



**HAVUÇTA (*Daucus carota* L.) ERKEN ÇİÇEKLENMENİN
GENETİĞİ**

Yaren İNSEL



T.C.
BURSA ULUDAĞ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

HAVUÇTA (*Daucus carota* L.) ERKEN ÇİÇEKLENMENİN GENETİĞİ

Yaren İNSEL
0009-0006-4212-9285

Prof. Dr. Meryem İPEK
(Danışman)

YÜKSEK LİSANS TEZİ
BAHÇE BİTKİLERİ ANABİLİM DALI

BURSA – 2024
Her Hakkı Saklıdır.

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

HAVUÇTA (*Daucus carota* L.) ERKEN ÇİÇEKLENMENİN GENETİĞİ

Yaren İNSEL

Bursa Uludağ Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Bahçe Bitkileri Anabilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. Meryem İPEK

Havuç bitkisi, çiçeklenme aşamasına geçebilmek için vernalizasyona ihtiyaç duyan önemli kışlık sebze türlerinden biridir. Havuç bitkisinin, tohumluk havuç üretimi ve ticari havuç kökü üretimi için ihtiyaç duyduğu çevresel ortamların birbirinden farklı olduğu bilinmektedir. Havuç bitkisinde çiçeklenme zamanı, farklı üretim alanlarına ve ekim zamanlarına bağlı olarak değişmektedir. Vernalizasyon ihtiyacı karşılanan havuç köklerinin çiçek sapı henüz uzamadan önce odunsu hale gelmesi, bitkinin ticari değerinin kaybolmasına neden olabilmektedir. Bu araştırmada; çiçeklenme zamanı bakımından açılım gösteren iki yeni F2 haritalama popülasyonunun erken çiçeklenme özelliğinin kalıtım özelliklerinin incelenmesi amaçlanmıştır. Bu amaçla, iki farklı F2 popülasyonuna ait havuç tohumları, ısıtmasız plastik sera koşullarında ekilmiştir. Popülasyonu oluşturan bitkilerin sapa kalkma tarihleri tek tek kayıt altına alınmıştır. Ayrıca, popülasyondaki bitkilerin tek tek kök renkleri kontrol edilmiştir. Elde edilen veriler ile Ki-kare testi yapılarak, kök rengi özelliği bakımından gözlenen değerlerin beklenen Mendel fenotipik açılma oranlarına (1:1, 3:1 ve 9:3:3:1) uyumlulukları değerlendirilmiştir. Buna göre; incelenen her iki F2 havuç popülasyonunda kök rengi bakımından genetik açılım oranı 3:1 olarak bulunmuştur. Bu çalışmadan elde edilen sonuçlar, erken çiçeklenme özelliğine sahip yeni havuç popülasyonlarının oluşturulmasına yardımcı olabilecek ve yerli hibrit havuç çeşitlerimizin geliştirilmesine yönelik yapılacak moleküler seleksiyon çalışmaları için alt yapı oluşturacaktır.

Anahtar Kelimeler: Çiçeklenme zamanı, *Daucus carota* L., ki-kare testi, vernalizasyon
2024, vii +39 sayfa..

ABSTRACT

MSc Thesis

THE GENETICS OF EARLY FLOWERING in CARROT (*Daucus carota* L.)

Yaren İNSEL

Bursa Uludağ University
Graduate School of Natural and Applied Sciences
Department of Horticulture

Supervisor: Prof. Dr. Meryem İPEK

Carrot plant is one of the important winter vegetable species that requires vernalization in order to induce flowering. It is known that the environmental requirements for seed carrot production and commercial carrot root production are distinct from one another. The flowering time of carrot plants varies across different production locations and planting times. Carrot roots, whose vernalization needs have been met, become woody before the flower stalk elongation, which may lead a decrease in the commercial value of the plants. In this study; it was aimed to examine the inheritance characteristics of the early flowering trait of two new F2 segregating populations that in terms of flowering time. For this purpose, carrot seeds belonging to two different F2 populations were sown in unheated plastic greenhouse conditions. The bolting initiation dates of the carrot plants were recorded. Additionally, the root colors of the plants in the population were observed. Chi-square test was performed with the data obtained, and the compatibility of the observed values in terms of root color trait with the expected Mendelian phenotypic opening ratios (1:1, 3:1 and 9:3:3:1) was evaluated. According to these results; the genetic expansion ratio in terms of root color was found to be 3:1 in both F2 carrot populations examined. The results of this study will provide a basis for molecular selection studies to help generate new carrot populations with early flowering characteristics and to develop our local hybrid carrot varieties.

Key words: Chi-square test, *Daucus carota* L., flowering time, vernalization
2024, vii +39 pages.

TEŞEKKÜR

Tez çalışmamın tüm aşamalarında bana her türlü konuda yardımcı olan ve her türlü imkanı sağlayan değerli Danışman Hocam Prof. Dr. Meryem İPEK'e teşekkürlerimi sunarım.

Yüksek lisans eğitimim boyunca yardımını esirgemeyen, her zaman bilgi ve deneyimlerini paylaşarak bana yol gösteren Değerli Hocam Prof. Dr. Ahmet İPEK'e teşekkürlerimi sunarım.

Tez çalışmamda yardımlarını esirgemeyen, Değerli Hocam Dr. Öğr. Üyesi Sevin TEOMAN DURAN'a teşekkürlerimi sunarım.

Yaren İNSEL
27/06/2024

İÇİNDEKİLER		Sayfa
ÖZET.....		İ
ABSTRACT.....		ii
TEŞEKKÜR.....		iii
İÇİNDEKİLER.....		iv
SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ.....		v
ŞEKİLLER DİZİNİ.....		vi
1. GİRİŞ.....		1
2. KURAMSAL TEMELLER ve KAYNAK ARAŞTIRMASI.....		4
2.1. Bitkilerde Vernalizasyonun Tanımı ve Çiçeklenme Mekanizması Üzerine Etkileri.....		4
2.2. Vernalizasyonun Havuç Bitkisinde Çiçeklenme Mekanizması Üzerine Etkileri		7
3. MATERYAL ve YÖNTEM.....		10
3.1. Materyal.....		10
3.2. Yöntem.....		10
3.2.1. Tohum ekimi ve parsel hazırlığı		10
3.2.2. Bitkilerin etiketlenmesi ve kontrolü		11
3.2.3. Bitkilerin sapa kalkma tarihlerinin belirlenmesi		11
3.2.4. Havuç bitkilerinin kök renginin belirlenmesi		11
3.2.5. Ki-kare testi.....		11
4. BULGULAR		15
4.1. Havuç Bitkilerinin Sapa Kalkma Tarihlerinin Belirlenmesi		15
4.2. HP1 ve HP2 Popülasyonlarında Fenotipik Gözlem Sonuçları.....		21
5. TARTIŞMA ve SONUÇ.....		35
KAYNAKLAR.....		37
ÖZGEÇMİŞ.....		41

SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ

Simgeler	Açıklama
α	Alfa
β	Beta
$^{\circ}\text{C}$	Santigrat derece
%	Yüzde oranı

Kısaltmalar	Açıklama
cm	Santimetre
cM	centiMorgan
m	Metre
RNA	Ribonükleik asit
PCR	Polymerase Chain Reaction
SNP	Single Nucleotide Polymorphism
DGE	Dijital Gen Ekspresyonu
FLC	Flowering Locus C
FRI	Frigida
CO	Constans
Vrn 1	Vernalization 1

ŞEKİLLER DİZİNİ

	Sayfa
Şekil 3.1. Havuç tohum ekimi ve bitki gelişimi.....	13
Şekil 3.2. Çalışmada kullanılan mor ve turuncu havuç köklerinin görünümü.....	14
Şekil 4.1. HP1 popülasyonuna ait bitkilerin sapa kalkma tarihlerinin haftalara göre dağılımı.....	16
Şekil 4.2. HP2 popülasyonuna ait bitkilerin sapa kalkma tarihlerinin haftalara göre dağılımı	18
Şekil 4.3. HP1 ve HP2 popülasyonuna ait bitkilerin sapa kalkma tarihlerinin haftalara göre dağılımı	19

ÇİZELGELER DİZİNİ

	Sayfa
Çizelge 4.1. Havuç bitkilerinin yetiştirme dönemine ait haftalık sıcaklık ortalama değerler.....	20
Çizelge 4.2. HP1 popülasyonuna ait 262 adet bitkinin fenotipik gözlem sonuçları.....	22
Çizelge 4.3. HP2 popülasyonuna ait 284 adet bitkinin fenotipik gözlem sonuçları.....	28
Çizelge 4.4. F2 açılım popülasyonlarına ait fenotipik gözlem verileri ile yapılan ki-kare testi sonuçları.....	34



1. GİRİŞ

Havuç (*Daucus carota* L.) *Apiaceae* familyasında yer alan iki yıllık bir serin iklim sebze türüdür ve kökleri tüketilen sebzeler grubunda yer almaktadır. Dünya’da üretimi yapılan havuçlar içerdikleri pigmentlere göre sınıflandırılmaktadırlar. β -karoten içeren havuçlar turuncu; antosiyanin içeren havuçlar mor; likopen içeren havuçlar kırmızı; ksantofil içeren havuçlar sarı ve pigment içermeyen havuçlar beyaz renktedir (Buishand ve Gabelman, 1980). Kültürü yapılan tüm havuçların anavatanının Orta Asya olduğu bilinmektedir (Iorizzo ve diğerleri, 2013). Özellikle sarı ve mor renkli havuçların anavatanının Afganistan ve Özbekistan; turuncu, kırmızı ve beyaz renkli havuçların anavatanının ise Anadolu ve çevresi olduğu rapor edilmiştir (Stolarczyk ve Janick, 2011; Soylu ve diğerleri, 2022).

Birleşmiş Milletler Gıda ve Tarım Örgütü (FAO) 2021 yılı istatistiki verilerine göre; Dünya’da 1 096 007 hektar alanda 41 666 714 tonluk havuç üretimi yapılmaktadır. Dünya havuç üretiminde ilk sırada %43,4’lük üretim payı ile Çin (18 175 607 ton), ikinci sırada %7,5’lik üretim payı ile Özbekistan (3 155 745 ton) ve üçüncü sırada ise %3,4’lük üretim payı ile Amerika Birleşik Devletleri (1 432 740 ton) bulunmaktadır. Türkiye ise, Dünya’da havuç üretimi yapan ülkeler arasında %1,4’lük (592 842 ton) üretim payı ile 12. sırada yer almaktadır (FAO, 2022). Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK) 2022 yılı verilerine göre 788 578 tonluk havuç üretimi yapılmaktadır. Türkiye’de havuç üretiminin en fazla yapıldığı illerin başında 353 700 tonluk üretim ile Konya gelmektedir. İkinci sırada 152 718 tonluk üretim ile Ankara, üçüncü sırada ise 59 991 tonluk üretim ile Hatay yer almaktadır (TÜİK, 2022).

Havuç, içerdği birçok fitokimyasal sayesinde insan sağlığı ve beslenmesinde faydalı etkiye sahip olan önemli bir sebze türüdür. (Simon, 2021). A vitaminin öncü maddesi olan α ve β -karoten içeren turuncu renkli havuçlar; antosiyanin içeren mor renkli havuçlar; lutein içeren sarı renkli havuçlar, likopen içeren kırmızı renkli havuçlar içerdikleri bu pigmentler sayesinde önemli bir antioksidan kaynağıdır (Silva Dias, 2014). Aynı zamanda havuçta bol miktarda B1-B2 vitaminleri ile şeker bulunmaktadır. Bu özellikleri sayesinde havuç, insan metabolizmasında sindirim sistemine ve görme

fonksiyonlarını iyileştirme; bağışıklık sistemini güçlendirerek kansere karşı koruyucu olma ve cilt kırıışıklığını önleme gibi çeşitli faydaları olduğu bilinen bir besin maddesidir (Adeyanju ve diğerleri, 2022).

Dünya’da üretimi yapılan havuçların çoğu turuncu renklidir ve en fazla üretimi yapılan turuncu havuç tipi 10-20 cm uzunluğunda, uç kısımları silindirik olan ‘Nantes’ olarak bilinen havuçlardır (Duran, 2019). Turuncu renkli havuçlar genel olarak çiğ, pişirilerek ve kurutulularak tüketilmektedir. Salatalarda, yemeklerde, tatlılarda, sebze suyu karışımlarında, konservelerde ve turşu yapımında değerlendirilmektedir. Aynı zamanda şekerleme sanayisi ürünü olan cezeryenin yapımında da kullanılmaktadır (Çümen ve Bostancı, 2021). Son yıllarda ülkemizde mor havuç yetiştiriciliği de oldukça ön plana çıkmaktadır. Özellikle Konya ilinin Ereğli ilçesi mor havuç üretiminde söz sahibidir. Mor havuçlar, ülkemizde şalgam suyu üretiminde ve antosiyanin miktarının yüksek olması sayesinde boya endüstrisinde doğal gıda boyası olarak kullanılmaktadır. Buradan Avrupa ve Uzak Doğu ülkeleri başta olmak üzere birçok ülkeye ihraç edilmektedir (Ereğli Belediyesi, 2023).

Havuç bitkisinde ilk yıl vegetatif organlar, ikinci yıl ise generatif organlar meydana gelir. Havuç uzun gün bitkisidir ve yetiştiricilik için en uygun sıcaklık isteği 16-18°C; en düşük sıcaklık isteği 9°C ve en yüksek sıcaklık isteği ise 28°C civarındadır. Havuç çiçekleri şemsiye şeklindedir ve bu şemsiyeler gruplar halinde bulunur. Çiçeklenme ana şemsiyeden başlamaktadır. Çiçekler genel olarak erselik yapıdadır; her çiçekte 5 adet çanak yaprak, 5 adet taç yaprak, 5 adet erkek organ ve 1 adet dişi organ bulunmaktadır. Ancak, bazı bitkilerde sadece erkek veya sadece dişi organlı çiçekler gelişebilmektedir. Havuç çiçekleri protandri göstermektedir ve bu nedenle havuçta yüksek oranda yabancı tozlanma görülmektedir (Atherton ve Basher, 1984).

Havuç tohum üretimi ve kök gelişimi için, vernalizasyona ihtiyaç duyan bir bitkidir. Havuç bitkisinin 13 farklı alt türü bulunmaktadır ve bu havuçlardan biri olan kültür havuçları, Asya ve Avrupa türleri olarak iki gruba ayrılmıştır. Mor ve sarı kök rengine sahip olan Asya havuçları erken çiçeklenmeye daha yatkın; beyaz, kırmızı, sarı ve turuncu kök rengine sahip olan Avrupa havuçlarının ise vernalizasyon ihtiyaçları karşılanmazsa çiçeklenmeye daha az eğilim gösterdikleri tespit edilmiştir (Simon ve diğerleri, 2008).

Havuç bitkisinde çiçeklenme alışkanlığı, farklı üretim alanlarına ve ekim zamanlarına bağlı olarak değişmektedir ve bu durum çeşidin adaptasyonunu tanımlamaktadır. Tohumluk üretim veya ticari havuç kökü üretimi için istenilen koşullar birbirinden farklıdır. Bu nedenle, havuç üretiminin amacı ile yetiştiricilik yapılan yerin iklim koşullarının uygun olması önem taşımaktadır. Havuç kökleri, vernalizasyon ihtiyacını karşıladıktan sonra, çiçek sapı uzamasından bile önce odunsu hale gelebilmektedir ve bu nedenle çiçeklenmenin başlaması ticari değerin kaybolması anlamına gelmektedir (Alessandro ve diğerleri, 2013).

Havuç ıslahçıları erken çiçeklenme eğiliminin (sapa kalkma) seleksiyonda dikkat edilecek en önemli özellik olduğunu vurgulamaktadır (Simon ve diğerleri, 2008). Birçok sebze türünün çiçeklenme alışkanlığı ve vernalizasyon ihtiyacına olan tepkileri üzerinde çalışmalar yapılmıştır (Ferreira ve diğerleri, 1995). Havuçta da çiçeklenmenin fizyolojisi üzerine (Atherton ve diğerleri, 1990) ve çiçeklenmeyi kontrol eden genlerin ifadesi üzerine yapılan farklı çalışmalar bulunmaktadır (Alessandro ve Galmarini, 2007; Alessandro ve diğerleri, 2013; Ou ve diğerleri, 2017 ; Liu ve diğerleri, 2020; Wohlfeiler ve diğerleri, 2022). Ancak; yerli hibrit çeşitlerimizin de geliştirilmesi amacıyla, yeni havuç popülasyonlarının oluşturularak, çiçeklenme eğilimlerinin incelenmesine yönelik olarak yapılacak yerli ıslah çalışmalarına ihtiyaç duyulmaktadır. Bu araştırmada; çiçeklenme zamanı bakımından açılım gösteren yeni F2 haritalama popülasyonunun erken çiçeklenme özelliği bakımından kalıtım özelliklerinin incelenmesi amaçlanmıştır.

2. KURAMSAL TEMELLER ve KAYNAK ARAŞTIRMASI

2.1. Bitkilerde Vernalizasyonun Tanımı ve Çiçeklenme Mekanizması Üzerine Etkileri

Birçok türde çiçeklenmeyi teşvik etmek için bitkiyi uzun süre düşük sıcaklıklara maruz bırakmak gerekir ve bu süreç “vernalizasyon” olarak bilinmektedir. Bitkilerin vejetatif evreden generatif evreye geçebilmesi için gereksinimi olan düşük sıcaklık isteğine vernalizasyon denir (Lin ve diğerleri, 2005). Düşük sıcaklıklar çiçeklenmenin oluşmasını sağlayan mekanizmaların işleyişini etkilemektedir. Vernalizasyon ve içerdiği mekanizmalar ilk olarak Lisenko tarafından ortaya konulmuştur (Ayaz ve diğerleri, 2018). Genetik ve moleküler biyoloji çalışmalarında öncelikli olarak kullanılan *Arabidopsis thaliana* bitkisi kromozom sayısının az olması, melezleme kolaylığı ile birey eldesinin hızlı olması, hızlı çiçek açıp yaşam döngüsünü tamamlaması ve dolayısıyla genetik çalışmaların hızla ilerlemesi nedeniyle laboratuvar kullanımı için model bitki olarak bilinmektedir. Vernalizasyon ile ilgili ilk çalışmalar bu nedenle *Arabidopsis thaliana* bitkisi üzerine yapılmıştır (Amasino, 2004).

Bitkilerin vernalizasyon istekleri fakültatif veya zorunlu olabilmektedir (Doğru ve Balkaya, 2015). Tek yıllık bitkilerde çiçeklenmenin gerçekleşebilmesi için her zaman vernalizasyona ihtiyaç duyulmamaktadır. Bu türlerde, düşük sıcaklıklar çiçeklenme hızında artış meydana gelmesini sağlamaktadır. İki yıllık bitkilerde ise çiçeklenmenin gerçekleşmesi için vernalizasyona ihtiyaç duyulmaktadır. Eğer bitkiye düşük sıcaklıklar uygulanmazsa çiçeklenme gerçekleşmemektedir (Amasino, 2004; Taiz ve Zeiger, 2008). Gerçekleşebilmesi için düşük sıcaklığa gereksinimi olan bitkiler için, etkili sıcaklık aralığı genellikle 1-7°C’dir. Bu bitkiler, 0°C’nin altındaki 10°C’nin üzerindeki sıcaklıklarda vernalizasyon ihtiyacını karşılayamamaktadır. Ancak, bazı tahıllar için -6°C’ye kadar düşük sıcaklıklar etkili olurken; zeytin gibi daha sıcak bölgelere özgü bazı bitkilerde ise 13°C’ye kadar yüksek sıcaklıklar yeterli olabilmektedir. Çiçeklenmeyi teşvik etmek için ihtiyaç duyulan vernalizasyon süresi de bitki türlerine göre farklılık göstermektedir. En uygun vernalizasyon süresi ortalama olarak 1-3 aylık dönem arasında değişmektedir (Micheaels ve Amasino, 2000).

Sebze türlerinde çiçeklenmenin gerçekleşebilmesi için vernalizasyona ihtiyaç vardır. Ancak bu durum bütün sebze türleri için geçerli değildir. Tek yıllık sebzeler

vernalizasyon ihtiyacı bakımında fakültatif özellik gösterirken iki yıllık sebzeler için ise bu durum zorunludur. Örneğin alabaş, brüksel lahanası, kereviz, soğan, şalgam gibi türlerde vernalizasyon zorunluken marul, bezelye, ıspanak, brokoli gibi türler fakültatifdir (Ayaz ve diğerleri, 2018). Vernalizasyon süresi, kışlık sebze türlerinden alabaş ve kerevizde 6 hafta, çin lahanasında 3 hafta, turpta ise minimum 10 gün olarak belirtilmiştir (Kaymak, 2006). Lahanaların vernalizasyon ihtiyacı zorunludur ve vernalizasyon ihtiyacı karşılanmayan ve 20-25°C sıcaklıklarda yetiştirilen lahanaların 5 yıl vejetatif evrede kalabildikleri gözlenmiştir. Lahanaların vejetatif evreden generatif evreye geçebilmeleri için, 4-8°C arasındaki sıcaklıklarda, 4-10 hafta boyunca vernalizasyon ihtiyacının karşılanması gerekmektedir (Amasino, 2004; Lin ve ark., 2005).

Kaymak (2006), *Raphanus sativus* L. (turp) bitkisinde vernalizasyon süresi, gün uzunluğu, ekim ve hasat zamanının gelişme özellikleri ve verim üzerine etkisini incelediği bir çalışmada, 6 farklı turp çeşidini (Siyah, Beyaz, Antep, İri Kırmızı, Red Cherry F1, Cherry Belle) kullanmıştır. Çalışma kapsamında, farklı gün uzunlukları (8 ve 16 saat aydınlık) ve vernalizasyon sürelerinin (5°C'de 0, 5, 10, 15 ve 20 gün) turplarda çiçeklenme üzerine etkileri incelenmiştir. Siyah turp çeşidinde, uzun gün ve kısa gün koşullarında vernalizasyon süresi 15 günden az olarak belirlendiğinde çiçeklenmenin olmadığı tespit edilmiştir. Diğer çeşitlerin, uzun gün koşullarında vernalizasyon ihtiyacı olmadan çiçeklenebildiği; kısa gün koşullarında ise vernalizasyon olmadan çiçeklenemedikleri belirlenmiştir. Verim parametresinin tohum ekim zamanına, çiçeklenme oranına, hasat süresine ve çeşidine bağlı olarak değiştiği gözlenmiştir.

Lupinus varius L. bitkisinde yapılan bir çalışmada ise tohum ekim zamanlarının bitkideki büyüme ve çiçeklenme özelliklerine etkileri araştırılmıştır. Tohumlar, açık alan ve ısıtmasız plastik sera koşullarında ekimi yapılmış farklı tarihlerde (28 Eylül, 28 Ekim ve 28 Kasım) ekilmiş ve doğal gün uzunluğu koşullarında yetiştirilmişlerdir. Isıtmasız plastik sera koşullarının, bitkinin gelişmesini hızlandırdığı ve ekim tarihinin gecikmesi ile birlikte ekimden çiçeklenmeye kadar geçen sürenin iyice kısaldığı belirlenmiştir. Ekim zamanlarının gecikmesi, her iki yetiştirme ortamında yetişen bitkilerde büyüme ve çiçeklenme özelliklerine ait parametre değerlerinde düşüşlere neden olmuştur. Bu

nedenle, tohum ekim tarihi olarak Eylül ayının tüm büyüme ve çiçeklenme özellikleri açısından en iyi sonuçları sağladığı tespit edilmiştir (Karagüzel ve diğerleri, 2003).

Bitkilerde çiçeklenme sürgün apikal meristeminde meydana gelmektedir; aynı zamanda sürgün apikal meristemi vernalizasyon uyarınının ilk olarak algılanıp tepki verildiği yer olarak bilinmektedir (Corbesier ve Coupland, 2006). Sürgün apikal meristeminden alınan uyarı, floemden bitkinin diğer kısımlarına taşınıp çiçeklenmeyi uyarmaktadır (Bernier ve Perilleux, 2005). Vernalizasyon ile çiçeklenmenin oluşumunu sağlayan bu uyarana “vernalın” denilmektedir. Vernalinin florigen hormonunun oluşumunu uyardığı ve vernalinin florigene dönüşen bir öncü madde olduğu ön görülmektedir (Ayaz ve diğerleri, 2018). Vernalizasyon belirli genler tarafından kontrol edilmektedir ve çiçeklenme süreci bu genler tarafından belirlenmektedir. *Arabidopsis*’in çiçeklenmesi ile ilgili yapılan çalışmalarda, iki ana gen olan “*Flowering Locus C (FLC)* ve *Frigida (FRI)*” genlerinin vernalizasyon sürecinde çiçeklenmeyi baskıladığı bilinmektedir. *FLC* geni soğuk koşullarda çiçeklenmenin ana baskılayıcısı olarak tanımlanmıştır (Lin ve diğerleri, 2005). *FRI* geni ise *Arabidopsis*’te erken çiçeklenmeye sebep olmaktadır (Werner ve diğerleri, 2005). *FRI* ve *FLC* genleri çiçeklenmeyi geciktirmek için sinerjik olarak etkileşime girmekte ve böylece sürgün apikal meristeminde çiçeklenme engellenmektedir (Micheaels ve Amasino, 2000)

Lahana, bitki vernalizasyonuna duyarlı bir çiçekli türdür. *BoFLC2* soğuğa tepki olarak lahana bitkilerinin vejetatif fazda kalmasını sağlayan önemli bir transkripsiyon faktörüdür. Ancak *BoFLC2*’deki genetik varyasyonun lahanada çiçeklenme zamanı üzerindeki etkilerini inceleyen çok az sayıda çalışma bulunmaktadır. Yapılan bir araştırmada, sırasıyla aşırı erken ve aşırı geç çiçek açan lahanalardan *BoFLC2^E* ve *BoFLC2^L* genleri klonlanmıştır. Intron I bölgesinde 215 bp’lik bir indel, polimorfik olan üç adet single nucleotid polymorphism (SNP) belirteci ve ekzon II bölgesinde 3 bp’lik bir indel tespit edilmiştir. *BoFLC2^L*’nin, geç çiçeklenme ile ilişkili olduğu, aşırı erken ve geç çiçeklenen 40 adet aksesyon, çeşitli kendilenmiş hatlar ve 2 adet F2 generasyonu üzerinde *indel-FLC2* belirteci kullanılarak doğrulanmıştır. *BoFLC2^L*’de meydana gelen genetik varyasyon arasında, intron I’deki 215 bp’lik silinmenin geç çiçeklenmenin ana nedeni olduğu, tohum vernalizasyonuna duyarlı *Arabidopsis thaliana* (Col) ve *Brassica*

oleracea'nın (TO1000, *boflc2*) transgenik nesillerinde doğrulanmıştır. Vernalizasyon süresince *BoFLC2^L*'nin susturulduğu ve çekirdekteki *PHD-PRC2* yapısındaki genlere geri bildirim giderek, daha düşük transkripsiyon meydana geldiği tespit edilmiştir. Bu çalışma, intron I bölgesindeki *BoFLC2^L*' indelinin lahanada çiçeklenme zamanını etkilediğini tespit eden ilk çalışma olarak ortaya konmuştur (Li ve diğerleri, 2022).

2.2. Vernalizasyonun Havuç Bitkisinde Çiçeklenme Mekanizması Üzerine Etkileri

Havuç, normalde iki yıllık bir tür olarak sınıflandırılan ve çiçeklenme aşamasına geçebilmek için vernalizasyona ihtiyaç duyan bir serin mevsim sebzesidir. Ancak, daha sıcak iklimlere adapte olan bazı havuç çeşitleri çiçeklenme için daha az vernalizasyona ihtiyaç duymaktadırlar ve “tek yıllık” olarak gelişim göstermektedirler. Buna göre, havuç bitkileri genetik olarak belirlenmiş bir özellik olan çiçeklenme için vernalizasyon gereksinimlerine bağlı olarak tek yıllık veya iki yıllık olarak sınıflandırılabilir. Yabani havuçlar genel olarak tek yıllıktır ve çiçek oluşturabilmek için daha kısa süre düşük sıcaklık gerektirir. Çoğu kültür havucu iki yıllıktır yani, daha uzun süre düşük sıcaklık ihtiyaçlarına sahiptirler. Vernalizasyondan sonra çiçek sapında uzama ve çiçeklenme meydana gelir (Alessandro ve diğerleri, 2013).

Vernalizasyon gerekliliği havuç bitkisi için önemli bir özelliktir çünkü sadece tohum üretimini değil aynı zamanda kök gelişimini de etkilemektedir (Alessandro ve diğerleri, 2013). Çevre şartlarına bağlı olarak; ilkbahar üretiminde, sıcak bölgelerde yapılan bitkilerin önemli bir bölümü, ilk yıl, yeterli büyüklükte havuç oluşturmada çiçeklendiği belirlenmiştir. Ancak, sıcak bölgelere adapte olan çeşitlerin vernalizasyon ihtiyacı az olmakla birlikte, bu çeşitler erken çiçeklenen çeşitler olarak sınıflandırılmaktadırlar (Simon ve diğerleri, 2008).

Yapılan bir çalışmada, farklı genetik coğrafi kökenlere sahip havuçları içeren melezlemelerden elde edilen F2 havuç popülasyonlarında vernalizasyon gereksiniminin kalıtımı ve segregasyonu incelenmiştir. İki yıl süre ile, iki yıllık ve tek yıllık genotipler arasında dokuz farklı melezleme yapılmıştır. Tek yıllık ve iki yıllık bitkiler arasında yeterli ayrımın yapılabilmesi için ebeveynler ile F1 ve F2 bitkilerine ait tohumlar sonbaharda ekilmiştir. Elde edilen açılım oranlarına bağlı olarak, bu özellik için bir

genetik model belirlenmiştir. Bu sonuçlar ile, vernalizasyon ihtiyacının üç allel ile kontrol edilen iki model gen (*Vrn-A* ve *Vrn-B*) ile uyumlu olduğu bulunmuştur. *Vrn-A* ve *Vrn-B* genlerinin birbirleri ile etkileşime girerek havuçlarda farklı vernalizasyon ihtiyacı seviyelerinin meydana getirdikleri ortaya konmuştur (Wohlfeiler ve diğerleri, 2019).

Alessandro vd. (2013), havuç bitkisinde vernalizasyon ve erkek kısırlığı kontrol eden gen bölgelerinin bulunduğu ilk genetik bağlantı haritasının geliştirilmesini amaçlamışlardır. Bu amaçla, tek yıllık 'Criolla INTA' havuç çeşidi ile petaloid erkek kısır olan iki yıllık bir havuç çeşidi arasındaki melezlemeden elde edilen bir F2 generasyonu kullanarak 2 yıl boyunca incelemişlerdir. Bu çalışmada, erken çiçeklenme özelliğinin *Vrn1* (Vernalization 1) geni ile petaloid sitoplazmik erkek kısırlık özelliğinin *Rf1* (Restorers of fertility 1) geni ile kontrol edilen dominant karakterde özellikler olduğu bulunmuştur. Bu çalışmada, toplam harita uzunluğu 669 cM ve ortalama işaretçi mesafesi 1,88 cM olan ve 9 kromozomun tümünü kapsayan 355 moleküler işaretleyiciden oluşan bir genetik harita elde edilmiştir. Bu haritada, *Vrn1* geninin havuç genomunun 2. kromozomu üzerinde 0,70 ve 0,46 cM'lar arasındaki bölgede bulunduğu; *Rf1* geninin ise 9. Kromozom üzerinde, 4,38 ve 1,12 cM bölgesinde haritalandığı tespit edilmiştir.

Transkriptom analizi kullanılarak havuçta çiçeklenme zamanı ile ilişkili genlerin karakterizasyonunu incelemek amacıyla yapılan bir çalışmada, vernalizasyon ve fotoperiyot etkisi ile çiçeklenmeye duyarlı yabancı bir tür olan 'Songzi' ve turuncu bir havuç çeşidi olan 'Amsterdam forcing' ve bu türlerin melezleri farklı yetiştirme koşullarında incelenmiştir. Çiçeklenme zamanı ile ilgili genleri belirlemek amacı ile RNA sekanslama ve gen ekspresyon seviyelerini incelemek amacı ile ise dijital gen ekspresyon (DGE) analizleri yapılmıştır. Havuçta sapa kalkma özelliğinin düşük sıcaklık, ışık yoğunluğu ve fotoperiyottan etkilendiği tespit edilmiştir. Bununla birlikte, çiçeklenme zamanı ile ilişkili 45 adet gen tanımlanmıştır. LATE ELONGATED HYPOCOTYL (*LHY*) and CONSTANS-LIKE 2 (*COL2*) genlerinin homologlarının kısa gün koşullarında uzun gün koşullarına göre daha yüksek düzeyde ifade olduğu tespit edilmiştir. Homologs of *COL2*, CONSTANS-LIKE 5 (*COL5*), SUPPRESSION OF OVEREXPRESSION OF CONSTANS 1 (*SOC1*), FLOWERING LOCUS C (*FLC*) ve GIBBERELLIC ACID INSENSITIVE (*GAI*) genlerinin Songzi ve Amsterdam forcing çeşitlerinde farklı

düzeylerde ifade olduğu tespit edilmiştir. *COL2* (Dct43207) homologunun ışığın etkisi ile düşük seviyede ifade olduğu ve *COL5* (Dct20940) geninin ise aynı koşullarda farklı düzeyde ifade olduğu görülmüştür (Ou ve diğerleri, 2017).

Farklı havuç genotiplerinde çiçeklenme zamanı ve sıklığı üzerine farklı soğuk ve fotoperiyot uygulamalarının etkilerinin belirlenmesi amacıyla yapılan bir çalışmada; Hindistan, Brezilya ve Pakistan'dan üç adet tek yıllık havuç genotipi ve Japonya'dan bir adet iki yıllık havuç genotipleri kullanılmıştır. Buna göre, havuçlar 30, 60, 90 ve 120 gün boyunca 7,5°C'ye maruz bırakılarak ve bazıları uzun gün ve bazıları ise kısa gün koşullarına aktarılmışlardır. Havuç genotipleri arasında ve soğuk uygulamaları arasında önemli farklılıklar ($p < 0.05$) bulunmuştur. Çiçeklenme oranındaki artış ile çiçeklenmenin erken başlamasının vernalizasyon süresinin uzun olması ile ilişkili olduğu belirlenmiştir. Ancak, vernalizasyon sonrası gün uzunluğunun havuç çiçeklenmesini etkilemediği tespit edilmiştir. Bu bulgular, hem kök hem de tohum üretimi için yapılan havuç yetiştiriciliğinde, farklı üretim amaçları için vernalizasyon süresinin önemli olduğunu vurgulamıştır. Ayrıca, tohum ekim tarihlerinin, üretim amacına uygun olarak belirlenmesinin gerektiği ortaya konmuştur (Wohlfeiler ve diğerleri, 2022).

3. MATERYAL ve YÖNTEM

Bu araştırma, 2022-2023 yılları arasında Bursa Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Bahçe Bitkileri Bölümü Örtüaltı Uygulama ve Araştırma Ünitesi'nde yürütülmüştür.

3.1. Materyal

Araştırmada bitkisel materyal olarak; Bursa Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Öğretim Üyesi Prof. Dr. Ahmet İPEK tarafından geliştirilen çiçeklenme zamanı bakımından açılım gösterdiği bilinen iki farklı F2 havuç popülasyonu kullanılmıştır. Bu popülasyonların elde edilmesi için, yapılan ön çalışmalar sonucunda; geç çiçeklenme özelliği gösteren turuncu havuç popülasyonundan seçilen bitkiler ile erken çiçeklenme özelliği gösteren mor havuç popülasyonundan seçilen bitkiler melezlenerek F1 popülasyonları oluşturulmuştur. Daha sonra F1 popülasyonlarından seçilen sağlıklı bitkilerin kendilenmesi ile F2 haritalama popülasyonları (HP1 ve HP2) elde edilmiştir. Bu araştırmada; daha önceden oluşturulan HP1 ve HP2 açılım popülasyonlarına ait tohumlar kullanılmıştır.

3.2. Yöntem

3.2.1. Tohum ekimi ve parsel hazırlığı

Araştırmada, havuç bitkileri üst kısmı plastik örtü ile kapalı ve yanları açık, ısıtmasız sera koşullarında yetiştirilmiştir. Havuç tohumlarının, geç çimlenmesi ve küçük olması gibi özellikleri sebebiyle toprağın iyi işlenmesi ve tohumun toprakla temasının tam olması için ilk olarak tohumun ekileceği alanda yabancı ot temizliği yapılmıştır ve tohumun çimlenmesini zorlaştıracak olan büyük taşlar toplanmıştır. Sonrasında, toprağın yumuşaması için sulama yapılmıştır. Suyu doyan toprakta hava ve su hareketini arttırmak ve köklerin en iyi şekilde gelişmesini sağlamak amacı ile toprak çapalanmıştır. Daha sonra toprağın su tutma kapasitesini ve besin değerini arttırmak için Famagro markalı fermente edilmiş organik çiftlik gübresi eklenmiştir ve toprak tekrar sürülmüştür. Tohumların eşit bir şekilde ekilmesini sağlamak için tohum yatağı tırmık yardımıyla düzeltilmiştir. İki farklı F2 popülasyonuna ait havuç tohumları, 1 m genişlik ve 25 m uzunluğunda hazırlanan 2 deneme parseline 5'er cm ara ile 29.09.2022 tarihinde ekilmiştir (Şekil 3.1.)

Ekilen tohumların üstü torfla kapatılmıştır. Sera sıcaklığı günlük olarak kontrol edilip not alınmıştır. Parsellerde damlama sulama sistemi kullanılmıştır. Ekimden sonra tohumlara can suyu verilmiştir. Bitkiler düzenli olarak kontrol edilerek, sulama yapılmıştır. Yabancı ot mücadelesi ve gübreleme gibi kültürel işlemler ihtiyaç duyuldukça yapılmıştır.

3.2.2. Bitkilerin etiketlenmesi ve kontrolü

Popülasyonu oluşturan havuç bitkileri fide aşamasındayken, bitkilerin daha düzenli gelişimini sağlamak amacı ile fidelerde 10 cm arayla seyreltme işlemi yapılmıştır (Şekil 3.1). Seyreltme işlemini takiben parselde yer alan bitkiler tek tek etiketlenerek numaralandırılmıştır ve böylece popülasyonlardaki toplam bitki sayıları belirlenmiştir (Şekil 3.1.).

3.2.3. Bitkilerin sapa kalkma tarihlerinin belirlenmesi

Yetiştirilen havuç bitkileri iki günde bir olmak üzere kontrol edilmiştir ve çiçek sürgünü oluşturmaya başlama tarihleri tek tek not edilmiştir. Gözlemlere çiçeklenme tamamlanıncaya kadar devam edilmiştir (Şekil 3.1.). Sapa kalkma tarihleri yılın haftalarına göre sabitlenmiştir.

3.2.4. Havuç bitkilerinin kök renginin belirlenmesi

Sapa kalkma tarihleri not edilen havuç bitkileri söküme aşamasına geldiğinde, tek tek kök renkleri incelenmiş ve kaydedilmiştir (Şekil 3.2.). Deneme 30.07.2023 tarihinde sonlandırılmıştır.

3.2.5. Ki-kare testi

HP1 ve HP2 popülasyonlarındaki bitkilerin kök rengi parametrelerinden elde edilen veriler kullanılarak; beklenen ile görülen değerleri karşılaştırmak amacıyla ki kare testi yapılmıştır. Ki kare testi aşağıdaki formülle hesaplanmıştır.

$$X^2 = \sum (O - E)^2 / E$$

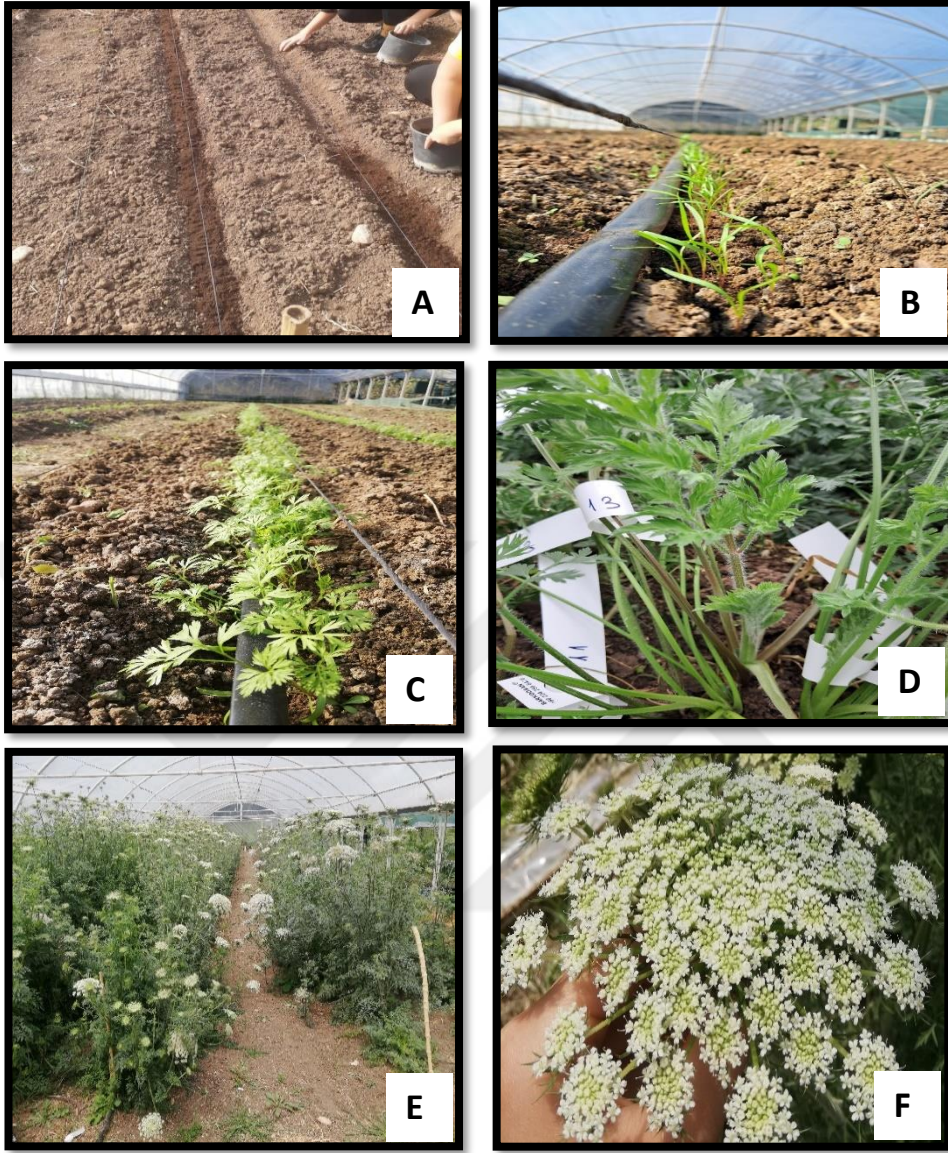
X^2 : Ki-kare

O: Gözlenen değer

E: Beklenen değer

Ki-kare testi sonucunda, kök rengi özelliği bakımından gözlenen değerlerin beklenen fenotipik açılma oranlarına (1:1, 3:1 ve 9:3:3:1 gibi) uyumlulukları tespit edilmiştir.



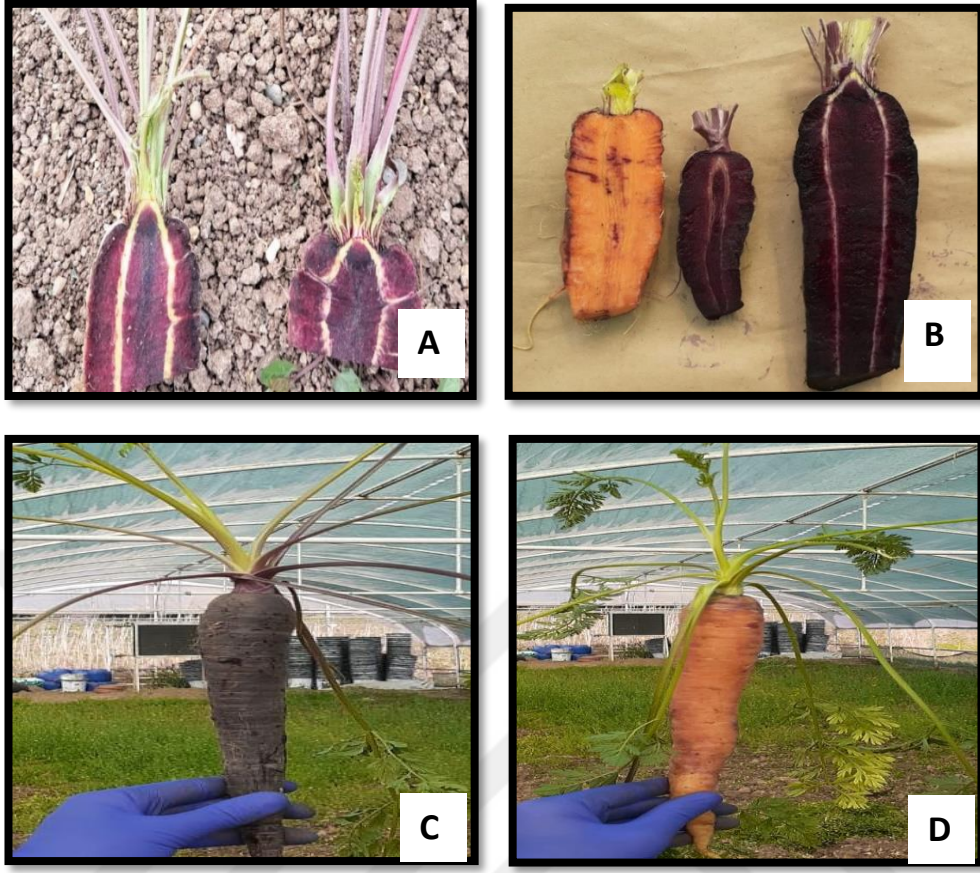


Şekil 3.1. Havuç tohum ekimi ve bitki gelişimi

A) Tohum ekim yatağının hazırlanması **B)** Havuç fidelerinden genel görünümü

C) Büyümekte olan havuç bitkileri **D)** Bitkilerin etiketlenmesi

E) Çiçek açmış havuç bitkilerinin genel görünümü **F)** Havuç çiçeği

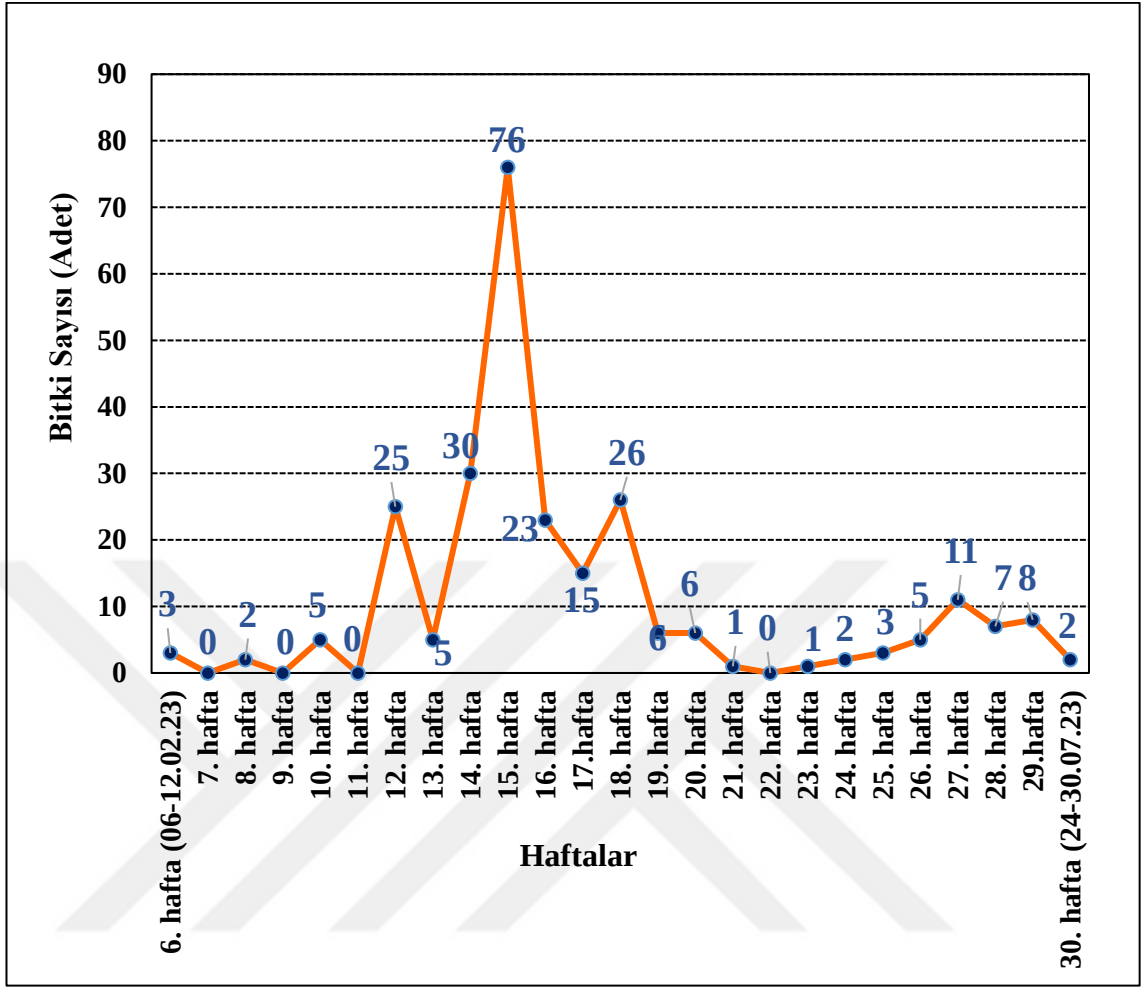


Şekil 3.2. Çalışmada kullanılan mor ve turuncu havuç köklerinin görünümü
A) Sapa kalkmış mor havuç kökleri **B)** Sapa kalkmış havuç kökleri
C) Mor havuç kökü **D)** Turuncu havuç kökü

4. BULGULAR

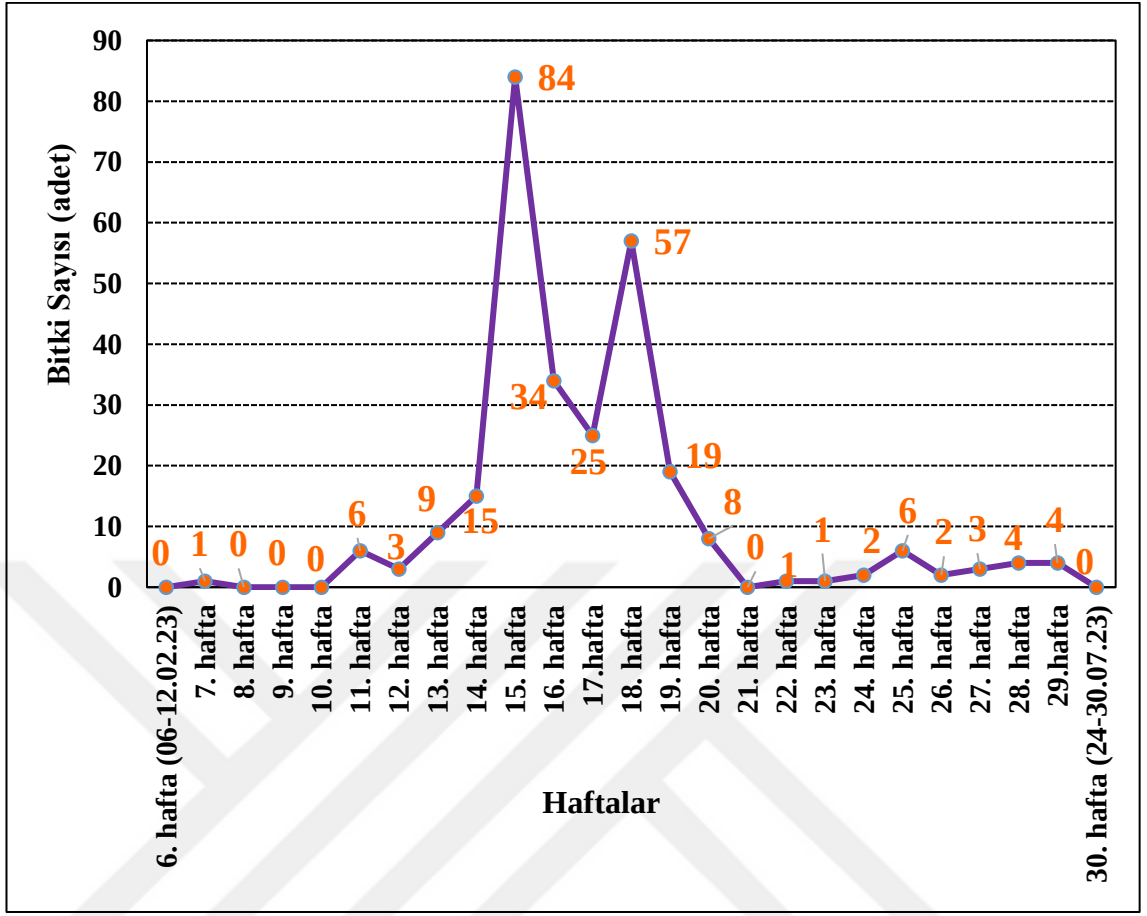
4.1. Havuç Bitkilerinin Sapa Kalkma Tarihlerinin Belirlenmesi

HP1 popülasyonunda toplam 262 adet bitki incelenmiştir. Havuç bitkilerinin sapa kalkma tarihleri ayrı ayrı belirlenmiş ve sapa kalkma tarihlerinin haftalar bazındaki dağılımı Şekil 4.1’de verilmiştir. HP1 popülasyonundaki bitkilerde çiçek sürgünü oluşumu 2023 yılının 6. haftasında (6-12.02.23) başlamış ve 30. haftaya (24-30.07.23) kadar süregelen bir şekilde devam etmiştir. İlk sapa kalkmaların gözlemlendiği 6. Haftada 3 adet bitkide sapa kalkma olduğu gözlenmiştir. Popülasyondaki bitkilerde, 7. (13-19.02.23), 9. (27.02.23-5.03.23) ve 11. haftalarda (13-19.03.2023) ise hiçbir bitkide sapa kalkma meydana gelmemiştir. 12. haftadan itibaren (20-26.03.23) ise 25 adet bitkide sapa kalkma meydana gelmiş ve 15. Hafta (10-16.04.23) içerisinde toplam 76 adet bitkide sapa kalkma olduğu gözlenmiştir. Böylece çiçek sürgünü oluşturmaya başlayan bitki sayısının en fazla olduğu tarih aralığının 15. haftaya karşılık geldiği tespit edilmiştir. Bu haftadan itibaren çiçek sürgünü oluşturmaya başlayan bitki sayılarında azalma meydana geldiği belirlenmiştir. 16. Haftada 23 adet; 18. Haftada 26 adet bitkide sapa kalkma olduğu gözlenmiştir. 18. haftadan sonra tekrar azalma meydana gelmiş sonrasında da devam ederek, 27. Haftada tekrar artış (11 adet) meydana gelmiştir. 30. Haftada (24-30.07.23) ise en son kalan 2 bitkide sapa kalkma gözlenmiş ve tüm popülasyonda bu tarihten (24-30.07.23) itibaren çiçek sürgünü oluşturmayan bitki kalmadığı tespit edilmiştir.



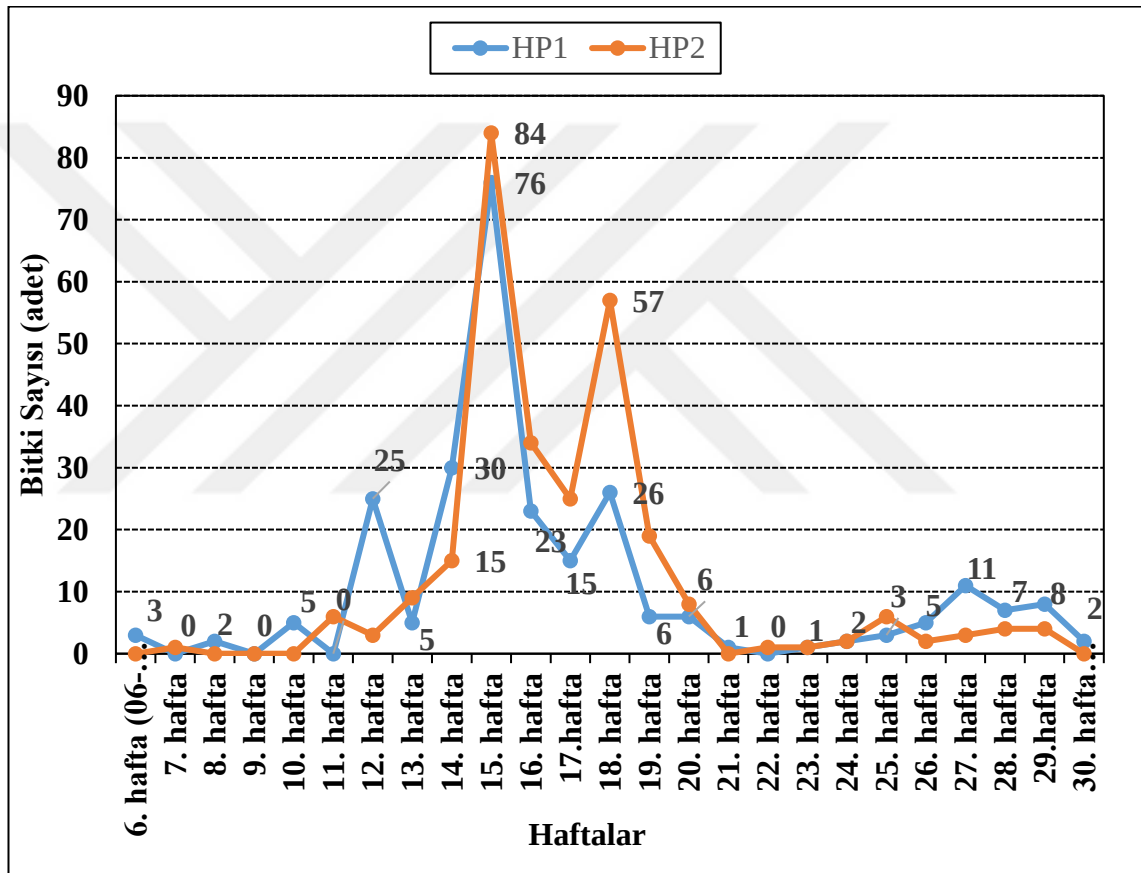
Şekil 4.1. HP1 popülasyonuna ait bitkilerin sapa kalkma tarihlerinin haftalara göre dağılımı

HP2 popülasyonunda toplam 284 adet bitki incelenmiş olup; bitkilerin sapa kalkma tarihleri ayrı ayrı belirlenmiş ve sapa kalkma tarihlerinin haftalar bazındaki dağılımı Şekil 4.2’de verilmiştir. HP2 popülasyonundaki bitkilerde çiçek sürgünü oluşumu tohum ekim tarihinden 7 hafta sonra (13-19.02.23) başlamış ve 29. haftaya (17-23.07.23) kadar süregelen bir şekilde devam etmiştir. İlk sapa kalkmaların gözlemlendiği 7. Haftada 1 bitkide çiçek sürgünü oluşmaya başlamıştır. 9. (27.02.23-5.03.23) ve 10. (6-12.03.23) Haftalarda çiçek sürgünü oluşumu gözlenmemiş; 14. Hafta (3-9.04.23) 15 adet bitkide sapa kalkma gözlenmiş ve 15. Hafta (10-16.04.23) içerisinde 84 adet bitkide sapa kalkma olduğu tespit edilmiştir. Böylece, 15. Hafta sapa kalkma gösteren bitki sayısının en fazla görüldüğü hafta olarak belirlenmiştir. Bu haftadan itibaren çiçek sürgünü oluşturmaya başlayan bitki sayılarında azalma meydana geldiği görülmüştür. Ancak, 29. haftanın (17-23.07.23)sonuna kadar bitkilerde sapa kalkmanın hep devam ettiği görülmüştür. 16. Haftada (17-23.04.23) 34 adet; 17. Haftada (24-30.04.23) 25 adet bitkide çiçek sürgünü oluşumu gözlenmiş ve 18.haftada (01-07.05.23) tekrar artış (57 adet) meydana gelmiştir. Popülasyonda en son kalan 4 bitkide ise sapa kalkma 29. haftada gözlenmiş ve tüm popülasyonda bu tarihten itibaren çiçek sürgünü oluşturmayan bitki kalmadığı tespit edilmiştir.



Şekil 4.2. HP2 popülasyonuna ait bitkilerin sapa kalkma tarihlerinin haftalara göre dağılımı

HP1 ve HP2 popülasyonlarındaki bitkilere ait sapa kalkma tarihleri birleştirilerek Şekil 4.3'te gösterilmiştir. Her iki popülasyonda bitkilerin sapa kalkmaya başladıkları tarihlerin 6. Haftaya (06-12.02.23) karşılık geldiği görülmüştür. Ayrıca, iki popülasyonda da çiçek sürgünü oluşturmaya başlayan bitki sayısının en fazla olduğu tarihlerin 15. haftaya (10-16.04.23) karşılık geldiği ve 10-16.04.23 tarihlerini kapsadığı tespit edilmiştir. HP1 popülasyonunda çiçek sürgünü oluşumunun gözlem süresinin 24 hafta; HP2 popülasyonunda ise 22 hafta boyunca devam ettiği belirlenmiştir.



Şekil 4.3. HP1 ve HP2 popülasyonlarına ait bitkilerin sapa kalkma tarihlerinin haftalara göre dağılımı

HP1 ve HP2 popülasyonlarına ait havuç bitkilerinin sapa kalkma tarihlerinin meydana geldiği döneme ait haftalık sıcaklık ortalama değerleri Çizelge 4.1’de verilmiştir. Buna göre; bitkilerde sapa kalkmanın başladığı 6. Haftada sıcaklık ortalamasının 5°C civarında olduğu tespit edilmiştir. Bu tarihten itibaren haftalık sıcaklık ortalamalarında artışlar meydana gelmiştir. Sapa kalkmaya başlayan bitki sayısının en fazla olduğu 15. Haftada ortalama sıcaklık değerinin 18°C olduğu ve 22. Haftadan itibaren ise sıcaklık ortalamalarında hızlı bir artışın meydana geldiği gözlenmiştir.

Çizelge 4.1. Havuç bitkilerinin yetiştirme dönemine ait haftalık sıcaklık ortalama değerleri

Hafta Sayısı	Sıcaklık Ortalamaları (°C)	Hafta Sayısı	Sıcaklık Ortalamaları (°C)
6	5	19	18
7	13	20	23
8	19	21	24
9	15	22	25
10	18	23	27
11	13	24	27
12	14	25	30
13	17	26	30
14	17	27	31
15	18	28	34
16	20	29	35
17	18	30	33
18	22		

4.2. HP1 ve HP2 Popülasyonlarında Fenotipik Gözlem Sonuçları

HP1 popülasyonuna ait 262 bitki ve HP2 popülasyonuna ait 284 bitkinin kök rengi özelliğinin incelenmesine ait veriler Çizelgeler 4.2 ve 4.3 'de ve kök rengi özelliği bakımından gözlenen değerlerin beklenen fenotipik açılma oranlarına (1:1, 3:1 ve 9:3:3:1 gibi) uyumluluklarına ait sonuçlar Çizelge 4.4'de verilmiştir. Buna göre; HP1 popülasyonunda 262 adet bitki içerisinde; 195 adet bitkinin mor, 27 adet bitkinin turuncu ve 40 adet bitkinin sarı kök rengine sahip olduğu belirlenmiştir. HP2 popülasyonunda ise 284 bitki içerisinde; 209 adet bitkinin mor, 26 adet bitkinin turuncu ve 49 adet bitkinin ise sarı kök rengine sahip olduğu tespit edilmiştir. Her iki popülasyon için yapılan ki-kare testi sonuçlarına göre, kök rengi özelliği bakımından gözlenen değerlerin beklenen fenotipik açılma oranları 3:1 olarak bulunmuştur. Ki-kare testi sonuçlarına göre; HP1 popülasyonunun p-değeri 0,83; HP2 popülasyonunun p-değeri ise 0,58 olarak bulunmuştur.

Çizelge 4.2. HP1 popülasyonuna ait 262 adet bitkinin fenotipik gözlem sonuçları

Bitki Numarası	Kök Rengi	Bitki Numarası	Kök Rengi	Bitki Numarası	Kök Rengi
1	Mor	17	Mor	33	Turuncu
2	Turuncu	18	Sarı	34	Mor
3	Mor	19	Mor	35	Mor
4	Mor	20	Mor	36	Mor
5	Mor	21	Sarı	37	Mor
6	Mor	22	Mor	38	Mor
7	Turuncu	23	Mor	39	Sarı
8	Mor	24	Turuncu	40	Mor
9	Mor	25	Sarı	41	Sarı
10	Mor	26	Sarı	42	Mor
11	Mor	27	Mor	43	Mor
12	Mor	28	Mor	44	Mor
13	Turuncu	29	Mor	45	Mor
14	Turuncu	30	Mor	46	Mor
15	Mor	31	Mor	47	Mor
16	Mor	32	Mor	48	Mor

Çizelge 4.2. HP1 popülasyonuna ait 262 adet bitkinin fenotipik gözlem sonuçları (devam)

Bitki Numarası	Kök Rengi	Bitki Numarası	Kök Rengi	Bitki Numarası	Kök Rengi
49	Mor	65	Sarı	81	Sarı
50	Mor	66	Mor	82	Mor
51	Mor	67	Sarı	83	Sarı
52	Mor	68	Mor	84	Mor
53	Mor	69	Mor	85	Mor
54	Sarı	70	Mor	86	Sarı
55	Turuncu	71	Mor	87	Sarı
56	Sarı	72	Mor	88	Sarı
57	Mor	73	Mor	89	Mor
58	Mor	74	Mor	90	Mor
59	Turuncu	75	Sarı	91	Sarı
60	Mor	76	Mor	92	Turuncu
61	Mor	77	Mor	93	Mor
62	Turuncu	78	Sarı	94	Mor
63	Turuncu	79	Mor	95	Mor
64	Mor	80	Mor	96	Mor

Çizelge 4.2. HP1 popülasyonuna ait 262 adet bitkinin fenotipik gözlem sonuçları (devam)

Bitki Numarası	Kök Rengi	Bitki Numarası	Kök Rengi	Bitki Numarası	Kök Rengi
97	Mor	113	Mor	129	Mor
98	Mor	114	Sarı	130	Mor
99	Mor	115	Sarı	131	Mor
100	Mor	116	Mor	132	Sarı
101	Turuncu	117	Mor	133	Mor
102	Mor	118	Mor	134	Mor
103	Sarı	119	Mor	135	Mor
104	Mor	120	Mor	136	Mor
105	Turuncu	121	Mor	137	Mor
106	Mor	122	Mor	138	Mor
107	Sarı	123	Mor	139	Mor
108	Mor	124	Mor	140	Sarı
109	Mor	125	Turuncu	141	Mor
110	Mor	126	Mor	142	Mor
111	Mor	127	Turuncu	143	Mor
112	Mor	128	Mor	144	Mor

Çizelge 4.2. HP1 popülasyonuna ait 262 adet bitkinin fenotipik gözlem sonuçları (devam)

Bitki Numarası	Kök Rengi	Bitki Numarası	Kök Rengi	Bitki Numarası	Kök Rengi
145	Mor	162	Mor	179	Mor
146	Mor	163	Mor	180	Mor
147	Mor	164	Mor	181	Mor
148	Sarı	165	Mor	182	Mor
149	Sarı	166	Mor	183	Sarı
150	Mor	167	Mor	184	Mor
151	Mor	168	Turuncu	185	Turuncu
152	Turuncu	169	Mor	186	Mor
153	Sarı	170	Mor	187	Mor
154	Mor	171	Sarı	188	Mor
155	Mor	172	Mor	189	Mor
156	Turuncu	173	Mor	190	Mor
157	Mor	174	Mor	191	Mor
158	Mor	175	Turuncu	192	Mor
159	Turuncu	176	Mor	193	Mor
160	Mor	177	Mor	194	Sarı
161	Mor	178	Mor	195	Turuncu

Çizelge 4.2. HP1 popülasyonuna ait 262 adet bitkinin fenotipik gözlem sonuçları (devam)

Bitki Numarası	Kök Rengi	Bitki Numarası	Kök Rengi	Bitki Numarası	Kök Rengi
196	Mor	212	Sarı	228	Mor
197	Mor	213	Mor	229	Mor
198	Mor	214	Sarı	230	Mor
199	Mor	215	Mor	231	Mor
200	Turuncu	216	Mor	232	Mor
201	Mor	217	Mor	233	Mor
202	Mor	218	Sarı	234	Sarı
203	Mor	219	Mor	235	Mor
204	Mor	220	Mor	236	Mor
205	Sarı	221	Mor	237	Mor
206	Mor	222	Mor	238	Mor
207	Mor	223	Mor	239	Mor
208	Mor	224	Sarı	240	Sarı
209	Mor	225	Mor	241	Mor
210	Mor	226	Mor	242	Turuncu
211	Mor	227	Sarı	243	Sarı

Çizelge 4.2. HP1 popülasyonuna ait 262 adet bitkinin fenotipik gözlem sonuçları (devam)

Bitki Numarası	Kök Rengi	Bitki Numarası	Kök Rengi	Bitki Numarası	Kök Rengi
244	Turuncu	251	Turuncu	257	Mor
245	Turuncu	252	Mor	258	Mor
246	Mor	253	Mor	259	Mor
247	Mor	254	Mor	260	Mor
248	Mor	255	Sarı	261	Mor
249	Mor	256	Mor	262	Mor
250	Mor				

Çizelge 4.3. HP2 popülasyonuna ait 284 adet bitkinin fenotipik gözlem sonuçları

Bitki Numarası	Kök Rengi	Bitki Numarası	Kök Rengi	Bitki Numarası	Kök Rengi
1	Sarı	17	Mor	33	Sarı
2	Turuncu	18	Mor	34	Mor
3	Mor	19	Mor	35	Mor
4	Mor	20	Mor	36	Turuncu
5	Sarı	21	Sarı	37	Sarı
6	Mor	22	Mor	38	Mor
7	Sarı	23	Turuncu	39	Mor
8	Mor	24	Sarı	40	Mor
9	Mor	25	Mor	41	Mor
10	Mor	26	Mor	42	Mor
11	Mor	27	Mor	43	Mor
12	Mor	28	Mor	44	Mor
13	Turuncu	29	Mor	45	Sarı
14	Sarı	30	Mor	46	Mor
15	Mor	31	Mor	47	Mor
16	Mor	32	Mor	48	Mor

Çizelge 4.3. HP2 popülasyonuna ait 284 adet bitkinin fenotipik gözlem sonuçları (devam)

Bitki Numarası	Kök Rengi	Bitki Numarası	Kök Rengi	Bitki Numarası	Kök Rengi
49	Turuncu	65	Mor	81	Mor
50	Mor	66	Sarı	82	Turuncu
51	Mor	67	Mor	83	Sarı
52	Mor	68	Mor	84	Mor
53	Mor	69	Mor	85	Mor
54	Sarı	70	Mor	86	Mor
55	Mor	71	Mor	87	Mor
56	Mor	72	Mor	88	Sarı
57	Mor	73	Mor	89	Mor
58	Mor	74	Mor	90	Mor
59	Mor	75	Mor	91	Mor
60	Mor	76	Mor	92	Mor
61	Mor	77	Mor	93	Mor
62	Mor	78	Mor	94	Mor
63	Mor	79	Mor	95	Mor
64	Sarı	80	Mor	96	Sarı

Çizelge 4.3. HP2 popülasyonuna ait 284 adet bitkinin fenotipik gözlem sonuçları (devam)

Bitki Numarası	Kök Rengi	Bitki Numarası	Kök Rengi	Bitki Numarası	Kök Rengi
97	Sarı	113	Mor	129	Mor
98	Mor	114	Mor	130	Mor
99	Mor	115	Mor	131	Mor
100	Mor	116	Mor	132	Mor
101	Mor	117	Mor	Sarı	Mor
102	Mor	118	Sarı	134	Mor
103	Mor	119	Sarı	Sarı	Mor
104	Sarı	120	Sarı	136	Mor
105	Mor	121	Turuncu	137	Mor
106	Mor	122	Sarı	138	Mor
107	Mor	123	Sarı	139	Mor
108	Mor	124	Mor	140	Mor
109	Mor	125	Mor	141	Mor
110	Mor	126	Mor	Sarı	Mor
111	Mor	127	Turuncu	143	Turuncu
112	Mor	128	Sarı	144	Mor

Çizelge 4.3. HP2 popülasyonuna ait 284 adet bitkinin fenotipik gözlem sonuçları (devam)

Bitki Numarası	Kök Rengi	Bitki Numarası	Kök Rengi	Bitki Numarası	Kök Rengi
145	Mor	161	Mor	177	Mor
146	Mor	162	Mor	178	Sarı
147	Sarı	163	Mor	179	Mor
148	Mor	164	Sarı	180	Mor
149	Mor	165	Mor	181	Sarı
150	Mor	166	Mor	182	Mor
151	Mor	167	Turuncu	183	Mor
152	Mor	168	Mor	184	Mor
153	Mor	169	Mor	185	Mor
154	Mor	170	Mor	186	Mor
155	Mor	171	Mor	187	Mor
156	Mor	172	Mor	188	Mor
157	Mor	173	Mor	189	Mor
158	Mor	174	Turuncu	190	Turuncu
159	Mor	175	Sarı	191	Sarı
160	Mor	176	Sarı	192	Mor

Çizelge 4.3. HP2 popülasyonuna ait 284 adet bitkinin fenotipik gözlem sonuçları (devam)

Bitki Numarası	Kök Rengi	Bitki Numarası	Kök Rengi	Bitki Numarası	Kök Rengi
193	Turuncu	209	Mor	225	Sarı
194	Mor	210	Mor	226	Mor
195	Turuncu	211	Mor	227	Mor
196	Mor	212	Sarı	228	Mor
197	Sarı	213	Mor	229	Turuncu
198	Turuncu	214	Sarı	230	Mor
199	Mor	215	Sarı	231	Mor
200	Sarı	216	Sarı	232	Sarı
201	Mor	217	Mor	233	Mor
202	Sarı	218	Mor	234	Sarı
203	Sarı	219	Sarı	235	Mor
204	Mor	220	Sarı	236	Turuncu
205	Mor	221	Mor	237	Mor
206	Sarı	222	Mor	238	Sarı
207	Mor	223	Turuncu	239	Turuncu
208	Mor	224	Mor	240	Mor

Çizelge 4.3. HP2 popülasyonuna ait 284 adet bitkinin fenotipik gözlem sonuçları (devam)

Bitki Numarası	Kök Rengi	Bitki Numarası	Kök Rengi	Bitki Numarası	Kök Rengi
241	Mor	256	Mor	271	Mor
242	Mor	257	Mor	272	Mor
243	Turuncu	258	Mor	273	Mor
244	Turuncu	259	Mor	274	Mor
245	Mor	260	Sarı	275	Mor
246	Mor	261	Mor	276	Mor
247	Mor	262	Turuncu	277	Turuncu
248	Sarı	263	Mor	278	Mor
249	Mor	264	Sarı	279	Mor
250	Mor	265	Turuncu	280	Turuncu
251	Mor	266	Mor	281	Mor
252	Mor	267	Mor	282	Mor
253	Turuncu	268	Mor	283	Mor
254	Sarı	269	Mor	284	Mor
255	Mor	270	Mor		

Çizelge 4.4. F2 açılım popülasyonlarına ait fenotipik gözlem verileri ile yapılan ki-kare testi sonuçları

Popülasyon Adı	Kök Rengi			Turuncu ve Sarı Kök Toplamı (adet)	Popülasyondaki Toplam Bitki Sayısı (adet)	p-değeri (3:1)
	Mor	Turuncu	Sarı			
HP1	195	27	40	67	262	0,83
HP2	209	26	49	75	284	0,58

5. TARTIŞMA ve SONUÇ

Bu çalışmada; çiçeklenme zamanı bakımından açılım gösteren yeni F2 haritalama popülasyonlarının erken çiçeklenme özelliğinin kalıtım özelliklerinin incelenmesi amaçlanmıştır. Bu amaçla, daha önceden geliştirilen iki farklı F2 popülasyonuna (HP1, HP2) ait havuç tohumları, ısıtmasız plastik sera koşullarında yetiştirilerek, sapa kalkma tarihleri not edilmiştir. HP1 ve HP2 popülasyonları sapa kalkma tarihleri incelendiğinde her iki popülasyonda da en fazla sapa kalkan bitki sayısı 15. haftada olup; 10-16.04.23 tarihlerini kapsamıştır. Her iki popülasyonda da çiçeklenmenin normal dağılım göstererek süregelen şekilde devam ettiği görülmüştür. Bu durum çiçeklenme özelliğinin tek genle kontrol edilen bir karakter olmadığını göstermektedir. Ayrıca, her iki popülasyona ait bitkilerin kök rengi özelliği bakımından fenotipik gözlem sonuçları da elde edilmiştir. Buna göre; HP1 popülasyonunda kök rengi bakımından, 262 bitkiden 195 bitkinin mor ve 67 bitkinin turuncu ve sarı kök rengine sahip olduğu belirlenmiştir. HP2 popülasyonunda ise kök rengi bakımından, 284 bitkiden 209 bitkinin mor ve 75 bitkinin turuncu ve sarı kök rengine sahip olduğu tespit edilmiştir. Popülasyondaki bitkilerin kök renklerinin incelenmesiyle elde edilen veriler ile Ki-kare testi yapılarak, kök rengi özelliği bakımından gözlenen değerlerin beklenen fenotipik açılma oranlarına (1:1, 3:1 ve 9:3:3:1 gibi) uyumlulukları tespit edilmiştir. Her iki popülasyon için yapılan ki-kare testi sonuçlarına göre, erken çiçeklenme özelliği bakımından gözlenen değerlerin beklenen fenotipik açılma oranları 3:1 oranında bulunmuştur. Simon (1996) havuçlarda mor renge sebep olan genin “P” geni adı verilen tek genle kontrol edildiğini ve mor rengin turuncu renge baskın olduğunu belirtmiştir. Bu çalışmada yer alan iki popülasyonda, mor rengin turuncu ve sarı kök rengine baskın olduğu ve 3:1 açılım oranına sahip olması popülasyonumuzdaki açılımın Mendel kanunlarına uyduğunu göstermektedir.

Yapılan bir başka çalışmada, erken çiçek açan havuç ('Criolla INTA') ile geç çiçek açan iki yıllık bir havuç popülasyonları arasındaki melezlemenin F1, F2 ve BC1 generasyonlarını değerlendirmiştir. F2 ve BC1 generasyonlarında gözlemlenen açılım oranları, erken çiçeklenme özelliğini koşullandıran tek bir baskın gen hipotezi altında beklenen açılım oranlarından önemli ölçüde farklı bulunmamıştır; bu özelliğin

monogenik bir karaktere sahip olduğu sonucuna varılmıştır (Alessandro ve diğeri, 2007).

Nohut (*C. arietinum* L.) türü ile yabani türleri olan *C. echinospermum* ve *C. reticulatum* melezlerinden elde edilen popülasyonlar kullanılarak çiçeklenme gün sayısının ve çiçek renginin kalıtımının belirlenmesi ve nohut ıslah programlarında stabilitesinin belirlenerek erken nesillerde seçim kriteri olarak kullanılıp kullanılamayacağını araştırmak amacıyla Harran Üniversitesinde yapılan bir çalışmaya göre; yetiştirme sezonunda tarla koşullarında kışlık ekim yapılmış ve her sıra bir parsel olarak kabul edilerek yürütülmüştür. Denemede anaç olarak *C. arietinum* ile *C. reticulatum*'a ait 7 melez kombinasyonundan elde edilen 1256 genotip ve *C. arietinum* ile *C. echinospermum* a ait 2 melez kombinasyonundan elde edilen 279 genotipten oluşan 9 adet F3 ve F4 popülasyonu materyal olarak kullanılmıştır. Genotiplerde ilk çiçeklenme gün sayısı ile çiçek rengi gözlemleri alınmıştır. İlk çiçeklenme gün sayısı F3 generasyonunda 64-144, F4 generasyonunda 86-120 gün arasında değişim göstermiştir. Popülasyonlara ait histogram grafikleri sürekli dağılış göstermiş olup çiçeklenme gün sayısının kantitatif kalıtım özelliği gösterdiği gözlenmiştir. Çiçek rengi kalıtımı kalitatif kalıtım özelliği göstermiş olup bazı popülasyonlarda Mendel tek gen açılımına uymayan açılımlar gözlenmiştir (Okant, 2020).

Havuç bitkisinde çiçeklenme davranışı çok önemlidir ve farklı üretim alanlarına ve ekim zamanlarına göre çeşidin adaptasyonunu tanımlamaktadır. Bu da havuç üretiminin amacını ön plana çıkarmaktadır. Tohumluk üretim veya ticari havuç kökü üretimi için istenilen sıcaklık istekleri birbirinden farklı olmaktadır. Havuç kökleri, vernalizasyon gereksinimini karşıladıktan sonra, hızlı bir şekilde sapa kalkabilir ve çiçeklenmenin başlaması havuç köklerinin ticari değerinin tamamen kaybolması anlamına gelmektedir. Bu nedenle geç çiçek açan havuç popülasyonlarının oluşturulması büyük önem taşımaktadır. Bu çalışmadan elde edilen sonuçlar yerli hibrit havuç çeşitlerimizin geliştirilmesine yönelik yapılacak moleküler seleksiyon çalışmaları için alt yapı oluşturacaktır.

KAYNAKLAR

- Adebukola Adeyanju, A., Rebecca Oyenih, O., & Omoniyi Oguntibeju, O. (2022). Antioxidant-Rich Vegetables: Impact on Human Health. *IntechOpen*. <https://doi.10.5772/intechopen.101126>
- Alessandro, M. S., & Galmarini, C. R. (2007). Inheritance of vernalization requirement in carrot. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, 132(4), 525-529. <https://doi.org/10.21273/JASHS.132.4.525>
- Alessandro, M. S., Galmarini, C. R., Iorizzo, M., & Simon, P. W. (2013). Molecular mapping of vernalization requirement and fertility restoration genes in carrot. *Theoretical and Applied Genetics*, 126, 415-423. <https://doi.10.1007/s00122-012-1989-1>
- Amasino, R. (2004). Vernalization, competence, and the epigenetic memory of winter. *The plant cell*, 16(10), 2553-2559. <https://doi.org/10.1105/tpc.104.161070>
- Atherton, J. G., Basher, E.A., Brewster, J. (1984). The effects of photoperiod on flowering in carrot. *Journal of Horticultural Science*. 59: 213-215. <https://doi.org/10.1080/00221589.1984.11515190>
- Atherton, J.G., Craigon, J., Basher, E.A. (1990). Flowering and bolting in carrot. I. Juvenility, cardinal temperatures and thermal times for vernalization. *Journal of Horticultural Science*, 65(4), 423-429. <https://doi.org/10.21273/JASHS.132.4.525>
- Ayaz, G. B., Şahin, Ö., & Ayaz, U. (2018). Epigenetik alanındaki tarım uygulamaları. *Madde, Diyalektik ve Toplum*, 3, 254-262.
- Bernier, G., & Périlleux, C. (2005). A physiological overview of the genetics of flowering time control. *Plant Biotechnology Journal*, 3(1), 3-16. <https://doi.org/10.1111/j.1467-7652.2004.00114>
- Buishand, J. G., & Gabelman, W. H. (1980). Studies on the inheritance of root color and carotenoid content in red yellow and red white crosses of carrot, *Daucus carota* L. *Euphytica*, 29, 241-260. <https://doi.org/10.1007/BF00025121>
- Corbesier, L., & Coupland, G. (2006). The quest for florigen: a review of recent progress. *Journal of Experimental Botany*, 57(13), 3395-3403. <https://doi.org/10.1093/jxb/erl095>
- Çümen, E., & Bostancı, Ş. (2021). Havucun gastronomide alternatif kullanım alanları: farklı ürün denemeleri. *Türk Bilimsel Derlemeler Dergisi*, 14(2), 202-215.
- Doğru, Ş. M., & Balkaya, A. (2015). Lahanalarda tohum üretim süresini kısaltmaya yönelik uygulamalar ve etki mekanizmaları. *Alatarım*, 14(2), 29-37.

Duran, S. T. (2019). *Havuç (Daucus carota L.) bitkisinde Rf lokusu ile bağlantılı SNP moleküler işaretleyicilerin GBS yöntemi kullanılarak belirlenmesi ve doğrulanması* (Tez No. 595955) [Doktora Tezi, Bursa Uludağ Üniversitesi]. <https://tez.yok.gov.tr/UlusalTezMerkezi/tezSorguSonucYeni.jsp>

Ereğli Belediyesi. (2023, Ekim 23). Siyah Havuç - Şalgam. <https://eregli.bel.tr/sayfalar/ozgu-urunler/siyah-havuc-salgam>

FAO. (2022). Birleşmiş Milletler Gıda ve Tarım Örgütü Dünya havuç üretim istatistikleri. <https://www.fao.org/faostat/en/#search/Carrots%20and%20turnips>

Ferreira, M.E., Satagopan, J., Yandell, B.S., Williams, P.H., Osborn, T.C. (1995) Mapping loci controlling vernalization requirement and flowering time in *Brassica napus*. *Theoretical Applied Genetics*, 90:727-732. <https://doi.org/10.1007/BF00222140>

Karagüzel, O., Baktır, İ., Çakmakçı, S., Ortaçşme, V., Aydınoglu, B., & Atik, M. (2003). Yetiştirme ortamı ve ekim zamanlarının Güney Anadolu doğal *Lupinus varius* ' larının büyüme ve çiçeklenme özelliklerine etkisi. *Akdeniz University Journal of the Faculty of Agriculture*, 16(2), 187-197.

Kaymak, H. Ç. (2006). *Turp (Raphanus sativus L.)'ta bazı gelişme özellikleri ve verimin vernalizasyon süresi, gün uzunluğu, ekim ve hasat zamanı ile ilişkisi* (Tez No. 181439) [Doktora Tezi, Atatürk Üniversitesi] <https://tez.yok.gov.tr/UlusalTezMerkezi/tezSorguSonucYeni.jsp>

Li, Q., Peng, A., Yang, J., Zheng, S., Li, Z., Mu, Y., & Song, H. (2022). A 215-bp indel at intron I of *BoFLC2* affects flowering time in *Brassica oleracea* var. *capitata* during vernalization. *Theoretical and Applied Genetics*, 135(8), 2785-2797. <https://doi.org/10.1007/s00122-022-04149-1>

Lin, S., Wang, J., Poon, S., Su, C., Wang, S., & Chiou, T. (2005). Differential regulation of flowering locus C expression by vernalization in cabbage and *Arabidopsis*. *Plant Physiology*, 137,1037-1048. <https://doi.org/10.1104/pp.104.058974>

Iorizzo, M., Senalik, D. A., Ellison, S. L., Grzebelus, D., Cavagnaro, P. F., Allender, C., Simon, P. W. (2013). Genetic structure and domestication of carrot (*Daucus carota* subsp. *sativus*)(*Apiaceae*). *American Journal of Botany*, 100(5), 930-938. <https://doi.org/10.3732/ajb.1300055>

Michaels, S. D., & Amasino, R. M. (2000). Memories of winter: vernalization and the competence to flower. *Plant, Cell & Environment*, 23(11), 1145-1153. <https://doi.org/10.1046/j.1365-3040.2000.00643>

Okant, A. (2020). *Nohutta türler arası melezlerde çiçeklenme gün sayısının kalıtımı* (Tez No. 660558) [Yüksek Lisans Tezi, Harran Üniversitesi]. <https://tez.yok.gov.tr/UlusalTezMerkezi/tezSorguSonucYeni.jsp>

Ou, C. G., Mao, J. H., Liu, L. J., Li, C. J., Ren, H. F., Zhao, Z. W., & Zhuang, F. Y. (2017). Characterising genes associated with flowering time in carrot (*Daucus carota* L.) using transcriptome analysis. *Plant Biology*, 19(2), 286-297. <https://doi.10.1111/plb.12519>

Silva Dias, J.C. (2014). Nutritional and health benefits of carrots and their seed extracts. *Food and Nutrition Sciences*, 5: 2147-2156. <https://doi.10.4236/fns.2014.522227>

Simon, P.W. (2021). Carrot (*Daucus carota* L.) Breeding. Al-Khayri, J.M., Jain, S.M., Johnson, D.V. (Eds.). *Advances in Plant Breeding Strategies: Vegetable Crops*. (p. 213-238). Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-030-66965-2_5

Simon, P. W., Freeman, R. E., Vieira, J. V., Boiteux, L. S., Briard, M., Nothnagel, T., & Kwon, Y. S. (2008). Carrot. Prohens, J., Nuez, F. (Eds.). *Vegetables II: Fabaceae, Liliaceae, Solanaceae, and Umbelliferae*, (p. 327-357). Springer, Cham. <https://doi.org/10.1007/978-0-387-74110-9>

Simon, P. W. (1996). Inheritance and expression of purple and yellow storage root color in carrot. *J. Hered.* 87, 63–66 <https://doi.org/10.1093/oxfordjournals.jhered.a022955>

Soylu, S., Kara, M., Uysal, A., Kurt, Ş., Soyly, E. M., Üremiş, İ., & Öztürk, M. (2022). Amik ovası havuç ekim alanlarında sorun olan fungal ve bakteriyel hastalık etmenlerin belirlenmesi. *Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Tarım ve Doğa Dergisi*, 25(6), 1326-1340. <https://doi.org/10.18016/ksutarimdog.vi.1015936>

Stolarczyk, J., Janick. J. (2011). Carrot: History and iconography. *Chronica Horticulturae*, 51(2):13-18.

Taiz, L., & Zeiger, E. (2008). *Plant physiology*. Sinauer associates. https://dspace.agu.edu.vn:8080/handle/agu_library/12687

Türkiye İstatistik Kurumu (2022). *Bitkisel Üretim İstatistikleri* <https://data.tuik.gov.tr/Kategori/GetKategori?p=tarim-111&dil=1>

Werner, J. D., Borevitz, J. O., Uhlenhaut, N. H., Ecker, J. R., Chory, J., & Weigel, D. (2005). FRIGIDA-independent variation in flowering time of natural *Arabidopsis thaliana* accessions. *Genetics*, 170(3), 1197-1207. <https://doi.org/10.1534/genetics.104.036533>

Wohlfeiler, J., Alessandro, M. S., Cavagnaro, P. F., & Galmarini, C. R. (2019). Multiallelic digenic control of vernalization requirement in carrot (*Daucus carota* L.). *Euphytica*, 215, 1-10.

Wohlfeiler, J., Alessandro, M. S., Morales, A., Cavagnaro, P. F., & Galmarini, C. R. (2022). Vernalization requirement, but not post-vernalization day length, conditions flowering in carrot (*Daucus carota* L.). *Plants*, 11(8), 1075.
<https://doi.org/10.3390/plants11081075>

