

T.C.  
AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ



**NOHUTTA YAPRAK GALERİ SİNEĞİ (*Liriomyza cicerina* ROND.)'NE  
DAYANIKLILIKLA İLİŞKİLİ BİYOKİMYASAL SELEKSİYON  
KRİTERLERİNİN BELİRLENMESİ**

**Nesrine CHRIGUI**

**FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ  
TARLA BİTKİLERİ ANABİLİM DALI  
DOKTORA TEZİ**

**ARALIK 2020**

**ANTALYA**

T.C.  
AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ



NOHUTTA YAPRAK GALERİ SİNEĞİ (*Liriomyza cicerina* ROND.)'NE  
DAYANIKLILIKLA İLİŞKİLİ BİYOKİMYASAL SELEKSİYON  
KRİTERLERİNİN BELİRLENMESİ

Nesrine CHRIGUI

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ  
TARLA BİTKİLERİ ANABİLİM DALI  
DOKTORA TEZİ

ARALIK 2020

ANTALYA

**T.C.  
AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ**

**NOHUTTA YAPRAK GALERİ SİNEĞİ (*Liriomyza cicerina* ROND.)'NE  
DAYANIKLILIKLA İLİŞKİLİ BİYOKİMYASAL SELEKSİYON  
KRİTERLERİNİN BELİRLENMESİ**

**Nesrine CHRIGUI**

**FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ  
TARLA BİTKİLERİ ANABİLİM DALI  
DOKTORA TEZİ**

Bu tez çalışması, FDK-2018-3743 proje numarası ile, Akdeniz Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimi tarafından finanse edilmiştir.

**ARALIK 2020**

T.C.  
AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ


NOHUTTA YAPRAK GALERİ SİNEĞİ (*Liriomyza cicerina* ROND.)'NE  
DAYANIKLILIKLA İLİŞKİLİ BİYOKİMYASAL SELEKSİYON  
KRİTERLERİNİN BELİRLENMESİ

Nesrine CHRIGUI

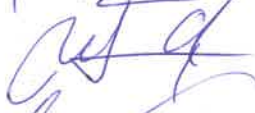
TARLA BİTKİLERİ ANABİLİM DALI

DOKTORA TEZİ

Bu tez 18/12/2020 tarihinde jüri tarafından Oybirliği / Oyçokluğu ile kabul edilmiştir.

Prof. Dr. Cengiz TOKER (Danışman) 

Prof. Dr. Fedai ERLER 

Doç. Dr. M. Fatih CENGİZ 

Doç. Dr. Melike BAKIR 

Doç. Dr. Kadir AKAN 

## ÖZET

### NOHUTTA YAPRAK GALERİSİNEĞİ (*Liriomyza cicerina* ROND.)'NE DAYANIKLILIKLA İLİŞKİLİ BİYOKİMYASAL SELEKSİYON KRİTERLERİNİN BELİRLENMESİ

Nesrine CHRİGÜİ

Doktora Tezi, Tarla Bitkileri Anabilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. Cengiz TOKER

Aralık 2020; 82 sayfa

Nohut yaprak galerisineği (*Liriomyza cicerina* Rond.), nohut (*Cicer arietinum* L.) yetiştiriciliğinde değişen düzeylerde verim ve kalite kayıplarına neden olan zararlılardan biridir. Zararlı, uygun koşullarda nohut verimini %30 azaltabilmektedir. Böceğin oluşturduğu zarar; kimyasal ve biyolojik kontrol yöntemleri ile kültürel uygulamalar ve dayanıklı çeşit kullanılarak azaltılabilmektedir. Biyolojik kontrol ve kültürel uygulamalar ile dayanıklı çeşit kullanımı insan ve çevre sağlığı için güvenli olup sürdürülebilir üretim için öne çıkan metotlardır. Dayanıklı çeşit geliştirilmesinde, böceğe dayanıklılıkla ilişkili morfolojik ve biyokimyasal seleksiyon kriterlerinin rolünü anlamak önemlidir.

Bu çalışmanın amaçları (i) *Cicer reticulatum* Ladiz. yabancı nohut türünden tarımı yapılan nohuda, yaprak galerisineğine dayanıklılık gen/genlerini aktarmak, (ii) yaprak galerisineğine dayanıklılığın kalıtımını belirlemek ve (iii) yaprak galerisineğine dayanıklı ve hassas genotiplerin belirlenmesinde potansiyel tarımsal ve biyokimyasal seleksiyon kriterlerini belirlemektir.

Çalışmanın yürütülmesinde, *C. arietinum* (CA 2969, Anne ebeveyn) ve *C. reticulatum* (AWC 602, Baba ebeveyn) türler arası melezlemelerinden elde edilen rekombinant kendilenmiş hatlar (RIL) kullanılmıştır. Araştırma 2017 ve 2018 üretim sezonlarında doğal böcek epidemisi (salgını) koşullarında yürütülmüştür. Araştırma da test materyali olarak, 130 RIL, ebeveynler (CA 2969 ve AWC 602) ve hassas kontrol (Sierra genotipi, Basit yapraklı) kullanılmıştır. Çalışmada tüm materyal 3 kez (fide, çiçeklenme ve bakla bağlama) 1-9 skalası (örneğin, 1 = Böcek zararı yok, 9 = %100 böcek

zararı var, vb.) kullanılarak değerlendirilmiş olup Sierra ve CA 2969 genotiplerinde zararlıya reaksiyonu sırasıyla çok çok hassas (9) ve çok hassas (8) olarak belirlenmiştir. Değerlendirmeler sonucunda seçilmiş sekiz dayanıklı ve sekiz hassas genotip, biyokimyasal (organik asitler) seleksiyon kriterlerinin belirlenmesi amacıyla tarla koşullarında böcek epidemisi altında ve kontrollü koşullar da (sera) böcek bulunmayan koşullarda yetiştirilmiştir. Sekiz dayanıklı ve hassas RIL genotipi yeşil aksamında bulunan oksalik asit, malik asit, kuinik asit, tartarik asit, sitrik asit ve süksinik asit miktarları HPLC yardımı ile belirlenmiştir.

Genel olarak, dayanıklı RIL genotiplerinde potansiyel biyokimyasal seçim kriterlerinin hassas RIL genotiplerinden daha yüksek olduğu bulunmuştur. Dayanıklı genotiplerde tartarik ve malik asit konsantrasyonları hassas genotipleri ile karşılaştırıldığında daha düşük miktarda olduğu belirlenmiştir. Bununla birlikte, süksinik asidin dayanıklı genotiplerde hassas genotiplerle karşılaştırıldığında daha yüksek miktarda olduğu belirlenmiştir. Yaprak galerisineğine dayanıklı nohutların seçiminde süksinik asit miktarının seleksiyon kriteri olarak değerlendirilebileceği düşünülmektedir.

Çalışma materyali olarak kullanılan 130 RIL genotipin gözlenen tarımsal ve morfolojik özellikler birlikte değerlendirildiğinde üstün hatların (ana ve babadan daha üstün istenilen özellikler) olduğu belirlenmiştir. Yaprak galerisineğine dayanıklılığın çok sayıda çekinik genin (poligenik) kontrolü altında olduğu ve kalıtım derecesinin ( $h^2=30.87$ ) göreceli olarak düşük olduğu belirlenmiştir. Test genotiplerinde 3 “dayanıklı”, “12 “orta dayanıklı” 21 “tolerant” materyal olduğu belirlenmiştir. Dayanıklı olarak belirlenen materyallerden bazılarının “kabuli” nohutlar gibi pigmentsiz, krem daneli, çift baklalı ve daha yüksek verimli genotipler olduğu gözlenmiştir. Yapılan “Path Katsayı Analizi” sonuçlarına göre; yaprak galerisineğine dayanıklılıkta en etkili olabilecek özelliklerin bitki boyu, dane verimi ve büyüme şekli olduğu belirlenmiştir. Yürütülen çalışma ile “yabani nohutlardan tarımı yapılan nohuda yaprak galerisineğine dayanıklılık özelliğinin aktarılabilmesi” kanıtlanmıştır. “Kabuli” nohutlara benzer yüksek verimli ve yaprak galerisineğine dayanıklı RIL genotiplerinin elde edilmesiyle üretim alanlarında dayanıklı materyal yetiştirilebileceği kanısına varılmıştır.

**ANAHTAR KELİMELEER:** Nohut, *Cicer arietinum*, *Cicer reticulatum*, Nohut Yaprak Galerisineği (*Liriomyza cicerina*), Organik asit, Tarama, HPLC, Reaksiyon Testi.

**JÜRİ:** Prof. Dr. Cengiz TOKER

Prof. Dr. Fedai ERLER

Doç. Dr. M. Fatih CENGİZ

Doç. Dr. Melike BAKIR

Doç. Dr. Kadir AKAN

## ABSTRACT

### **DETERMINATION OF BIOCHEMICAL SELECTION CRITERIA FOR RESISTANCE TO LEAF MINER IN CHICKPEA (*Liriomyza cicerina* ROND.)**

**Nesrine Chrigui**

**Ph. D. Thesis in Department of Field Crops**

**Supervisor: Prof. Dr. Cengiz TOKER**

**December 2020; 82 pages**

In Mediterranean region, the chickpea leafminer, *Liriomyza cicerina* Rondani, is the main insect pest of chickpea (*Cicer arietinum* L.) which can reduce the seed yield by 30%. Options to overcome damage caused by the insect are chemical, biological and cultural practices and used durable resistant varieties as well. One of the most efficient, sustainable, and economical practices is used resistant varieties along with cultural methods. Also, it is important to understand the role of different morphological and biochemical components of chickpea associated with resistance.

The present study was aimed to (i) introgression of resistance to leafminer from *C. reticulatum* Ladiz. to cultivated chickpea, (ii) to estimate inheritance for resistance leaf miner, and (iii) to determine potential agro-morphological and biochemical selection criteria for resistance to leaf miner.

For this purpose, recombinant inbred lines (RILs) derived from interspecific crosses between *C. arietinum* (CA 2969, ♀) and *C. reticulatum* (AWC 602, ♂) were used. Trials were carried out in natural insect epidemic conditions in 2017 and 2018. In trials, 130 RILs, their parents and a genotype susceptible to leaf miner (Sierra with simple leaf) as control were used under field conditions. RILs were evaluated for resistance to leafminer using a 1-9 scale (For instance, 1 = no insect damage, 9 = 100% insect damage, etc.) when susceptible female parent and Sierra were moderately susceptible (70% insect damage). According to the field screening results, eight resistant and eight susceptible genotypes were grown under insect epidemic conditions in the field and non-insect conditions in the greenhouse in order to determine the biochemical (organic acids) selection criteria.



Oxalic, malic, quinic, tartaric, citric and succinic acids were determined by HPLC in the green part of eight resistant and susceptible RILs.

In general, the potential biochemical selection criteria were found to be higher in resistant RILs than susceptible RILs. Tartaric and malic acid concentrations were determined lower level in resistant RILs than that of susceptible RILs. However, succinic acid was higher in the resistant RILs than the susceptible ones. Results suggested that high level of succinic acid could be used as a potential biochemical selection criterion for resistance to leaf miner in chickpea breeding material.

Also, it was concluded that leafminer resistant RILs similar to “kabuli” chickpeas with high-yield can be directly grown in the target environment. Results showed that superior lines were found for resistance to leafminer and agro-morphological traits indicating that introgression of resistance to leafminer from *C. reticulatum* to *C. arietinum* could be possible by using interspecific crosses. The inheritance pattern of resistance to leafminer in RILs was shown to be polygenic nature and governed by some minor recessive genes. Broad sense heritability was estimated to be relatively low level as  $h^2=30.87$ . According to the path analysis, it was found that the most direct effect on resistance to leaf miner had plant height, grain yield and growth habit. Three RILs were found to be "resistant" and 12 RILs were found to be "moderately resistant". Some of these were free from pigment with cream color grain, double pods and higher yields such as “kabuli” chickpea.

**KEYWORDS:** Chickpea, *Cicer arietinum*, *Cicer reticulatum*, HPLC, Leaf miner, *Liriomyza cicerina*, Organic acids, Screening, HPLC, Reaction test

**COMMITTEE:** Prof. Dr. Cengiz TOKER

Prof. Dr. Fedai ERLER

Assoc. Prof. Dr. M. Fatih CENGİZ

Assoc. Prof. Dr. Melike BAKIR

Assoc. Prof. Dr. Kadir AKAN

## ÖNSÖZ

Bu tez çalışmasının gerçekleştirilmesinde, değerli bilgilerini benimle paylaşan, kendisine ne zaman danışsam bana kıymetli zamanını ayırıp sabırla bana faydalı olabilmek için elinden gelenen fazlasını sunan, her sorun yaşadığımda yanına çekinmeden gidebildiğim, insani ve ahlaki değerleri ile de örnek aldığım, yanında çalışmaktan onur duyduğum, tecrübelerinden yararlanırken göstermiş olduğu hoşgöründen dolayı değerli tez danışmanım sayın Prof. Dr. Cengiz TOKER'e teşekkürlerimi bir borç bilirim.

Tezin yürütülmesi sırasında olumlu eleştiriyile tezin geliştirilmesini destekleyen özellikle de HPLC çalışmalarım sırasında bana destek olan sayın Doç. Dr. Mehmet Fatih CENGİZ'e (Akdeniz Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarımsal Biyoteknoloji Bölümü) sonsuz teşekkür ederim. Tez jürisinde yer alarak yaptıkları düzeltmeler ve katkılardan dolayı sayın Prof. Dr. Fedai ERLER'e (Akdeniz Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bitki Koruma Bölümü) ve Doç. Dr. Melike BAKIR'a (Erciyes Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarımsal Biyoteknoloji Bölümü) ve Doç. Dr. Kadir AKAN'a (Kırşehir Ahi Evran Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bitki Koruma Bölümü) teşekkürlerimi sunarım.

Tez çalışmasının yürütülmesi için altyapı imkanlarını kullanmama izin veren Akdeniz Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarla Bitkileri Bölüm Başkanlığı'na, çalışmayı finanse eden Akdeniz Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimi'ne, RIL genotiplerinin çoğaltılmasını finanse eden TÜBİTAK'a (TOVAG 1130045), tez çalışmasının HPLC analizleri aşamasında tecrübeleriyle beni yönlendiren sayın Ümit BABACAN'a, denemelerin planlanmasında, materyallerin ekilmesinde ve istatistiksel analizlerin yapılmasında desteğini esirgemeyen sayın Araş. Gör. Hatice SARI'ya ve çalışmanın yürütülmesinde desteklerini gördüğüm tüm öğretim elemanlarına ve arkadaşlarıma teşekkürlerimi bir borç bilirim. Ayrıca bu çalışma sürecinde benden yardımlarını esirgemeyen ve manevi desteğini her an yanımda hissettiğim, çalışırken keyif aldığım sayın Araş. Gör. Duygu SARI'nın enerjisi ve kendine olan güveni benim için güç oluşturduğu için kendisine teşekkürlerimi sunmak benim için bir onurdur.

Bilim insanı olabilmem adına her konuda beni destekleyen ve çalışmanın tamamlanmasında önemli bir pay sahibi olan aileme, eşim Muhammed Nebi MİNGAN'a ve kızım Zeynep MİNGAN'a teşekkürlerimi sunarım.

## İÇİNDEKİLER

ÖZET .....	i
ABSTRACT.....	iv
ÖNSÖZ .....	vi
AKADEMİK BEYAN .....	x
SİMGELER VE KISALTMALAR.....	xi
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	xiv
ÇİZELGELER DİZİNİ .....	xvi
1. GİRİŞ .....	1
2. KAYNAK TARAMASI.....	5
2.1. Nohut Taksonomisi.....	5
2.2. Nohut Bitki Morfolojisi .....	6
2.3. Nohut Bitki Fizyolojisi.....	8
2.4. Nohut Gen Merkezleri ve Yetiştiriciliği .....	9
2.4.1. Gen merkezleri.....	9
2.4.2. Üretim .....	10
2.4.3. Üretimi etkileyen stres faktörleri .....	11
2.5. Nohut Yaprak Galerisineği ( <i>Liriomyza cicerina</i> Rond.).....	12
2.5.1. Taksonomisi .....	12
2.5.2. Morfolojisi .....	12
2.5.3. Biyolojisi.....	13
2.5.4. Zararının coğrafi yayılışı .....	14
2.5.5. Konukçuları .....	14
2.5.6. Konukçularında oluşturduğu zarar.....	15
2.5.7. Populasyon dalgalanmalarıyla ilgili çalışmalar .....	15
2.6. Nohut tarafından salgılanan organik asitlerin zararlılar üzerindeki etkileri üzerine yapılan bazı çalışmalar .....	19
3. MATERYAL VE METOT.....	23
3.1. Materyal .....	23
3.1.1. Lokasyon bilgileri .....	23
3.1.1.1. Deneme alanı .....	23
3.1.1.2. Deneme arazisinin toprak özellikleri .....	23

3.1.2. Deneme materyali .....	23
3.2. Metot .....	24
3.2.1. Deneme deseni .....	24
3.2.2. Alınan morfolojik gözlemler .....	25
3.2.3. Nohut yaprak galerisineği'ne reaksiyonların değerlendirilmesi .....	26
3.2.4. Kalıtım derecesi tahmini .....	27
3.2.5. Analizler için yaprak örneklerinin alınması .....	27
3.2.6. Organik asit analizleri .....	27
3.2.6.1. Ekstraksiyon ve saflaştırma .....	27
3.2.6.2. Sıvı kromatografi analiz protokolü .....	28
3.2.7. İstatistiksel analizler .....	29
4. BULGULAR VE TARTIŞMA .....	30
4.1. Lokasyon .....	30
4.1.1. Toprak Analizi .....	30
4.1.2. İklim Verileri .....	30
4.2. Morfolojik Gözlemler .....	32
4.3. Morfolojik Gözlemlerin Değerlendirilmesi .....	33
4.4. Organik Asitler ve Nohut Yaprak Galerisineği Reaksiyonları .....	37
4.4.1. Oksalik asit (OA) .....	37
4.4.2. Malik asit (MA) .....	40
4.4.3. Tartarik asit (TA) .....	42
4.4.4. Sitrik asit (CA) .....	45
4.4.5. Kuinik asit (KA) .....	47
4.4.6. Süksinik asit (SA) .....	49
4.4.7. Toplam organik asitler .....	51
4.5. Organik Asitler ve Bitki Nohut Yaprak Galerisineğine Dayanıklılık Arasındaki İlişkiler .....	55
5. SONUÇLAR .....	63
6. KAYNAKLAR .....	65
7. EKLER .....	78
EK.7.1. Denemeye Ait Bazı Fotoğraflar .....	78
EK 7.2. Hassas ve Dayanıklı Genotiplerin Listesi .....	79
EK 7.3. Organik Asitler Kalibrasyon Grafikleri .....	79

## ÖZGEÇMİŞ

## AKADEMİK BEYAN

Doktora tezi olarak sunduğum “Nohutta Yaprak Galerisineği (*Liriomyza cicerina* Rond.)’ne Dayanıklılıkla İlişkili Biyokimyasal Seleksiyon Kriterlerinin Belirlenmesi” adlı bu çalışmanın, akademik kurallar ve etik değerlere uygun olarak yazıldığını belirtir, bu tez çalışmasında bana ait olmayan tüm bilgilerin kaynağını gösterdiğimi beyan ederim.

18/12/2020

Nesrine CHRİGUI

İmzası



## SİMGELER VE KISALTMALAR

### Simgeler

%	: Yüzde
°C	: Santigrad derece
µg	: Mikrogram
Ca	: Kalsiyum
CaCO <sub>3</sub>	: Kalsiyum karbonat
CaO	: Kalsiyum oksit
cm	: Santimetre
CO <sub>2</sub>	: Karbondioksit
Cu	: Bakır
da	: Dekar
dk	: Dakika
Fe	: Demir
F <sub>x</sub> , F <sub>xx</sub>	: x, xx seviyesinde ıslah kademesi
g	: Gram
h <sup>2</sup>	: Kalıtım değeri
H <sub>3</sub> PO <sub>4</sub>	: Fosforik asit
ha	: Hektar
K	: Potasyum
KCal	: Kilokalori (1 Kcal = 1000 cal)
kg	: Kilogram
KH <sub>2</sub> PO <sub>4</sub>	: Monopotasyum fosfat (MKP)
χ <sup>2</sup>	: Ki-kare testi
L (l)	: Litre
m	: Metre
M	: Molar
meq	: Miliekivalan değeri
Mg	: Magnezyum
mg	: Miligram
ml	: Mililitre
ml/dak	: Mililitre/Dakika
µl	: Mikrolitre (Bir litrenin milyonda biri, mililitrenin binde biri)
mm	: Milimetre
Mn	: Mangan
mS/cm	: Milisiemens/Santimetre
N	: Azot
N	: Normalite
n	: Gözlem sayısı (Örnekleme sayısı)
Na	: Sodyum
NaOH	: Sodyum hidroksit
nm	: Nanometre
P	: Fosfor
pH	: Power of Hydrogen (Hidrojen gücü)

r	: Korelasyon (Örneklem Parametresi)
s	: Standart sapma (Örneklem Parametresi)
s <sup>2</sup>	: Varyans (Örneklem Parametresi)
X	: Aritmetik ortalama (Örneklem Parametresi)
Zn	: Çinko

### **Kısaltmalar**

C.	: <i>Cicer</i>
L.	: <i>Liriomyza</i>
BB	: Bitki boyu
BBB	: Bitki başına bakla
BBY	: Bitki başına yapraklar
BYS	: Bitkide yaprak sayısı
BYA	: Yaprakta yaprakçık sayısı
BD	: Bitkide dal sayısı
BS	: Bitkide bakla sayısı
BŞ	: Büyüme şekli
BV	: Parsel biyolojik verimi
CA	: Sitrik Asit
CABI	: Centre for Agriculture and Biosciences International
DA	: 100 dane ağırlığı
DAD	: Diode Array Dedector (Diyot Dizi Dedektörü)
DS	: Baklada dane sayısı
DTPA	: Dietilen Triamin Pentaasetik Asit)
DV	: Parsel dane verimi
E.C.	: Electrical Conductivity (Elektriksel iletkenlik)
FAO	: Food and Agriculture Organization of the United Nations- Dünya Tarım Örgütü (Birleşmiş Milletler Gıda ve Tarım Örgütü)
GABA	: Gama Aminobütirik Asit veya $\gamma$ -Aminobütirik Asit
GRDC	: Australia, Grains Research and Development Corporation
HPLC	: High Performance Liquid Chromatography (Yüksek Performanslı Sıvı Kromatografi)
ICARDA	: International Center for Agricultural Research in the Dry Areas (Uluslararası Kurak Alanlarda Tarımsal Araştırma Merkezi)
IPM	: Integrated Pest Management (Entegre Zararlı Yönetimi)
KA	: Kuinik Asit
LM	: Yaprak galerisineğine dayanıklılık reaksiyonu
MA	: Malik Asit
OA	: Oksalik Asit
PGPR	: Plant Growth Promoting Rhizobacteria (Bitki Gelişimini Uyarıcı Kök Bakterileri)
ppm	: Parts per million (milyonda bir birim)



PVDF	: Poli-viniliden florür
RIL	: Recombinant Inbred Line (Rekombinant Saf Hat)
RL	: Resistance Line
ROS	: Reaktif Oksijen Türleri
rpm	: Revolutions per munite (Dakikada devir sayısı)
SA	: Süksinik Asit
SBS	: Salkımda bakla sayısı
TA	: Tartarik Asit
TCA (Cycle)	: Trikarboksilik asit döngüsü (Krebs döngüsü)
TOA	: Toplam Organik Asit Miktarları
TV	: Tohum verimi
UV	: Ultraviyole
YBY	: Yaprak başına yaprakçık
YUZ	: Yaprakçık uzunluğu
YGE	: Yaprakçık genişliği
YTA	: 100 tohum ağırlığı

## ŞEKİLLER DİZİNİ

<b>Şekil 2.1.</b> Yuvarlak (A), desi (B) ve kabuli (C) nohut daneleri (Orijinal).....	5
<b>Şekil 2.2.</b> Tarımı yapılan nohutta bileşik (A), basit (B) ve çok yaprakçıklı (C) yaprak şekilleri (Orijinal).....	6
<b>Şekil 2.3.</b> Hassas kontrol olarak kullanılan Sierra genotipinin yapraklarında salgı tüyleri (A) ve salgı tüyü içermeyen mutant bitki yaprağı (B) (Orijinal).....	7
<b>Şekil 2.4.</b> Croser vd. (2003) tarafından yürütülen araştırmaya göre, nohut üretimini etkileyen biyotik (dış çember) ve abiyotik (iç çember) stres faktörlerinin göreceli önemi.....	11
<b>Şekil 3.1.</b> Tarlanın ekime hazırlanması, denemelerin ekilmesi (A), tarla ve sera denemeleri için RIL genotiplerinden ekilen örnek (dikenli) daneler (B) (Orijinal).....	25
<b>Şekil 4.1.</b> Çalışma alanında 2017 ve 2018 yıllarında görülen aylık toplam yağış,bağlı nem ve maksimum sıcaklıklar (Kaynak: MEVBİS, 2020).....	31
<b>Şekil 4.2.</b> Dayanıklı (tek numaralı) ve hassas (çift numaralı) hatların böcek epidemisi zararı olan (tarla) ve böcek epidemisi zararı olmayan (sera) koşullarında oksalik asit içerikleri (ppm).....	38
<b>Şekil 4.3.</b> Dayanıklı (tek numaralı) ve hassas (çift numaralı) hatların böcek epidemisi zararı olan (tarla) ve böcek epidemisi zararı olmayan (sera) koşullarında malik asit içerikleri (ppm).....	40
<b>Şekil 4.4.</b> Dayanıklı (tek numaralı) ve hassas (çift numaralı) hatların böcek epidemisi zararı olan (tarla) ve böcek epidemisi zararı olmayan (sera) koşullarında tartarik asit içerikleri (ppm).....	43
<b>Şekil 4.5.</b> Dayanıklı (tek numaralı) ve hassas (çift numaralı) hatların böcek epidemisi zararı olan (tarla) ve böcek epidemisi zararı olmayan (sera) koşullarında sitrik asit içerikleri (ppm).....	45
<b>Şekil 4.6.</b> Dayanıklı (tek numaralı) ve hassas (çift numaralı) hatların böcek epidemisi zararı olan (tarla) ve böcek epidemisi zararı olmayan (sera) koşullarında kuinik asit içerikleri (ppm).....	48
<b>Şekil 4.7.</b> Dayanıklı (tek numaralı) ve hassas (çift numaralı) hatların böcek epidemisi zararı olan (tarla) ve böcek zararı olmayan (sera) koşullarında süksinik asit içerikleri (ppm).....	50
<b>Şekil 4.8.</b> Dayanıklı (tek numaralı) ve hassas (çift numaralı) hatların böcek epidemisi zararı olan (tarla) ve böcek epidemisi zararı olmayan (sera) koşullarında toplam organik asit içerikleri (ppm). Barlar ortalama $\pm$ standart hatayı göstermektedir. ....	52

<b>Şekil 4.9.</b> Dayanıklı (D) ve hassas (d) genotiplerinin toplam organik asit içerikleri (ppm). Barlar ortalama $\pm$ standart hatayı göstermektedir.....	54
<b>Şekil 7.1.</b> Nohut yaprakları deiyonize su ile yıkanması (A) ve temizlenme sonra 40°C sıcaklık da (B) kurutulması (Orijinal).....	78
<b>Şekil 7.2.</b> Kurutulmuş yaprakların (A) değirmende öğütülmesi (B) (Orijinal) .....	78
<b>Şekil 7.3.</b> Bitki örneklerinden hazırlanmış çözeltinin santrifüj uygulanmasından (A) sonra süpernatant 0.45 $\mu$ m'lik bir şırınga filtresinden geçirilmesi (B) (Orijinal) .....	78
<b>Şekil 7.4.</b> MA kalibrasyon grafiği.....	79
<b>Şekil 7.5.</b> OA kalibrasyon grafiği.....	80
<b>Şekil 7.6.</b> CA kalibrasyon grafiği.....	80
<b>Şekil 7.7.</b> SA kalibrasyon grafiği .....	81
<b>Şekil 7. 8.</b> TA kalibrasyon grafiği .....	81
<b>Şekil 7.9.</b> KA kalibrasyon grafiği.....	82

## ÇİZELGELER DİZİNİ

<b>Çizelge 2.1.</b> Türkiye'de yıllara göre nohut ekim alanı ile üretim ve verim değerleri .....	10
<b>Çizelge 3.1.</b> Nohut genotiplerinin, yaprak galerisineği'ne reaksiyonlarının belirlenmesi için kullanılan 1-9 skalası .....	26
<b>Çizelge 4.1.</b> Deneme alanına ait toprak analiz sonuçları.....	30
<b>Çizelge 4.2.</b> RIL ve ebeveyen genotiplerin yaprak galerisineği'ne reaksiyonlarının bitki sayısı göre dağılım.....	32
<b>Çizelge 4.3.</b> RIL genotiplerinde yaprak galerisineği'ne reaksiyon ve verim kriterleri için tanımlayıcı (ortalama, standart hata,minimum ve maksimum değerler) ve aralarındaki korelasyon (r) .....	33
<b>Çizelge 4.4.</b> RIL genotiplerinde yaprak galerisineği'ne dayanıklı/hassas açılımı için ki-kare testi ( $\chi^2$ ).....	34
<b>Çizelge 4.5.</b> Tarımsal-morfolojik özelliklerin RIL genotiplerinde yaprak galerisineği'ne dayanıklılık üzerindeki doğrudan ve dolaylı etkileri üzerine yapılan Path analizi.....	36
<b>Çizelge 4.6.</b> Dayanıklı(tek numaralı) ve hassas (çift numaralı) hatların böcek zararı olan (tarla) ve böcek zararı olmayan (sera) koşullarında oksalik asit içerikleri için varyans analizi sonuçları .....	39
<b>Çizelge 4.7.</b> Dayanıklı(tek numaralı) ve hassas (çift numaralı) hatların böcek zararı olan (tarla) ve böcek zararı olmayan (sera) koşullarında malik asit içerikleri için varyans analizi sonuçları .....	41
<b>Çizelge 4.8.</b> Dayanıklı (tek numaralı) ve hassas (çift numaralı) hatların böcek zararı olan (tarla) ve böcek zararı olmayan (sera) koşullarında tartarik asit içerikleri için varyans analizi sonuçları .....	44
<b>Çizelge 4.9.</b> Dayanıklı(tek numaralı) ve hassas (çift numaralı) hatların böcek zararı olan (tarla) ve böcek zararı olmayan (sera) koşullarında sitrik asit içerikleri için varyans analizi sonuçları .....	46
<b>Çizelge 4.10.</b> Dayanıklı (tek numaralı) ve hassas (çift numaralı) hatların böcek zararı olan (tarla) ve böcek zararı olmayan (sera) koşullarında kuinik asit içerikleri için varyans analizi sonuçları .....	49
<b>Çizelge 4.11.</b> Dayanıklı (tek numaralı) ve hassas (çift numaralı) hatların böcek zararı olan (tarla) ve böcek zararı olmayan (sera) koşullarında süksinik asit içerikleri için varyans analizi sonuçları.....	51

<b>Çizelge 4.12.</b> Dayanıklı (tek numaralı) ve hassas (çift numaralı) hatların böcek zararı olan (tarla) ve böcek zararı olmayan (sera) koşullarında toplam organik asit içerikleri için varyans analizi sonuçları.....	53
<b>Çizelge 4.13.</b> Dayanıklı (D) ve hassas (d) RIL genotiplerinde toplam organik asit içerikleri için varyans analizi sonuçları .....	54
<b>Çizelge 4.14.</b> Böcek stresi (tarla) koşulları altında yetiştirilen materyalde yaprak galerisineği'ne dayanıklılık (LM) ile organik asitler içerikleri arasında “Pearson Korelasyon” katsayıları.....	55
<b>Çizelge 4.15.</b> Böcek stresi (tarla) koşullarında organik asitlerin LM skorları üzerindeki doğrudan(kalın) ve dolaylı etkileri üzerine path katsayıları .....	56
<b>Çizelge 4.16.</b> Stresli (tarla) koşullarında yaprak galeri sineğine dayanıklılık ve organik asit içeriklerinin faktör analizi .....	57

## 1. GİRİŞ

Nohut (*Cicer arietinum* L.), antik çağlarda insanoğlunun tarımını yapmaya başladığı ilk baklagiller arasındadır (van der Maesen 1987). Nohut bitkisinin gen (köken) merkezi Türkiye'nin Güneydoğusu ve Suriye'nin Kuzey'i olarak bildirilmiştir (Ladizinsky ve Adler 1976; Smithson vd. 1985; Singh 1997; Toker 2009). Daha yakın zamanda yapılan çalışmalarla bu bilgi, Türkiye'nin Güneydoğu ve Doğu Anadolu bölgesi olarak yenilenmiştir (Toker vd. 2014).

Nohut, özellikle gelişmekte olan ülkelerde, yeterli ve dengeli beslenme gereksinimlerini karşılamak için düşük/makul fiyatlı protein kaynağı olan bitkisel ürünler arasındadır. Tüm baklagiller gibi nohut da danelerindeki yüksek besin değeri için yetiştirilir (Baumgartner 1998). Nohut, kimyasal bileşiminden dolayı mükemmel bir besin olup önemli bir bitkisel protein (23 gr/100 gr dane) kaynağıdır (Pratap ve Kumar 2011). Ayrıca %64 karbonhidrat, %47 nişasta, %5 yağ asidi içerir. Mineral bileşimi; fosfor (343 mg/100 g), kalsiyum (186 mg/100 g), magnezyum (141 mg/100 g), demir (7mg/100 g) ve çinko (3 mg/100 g) olarak rapor edilmiştir (Pratap ve Kumar 2011).

Nohut, insan beslenmesi yanında, atmosferik azotu (N) fiksasyon yolu ile toprağa bağlamakta ve toprağın N miktarını arttırmaktadır. Hektar başına 80 ila 120 kg azot, simbiyotik azot fiksasyonu ile toprağa kazandırılabilir ve bu uygulama ile üretimin ve toprağın sürdürülebilirliğine yardımcı olur. Nohut yetiştiriciliği, çoğunlukla yarı kurak, tropik, ılıman ve Akdeniz iklimi yaşayan alanlarda toprakta kalan alınabilir sudan yararlanarak ek sulama yapılamayan koşullarda yapılabilmektedir. Tarımı yapılan nohut; dane ve bitkisel özelliklerine göre "kabuli" (*macrosperma* yani iri beyaz/krem daneli nohutlar) ve "desi" (*microsperma* ya da küçük ve renkli daneli nohutlar) olarak iki farklı gruba ayrılmaktadır (van der Maesen vd. 2007). "Kabuli" nohutlar çoğunlukla Orta Asya, Kuzey Afrika, Amerika ve Avrupa'da yetiştirilirken, "desi" nohutlar çoğunlukla Güney Asya, Afrika ve Avustralya'nın bazı bölgelerinde yetiştirilmektedir (Papastylianou 1987).

Dünya genelinde 2018 yılında nohut, 58 ülkede 17.9 milyon ha alanda yetiştirilmiş ve 17.2 milyon ton üretilmiştir. Yine 2018 verilerine göre; Türkiye'de 514 bin ha alanda yetiştirilmiş ve 630 bin ton üretilmiştir (FAOSTAT 2020). Üretim alanları dikkate alındığı nohut, dünyada baklagiller içinde soya, yer fıstığı ve fasulyeden sonra dördüncü ekiliş alanına sahip bir üründür. Türkiye'de baklagil grubu ürünler arasında ekiliş alanı olarak birinci sıradadır (FAOSTAT 2020).

Nohut verim ve kalitesi, canlı (biyotik) ve cansız (abiyotik) stres faktörleri tarafından sınırlandırılmakta ve nohut üretiminde değişen düzeylerde kayıplara neden olmaktadır (Melakhessou 2008). Biyotik stres faktörleri arasında “Nohut Yaprak Galerisineği [*Liriomyza cicerina* (Rondani) (Diptera: Agromyzidae)]” Akdeniz iklimi yaşayan yetiştiricilik alanlarında önemli verim ve kalite kayıplarına neden olabilmektedir (Reed vd. 1987; Zengin ve Hayat 2016; Soltani vd. 2018). Zarar, larva evresindeki zararlının, yaprak mezofil dokusunda beslenerek bu alanda galeriler oluşturmasıyla meydana gelmektedir. Yaprığın mezofil kısmında zararlı tarafından galeriler açıldığı için bitkinin fotosentez kapasitesi azalmaktadır. Zararlı ile yoğun bulaşıklıklarda, yaprak/yaprakçıkların kurumasına ve erken dökülmesine neden olarak, %40'a ulaşabilen verim kayıpları meydana gelebilmektedir (Reed vd. 1987; Weigand ve Tahhan 1990; Ceylan vd. 2018; Soltani vd. 2018; Toker vd. 2019).

Zararlının kontrolün de biyolojik, kimyasal yöntemler ve kültürel uygulamaların yanı sıra konukçu bitki dayanıklılığı da kullanılmaktadır. İnsektisit (böcek öldürücü ilaç) kullanımı, birim alanda üretim giderlerini arttırmaktadır. İnsektisit uygulamaları hem insan sağlığını hem de yararlı böceklerin popülasyonunu olumsuz yönde etkileyeceği için sürdürülebilir gıda güvenliği ve üretim için uygun bir yaklaşım olmaktan uzaktır. İnsektistlerin uzun zaman kullanımı sonucu da zararlılarda insektistlere karşı direnç oluşabilmektedir. Bu kapsamda insan ve çevre sağlığını koruyan kültürel önlemler ve dayanıklı çeşitlerin geliştirilmesi, verim kayıplarını en aza indirmek için entegre zararlı yönetimi (IPM, Integrated Pest Management) etkili bir yaklaşım sağlayabilir (Sharma vd. 2007). Dayanıklı çeşit geliştirmek üzere, çok sayıda nohut genetik kaynağının yaprak galerisineğine karşı reaksiyonları değerlendirilmiştir (Reed vd. 1987; Singh ve Weigand 1994; Singh vd. 1998; Toker vd. 2012; Ikten vd. 2015; Ceylan vd. 2018). Üretimi yapılan nohut genotipleri arasında istenilen sayıda amaca uygun dayanıklılık kaynağı belirlenememesi nedeniyle yabani nohut genotiplerinde de yaprak galerisineği reaksiyonları gözlemlenmiş ve çok sayıda dayanıklılık kaynağı belirlenmiştir (Robertson vd. 1995; Singh vd. 1998; Ceylan vd. 2018). Diğer taraftan, zararlıya dayanıklı *C. reticulatum* Ladiz. ve *C. echinospermum* P.H. Davis türleri dışındaki yabani nohutlar tarımı yapılan nohut ile melezlenememektedir (Ladizinsky ve Adler 1976; Koseoğlu vd. 2017; Adak vd. 2017; Ceylan vd. 2019). Tarımı yapılan nohutta dayanıklılık kaynakları kullanılarak zararlıya dayanıklı, birkaç nohut çeşidi ıslah edilmiştir (Singh ve Weigand

2006; Malhotra vd. 2007). *C. reticulatum* türünde de mutasyon tekniği kullanılarak dayanıklı bir çeşit geliştirildiği rapor edilmiştir (Toker vd. 2019).

Bitkiler, böcek zararlarına karşı, çeşitli morfolojik, biyokimyasallar ve moleküler mekanizmaları kullanarak hassas veya dayanıklı reaksiyon göstermektedirler. Bitkilerin böceklere karşı biyokimyasal savunma mekanizmaları geniş kapsamlı ve dinamik bir yapıdadır. Bu mekanizmalar, bitkilerin zararlıya karşı kendilerini hem doğrudan hem de dolaylı savunmalarına aracılık eder. Clement vd. (1994) baklagillerde böcek zararına dayanıklılık mekanizmalarını; (i) tercih edilmeme, (ii) zehirli bileşikler (antibiosis) ve (iii) tolerans olarak açıklamıştır. Yine baklagillerde böceklere dayanıklılık reaksiyonlarının gözlenmesi; Edwards ve Singh (2006) tarafından (i) yapısal savunma, (ii) ikincil metabolitlerin varlığı ve (iii) beslenmeye uygun olmayan maddeler olarak sıralanmıştır. Böcek zararına yanıt olarak, tüycük (trikom) salgıları birçok bitki türünde bilinmektedir. Bitkisel trikolar, birçok böcek zararlısına karşı bitki savunmasında önemli bir rol oynamakta olup hem toksin hem de tercih edilmemeyi sağlayan salgılar salgılayabilmektedir (War vd. 2012). Bazı salgı tüyleri (glandüler trikolar), böceklere ve diğer bazı zararlı organizmalar için zehirli, uzaklaştırıcı (repellent) veya flavonoidler, terpenoidler ve alkaloidler dâhil olmak üzere ikincil metabolitleri salgılar, böylece yapısal ve kimyasal savunmanın bir kombinasyonu oluşturulur (Reed vd. 1987; Soltani vd. 2018). Nohut bitkisinin farklı organlarında yer alan tüycüklerin salgılarının böcekleri ve hastalık etmenlerini malik asit, oksalik asit ve süksinik asit gibi asidik kimyasallarla gelişimini sınırlayabildiğine ilişkin çalışmalar bulunmaktadır (Peter vd. 1995; Rembold vd. 1989; Narayanamma vd. 2013; Toker vd. 2004; Çağiran vd. 2011).

Nohut zararlısı, yaprak galerisineği özellikle Akdeniz ikliminin yaşandığı yetiştiricilik bölgelerinde bitki gelişimi, ürün verimini ve kalitesini ekonomik olarak sınırlandıran önemli biyotik faktörlerden biridir. Bu nedenle, zararlının kontrolünde ekonomik ve çevreci bir yöntem olan “dayanıklı çeşit geliştirilmesi ve üretim deseninde yer alması” için üretimi yapılan nohut bitkisinde yaprak galerisineğine dayanıklılığın yabancı türlerden aktarılmasına ve dayanıklı genotiplerin geliştirilmesi ile tesciline ihtiyaç vardır.

Tarla koşullarında, zararlılara karşı oluşturulan dayanıklılık yanıtı, karmaşık olup anlaşılması ve geliştirilmesi zordur. Çünkü diğer çevresel stres faktörleriyle (kuraklık, sıcaklık dalgalanması, vb.) değişen düzeylerde her zaman bir çakışma meydana



gelebilmektedir. Ancak bu tür araştırmalar, üzerinde çalışma yapılan türlerin davranışları ve adaptasyonları hakkında bir yaklaşım sağlayabilir.

Konu üzerinde yapılacak çalışmaların daha etkili bir Şekilde sonuçlandırılması için de yaprak galerisineğine karşı bitki de oluşan dayanıklılığın kalıtımının bilinmesi gerekmektedir. Ayrıca bitkisel üretimde birim alanda verimin arttırılması ve dayanıklı çeşit ıslahı açısından, ilgili konuda tarımsal ve biyokimyasal seleksiyon kriterlerinin belirlenmesi büyük önem taşımaktadır. Bu bilgiler ışığında yürütülen bu çalışmanın amacı; (i) yaprak galerisineğine dayanıklılık genlerini *C. reticulatum* yabani nohut türünden tarımı yapılan nohuda aktarılmasının mümkün olup olmayacağının araştırılması eğer mümkünse aktarılabileceğinin ortaya konulması, (ii) dayanıklılığın kalıtımının nasıl yönetileceğinin belirlenmesine yönelik gözlemler sonucu öngörülerde bulunmak ve (iii) dayanıklı ve hassas genotiplerin seçiminde kullanılabilecek potansiyel bazı agronomik ve biyokimyasal seleksiyon kriter/kriterlerini belirlemektir.

## 2. KAYNAK TARAMASI

### 2.1. Nohut Taksonomisi

Nohut (*Cicer arietinum* L.), Fabaceae veya Leguminosae familyasına, Faboideae (Papilionoideae) alt familyasında bulunan bir baklagildir (Smykal vd. 2015).

Nohut hem tek yıllık, hem de çok yıllık türleri içeren *Cicer* L. cinsinde yetiştirilen tek türdür. *Cicer* cinsinde 43 tür, dört bölüme ayrılmıştır. Dokuz türün tek yıllık ve 34 türün çok yıllık olduğu bildirilmiştir (van der Maesen 1987). Bu çalışmadan sonra yapılan bazı çalışmalarla yeni eklenen taksonlarla *Cicer* cinsindeki takson sayısı 49 olarak rapor edilmiştir (van der Maesen vd. 2007; Toker vd. 2014).

Tarımı yapılan nohut, dane şekiline göre; (i) “kabuli” ya da *macrosperma* nohutlar (iri daneli) ve (ii) “desi” ya da *microsperma* nohutlar (küçük daneli) olmak üzere iki ana gruba ayrılmaktadır. Sadece dane şekline göre gen bankalarında üçüncü bir tip olarak yuvarlak (bezelyemsi) nohutların varlığı bilinmektedir. Kabuli nohutların dane kabuğu beyaz-krem renli olup, bitkiler ve çiçek pigment içermez. Desi tipi nohutların dane rengi siyah, yeşil ve değişik tonlarda kahverengi olup bitkiler ve çiçek pigment içermektedirler (Şekil 2.1) (Purushothamana vd.2014).



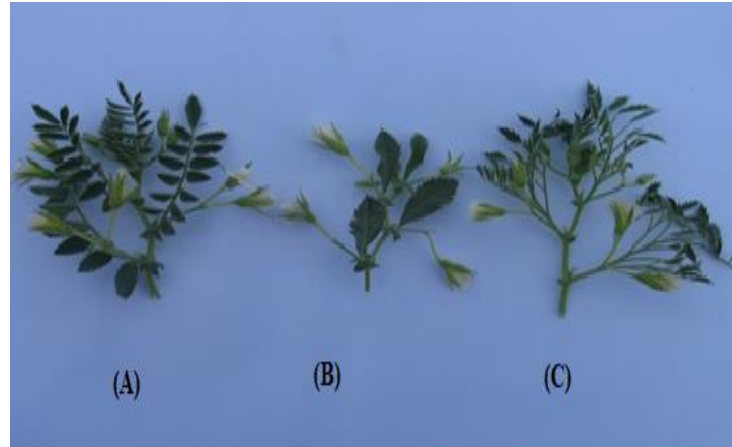
**Şekil 2.1.** Yuvarlak (A), desi (B) ve kabuli (C) nohut daneleri (Orijinal)

*Cicer* türleri, Harlan ve De Wet (1971) tarafından tanımlandığı gibi üç gen havuzuna ayrılmışlardır. Croser vd. (2003), birincil gen havuzunda tarımı yapılan nohut, *C. reticulatum* Ladiz. ve *C. echinospermum* P.H. Davis bulunur. Birinci gen havuzunda bulunan türler arasında klasik yollarla melezleme yapılabilir ve yabancı türlerden tarımı yapılan nohuda istenen gen/genlerin aktarılabilceği farklı çalışmalarla ortaya

konulmuştur. İkinci gen havuzunda bulunan *C. bijugum*, *C. judaicum* ve *C. pinnatifidum* gibi türlerde birbirleriyle yapılan melezlemeler sonucunda döllenme sonrası meydana gelen problemlerden dolayı endosperm gelişemez ve dane büyümmez. Bu sorunu aşmak için embriyo kurtarma uygulamalarının yapılması gerekir. Üçüncü gen havuzunda embriyo kurtarma teknikleri kullanılarak bile şimdiye kadar melez bitki elde edilememiştir. Bu grup, diğer nohut türlerini içermektedir (Singh vd.2008). Nohut türleri istisnaları olmakla birlikte genelde  $2n = 16$  kromozom sayısına sahiptir (Ahmad ve Chen 2000; Sharma ve Gupta 1986). Nohut bitkisinin genom büyüklüğü 738 Mb olarak rapor edilmiştir (Varshney vd. 2013).

## 2.2. Nohut Bitki Morfolojisi

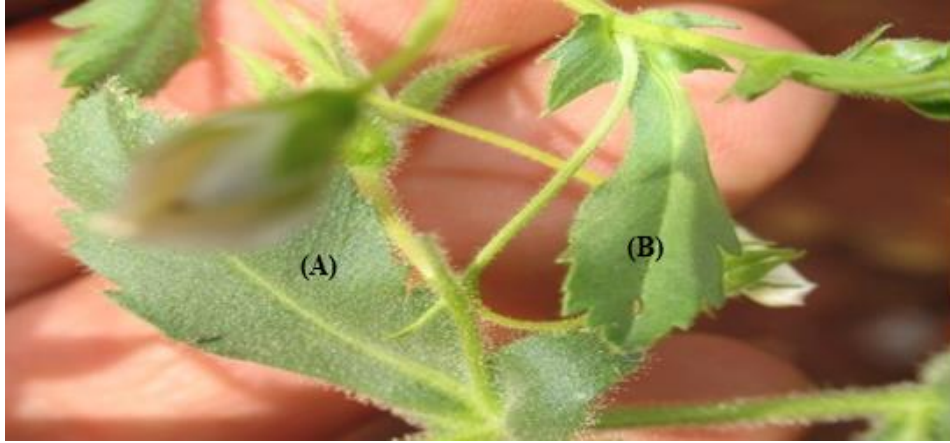
Nohut, bitki boyu 20-100 cm kadar uzayabilen tek (ve çok) yıllık bir bitkidir (Cubero 1987). Nohudun büyüme formu dik, yarı dik ya da yatıktır (Upadhyaya vd. 2002). Nohutta, hipogeal çimlenme görülmektedir (Cubero 1987). Nohut bitkisinin ilk gerçek yaprakları 3-4 çiftken büyüme süreciyle birlikte yaprak gelişimine uygun olarak genellikle 5-8 çift olabilmektedir (GRDC 2017). Tarımı yapılan nohutta üç farklı yaprak şekli gözlenemekte olup bu yapraklar bileşik, basit ve çok yaprakçıklı olarak tanımlanabilir (Şekil 2.2) (Toker vd. 2012).



**Şekil 2.2.** Tarımı yapılan nohutta bileşik (A), basit (B) ve çok yaprakçıklı (C) yaprak şekilleri (Orijinal)

Nohut bitkisinin tüm yeşil kısımlarında salgı tüyleri (glandular trikom) bulunmaktadır (Şekil 2.3). Bu yapıların evrimsel süreçte bitkiyi hastalık ve böcek

zararından koruduğu ve etkilerini en aza indirdiği düşünülmektedir. Herhangi bir salgı tüyüne temas edilmesi durumunda temas edilen yüzeyde “tuzlu” bir his bırakırlar. Bu tuz tadını veren bileşim, bilinen yemek tuzu olmayıp, büyük ölçüde malik ve oksalik asitlerdir (Reed vd. 1987). Nohut sapsları dallı olup dik veya yatay yayılma formları gösterirler. Saplarda salgı bezi bulunmakta olup, tüylü koyu yeşil veya mavimsi yeşil bir renge sahiptir.



**Şekil 2.3.** Hassas kontrol olarak kullanılan Sierra genotipinin yapraklarında salgı tüyleri (A) ve salgı tüyü içermeyen mutant bitki yaprağı (B) (Orijinal)

Nohut bitkisinin kök sistemi oldukça gelişmiştir. Ana bölümler, toprak seviyesinin altında ilk 60 cm'de bulunmakla birlikte, 2 m derinliğe kadar kök uzayabilmektedir. Nohut bitkisinin daha derinde bulunan suya ulaşabilmesini sağlayan geniş bir kazık kök sistemi mevcuttur (van der Maesen 2007; Thomas vd. 1995; GRDC 2017). Toprağın üst yüzeyine yakın olan kök yapıları *Rhizobium* bakterileriyle simbiyoz ilişki içerisinde nodüller geliştirmektedir. Oluşan bu yapı, karbonhidrat karşılığında bitki için uygun hale gelen atmosferik azotu sabitler. Nodüllerin çoğu, toprak seviyesinin altındaki ilk 15 cm'lik kısımda meydana gelmektedir (Loss vd. 1998).

Nohut, bezelye benzeri küçük çiçekler (8-10 mm) açmaktadır (Şekil 2.2) (Kalve ve Tadege 2017). Çiçekler, erkek organlar iki küme (diadelphous) şeklinde (dokuz kaynaşmış ve bir serbest; 6-8 mm) ve uca doğru hafifçe genişletilmiş bir boyuncuk (stilus, 3-4 mm) ve dişicik tepesi (stigma) içermektedir (Auckland ve van der Maesen 1980). Dane tipi ‘desi’ ve ‘kabuli’ nohut genotiplerinde çiçek rengiyle kolayca tanınabilir. Desi tipi daneli genotiplerde mor-pembe ve çok nadiren mavi çiçekler gözlemlenirken, kabuli

tipi daneli genotiplerde beyaz çiçekler gözlemlenir. Bazı yetiştiricilik şartlarında, nohut bitkisi çiçeklenme başlamadan önce birçok gerçek olmayan çiçek veya “çiçek olmayan” çiçek tomurcukları üretir (Khanna-Chopra ve Sinha 1987). Baklagiller familyasına özgü formdaki çiçekler evrimsel olarak, ancak bazı arı türleri veya bombus arıları tarafından yabancı tozlaşmaya uygundur. Genel olarak, nohut çiçekleri asıl olarak kendine dölleenmektedir (Leppik 1966).

Nohut bakla yapıları, ana gövde üzerinde olduğu gibi, birincil ve ikincil dallarda da meydana gelebilmektedir. Baklalar yaklaşık 2-5 cm uzunluğunda olup içi hava ile şişirilmiş gibi gözlenmektedir. Tohum kabukları dölleenmeden yaklaşık 5-6 gün sonra ortaya çıkmaktadır. Bakla duvarı, ilk iki hafta içinde hızla genişlemektedir (Loss vd. 1998). Dane 3-4 haftalık süreç de daha yavaş bir hızda gelişerek yaklaşık 6 hafta sonra olgunluğa ulaşabilmektedir. Nohut tanesi olgunlaşınca bakla içinde serbest hale geçerek kapsülden bağımsız hale gelebilmektedir. Kabulü tip bakla içinde daneler genelde daha iri ve tek, desi tipinde iki ya da üç ve küçük dane olarak gözlenmektedir (Wood vd. 2019).

### 2.3. Nohut Bitki Fizyolojisi

Bitki gelişim sürecinin uzunluğu nohut materyaline göre büyük farklılıklar gösterebilmektedir. Bu durumun temel nedenlerinden birisi, toprağın sıcaklık ve nemine bağlı olması olarak bildirilmiştir (Jaiswal ve Singh 2001).

Nohutların büyüme ve gelişimi, beş fenolojik aşamaya ayrılabilir (Plancquart ve Werry 1991). Her aşama süresi, genotip, fotoperiyodizm, sıcaklık ve su varlığına göre değişkenlik göstermektedir (Saxena ve Singh 1987). Çimlenme aşaması; tohumun durgun dönemden, aktif döneme geçişi ile karakterize edilir ki bu dönem de köklerin çıkışı ve yüzeye doğru ilerleyen koleoptilden oluşmaktadır. Büyüme ve dallanma aşaması, sapların dallanması, tomurcukların gelişimi ile temsil edilir. Bu aşamayı, çiçek dizimlerinin görünümü ve gelişimi ile belirginleşen çiçek aşaması, ardından çok sayıda çiçek ve önemli düzeyde bir bakla verimi takip etmektedir. Çiçeklenme tarihi ve oranı, genotipin sıcaklık ve nem faktörlerinin etkilerinin yanı sıra, gün içinde artan sıcaklığa veya genel olarak sıcaklığa gösterdiği reaksiyona göre değişebilmektedir (Berger vd. 2003). Çiçeklenme döneminde, çiçekler özellikle kuraklığa hassas olup olgunlaşma tarihi ve genotiplerin verimi üzerinde doğrudan bir etkiye sahip olduğu bildirilmiştir (Summerfield vd. 1996).

Nohut kendine döllen bir tür olup döllenme evresi ve bakla oluşumun da, çiçek olgunluğa ulaştığında parçalanabilir yapıya dönüşerek çiçeklerin tozlaşması için polenleri serbest bırakmaktadır. Son aşama, yaprakçıklar ve kapsüllerin sararması ve tohumların sertleşmesi ile karakterize edilen olgunlaşma aşaması ile temsil edilmektedir.

Nohutta çiçeklenme, gün uzunluğunun arttığı döneme rastlamaktadır (Summerfield 1979). Diğer taraftan, kısa gün uzunluğu bitki büyüme hızını artırır. Işığın şiddeti ve aydınlanma süresi nodülasyon için önemli faktörlerdir. Fabaceae veya Leguminosae familyası bitkilerinin üretim alanlarının güneşli ve uzun gün süresine sahip olmasına ihtiyaç vardır. Yani, gün uzunluğuna bağlı olarak nohut ekim zamanı ile hasadı arasında 120 ila 150 gün olan genotipler erkenci ve 150 ila 180 gün süren genotipler geçici genotipler olarak tanımlanabilir (Roberts vd. 1980).

## 2.4. Nohut Gen Merkezleri ve Yetiştiriciliği

### 2.4.1. Gen merkezleri

Nohutun gen merkezi, günümüz Türkiye ve Suriye sınırları içinde yer alan ve “Verimli Hilal” olarak bilenen alanlardır (Redden ve Berger 2007). Arkeolojik kazılar ve nohutun yabani atalarının mevcut dağılımı “Verimli Hilal” bölgesini nohutun gen merkezi olarak işaret etmektedir. Nohutun yabani tek yıllık atası *C. reticulatum*, Türkiye’nin doğusunda yer alan sadece küçük bir alanda görülebilmektedir (Berger vd. 2003). Yabani çok yıllık progenitor *C. anatolicum*, Türkiye’de bulunduğu farklı kaynaklarda rapor edilmiştir (Toker vd. 2007).

Nohutun, kültüre alınmasında önemli adımlardan birisi, sonbahar yerine ilkbahar sezonunda ekilmesine karar verilmesidir. Abbo vd. (2003) geç ilkbahar veya erken yaz döneminde ekimlerin yapılmasının temel nedeni olarak “yanıklık hastalığı” [Etmen: *Ascochyta rabiei* (Pass) Labr.]’nin gelişmesi için uygun olan iklim koşullarından kaçınılması olarak açıklamaktadır. Ancak, Akdeniz iklimi görülen nohut yetiştiricilik alanlarında, artan sıcaklıklar ve olağan veya şiddetli kuraklık nohut üretim ve verimini sınırlamaktadır (Kumar ve Abbo 2001). Modern tarım sistemlerinde, Akdeniz iklimi yaşayan nohut yetiştiricilik alanlarında nohut ekimi, daha fazla yanıklık hastalığı ve yabancı ot kontrolü gerektiren sonbahar ekimine geri dönülmesinin tekrar değerlendirilmesini düşündürmektedir.

### 2.4.2. Üretim

Türkiye’de en fazla yetiştiriciliği yapılan yemeklik tane baklagil nohuttur. Türkiye de nohut ekilişleri, lokasyon ve yanıklık hastalığından kaçınmak için Şubat-Mayıs ayları içerisinde yapılmakta, hasat ise Haziran-Ağustos ayları içerisinde tamamlanmaktadır (TMO 2020). Nohut’un yurt içi kullanım miktarı 500 bin ton civarındadır.

**Çizelge 2.1.** Türkiye'de yıllara göre nohut ekim alanı ile üretim ve verim değerleri (TÜİK 2020 ve TMO 2020)

Yıllar	Ekilen Alan (Ha)	Üretim (Ton)	Verim (Kg/Da)	Kullanım (Ton)
2013	418.889	506.000	121	458.600
2014	388.518	450.000	116	460.131
2015	359.304	460.000	129	462.670
2016	359.529	455.000	129	487.800
2017	395.310	470.000	120	529.971
2018	514.416	630.000	123	545.288
2019	520.595	630.000	122	551.330*

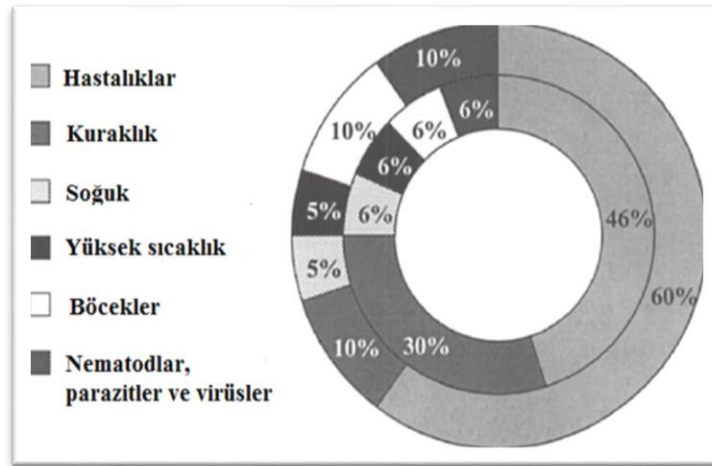
\*Kaynak: TÜİK (2020), TMO (2020) tahminidir.

FAO 2018 yılı verilerine göre nohut, 58 ülkede 17.9 milyon ha alanda yetiştirilmekte ve 17.2 milyon ton üretilmektedir. Türkiye’de 514 bin ha alanda yetiştirilmekte ve 630 bin ton üretilmektedir (FAOSTAT 2020). Türkiye de kişi başı nohut tüketimi yaklaşık 5.7 kg/yıl olarak rapor edilmiştir (BÜGEM 2020). Nohut ekiliş alanları göz önüne alındığında, dünyada baklagiller içerisinde soya, yerfıstığı ve fasulyeden sonra dördüncü sırada, Türkiye’de ise birinci sıradadır (FAOSTAT 2020). 2019 yılında 13.236 ton ithalatı yapılmış olup bunun karşılığı 12.7 milyon dolar ödenmiş olup, aynı yıl 127 bin ton ihracatı yapılmış olup 76.2 milyon dolara kazanç sağlanmıştır. 2019 yılının ilk dört aylık döneminde nohut ithalatı 3 bin ton, ihracatı ise 41 bin ton iken 2020 yılının ilk dört aylık döneminde toplam ithalat miktarı 7 bin ton, ihracat miktarı 38 bin tona ulaşmıştır. Covid-19 pandemisinin etkisi ile 2020 yılı ilk dört aylık döneminde Pakistan, Lübnan, Almanya ve Suriye en çok ihracat yapılan ülkeler olarak öne çıkmıştır. İthalat ve ihracat arasındaki parasal farkı, ülkemiz adına 23 milyon dolar kazanç olarak gerçekleşmiştir.

### 2.4.3. Üretimi etkileyen stres faktörleri

Üretim alanlarında görülen farklı biyotik ve abiyotik stres faktörleri, bitkilerde farklı düzeylerde strese neden olabilirler. Biyotik ve abiyotik faktörlerinin etkisi altında, üretimi yapılan bitkilerde meydana gelen istenmeyen yönde ki değişiklikler "stres" olarak tanımlanabilir. Farklı biyotik ve abiyotik stres faktörleri altında bitkilerde değişiklikler meydana gelebilir, bu değişiklikler bitkilerdeki büyüme ve gelişmeyi olumsuz yönde etkileyerek kalite ve üretim miktarı ile bitki veya farklı organların da ölümüne yol açabilmektedir (Mattson ve Haack 1987).

Nohut üretimini etkileyen en önemli stres faktörleri arasında özellikle hastalıklar (özellikle patojen funguslar), zararlılar, nematodlar, virüsler ve yabancı otlar gibi biyotik stres faktörleri ile kuraklık, donma, düşük (<-1.5°C) ve yüksek sıcaklıklar ile tuzluluk gibi abiyotik stres faktörleri bulunmaktadır. Singh vd. (2008)'ne göre, kuraklık stresinin hastalıklardan sonra, üretiminde ikinci sırada önemli olan stres faktörüdür. Üretimde, biyotik stresler kaynaklı olarak %58 ve abiyotik stresler kaynaklı olarak %42 düzeyinde kayıplar oluşabilmektedir. Kuraklık stresi, tüm stres faktörleri arasında %30'luk oran ile abiyotik stresler arasında ilk sırada yer almaktadır (Şekil 2.4).



**Şekil 2.4.** Croser vd. (2003) tarafından yürütülen araştırmaya göre, nohut üretimini etkileyen biyotik (dış çember) ve abiyotik (iç çember) stres faktörlerinin göreceli önemi

Zararlılar, nohut üretiminde önemli düzeyde verim kayıplarına neden olabilmektedir. Örneğin Hindistan'da yapılan üretimlerde zararlılar nedeniyle nohutta %40 ila %60 düzeyinde verim kayıpları rapor edilmiştir. Diğer taraftan nohut, birçok zararlının beslenmesine elverişli değildir. Bu nedenle nohut üzerinde beslenen sınırlı



sayıda zararlı rapor edilmiştir. Dünyada yaklaşık 60 böcek türü nohut ile beslenmektedir. Bu zararlıların kontrol edilmesi veya yeni kontrol yöntemlerinin geliştirilmesi bir gerekliliktir (Junejo vd. 2019). Zararlı türler içerisinde, nohut yaprak galerisineği [*Liriomyza cicerina* (Diptera: Agromyzidae)]; Akdeniz iklimi yaşanan, Batı Asya ve Kuzey Afrika yetiştiricilik alanların da önemli ürün kayıplarına neden olan zararlılardan birisi olup %40'a ulaşabilen verim kayıpları rapor edilmiştir (Reed vd. 1987). *L. cicerina*, Fabaceae familyasında bulunan türler için oligofag (akraba bitkiler ile beslenen) bir zararlıdır. Zararlı, nohutta değişen düzeylerde üretimi etkileyerek verim ve ürün kalitesini (özellikle dane iriliği) olumsuz yönde etkileyebilmektedir.

## **2.5. Nohut Yaprak Galerisineği (*Liriomyza cicerina* Rond.)**

### **2.5.1. Taksonomisi**

*Liriomyza cicerina* Rondani, 1875 (Türkçe bilinen yaygın ismi; Nohut yaprak galerisineği) zararlısı Diptera takımından Agromyzidae familyasında yer alan bir türdür. Agromyzidae familyasında bulunan türlerin larvaları, bitkilerin genellikle yaprak ve kök kısımlarında galeri açan zararlılardır. Agromyzidae familyası, 27 cinse ait 2742 tür ile Diptera takımının en büyük familyalarından biri olarak bilinmektedir (Hepdurgun vd.2007).

Türkiye'de 186 türün varlığı bilinmekle birlikte Türkiye'de Agromyzidae familyasına ait türlerle ilgili çalışmalar oldukça yenidir. Ekonomik zararlarına yönelik ilk çalışmalar Lodos (1962) tarafından yapılmıştır. Bitkisel üretim de ilk zarar kaydı, *Cicer arietinum*'da zarar oluşturan *L. cicerina* tanımı Rondani (1875) tarafından yapılmıştır (Çıkman 2012).

### **2.5.2. Morfolojisi**

Zararlı erginlerinin vucüt rengi grimsi-siyah olup abdomenleri sarı çizgilidir. Nohut yaprak galerisineği ergin dişileri ortalama 1.4-1.6 mm, erkekleri ise ortalama 1.1-1.3 mm uzunluğundadır. Yumurtaları mat beyaz renkte olup, yumurtalar dişi birey tarafından konukçu bitkinin yaprak dokusu üzerine veya içine bırakılırlar. Yumurtalar küçük olduklarından çıplak gözle görülmesi oldukça zor olup ortalama 0.1 mm büyüklükte dirler. Larvaları kirli sarı, parlak görünümlü ve silindirik tir. Pupa; fiçi

şeklinde, döneme göre bal-sarı veya kıvı-kahve renkli olup 2 mm uzunluğundadır (Uygun vd. 1995).



**Şekil 2.5.** Nohut yaprak galerisineğinin ergini (a), larvaları (b) ve pupaları (c) (TAGEM 2011)

### 2.5.3. Biyolojisi

Zararlı, kış mevsimini veya gelişmesi için uygun olmayan soğuk dönemleri toprağın 3-6 cm derinliğinde pupa döneminde geçirir. İlkbaharda uygun şartların oluşmasıyla erginler görülmeye başlamaktadır. Çıkman ve Civelek (2006) Türkiye'de yetiştiricilik yapılan alanlarda, nohut yaprak galerisineği erginlerinin Nisan ayının ikinci yarısında ila Mayıs ayının ilk yarısında ortalama hava sıcaklığın 9.0-14.3°C ve toprak sıcaklığının 19.2-21.2°C olduğu dönemde görüldüğünü bildirmişlerdir.

Ergin bireyler cinsel olgunluğa ulaştıktan sonra çiftleşirler ve dişiler yaprak/yaprakçıkların üst epidermisini, ovipozitorleri ile delerek iki epidermis arasında yumurtalarını bırakırlar. Bir dişi genellikle yaprak başına 1 ila 30 yumurta bırakabilmektedir. Yaprak/yaprakçığa dikkatli bakıldığında yumurtaların konulduğu yerde hafif bir şişkinlik ve açık renkli bir leke görülebilir. Hava sıcaklığına da bağlı olarak yumurtalar 2-4 gün sonra açılır. Larvalar epidermisler arasında galeriler açarak beslenirler. Olgun larva, yaprak/yaprakçığın kenarından kendini toprağa atarak 2-5 cm toprak derinliğinde pupa olmaktadır (Toker vd. 2010).

İklim koşullarına bağlı olarak pupa süresi 14-15 gündür. Zararlı bir dölünü yaklaşık 1-1.5 ayda tamamlar ve yılda 2-4 döl verir. Larvaların yaprak/yaprakçıklarda beslenmesi sonucunda önce açık renkli bir galeri oluşur. Galeriler ilerleyen süreçte de bir kabarcık şeklini alır ve bu durum tüm yaprağı kaplayabilir. Ayrıca bu dönemde larvaların pislikleri

de fark edilebilir. Şiddetli zarar gören yaprak/yaprakçıklar sararır ve dökülür. Dökülmeler özellikle bitkinin alt dallarında meydana gelebilmektedir (Weigand 1990).

#### 2.5.4. Zararlının coğrafi yayılışı

Nohut yaprak galerisineği kurak, yarı kurak ve ılıman (özellikle Akdeniz iklimi) iklim koşullarını tercih etmektedir. Daha yüksek nem ve ek sulama yapılması, yaprak galerisineği popülasyon yoğunluğunun artmasına neden olduğu bildirilmiştir (Çıkman ve Civelek 2006).

Nohut yaprak galerisineği'nin Afrika'da; Cezayir, Mısır, Libya, Fas, Tunus, Asya'da; Afganistan, Hindistan, İran, Irak, Ürdün, Kazakistan, Lübnan, Suriye, Türkiye, Türkmenistan, Özbekistan, Avrupa'da; Arnavutluk, Azerbaycan, Bulgaristan, Danimarka, İngiltere, Estonya, Almanya, İtalya, Portekiz, Romanya, Slovakya, İspanya, İsveç, Ukrayna, Eski Yugoslavya'da (CABI 2019) varlığı rapor edilmiştir. Türkiye'de zararlının varlığı ile ilgili ilk kayıt 1957'de Ege Bölgesi'nde (İzmir İli) nohutta üretim alanlarında rapor edilmiştir (Tunç vd. 2012).

Spencer (1973) zararlının Akdeniz iklimi yaşanan üretim alanlarında görüldüğünü rapor etmiştir. Nohut yaprak galerisineği'nin, Batı Avrupa'daki *Ononis* spp. üzerinde yaygın olarak görüldüğü ve zararlının Hindistan'dan Güney Avrupa'ya geldiği ve *Cicer arietinum*'a kolonize olarak birincil konukçusu olabileceğini bildirmiştir.

#### 2.5.5. Konukçuları

Nohut yaprak galerisineği'nin sadece Fabaceae familyası türlerinde zarar yaptığı kaydedilmiş olup *Cicer arietinum* (nohut), *Hymenocarpus circinnatus* (Pulluot), *Melilotus alba* (Ak taşıyoncası), *Melilotus officinalis* (Sarı taşıyoncası), *Ononis arvensis*, *Ononis repens*, *Ononis spinosa* bazı konukçuları olarak bilinmektedir. Spencer (1973) birincil konukçu bitkilerin Avrupa'da *Ononis* spp. olduğunu ve nohut yaprak galerisineği'nin yayılma merkezinin Avrupa olabileceğini bildirmiştir. Hindistan'dan Avrupa'ya nohut getirildiğinden beri Avrupa'da nohutta zararlının bir geçişinin olabileceğini varsaymıştır (Spencer 1973).

### 2.5.6. Konukçularında oluşturduğu zarar

Larva, yaprak mezofil dokusunda galeri oluşturur. Ağır bulaşıklıklarda, yapraklar kurur ve erken dökülür. %30'a ulaşan verim kayıpları yaygın olarak kaydedilmiştir (Weigand ve Tahhan 1990). Bu ana zarara ek olarak, bitkide görülen diğer zararları değişik şekillerde ortaya çıkmaktadır. Bunlar; dişilerin beslenmesi için yapraklarda oluşturdukları deliklerden çıkan özsuyu kullanması ve yaprağa bırakılan yumurtalar ile larvaların yapraklarda oluşturdukları galerilerde bu zarara bağlı olarak patojen fungusların, bu besleme deliklerinden yaprağa girmeleri (Deadman vd. 2000; Matteoni ve Broadbent 1988) ve bazı bitki virüslerinin mekanik taşınmasına imkan vermektedir (Costa vd. 1958; Zitter ve Tsai 1977). Bu zarar, bitkide fotosentezde azalma ile sonuçlanır. Aynı yaprakta oluşan fazla sayıda galeri nedeniyle yaprak/yaprakçıklar dökülebilmektedir (Toker vd. 2010) (Şekil 2.6).



**Şekil 2.6.** Akdeniz Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarla Bitkileri Bölümü Araştırma ve Uygulama alanlarında farklı nohut yaprak/yaprakçığı üzerinde yaprak galerisineğinin oluşturduğu zarar (Orijinal)

### 2.5.7. Populasyon dalgalanmalarıyla ilgili çalışmalar

Akdeniz ikliminin yaşandığı yetiştiricilik alanlarında, nohut yaprak galerisineği, her yıl yüksek yoğunlukta görüldüğü için birçok ülkede ana zararlılar arasında sayılabilmektedir (Weigand 1990). Yine kurak ve yarı kurak bölgelerin yetiştiricilik koşullarında, nohut yaprak galerisineği nohut yetiştirilen alanlarda görülen önemli biyotik stres faktörleri arasında yer almaktadır (Singh ve Jana 1993). İspanya'da nohut yetiştiriciliği ile ilgili hazırlanan bir raporda (Govantes ve Montanes 1982) bu durum

bildirilmiştir. Aynı çalışmada İspanya'daki nohut üretim alanlarının neredeyse tamamında ve tüm bitkilerde yaprak galerisineği zararına rastlandığı bildirilmektedir.

Türkiye'de Şanlıurfa ilindeki Agromizid faunası üzerine yapılan bir çalışmada, nohut yaprak galerisineği'nin nohut ekili alanlarda önemli zarara neden olduğu bildirilmiştir (Çıkman ve Uygun 2003). Suriye nohut ekiliş alanlarında nohut yaprak galerisineği survey çalışmasında inceleme yapılan nohut tarlalarında (Sithanatham ve Reed, 1980) oldukça yaygın olduğu belirlenmiş olup, Hariri ve Tahhan (1983) nohut yaprak galerisineğinin ekonomik olarak önemli nohut zararlısı olarak bildirmişlerdir. Mayıs 1983'te nohut yaprak galerisineği'nin Suriye ve Ürdün'de nohutta ekiliş alanlarında varlığı incelenmiş olup, tüm yetiştiricilik alanları dikkate alındığında zararın Kuzey Suriye'de daha fazla olduğu rapor edilmiştir (Sithanatham ve Cardona 1984). Nohutta yaprak galerisineğikaynaklı ürün kayıpları Akdeniz Havzası'nda %40'a ulaşabilmektedir (Reed vd. 1987). Güney Fas'ta nohut yaprağı galerisineği zararının ilkbaharda daha şiddetli olduğu belirlenmiş ve kuraklık koşullarında bu zararın daha şiddetli olduğu rapor edilmiştir (Kamel 1990). Şanlıurfa ilinde sekiz nohut çeşidinde, nohut yaprak galerisineği popülasyonları yoğunluğu üzerinde yapılan bir araştırma da, nohut çeşitleri arasında verim açısından önemsiz farklılıklar olduğunu ve larva yoğunluğu ile verim kayıpları arasında bir ilişki bulunmadığı rapor edilmiştir (Çıkman ve Civelek 2007). Türkiye'de nohut yetiştiriciliği yapılan üç bölgede (Yozgat, Konya ve Eskişehir) yapılan farklı bir araştırma sonucuna göre, nohut yaprak galerisineği'nin ve thrips'in nohutun en yaygın zararlıları oldukları, ancak ekonomik açıdan önemli zararlılar olmadıkları rapor edilmiştir (Tamer vd. 1998).

Tunus'ta yürütülen bir çalışmada; nohut yaprak galerisineği'nin ekiliş alanlarındaki dağılımı ve mevsimsel bitki fenolojisi, birincisi sonbaharda ekilen ikincisi ise ilkbaharda ekilen olmak üzere iki nohut genotipi üzerinde incelenmiştir. Araştırma, 2016 yetiştirme sezonunda gerçekleştirilmiş olup sonuçlar nohut yaprak galerisineği dağılımının, araştırma yapılan nohut çeşitleri ve ürün gelişim aşaması arasında mevsimsel bitki fenolojisi ile değişim gösterdiği belirlenmiştir. Ayrıca sonuçlar, nohut yaprak galerisineği'nin bitki de zararın görülmesinin, zararlının ergin evresi ve bitki büyüme aşamasına bağlı olduğu yine bu çalışma ile rapor edilmiştir. Aynı çalışmada hassas çeşitlerde daha fazla zararın oluşabileceği de bildirilmiştir (Soltani vd. 2018).

Lahmar ve Zeouienne (1990), Fas'ın nohut yetiştiriciliği yapılan iki farklı bölgesinde nohut yaprak galerisineği üzerine yaptığı gözlemlerin benzer sonuçları olduğunu bildirmişlerdir. Bu çalışmada sonucunda nohut yaprak galerisineği Mart ve Haziran ayları arasında dört döl verebildiği gözlenmiştir. Nohut yaprak galerisineği'nin ilk iki dölü nohut yetiştiriciliği için gerçek bir tehlike oluşturmaktadır. Nisan ayında yaşanabilecek zarar nedeniyle oluşabilecek zararın %86'yı aşabildiğini ve oluşan zarar sonucu bitki yapraklarında önemli bir azalmaya neden olabildiğini bildirmişlerdir. Nohut hasatından sonra derin toprak sürmenin, pupaları derine gömülerek ergin çıkışlarının engellenmesi için nohut yaprak galerisineğiyle mücadele etmek için gerekli olduğu bildirilmiştir. Lahmar ve Zeouienne (1990), toprağın 20 cm derin sürülmesi *Agromyza* cinsinde neredeyse %100 oranında pupaları yok edilebildiğini bildirmişlerdir.

Çıkman ve Civelek (2006) tarafından, Şanlıurfa ilinde nohut yaprak galerisineği'nin nohut üretim alanlarındaki popülasyon yoğunluğu ile ilgili üç tekrarlı altı farklı sulama programı (su miktarı) olan bir araştırma gerçekleştirilmişlerdir. Büyüme mevsimi boyunca, farklı sulama programı araştırma alanında (parsellerinde) yaprak/yaprakçıklarda periyodik olarak canlı larva sayımı yapılmış olup her dönem için verim sonuçları da kaydedilmiştir. Çalışma sonuçlarına göre, sulama seviyesinin en fazla olduğu grupta (blokta) nohut yaprak galerisineği popülasyonu sulamanın yapılmadığı veya sulama seviyesinin düşük olduğu parsellerden daha yüksek olduğunu belirlemişlerdir. Araştırma sonuçları birlikte değerlendirildiğinde, verim özellikleridikkate alındığında, nohut veriminin Güney Doğu Anadolu Bölgesi Projesi (GAP) ortalamasının üzerinde olduğu ve en yüksek sulama programının önerilebileceği sonucuna ulaşmışlardır.

Toker vd. (2010), Antalya lokasyonunda üç yaprak/yaprakçık tipinde (5 bileşik, 5 basit ve 5 çok yapraklı yaprak) ve pigmentasyonları farklı (yok, düşük ve yüksek) örnekleri içeren on beş nohut genotipinin, 2006 ve 2007 üretim sezonlarının da nohut yaprak galerisineği'ne reaksiyonlarını değerlendirmişlerdir. Çalışma sonucunda, nohut yaprak galerisineği dayanıklılığı, önemli ölçüde yaprak/yaprakçık tipi ve boyutu ile ilişkili, fakat yaprak pigmentasyonu ile ilişkili olmadığı rapor edilmiştir. Basit yaprak tipine sahip genotiplerin nohut yaprak galerisineği zararına en hassas, çok ve küçük yaprakçıklara sahip genotiplerin ise en az hassas (toleranslı) olduğunu rapor etmişlerdir.

Yabas ve Ulubilir (1992), nohut yaprak galerisineği'nin, popülasyon dalgalanmalarını Kilis ve Gaziantep illerinin merkez ilçeleri nohut ekiliş alanlarında

incelemişlerdir. Çalışma, nohut vejetasyon dönemleri dikkate alınarak üç dönemde yürütülmüştür. Çalışma sonucunda zararlı tüm vejetasyon döneminde üretim alanlarında belirlenmiştir. Çalışma sonucu Mayıs ayının son günlerinde, böcek yoğunluğunun en üst seviyeye ulaştığını belirlemişlerdir.

Zengin ve Hayat (2016), 2014 yılında Uşak ilindeki nohut yetiştirme alanlarında görülen *L. cicerina*'nın biyolojisini ve yaygınlık oranını belirlemek için bir çalışma yürütmüşlerdir. Bu çalışma sonucunda, nohut yaprak galerisineği erginlerinin Nisan ayının ikinci haftasında görülmeye başladığını gözlemlemişlerdir. Ergin dönem populasyon yoğunluğu Mayıs ayının son günlerinde en üst düzeye ulaşmış olup Haziran ayı sonunda da yine benzer bir gözlem yapıldığı belirlenmiştir. Nohut yaprak galerisineği'nin larvalarının yaprak/yaprakçıkta Nisan ayının son haftasında gözlemlenmiş, Mayıs ayı sonunda larva populasyonunun arttığı ve Haziran ayı sonunda benzer şekilde yine yaprak/yaprakçıkta larva sayısının arttığını belirlemişlerdir. Çalışma sonuçları birlikte değerlendirdiğinde Uşak ili nohut yetiştiricilik alanlarında nohut yaprak galerisineği'nin 2 döl verebileceğini rapor etmişlerdir.

Hıncal vd. (1997), İzmir (Bornova), Denizli (Çivril, Tavas) ve Uşak (Sivaslı) lokasyonlarında 1991-1994 üretim sezonlarında *Liriomyza cicerina* larvalarıyla bulaşık nohut yaprak örnekleri toplanmışlardır. Zararlı larvalarının nohut yapraklarında doğrusal galeriler açılarak mezofil tabakası ile beslendiğini belirlemişlerdir. Şiddetli zararın bir sonucu olarak dökülen yaprakçıklar nedeniyle %30'a ulaşan ürün kayıplarının olabileceği rapor edilmiştir. Bu çalışmadan farklı olarak, Çıkman ve Civelek (2006) Şanlıurfa ilinde ve Zengin ve Hayat (2016), 2014 yılında Uşak ilinde Nohut yaprak galerisineği'nin yılda 2 döl verdiğini bildirmişlerdir.

Nohut yaprak galerisineği, Akdeniz iklimi yaşanan yetiştiricilik alanlarında nohut üretiminde kayıplara neden olan önemli zararlılarından biridir. Fas'ta yürütülen bir çalışmada nohut yaprağı galerisineği, insektisit uygulamaları ile kış (sonbahar) ve ilkbahar olmak üzere iki ekim zamanı ve dört kabulü tip daneli nohut çeşidindeki verim kayıpları değerlendirilmiştir. Zararlı kaynaklı ürün kayıplarının kış ekilişlerinde ortalama %20 ve ilkbahar ekilişlerinde %42 olarak belirlemişlerdir. Buna ek olarak, nohut yaprak galerisineği zararlısınca verim kayıplarının kış ekilişi için yaklaşık %25 ve ilkbahar ekilişi için %43 olarak belirlemişlerdir (Sabraoui vd. 2019).

## 2.6. Nohut tarafından salgılanan organik asitlerin zararlılar üzerindeki etkileri üzerine yapılan bazı çalışmalar

Bitkilerin, zararlılarca oluşturulan olumsuz etkileri en alt düzeye indirebilmek için çeşitli stratejilerinin olduğu bilinmektedir. Bitkiler, zararlı böceklere karşı çeşitli morfolojik, biyokimyasal ve moleküler mekanizmalar yoluyla reaksiyon gösterirler. Böceklere karşı biyokimyasal savunma mekanizmaları geniş kapsamlı, oldukça dinamik olup hem doğrudan hem de dolaylı savunmalara aracılık etmektedirler. Biyokimyasal savunma/savunmalar, zararlıların olumsuz etkilerini azaltılmasında bitkilerce kullanılan etkili stratejilerden biridir. Zararlıların zarar yapmasının engellenmesinde veya sınırlandırılmasında bitki tarafından salgılanan metabolitler dayanıklılık cevabının oluşturulmasında önemli rolü bulunmaktadır (Wang vd. 2016).

Bitki dokularının dikkat çekici bir özelliği, organik asitlerin toplam miktarının diğer bazı organizmalardan daha yüksek olmasıdır. Biriken organik asitlerin bileşimi türe/türlere, bitkinin yaşına ve doku tipine bağlı olarak değişebilmektedir. Organik asit düzey ve oranları, aynı koşullar altında yetiştirilen türler, çeşitler ve hatta bir bitkinin farklı dokuları arasında farklılık gösterebildiği de rapor edilmiştir (Rees 1990).

Bitkilerde, organik asitlerin biyosentezi, birikimi ve bitki içinde taşınması herhangi bir strese tepki olarak önemli ölçüde artabilmektedir. Bitki dokularındaki yüksek organik asit birikimi büyük olasılıkla fotosentetik ara ürünler olarak önemli rollerinden kaynaklanmaktadır. Bununla birlikte, organik asitler, ozmotik dengeleme ve katyon/anyon dengesi için metabolik olarak aktif çözünen kimyasallar olarak potansiyel bir role sahiptir. Organik asitler; ayrıca bazı bitkilerin kök-toprak ilişkilerinde bitki besin maddesi eksiklikleri, toksik metal toleransı ve bitki-mikroorganizma veya bitki-patojen etkileşimlerinin bitki lehine tolere edilmesi için kullandıkları mekanizmalara anahtar bileşenler olarak rol alabildiği bilinmektedir (Lopez-Bucio vd. 2000).

Bitki içeriklerinde yer alan organik asitler, beslenmeyi engelleyici (antifeedant) ve/veya antibiosis özellikleri nedeniyle konukçu seçimi ve beslenme davranışını etkileyebilirler. Bu yönüyle böceğin farklı biyolojik evrelerinin büyümesini ve gelişmesini etkileyebilir veya belirli bir genotip üzerindeki zararın derecesini belirleyebilir (Rembold vd. 1990).

Nohut bitkisinin toprak üstü aksamı olan, yaprak/yaprakçıkları, ana sap, dal ve baklalarından farklı organik asitler salgılandığı bilinmektedir. Salgılanan organik asitlerin



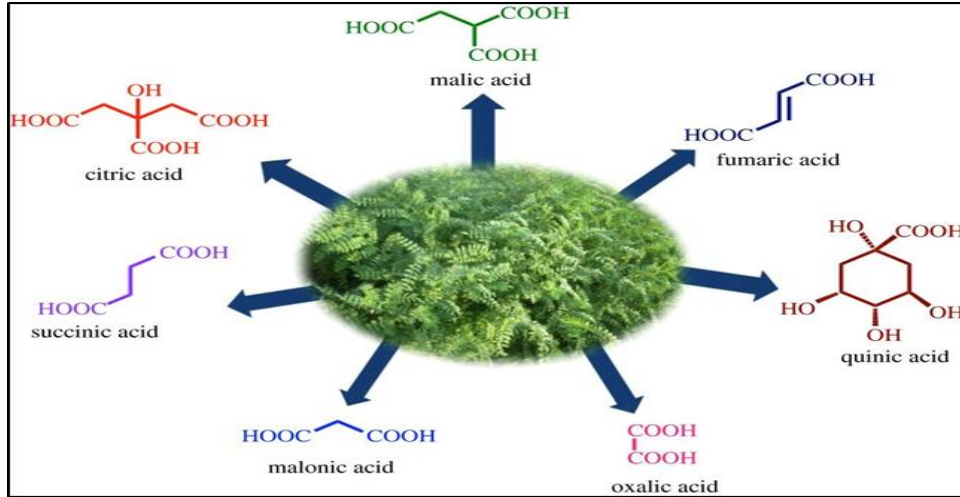
neredeysi tamamen malik ve süksinik asitlerden oluştuğu farklı araştırmalar sonucu ortaya konulmuştur (van der Maesen 2007; Khanna-Chopra ve Sinha 1987; GRDC 2017).

Bhagwat vd. (1995), malik asidin *Helicoverpa armigera* (Hübner) (Lepidoptera: Noctuidae) larvalarının beslenmesini engelleyici etkiye sahip olduğunu ve kapsülün delinmesine dayanıklı nohut genotiplerinin hassas genotiplerden daha fazla miktarda malik asit içerdiğini belirlemişlerdir.

Dayanıklı ve hassas genotipler arasındaki organik asit düzeylerindeki farklılıklar özellikle büyüme aşamasında en üst düzeyde olduğu için nohutun çiçeklenme ve erken kapsülleme aşamalarındaki yaprak/yaprakçıkların organik asit düzeylerinin belirlenmesi için en uygun zaman olabileceği bildirilmiştir (Narayanamma vd. 2013).

Nohutun, toprak üstü aksamalarının tüm dış yüzeylerinin organik asit salgıladığı bildirilmiştir (şekil 2.7). Nohutta kuinik, sitrik ve oksalik asit konsantrasyonları sınırlı miktarda oluşmakla birlikte fazla miktarda malik ve süksinik asit oluşmaktadır (Toker vd. 2010). Oluşan bileşik yüksek asidik karakterden (1,1 pH) sorumlu olup zararlı tarafından oluşturulan (azalmış) kapsül zararı ile ilişkilendirilmiştir (Banerjee ve Mukherjee 1981).

Narayanamma vd. (2013) tarafından yapılan bir araştırmaya göre, 2013 yılı üretim sezonunda üretilen nohutta bulunan malik asit miktarının çiçeklenme ve olgunluk aşamalarında *H. armigera* zararı ile anlamlı ve negatif ilişkili olduğu, oksalik asit miktarının ise yapraktaki, yaprak/yaprakçık zarar derecesi ile negatif ilişkili olduğunu belirlemişlerdir. Oksalik asit ve malik asite ek olarak; sitrik asit de *H. armigera* zararına dayanıklı reaksiyon gözlenemsinde önemli bir rol oynadığı bilinmektedir. Bitkinin içerdiği organik asit/asitlerin miktar/miktarlarının HPLC (Yüksek Performanslı Sıvı Kromatografisiyle Analiz) analizi yapılarak belirlenmesi, *H. armigera*'ya dayanıklılık için nohut genotiplerinin seleksiyonu için kullanılabilieceği rapor edilmiştir Wei vd. (2015) tarafından yürütölen bir çalışmada; thrips ölüm oranlarının, sitrik asit konsantrasyonunun artmasıyla arttığı tespit edilmiştir.



**Şekil 2.7.** Nohut yaprak/yaprakçığı salgılarındaki organik asitler ve yapıları (Mali vd. 2018'den)

Oksalik asit, bitkide doğal olarak, diğer organik asitlerle karşılaştırıldığında fazla miktarda bulunmaktadır. Oksalatlar, çözünür tuzlar (potasyum ve sodyum oksalat), oksalik asit veya çözünmeyen kalsiyum oksalat olarak bitkilerde bulunmaktadır (Bradbury ve Holloway 1988).

Nohut yaprağı oksalik asit miktarının, nohut yaprak galerisineği tarafından konukçusunun daha az tercih edilmesine neden olmaktadır. Yaprak oksalik asit miktarının, nohut yaprak galerisineği'ne dayanıklı iki nohut genotipinin (ILC 5901 ve ILC 3800), hassas bir genotip (ILC 3397) ile karşılaştırıldığında, belirgin şekilde daha yüksek olduğu belirlenmiştir. Bu nedenle nohut yaprak galerisineği'ne dayanıklılıkta yüksek yaprak oksalik asit içeriğinin etkili olduğu rapor edilmiştir (ICARDA 2005).

Oksalik asit bitkilerde patojen fungus, bakteri ve virüslerin neden olduğu hastalıklara karşı sistemik dayanıklılık için oluşan cevap da yer alan bir bileşik olup savunma ile ilgili enzim aktivitelerini arttırarak, fenolikler gibi ikincil metabolitlerin üretilmesini sağlayarak konukçunun stres faktörüne karşı dayanıklılığını artırabilir (Jang vd. 2016).

Yoshida vd. (1995) tarafından yapılan bir araştırmada, suyla yıkanmamış ve yıkanmış nohut yaprak/yaprakçıkları kullanılarak yapılan bir besleme testinde, büyüme inhibisyonundan sorumlu olan maddenin suda çözünür olduğu ve yaprakların yüzeyinde bulunduğu rapor edilmiştir. Salgılanan yaprak asit bileşenleri, HPLC analizi ile belirlenmiş olup 4 nohut genotipinin hepsinde oksalik asit ve malik asit ana bileşenler olarak tespit edilmiştir. *H. armigera*'ya dayanıklı genotipler, yapraklar üzerinde hassas

genotiplerden daha fazla oksalik asit biriktirmişlerdir. Oksalik asit birikiminin, nohutta *H. armigera*'ya dayanıklılık cevabı oluşturulması mekanizmalarından biri olduğu düşünülmektedir.

Nohut yaprak/yaprakçığı içeriğinin ana asit bileşenleri olarak, oksalik ve malik asitler tespit edilmiştir. Ancak fumarik ve sitrik asit daha sınırlı miktar da ki bileşenleri olup ana asitlerin yüzde birinden daha az miktardadır. Oksalik asit konsantrasyonları, hem çiçeklenme öncesi hem de çiçeklenme aşamalarında, dayanıklı nohut genotiplerinde, hassas genotiplerinden tutarlı olarak daha fazla miktarda belirlenmiştir. Oksalik asit, larva gelişiminin engellenmesi ve larva evresi süresinin uzaması üzerinde önemli bir etkiye sahiptir. HPLC ile belirlenen malik asit miktarının, zararın şiddeti ve kapsülde belirlenen zarar ile anlamlı ve negatif ilişkili olarak belirlenmiştir. Oksalik asit ve sitrik asidin varlığı ise zarar şiddeti ile negatif ve anlamlı korelasyon gösterdiği rapor edilmiştir (Shaila vd. 2017).

Nohutta zarara neden olan *Helicoverpa armigera*'nın yumurta bırakma/bırakmamak için konukçu tercihini, yüksek konsantrasyonlarda malik asit içeren nohut yaprak salgılarından kaynaklanabileceği düşünülmektedir (Rembold 1981). Yaprak tarafından salgılanan malik asit konsantrasyonu, sıcaklığa ve nohudun biyolojik evresine bağlı olup bitkinin büyüme aşamaları sırasında farklı düzeylerde artış gösterdiği belirlenmiştir. *Helicoverpa armigera* tüm biyolojik evrelerinde konukçu olarak nohudu tercih etmediği, yüksek oranda malik asit içeren dayanıklı çeşitlerde oransal olarak daha az yumurta bırakmayı tercih ettiği ve bu durumun doğal bir sonucu olarak daha az zarar oluştuğu bildirilmiştir (Sarwar vd. 2009).

Kuinik asit, biyotik strese karşı metabolik tepkiye (indüklenebilir savunma) bağlı oluşan bir metabolittir (Murthy ve Manonmani 2009; Leiss vd. 2009). Örnek olarak, kuinik asidin *Quercus* (Meşe) cinsinin, yaralanmış yapraklarında yüksek konsantrasyonlarda bulunduğu bildirilmiştir (Sardans vd. 2014).

Tartarik asit, doğal olarak birçok bitkide, özellikle üzüm ve muzda bulunmakta olup doğal bir antioksidandır. Tartarik asidin, sivrisinek larvaları üzerine çok düşük dozlarda bile öldürücü etki gösterdiği belirlenmiştir (Adhikari vd. 2012).

Ayrıca tartarik asit artan konsantrasyonunun sivrisineğin biyolojik gelişimini ve süresini kontrol grubuna göre olumsuz etkilemiştir. Sivrisinek larvalarının hayatta kalma oranı, tartarik asit konsantrasyonunun artmasıyla azalmıştır (Wang vd. 2019).

### 3. MATERYAL VE METOT

#### 3.1. Materyal

##### 3.1.1. Lokasyon bilgileri

###### 3.1.1.1. Deneme alanı

Bu araştırmanın arazi çalışmaları, 2017 ve 2018 üretim sezonu Şubat-Temmuz ayları arasında doğal böcek epidemisi koşullarında Akdeniz Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarla Bitkileri Bölümü Araştırma ve Uygulama Arazisi deneme alanlarında yürütülmüştür.

İlk yıl yapılan çalışmalarla; Nohut yaprak galerisineği'ne reaksiyon gözlemleri alınarak ikinci çalışma yılında kullanılacak dayanıklı ve hassas test genotipleri belirlenmiştir. İkinci yıl araştırma için seçilen test genotipleri Şubat-Haziran ayları arasında tarla (doğal böcek epidemisi altında) ve sera (böcek bulunmayan ortamda) koşullarında ekilişi yapılarak, yaprak örneği almak için yetiştirilmiştir.

###### 3.1.1.2. Deneme arazisinin toprak özellikleri

Toprak örnekleri genel kurallara göre her iki deneme alanından 0-30 cm derinlikten alınmıştır. Jackson (1967)'a göre toprak numunelerinin pH'sı, 1/2.5 toprak/su karışımında CaCO<sub>3</sub> miktarı Scheibler kalsimetresi kullanılarak (Evliya 1964), elektriksel iletkenlik doyumluğu çamurunda (Anonim 1988), bünyesi Bouyoucos hidrometre metoduna (Bouyoucos 1955) göre, organik madde miktarı modifiye edilmiş Walkey-Black yöntemine (Black 1965) göre belirlenmiştir.

Toplam azot modifiye edilmiş Kjeldahl metoduna göre (Black 1957), alınabilir fosfor Olsen metoduna göre (Olsen ve Sommers 1982), değişebilir K, Ca ve Mg analizleri 1 N Amonyum Asetat (pH= 7) metoduna göre (Kaçar 1972) ve alınabilir Fe, Zn, Cu ve Mn analizleri ise DTPA metoduna göre (Lindsay ve Norwell 1978) Akdeniz Üniversitesi Ziraat Fakültesi Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü Laboratuvarı'nda yaptırılmıştır.

###### 3.1.2. Deneme materyali

Tarımı yapılan nohut (*C. arietinum* L., CA 2969, Ana ebevyn) ve tarımı yapılan nohudun ilkel formu (*C. reticulatum* Ladiz., AWC 602, Baba ebevyn) arasındaki türler arası melezlemeden geliştirilen ve F<sub>6</sub> kademesinde bulunan toplam 130 rekombinant kendilenmiş hattın (RIL; Recombinant İnbred Line,) nohut yaprak galerisineği'ne karşı reaksiyonları gözlemlenmiştir. Hassas kontrol genotipi olarak Sierra (basit yapraklı ve

tek çiçekli) genotipi, her 10 RIL genotipinden sonra ekilmiştir (Toker vd. 2010). Ebeveynlerden, CA 2969 genotipi yaprak galerisineğine hassas, AWC 602 ise dayanıklı genotiplerdir (Ceylan vd. 2018).

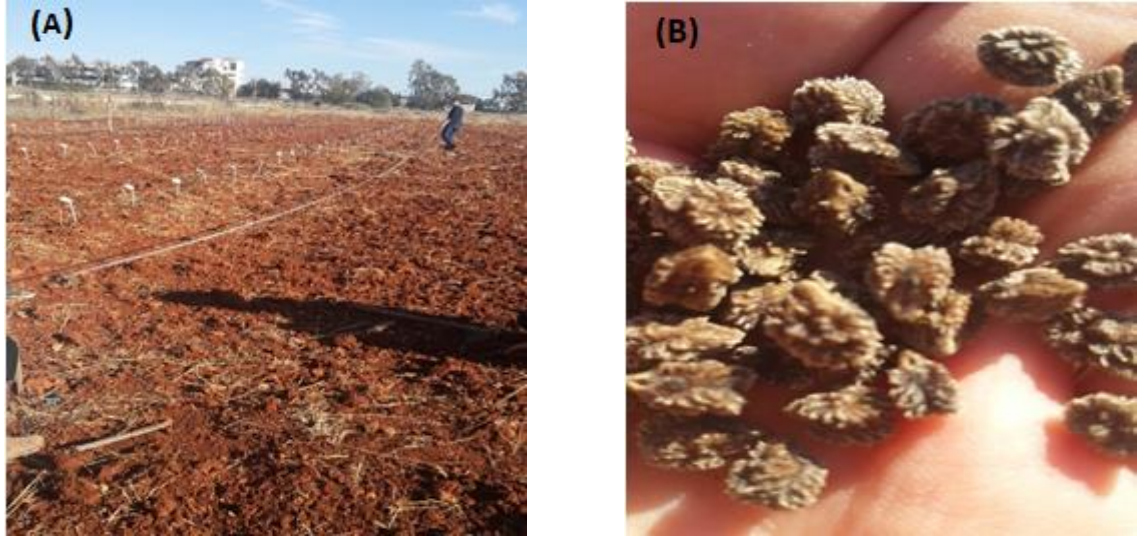
## 3.2. Metot

### 3.2.1. Deneme deseni

RIL, ebeveynler ve hassas kontrol (Sierra) genotipleri, böcek popülasyonunun yoğun epidemi yapabileceği dönemle eş zamanlı yetişebilmesi için 2017 ve 2018 Yılları Şubat ayı içinde elle ekilmiştir. Tarla (doğal böcek epidemisi için uygun) çalışmaları her iki yılda da tesadüf blokları deneme desenine göre 2 tekerrürlü olarak ekilmiştir. Her bir RIL materyali, parselde tek sıra, sıra uzunluğu 2 m, sıra arası mesafe 50 cm ve sıra üzeri mesafe 5 cm olacak şekilde elle ekilmiştir. Hem ebeveynler hem de hassas kontrol genotipleri de araştırma materyal ile aynı zaman ve şekilde ekilmişlerdir (Şekil 3.1).

Organik asit analizleri için materyal sera (böcek bulaşıklığı olmayan) şartlarında tesadüf parselleri deneme desenine göre 3 tekerrürlü olarak ekilmiştir. Ekimler parselde tek sıra, sıra uzunluğu 2 m, sıra arası mesafe 50 cm ve sıra üzeri mesafe 5 cm olacak şekilde elle ekilmiştir. Hem ebeveynler hem de hassas kontrol genotipleri de araştırma materyal ile zaman aynı şekilde ekilmişlerdir. Her iki yılda tarla ve sera çalışmalarında deneme alanlarında yabancı ot kontrolü gerekli oldukça elle yapılmıştır. Sera şartlarında yetiştirilen bitkiler üçer günlük aralıklarla sulanmışlardır.

Böcek popülasyon yoğunluğunun belirlenmesinde, hassas kontrol Sierra ve hassas ebeveyn CA 2969 genotipleri üzerinde zararlının yoğunluğu dikkate alınarak “reaksiyon gözlemleri” alınmıştır. Her iki üretim yılında da tarla şartlarında yürütülen araştırma da deneme üzerine alınan yağış dışında ek sulama ve gübreleme uygulaması yapılmadan yürütülmüştür. Sera şartlarında yürütülen araştırma da gübreleme uygulaması yapılmadan yürütülmüştür.



**Şekil 3.1.** Tarlanın ekime hazırlanması, denemelerin ekilmesi (A), tarla ve sera denemeleri için RIL genotiplerinden ekilen örnek (dikenli) daneler (B) (Orijinal)

### 3.2.2. Alınan morfolojik gözlemler

Arazide gözlem alınan tarımsal ve morfolojik özellikler, 2017 ve 2018 yetiştirme sezonlarında bitkilerin hasat olgunluğuna ulaştığı Haziran ayı içerisinde RIL genotiplerinde nohut yaprak galerisineği'ne reaksiyonları (RL) ile tarımsal ve morfolojik özellikleri arasındaki ilişkileri değerlendirmek amacıyla ölçülmüştür. RIL, ebeveynler ve hassas kontrol genotiplerinde bitki boyu, bakla sayısı, dane sayısı, bitkide yaprak sayısı, yaprakta yaprakçık sayısı, yaprakçık boyu ve genişliği, parsel biyolojik verimi, parsel dane verimi özellikleri aşağıda bildirildiği şekilde belirlenmiştir.

**Bitki boyu (BB):** Bitkinin toprak yüzeyinden en uçtaki sürgün ucuna kadar olan uzunluğu “cm” olarak ölçülmüştür.

**Bitkide bakla sayısı (BBB):** Bitkide bulunan toplam bakla sayısı olgunlaşma döneminde “adet” olarak sayılmıştır.

**Bitkide yaprak sayısı (BYS):** Bitkide bulunan toplam yaprak sayısı olgunlaşma döneminde “adet” olarak sayılmıştır.

**Yaprakta yaprakçık sayısı (BYA):** Yaprakta bulunan toplam yaprakçık sayısı olgunlaşma döneminde “adet” olarak sayılmıştır.

**Yaprakçık uzunluğu (YUZ) ve Yaprakçık genişliği (YGE):** Bitki yeşilken yaprakta bulunan yaprakçık boyu ve genişliği “mm” olarak ölçülmüştür.

**Parsel biyolojik verimi (BV):** Hasat olgunluğuna gelen bitkilerin sap ve daneleriyle beraber toplam ağırlığı “g” olarak ölçülmüştür.

**Parsel dane verimi (DV):** Parselden hasat edilen bitkilerin daneleri ağırlığı “g” olarak ölçülmüştür.

**Büyüme şekli (BŞ):** Nohutta vejetatif gelişime bağlı olarak “dik, yarı dik ve yatık” gelişen tipler bildirilmiştir.

**Salkımda bakla sayısı (SBS):** Salkımda bulunan toplam bakla sayısı olgunlaşma döneminde “adet” olarak sayılmıştır.

### 3.2.3. Nohut yaprak galerisineği’ne reaksiyonların değerlendirilmesi

Hassas kontrol Sierra genotipi 1-9 skalasına göre tüm ekim alanında 7-9 reaksiyon değeri ile değerlendirilmiş olup, yapılan bu değerlendirme tüm çalışma materyalinde gözlem almak için yeterli nohut yaprak galerisineği epidemisi olduğu şeklinde yorumlanmış ve tüm araştırma materyalinden reaksiyon gözlemleri alınmıştır.

**Çizelge 3.1.** Nohut genotiplerinin, yaprak galerisineğine reaksiyonlarının belirlenmesi için kullanılan 1-9 skalası (Toker vd. 2010)

Skala	Reaksiyon	Genotiplerin durumu
1	Çok çok dayanıklı (Immun)	Hiçbir zarar belirtisi yok.
2	Çok dayanıklı	Çok dikkatli bakıldığında birkaç yaprak/yaprakçıkta zarar var.
3	Dayanıklı	Yaprak/Yaprakçıkların $\leq$ %20 zarar var, yaprak/yaprakçık dökülmesi yok.
4	Orta dayanıklı	Yaprak/Yaprakçıkların %21-30 arasında zarar var, yaprak/yaprakçık dökülmesi yok.
5	Az hassas	Yaprak/Yaprakçıkların %31-40 arasında zarar var, bitkiler de sınırlı sayıda yaprak dökülmesi var.
6	Orta hassas	Yaprak/Yaprakçıkların %41-50 arasında zarar var, bitkilerin alt yaprak/yaprakçıklarında %10’a kadar dökülme var.
7	Hassas	Yaprak/Yaprakçıkların %51-70 arasında zarar var, yaprak/yaprakçıklarında %10-20 arası dökülme var.
8	Çok hassas	Yaprak/Yaprakçıkların %70-90 arasında zarar var, yaprak/yaprakçıklarında %21-30 arası dökülme var.
9	Çok çok Hassas	Yaprak/Yaprakçıkların neredeyse hepsinde (%90) zarar var ve yaprak/yaprakçıkların da %31’den fazlasında dökülme var.

Reaksiyon gözlemleri (fenotipleme), sıra üzerindeki bitkiler sayılarak zarar gören yaprakların yüzdesine göre Tokar vd. (2010) tarafından bildirilen 1-9 skalası (Çizelge 3.1) kullanılarak 3 kez (fide, çiçeklenme ve bakla bağlama dönemlerinde) yapılmıştır.

Skalada 5 (tolerant) değeri kalıtım çalışmalarında kolaylık sağlanması amacıyla az hassas olarak modifiye edilmiştir. Her genotip için alına tüm gözlemler arasında en yüksek reaksiyon değeri, veri analizinde kullanılmıştır. Bu şekilde böcek epidemisi yakından takip edilmiş olup, her dönem için meydana gelen zarar değerlendirilmiştir. Değerlendirme sonucuna göre 1-4 arası skala değeri alan RIL bitkileri dayanıklı ve 6-9 skala değeri alanlar hassas genotip olarak değerlendirilmiştir.

### 3.2.4. Kalıtım derecesi tahmini

Yaprak galerisineği zararının reaksiyonlarının gözlenmesinde dar anlamda kalıtım derecesi, ( $h^2$ ) Rasmusson ve Lambert (1961) tarafından genotipik varyansın ( $\sigma_g^2$ ) ve fenotipik varyansa ( $\sigma_p^2$ ) oranına göre tahmin edilmiştir.

$$h^2 = (\sigma_g^2 / \sigma_p^2) \times 100, \sigma_p^2 = \sigma_g^2 + (\sigma_{gy}^2 / y) + (\sigma_e^2 / ry)$$

Formülde ( $\sigma_g^2$ ) ve ( $\sigma_p^2$ ) simgeleri sırasıyla yıl ve hataya göre genotip için etkileşim (interaksiyon) varyansıdır; y ve r simgeleri sırasıyla yıl sayısı ve tekrarlamadır.

RL (Resistance to leafminer) dağılımına göre kalıtım değeri (paterni), RIL materyalleri için tahmin edilmiştir. Benzer şekilde, genlerin resesif veya dominat yapısı, hassas ve dayanıklı RIL materyallerinin geneli için tahmin edilmiştir.

### 3.2.5. Analizler için yaprak örneklerinin alınması

Yaprak örnekleri, çevresel stres faktörlerinin baskıları en aza indirmek için fide aşamasında karanlık zaman diliminde toplanmıştır. Tüm çalışma materyalinden yaprak örnekleri alınarak, yıkanmadan organik asit analizleri yapılmaya kadar -18°C'de derin dondurucuda saklanmıştır.

### 3.2.6. Organik asit analizleri

#### 3.2.6.1. Ekstraksiyon ve saflaştırma

Çalışmaya konu olan organik asitler yüksek performanslı sıvı kromatograf (HPLC, High Performance Liquid Chromatography) kullanılarak analiz edilmişlerdir. Analizi yapılan organik asitler; 1) malik asit (MA), 2) süksinik asit (SA), 3) tartarik asit (TA), 4) oksalik asit (OA), 5) sitrik asit (CA) ve 6) kuinik asit (KA)'tir. Örneklerden ekstraksiyon, saflaştırma ve HPLC analiz işlemleri; kısmen modifiye edilerek Toker vd.



(2004) tarafında bildirilen protokole göre yürütülmüştür. Ekstraksiyon ve temizleme işlemleri aşağıda verilen protokole göre yürütülmüştür.

- 50 g yeşil yaprak örneği deiyonize su ile yıkanmış ve daha sonra 40°C'de kurutulmuştur (Şekil 7.1).
- Kurutulmuş yapraklar değirmende öğütülmüş (Şekil 7.2) ve öğütülen kısımlarından 1 g tartılmış ve 15 mL santrifüj tüpü içine alınmıştır.
- Bitki örneklerinin üzerine 10 ml %0.2 KH<sub>2</sub>PO<sub>4</sub> eklenerek homojenize edilmiştir (Seyreltme çözeltisinin pH seviyesi, 3.9 olarak H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub> ile ayarlanmıştır).
- Hazırlanan tüpler, oda sıcaklığında 15 dakika süreyle ultrasonik banyoda tutulmuştur.
- Ultrasonik banyo uygulaması sonrasında çözelti 5000 rpm'de 10 dakika süreyle santrifüj edilmiş ve santrifüj işlemi sonrası elde edilen sıvı Whatman No. 1 kağıt filtreden süzölmüştür (Şekil 7.3).
- Süzme işleminden sonra elde edilen sıvı süpernatant 0.45 µm'lik PVDF membran içeren bir şırınga filtresinden geçirilmiştir (Şekil 7.3).
- Elde edilen sıvıdan alınan 0.5 mL berraklaştırılmış çözelti, HPLC violine alınmış ve 1 mL metanol ile seyreltilmiştir.
- Çalışma öncesinde organik asitlerin analitik standartları metanol kullanılarak seyreltilmiş ve stok çözeltiler elde edilmiştir. Hazırlanan ana stok çözeltiler yine metanolla seyreltilerek farklı konsantrasyon (5, 10, 100, 250, 500, 750 ve 1000 mg/l) çalışma çözeltiler elde edilmiş ve bu çözeltiler HPLC cihazı kalibre etme amacıyla kullanılmıştır.
- Hazırlanan çalışma çözeltileri ve numuneleri alınarak HPLC sisteminin oto örnekleyici kısmını yerleştirilmiş ve her birden 10 µl enjekte edilmiştir.

### 3.2.6.2. Sıvı kromatografi analiz protokolü

Çalışma materyalinde bulunan, bitkisel organik asitlerin analizleri HPLC cihazı kullanılarak aşağıda verilen konfigürasyona protokolüne göre yapılmıştır.

- **Pompa:** Agilent 1200® marka (G1311 A® model) 400 bara kadar basınca sahip olup dörtlü pompa (quaternary pump) kullanılmıştır.
- **Dedektör:** Agilent 1200® marka ve G1315 D® model DAD dedektörü (Diod Array Dedektör) kullanılmıştır.

- **Kolon:** C18-dolgu Agilent® marka (4,6 mmx250 mm, 5 µm) kolon kullanılmıştır.
- **Degaz işlemi:** Agilent 1200® marka G1322 A® model gaz giderici kullanılarak, mobil fazda üretilen gazlar uzaklaştırılmıştır. Ayrıca; mobil faz hazırlandıktan sonra oluşan gazlar, ultrasonik su banyosu (Bandelin Sonorex®) ile uzaklaştırılmıştır.
- **Kaydedici (Integrator):** Dedektörün gönderdiği ölçüm sonuçlarını “Chemstation®” yazılım kullanılarak sayısal olarak (bilgisayar ortamına) kaydedilmiştir.
- **Mobil (sürükleyici) faz:** Organik asidin belirlenmesinde mobil faz olarak, %2 KH<sub>2</sub>PO<sub>4</sub> kullanılmış ve çözelti pH’ı H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub> kullanılarak pH 3.9 olarak ayarlanmıştır.
- **UV absorbands değerleri:** 210 ve 214 nm’ye ayarlanmıştır.
- **Kolon sıcaklığı:** Sistemde Agilent 1200® marka G1316 A® model termostatlı kolon fırını bulunmaktadır.
- **Akış hızı:** 1 ml/dk olarak belirlenmiştir.
- **Enjeksiyon hacmi:** Agilent 1200® marka G1328 B® model enjeksiyon bloğuna 10 µl örnek enjekte edilmiştir.

### 3.2.7. İstatistiksel analizler

Çalışılan özelliklerin tanımlayıcı istatistikleri (en büyük ve en küçük değerler, ortalama±ortalamanın standart hatası), varyans analizi (ANOVA) ve özellikler arasındaki korelasyonların belirlenmesi için SPSS programı kullanılmıştır (IBM SPSS, 2014). ANOVA, korelasyon ve path katsayı analizlerinden önce, RL verileri skala değerlerinin yüzdesi (%) alınmıştır. Ortalamalar Tukey çoklu karşılaştırma testi ile karşılaştırılmıştır. Anlamlılık düzeyi  $P \leq 0.05$  olarak kabul edilmiştir. Path katsayı analizi tarımsal ve morfolojik özelliklerin yaprak galerisineğine reaksiyonları (RL) üzerine doğrudan ve dolaylı etkilerini değerlendirme amacıyla Dewey ve Lu (1959) çalışmasına göre yapılmıştır. Ayrıca, RL ile organik asit seviyelerinin doğrudan ve dolaylı ilişkilerini belirlemek için de Path katsayıları hesaplanmıştır. Bu analizlere ek olarak, nohut yaprak galerisineği zararı ile organik asit içerikleri arasında korelasyonlar dikkate alınarak etkili seleksiyon kriterinin belirlenmesi için faktör analizi yapılmıştır (Cattel 1978).

## 4. BULGULAR VE TARTIŞMA

### 4.1. Lokasyon

#### 4.1.1. Toprak Analizi

Deneme alanından alınan toprak örneklerinin analiz sonuçları Çizelge 4.1’de verilmiştir. Serada tarla toprağı kullanıldığı için toprak analizleri tarladan aynı örnek üzerinden yapılmıştır. Deneme alanı toprağının, alkali ve aşırı kireçli olduğu belirlenmiştir. Tuzluluk tehlikesi bulunmayan deneme alanının organik maddece fakir olduğu, buna karşılık sodyum seviyesinin düşük olduğu saptanmıştır. Demir ve çinko gibi elementlerin eksikliğinin görülebileceği değerlendirilmiştir.

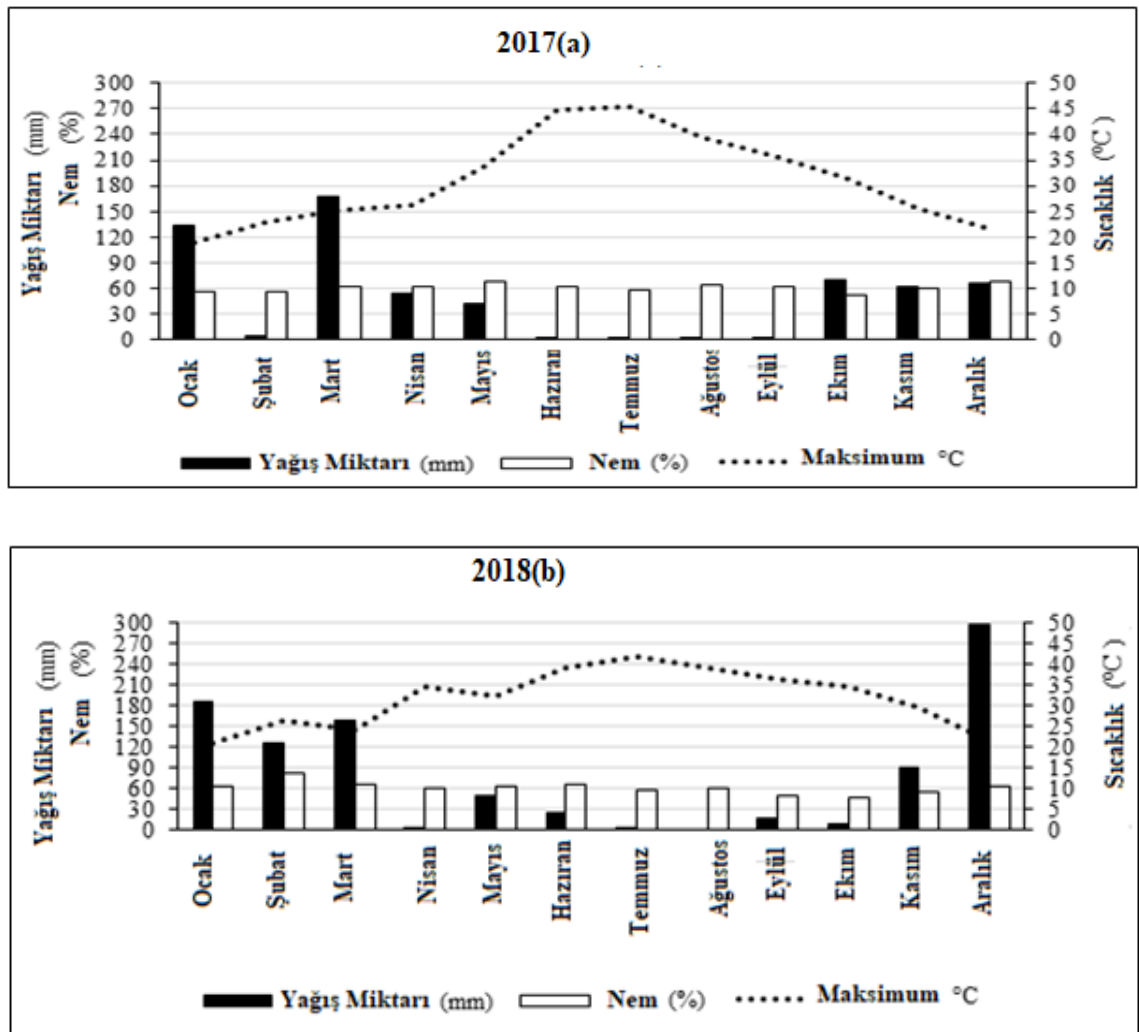
**Çizelge 4.1.** Tarladaki deneme alanına ait toprak analiz sonuçları

Ölçülen Parametreler	Ölçüm sonuçları	Yorum
pH	7.96	Alkali
E.C. (mS/cm)	0.93	Tuzluluk tehlikesi yok
CaCO <sub>3</sub> (%)	26.5	Aşırı kireçli
Organik madde (%)	1.87	Düşük
Toplam N (%)	0.106	Orta
P (ppm)	9.37	Yeterli
K (meq/100 g)	0.61	İyi
Na (meq/100 g)	0.15	Düşük
Ca (meq/100 g)	37.71	İyi
Mg (meq/100 g)	7.12	İyi
Fe (ppm)	3.56	Eksiklik görülebilir
Zn (ppm)	0.746	Eksiklik görülebilir
Mn (ppm)	2.316	Yeterli
Cu (ppm)	1.368	Yeterli

#### 4.1.2. İklim Verileri

Araştırmanın yürütüldüğü (Antalya lokasyonu) 2017 ve 2018 üretim sezonlarında Şubat-Haziran aylarını içeren iki yıllık iklim verileri Şekil 4.1’de verilmiştir. İlk yıl (2017) çiçeklenme ve bakla bağlama döneminde ölçülen en yüksek sıcaklıklar Mayıs

ayında 33.9°C ve Haziran ayında 44.8°C ve yıllık toplam yağış 605.9 mm olarak kaydedilmiştir (Şekil 4.1). Denemenin ikinci yılı (2018) çiçeklenme ve dane oluşum aşamalarında ölçülen en yüksek sıcaklıklar Mayıs ayında 32.4°C, Haziran ayında 38.9°C ve toplam yağış 954 mm olarak kaydedilmiştir (Şekil 4.1). Yağış dağılımı ve miktarı her iki yılda da düzensizdir. Antalya lokasyonu 2017 ve 2018 yıllarının meteorolojik verileri Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü'nün online veri talep sistemi olan Meteorolojik Veri-Bilgi Satış ve Sunum Sistemi (MEVBİS) (2020) tarafından sağlanmıştır.



**Şekil 4.1.** Çalışma alanında 2017 ve 2018 yıllarında ölçülen aylık toplam yağış, bağıl nem ve en yüksek sıcaklıklar (Kaynak: MEVBİS, 2020)

#### 4.2. Morfolojik Gözlemler

Nohut yaprak galerisineği yaprak/yaprakçık üzerinde meydana getirdiği zararının belirlenmesine, hassas ebeveyn (ana) CA 2969 ve hassas kontrol Sierra genotiplerinin gözlemleri alınarak başlanılmıştır. Bu genotiplerin, reaksiyon değerleri görsel skala üzerinden sırası ile 7 ve 9 skala değeri ile skorlandırılmıştır (Çizelge 3.1). Tüm deneme materyalinde nohut yaprak galerisineği'ne karşı reaksiyonları (RL) en az 3 ve en fazla 9 skala değeri ile değerlendirilmiştir (Çizelge 4.2). RL reaksiyon gözlemleri arasında tüm materyal için istatistiki olarak farklılık  $P \leq 0.01$  düzeyinde önemli olarak belirlenmiştir (Çizelge 4.3). Fakat genotip  $\times$  yıl (2018 yılı) interaksyonu  $P \leq 0.05$  düzeyinde önemsiz olarak değerlendirilmiştir. Bu genotipler nohut yaprak galerisineği'ne sırası ile “çok hassas” ve “çok çok hassas” olarak reaksiyonları gözlemlenmiştir (Çizelge 4.2). Zararlıya hassas genotiplerin (CA2669 ve Sierra) 1-9 skalasına göre yapılan değerlendirmelerinde 7 ve 9 skala değeri ile değerlendirilmesi deneme alanındaki materyalin tümü için nohut yaprak galerisineği'ne karşı reaksiyonlarının güvenilir bir şekilde değerlendirme yapılabileceğinin “bir göstergesi” olarak yorumlanmıştır.

**Çizelge 4.2.** RIL ebeveyn ve hassas genotiplerin yaprak galerisineğine görsel skalaya göre reaksiyonları ve bitki sayısına göre dağılımı

Görsel Skala	Reaksiyon	Belirlenen Genotip Sayısı ve Oranı
1	Çok çok dayanıklı (Immun)	0 (%0)
2	Çok dayanıklı	0 (%0)
3	Dayanıklı	3 (%2) (+1 Baba ebeveyn AWC 602)
4	Orta dayanıklı	12 (%9)
5	Az hassas	21 (%16)
6	Orta hassas	30 (%23)
7	Hassas	51 (%39) (+1 Anne ebeveyn CA 2969)
8	Çok hassas	14 (%11)
9	Çok çok Hassas	2 (%2) (+1 Hassas Kontrol Sierra)

Toplam 130 RIL, iki ebeveyn ve hassas kontrol Sierra genotiplerinin nohut yaprak galerisineğine reaksiyonları 1-9 skalasına göre gruplandırılarak Çizelge 4.2'de verilmiştir. RIL genotiplerinin hiçbiri 1 (Çok çok dayanıklı (Immun)) veya 2 (Çok dayanıklı) skala değeri ile değerlendirilmemiştir. Bununla birlikte, üç RIL genotipinin (RIL 39, 56 ve 72) 1-9 skalasında 3 skala değeri ile skorlanmış olup, nohut yaprak galerisineği'ne “dayanıklı” olarak belirlenmiştir (Çizelge 4.2). Melezlemede kullanılan

dayanıklı ebeveyn *C. reticulatum*, (3,5) ve 12 RIL genotipi 4 (Orta Dayanıklı) skala değeri ile değerlendirilmiştir (Çizelge 4.2).

### 4.3. Morfolojik Gözlemlerin Değerlendirilmesi

Nohut yaprak galerisineği'ne reaksiyonlarının değerlendirilmesi sonucu "üstün döllerin" bulunduğu belirlenmiştir (Çizelge 4.2). "Üstün döller", melezlemede kullanılan ebeveyn özelliklerinin saflaşmış (durulmuş) kademe de bulunan genotiplerle karşılaştırıldığında, üstün döllerin hem istenilen (pozitif) hem de istenmeyen (negatif) yönde özelliklere sahip olmasıdır. Üstün döller  $F_2$  ve sonrası kademelerde belirlenen açılmalarda meydana gelen "transgressif açılmalara" benzerdir (Vega ve Frey 1980; Köseoğlu vd. 2017; Adak vd. 2017). Bu tür "transgresif açılmaların" en az bir ebeveynin yabani tür (genetik olarak birbirinden uzak ebeveynler) (de Vicente ve Thanksley, 1993) veya mutant olduğu genotiplerle yapılan melezlenmeler de kullanılmasıyla elde edilebileceği bildirilmiştir (Ceylan vd. 2019). "Üstün" (fruitful ya da süper progeny) döller ise istenilen özellikleri taşıyan ebeveynlerden daha fazla "istenilen özelliğe/değere sahip döller" olarak tanımlanmıştır. Yürütülen çalışmayla nohut yaprak galerisineği'ne dayanıklılık için "üstün" genotipler belirlenmiştir. Yürütülen çalışma sonuçları, bize "üstün" döllerin, türler arası melezlemeler ile geliştirilebileceğini (ıslah edilebileceğini) göstermektedir.

**Çizelge 4.3.** RIL genotiplerinde yaprak galerisineğine reaksiyon ve alınan kriterleri için tanımlayıcı gözlemler (ortalama, standart hata, en düşük ve en yüksek değerler) ve aralarındaki korelasyon (r)

Özellikler	$\bar{X} \pm S_{\bar{x}}$	En Küçük	En Yüksek	Korelasyon (r)
Yaprak galerisineğine dayanıklılık (1-9)	6.15± 0.80	3.00	9.0	
Bitkide yaprak sayısı (adet)	89.15± 1.50	31.0	176.5	-0.141*
Yaprakta yaprakçık sayısı (adet)	12.25± 0.60	10.0	14.0	0.018
Yaprakçık uzunluğu (cm)	0.86 ± 0.01	0.5	1.3	-0.267**
Yaprakçık genişliği (cm)	0.5±0.01	0.3	1.0	-0.234**
Bitki boyu (cm)	31.82±0.30	21.5	48.0	-0.314**
Bitkide bakla sayısı (adet)	23.37±0.70	6.0	63.0	-0.071
Biyolojik verim (g)	7.27±0.30	1.4	25.7	-0.076
Dane verimi (g)	3.46±0.10	0.3	11.8	-0.213**
100 dane ağırlığı (g)	16.76±0.30	4.8	29.2	-0.092

\* :  $P \leq 0.05$  önem seviyesindeki istatistiki farkları,

\*\* :  $P \leq 0.01$  önem seviyesindeki istatistiki farkları göstermektedir.

Görsel skala değerleri dikkate alınarak RIL genotiplerinin nohut yaprak galerisineğine reaksiyonun kalıtımının değerlendirilmesi için yapılan çalışmada “sürekli dağılım” (Çizelge 4.2) belirlenmesi nedeniyle “dayanıklılığın çok gen (poligenik)” tarafından kontrol edildiği şeklinde yorumlanmıştır. RIL genotiplerinin önemli bir kısmının nohut yaprak galerisineğine hassas reaksiyon gösteren grup(lar) içinde yer alması nedeniyle “zararlıya dayanıklılığın katılımların çekinik genlerin kontrolü altında olduğu” şeklinde yorumlanmıştır. Tek gen, birden çok gen ve bağlı gen açılımlarının bilinen hiçbirisi hassas: dayanıklı açılımı modeline uygun olarak belirlenmemiştir (Çizelge 4.4). Nohut yaprak galerisineği’ne dayanıklılık için skala üzerinden yapılan değerlendirmeye göre 1 (hassas):1 (dayanıklı), 3 (hassas):1 (dayanıklı), 15 (hassas): 1 (dayanıklı) ve 12 (hassas): 3 (orta dayanıklı): 1 (dayanıklı) açılım oranlarına uygunluk belirlenmemiştir. RIL genotiplerinde yaprak galerisineği’ne dayanıklı için geniş anlamda kalıtım derecesi  $h^2 = 30.87$  olarak tahmin edilmiştir.

**Çizelge 4.4.** RIL genotiplerinde yaprak galerisineği’ne dayanık/hassas açılımı için ki-kare testi ( $\chi^2$ )

Türler arası melezler	RIL			$\chi^2$	P
	Bitki sayısı	Gözlenen	Beklenen		
<i>C. arietinum</i> (CA 2969) × <i>C. reticulatum</i> (AWC 602)	94	Hassas grup	Mevcut Durum	-	-
	21	Tolerant grup (Az hassas)		-	-
	15	Dayanıklı grup		-	-
	65	Hassas	1: 1	76.9	>0.05
	65	Dayanıklı			
	97	Hassas	3: 1	11.3	>0.05
	33	Dayanıklı			
	121	Hassas	15: 1	6.2	>0.05
	9	Dayanıklı			
	98	Hassas			
	24	Orta Dayanıklı	12:3:1	12.6	>0.05
8	Dayanıklı				

Genel anlamda kalıtım derecesinin düşük olması, bu özelliğin önemli düzeyde yıl ve çevre etkisi altında olduğunu düşündürmektedir. Çalışma sonuçları, her ne kadar konukçusu ve zararlısı farklı olsa da benzer zararın olduğunu düşündürecek bir çalışma olan, yer fıstığındaki (*Arachis hypogaea* L.) yaprak galerigüvesi (*Proaerema modicella* Deventer) dayanıklılığının kalıtım bulgularıyla uyumludur (Ibanda vd. 2018).

Tarımsal ve morfolojik özellikler için genotipik etki istatistiksel olarak  $P \leq 0.05$  düzeyinde anlamlı olarak belirlenmiştir. RIL genotiplerinin bitki boyu ortalaması 31.82 cm olup en kısa bitki boyu 21.5 cm ve en uzun bitki boyu 48 cm olarak ölçülmüştür (Çizelge 4.3). Bitkide yaprak sayısı en az 31.0 ve en çok 176.5 adet olarak hesaplanırken, yaprakta yaprakçık sayısı en az 10 ve en çok 14 adet olarak gözlenmiştir (Çizelge 4.3). Yaprakçık uzunluğu en kısa 0.5 cm en uzun 1.3 cm ve yaprakçık genişliği en dar 0.3 cm en geniş 1 cm olarak ölçülmüştür. Bakla sayısı en az 6 adet en fazla 63 adet olduğu belirlenmiştir (Çizelge 4.3). Biyolojik verim en düşük 1.4 g ve en yüksek 25.7 g olarak ölçülmüş olup dane verimi en az 0.3 g ve en fazla 11.8 g olarak ölçülmüştür (Çizelge 4.3). Bununla birlikte dane verimi ortalamaları arasındaki fark istatistiksel olarak  $P \leq 0.05$  düzeyinde önemsiz olarak belirlenmiştir. RIL genotiplerinde 100 dane ağırlığı en az 4.8 g ve en fazla 29.2 g olarak ölçülmüştür. 100 dane ağırlığı ortalamaları arasındaki fark istatistiksel olarak  $P \leq 0.05$  düzeyinde önemsiz olarak belirlenmiştir (Çizelge 4.3).

Alınan tarımsal ve morfolojik gözlemler bir bütün olarak değerlendirildiğinde; ölçüm yapılan özellikler yönüyle üstün döller olduğu belirlenmiştir (Çizelge 4.3). Nohut yaprak galerisineğine dayanıklı bazı RIL genotiplerinin dayanıklı grup içinde yer almasının yanı sıra, tek bitki verimi de melezlemede kullanılan ana ebeveynden (CA 2969) daha fazla olduğu belirlenmiştir. RIL genotiplerinin nohut yaprak galerisineği'ne dayanıklı, yüksek verimli genotiplerden bazıları aynı zamanda "kabuli" tip ile uyumlu olduğu da belirlenmiştir.

Elde edilen sonuçlar, nohutta türler arası melezlemeler ile dane veriminin artırılabilirliğinin bir göstergesi olarak da kabul edilmiştir. Farklı amaçlarla yürütülen çalışmalarda bazı tarımsal ve morfolojik özelliklerin türler arası melezlemelerle istenilen yönde geliştirilebildiğine ilişkin raporlar bulunmaktadır (Singh ve Ocampo 1997; Singh vd. 2005, 2015; Köseoğlu vd. 2017; Adak vd. 2017; Ceylan vd. 2019). Bu yönüyle çalışmamızın, rastlanan bu çalışmalarla benzer olduğu düşünülmektedir. Geliştirilebilecek ve ticarete konu olabilecek, zararlıya dayanıklı genotiplerin üretim deseninde kullanarak, insektisit kullanımını sınırlandırılacağı için, girdi maliyetlerinin düşürülmesi mümkün görülmekte olup dayanıklı RIL genotiplerinden geliştirilebilecek dayanıklı çeşit/çeşitlerin hem sürdürülebilir nohut üretimi hem de iyi tarım uygulamaların da kullanılabilir olmasının üreticiler tarafından kullanımının memnuniyetle karşılanacağı düşünülmektedir.



**Çizelge 4.5.** Tarımsal-morfolojik özelliklerin RIL genotiplerinde nohut yaprak galerisineğine reaksiyonları üzerindeki doğrudan ve dolaylı etkileri üzerine yapılan “Path analizi”

Özellikler	BYS	BYA	YUZ	YGE	BB	BBB	BV	DV	YDA	BŞ	SBS
Bitkide yaprak sayısı (BYS)	<b>.012</b>	.028	.060	-.014	.324*	.004	-.025	.014	-.034	-.062	.063
Yaprakta yaprakçık sayısı (BYA)	.022	<b>-.004</b>	-.006	.029	.050	.023	.071	-.156	.044	-.044	.032
Yaprakçık uzunluğu (YUZ)	-.034	.089	<b>-.058</b>	.847	.264*	.075	-.199	.020	.363	-.154	-.620
Yaprakçık genişliği (YGE)	.165	-.019	.743	<b>-.146</b>	.002	-.109	.182	-.098	-.137	.144	.563
Bitki boyu (BB)	.422	.082	.126	.001	<b>-.254*</b>	.032	.015	.188*	.013	-.282*	-.128
Bitkide bakla sayısı (BBB)	.006	.047	.044	-.072	.039	<b>.032</b>	.480	.425*	-.452	-.015	-.103
Biyolojik verim (BV)	-.036	.129	-.106	.110	.016	.440	<b>.073</b>	.199	.341	-.231*	-.189
Dane verimi (DV)	.021	-.286	.011	-.060	.212	.392	.200	<b>-.223*</b>	.349	.083	.209
100 –dane ağırlığı (DA)	-.037	.060	.144	-.062	.010	-.309	.254	.258*	<b>.035</b>	.171*	.164
Büyüme şekli (BŞ)	-.056	-.051	-.051	.054	-.196	-.009	-.144	.052	.143	<b>-.172*</b>	-.167
Salkımda bakla sayısı (SBS)	.060	.038	-.217	.224	-.094	-.062	-.124	.137	.145	-.176*	<b>.117</b>

Çizelge 4.5’de stresli koşulları altında, RIL genotiplerinde zararlıya dayanıklılığın verim kriterlerine doğrudan ya da dolaylı etkileri incelendiğinde en yüksek doğrudan etkinin bitki boyu ( $p = -0.254^*$ ) olduğu (uzun boylu bitkide daha fazla zarar görülmesi) belirlenmiştir. Bitki boyundan sonra, ikinci en yüksek doğrudan etki olarak dane verimi ( $p = -0.223^*$ ) olarak (verimli bitkide daha fazla zarar görülmesi) belirlenmiştir. Bitki boyu üzerine en yüksek dolaylı etkiye, bitkide yaprak sayısı ( $p = 0.324^*$ ) ve yaprakçık genişliği ( $p = 0.264^*$ ) özelliklerinin olduğu (uzayan bitki boyuyla birlikte yaprak ve yaprakçık sayısının artması) saptanmıştır. Dane verimi üzerine en yüksek dolaylı etkiye bakla sayısı ( $p = 0.425^*$ ) ve 100 dane ağırlığı ( $p = 0.258^*$ ) özelliklerinin olduğu (artan verimle birlikte bakla ve 100 dane ağırlığı artışı) belirlenmiştir. Yapılan “Korelasyon ve Path katsayı

analizi” sonuçları, nohut yaprak galerisineğine dayanıklı olarak belirlenen RIL genotiplerinin, bitki boyunun (daha) kısa ve yaprakçıklarının (daha) küçük olduğunu göstermektedir (Çizelge 4.5).

Toker vd. (2010) tarafından yürütülen bir çalışma da nohut yaprak galerisineğine dayanıklılık ve yaprak/yaprakçık şekli arasında yakın bir ilişki olduğu ileri sürülmüştür. Sithanantham ve Reed (1980) tarımı yapılan nohutta (daha) büyük yaprak/yaprakçıkların nohut yaprak galerisineği tarafından tercih edildiğine dikkat çekmişlerdir. Büyük yaprak/yaprakçık boyutu, daha fazla sayıda nohut yaprak galerisineğinin olabileceğinin bir göstergesi olabileceği şeklinde yorumlanmıştır (Toker vd. 2010). Ayrıca, (daha) dar yaprak/yaprakçıklı ve çok yaprakçıklı (multipinnate yapraklı) genotiplerle yapılan çalışmalar benzer tespitlerin (daha az yaprak galerisineği varlığı) yapıldığı farklı araştırmacılarca rapor edilmiştir (Singh ve Weigand 2006; Ikten vd. 2015).

Hem tarımı yapılan nohutta hem de yabani nohutlarda nohut yaprak galerisineğine dayanıklı olarak tescil edilen çeşitlerin neredeyse tamamı küçük ve ince yaprakçıklı veya çok yaprakçıklı nohutlardır (Singh ve Weigand 1994; Malhotra vd. 2007; Toker vd. 2019). Clement vd. (1994) göre baklagillerde zararlıya dayanıklılık mekanizması (i) yapısal savunmalar, (ii) ikincil metabolitler ve (iii) beslenmeyi engelleyici (antifeeding) bileşikler şeklinde bildirilmiştir (Edwards ve Singh 2006). Bu çalışmada dayanıklılık yapısal savunmalara ve ikincil metabolitlere dayandırılabilmesi mümkün olduğunu düşündürmektedir. Nohut, ikincil metabolitleri (malik, oksalik, süksinik, kuinik, fumarik, malonik ve sitrik asitler gibi) salgılamaktadır (Reed vd. 1987; Yoshida vd. 1995; Toker vd. 2005).

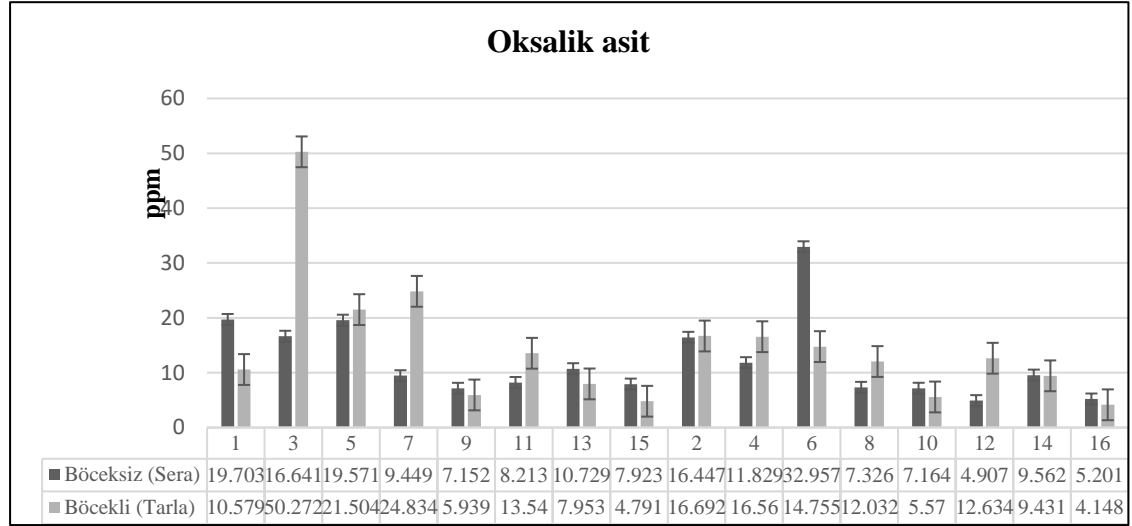
#### **4.4. Organik Asitler ve Nohut Yaprak Galerisineği Reaksiyonları**

Nohut yaprak galerisineğine sekiz dayanıklı ve sekiz hassas olarak seçilen genotiplerde (EK.7.2) organik asitler ve nohut yaprak galerisineğine reaksiyonları arasındaki ilişkiler için analiz yapılmıştır.

##### **4.4.1. Oksalik asit (OA)**

RIL genotiplerinde tespit edilen oksalik asit (OA) değerleri incelendiğinde, tarla denemelerinde (Böcek zararı görülen araştırma grubu (tarla)) sera denemelerine (Böcek zararı görülmeyen araştırma grubu (sera)) göre bazı hatların daha yüksek OA içeriğine sahip olduğu belirlenmiştir. OA miktarının, nohut yaprak galerisineği stresi altında

yetiştirilen materyallerde (tarlada), stressiz çevrede yetiştirilen (sera) materyalle karşılaştırıldığında, daha fazla olduğu belirlenmiştir. Sera deneme alanı bitki örneklerinde OA miktarı en düşük 4.907 ppm ile hat 12’de, en yüksek 32.957 ppm ile hat 6’da olduğu belirlenmiştir. Tarla deneme alanı bitki örneklerinde OA miktarı en yüksek 50.272 ppm ile hat 3’de, en düşük 4.148 ppm ile hat 16’da olduğu saptanmıştır (Şekil 4.2).



**Şekil 4.2.** Dayanıklı (tek numaralı) ve hassas (çift numaralı) hatların böcek epidemisi zararı olan (tarla) ve böcek epidemisi zararı olmayan (sera) koşullarında oksalik asit içerikleri (ppm)

Barlar ortalama  $\pm$  standart hata’yı göstermektedir

Oksalik asit miktarları için yapılan varyans analizi sonuçlarına göre, oksalik asit miktarının stresli (zarar görmüş) ve stressiz (zarar görmemiş) koşullarda genotipler arasında da istatistiki olarak ( $P \leq 0.01$ ) bir fark olduğu saptanmıştır (Çizelge 4.6).

Oksalik asit oldukça fazla sayıda bitkide doğal olarak bulunur. Oksalatlar, çözünür tuzlar (potasyum ve sodyum oksalat), oksalik asit veya çözünmeyen kalsiyum oksalat formlarında bitkilerde bulunur (Bradbury ve Holloway 1988). Oksalik asit ve oksalatlar zararlı böcekler ve bazı hayvanlara karşı biyokimyasal savunma sağlar. Benzer şekilde çözünür oksalatların da zararlı böcekler üzerine toksik etkisi olduğu bilinmektedir. Oksalik asidin, çekirgeler ve yaprak bitleri gibi bazı zararlılar üzerinde beslenmeyi engelleyici etkileri olduğu bildirilmiştir (Franceshive Nakata 2005). Polygonaceae familyasının bitkilerinin yüksek düzeyde oksalat içeriği bulunduğu bilinmekte olup, bu

bileşiklerin birçok böceğin polygonaceae familyası bitkilerinde beslenmesinde repellent etkisi olduğu bildirilmiştir (Kim vd. 2011).

**Çizelge 4.6.** Dayanıklı (tek numaralı) ve hassas (çift numaralı) hatların böcek zararı olan (tarla) ve böcek zararı olmayan (sera) koşullarında oksalik asit içerikleri için varyans analizi sonuçları

RIL No	Tarla (Böcek zararı olan)	RIL No	Serada (Böcek zararı olmayan)
3	50.272 A	6	32.957 A
7	24.834 B	1	19.703 B
5	21.504 BC	5	19.571 B
2	16.692 CD	3	16.641 B
4	16.560 CD	2	16.447 B
6	14.755 DE	4	11.829 C
11	13.540 DEF	13	10.729 C D
12	12.634 DEFG	14	9.562 C D E
8	12.032 DEFG	7	9.449 C D E
1	10.579 EFGH	11	8.213 D E F
14	9.431 FGHI	15	7.923 D E F
13	7.953 GHIJ	8	7.326 E F
9	5.939 HIJ	10	7.164 E F
10	5.570 HIJ	9	7.152 E F
15	4.791 IJ	16	5.201 F
16	4.148 J	12	4.907 F
<b>F değeri</b>	133.55*	<b>F değeri</b>	125.97*

\* Veriler Duncan çoklu karşılaştırma testi ile karşılaştırılmıştır.

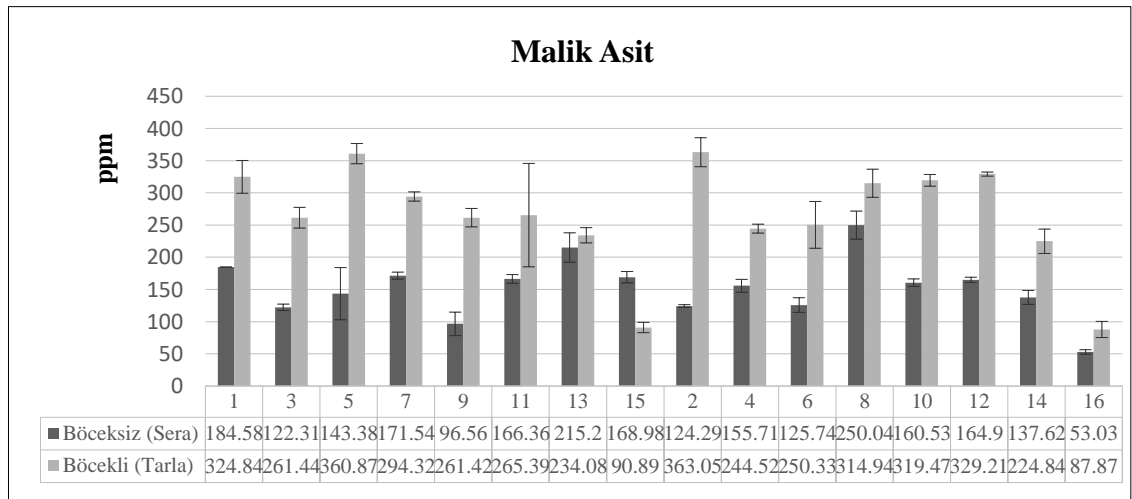
Farklı harfler genotipler arasındaki  $P \leq 0.05$  düzeyinde istatistiki farklılığı önemlidir.

Yoshida vd. (1995) tarafından yapılan bir araştırmada, nohut yapraklarında bulunan ana bileşenler olarak oksalik ve malik asit tespit etmişlerdir. Nohutta yeşil kurt (*Helicoverpa armigera* Hübner) (Lepidoptera: Noctuidae) zararına dayanıklı genotiplerle, hassas genotiplerin OA miktarları karşılaştırıldığında; dayanıklı genotipler de yapraklarında daha fazla OA biriktirdiği rapor edilmiştir. OA, nohutta yeşil kurt zararına karşı biyokimyasal dayanıklılık mekanizmalarından biri olduğu

düşünölmektedir. Yürütölen çalışmada da OA miktarı, dayanıklı genotiplerin bazılarında tarla (böcek zararı görmüş) koşullarda oldukça yüksek düzeyde olduğu belirlenmiştir (Şekil 4.2 ve Çizelge 4.6). Bu durum, konukçu bitki tarafından üretilen ikincil bitki metabolitlerin zararlının larva evresi üzerine olumsuz etkilerinin olabileceğini düşöndürmektedir. Diğer taraftan OA miktarı üzerinden yapılması planlanan “nohut yaprak galerisineğine dayanıklı materyal seleksiyon çalışmalarında” başarının sınırlı olacağı veya her zaman yaprak galerisineğine dayanıklı materyal “seleksiyonunun yapılamayabileceği” yorumu yapılmıştır.

#### 4.4.2. Malik asit (MA)

RIL genotiplerinde, en yüksek malik asit (MA) miktarı, tarla (böcek zararı olan) örnekleri içinde 2 nolu hatta 363.05 ppm ve sera (böcek zararı olmayan) örnekleri için 8 nolu hatta 250.04 ppm olarak belirlenmiştir. Genotiplerin MA içerikleri incelendiğinde, tüm genotiplerde 15 no’lu genotip hariç stresli (zarar gören) koşullarda yetiştirilen materyalde MA içeriklerin stressiz (zarar görmeyen) koşullarda yetiştirilen materyallere göre daha yüksek miktara ulaştığı saptanmıştır. Stresli koşullarda belirlenen MA miktarı en düşük 87.87 ppm ile 16 no’lu genotip, en yüksek 363.05 ppm ile 2 no’lu genotipin içerdiği kaydedilmiştir. Stressiz koşullarda belirlenen MA miktarı en düşük 53.03 ppm ile 16 nolu genotip de en yüksek 250.04 ppm ile 8 no lu genotipin içerdiği belirlenmiştir (Şekil 4.3).



**Şekil 4.3.** Dayanıklı (tek numaralı) ve hassas (çift numaralı) hatların böcek epidemisi zararı olan (tarla) ve böcek epidemisi zararı olmayan (sera) koşullarında malik asit içerikleri (ppm)

Barlar ortalama  $\pm$  standart hatayı göstermektedir

MA, bitki mitokondrilerinde malik enzimin reaksiyonu ile metabolize edilir. Malat, K ve Ca için karşı iyon olarak bitki vakuolünde rol oynayan yaygın bir depo anyonudur (Talebi vd. 2014). MA salgısı, bir baklagil bitkisi olan nohut'un eşsiz bir özelliğidir.

Materyalde MA miktarları için yapılan varyans analiz sonuçlarına göre; MA miktarının stresli ve stressiz koşullarda hatlar arasında da istatistiki olarak ( $P \leq 0.01$ ) önemli olduğu saptanmıştır (Çizelge 4.7).

**Çizelge 4.7.** Dayanıklı (tek numaralı) ve hassas (çift numaralı) hatların böcek zararı olan (tarla) ve böcek zararı olmayan (sera) koşullarında malik asit içerikleri için varyans analizi sonuçları

RIL no	Tarla (Böcek zararı olan)	RIL no	Serada (Böcek zararı olmayan)
2	363.05 A	8	250.04 A
5	360.87 A	13	215.20 A B
12	329.21 A B	1	184.58 A B C
1	324.84 A B	7	171.54 B C
10	319.47 A B C	15	168.98 B C
8	314.94 A B C D	11	166.36 C
7	294.32 A B C D	12	164.90 C
11	265.39 B C D	10	160.53 C
3	261.44 B C D	4	155.71 C
9	261.42 B C D	5	143.38 C D
6	250.33 B C D	14	137.62 C D
4	244.52 C D	6	125.74 C D
13	234.08 D	2	124.29 C D
14	224.84 D	3	122.31 C D
15	90.89 E	9	96.56 D E
16	87.87 E	16	53.03 E
<b>F değeri</b>	28.36*	<b>F değeri</b>	25.78*

\* Veriler Duncan çoklu karşılaştırma testi ile karşılaştırılmıştır.

Farklı harfler genotipler arasındaki  $P \leq 0.05$  düzeyinde istatistiki farklılığı önemlidir.

MA miktarının böcek zararlılarına karşı biyokimyasal dayanaklıktan sorumlu olabileceği bildirilmiştir (Yoshida vd. 1995; Giriya vd. 2008). MA miktarının, nohutta böcek zararlılarının görülme sıklığına karşı ve zararının düzeyinin/miktarının azalmasında/sınırlanmasında önemli bir rol oynayabileceği rapor edilmiştir (Jakhar vd. 2018). Rudrappa vd. (2008) bitki patojeni kullanarak yürüttüğü bir çalışmada, *Arabidopsis* bitkisinde malik asidin, patojen enfeksiyonunu azaltabilen ve bitki savunmasını artırabilen biyofilm oluşumunu teşvik ettiğini bildirmişlerdir.

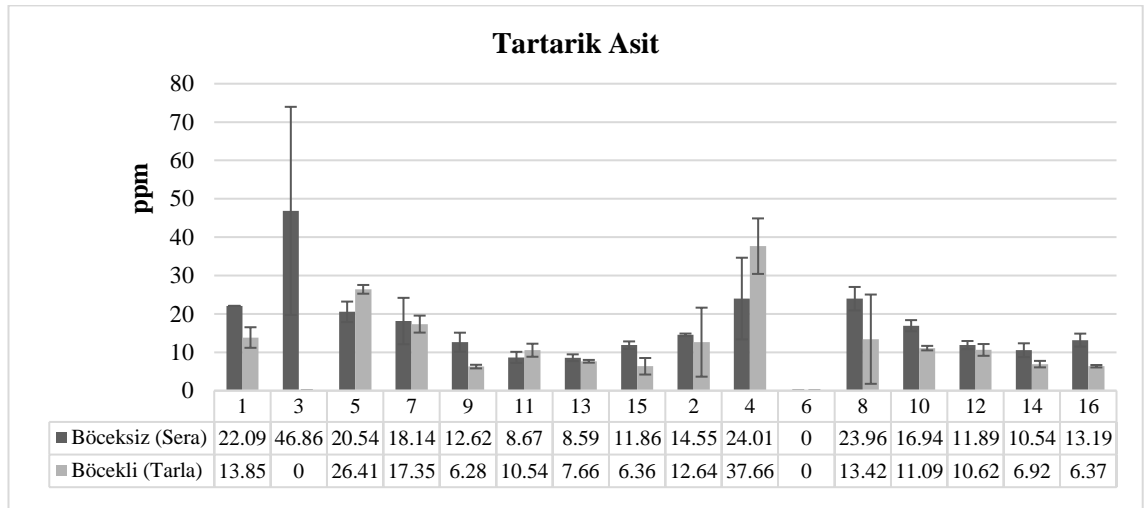
Benzer şekilde Yuan vd. (2015) muz patojenlerine karşı yürütülen bir çalışma da muz kökünden salgılanan MA miktarının, muz bitkisinin toprak kaynaklı patojenlerden koruyabilen faydalı bakterilerin kolonizasyonunu arttırabildiğini rapor edilmiştir (Yuan vd. 2015).

Stresli (tarla) koşullarda yetiştirilen materyallerin MA içeriklerinin (15 nolu genotip hariç) stressiz (sera) koşullarda yetiştirilen materyallerin daha yüksek MA içerik miktarına (Şekil 4.3 ve Çizelge 4.7) ulaşması, MA miktarının strese bağlı olarak arttığına göstergesi olarak kabul edilmiştir. Bu çalışmada nohut yaprak galerisineği'nin yanı sıra bitkiler yüksek sıcaklık streslerine de maruz kalmışlardır (Şekil 4.1). Belirlenen MA içerik değişim düzeyleri şu şekilde açıklanabilir; MA, bitkilerin farklı büyüme evrelerinde ve farklı çevre koşullarına (sıcaklık vb.) bağlı olarak salgılanabilmektedir (Koundal ve Sinha, 1981). Işık yoğunluğu, günlük fotoperiyodun süresi (uzunluğu), su miktarı veya bitki tolerans sınırlı içinde düşük veya yüksek sıcaklık gibi çevresel faktörlerin, stresli (tarla) ortamda stres düzeyinin sınırlı olduğu (sera) ortamına göre farklılık gösterdiği (Koussevitzky vd. 2008) yorumu yapılmıştır. Çevresel stres faktörleri, MA'in bitki dokusundaki miktar artışından sorumlu olabilir. Diğer taraftan MA toplam miktarı üzerinden yapılması planlanan “nohut yaprak galerisineğine dayanıklı materyal seleksiyon çalışmalarında başarılı olunabileceği veya her zaman yaprak galerisineğine dayanıklı seleksiyon yapılabileceği” yorumu yapılmıştır.

#### **4.4.3. Tartarik asit (TA)**

RIL genotiplerinde, en yüksek tartarik asit (TA) miktarı stresli (tarla) koşullar da 4 nolu hatta 37.66 ppm ve stressiz (sera) koşullar da 3 nolu hatta 46.86 ppm olarak belirlenmiştir. Genotiplerin TA miktarları incelendiğinde, 6 nolu genotipin stresli ve stressiz koşullarda TA miktarı 4, 5 ve 11 nolu hatlar hariç, diğer genotiplerde stressiz

(sera) koşullarda yetiştirilen materyalde stresli (tarla) koşullarda yetiştirilen materyale göre daha yüksek miktarda TA miktarı belirlendiği saptanmıştır (Şekil 4.4). TA, başta üzüm ve muz olmak üzere birçok bitkide bulunan doğal bir organik asittir. Ekşi bir tat istendiğinde besine tartarik asit eklenebilir. TA aynı zamanda antioksidan olarak da kullanılabilirdiği de bilinmektedir. TA tuzları tartaratlar olarak bilinmekte olup kimyasal, süksinik asidin bir dihidroksi türevidir (Anonim 2011).



**Şekil 4.4.** Dayanıklı (tek numaralı) ve hassas (çift numaralı) hatların böcek epidemisi zararı olan (tarla) ve böcek epidemisi zararı olmayan (sera) koşullarında tartarik asit içerikleri (ppm)

Barlar ortalama  $\pm$  standart hatayı göstermektedir

TA miktarı için yapılan varyans analiz sonuçlarına göre; TA miktarının stresli ve stressiz koşullarda yetiştirilen genotipler arasında oluşan farkın istatistiki olarak ( $P \leq 0.01$ ) önemli olduğu saptanmıştır (Çizelge 4.8).

TA içeriği miktarlarının sonuçları birlikte değerlendirildiğinde, stres koşulları altında farklı genotiplerin TA miktarının farklı düzeyde olduğu ve bir genelleme yapmanın mümkün olamayacağı söylenebilir. Bazı genotiplerin (3 ve 6 nolu genotiplerin) TA miktarları 0 ppm olarak belirlenmiştir. Bu genotiplerden özellikle 6 no'lu hattın hem stresli hem de stressiz koşullarda 0 ppm TA miktarı bu hattın bu konuda kontrol grubu olarak kullanılabilir model bir genotip olarak kullanılabilirliğinin bir göstergesi olabileceğini düşündürmektedir.

Wang vd. (2019) tarafından yapılan bir araştırmada, üzümde TA konsantrasyonunun Kanadı Noktalı Sirke Sineği (*Drosophila suzukii* Matsumara) (Diptera:



Drosophilidae)’nin yumurtadan ergin döneme kadar gelişimini ve ilkbaharda hayatta kalmasını olumsuz yönde etkilediğini rapor etmişlerdir. Çalışmada TA konsantrasyonu arttıkça böceğin gelişim süresinin uzadığı ve ilkbaharda hayatta kalma oranının azaldığı bildirilmiştir.

**Çizelge 4.8.** Dayanıklı (tek numaralı) ve hassas (çift numaralı) hatların böcek zararı olan (tarla) ve böcek zararı olmayan (sera) koşullarında tartarik asit içerikleri için varyans analizi sonuçları

RIL no	Tarla (Böcek zararı olan)	RIL no	Serada (Böcek zararı olmayan)
4	37.66 A	3	46.86 A
5	26.41 A B	4	24.01 A B
7	17.35 B C	8	23.96 A B
1	13.85 B C	1	22.09 A B C
8	13.42 C	5	20.54 B C
2	12.64 C D	7	18.14 B C
10	11.09 C D	10	16.94 B C
12	10.62 C D	2	14.55 B C
11	10.54 C D	16	13.19 B C
13	7.66 C D	9	12.62 B C
14	6.92 C D	12	11.89 B C
16	6.37 C D	15	11.86 B C
15	6.36 C D	14	10.54 B C
9	6.28 C D	11	8.67 B C
6	0.00 D	13	8.59 B C
3	0.00 D	6	0.00 C
<b>F değeri</b>	14.54*	<b>F değeri</b>	5.09*

\* Veriler Duncan çoklu karşılaştırma testi ile karşılaştırılmıştır.

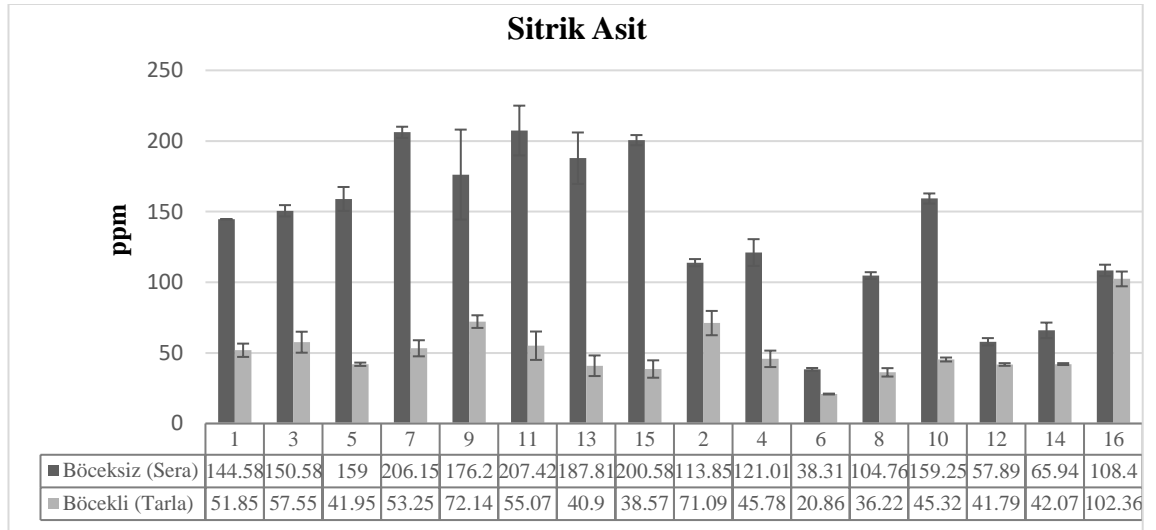
Farklı harfler genotipler arasındaki  $P \leq 0.05$  düzeyinde istatistiksel farklılığı göstermektedir.

Benzer şekilde Adhikari vd. (2012) TA’in, çok düşük miktar da bile sivrisineklerin kontrolünde kullanılabileceğini ve sivrisinek larvalarını öldürülmesinde kullanılabileceğini rapor etmişlerdir. Diğer taraftan TA miktarı üzerinden yapılması planlanan “yaprak galerisineğine dayanıklı materyal seleksiyon çalışmalarında başarının

sınırlı olacağı veya başarılı olunamayacağı, yaprak galerisineğine dayanıklı materyal seleksiyonun da kullanılamaya bileceği” yorumu yapılmıştır.

#### 4.4.4. Sitrik asit (CA)

RIL genotiplerinin içerdiği sitrik asit (CA) miktarları incelendiğinde, tüm genotiplerde stressiz (sera) yetiştiricilik koşullarında yetiştirilen materyalin, stresli (tarla) yetiştiricilik koşullarında yetiştirilen materyale göre daha yüksek miktar da CA içerdiği saptanmıştır. Stresli koşullarda CA miktarı, en düşük 20.86 ppm ile 6 no’lu genotipin, en yüksek 102.36 ppm ile 16 no’lu genotipin içerdiği belirlenmiştir. Stressiz koşullarda yetiştirilen materyalde CA miktarı en düşük 38.31 ppm ile 6 no’lu genotipin, en yüksek 207.42 ppm ile 11 no’lu genotipin içerdiği belirlenmiştir (Şekil 4.5).



**Şekil 4.5.** Dayanıklı (tek numaralı) ve hassas (çift numaralı) hatların böcek epidemisi zararı olan (tarla) ve böcek epidemisi zararı olmayan (sera) koşullarında sitrik asit içerikleri (ppm)

Barlar ortalama  $\pm$  standart hatayı göstermektedir

Sitrik asit veya trikarboksilik asit döngüsü (TCA döngüsü), yüksek bitkilerde karbon metabolizmasının önemli bir unsurudur. Bazı araştırmalar, sitrik asidin sadece karbon metabolizmasında ara madde olarak değil, aynı zamanda bazı bitkilerin besin maddesi eksiklikleri, metal toksitesi ve bitki-böcek etkileşimlerinde bitkide oluşan zararın bitkice

tolere edilmesi için kullanılan mekanizmalara anahtar bileşen olarak katıldığını göstermektedir (Trejo-Téllez vd. 2012).

CA miktarları için yapılan varyans analiz sonuçları incelendiğinde, CA miktarı yönüyle stresli ve stressiz koşullarda yetiştirilen genotipler arasındaki farkın istatistiki olarak  $P \leq 0.05$  düzeyinde önemli olduğu saptanmıştır (Çizelge 4.9).

**Çizelge 4.9.** Dayanıklı (tek numaralı) ve hassas (çift numaralı) hatların böcek zararı olan (tarla) ve böcek zararı olmayan (sera) koşullarında sitrik asit içerikleri için varyans analizi sonuçları

RIL no	Tarla (Böcek zararı olan)	RIL no	Serada (Böcek zararı olmayan)
16	102.36 A	11	207.42 A
9	72.14 B	7	206.15 A
2	71.09 B C	15	200.58 A
3	57.55 B C D	13	187.81 A B
11	55.07 C D E	9	176.20 A B C
7	53.25 D E F	10	159.25 B C
1	51.85 D E F G	5	159.00 B C
4	45.78 D E F G	3	150.58 C D
10	45.32 D E F G	1	144.85 B C D E
14	42.07 D E F G	4	121.01 D E
5	41.95 D E F G	2	113.85 E
12	41.79 D E F G	16	108.40 E
13	40.90 E F G	8	104.76 E
15	38.57 F G	14	65.94 F
8	36.22 G H	12	57.89 F
6	20.86 H	6	38,31 F
<b>F değeri</b>	35.69*	<b>F değeri</b>	66.11*

\* Veriler Duncan çoklu karşılaştırma testi ile karşılaştırılmıştır. Farklı harfler genotipler arasındaki  $P \leq 0.05$  düzeyinde istatistiki farklılığı göstermektedir.

Wu vd. (2014) tarafından yürütülen bir çalışmada, bitki patojen bakterilerle enfekte olan tütün bitkisi kökleri tarafından salgılanan sitrik asidin, patojen enfeksiyonu için uyarıcı olduğu ve hastalık şiddetini arttırdığını belirlemişlerdir. Yürütülen bu çalışma

kapsamında, tüm genotiplerde stressiz (sera) yetiştiricilik koşullarında yetiştirilen materyalin, stresli (tarla) yetiştiricilik koşullarında yetiştirilen materyale göre daha yüksek miktar da CA içerdiği saptanmıştır. Benzer şekilde, Çağırğan vd. (2011) tarafından yürütülen bir araştırma nohut yanıklık hastalığı [*Ascochyta rabiei* (Pass.) Labr.]’na dayanıklı ve hassas olarak bilinen kabulü nohut genotipleri CA konsantrasyonlarının dayanıklı genotiplerin hassas genotipten daha düşük miktar CA içerdiği rapor edilmiştir.

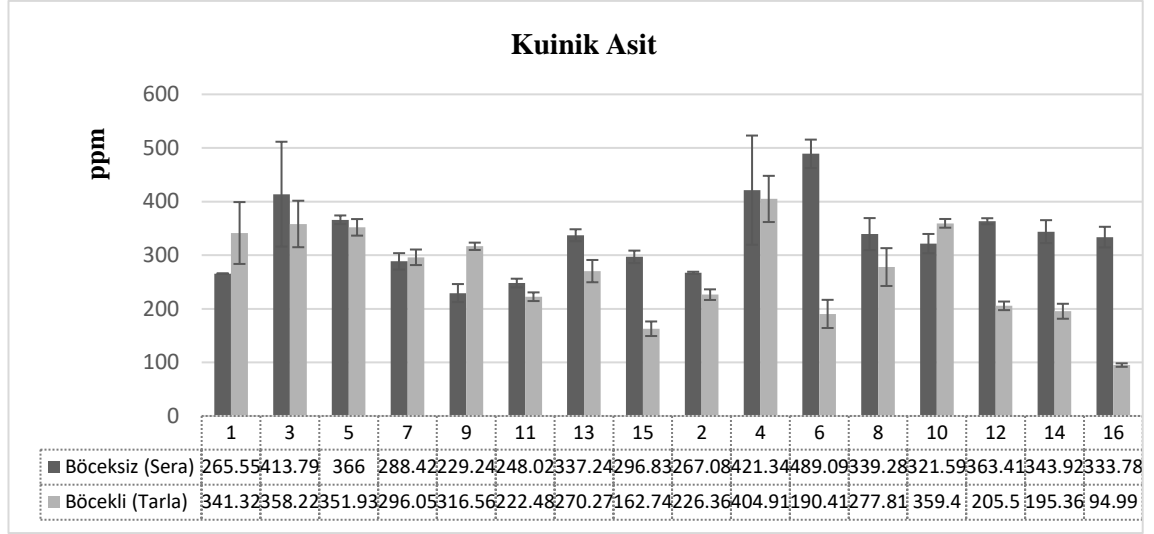
Çalışma sonucunda stresli (tarla) koşullarda yetiştirilen tüm genotiplerin stressiz (sera) koşullarda yetiştirilen genotiplere göre daha düşük bir CA konsantrasyonuna sahip olduğu belirlenmiştir (Şekil 4.5).

Diğer taraftan bitkinin içerdiği CA miktarı üzerinden yapılması planlanan “yaprak galerisineğine dayanıklı materyal seleksiyon çalışmalarında başarılı olacağı veya her zaman yaprak galerisineğine dayanıklı seleksiyon yapılabileceği” yorumu yapılmıştır.

#### **4.4.5. Kuinik asit (KA)**

RIL genotipleri kuinik asit (KA) içerikleri incelendiğinde, 1, 7, 9 ve 10 nolu genotipler hariç, stressiz (sera) yetiştiricilik koşullarında yetiştirilen materyalin, stresli (tarla) yetiştiricilik koşullarında yetiştirilen materyale göre daha yüksek miktarda KA içerdiği saptanmıştır.

Stressiz (sera) yetiştiricilik koşullarında yetiştirilen materyalin, KA miktarı en düşük 229.24 ppm ile 9 no’lu genotipin de en yüksek 489.09 ppm ile 6 no’lu genotipin içerdiği belirlenmiştir. Stresli (tarla) yetiştiricilik koşullarında yetiştirilen materyalin, KA miktarı en düşük 94.99 ppm ile 16 no’lu genotipin en yüksek 404.91 ppm ile 4 no’lu genotipin içerdiği belirlenmiştir (Şekil 4.6).



**Şekil 4.6.** Dayanıklı (tek numaralı) ve hassas (çift numaralı) hatların böcek epidemisi zararı olan (tarla) ve böcek epidemisi zararı olmayan (sera) koşullarında kuinik asit içerikleri (ppm)

Barlar ortalama  $\pm$  standart hatayı göstermektedir

KA miktarı ile ilgili yapılan varyans analiz sonuçlarına göre KA miktarının stres koşullarında arttığı ve genotipler arasında farklılığın istatistik olarak  $P \leq 0.05$  düzeyinde önemli olduğu saptanmıştır (Çizelge 4.10).

KA, düşük molekül ağırlıklı tanenler olup biyotik strese metabolik yanıt (indüklenebilir savunma) ile ilişkili bir metabolittir (Sardans vd. 2014). KA'nın çeşitli böcekler için toksik etki gösterdiği rapor edilmiştir (Constabel ve Barbehenn 2008; Barbehenn ve Constabel 2011).

Asan ve Özen (2016) tarafından yapılan bir araştırmada, bitki patojeni ile enfekte olan bitkilerin (stres koşullarında) KA miktarlarının da bir artış olduğu belirlenmiştir.

Benzer sonuçlar Wallis vd. (2013) tarafından yürütülen bu çalışma kapsamında KA, *Xylella fastidiosa* bakteriyel hastalık etmeni (*Xylella* yaprak yanıklığı) tarafından enfekte edilen üzüm asmasının ksilem dokularında yüksek miktarda belirlendiği ve hastalık varlığı ile önemli ölçüde ilişkili olan tek fenolik bileşik olduğu rapor edilmiştir.

Yürütülen bu çalışma kapsamında; KA miktarı stresli (tarla) koşullarda dayanıklı materyal istisnalarıyla birlikte hassas genotiplerde daha yüksek miktar da bulunmuştur (Şekil 4.6 ve Çizelge 4.10). Diğer taraftan KA miktarı üzerinden yapılması planlanan “nohut yaprak galerisineğine dayanıklı materyal seleksiyon çalışmalarında başarının

sınırlı olacağı veya başarılı olunamayacağı, nohut yaprak galerisineğine dayanıklı materyal seleksiyonunun yapılamayabileceği” yorumu yapılmıştır.

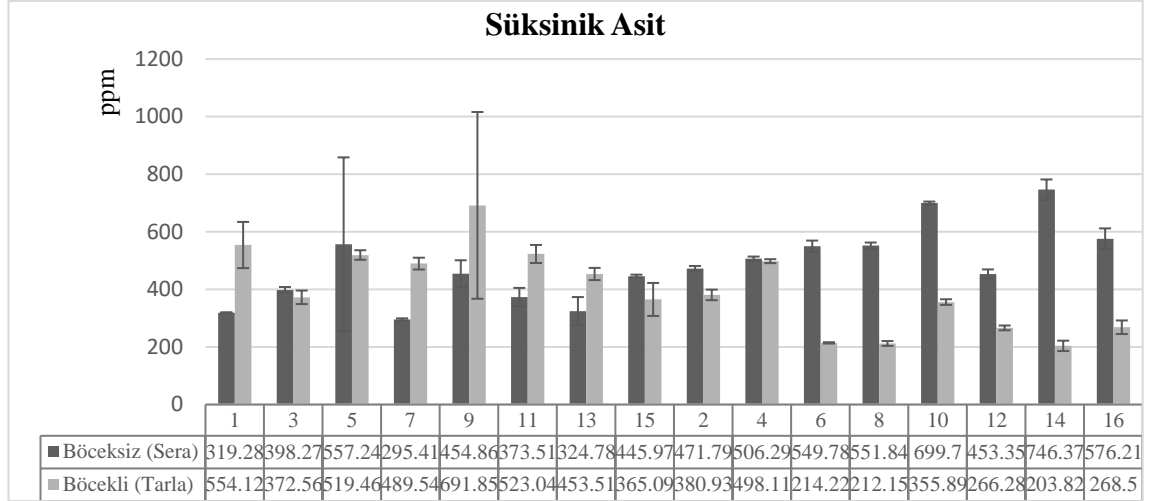
**Çizelge 4.10.** Dayanıklı (tek numaralı) ve hassas (çift numaralı) hatların böcek zararı olan (tarla) ve böcek zararı olmayan (sera) koşullarında kuinik asit içerikleri için varyans analizi sonuçları

RIL no	Tarla (Böcek zararı olan)	RIL no	Serada (Böcek zararı olmayan)
4	404.91 A	6	489.09 A
10	359.40 A B	4	421.34 A B
3	358.22 A B	3	413.79 A B C
5	351.93 A B C	5	366.00 B C D
1	341.32 A B C D	12	363.41 B C D
9	316.56 B C D	14	343.92 B C D E
7	296.05 B C D E	8	339.28 B C D E
8	277.81 C D E F	13	337.24 B C D E
13	270.27 D E F G	16	333.78 B C D E
2	226.36 E F G H	10	321.59 B C D E
11	222.48 E F G H	15	296.83 C D E
12	205.50 F G H	7	288.42 D E
14	195.36 G H	2	267.08 D E
6	190.41 H	1	265.55 B C D E
15	162.74 H I	11	248.02 D E
16	94.99 I	9	229.24 E
<b>F değeri</b>	33.43*	<b>F değeri</b>	8.64*

\* Veriler Duncan çoklu karşılaştırma testi ile karşılaştırılmıştır.  
Farklı harfler genotipler arasındaki  $P \leq 0.05$  düzeyinde istatistiki farklılığı göstermektedir.

#### 4.4.6. Süksinik asit (SA)

RIL genotiplerinin süksinik asit (SA) miktarları incelendiğinde, genel olarak stressiz (sera) yetiştiricilik koşullarında yetiştirilen materyalin, stresli (tarla) yetiştiricilik koşullarında yetiştirilen materyale göre daha yüksek miktarda SA içerdiği saptanmıştır.



**Şekil 4.7.** Dayanıklı (tek numaralı) ve hassas (çift numaralı) hatların böcek epidemisi zararlı olan (tarla) ve böcek zararı olmayan (sera) koşullarında süksinik asit içerikleri (ppm)

Barlar ortalama  $\pm$  standart hatayı göstermektedir

Stressiz (sera) yetiştiricilik koşullarında yetiştirilen materyal de SA miktarı en düşük 295.41 ppm ile 7 nolu genotipte, en yüksek 746.37 ppm ile 14 no'lu genotip genotipte olduğu belirlenmiştir. Stresli (tarla) yetiştiricilik koşullarında yetiştirilen materyal de SA miktarı en düşük 212.15 ppm ile 8 nolu genotipte, en yüksek 691.85 ppm ile 9 no'lu genotipin de olduğu belirlenmiştir (Şekil 4.7).

SA miktarı için yapılan varyans analiz sonuçlarına göre SA miktarının stresli koşullarda arttığı ve genotipler arasında da farklılığın istatistiki olarak  $P \leq 0.05$  düzeyinde önemli olduğu saptanmıştır (Çizelge 4.11).

SA mitokondride üretilip konsantre edilir ve birincil biyolojik fonksiyon metabolik bir ara maddedir. Karbonhidratlar, aminoasitler, yağ asitleri, kolesterol ve metabolizmaları da dahil olmak üzere TCA döngüsü ile birbirine bağlı tüm metabolik yollar geçici süksinat oluşumuna dayandığı rapor edilmiştir (Tretter vd. 2016). Diğer taraftan SA miktarı üzerinden yapılması planlanan “nohut yaprak galerisineğine dayanıklı materyal seleksiyon çalışmalarında başarının sınırlı olacağı veya başarılı olunamayacağı, nohut yaprak galerisineğine dayanıklılık için seleksiyon yapılamayabileceği” yorumu yapılmıştır.

**Çizelge 4.11.** Dayanıklı (tek numaralı) ve hassas (çift numaralı) hatların böcek zararı olan (tarla) ve böcek zararı olmayan (sera) koşullarında süksinik asit içerikleri için varyans analizi sonuçları

RIL no	Tarla (Böcek zararı olan)	RIL no	Serada (Böcek zararı olmayan)
9	691.85 A	14	746.37 A
1	554.12 A B	10	699.70 A B
11	523.04 A B C	16	576.21 A B C
5	519.46 A B C	5	557.24 A B C D
4	498.11 A B C	8	551.84 A B C D
7	489.54 A B C	6	549.78 A B C D
13	453.5 A B C D	4	506.29 A B C D E
2	380.93 B C D	2	471.79 B C D E
3	372.56 B C D	9	454.86 B C D E
15	365.09 B C D	12	453.35 B C D E
10	355.89 B C D	15	445.97 C D E
16	268.50 C D	3	398.27 C D E
12	266.28 C D	11	373.51 C D E
6	214.22 D	13	324.78 D E
8	212.15 D	1	319.28 C D E
14	203.82 D	7	295.41 E
<b>F değeri</b>	8.23*	<b>F değeri</b>	6.94*

\* Veriler Duncan çoklu karşılaştırma testi ile karşılaştırılmıştır.

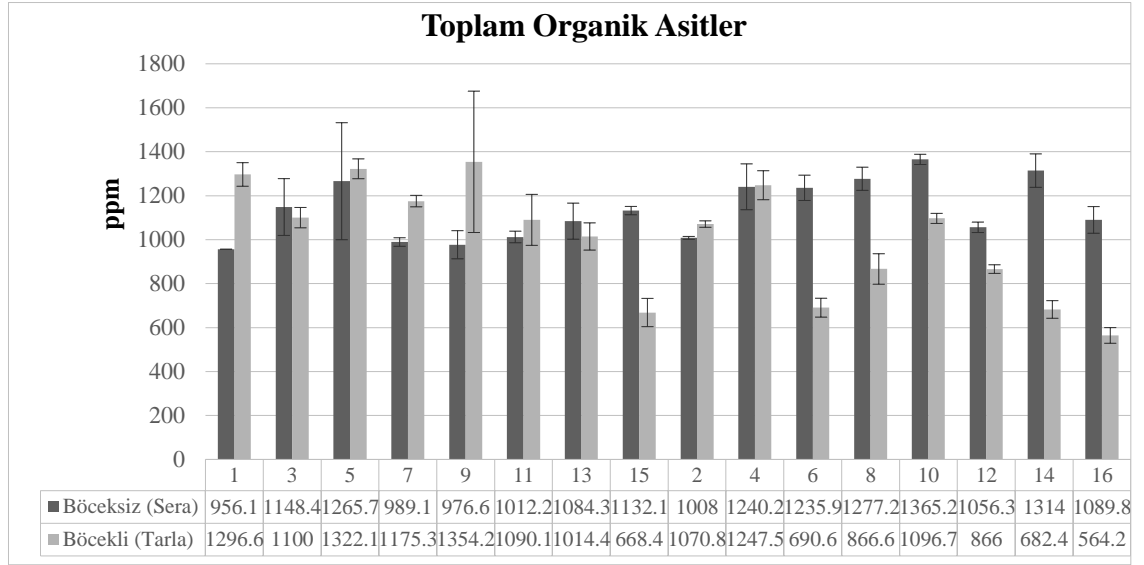
Farklı harfler genotipler arasındaki  $P \leq 0.05$  düzeyinde istatistiki farklılığı göstermektedir.

#### 4.4.7. Toplam organik asitler

RIL genotiplerinde toplam organik asit miktarları (TOA) incelendiğinde, hassas genotipler stresli (tarla) koşullarda yetiştirilen materyallerin stressiz (sera) koşullarda yetiştirilen materyalle karşılaştırıldığında daha yüksek miktar da TOA sahip olduğu saptanmıştır. Stresli koşullarda yetiştirilen materyal de TOA miktarı en düşük 564.2 ppm ile 16 no'lu genotipte, en yüksek 1354.2 ppm ile 9 no'lu genotip de olduğu kaydedilmiştir. Stressiz koşullarda yetiştirilen materyalden elde edilen TOA miktarı en düşük 956.1 ppm



ile 1 no'lu genotipte, en yüksek 1365.2 ppm ile 10 no'lu genotip de olduğu belirlenmiştir (Şekil 4.8).



**Şekil 4.8.** Dayanıklı (tek numaralı) ve hassas (çift numaralı) hatların böcek epidemisi zararı olan (tarla) ve böcek epidemisi zararı olmayan (sera) koşullarında toplam organik asit içerikleri (ppm)

Barlar ortalama  $\pm$  standart hatayı göstermektedir

TOA miktarları üzerinde yapılan varyans analiz sonuçlarına göre, TOA miktarlarının stresli koşullarında yetiştirilen bazı genotiplerde arttığı belirlenmiş olup genotipler arasındaki farklılığın istatistiki olarak  $P \leq 0.05$  düzeyinde önemli olduğu saptanmıştır (Çizelge 4.12).

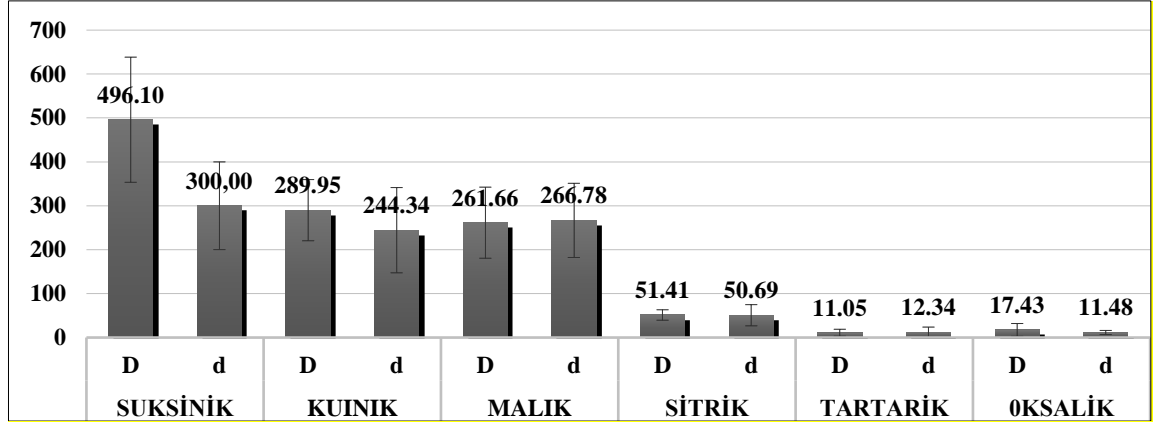
Nohut yaprak galerisineği'ne dayanıklı RIL genotiplerinde en yüksek organik asit miktarının süksinik asit, sonrasında sırasıyla kuinik, malik, sitrik ve oksalik asit olarak belirlenirken, en düşük organik asit miktarı tartarik asit olarak belirlenmiştir (Şekil 4.9 ve Çizelge 4.13).

**Çizelge 4.12.** Dayanıklı (tek numaralı) ve hassas (çift numaralı) hatların böcek zararı olan (tarla) ve böcek zararı olmayan (sera) koşullarında toplam organik asit içerikleri için varyans analizi sonuçları

RIL no	Tarla (Böcek zararı olan)	RIL no	Serada (Böcek zararı olmayan)
9	1354.2 A	10	1365.2 A
5	1322.1 A	14	1314.0 AB
1	1296.6 AB	8	1277.2 ABC
4	1247.5 AB	5	1265.7 ABCD
7	1175.3 AB	4	1240.2 ABCDE
3	1100.0 ABC	6	1235.9 ABCDE
10	1096.7 ABC	3	1148.4 ABCDE
11	1090.1 ABC	15	1132.1 ABCDE
2	1070.8 ABC	16	1089.8 ABCDE
13	1014.4 BC	13	1084.3 BCDE
8	866.6 CD	12	1056.3 BCDE
12	866.0 CD	11	1012.2 CDE
6	690.6 DE	2	1008.0 CDE
14	682.4 DE	7	989.1 DE
15	668.4 DE	9	976.6 E
16	564.2 E	1	956.1 BCDE
<b>F değeri</b>	21.10*	<b>F değeri</b>	5.70*

\* Veriler Duncan çoklu karşılaştırma testi ile karşılaştırılmıştır.  
Farklı harfler genotipler arasındaki  $P \leq 0.05$  düzeyinde istatistiksel farklılığı göstermektedir.

Dayanıklı ve hassas RIL genotiplerinin TOA miktarları incelendiğinde, dayanıklı RIL genotiplerinde süksinik asit ortalama konsantrasyonunun 496.1 ppm ve hassas RIL genotiplerinde 300 ppm olduğu belirlenmiştir (Çizelge 4.13).



**Şekil 4.9.** Dayanıklı (D) ve hassas (d) genotiplerinin toplam organik asit içerikleri (ppm) Barlar ortalama  $\pm$  standart hatayı göstermektedir

Kuinik asit ortalama konsantrasyonu dayanıklı RIL genotiplerinde 289.95 ppm ve hassas RIL genotiplerinde 244.34 ppm olduğu belirlenmiştir. Dayanıklı ve hassas RIL genotiplerinde en düşük ortalama ve en düşük malik asit konsantrasyonları sırasıyla 261.66 ppm ve 266.78 ppm olarak ölçülmüştür (Çizelge 4.13).

**Çizelge 4.13.** Dayanıklı (D) ve hassas (d) RIL genotiplerinde toplam organik asit içerikleri için varyans analizi sonuçları

Süksinik asit		Kuinik Asit		Malik Asit		Sitrik Asit		Tartarik Asit		Oksalik Asit	
D	496.10 A	D**	289.95 A	D	261.66 A	D	51.41 A	D	11.059 A	D	17.43 A
d	300.00 B	d	244.34 A	d	266.78 A	d	50.69 A	d	12.342 A	d	11.48 A
F	30.51*	F	3.49	F	0.05	F	0.02	F	0.20	F	3.65
P	0.000	P	0.068	P	0.831	P	0.896	P	0.658	P	0.062

\* Veriler Duncan çoklu karşılaştırma testi ile karşılaştırılmıştır.

\*\*Dayanıklı (D) ve hassas (d)

Farklı harfler genotipler arasındaki  $P \leq 0.05$  düzeyinde istatistiksel farklılığı göstermektedir.

Sitrik asit ortalama konsantrasyonu dayanıklı RIL genotiplerinde 51.44 ppm ve hassas RIL genotiplerinde 50.69 ppm olarak ölçülmüştür. Dayanıklı ve hassas RIL genotiplerinde en düşük ve en yüksek ortalama oksalik asit konsantrasyonları sırasıyla 17.43 ppm ve 11.48 ppm olarak, en düşük ve en düşük ortalama tartarik asit konsantrasyonları sırasıyla 11.05 ppm ve 12.34 ppm olarak ölçülmüştür (Çizelge 4.13).

Seçilen dayanıklı (D) ve hassas (d) RIL genotiplerinde ortalama organik asit içerikleri üzerine yapılan varyans analiz sonuçlarına göre sadece süksinik asit miktarının istatistiki olarak  $P \leq 0.05$  düzeyinde önemli olduğu saptanmıştır (Çizelge 4.13).

#### 4.5. Organik Asitler ve Bitki Nohut Yaprak Galerisineğine Dayanıklılık Arasındaki İlişkiler

Nohut yaprak galeri sineğine dayanıklı ve hassas olarak seçilen genotiplerde oksalik, kuinik, süksinik, sitrik, malik, tartarik miktarları ve nohut yaprak galerisineği'ne reaksiyonları arasındaki ilişkilerin incelenmesi için korelasyon analizi yapılmıştır (Çizelge 4.14). RIL genotiplerinde nohut yaprak galerisineği'ne dayanıklılık ile oksalik, kuinik, süksinik, sitrik, malik, tartarik asit miktarları arasındaki korelasyon ilişkileri incelendiğinde; sitrik, tartarik ve malik asit miktarları hariç diğer biyokimyasal içerikler ile negatif yönlü ilişki olduğu (Çizelge 4.14) ve bu ilişkiler incelendiğinde tüm asit miktarlarından sadece süksinik asit miktarının istatistiki olarak  $P \leq 0.05$  düzeyinde önemli olduğu tespit edilmiştir (Çizelge 4.13). Nohut yaprak galerisineği'ne dayanıklılık reaksiyonu ve incelenen biyokimyasal içerikler arasında en yüksek korelasyonun ( $P \leq 0.05$ ) nohut yaprak galerisineğine dayanıklılık reaksiyonu ve süksinik asit arasında ( $r = -0.587$ ) olduğu belirlenmiştir (Çizelge 4.14).

**Çizelge 4.14.** Böcek stresli (tarla) koşulları altında yetiştirilen materyalde yaprak galerisineği'ne dayanıklılık (LM) ile organik asit miktarları arasında “Pearson Korelasyon” katsayıları

Özellikler	LM	OA	KA	MA	CA	SA	TA
Oksalik Asit (OA)	-0.264						
Kuinik Asit (KA)	-0.260	0.413**					
Malik Asit (MA)	0.047	0.290*	0.566**				
Sitrik Asit (CA)	0.043	-0.044	-0.201	-0.233			
Süksinik Asit (SA)	-0.587**	0.049	0.469**	0.169	0.234		
Tartarik Asit (TA)	0.028	0.014	0.524**	0.308*	-0.099	0.305*	
<b>Toplam</b>	<b>-0.431**</b>	<b>0.297</b>	<b>0.813**</b>	<b>0.610**</b>	<b>0.067</b>	<b>0.839**</b>	<b>0.485**</b>

\* :  $P \leq 0.05$  seviyesinde önemli istatiki fark bulunmaktadır.

\*\* :  $P \leq 0.01$  seviyesinde önemli istatiki fark bulunmaktadır

LM: Yaprak galerisineğine dayanıklılık reaksiyonu skoru

Süksinik asit miktarının, nohut yaprak galerisineğine dayanıklılıkla ilişkisinin negatif yönlü olması, nohut yaprak galerisineği'ne dayanıklı nohutların daha fazla süksinik asit içermesinden kaynaklanmaktadır. Değerlendirmesi yapılan diğer organik

asit miktarı ile zararlı reaksiyonu arasındaki ilişkiler incelendiğinde en yüksek korelasyonun ( $P \leq 0.05$  düzeyinde önemli) malik asit ile kuinik asit ( $r = 0.566$ ) miktarları arasında olduğu ve bunu sırasıyla tartarik asit ile kuinik asit ( $P \leq 0.05$  düzeyinde önemli) ( $r = 0.524$ ), süksinik asit ile kuinik asit ( $P \leq 0.05$  düzeyinde önemli) ( $r = 0.469$ ) ve oksalik asit ile kuinik asit ( $r = 0.413$ ) miktarları arasındaki ilişkilerin izlediği belirlenmiştir (Çizelge 4.14).

Yüksek bir korelasyon üçüncü bir karakterin veya bir grup karakterin etkisine bağlı olabileceğinden, iki karakter arasındaki korelasyon katsayısının incelenmesi ve yorumlanması seçim/seleksiyon sırasında karışıklığa neden olabileceği rapor edilmiştir (Cruz vd. 2012). Bu ve benzeri sorunların engellenmesi/çözülmesi veya en alt düzeye indirilebilmesi için Wright (1921), karakterlerin diğer tüm bağımsızların etkisi çıkarıldıktan sonra, bağımsız bir değişkenin (x) bağımlı bir değişken (y) üzerindeki etkisinin değerlendirilmesine dayanan temel bir değişken üzerindeki doğrudan ve dolaylı etkilerindeki tahmini korelasyonlar arasında ortaya çıkaran bir “Path Katsayı Analizi” metodolojisi olarak önerilmiştir.

Bu nedenle, güvenilir bir seçim kriteri önermek için oksalik, kuinik, süksinik, sitrik, malik, tartarik asit içerikleri ve yaprak galerisineğine dayanıklılık reaksiyonu arasındaki doğrudan ve dolaylı etkilerini tahmin etmek için “Path Katsayı Analizi” yapılmış ve elde edilen veriler Çizelge 4.15’de verilmiştir.

**Çizelge 4.15.** Böcek stresi (tarla) koşullarında belirlenen organik asit içeriklerinin yaprak galerisineği'ne dayanıklılık (LM) reaksiyonları üzerindeki doğrudan (koyu renkli yazı) ve dolaylıdan (normal yazı rengi) etkileri üzerine path katsayıları

Özellikler	OA	KA	MA	CA	SA	TA
Oksalik asit (OA)	<b>-0.304*</b>	0.629*	0.081	0.124	-0.208	-0.265
Kuinik asit (KA)	0.302	<b>0.034</b>	0.283	-0.174	0.353*	0.308
Malik asit (MA)	0.073	0.525*	<b>0.253</b>	-0.104	-0.069	0.043
Sitrik asit (CA)	0.135	-0.393	-0.127	<b>0.293</b>	0.429*	0.013
Süksinik asit (SA)	-0.179	0.633*	-0.067	0.341*	<b>0.760**</b>	0.030
Tartarik asit (TA)	-0.243	0.587*	0.044	0.011	0.032	<b>0.198</b>

\* :  $P \leq 0.05$  seviyesinde önemli istatiki fark bulunmaktadır.

\*\* :  $P \leq 0.01$  seviyesinde önemli istatiki fark bulunmaktadır

Yaprak galerisineğine dayanıklılık (LM) reaksiyonu üzerine en yüksek doğrudan biyokimyasal etki süksinik asit ( $p = 0.760$ ) miktarı ( $P \leq 0.05$  düzeyinde önemli) ile ilişkili

olduğu belirlenmiştir. Süksinik asit miktarı sonrasında sırasıyla sitrik asit ( $p = 0.293$ ) ve malik asit ( $p = 0.253$ ) miktarlarının LM üzerine doğrudan etkisi bulunmaktadır. Ayrıca LM üzerine süksinik asit miktarı üzerinden kuinik asit ( $p = 0.633$ ) ( $P \leq 0.05$  düzeyinde önemli) ve sitrik asit ( $p = 0.341$ ) ( $P \leq 0.05$  düzeyinde önemli) miktarları ilişkisinin anlamlı pozitif dolaylı etkiler belirlenmiştir.

Diğer özellikler incelendiğinde, oksalik asit miktarının LM reaksiyonları üzerinde anlamlı negatif doğrudan ( $P \leq 0.05$  düzeyinde önemli) etkiye ( $p = -0.304$ ) sahip olduğu, ancak kuinik asit miktarının pozitif yönlü olarak dolaylı olarak etkilediği belirlenmiştir. Elde edilen veriler birlikte değerlendirildiğinde süksinik asit miktarının nohut yaprak galerisineğine dayanıklılık reaksiyonu üzerine doğrudan veya dolaylı etkileri, “süksinik asidin biyokimyasal seleksiyon kriteri olarak değerlendirilebileceği” yönünde yorumlanmıştır.

RIL genotiplerinde nohut yaprak galerisineğine dayanıklılık reaksiyonu ve organik asit miktarları değerlerine ilişkin “Faktör Analizi” yapılmış ve yapılan analiz “4 faktör” başlığı altında incelenmiştir (Çizelge 4.16).

**Çizelge 4.16.** Stresli (tarla) koşullarında yaprak galerisineğine dayanıklılık reaksiyonu ve organik asit miktarlarının faktör analizi

Varyasyon Kaynağı	Faktör 1	Faktör 2	Faktör 3	Faktör 4	Oransal ortak etken varyans
Kuinik Asit	<b>0.899</b>	0.146	0.038	-0.046	0.833
Süksinik Asit	<b>0.649</b>	-0.624	0.260	0.093	0.887
Malik Asit	<b>0.646</b>	0.482	0.002	-0.211	0.694
LM reaksiyonu	-0.472	<b>0.659</b>	0.372	-0.361	0.926
Oksalik Asit	0.490	0.053	<b>-0.658</b>	-0.458	0.887
Tartarik Asit	0.590	0.233	<b>0.604</b>	0.068	0.771
Sitrik Asit	-0.187	-0.590	0.330	<b>-0.699</b>	0.981
<b>Varyans</b>	2.493	1.483	1.114	0.889	5.979
<b>Varyans %</b>	35.6	21.2	15.9	12.7	<b>85.4</b>

Analiz sonucunda ortaya çıkan bu “dört faktörün” “toplam varyasyonun %85.4’ünü açıklayabildiği belirlenmiştir. Analiz sonucunda belirlenen toplam varyansın (%); faktör 1, %35.6; faktör 2, %21.2; faktör 3 %15.9 ve faktör 4 %12.7 düzeyinde açıklayabilmektedir. Faktör 1, kuinik asit ( $f = 0.899$ ), süksinik asit ( $f = 0.649$ ) ve malik asit ( $f = 0.646$ ) miktarlarından meydana gelmektedir. LM reaksiyonu ve sitrik asit miktarı

dışında tüm karakterlerin faktör 1'e pozitif etkisi bulunmaktadır. Faktör 2'de sadece yaprak galerisineğine dayanıklılık (LM) reaksiyonu ( $f=0.659$ ) bulunmaktadır. Faktör 3'te oksalik asit miktarı ( $f=-0.658$ ) ve tartarik asit miktarı ( $f=0.604$ ) etkileri belirlenmiştir. Faktör 4'te sadece sitrik asit ( $f=-0.699$ ) miktarı belirlenmiştir (Çizelge 4.16).

Organik asit miktarları bitki metabolizmasında önemli bir yer tutmaktadır. İncelenen organik asitler ve miktarları arasında süksinik asit, toprak üstü aksamda (incelenen yaprak/yaprakçık, sap ve dal dahil) bulunan ve en yüksek miktarda belirlenen organik asittir. Diğer taraftan, farklı bir çalışmada malik asidin salgı tüylerinde bulunan en yüksek asit miktarı olduğu bildirilmiştir (Khanna-Chopra ve Sinha 1987; Rembold vd. 1990; Yoshida vd. 1995). Toprak üstü aksam ve salgı tüylerinde bulunan organik asit miktarları arasındaki fark organik asit miktarından elde edildiği bitkinin farklı kısımlarına göre farklılık gösterebildiği benzer çalışmalarla ortaya konulmuştur (López-Bucio vd.2000).

Süksinik asit miktarı dayanıklı ve hassas genotipler arasında farklılığın  $P\leq 0.05$  düzeyinde istatistiki olarak önemli olduğu belirlenmiş ve dayanıklı genotiplerin süksinik asit miktarı daha yüksek seviyede bulunmuştur (Şekil 4.9).

Çalışmamızda süksinik asit miktarı, incelenen asit miktarları arasında en yüksek miktarı olan asit olarak belirlenmiştir. Süksinik asit, birincil ve ikincil metabolitlerin sentezi için enerji sağlayan çok farklı fizyolojik fonksiyonlarda yer alan sitrik asit döngüsünün (TCA) bir bileşenidir (Plaxthon 1996). Süksinat asidin, sitrik asit döngüsünün önemli bir bileşeni olduğunu ve solunum fonksiyonu yoluyla enerji üretimine yardımcı olduğunu bildirmiştir (Steuer vd. 2007). Çalışmamızda süksinik asit miktarı, zararlıya dayanıklı genotiplerde en yüksek organik asit miktarı olarak belirlenmiştir (Şekil 4.9). Sonuçlarımız bu yönüyle Naya vd. (2007) tarafından bildiren sonuçlarla benzerlik göstermektedir. Ayrıca, süksinik asit çeşitli biyotik streslere yanıt olarak artırılan  $\gamma$ -aminobutirik (GABA) asit metabolizmasında rol oynadığı rapor edilmiştir (Michaeli ve Fromm 2015). Bazı çalışmalar da GABA'nın böceklere karşı, bitki savunmasında önemli bir rolü olduğu bildirilmiştir (Bouche ve Fromm 2004). Konukçu da GABA birikimi yapraklarla beslenen larvalarının “yapraklarla beslenmesiyle uyarılmakta” ve böylece GABA birikiminin böceklerin normal (beklenen) biyolojik gelişim süreçleri üzerine olumsuz etkilediği ve larva zararını bitki lehine olacak şekilde etkilemektedir (Ramputh ve Bown 1996). Ayrıca, bitkiyle beslenen böceklere karşı,

bitkiler kendilerini savunmak için bitki dokusunda GABA miktarı seviyesini arttırmaktadırlar (Bown vd. 2002). Çalışma sonuçları Çağırğan vd. (2011) tarafından yürütülen bir çalışmada nohut yanıklık hastalığına hassas ve dayanıklı reaksiyon gösteren nohutlarda bulunan süksinik asit miktarı sonuçlarıyla benzerlik göstermektedir.

Süksinik asidin benzer sonuçların elde edilebileceği bir başka organik asit ise, kuinik asittir. Kuinik asit miktarı genotipler arasında farklılık göstermekte olup dayanıklı genotipler hassas genotiplerle karşılaştırıldığında dayanıklı genotiplerde bir artış olduğu belirlenmiştir (Şekil 4.9). Elde edilen sonuçların, Machado vd. (2012) tarafından yürütülen bir araştırma ile uyumlu olduğu ve böceğin beslenmesi sonucu oluşan zararın, dayanıklı bitkilerde hassas bitkilerden daha hızlı kuinik asit konsantrasyonu birikimine neden olduğunu bildirilmiştir. Kuinik asit, lignin biyosentezinde öncü kimyasallardandır (Barros vd. 2015). Lignin ve lignin sentezinden elde edilen diğer fenolikler, bitki hücre duvarlarını normale göre güçlendirirler. Güçlendirilmiş hücre duvarlarının sindirimi zor olabileceği bu nedenle kuinik asit, böcekler için beslenmeyi engelleyici bir faktör olabileceği rapor edilmiştir (Schroeder vd. 2006). Lignifikasyon, konukçu bitkilerin dayanıklı genotiplerinde lignifikasyonun daha fazla olduğu, ancak bitki patojenlerinin enfeksiyonlarından sonra hassas genotipler de lignifikasyonun oluştuğu ve dayanıklı bitkilerin hassas bitkilerle karşılaştırıldığında daha hızlı lignin biriktirdiğini ve/veya gelişmiş lignin birikimi olduğu belirlenmiştir (Miedes vd. 2014). Bu sonuçlar, kuinik asidin nohut yaprak galerisineğine dayanıklılıkta nohut bitkisinin lignin biyosentezinde rol oynamış olabileceğinin bir göstergesi olarak kabul edilmiştir.

RIL genotipler arasında oksalik asit miktarı 50.272 ppm ile 3 nolu hatta en yüksek düzeydedir (Şekil 4.2). Dayanıklı genotiplerde oksalik asit miktarı, hassas genotiplerden daha yüksek olduğu belirlenmiştir. Yüksek tartarik asit miktarının TCA döngüsünü engelleyebilmesi mümkün görülmektedir. Süreç olarak, tartarik asit, fumaratı malat'a dönüştüren fumaraz enzimini inhibe eder ve bu durumun bir sonucu olarak, düşük miktarda malik asit ve TCA döngüsünün oluşması veya durması ile sonuçlanır (Russel 1995). Benzer şekilde, Çağırğan vd. (2011) tarafından yürütülen bir çalışmada sitrik ve oksalik asit miktarı, nohut yanıklık hastalığına dayanıklı nohutlarda daha düşük miktarda belirlenmiştir. Buna karşın malik asit miktarı dayanıklı nohut genotiplerinde hassas nohut genotiplerine göre daha yüksek miktarda olduğu belirlenmiştir. Şekil 4.9 sonuçları incelendiğinde hassas genotiplerin en düşük oksalik asit miktarına (en düşük 11.48 ppm)



sahip olduğunu, dayanıklı genotiplerin en yüksek oksalik asit miktarına sahip olduğu (en yüksek 17.43 ppm) belirlenmiştir.

Yürütülen çalışmanın sonuçları ICARDA araştırmacıları tarafından yapılan bir araştırma sonucu ile örtüşmektedir. ICARDA'da yürütülen çalışmada yaprak/yaprakçıklarda bulunan oksalik asit miktarı yüksek olan nohut genotiplerinin yaprak galerisineği tarafından daha az tercih edildiği bildirilmiştir (ICARDA 2005). Nohut yapraklardaki oksalik asit miktarı ile diğer bitki ile beslenen böceklere dayanıklılık arasında bir korelasyon belirlenmiştir. Yürütülen farklı bir çalışmada yeşil kurt (*Helicoverpa armigera*) larvalarının gelişiminin oksalik asit tarafından engellendiği çalışma sonucu ortaya konulmuştur (Yoshida vd. 1997).

Bu çalışmada malik asit miktarı (Şekil 4.3) hassas genotiplerde daha yüksek miktarda belirlenmiştir (Şekil 4.9). Böceklere dayanıklı nohut genotiplerinin daha yüksek miktarda malik asit biriktirdiği düşünülmektedir (Jakhar vd. 2018). Malik asit birçok bitkide baskın organik asit olmakla birlikte, bazen tartarik, oksalik veya sitrik asit içerikleri en baskın organik asitlerdir (Stafford 1959).

Böceklerin bitkilerde oluşturdukları zararlılarına karşı dayanıklılıktan sorumlu olabilecek faktörlerin malik asit vb. biyokimyasallar olabileceği rapor edilmiştir (Yoshida vd. 1995; Giriya vd. 2008). Bununla birlikte, araştırma sonuçlarımızda dayanıklı genotiplerle hassas genotiplerin malik asit miktarı karşılaştırıldığında dayanıklı genotiplerde malik asit miktarının azaldığı belirlenmiştir (Şekil 4.9). Bu sonuç, malik asidin muhtemelen strese karşı bir dizi farklı hücrel reaksiyonda tepki olarak cevap oluşturması ile açıklanabileceği düşünülmektedir. Malik asit, bitkilerde en çok üretilen organik asitlerden biri olup hücrel pH seviyesinin düzenlenmesinde biyokimyasal yollarda (örn. Sitrik asit döngüsü) ara ürün haline gelmeye ve translokasyon işlemlerine katılmaya kadar değişen rolleri bulunmaktadır (MacLennan vd. 1963). Ayrıca malik asit miktarı, bitkilerin ortam sıcaklık ve büyüme evrelerine bağlıdır (Koundal ve Sinha 1981). Sonuçlarımız stresli (tarla) üretim alanındaki test materyalinde malik asidin stressiz (serada) koşullarda yetiştirilen materyale göre daha fazla arttığını göstermektedir (Şekil 4.3).

Bu sonuç, malik asit miktarının stressiz (sera) alan ve stresli (tarla) alan da yetiştiricilik yapılması birçok açıdan farklılık göstermesi ile açıklanabilir. Işık yoğunluğu, günlük fotoperiyodun uzunluğu, su miktarının yeterliliği veya yüksek/düşük sıcaklık gibi

önemli çevresel faktörler, kontrollü sera ortamıyla karşılaştırıldığında üretici şartlarından farklılık gösterdiği bildirilmiştir (Koussevitzky vd. 2008).

Antalya lokasyonunda Şubat ayı başından Haziran ayı sonuna kadar iki yıllık iklim verileri Şekil 4.1’de verilmiştir. İlk yıl (2017) en yüksek sıcaklıklar çiçeklenme ve bakla bağlama döneminde Mayıs ayında 33.9°C ve Haziran ayında 44.8°C olarak kaydedilmiştir. Diğer taraftan, yağış dağılımı ve miktarı her iki yılda da düzensizdir. Tarla koşullarında çalışma materyalleri hem abiyotik stres olarak yüksek sıcaklık hem de biyotik stres olarak nohut yaprak galerisineği etkisine maruz kalmıştır. Nohut bitkisi özellikle generatif evre başlangıcında yüksek sıcaklıklara hassastır (Canci ve Toker 2009). Yaşanan yüksek sıcaklık stresi sonuçlarımızı az ya da çok etkileyebileceği açıktır. Çünkü yüksek sıcaklık streslerine maruz kalan bitkilerde organik asit seviyelerinden süksinik ve malik asitlerin miktarlarında artış belirlendiği rapor edilmiştir (Khan vd. 2020)

Malik asit miktarının artışına en fazla katkıda bulunan diğer asidin sitrik asit ve sonrasında süksinik asit olduğu “Path Katsayı Analizi” ile ortaya konulmuştur. Farklı asitlerin malik asit miktarı üzerindeki etkilerinin path katsayı analizi ile incelenmiş olup, sitrik asidin malik asit üzerinde en fazla doğrudan etkiye sahip olduğu belirlenmiştir (Kumar vd. 2017). Süksinik asidin malik asit üzerindeki toplam etkileri ihmal edilebilir düzeyde olduğu düşünülmektedir. Çalışma sonuçlarının bu kısmı, Kumar vd. (2017) tarafından yürütülen çalışma ile örtüşmemektedir Kuinik asit miktarının malik asit miktarı üzerinde en yüksek doğrudan etkiye sahip olduğu belirlenmiştir (Çizelge 4.15).

Biyotik stres faktörlerinin sitrik asit döngüsünün metabolik hızını değişen düzeylerde etkilediği bilinmektedir (Barchet vd. 2014). Bu nedenle, sitrik asit döngüsü ara maddelerinin (sitrik asit, süksinik asit ve malik asit) stres koşulları altında düşük seviyeler de bulunabilmesi mümkündür (Barchet vd. 2014). Sitrik asit (Şekil 4.5) beklenilenden farklı bir birikim modeli göstermiştir. Bitkide zararlı stresi nedeniyle önemli ölçüde sitrik asit miktarının azalmasına rağmen, dayanıklı genotiplerde hassas genotiplere göre sitrik asit miktarının artış gösterdiği belirlenmiştir (Şekil 4.9). Sitrik asit miktarının birçok stres faktörüne yanıt olarak oluştuğu bildirilmiştir (Sousa vd. 2012). Sitrik asit stres faktör/faktörlerine karşı bir dizi farklı hücrese tepkide yer alır ve hücrese pH düzenlenmesinde veya dengelenmesinde biyokimyasal yollarda bir ara madde olabilmeye kadar çeşitli rollerde görev alır. Sitrik asit, Krebs döngüsünde oksidatif

fosforilasyon ile hücrel enerji üreten ara organik asitler arasındadır. Sitrat kompleksi, bitkinin içindeki mobil demir formlarından biri olup bitkiler içindeki demir taşınmasında önemli bir rolü olduğu bildirilmiştir (Wills vd. 1981). Buna ek olarak, sitrik asit Krebs döngüsünde kolayca malik aside dönüşür (Darandeh ve Hadavi 2012). Bitkilerde en fazla bulunan iki asit olan sitrik asit ile malik asit arasında bir örtüşmenin varlığı bilinmektedir. Stres (tarla) koşullarında malik asit miktarında bir artışı ve sitrik asit miktarında bir azalması olduğu belirlenmiştir (Şekil 4.3. ve Şekil 4.5).

Bazı bitkilerin stres altında yaprakların da sitrik asit konsantrasyonunda bir artış gözlenebilirken malik asidin, sitrik asit veya sitrik asidin malik aside dönüşümü pH'a ve bu iki asidin oransal konsantrasyonuna bağlı olabileceği bildirilmiştir. Bitkilerin yaşlanmış dokularında malik asit daha baskın durumda olduğu rapor edilmiştir (Etienne vd. 2013).

Bu araştırmada, çeşitli organik asit içeriklerinin nohut yaprak galerisineği reaksiyonlarının doğrudan ve dolaylı katkısını tahmin etmek için path katsayı analizi yapılmıştır (Çizelge 4.14 ve 4.15 ve 4.16). Elde edilen veriler göz önüne alındığında; “süksinik asit miktarının nohut yaprak galerisineği’ne dayanıklılık üzerine doğrudan en yüksek etkiye sahip organik asit olduğu” belirlenmiştir. Aynı zamanda zararlıya dayanıklı ve hassas nohut genotiplerinin süksinik asit miktarı düzeyinin “istatistiki olarak  $P \leq 0.05$  düzeyinde önemli olması süksinik asidin nohut yaprak galerisineğine dayanıklılıkta biyokimyasal seleksiyon kriteri” olarak değerlendirilebileceği yönünde yorumlanmıştır.

## 5. SONUÇLAR

Bu çalışmada 2017 ve 2018 yetiştirme sezonunda 130 RIL, bu materyalin geliştirildiği ebeveynleri (CA 2969 ve AWC 602) ve yaprak galerisineğine hassas olduğu bilinen Sierra genotiplerinin nohut yaprak galerisineği'ne reaksiyonlarının belirlenmesi amacıyla tarla şartlarında doğal böcek epidemisi koşullarında gözlemlenmiştir. Materyalin yaprak galerisineğine reaksiyonlarının değerlendirilmesi 1-9 skalası kullanılarak yapılmıştır.

Nohut yaprak galerisineği'ne dayanıklı ve hassas toplam 16 hat seçilerek (8 hassas+8 dayanıklı reaksiyon) tarla şartlarında doğal böcek epidemisi koşullarında ve sera koşullarında böcek zararının oluşmadığı alanda tekrar ekilmişlerdir. Çalışmada ayrıca yaprak galerisineğine dayanıklılıkta rol oynayabileceği ön görülen test materyallerinin biyokimyasal içerikler ve miktarları, hassas ve dayanıklı genotipler de bulunan miktarları karşılaştırmalı olarak araştırılmıştır. Alınan yaprak örneklerinde 1)oksalik, 2)malik, 3)tartarik, 4)kuinik, 5)süksinik ve 6)sitrik asit miktarları saptanmıştır. Araştırma sonuçları bir bütün olarak incelendiğinde, dikkat çekici sonuçlara ulaşılmış olup elde edilen sonuçların ışığında aşağıda bazı önerilere yer verilmiştir.

1. Nohut yaprak galerisineği'ne reaksiyon gözlemleri sonucunda; 3 skala değeri ile değerlendirilen 3 RIL genotipi ve 4 skala değeri ile değerlendirilen 12 RIL genotipi, nohut yaprak galerisineğine sırasıyla “dayanıklı” ve “orta dayanıklı” olarak değerlendirilmiştir.
2. Elde edilen sonuçlar, yaprak galerisineğine dayanıklılığın türler arası melezleme ile yabani nohuttan (*C. reticulatum*) tarımı yapılan nohuda (*C. arietinum*) aktarılabilmesinin mümkün olabileceğini göstergesi olarak kabul edilmiştir.
3. Nohut yaprak galerisineği'ne karşı test materyallerinin gösterdiği reaksiyon ve ölçülen tarımsal ve morfolojik özellikler birlikte değerlendirildiğinde “üstün hatların” (fruitful ya da süper progeny) olduğu belirlenmiştir.
4. RIL genotiplerinde nohut yaprak galerisineği'ne dayanıklılığın kalıtımının çekinik (resesif) birden fazla genle (poligenik) yönetilebileceği yorumu yapılmıştır. Geniş anlamda kalıtım derecesi  $h^2 = 30.87$  olarak hesaplanmıştır.
5. RIL genotiplerinde zararlıya dayanıklılık üzerine tarımsal ve morfolojik özelliklerin doğrudan ya da dolaylı etkileri incelendiğinde en yüksek

doğrudan etkinin bitki boyu ( $p = 0.254$ , ( $P \leq 0.05$  düzeyinde önemli)) olduğu belirlenmiştir. Bitki boyu üzerine en yüksek dolaylı etkiye, bitkide yaprak sayısı ( $p = 0.324$ , ( $P \leq 0.05$  düzeyinde önemli)) ve yaprakçık genişliği ( $p = 0.264$ , ( $P \leq 0.05$  düzeyinde önemli)) özelliklerinin sahip olduğu saptanmıştır. Yaprak galerisineğine dayanıklı RIL genotiplerinin; kısa bitki boylu, az ve küçük yaprakçıklara sahip olduğu gözlemlenmiştir.

6. Çalışma materyali içinde yer alan nohut yaprak galerisineğine “dayanıklı” ve “orta dayanıklı” olarak belirlenen “kabuli” dane tipli, yüksek verimli RIL genotiplerinin nohut yaprak galerisineği epidemisi oluşan veya problem yaşanan üretim alanlarında yetiştirilebileceği kanısına varılmıştır.
7. Nohut yaprak galerisineğine dayanıklı olarak seçilen test materyalleri üzerinden yapılan organik asit miktarı analizleri sonucunda süksinik, kuinik, sitrik ve oksalik asitler miktarlarının bitkilerin nohut yaprak galerisineği zararını sınırlandırılması amacıyla bitki tarafından zararlı ilişki olarak miktarlarının arttırıldığı belirlenmiştir.
8. Yapraktaki süksinik asit miktarının dayanıklı RIL genotiplerinde anlamlı bir şekilde “savunma mekanizması içinde yer alabilecek şekilde arttığı” belirlenmiştir.
9. Süksinik asidin, nohut yaprak galerisineği’ne dayanıklılık reaksiyonu üzerine doğrudan en yüksek etkiye sahip organik asit olduğu ve dayanıklı ile hassas nohut genotiplerinde süksinik asit miktarı yönüyle istatistiki olarak  $P \leq 0.05$  düzeyinde önemli farkın olması “süksinik asidin yaprak galerisineğine dayanıklılıkta biyokimyasal seleksiyon kriteri olarak değerlendirilebileceği” yönünde yorumlanmıştır.

## 6. KAYNAKLAR

- Abbo, S. Shtienberg, D. Lichtenzweig, J. Lev-yadun, S. and Gophier, A. 2003. The chickpea, summer cropping, and a new model for pulse domestication in the ancient Near East. *The Quarterly Review of Biology*, 78 (4):435-448.
- Adak, A. Sarı, D. Sarı, H. and Toker, C. 2017. Gene effects of *Cicer reticulatum* on qualitative and quantitative traits in the cultivated chickpea. *Plant Breed*, 136 (6):939-947.
- Adhikari, U. Rawani, A. and Chandra, G. 2012. Ecofriendly control of mosquito immature by two organic products: L (+)-tartaric acid and thiourea. *ESAIJ*, 7(11):391-394.
- Ahmad, F and Chen, Q. 2000. Meiosis in *Cicer* L. species: the relationship between chiasma frequency and genome length. *Cytologia*, 65(2):161–166.
- Anonim, 1988. Yaprak ve toprak analiz metotları. II. T.C. Tarım ve Köyişleri Bakanlığı Zeytinlik Araştırma Enstitüsü, Bitki Besleme Bölümü, İzmir.
- Anonim, 2011. Tartaric Acid. Technical Evaluation Report, pp: 1-12.
- Asan, H.S. and Özen, H.Ç. 2016. The effect of *Cuscuta babylonica* Aucher (*Cuscuta*) parasitism on the phenolic contents of *Carthamus glaucus* Bieb. subsp. *glaucus*. *Iğdır Üni. Fen Bilimleri Enst. Der. / Iğdır Univ. J. Inst. Sci. and Tech*, 6(4): 31-39.
- Auckland, A.K. and van Der Maesen, L.J.G. 1980. Chickpea. In: Fehr WR, Hadley HH (eds) *Hybridization of Crop Plants*. American Society of Agronomy-Crop Science Society of America, Publishers Madison, Wisconsin, USA pp. 249–259.
- Banerjee, A. and Mukherjee, K.A. 1981. Chemical aspects of santalin as a histological stain. *Stain Technol*, 56 (2):83–85.
- Barbehenn, R.V. and Constabel, C.P. 2011. Tannins in plant–herbivore interactions. *Phytochemistry*, 72(13):1551–1565.
- Barchet, G.L.H. Dauwe, R.D. William, R. Schroeder, W.R. Raju, Y. Soolanayakan, R.Y. Malcom, M. Campbell, M. Shawn, D. and Mansfield, S.D. 2014. Investigating the drought-stress response of hybrid poplar genotypes by metabolite profiling. *Tree Physiology*, 34(11):1203–1219.
- Barros, J. Serk, H. Granlundz, I. and Pesquet, E. 2015. The cell biology of lignification in higher plants. *Ann. Bot*, 115(7):1053–1074.
- Baumgartner, A. 1998. La viande des pauvres. *Tabula*. 3:16-19.
- Berger, J. Abbo, S. and Turner, N.C. 2003. Eco-geography of annual wild *Cicer* species: the poor state of the world collection. *Crop Science*, 43(3):1076-1090.
- Bhagwat, V.R. Aherkar, S.K. Satpute, U.S. and Thakare, H.S. 1995. Screening of chickpea (*Cicer arietinum* L.) genotypes for resistance to gram pod borer, *Heliothis armigera* (Hubner) and its relationship with malic acid in leaf exudates. *Journal of Entomological Research*, 19(3): 249-253.
- Black, C.A. 1957. *Soil-Plant Relationships*. John Wiley and Sons, *Journal of plant nutrition and soil science*, 81(1):63-63.

- Black, C.A. 1965. Methods of soil analysis. Part 2, Amer. Society of Agronomy Inc, Publisher Madisson, Wilconsin, U.S.A. pp,1372-1376.
- Bouche, N. and Fromm, H. 2004. GABA in plants: just a metabolite? *Trends Plant*, 9(3):110-115.
- Bouyoucos, G.J. 1955. A Recalibration of the hydrometer method for making mechanical analysis of the soils. *Agronomy Journal*, 4(9): 434.
- Bown, A. W. Hall, D. E. and Mac Gregor, K. B. 2002. Insect footsteps on leaves stimulate the accumulation of 4-aminobutyrate and can be visualized through increased chlorophyll fluorescence and superoxide production. *Plant Physiol*, 129(4):1430–1434.
- Bradbury, J. H and Holloway, W. D. 1988. Chemistry of Tropical Root Crops: Significance for Nutrition and Agriculture in the Pacific. Australian Centre for International Agricultural Research, Canberra. 201 p.
- BÜGEM 2020. Ürün Masaları: Temmuz ayı Nohut Bülteni.9:1-4. (Erişim tarihi 10 Haziran 2020).
- CABI. 2019. *Liriomyza cicerina*. Crop Protection Compendium. <https://www.cabi.org/isc/datasheet/30953>. CAB International. Vili Harizanova, University of Agriculture, Plovdiv, Bulgaria. (Erişim tarihi 10 Haziran 2020).
- Çağırın, M.I. Toker, C. Karhan, M. Aksu, M. Ülger, S. and Çancı, H. 2011. Assessment of endogenous organic acid levels in Ascochyta Blight [*Ascochyta rabiei* (Pass.) Labr.] susceptible and resistant chickpeas (*Cicer arietinum* L.). *Turkish Journal of Field Crops*, 16(2): 121-124.
- Cancı, H and Toker, C. 2009. Evaluation of annual wild *Cicer* species for drought and heat resistance under field conditions. *Genet Resource Crop Evol*, 56(10):1-6.
- Catell, R.B. 2012. The Scientific Use of Factor Analysis in Behavioral and Life Sciences. XXII, 618s.
- Ceylan, F.O. Adak, A. Sarı, D. Sarı, H. and Toker, C. 2019. Unveiling of suppressed genes in interspecific and backcross populations derived from mutants of *Cicer* species. *Crop and Pasture Science*, 70(3): 254-262.
- Ceylan, F.O. Sari, H. Sari, D. Adak, A. Erler, F. and Toker, C. 2018. Revealing of resistant sources in *Cicer* species to chickpea leaf miner, *Liriomyza cicerina* (Rondani). *Phytoparasitica*, 46(5):635–643.
- Çıkman, E. 2012. Revised checklist of Turkish Agromyzidae (Diptera) with a new record. *Türk. Entomol. Bült*, 2 (3): 165-182.
- Çıkman, E. and Civelek, H.S. 2006. Population densities of *Liriomyza cicerina* (Rondani, 1875) (Diptera: Agromyzidae) on *Cicer arietinum* L. (Leguminosae: Papilionoidea) in different irrigated conditions. *Türkiye Entomoloji Dergisi*, 30(1):3-10.
- Çıkman, E. and Civelek, H.S. 2007. Does *Liriomyza cicerina* affect the yield of chickpeas (*Cicer arietinum*)? *Phytoparasitica*, 35(2):116-118.
- Çıkman, E. and ve Uygun, N. 2003. Şanlıurfa İli Tarım ve Tarım Dışı Alanlardaki Agromyzidae (Diptera) Türleri. *Türkiye Entomoloji Dergisi*, 27 (4): 305-318.

- Clement, S.L. El-din Sharaf, N. Weigand, S. and Lateef, S.S. 1994. Research achievements in plant resistance to insect pests of cool season food legumes. *Euphytica*, 73(1):41–50.
- Constabel, C.P. and Barbehenn, R. 2008. Defensive roles of polyphenol oxidase in plants. In *Induced Plant Resistance to Herbivory*; Springer: Dordrecht, The Netherlands, pp: 253–270.
- Costa, A.S. De Silva, D.M. and Duffus, J, E. 1958. Plant virus transmission by a leaf-miner fly. *Virology*, 5(1):145-149.
- Croser, J. Clarke, H. Siddique, K. and Khan, T. 2003. Low-Temperature Stress: Implications for Chickpea (*Cicer arietinum* L.) Improvement. *Critical Reviews in Plant Sciences*, 22(2):185-219.
- Cruz, C.D. Regazzi, A.J. and Carneiro, P.C.S. 2012. Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético. 4. ed. Viçosa: UFV, 1, 514p.
- Cubero, J.I. 1987. Morphology of the chickpea. In the Chickpea, M.C. Saxena, and K.B. Singh, eds. (Wallingford, UK: CAB International), pp. 35-66.
- Darandeh, N. and Hadavi, E. 2012. Effects of pre-harvest foliar application of citric acid and malic acid on chlorophyll II content and post-harvest vase life of *Lilium cv Brunello*. *Front Plant Sci*, 106(2):1-3
- De de Vicente, M.C. and Tanksley, S.D. 1993. QTL analysis of transgressive segregation in an interspecific tomato cross. *Genetics*, 134 (2):585-596.
- Deadman, M.L., Thacker, J.R.M., Khan, I.A., Al-Habsi, K. and Al-Adawi, S. 2000. Interactions between the leafminer *Liriomyza trifolii* and the plant pathogen *Alternaria alternata* in the development of leaf necrosis on potato in Oman. In: BCPC Conference - Pests & Diseases 2000 FM McKim, UK, pp. 221–226.
- Dewey, D.R. and Lu, K.H.A. 1959. Correlation and path coefficient analysis of components of crested wheat grass seed production. *Agronomy Journal*, 51(9):515-518.
- Edwards, O. and Singh, K. B. 2006. Resistance to insect pests: what do legumes have to offer? *Euphytica*, 147(1):273–285.
- Etienne, A. Genard, M. Lobit, P. Mbeguie, A. Mbeguie, D. and Bugaud, C. 2013. What controls fleshy fruit acidity? A review of malate and citrate accumulation in fruit cells. *Journal of Experimental Botany*, 64(6): 1451–1469.
- Evliya, H. 1964. Kültür Bitkilerinin Beslenmesi. Ankara Üniv. Ziraat Fak. Yayınları, Sayı: 10.
- FAOSTAT 2020. <http://www.fao.org/faostat/> (Erişim tarihi 10 Haziran 2020).
- Franceschi, V. R. and Nakata, P. A. 2005. Calcium oxalate in plants: formation and function. *Annu. Rev. Plant Biol*, 56 (1):41–7.
- Girija, S.P.M, Patil, S.A, Gowda, C.L.L and Sharma, H.C. 2008. Biophysical and biochemical basis of plant resistance to pod borer [*Helicoverpa armigera* (Hubner)] in chickpea (*Cicer arietinum* L.). *Indian Journal of Genetics*, 68(3):320-323.



- Govantes, V.F. and Montanes, M.J.A. 1982. The cultivation of chickpea. (El cultivo del garbanzo.) Hojas Divulgadoras, Ministerio de Agricultura, Spain. 16pp.
- GRDC. 2017. GRDC Grow Notes Chickpea Southern Region. (Australia: Grains Research and Development Corporation).
- Hariri, G. and Tahhan, O. 1983. Updating results on evaluation of the major insects which infest faba bean, lentil and chickpea in Syria. *Arab Journal of Plant Protection*, 1(1):13-21.
- Harlan, J.R and De Wet, J.M.J. 1971. Toward a rational classification of cultivated plants. *Taxon*, 20(4):509-517.
- Hepdurgun, B. Civelek, H. S. Turanlı, T. and Dursun, O.2007. Türkiye Agromyzidae (Diptera) faunasına katkılar. *Türkiye Entomoloji derigisi*, 31 (2): 153-159.
- Hıncal, P. Yaşararkıncı, N. ve Hepdurgun, B. 1997. Ege Bölgesi'nde nohut yapraksineği (*Liriomyza cicerina* (Rond.))'nin larva-pupa parazitoidi olan *Opius monilicornis* Fischer (Hym: Braconidae)'in parazitlenme oranının belirlenmesi üzerinde çalışmalar. *Bitki Koruma Bülteni*, 36(1-2):17-23.
- Ibanda, A.P. Malinga, G.M. Tanzito, G.A. Ocan, D. Badji, A. Mwila, N. and Rubaihayo, P.R. 2018. Combining ability and heritability of soybean resistance to groundnut leaf miner. *Euphytica*, 214(10):1-192.
- IBM SPSS 2014. IBM SPSS statistics for windows, version 22.0. Armonk: IBM Corp.
- ICARDA 2005. Annual Report. Mega-Project 2. Integrated gene management: conservation, enhancement and utilization of agro-biodiversity in dry areas. Cereal leafminer: An emerging threat: Aleppo, 34 s.
- Ikten C., Ceylan, F.O. and Toker, C. 2015. Improvement of leaf miner [*Liriomyza cicerina* Rond. (Diptera: Agromyzidae)] resistance in *Cicer* species by mutation breeding. *Turkish Journal of Entomology*, 39 (2): 171-178.
- Jackson, M.L. 1967. Soil Chemical Analysis. Prentice Hall of India Private Limited, New Delhi. 498 p.
- Jaiswal, R. and Singh, N.P. 2001. Plant Regeneration from NaCl Tolerant Callus/Cell Lines of Chickpea, International Chickpea and pigeonpea Newsletter.
- Jakhar, P. Kumar, Y. and Janu, A. 2018. Varietal Screening in Chickpea against Gram Pod Borer, *Helicoverpa armigera* (Hub.) in Field Conditions Using Biochemical Parameters. *Ekin J.* 4(2):33-38.
- Jang, J.Y. Choi, Y.H. Shin, T.S. Kim, T.H. Shin, K.S, Park, H.W, et al. 2016. Biological Control of *Meloidogyne incognita* by *Aspergillus niger* F22 Producing Oxalic Acid. *PLoS ONE*, 11(6):1-15.
- Junejo, G. Khatri, I. Gilal, A. Nizamani, I. and Bhatti, I. 2019. Recognition of insect pests of chickpea (*Cicer arietinum* L.) at Tandojam. *Journal of Entomology and Zoology studies*,7(5): 1219-1223.
- Kaçar, B. 1972. Bitki ve Toprağın Kimyasal Analizleri. II. Bitki Analizleri. Ankara Üniv. Ziraat Fak. Yayın No: 453.

- Kalve, S. and Tadege, M. 2017. A comprehensive technique for artificial hybridization in chickpea (*Cicer arietinum*). *Plant Methods*, 13(52):1-9.
- Kamel, M. 1990. Winter chickpea: Status and prospects. In: Options Méditerranéennes. Série A, Séminaires Méditerranéens, pp: 145-150.
- Khan, N., Ali, S., Zandi, P., Mehmood, A., Ullah, S., Ikram, M., Shahid, M.A. and Babar, M. A. 2020. Role of sugars, amino acids and organic acids in improving plant abiotic stress tolerance. *Pak. J. Bot*, 52(2):1-9.
- Khanna-Chopra, R. and Sinha, S. K. 1987. Chickpea: physiological aspects of growth and yield. In: The chickpea. Saxena, M. C.; Singh, K. B. ed. Wallingford, United Kingdom, CAB International. pp. 163-189.
- Kim, S. Hong, S.J. Lee, Y.B. Park, H.C. Je, Y.H. and Kim, N.J. 2011. Physiological characteristics of the Large Copper butterfly, *Lycaena dispar* (Lepidoptera: Lycaenidae). *Int. J. Indust. Entomol*, 23(2):215-221.
- Koseğlu, K. Adak, A. Sarı, D. Sarı, H. Ceylan, F. O. and Toker, C. 2017. Transgressive segregations for yield criteria in reciprocal interspecific crosses between *Cicer arietinum* L. and *C. reticulatum* Ladiz. *Euphytica*, 213(6):1-16.
- Koundal, K. K. and Sinha, S.K. 1981. Malic acid exudation and photosynthetic characteristics in *Cicer arietinum*. *Phytochemistry*, 20(6):1251-1252.
- Koussevitzky, S. Suzuki, N. Huntington, S. Armijo, L. Sha, W. Cortes, D. Shulaev, V. and Mittler, R. 2008. Ascorbate peroxidase 1 plays a key role in the response of *Arabidopsis thaliana* to stress combination. *J. Biol. Chem*, 283(49):34197–34203.
- Kumar, V. Sharma, A. Bhardwaj, R. and Thukral, A. 2017. Analysis of organic acids of tricarboxylic acid cycle in plants using GC-MS, and system modeling. *Journal of Analytical Science and Technology*, 8(10):1186.
- Kumar. J. and Abbo, S. 2001. Genetics of flowering time in chickpea and its bearing on productivity in semiarid environments. In *Advances in Agronomy* (Academic Press), pp. 107-138.
- Ladizinsky, G. and Adler, A. 1976. Genetic relationships among the annual species of *Cicer* L. *Theoretical and Applied Genetics*, 48(4):197–203.
- Lahmar, M. and Zeouienne, M. 1990. Données bio-écologiques et importance des dégâts de la mineuse du pois-chiche (*Liriomyza cicerina*, Rondani) au Maroc. *Al Awamia*, 72: 108-118.
- Leiss, K.A. Choi, Y.H. Abdel-Farid, I.B. Verpoorte, R. and Klinkhamer, P.G.L. 2009. NMR metabolomics of thrips resistance in wild *Senecio* hybrids. *J Chem Ecol*, 35(2): 219-229.
- Leppik, E.E. 1966. Floral evolution and pollination in the Leguminosae. *Annales Botanici Fennici*, 3(3): 299-308.
- Lindsay, W.L. and Norwell, W.A. 1978. Development of a DTPA soil test for zinc, iron, manganese and copper. *Soil Science Society of America Journal*, 42(3): 421-428.
- Lodos, N. 1962. Ege'de nohutlarda zararlı olan iki sinek türe: *Liriomyza cicerina* Rond. ve *Phytomyza atricornis* Meigen. *Bitki Koruma Bülteni*, 2 (10):44-49.

- López-Bucio, J. Nieto Jacobo, M. Ramirez-Rodriguez, V.V. and Herrera-Estrella, L. 2001. Organic acid metabolism in plants: From adaptive physiology to transgenic varieties for cultivation in extreme soils. *Plant science: an international journal of experimental plant biology. Plant Science*, 160(1): 1–13.
- Loss, S. Brandon, N. and Siddique, K. 1998. *The chickpea book: A technical guide to chickpea production*, Australia, 9 s.
- Machado, A.R.T. Campos, V.A.C. and Da Silva, W.J.R. 2012. Metabolic profiling in the roots of coffee plants exposed to the coffee root-knot nematode, *Meloidogyne exigua*. *Eur J Plant Pathol*, 134:431–441.
- MacLennan, D.H. Beevers, H. and Harley, J.L. 1963. ‘Compartmentation’ of acids in plant tissues. *Biochem J*, 89(2):316–327.
- Malhotra, R.S., El-Bouhssini, M., and Joubi, A. 2007. Registration of seven improved chickpea breeding lines resistant to leaf miner. *Journal of Plant Registration*, 1(2):145-146.
- Mali, S. Shinde, S. Damte, S. and Patil, S. 2018. Synergistic effect of natural chickpea leaf exudates acids in heterocyclization: A greener protocol for benzopyran synthesis. *R. Soc. Open Sci.* 16 p.
- Matteoni, J. A. and Brodbent, A. B. 1988. Wounds caused by *Liriomyza trifolii* (Diptera: Agromyzidae) as sites for infection of chrysanthemum by *Pseudomonas cichorii*. *Canadian Journal of Plant Pathology*, 10(1):47-52.
- Mattson, W.J. and Haack, R.A. 1987. The Role of Drought in Outbreaks of Plant-eating Insects: Drought's physiological effects on plants can predict its influence on insect populations. *BioScience*, 37(2):111-118.
- Melakhssou, Z. 2008. Etude de la nuisibilité directe des adventices sur la culture de pois chiche d’hiver (*Cicer arietinum* L.) variété ILC 3279, cas *Sinapis arvensis* L. Thèse de Magister en sciences agronomiques. Univ. El-hadj Lakhdar de Batna, Algérie, 72s.
- MEVBİS, 2020. Meteorolojik Veri Bilgi Sunum ve Satış Sistemi. T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı, Meteoroloji Genel Müdürlüğü <https://mevbis.mgm.gov.tr/mevbis/ui/index.html#/Login> (Erişim tarihi 10 Haziran 2020).
- Michaeli, S. and Fromm, H. 2015. Closing the loop on the GABA shunt in plants: are GABA metabolism and signaling entwined? *Front Plant Sci*, 9 (6):1-419.
- Miedes, E. Vanholme, R. Boerjan, W. and Molina, A. 2014. The role of the secondary cell wall in plant resistance to pathogens. *Front. Plant Sci*, 5(5):1-358.
- Murthy, P.S. and Manonmani, H.K. 2009. Physico-chemical, antioxidant and antimicrobial properties of Indian monsooned coffee. *Eur Food Res Technol*, 229(4):645–650.
- Narayanamma, V.L., Sharma, H.C. Vijay, P.M. Gowda, C.L.L. and Sriramulu, M. 2013. Expression of resistance to the pod borer *Helicoverpa armigera* (Lepidoptera: Noctuidae), in relation to high performance liquid chromatography fingerprints of leaf exudates of chickpea. *International Journal of Tropical Insect Science*, 33(4): 276-282.

- Naya, L. Ladrera, R. Ramos, J. Gonzalez, E.M. Arrese-Igor, C. Minchin, F.R. and Becana, M. 2007. The response of carbon metabolism and antioxidant defenses of alfalfa nodules to drought stress and to the subsequent recovery of plants. *Plant Physiol*, 144(2): 1104-1114.
- Olsen, S.R. and Sommers, E.L. 1982. Phosphorus soluble in sodium bicarbonate, methods of soil analysis, Part 2, Chemical and Microbiological Properties, A.L. Page, P.H. Miller, D.R. Keeney (eds), pp: 404-430.
- Papastylianou, L. 1987. Amount of nitrogen fixed by forage, pasture and grain legumes in Cyprus, estimated by the A-value and a modified difference method. *Plant and Soil*, 104(1):23-29.
- Peter, A.J. Shanower, T.G. and Romeis, J. 1995. The role of plant trichomes in insect resistance: a selective review. *Phytophaga*, 7(1):41–64.
- Plancquart, P. and Werry, J. 1991. Le pois chiche- Culture et utilisation. Brochure Ed. ITCF Paris. France, 11p.
- Plaxton, W. C. 1996. The organization and regulation of plant glycolysis. *Ann.Rev. Plant Physiol. Plant Mol. Biol*, 47(1): 185–214.
- Pratap, A. and Kumar, J. 2011. Biology and breeding of food legumes, centre for agriculture and biosciences. [CABI Publishing](#), 336 p.
- Purushothamana, R. Upadhyayaa, H.D. Gaur, P.M. Gowda, C.L.L. and Krishnamurthy.L. 2014. Kabuli and desi chickpeas differ in their requirement for reproductive duration. *Field Crops Research*, 163:24–31.
- Ramputh, A. I. and Bown, A. W. 1996. Rapid g-aminobutyric acid synthesis and the inhibition of the growth and development of oblique-banded leaf-roller larvae. *Plant Physiol*, 111(4):1349–1352.
- Rasmusson, D.C and Lambert, J.W. 1961. Variety × environment interactions in barley variety tests. *Crop Sci*,1(4): 261-262.
- Redden, R.J. and Berger, J.D. 2007. History and origin of chickpea. In Chickpea Breeding and Management, S.S. Yadav, R.J. Redden, W. Chen, and B. Sharma, eds. (Wallingford: CAB International), pp. 1-13.
- Reed, W. Cardona, C. Sithanatham, S. and Lateef, S.S. 1987. Chickpea Insect Pest and Their Control. In: Saxena MC, Singh KB (eds) *The Chickpea*, CAB International, Wallingford, Oxon, UK, pp. 283-318.
- Rees T. A. P. 1990. “Carbon metabolism in mitochondria,” in *Plant Physiology, Biochemistry and Molecular Biology*, Eds Dennis D. T., Turpin D. H. (Essex: Longman Scientific and Technical ;), pp.106–111.
- Rembold, H. 1981. Malic acid in chickpea exudate—a marker for *Heliothis* resistance. *International Chickpea Newsletter*, 4 (2): 18-19.
- Rembold, H. Schroth, A. Lateef, S.S. and Weigner, C.H. 1990. In: Proceedings of the First Consultative Group Meeting on Host Selection Behavior of *Helicoverpa armigera*, Andhra Pradesh, India: ICRISAT, pp: 23–26.
- Rembold, H. Walner, P. Kohne, A Lateef, S.S. Grune, M. and Weigner, C.L. 1989. Mechanism of host plant resistance with special emphasis on biochemical factors.

- In: Chickpea in the nineties: Proceedings of the Second International Workshop on Chickpea Improvement 4-8 Dec 1989. Patancheru 502 324, Andhra Pradesh, India: International Crops Research Institute for the Semi-Arid Tropics, pp. 192-193.
- Roberts, E.H., Summerfield, R.J. Minchin, F.R. and Haley, P. 1980. Penology of chickpea (*Cicer arietinum* L.) In: Contrasting aerial environments. Experimental Agriculture, 16 pp.343-360.
- Robertson, L.D. Singh, K.B. and Ocampo, B. 1995. A catalog of annual wild *Cicer* species. Aleppo: ICARDA
- Rudrappa, T. Czymmek, K.J. Pare, P.W. and Bais, H.P. 2008. Root-secreted malic acid recruits beneficial soil bacteria. *Plant Physiology*, 148(3):1547–1556.
- Russel, I.J. Michalek, J.E. Flechas, J.D. and Abraham, G.E. 1995. Treatment of fibromyalgia syndrome with Super Malic: a randomized, double blind, place be controlled, crossover pilot study. *J Rheumatol*, 22(5):953-958.
- Sabraoui, A. Lhlaoui, S. Bouchetla, A. El Fakhoui, K. and El Bouhssini, M. 2019. Grain yield losses due to leaf miner (*Liriomyza cicerina* R.) in winter- and spring-planted chickpea in Morocco. *Crop Protection*, 117:115-120.
- Sardans, J.V. Gargallo-Garriga, A. Perez-Trujillo, M. Parella, T. Seco, R. Filella, I. and Penuelas, J. 2014. Metabolic responses of *Quercus ilex* seedlings to wounding analysed with nuclear magnetic resonance profiling. *Plant Biology*, 16(2):395–403.
- Sarwar, M. Ahmad, N. and Toufiq, M. 2009. Host plant resistance relationships in chickpea (*Cicer arietinum* L.) against gram pod borer (*Helicoverpa armigera* Hubner). *Pakistan Journal of Botany*. 41(6):30473052.
- Saxena, M.C. and Singh, K.B. 1987. The Chickpea. C.A.B International Cambrian News Ltd, Aberystwyth, UK. 339 p.
- Schoeder, F.C. Del Campo, M.L. Grant, J.B. Weibel, D.B. Smedley, S.R. Bolton, K.L. Meinwald, J. and Eisner, T. 2006. Pinoresinol: A lignol of plant origin serving for defense in a caterpillar. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA*, 103, pp.15497–15501.
- Shaila, O. Sharma, H.C. Ramesh Babu, T. and Sharma, S.P. 2017. Quantification of Organic Acids (on Fresh Weight Basis) Present on the Leaf Surface in Transgenic Chickpea Lines Using HPLC. *Chem Sci Rev Lett*, 6(21): 505-509.
- Sharma, H.C. Gowda, C.L.L. Stevenson, P.C. Ridsdill-Smith, T.J. Clement, S.L. Rao, G.V.R. Romeis, J. Miles, and M. El-Bouhssini, M. 2007. Host plant resistance and insect pest management in chickpea. In: Yadav SS, Redden R, Chen, W, Sharma B (eds) Chickpea breeding and management, CAB International, Wallingford, Oxon, UK, pp. 520–537.
- Sharma, P.C. and Gupta, P.K. 1986. Cytogenetics of Legume Genera *Cicer*, L. and *Lens* L. In: Genetics and Crop Improvement, Gupta, P.K. and J.R. Bahl (Eds.). Ratogi and Co., Meerut, India, pp.321-340.
- Singh, K.B. and Jana, S. 1993. Diversity for responses to some biotic and abiotic stresses and multivariate associations in Kabuli chickpea (*Cicer arietinum* L.). *Euphytica*, 68: 1–10.

- Singh, K.B. and Ocampo, B. 1997. Exploitation of wild *Cicer* species for yield improvement in chickpea. *Theoretical and Applied Genetics*, 95(3): 418–423.
- Singh, K.B. and Weigand, S. 1994. Identification of resistant sources in *Cicer* species to *Liriomyza cicerina*. *Genetic Resources and Crop Evolution*, 41:75-79.
- Singh, K.B. and Weigand, S. 2006. Registration of three leaf miner-resistant chickpea germplasm lines: ILC 3800, ILC 5901, and ILC 7738. *Crop Science*, 36:472-472.
- Singh, K.B. Robertson, L.D. and Ocampo, B. 1998. Diversity for abiotic and biotic stress resistance in the wild annual *Cicer* species. *Genetic Resources and Crop Evolution*, 45:9–17.
- Singh, M. Kumar, K. Bisht, I.S. Dutta, M. Rana, M.K. Rana, J.C. Bansal, C.K. and Sarker, A. 2015. Exploitation of wild annual *Cicer* species for widening the gene pool of chickpea cultivars. *Plant Breeding*, 134(2):186-192.
- Singh, R. Sharma, P. Varshney, R. K. Sharma, S.K. and Singh, N.K. 2008. Chickpea Improvement: Role of Wild Species and Genetic Markers. *Biotechnology and Genetic Engineering Reviews*, 25(1):267-314.
- Singh, S. Gumber, R.K. Joshi, N. and Singh, K. 2005. Introgression from wild *Cicer reticulatum* to cultivated chickpea for productivity and disease resistance. *Plant Breeding*, 124(5):477–480.
- Sithanantham, S. and Cardona, C. 1984. A pilot survey for pest damage in chickpeas in Jordan and Syria. *International Chickpea Newsletter*, 10:20-22.
- Sithanantham, S. and Reed, W. 1980. Preliminary observations on *Heliothis* and other insect pests of chickpea in Syria. *International Chickpea Newsletter*, 2:1-15.
- Smithson, J.B. Thompson, J.A. and Summerfield. R.J. 1985. Chickpea (*Cicer arietinum* L.). In: R.J. Summerfield and E.H. Roberts (eds.), *Grain legume crops*. Collins, London, UK, pp. 312–390.
- Smykal, P. Coyne, C.J. Ambrose, M.J. Maxted, N. Schaefer, H. Blair, M.W. Berger, J. Greene, S.L. Nelson, M.N. Besharat, N. Vymyslicky, T. Toker, C. Saxena, R.K. Roorkiwal, M. Pandey, M.K. Hu, J. Li, Y.H. Wang, L.X. Guo, Y. Qiu, L.J. Redden, R.J. and Varshney, R.K. 2015. Legume crops phylogeny and genetic diversity for science and breeding. *Critical Reviews in Plant Sciences*, 34(1):43–104.
- Soltani, A. Beyareslan, A. Gencer, L. Hamdi, S.H. Bousselmi, A. Amri, M. and Mediouni Ben Jemaa, J.M. 2018. Parasitoids of chickpea leaf miner *Liriomyza cicerina* (Diptera: Agromyzidae) and their parasitism rate on chickpea fields in North Tunisia. *Journal of Asia-Pacific Entomology*, 21(4):1215-1221.
- Sousa, M.J. Ludovico, P. Rodrigues, F. Leao, C. and Corte-Real, M. 2012. Stress and Cell Death in Yeast Induced by Acetic Acid, Cell Metabolism - Cell Homeostasis and Stress Response, Paula Bubulya, IntechOpen, DOI: 10.5772/27726.
- Spencer, K.A. 1973. *Agromyzidae (Diptera) of economic importance*. The Hague, the Netherlands, pp.418.
- Stafford, H.A. 1959. Distribution of Tartaric Acid in the Leaves of Certain Angiosperms. *Am. J. Bot*, 46(5): 347-352.

- Steuer, R. Nesi, A.N. Fernie, A.F. Gross T. Bernd Blasius, B. and Joachim Selbig, J. 2007. From structure to dynamics of metabolic pathways: application to the plant mitochondrial TCA cycle. *Bioinformatics*, 23(11):1378–1385.
- Summerfield, R.J. 1979. Effects of photoperiod and air temperature on growth and yield of chickpea (*Cicer arietinum* L.). Proceedings international workshop on chickpea improvement. Ed. ICRISAT, pp.121-144.
- Summerfield, R.J. Ellis, R.H. and Craufurd, P.Q. 1996. Phenological adaptation to cropping environment. From evaluation descriptors of times to flowering to the genetic characterization of flowering responses to photoperiod and temperature. *Euphytica*, 12(92):281-286.
- Talebi, M. Hadavi, E. and Jaafari, N. 2014. Foliar sprays of Citric Acid and Malic Acid modify growth, flowering, and root to shoot ratio of Gazania (*Gazania rigens* L.): A Comparative Analysis by ANOVA and Structural Equations Modeling. *Hindawi*, 2014(2):1-6.
- TAGEM.2011.Nohut Entegre Mücadele Teknik Talimat.Ankara, 59s. (Erişim tarihi; 03.10.2020).
- Tamer, A. Has, A. Aydemir, M. ve Çalışkaner, S. 1998. Orta Anadolu Bölgesinde yemeklik baklagiller (mercimek, nohut, fasulye)'de görülen zararlı ve faydalı böcekler üzerinde faunistik çalışmalar. *Bitki Koruma Bülteni*, 38(1/2):65-90.
- Thomas, S. Fukai, A. and Hammer, G.L. 1995. Growth and yield responses of barley and chickpea to water stress under three environments in South Queensland. II. Root growth and soil water extraction pattern. *Aust. J. Agric. Res.*46:17-33.
- TMO.2020. Toprak Mahsulleri Ofisi 2019 yılı Bakliyat Sektör Raporu, 21 s.
- Toker, C. Adak, A. Sarı, D. Sarı, H. Ceylan, F. O. Çancı, H. Ikten, C. Erler, F. and Upadhyaya, H. D. 2019. Registration of AWC 612M chickpea mutant germplasm line resistant to leaf miner (*Liriomyza cicerina*). *Journal of Plant Registrations*, 13(1): 87-90.
- Toker, C. and Canci, H. 2009. Evaluation of yield criteria for drought and heat resistance in chickpea (*Cicer arietinum* L.). *J Agron. Crop Sci*,195:47–54.
- Toker, C. Berger, J. Abdullah, K. Abdulkadir, A. Canan, C. Bekir, B. Penmetsa, R.V. Von Wettberg, E.J. and Cook, D.R. 2014. *Cicer reticulatum* Ladizinsky, progenitor of the cultivated chickpea (*C. arietinum* L.). *Legume Perspective*.5, pp: 26-27.
- Toker, C. Canci, H. and Yıldırım, T. 2007. Evaluation of perennial wild *Cicer* species for drought resistance. *Genet. Resour. Crop Evol.* 54. 1781-1786.
- Toker, C. Çancı, H. İnci, N.E. Ceylan, F.O. Uzun, B. Sonmez, S. Citak, S. and Ikten, C. 2012. Pyramiding of the resistance to Fe-deficiency chlorosis and leaf miner (*Liriomyza cicerina* Rond.) in chickpea (*Cicer arietinum* L.) by mutation breeding. *Turkish Journal of Field Crops*, 17(1):41–45.
- Toker, C. Ceylan, F. Ertoy, N. Yıldırım, T. and Cagirgan, I. 2012. Inheritance of leaf shape in the cultivated chickpea (*Cicer arietinum* L.). *Turkish Journal of Field Crops*. 17(1):16-18.

- Toker, C. Erler, F. Çancı, H. and Ceylan, F.O. 2010. Severity of leaf miner (*Liriomyza cicerina* Rond.) damage in relation to leaf type in chickpea. *Turkish Journal of Entomology*, 34(2):211-226.
- Toker, C. Karhan, M. Ülger S. 2004. Endogenous organic acid variations in different chickpea (*Cicer arietinum* L.) genotypes, *Acta Agriculture Scandinavica*, 54(1):42-44.
- Toker, C. Ülger, S. Karhan, M. Çancı, H. Akdesir, O. and Çağırın, M.I. 2005. Comparison of some endogenous hormone levels in different parts of chickpea (*Cicer arietinum* L.). *Genetic Resources and Crop Evolution*, 52(1): 233–237.
- Trejo-Téllez, L.Í. Gómez-Merino, F.C. and Schmitt, J.M. 2012. Citric Acid: Biosynthesis, Properties and Applications on Higher Plants. In: *Citric Acid: Synthesis, Properties and Applications*, Edition: I, Chapter: 2. Citric Acid: Biosynthesis, Properties and Applications on Higher Plants, pp. 43-70.
- Tretter, L. Patocs, A. and Chinopoulos, C. 2016. Succinate, an intermediate in metabolism, signal transduction, ROS, hypoxia, and tumorigenesis. *Biochimica et Biophysica Acta*, 1857(8):1086–1101.
- TUİK 2020. Tarım istatistikleri. <https://data.tuik.gov.tr/tr/main-category-sub-categories-sub-components2/#> (Erişim tarihi; 01.07.2020)
- Tunç, I., Ünal-Bahşi, Ş. and Göçmen, H. 2012. Thysanoptera fauna of the Aegean region, Turkey, in the spring. *Turk J Zool*, 36(5): 592-606.
- Upadhyaya, H.D. Ortiz, R. Bramel, P.J. and Singh, S. 2002. Phenotypic diversity for morphological and agronomic characteristics in chickpea core collection. *Euphytica*. 123, pp.333-342.
- Uygun, N., Polatöz, Z. ve Başpınar, H. 1995. Doğu Akdeniz Bölgesi Agromyzidae (Diptera) familyası türleri üzerinde faunistik çalışmalar. *Türk Entomol Derg*, 19(2):123-136.
- Van van Der Maesen, L.J.G. 1987. Origin, history and taxonomy of chickpea. In *The Chickpea*, M.C. Saxena, and K.B. Singh, eds. Wallingford, UK, pp.11-34.
- Van van Der Maesen, L.J.G. Maxted, N. Javadi, F. Coles, S. and Davies, A.M.R. 2007. Taxonomy of the genus *Cicer* revisited. In *Chickpea Breeding and Management*, S.S. Yadav, R.J. Redden, W. Chen, and B. Sharma, eds. Wallingford, UK, pp.14-46.
- Varshney, R., Song, C., Saxena, R. et al. 2013. Draft genome sequence of chickpea (*Cicer arietinum*) provides a resource for trait improvement. *Nat Biotechnol*, 31(3):240–246
- Vega, U. and Frey, K.J. 1980. Transgressive segregation in inter and intraspecific crosses of barley. *Euphytica*, 29(3): 585-594.
- Wallis, C.M. Wallingford, A.K. and Chen, J. 2013. Grapevine rootstock effects on scion sap phenolic levels, resistance to *Xylella fastidiosa* infection, and progression of Pierce's disease. *Front Plant Sci*, 4(502).1-9.
- Wang, L. Qu, L. Zhang, L. Hu, J. Tang, F. and Lu, M. 2016. Metabolic Responses of Poplar to *Apriona germari* (Hope) as Revealed by Metabolite Profiling. *International Journal of Molecular Sciences*, 17(6):1-11.



- Wang, X. Kaçar, G. and Daane, K.M. 2019. Temporal dynamics of host use by *Drosophila suzukii* in California's San Joaquin Valley: implications for area-wide pest management. *Insects*, 10(206):1–16.
- War, A. R. Paulraj, M. G. Ahmad, T. Buhroo, A. A. Hussain, B. et al. 2012. Mechanisms of plant defense against insect herbivores. *Plant Signal. Behav*, 7:1306–1320.
- Wei, X. Vrieling, K. Kim, H.K. and Klinkhamer. P. G L. 2015. The ecological relevance of chemical diversity in plants: pyrolizidine alkaloids in *Jacobaea* species. In: CHAPTER 6: The effects of phytohormone application on metabolite profile and the feeding of chewing, piercing-sucking and cell-content herbivores: a study in *Jacobaea vulgaris* and *Jacobaea aquatic*, pp132-153.
- Weigand, S. 1990. Insect pests of chickpea in the Mediterranean area and possibilities for resistance. In: Saxena M.C. (ed.), Cu bero J.I. (ed.), Wery J. (ed.). Present status and future prospects of chickpea crop production and improvement in the Mediterranean countries. Zaragoza: CIHEAM, 9, pp.73-76.
- Weigand, S. and Tahhan, O. 1990. Chickpea insect pests in the Mediterranean zones and new approaches to their management. Proceedings of the Second International Workshop on Chickpea Improvement, Patancheru, India, pp.169-175.
- Wills, R. Lee, T. Graham, D. McGlasson, W. and Hall, E. 1981. Postharvest. An Introduction to the Physiology and Handling of Fruit and Vegetables. Willingford: CAB International.
- Wood, J.A. Knights, E.J. Harden, S. and Hobson, K.B. 2019. Seed quality and the effect of introducing *Cicer echinospermum* to improve disease and pest resistance in desi chickpea. *Legume Science*, 1(22):1-10.
- Wright, S. 1921. Correlation and Causation. *Journal of Agricultural Research*, 20:557-585.
- Wu, K. Yuan, S. Xun, G. Shi, W. Pan, B. Guan, H. Shen. B. and Shen, Q. 2014. Root exudates from two tobacco cultivars affect colonization of *Ralstonia solanacearum* and the disease index. *European Journal of Plant Pathology*, 141(4):667–677.
- Yabaş, C. ve Ulubilir, A. 1992. Gaziantep Yöresinde Nohut Yaprak Sineği (*Liriomyza cicerina* Rond.)'nin Bulaşma Oranları ve Erginlerinin Popülasyon Değişimi Üzerinde Araştırmalar. *Bitki Koruma Bülteni*, 32 (1-4):43-47.
- Yoshida, M. Cowgill, S. E. and Wightman, J. A. 1997. Roles of oxalic acid and malic acids in chickpea trichome exudates in host-plant resistance to *Helicoverpa armigera*. *Journal of Chemical Ecology*, 23:1195–1210.
- Yoshida, M. Cowgill, S.E. and Wightman, J. A. 1995. Mechanism of resistance to *Helicoverpa armigera* (Lepidoptera: Noctuidae) in chickpea: Role of oxalic acid in leaf exudate as an antibiotic factor. *Journal of Economic Entomology*, 88(6):1783-1786.
- Yuan, J. Zhang, N. Huang, Q. Raza, W. Li, R. Vivanco, J.M. and Shen, Q. 2015. Organic acids from root exudates of banana help root colonization of PGPR strain *Bacillus amyloliquefaciens* NJN-6. *Scientific Reports*, 5(13438):1-8.
- Zengin, E. ve Hayat, R. 2016. Uşak İli Nohut Ekim Alanlarında Nohut Yapraksineği [*Liriomyza cicerina* (Rondani, 1875) (Diptera: Agromyzidae)]'nin Biyolojisi ve

Bulaşıklık Oranının Belirlenmesi. Süleyman Demirel Üniversitesi, *Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 20(2): 354-358.

Zitter, T.A. and Tsai, J.H. 1977. Transmission of three potyviruses by the leafminer *Liriomyza sativae* (Diptera: Agromyzidae). *Plant Disease Reporter*, 61(12): 1025-1029.

## 7. EKLER

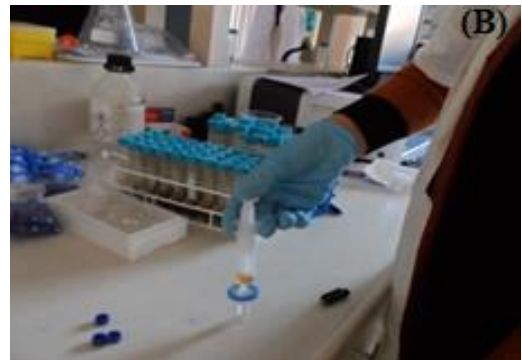
### EK.7.1. Denemeye Ait Bazı Fotoğraflar



**Şekil 7.1.** Nohut yapraklarının deiyonize su ile yıkanması (A) ve yıkama sonrası 40°C sıcaklık da (B) kurutulması (Orijinal)



**Şekil 7.2.** Kurutulmuş yaprakların (A) değirmende öğütülmesi (B) (Orijinal)

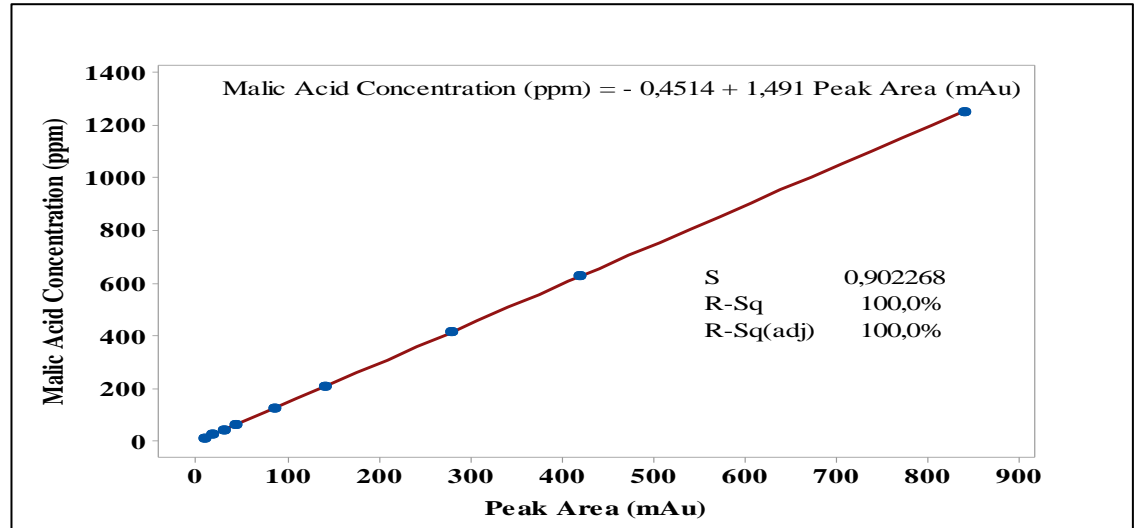


**Şekil 7.3.** Bitki örneklerinden hazırlanmış çözeltinin santrifüj uygulanmasından (A) sonra süpernatant 0.45 µm'lik bir şırınga filtresinden geçirilmesi (B) (Orijinal)

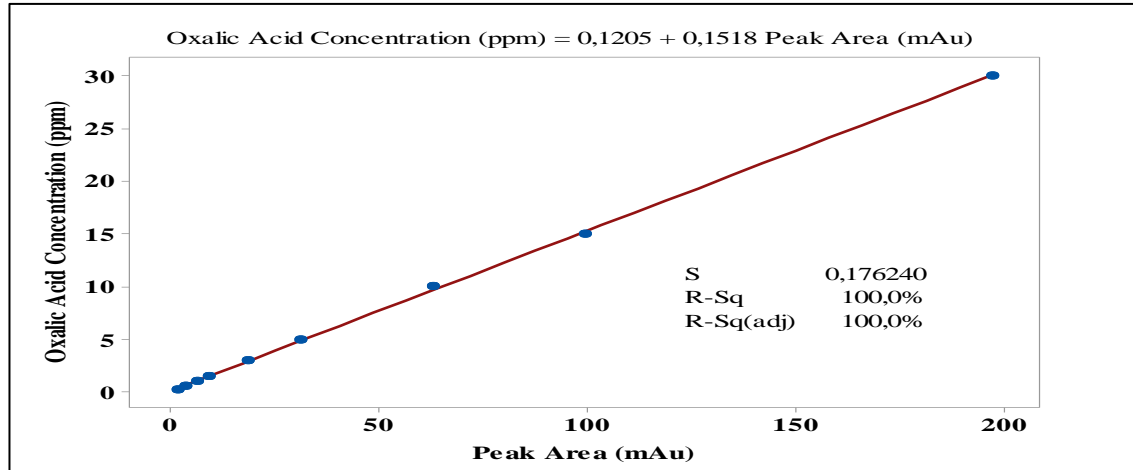
**EK 7.2. Hassas ve Dayanıklı Genotiplerin Listesi**

2	01. Hassas Tarla/Sera	CA*602-3-142-22
4	02. Hassas Tarla/Sera	CA*602-3-178-1-1
6	01. Hassas Tarla/Sera	CA*602-3-54-1-1
8	01. Hassas Tarla/Sera	CA*602-3-126-2-1
10	01. Hassas Tarla/Sera	CA*602-3-31-2-1
12	01. Hassas Tarla/Sera	CA*602-3-148-1-2
14	01. Hassas Tarla/Sera	CA*602-3-138-1-1
16	01. Hassas Tarla/Sera	CA*602-3-74-2-1

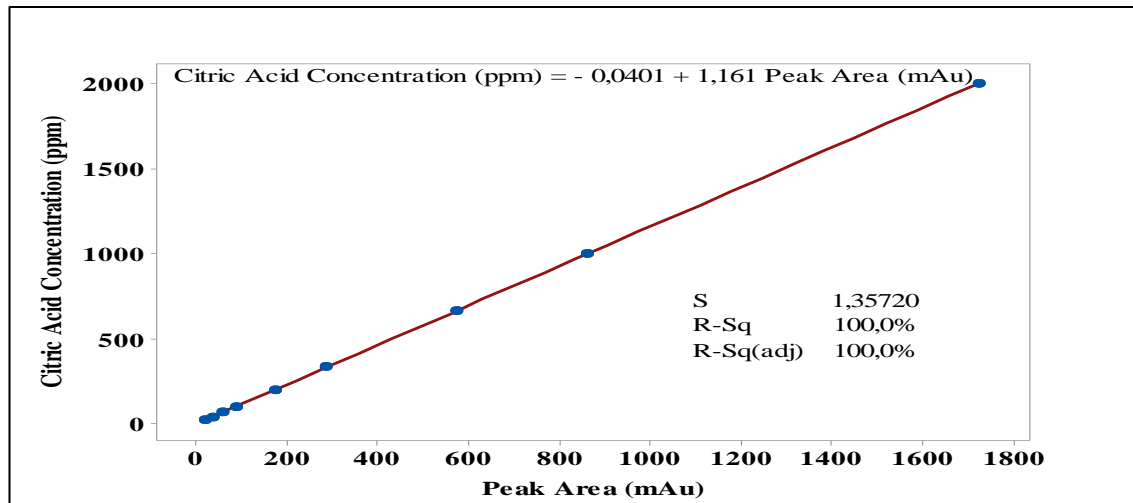
1	01. Dayanıklı Tarla/Sera	CA*602-3-16-2-8
3	02. Dayanıklı Tarla/Sera	CA*602-3-71-1-3
5	03. Dayanıklı Tarla/Sera	CA*602-3-33-2-3
7	04. Dayanıklı Tarla/Sera	CA*602-3-89-1-1
9	05. Dayanıklı Tarla/Sera	CA*602-3-12-2-1
11	06. Dayanıklı Tarla/Sera	CA*602-3-115-2-1
13	07. Dayanıklı Tarla/Sera	CA*602-3-174-1-1
15	08. Dayanıklı Tarla/Sera	CA*602-3-114-1-1

**EK 7.3. Organik Asitler Kalibrasyon Grafikleri**

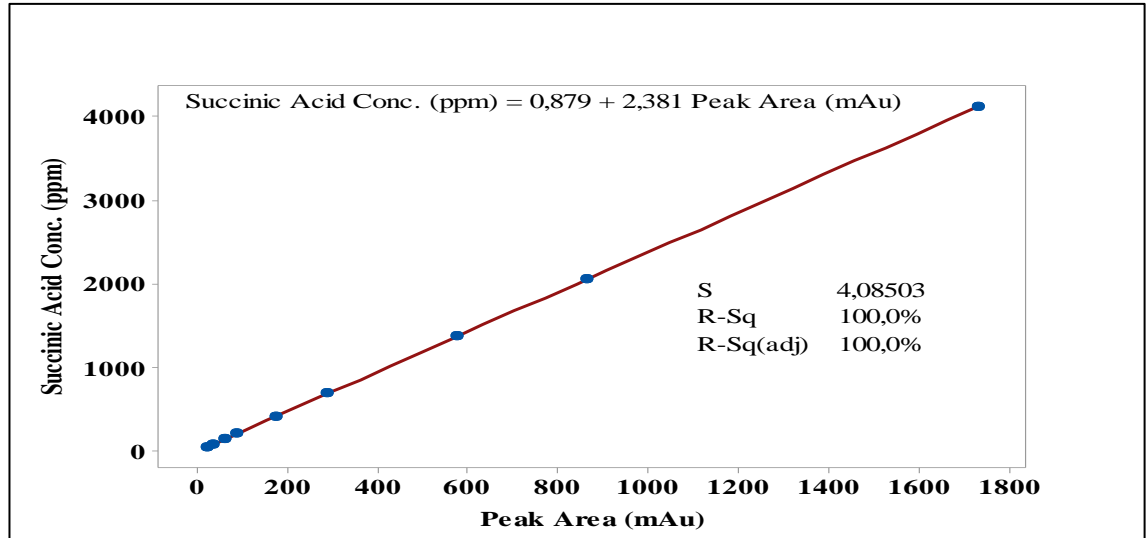
Şekil 7.4. MA kalibrasyon grafiği



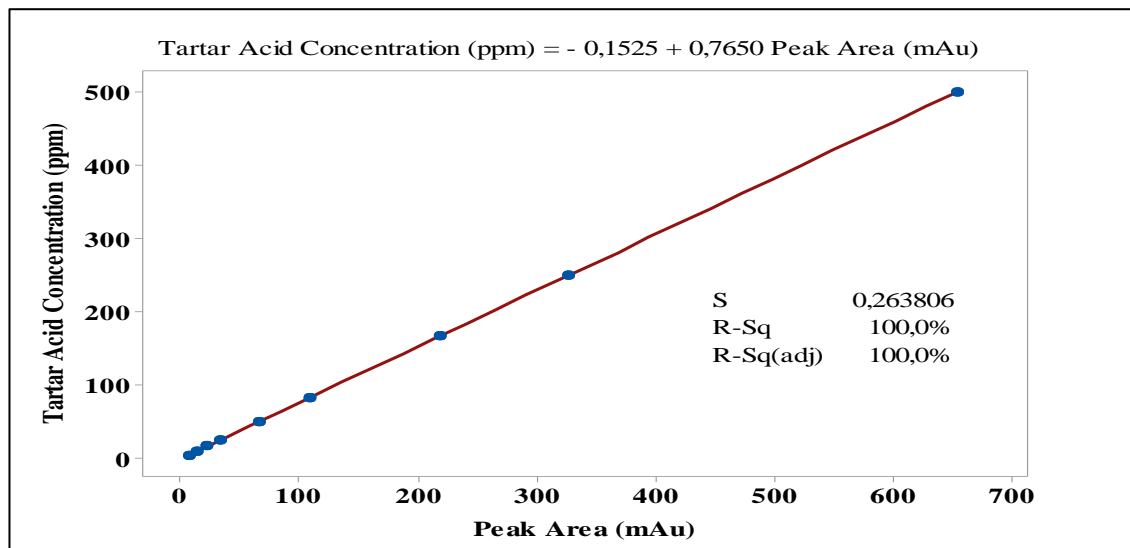
Şekil 7.5. OA kalibrasyon grafiği



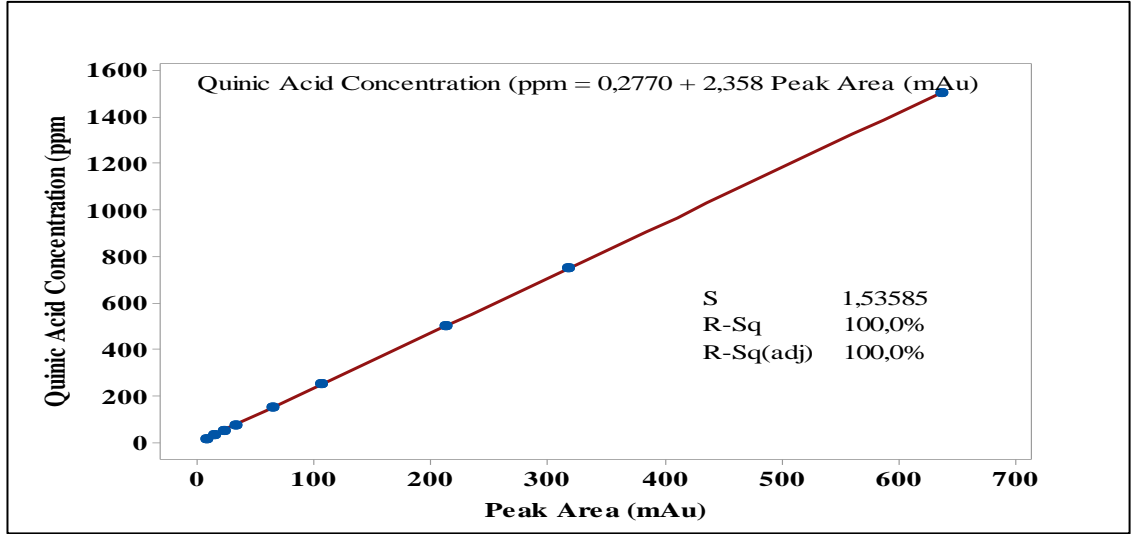
Şekil 7.6. CA kalibrasyon grafiği



Şekil 7.7. SA kalibrasyon grafiği



Şekil 7. 8. TA kalibrasyon grafiği



Şekil 7.9. KA kalibrasyon grafiği

## ÖZGEÇMİŞ

**NESRİNE CHRİGÜİ**

**chrigui\_nes@yahoo.com**



## ÖĞRENİM BİLGİLERİ

Doktora 2014-2021	Akdeniz Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Tarla Bitkileri Anabilim Dalı, Antalya
Türkçe hazırlık 2013-2014	Akdeniz Üniversitesi Yabancı Diller Türkçe Hazırlık Bölümü, Antalya
Yüksek Lisans 2008-2011	Tunus Ulusal Agronomi Enstitüsü ve Kurak Bölge Enstitüsü Çölleşmeyle Mücadele Bölümü, Tunus
Teknik Eğitim (Mühendislik) 2005-2008	Tunus Ulusal Agronomi Enstitüsü Biyoteknoloji ve Tohum Üretimi Bölümü, Tunus
Lisans 2003-2005	Fen Bilimleri Fakültesi Biyoloji ve Jeoloji Bölümü, Tunus

## ESERLER

Chrigui, N. Sari, D. Sari, H. Eker, T. Cengiz, M.F. Ikten, C. Toker, C.2021. Introgression of Resistance to Leafminer (*Liriomyza cicerina* Rondani) from *Cicer reticulatum* Ladiz. to *C. arietinum* L. and Relationships between Potential Biochemical Selection Criteria. *Agronomy*, 11, 57:1-14.

Tekin M., Sari D., Chrigui N., Talip M., Toker C., Genetic Resources for Resistance to Ascochyta Blight of Chickpea. Agenda Chickpea Innovation Lab 2016 Meeting, İzmir, Türkiye, 30 May- 2 June 2016, pp.1-1.

Toker C., Sari D., Chrigui N., 2015. Organik Nohut Yetiştiriciliği Bakımından Yanıklık Hastalığı *Ascochyta rabiei* Pass Labr Mücadele Yöntemleri Dayanıklılık Kaynakları ve Islahı, Doğu Karadeniz II. Organik Tarım Kongresi, Türkiye, ss.107-112.



Chrigui, N. Tameur, A. Talbi, S. and Ferchichi, A. 2010. Comportement physiologique de deux cultivars d'orge (*Hordeum vulgare*) vis-à-vis du stress salin. Gestion et valorisation des ressources et applications biotechnologiques dans les agrosystèmes arides et sahariens, IRA, 24, pp.768-772.