	17,9	24,4	14,8	24,9
CR115	3,5	1,7	16,7	25,2	17,1	34,0
CR2451	3,5	1,7	16,6	25,3	17,2	33,9
CR2432	3,4	1,6	12,4	22,9	16,6	41,0
CR2694	3,4	1,6	12,5	22,8	16,5	41,1
CR2652	3,2	1,6	17,3	23,7	14,6	25,6
CR2651	3,2	1,6	18,0	23,6	14,5	25,3
CR79	3,5	1,8	16,6	26,7	15,0	34,6
CR2515	3,5	1,8	17,4	26,3	14,7	34,5
CR1208	3,8	1,9	17,7	26,2	17,3	31,1
CR3333	3,8	1,9	18,9	25,9	17,1	30,5
CR3339	3,7	1,9	18,4	27,0	17,1	30,0
CR2459	3,7	1,9	19,6	26,7	17,0	29,3
CR2646	3,6	1,1	6,2	19,0	16,7	50,8
CR493	3,1	1,4	17,7	19,9	12,7	33,7
CR3428	3,3	1,5	16,2	20,7	13,3	27,4
CR3335	3,2	1,6	18,2	22,5	14,2	29,3

Çizelge 4.21b. Hint hardalı hatları ve çeşitlerinin yağ asitleri kompozisyonu (devam)

Genotip	Yağ Asitleri Kompozisyonu (%)					
	Palmitik Asit	Stearik Asit	Oleik Asit	Linoleik Asit	Linolenik Asit	Erusik Asit
CR2489	3,2	1,5	18,1	22,2	14,0	31,8
CR2492	3,7	1,6	18,1	24,2	17,0	28,6
CR2488	3,3	1,4	15,2	21,8	15,3	35,1
CR2658	3,7	1,6	18,3	24,6	15,6	26,4
CR2681	3,7	1,7	18,6	24,7	15,6	34,5
CR2669	2,9	1,2	11,8	19,2	14,4	39,5
CR2458	2,9	1,2	10,4	19,5	14,5	32,9
CR494	3,7	1,8	18,1	24,4	17,1	40,3
CR93	3,7	1,8	18,1	24,4	17,1	24,9
CR2693	3,3	1,5	15,2	22,0	15,5	34,0
CR2353	3,3	1,5	15,4	21,9	15,4	26,9
CR2671	3,2	1,5	18,5	24,2	14,7	32,5
CR2664	3,2	1,5	17,9	24,4	14,8	41,0
CR2635	3,5	1,7	16,7	25,2	17,1	25,4
CR2701	3,5	1,7	16,6	25,3	17,2	34,5
CR2619	3,4	1,6	12,4	22,9	16,6	30,8
CR3484	3,4	1,6	12,5	22,8	16,5	29,6
CR3326	3,2	1,6	17,3	23,7	14,6	51,0
CR2602	3,2	1,6	18,0	23,6	14,5	35,8
CR104	3,5	1,8	16,6	26,7	15,0	49,6
CR2756	3,5	1,8	17,4	26,3	14,7	50,4
CR97	3,8	1,9	17,7	26,2	17,3	45,0
CR2421	3,8	1,9	18,9	25,9	17,1	49,7
CR2471	3,7	1,9	18,4	27,0	17,1	49,5
CR2478	3,7	1,9	19,6	26,7	17,0	49,9
CR3356	3,6	1,1	6,2	19,0	16,7	46,4
CR3325	3,7	1,1	5,4	19,1	16,8	48,9
CN101816	3,3	1,3	6,4	20,2	16,9	50,8
CN101818	3,3	1,3	6,9	19,8	16,4	46,9
CN31280	3,6	1,2	3,8	20,2	17,5	45,4
CN39623	3,5	1,2	5,0	19,9	17,2	43,8
CN39624	3,4	1,1	8,2	18,0	15,0	39,6
CN39630	3,3	1,1	7,8	18,0	15,1	30,9
CN43441	3,8	1,2	6,7	20,2	15,6	48,0
CN43437	3,9	1,2	5,5	20,5	15,9	46,8
Burgonde	3,9	1,3	4,3	21,6	15,9	45,4
Cutlass	3,8	1,3	6,7	21,1	15,6	45,5
Saryam	3,7	1,2	5,3	20,4	17,0	43,9
Stoke	3,7	1,2	5,1	20,4	16,9	33,7
Ortalama	3,5	1,5	14,4	22,8	15,7	36,6

Bu konuda yapılmış olan diğer çalışmalara bakıldığında; Turi ve ark. (2010) yapmış oldukları çalışmada Hint hardalı genotiplerinde oleik asit oranlarını % 33,3-37,8 ve erusik asit oranlarını ise % 13,6-47,4 aralığında tespit etmiştir. Toosi ve ark. (2013) ise palmitik asit oranını % 2,8, stearik asit oranını % 1,4, oleik asit oranını % 18,2, linoleik

asit oranını % 16,9, linolenik asit oranını % 5,5 ve erusik asit oranını ise % 42,0 olarak tespit etmiştir.

4.12. Biyodizel Yakıt Özellikleri

Araştırmada ele alınan farklı Hint hardalı genotiplerinin biyodizel yakıt özellikleri ve bu özelliklere ait TS 14214 biyodizel standardının sınır değerleri Çizelge 4.18a ve Çizelge 4.18b de verilmiştir. Çizelge 4.18a'da yer alan CR76, CR79, CR1208, CR2459, CR2646, CR2488, CR2658 ve CR484 genotiplerine ait biyodizel yakıt özellikleri ve bu özelliklere ait TS 14214 biyodizel standardının sınır değerlerine bakıldığında; akma noktası, soğuk filtre tıkanma noktası, asit sayısı, iyot sayısı, yağ asitleri metil esteri (YAME), yoğunluk, parlama noktası, mikro karbon kalıntısı, su içeriği, bakır şerit korozyonu, metanol oranı, linolenik asit metil ester oranı ve oksidasyon kararlılığı bakımından tüm genotiplerin TS 14214 biyodizel standardının sınır değerleri içerisinde yer aldığı görülmektedir. Sadece kinematik vizkozite bakımından CR2488 genotipinin dışındaki Hint hardalı genotipleri TS 14214 biyodizel standardı üst sınır değeri olan 5,0 mm²/s'nin biraz üzerinde değerler almıştır. Ancak, genel olarak söz konusu 8 genotipin de biyodizel üretimine uygun olduğu söylenebilir.

CR2619, CR3484, CR3326, CN39623, CN43441, Burgonde ve Stoke Hint hardalı genotiplerine ait biyodizel yakıt özellikleri ve bu özelliklere ait TS 14214 biyodizel standardının sınır değerlerinin yer aldığı Çizelge 4.18b'ye bakıldığında, yine kinematik vizkozite dışındaki bütün biyodizel yakıt özellikleri bakımından bütün genotiplerin TS 14214 biyodizel standardının sınır değerleri içerisinde yer aldığı görülmektedir. Kinematik vizkozite bakımından bazı Hint hardalı genotipleri TS 14214 biyodizel standardı üst sınır değeri olan 5,0 mm²/s'nin çok az üzerinde değerler almıştır. Ancak, genel bir değerlendirme yapıldığında Çizelge 4.18b'de yer alan 7 Hint hardalı genotipinin de biyodizel üretimine uygun olduğu söylenebilir. Jham ve ark. (2009), farklı Hint hardalı genotiplerine ait yağlardan elde ettikleri biyodizellerin kalite özelliklerini inceledikleri çalışmalarında, Hint hardalı biyodizelinin yakıt özelliklerinin uluslararası biyodizel yakıt standartları olan ASTM D6751(ABD) ve EN 14214 (Avrupa Birliği) standartlarına uygun olduğunu bildirmişlerdir.

Çizelge 4.22a. Seçilmiş Bazı Hint Hardalı Genotiplerinin Biyodizel Analiz Sonuçları ve Referans Değerleri

Analiz Adı	Birimi	TS 14214 Sınır Değerleri		Genotipler							
		En Az	En Çok	CR76	CR79	CR1208	CR2459	CR2646	CR2488	CR2658	CR494
Akma Noktası	°C	-31,7	-	-18	-14	-15	-16	-12	-16	-14	-15
Soğuk Filtre Tıkanma Nok.	°C	-20	+5	-2	-2	-1	-2	-4	-3	-1	-3
Asit Sayısı	mg KOH/g	-	0,50	0,09	0,09	0,10	0,09	0,10	0,10	0,10	0,10
İyot Sayısı	g İyot/100 gr	-	120	99	99	101	97	100	99	100	99
Yağ asitleri metil ester (YAME)	% (m/m)	96,5	-	92	92	92	90	91	92	93	92
Yoğunluk	kg/m ³	860	900	882	883	882	883	882	882	882	882
Kinematik viskozite	mm ² /s	3,5	5,0	5,2	5,1	5,5	5,3	5,3	5,0	5,3	5,2
Parlama Noktası	°C	120	-	120<	120<	120<	120<	120<	120<	120<	120<
Mikro karbon kalıntısı	% (m/m)	-	0,30	0,0008	0,0019	0,0019	0,0013	0,0015	0,0013	0,0019	0,0013
Su içeriği	mg/kg	-	500	219	277	265	256	220	225	251	268
Bakır şerit korozyonu	-	1	-	1-a	1-a	1-a	1-a	1-a	1-a	1-a	1-a
Metanol oranı	% (m/m)	-	0,20	0,0022	0,0020	0,0013	0,0014	0,0019	0,0016	0,0019	0,0011
Linolenik asit metil ester	% (m/m)	-	12	11	11	11	11	11	11	11	11
Oksidasyon kararlılığı	Saat (h)	8,0	-	21	23	22	22	21	22	21	21

Çizelge 4.22b. Seçilmiş Bazı Hint Hardalı Genotiplerinin Biyodizel Analiz Sonuçları ve Referans Değerleri

Analiz Adı	Birimi	TS 14214 Sınır Değerleri		Genotipler						
		En Az	En Çok	CR2619	CR3484	CR3326	CR39623	CN43441	Burgond e	Stoke
Akma Noktası	°C	-31,7	-	-14	-16	-14	-13	-16	-14	-15
Soğuk Filtre Tıkanma Nok.	°C	-20	+5	-2	-3	-3	-2	-4	-3	-2
Asit Sayısı	mg KOH/g	-	0,50	0,09	0,10	0,10	0,08	0,08	0,08	0,08
İyot Sayısı	g İyot/100 gr	-	120	99	101	98	99	100	100	99
Yağ asitleri metil ester (YAME)	% (m/m)	96,5	-	92	93	93	93	92	94	91
Yoğunluk	kg/m ³	860	900	883	882	882	882	882	882	882
Kinematik viskozite	mm ² /s	3,5	5,0	5,0	5,3	5,0	5,2	5,1	5,1	5,2
Parlama Noktası	°C	120	-	120<	120<	120<	120<	120<	120<	120<
Mikro karbon kalıntısı	% (m/m)	-	0,30	0,0020	0,0016	0,0019	0,0011	0,0018	0,0014	0,0014
Su içeriği	mg/kg	-	500	223	212	306	226	223	201	233
Bakır şerit korozyonu	-	1	-	1-a	1-a	1-a	1-a	1-a	1-a	1-a
Metanol oranı	% (m/m)	-	0,20	0,0020	0,0017	0,0013	0,0015	0,0015	0,0018	0,0007
Linolenik asit metil ester	% (m/m)	-	12	10	11	11	12	11	11	11
Oksidasyon kararlılığı	Saat (h)	8,0	-	20	22	21	22	21	22	20

5. SONUÇ

Farklı Hint hardalı (*Brassica juncea* L.) genotiplerinin verim ve kalite özellikleri ile biyodizele uygunluklarını belirlemek amacıyla yürütülen bu araştırmadan elde edilen sonuçlara ilişkin olarak genel bir değerlendirme yapıldığında; CR2421 hattının 149,3 gün ile en erken çiçeklenen genotip olduğu, CN39624, CR80 ve CR2484 hatlarının sırasıyla; 158,9 ve 158,7 gün değerleri ile en geç çiçeklenen genotipler olduğu tespit edilmiştir. Şahit çeşitlerin çiçeklenme gün sayıları ise 154,0-155,2 gün arasında değişmiştir. CR2421 hattı 223,4 gün değeri ile en erken fizyolojik olgunluğa ulaşırken; CR2701, CR2484, CR80 ve CN39624 hatlarının sırasıyla; 232,8, 232,8, 233,0 ve 233,1 gün değerleri ile en geç fizyolojik olgunluğa ulaştıkları tespit edilmiştir. Şahit çeşitlerin fizyolojik olgunlaşma gün sayıları ise 228,4-229,3 gün aralığında değişim göstermiştir. Çalışmada 198,3 cm bitki boyu değeri ile CR2640 hardal hattı en uzun bitki boyuna sahip iken, 138,6 cm bitki boyu değeri ile CR97 hattının en kısa bitki boyuna sahip olduğu gözlemlenmiştir. Şahit çeşitler arasında en kısa bitki boyu 156,6 cm ile Burgonde çeşidinden, en uzun bitki boyu ise 175,8 cm ile Cutlass çeşidinden elde edilmiştir. CR2635 hattı, ortalama 11,9 adet yan dal sayısı değeri ile en çok yan dal sayısına sahip iken, CR2421 hattı, ortalama 6,4 adet ile en az yan dal sayısına sahip hat olarak bulunmuştur. Cutlass çeşidi 10,7 adet ile en fazla yan dal sayısına sahip olan şahit çeşit olurken, şahit çeşitler arasında en az yan dal sayısı 7,8 adet ile Saryam çeşidinden elde edilmiştir. CR 2658 ve CR2619 hatları sırasıyla 429,4 ve 430,2 adet ile en fazla ortalama bitkide harnup sayısı değerlerine sahip olmuştur. En düşük ortalama bitkide harnup sayısı değerleri aynı istatistiksel grupta yer alan CR2421, CN39624, CN31280, CN43441, CR2673, CR2669, CN39630, CR2664 ve CR39623 hatlarında tespit edilmiştir. Bu hatların bitkide harnup sayısı değerleri 144,6-225,6 adet arasında değişim göstermiştir. CN2451 hattı ortalama 23,5 adet harnupta tane sayısı değeri ile en yüksek harnupta tane sayısına sahip iken, CR493 hattı ortalama 7,7 adet harnupta tane sayısı değeri ile en düşük harnupta tane sayısına sahip hat olarak belirlenmiştir. Diğer yandan, Burgonde çeşidi 13,3 adet ile şahit çeşitler arasında en yüksek; Saryam çeşidi ise 9,6 adet ile en düşük harnupta tane sayısını vermiştir.

Araştırmada, CR2658 (419,1 kg/da) ve CR2619 (416,9 kg/da) hatlarının en yüksek tane verimine sahip olduğu belirlenirken, CN101818, CR83, CR2421, CR2671, CR2487, CR3325, CR97, CR3356, CR2681, CR2504, CR2484 ve CR2478 hatlarının ise aynı istatistiksel grupta yer alarak en düşük tane verimlerine sahip olduğu ve tane verimlerinin 113,5-148,8 kg/da aralığında değişim gösterdiği saptanmıştır. Burgonde çeşidi 287,3 kg/da ile en yüksek tane verimine sahip şahit çeşit olmuştur. Diğer şahit çeşitlerden Stoke 266,3 kg/da ve Saryam 210,5 kg/da tane verimi sağlarken Cutlass çeşidi 184,4 kg/da ile en az tane verimi üreten çeşit olmuştur. CR2489 hattının 4,97 g ortalama bin tane ağırlığı değeri ile en yüksek bin tane ağırlığına sahip olduğu görülmektedir. Diğer taraftan, CN31280 hattı 2,87 g, CR2671 hattı 2,91 g ve CR83 hattı ise 2,93 g ile en düşük bin tane ağırlığına sahip olan hatlar olmuştur. Şahit çeşitlerin bin tane ağırlığı değerleri ise Burgonde için 3,67 g, Stoke için 3,61 g, Cutlass için 3,52 g ve Saryam için ise 3,42 g olarak gerçekleşmiştir. CR2458 hattı % 51,6 değeri ile en yüksek ham yağ oranına sahip iken, sırasıyla CR493, CR3339, CR2515, CN43441, CR2669, CR2492, CR2640, CR2478, CR2484 ve CR2480 hatlarının aynı istatistiksel grupta yer alarak en düşük ham yağ oranlarına sahip olduğu ve ham yağ oranlarının % 41,8-% 51,6 arasında değişim gösterdiği tespit edilmiştir. CR2619 hattının 210,0 kg/da ile en yüksek ham yağ verimine sahip olduğu belirlenmiştir. En düşük ham yağ verimi değerleri aynı istatistiksel grupta yer alan, CR2478, CR2484, CR2504, CR3356, CR2681, CR97, CR2487, CR3325, CR2671, CR2421, CN101818, CN43437, CR83, CR2353 ve CN39630 hatlarında tespit edilmiştir. Bu hatların ham yağ verimi değerleri 47,3-69,2 kg/da arasında değişiklik göstermiştir.

Yağ asitleri kompozisyonlarına bakıldığında, Hint hardalı genotiplerinin palmitik asit oranlarının % 2,9-3,9 (ortalama % 3,5); stearik asit oranlarının % 1,1-1,9 (ortalama % 1,5); oleik asit oranlarının % 3,8-18,6 (ortalama % 14,4); linoleik asit oranlarının 18,0-27,0 (ortalama % 22,8); linolenik asit oranlarının % 12,7-17,2 (ortalama % 15,7) ve erusik asit oranlarının ise % 21,1-51,0 (ortalama % 36,6) arasında değiştiği görülmektedir. Araştırmada ele alınan Hint hardalı genotiplerinin biyodizel yakıt özellikleri ve bu özelliklere ait TS 14214 biyodizel standardının sınır değerleri incelendiğinde kinematik vizkozite dışındaki bütün yakıt özelliklerinin TS 14214 biyodizel standardının sınır değerleri içerisinde yer aldığı görülmektedir. Kinematik

vizkozite bakımından bazı genotipler TS 14214 biyodizel standardı üst sınır değeri olan 5,0 mm²/s'nin biraz üzerinde değerler almıştır. Ancak, tüm biyodizel yakıt özellikleri birlikte değerlendirildiğinde araştırmada ele alınan Hint hardalı genotiplerinin tümünün biyodizel üretiminde kullanılabileceği söylenebilir.

Sonuç olarak, araştırmada incelenen bütün özellikler bakımından genel bir değerlendirme yapıldığında CR2658 ve CR 2619 hatları ile Burgonde ve Stoke şahit çeşitleri verim ve verim komponentleri bakımından ön plana çıkmıştır. Bu çalışmada ön plana çıkan hatların uygun bir ıslah programına alınarak tane ve yağ verimi yüksek çeşit adaylarının geliştirilmesi mümkün olabilecektir.



KAYNAKLAR

- Alam, M.M., Begum, F., Roy, P. 2014.** Yield and yield attributes of rapeseed-mustard (*Brassica*) genotypes grown under late sown condition. *Bangladesh J. Agril. Res.*, 39(2): 311-336.
- Alpgiray, B., Gürhan, R. 2007.** Kanola yağının diesel motorunun performansına ve emisyon karakteristiklerine etkilerinin belirlenmesi. *Ankara Üni. Tarım Bilimleri Dergisi*, 13(3): 231-239.
- Aysal, F.E., Aksoy, F., Şahin, A., Aksoy, L., Yıldırım, H. 2014.** Hardal yağından biyodizel üretiminin optimizasyonu ve motor performans testleri. *AKU. J. Sci. Eng.*, 14: 1-9.
- Al-dobouni, I.A., Fadhil, A.B., Saeed, K. 2016.** Optimized alkali-catalyzed transesterification of wild mustard (*Brassica juncea* L.) seed oil. *Taylor & Franchis Group, LLC*, 38(15): 2319-2325.
- Bannikov, M.G. 2011.** Combustion and emissions characteristic of mustard biodiesel. 6. International Advanced Technologies Symposium (IATS' 11), 16-18 May 2011, Elazığ, Turkey.
- Blackshaw, R.E., Johnson, E.N., Gan, Y., May, W.E., McAndrew, D.W., Barthet, V., McDonald, T., Wispinski, D. 2011.** Alternative oilseed crops for biodiesel feedstock on the Canadian prairies. *Can. J. Plant Sci.*, 91: 889-896.
- Boffito, D.C., Pirola, C., Galli, F., Di Michele, A., Bianchi, C.L. 2012.** Free fatty acids esterification of waste cooking oil and its mixtures with rapeseed oil and diesel. *Fuel*, DOI: 10.1016/j.fuel.2012.10.069.
- Chakraborty, R., Das, S., Pradhan, P., Mukhopadhyay, P. 2014.** Prediction of optimal conditions in the methanolysis of mustard oil for biodiesel production using cost-effective Mg-solid catalysts. *Industrial & Engineering Chemistry Research*, 53: 19681-19689.
- Chen, S., Wan, Z., Nelson, M.N., Chauhan, J.S., Redden, R., Burton, W.A., Lin, P., Salisbury, P.A., Fu, T., Cowling, W.A. 2013.** Evidence from genome-wide simple sequence repeat markers for a polyphyletic origin and secondary centers of genetic diversity of *Brassica juncea* in China and India. *Journal of Heredity*, 104: 416-427.
- Çelikten, İ., Arslan, M.A. 2008.** Dizel yakıtı, kanola yağı ve soya yağı metil esterlerinin direkt püskürtmeli bir dizel motorunda performans ve emisyonlarına etkilerinin incelenmesi. *Gazi Üni. Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 23(4): 829-836.
- Gan, Y., Mahli, S., Brandt, S., Katepa-Mupondwa, F., Kutcher, H. 2008.** Optimizing the production of *Brassica juncea* canola, in comparison with other *Brassica* species, in different soil-climatic zones, Report, prepared for Saskatchewan Canola Development Commission. Available online: <http://saskcanola.com/media/pdfs/report-Gan-optimizing-short.pdf>. [Erişim Tarihi: 18 Şubat 2019].
- Gesch, R.W., Isbell, T.A., Oblath, E.A., Allen B.L., Archer, D.W., Brown, J., Hatfield, J.L., Jabro, J.D., Kiniry, J.R., Long, D.S., Vigil, M.F. 2015.** Comparison of several *Brassica* species in the north central US for potential jet fuel feedstock. *Industrial Crops and Products*, 75: 2-7.
- Gizlenci, Ş., Acar, M. 2008.** "Enerji Bitkileri Tarımı ve Biyoyakıtlar (Biyomotorin, Biyoetanol, Biyomas)," Enerji Bitkileri ve Biyoyakıtlar Sektörel Raporu, T.C. Tarım ve

Köy İşleri Bakanlığı Tarımsal Araştırmalar Genel Müdürlüğü, Karadeniz Tarımsal Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü, Samsun.

Gunasekera, C.P., Martin, L.D., Siddique, K.H.M., Walton, G.H. 2006a. Genotype by environment interactions of Indian mustard (*Brassica juncea* L.) and canola (*B. napus* L.) in Mediterranean-type environments 1. Crop growth and seed yield. *Europ. J. Agronomy*, 25:1-12.

Gunasekera, C.P., Martin, L.D., Siddique, K.H.M., Walton, G.H. 2006b. Genotype by environment interactions of Indian mustard (*Brassica juncea* L.) and canola (*B. Napus* L.) in Mediterranean-type environments 2. Oil and protein concentrations in seed. *Europ. J. Agronomy*, 25:13-21.

İlgen, O., Dinçer, İ., Yıldız, M., Alptekin, E., Boz, N., Çanakçı, M., Akın, A.N. 2007. Investigation of biodiesel production from canola oil using Mg-Al hydrotalcite catalyssts. *Turk.J.chem.*, 31: 509-514.

Jham, G.N., Moser, B.R., Shah, S.N., Holser, R.A., Dhingra, O.D., Vaughn, S.F., Berhow, M.A., Winkler-Moser, J.K., Isbell, T.A., Hollaway, R.K., Walter, E.L, Natalino, R., Anderson, J.C., Stelly, D.M. 2009. Wild Brazilian mustard (*Brassica juncea* L.) seed oil methyl esters as biodiesel fuel. *J Am Oil Chem Soc.*, 86: 917-926.,

Kirk, J.T.O., Oram, R.N. 1981. Isolation of erucic acid free lines of *Brassica juncea*: Indian mustard now a potential oilseed crop in Australia, *J. Australian Inst. Agric. Sci.*, 47: 51–52.

Kolsarıcı, Ö., Gür, A., Başalma, D., Kaya, M.D., İşler, N. 2005. Yağlı tohumlu bitkiler üretimi. TMMOB Ziraat Mühendisleri Odası Türkiye Ziraat Mühendisliği VI. Teknik Kongresi, 3-7 Ocak 2005 Ankara, s:409-429.

Moser, B.R., Evangelista, R.L., Jham, G. 2015. Fuel properties of *Brassica juncea* oil methyl esters blended with ultra-low sulfur diesel fuel. *Renewable Energy*, 78: 82-88.

Oram R.N., Kirk J.T.O., Veness P.E., Hurlstone C.J., Edlington J.P., Halsall D.M. 2005. “Breeding Indian mustard [*Brassica juncea* (L.) Czern.] for cold-pressed, edible oil production - a review”, *Australian Journal of Agricultural Research* 56, 581-596.

Pavlista, A.D., Isbell, T.A., Baltensperger, D.D., Hergert, 2011. “Planting date and development of spring-seeded irrigated canola, brown mustard and camelina”, *Ind. Crop Prod.* 33, 451–456.

Potts, D.A., Rakow, G.W., Males, D.R. 1999. Canola-quality *Brassica juncea*, a new oilseed crop for the Canadian prairies. In *Proc. Xth GCIRC Int. Rapeseed Congr.*, 26–29 September 1999, Canberra, Australia.

Rakow, G. 1995. Developments in the breeding of oil in other *Brassica* species. In: *Proc. 9th Int. Rapeseed Congr.*, Cambridge, UK., 2:401-406.

Roy, M.M, Alawi, M., Wang, W. 2013. Effects of canola biodiesel on a diesel engine performance and emissions. *International Journal of Mechanical & Mechatronics Engineering IJMME – IJENS*, 13(2):46-53.

Sanjid, A., Kalam, M.A., Masjuki, H.H., Ashrafur, S.M., Abedin, M.J., 2014. Combustion, performance and emissions characteristic of a DI diesel engine fueled with *Brassica juncea* methyl ester and its blends. *RSC Adv.*, 4: 36973-36982.

Sarala, R., Rajendran, M., Devadasan, S.R. 2012. Performance characteristic of a compression ignition engine operated on *Brassica* oil methyl esters. *ARPN Journal of Engineering and Applied Sciences*, 7(7): 880-884.

- Saud, R.K., Sing, B.P., Pannu, R.K. 2016.** Effect of limited irrigation and nitrogen levels on growth, yield of Indian mustard (*Brassica juncea* L.). *Agric. Sci. Digest.*, 36(2): 142-145.
- Seyis, F., Aydın E. 2012.** “Possible Use of Cabbage (*B. oleracea*) Genotypes in Rapeseed (*B. napus* L.) Quality Breeding”, *Derleme Turkish Journal of Scientific Reviews*, 5(2), 32-37.
- Sharma, P., Sardana, V. 2016.** Evaluating morpho-physiological and quality traits to compliment seed yield under changing climatic conditions in Brassicas. *Journal of Environmental Biology*, 37: 493-502.
- Singh, A.K., Singh, B., Thakral, S.K., Irfan, M. 2018.** Effect of sowing dates and varieties for higher productivity of Indian mustard (*Brassica juncea* L.)- A review. *Adv. Biores*, 9(4): 01-08.
- Sodani, R., Seema, Singhal, R.K., Gupta, S., Gupta, N., Chauhan, K.S., Chauhan, J. 2017.** Performance of yield and yield attributes of ten Indian mustard (*Brassica juncea* L.) genotypes under drought stress. *Int. J. Pure App. Biosci.*, 5(3): 467-476.
- Tiwari V.K. 2019.** Morphological parameters in breeding for higher seed yield in Indian mustard [*Brassica juncea* (L.) czern. & coss]. *Electronic Journal of Plant Breeding*, 10(1): 187-195.
- Toosi, A.F., Bakar, B.B., Tayyab, S. 2013.** Chemical analysis of *Brassica juncea* (L.) Czern var. Ensabi. *Vegetos*, 26(2): 93-97.
- Turi, N.A., Farhatullah, R., Khan, N.U., Munir, I., Shah, A.H., Khan, S. 2010.** Combining ability analysis in *Brassica juncea* L. for oil quality traits. *African Journal of Biotechnology*, 9(26): 3998-4002.
- Yadava D.K., Giri, S.C., Vignes, M., Vasudev, S., Yadav, A.K., Dass, B., Singh, R., Singh, N., Mohapatra, T., Prabhu, K.V. 2011.** Genetic variability and trait association studies in Indian mustard (*Brassica juncea* L.). *Indian Journal of Agricultural Sciences*, 81(8): 712-716.
- Wilkes, M.A., Takei, I., Caldwell, R.A., Trethowan, R.M. 2013.** The effect of genotype and environment on biodiesel quality prepared from Indian mustard (*Brassica juncea* L.) grown in Australia. *Industrial Crops and Products*, 48: 124-132.
- Zia-Ul-Hassan, M., Wahla, A.J., Waqar, M.Q. 2014.** Yield performance of *Brassica* varieties under rainfed condition. *Sci. Tech. and Dev.*, 33 (2): 85-87

ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı : Bilal
Doğum Yeri ve Tarihi : Alpaslan
Yabancı Dil : İngilizce

Eğitim Durumu

Lise : Ertuğrul Gazi Lisesi (2008-2012)

Lisans : Bursa Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarla Bitkileri
Bölümü (2012-2016)

Yüksek Lisans : Bursa Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarla Bitkileri
Bölümü (2016-2019)

İletişim (e-posta) : Bilalalpaslan45@gmail.com

Yayımları : **Sincik, M., Dolgun, C., Alpaslan, B., Şenyiğit, E., Göksoy, A.T. 2019.** Farklı kolza genotiplerinin Güney Marmara ekolojik koşullarında bazı verim ve kalite özelliklerinin belirlenmesi. *Bursa Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 33(1): 143-153.