

# TARIMSAL

## BİTKİ BİLİMİNİN

### DİNAMİKLERİ

EDİTÖR

Doç. Dr. Görkem ÖRÜK

# TARIMSAL BİTKİ BİLİMİNİN DİNAMİKLERİ

## EDİTÖR

Doç. Dr. Görkem ÖRÜK

## YAZARLAR

Prof. Dr. Veysel SARUHAN

Doç. Dr. Erol ORAL

Doç. Dr. Medine COPUR DOĞRUSÖZ

Doç. Dr. Görkem ÖRÜK

Dr. Öğr. Üyesi Arzu KOÇAK MUTLU

Dr. Öğr. Üyesi Fevzi ALTUNER

Dr. Öğr. Üyesi Zeynep SÖNMEZ

Öğr. Gör. Dr. Fırat İŞLEK

Dr. Huzur DEVECİ

Dr. Nurettin YILMAZ

Dr. Soner ÖNDER

Arş. Gör. Lale ERSOY

Zir. Yük. Müh. Yedigâr Leyla DOĞAN

Bora BAYHAN

Musa ÇEVİK



Copyright © 2023 by iksad publishing house  
All rights reserved. No part of this publication may be reproduced, distributed or  
transmitted in any form or by  
any means, including photocopying, recording or other electronic or mechanical  
methods, without the prior written permission of the publisher,  
except in the case of  
brief quotations embodied in critical reviews and certain other  
noncommercial uses permitted by copyright law. Institution of Economic

Development and Social

Researches Publications®

(The Licence Number of Publicator: 2014/31220)

TURKEY TR: +90 342 606 06 75

USA: +1 631 685 0 853

E mail: iksadyayinevi@gmail.com

www.iksadyayinevi.com

It is responsibility of the author to abide by the publishing ethics rules.

Iksad Publications – 2023©

**ISBN: 978-625-367-126-6**

Cover Design: Kübra YAZICI

June / 2023

Ankara / Türkiye

Size = 16 x 24 cm

## **İÇİNDEKİLER**

**ÖNSÖZ.....1**

### **BÖLÜM 1**

#### **BUĞDAY 'DA (*Triticum ssp.*) DÜŞÜK SICAKLIK STRESİNİN ETKİLERİ**

Doç. Dr. Erol ORAL

Dr. Öğr. Üyesi Fevzi ALTUNER.....3

### **BÖLÜM 2**

#### **YAPRAKLARI YENEN SEBZELERDE BİTKİ BÜYÜMESİNİ TEŞVİK EDEN RİZOBAKTERİLERİN KULLANIMI**

Dr. Soner ÖNDER

Arş. Gör. Lale ERSOY

Zir. Yük. Müh. Yedigörmüş Leyla DOĞAN.....19

### **BÖLÜM 3**

#### **YEM BİTKİLERİNDE KARBON METABOLİZMASI**

Musa ÇEVİK

Doç. Dr. Medine COPUR DOĞRUSÖZ.....31

### **BÖLÜM 4**

#### **ÇEMEN (*TRIGONELLA FOENUM GRAECUM L.*) VE TARIMSAL ANALİZİ**

Bora BAYHAN

Prof. Dr. Veysel SARUHAN.....57

### **BÖLÜM 5**

#### **BAHÇE ÜRÜNLERİNDE STRESE KARŞI FİZYOLOJİK TEPKİLER**

Öğr. Gör. Dr. Fırat İŞLEK.....69

## **BÖLÜM 6**

### **PREFABRİKE YAPIM YÖNTEMİNİN TARIMSAL YAPILARDA UYGULAMA ALANLARI**

Dr. Huzur DEVECİ.....85

## **BÖLÜM 7**

### **ARMUT YETİŞTİRİCİLİĞİNDE DİKKAT EDİLMESİ GEREKEN HUSUSLAR**

Dr. Nurettin YILMAZ.....103

## **BÖLÜM 8**

### **KESME ÇİÇEKLERİN HASAT SONRASI FİZYOLOJİSİ**

Dr. Nurettin YILMAZ.....111

## **BÖLÜM 9**

### **YENİ NESİL GEN SEKANSLAMA TEKNİKLERİ**

Dr. Öğr. Üyesi Zeynep SÖNMEZ.....127

## **BÖLÜM 10**

### **MEMELİ CANLILARDA ANNELİĞİN BİYOLOJİK TEMELLERİ**

Dr. Öğr. Üyesi Arzu KOÇAK MUTLU.....161

## **BÖLÜM 11**

### **TÜRKİYE'DE ELMA TİCARETİNDEKİ GELİŞMELER**

Doç. Dr. Görkem ÖRÜK.....181



## ÖNSÖZ

Tarım sektörü, insanlık tarihinin en temel faaliyetlerinden biri olup, bir ülkenin ekonomik, sosyal ve çevresel sürdürülebilirliği için büyük öneme sahiptir. Tarım, gıda üretimi, istihdam yaratma, ekonomik büyüme, gelir dağılımı, doğal kaynakların sürdürülebilir kullanımı ve gıda güvenliği gibi bir dizi faktörle yakından ilişkilendirilebilir. Dünya nüfusu hızla artmakta ve gıda talebi sürekli olarak artan bir eğilim göstermektedir. Bu bağlamda tarım sektörü, büyük talebi karşılamak için hayati bir rol oynamaktadır. Gıda üretiminin artırılması, sağlıklı ve besleyici gıdalara erişimi artırmanın yanı sıra açlık ve yetersiz beslenmeyle mücadele etmek açısından kritik öneme sahiptir. Tarım aynı zamanda endüstrilerin ve toplumların sürdürülebilir büyüme ve kalkınma hedeflerine ulaşmalarına yardımcı olan temel bir sektördür. Tarımsal üretim, sürdürülebilir bir geleceğin anahtarını oluşturur. Bu bağlamda, "Tarımsal bitki dinamikleri" kitabı, tarımsal üretimi etkileyen temel faktörlerin anlaşılmasına katkıda bulunmayı ve tarımsal verimlilik ve sürdürülebilirlik konularında yeni ufuklar açmayı hedeflemektedir. Kitap, tarımsal bitki dinamiklerine ilişkin temel prensipleri ele alan ve aynı zamanda güncel araştırma bulgularını içeren akademik çalışmalara odaklanmaktadır. Bu çalışmalar, tarım sektörünün sürdürülebilirliği ve verimliliği açısından önemli bir kaynak oluşturur ve sektörün geleceğine ışık tutmaktadır.

EDİTÖR

Doç. Dr. Görkem ÖRÜK





## BÖLÜM 1

### BUĞDAY 'DA (*Triticum ssp.*) DÜŞÜK SICAKLIK STRESİNİN ETKİLERİ

Doç. Dr Erol ORAL<sup>1</sup>

Dr. Öğr. Üyesi Fevzi ALTUNER<sup>2</sup>

---

<sup>1</sup> Orcid No: 0000-0001-9413-1092, eroloral@yyu.edu.tr

<sup>2</sup> Orcid No: 0000-0002-2386-2450, fevzaltuner@yyu.edu.tr



## 1.GİRİŞ

İnsanların günlük beslenmesinde tahıllar önemli bir yere sahiptir. Gelecek 25 yıl içerisinde nüfusun 10 milyar olması beklenmektedir. Nüfusun dengeli ve yeterli beslenebilmesi için üretimin %60 oranında artırılması gerekmektedir (Hickey et al., 2019). Dünyada tahıl üretimi 2.7 milyar ton kadar olduğu tahmin edilmektedir. Bu üretimin %28'ini en stratejik ürün olan buğday tek başına karşıladığı görülmektedir (USDA, 2021). Buğday ekim alanının %55.3'ünü üretimin ise %65.4'ünü Hindistan, Rusya, AB, Çin ve ABD gibi ülkeler oluşturmaktadır. Dünya buğday üretiminin 766 milyon ton olduğu günümüzde bu üretimin küresel ısınma ve buna bağlı iklimde yaşanacak ekstrem olaylar nedeniyle %1.4 oranında azalacağı öngörülmektedir (Anonim, 2021). Ülkemizde buğday 68.5 milyon da alanda ekimi yapılmakta olup, toplam alanın %44'ünü teşkil etmektedir. En fazla buğday üretiminin yapıldığı iller Konya, Ankara, Diyarbakır, Yozgat, Urfa, Sivas, Çorum, Tekirdağ, Mardin ve Eskişehir'dir. Ülkemiz buğday üretimi yıllık mevsimsel dalgalanmalara bağlı olarak 19-21 milyon ton arasında değişmektedir (TUİK, 2022). Avrupa ülkelerinden daha fazla buğday ekim alanımız olmasına rağmen iklimsel dalgalanmalardan dolayı verim düşüktür. Bu dalgalanmada ısı değişimleri, yağış, rüzgâr, topografya, ışık, toprak su ve benzeri etmenler doğrudan ve dolaylı etkilere sahiptir (Taner ve Sade, 2005).

## 2. BUĞDAYDA DÜŞÜK SICAKLIK STRESİ

Serin iklim tahıllarının ilk çimlenme sıcaklığı 1-4 °C gibi düşük sıcaklıklarda yapabilmektedir. Bir vejetasyon boyunca 1750-2250 °C toplam sıcaklık istekleri vardır (Tablo 1). Bu nedenle serin iklim tahılları genelde kışlık kuşakta ekilirler (Kün, 1996).

**Tablo 1:** Serin ve sıcak iklim tahıllarının iklim istekleri

Sıcaklık	Serin İklim Tahılları	Sıcak İklim Tahılları
Çimlenme minimum	1-4 °C	8-12 °C
Çimlenme optimum	20-25 °C	30-35 °C
Fotosentez minimum	5-7 °C	14-17 °C
Toplam sıcaklık	1750-2250 °C	2300-5000°C

Buğday serin iklim bitkisi olması nedeniyle soğuk ve ılıman iklimlerde başarılı bir şekilde yetiştirilmektedir. Ülkemizin içerisinde yer aldığı 30-60 kuzey, 27-40 güney enlemleri arası en fazla buğday tarımı yapılan bölgelerdir (Aran ve Kıracı, 1986). Ülkemizde Orta, Akdeniz, Güneydoğu ve Doğu Anadolu bölgeleri buğday tarımının yoğun yapıldığı yerlerdir. Bu bölgelerde buğday yetiştiriciliği büyük oranda kış yağışlarına bağlı olarak yapılmaktadır. Son yıllarda görünen yağış yetersizliği nedeniyle kışa zayıf ve cılız giren bitkilerde çok ciddi verim ve kalite kayıpları meydana gelmektedir. Bu dönemde bitkiler zayıf oldukları için düşük sıcaklık stresine maruz kalarak sapa kalkma, kardeşlenme ve başak oluşumunda problemlere neden olmaktadır.

Buğday önemli bir besin kaynağı olmasının yanında birçok çeşit ürüne dönüştürülebilmesi ve açlığın azaltılmasında kilit role sahip bir üründür (Subedi et al., 2019; Wojtowicz et al., 2020). Hükümetler arası iklim değişikliği paneli (IPCC) raporuna göre bu yüzyılın sonuna kadar sıcaklık artışının 1.5 °C'ye ulaşması veya aşması bekleniyor (IPCC, 2021). Bu durum iklimsel istikrarsızlığı artırarak aşırı düşük ve yüksek sıcaklık olaylarına neden olmaktadır (Chen et al., 2019). Düşük sıcaklıklar bitki gelişiminde önemli bir stres kaynağı olarak bilinmektedir. Dünya üzerinde buğday tarımının yoğun yapıldığı bölgelerde düşük sıcaklık stresi önemli verim ve kalite kayıplarına neden olduğu görülmektedir (Tablo 2).

Küresel ısınma ve buna bağlı olarak artan sıcaklıklar bitkilerin fizyolojik yapılarında istenmeyen anormal durumlara neden olabilmektedir. Benzer bilimsel çalışmalarda sıcaklık artışı ile bitkilerde büyüme gelişmenin artmasına hızlandırırken ani sıcaklık düşüşlerinde donma (<0 °C) veya düşük sıcaklık (0 -15°C) stresinden zarar görebilmektedir (Ji et al., 2017; Xue et al., 2019; Liu et al., 2020). Buğday sıfırın altındaki sıcaklıklarda hücre öz suyunun donmasına ve sonrasında oluşan buz kristallerinin hücre duvarına zarar vererek hidrolize neden olmaktadır. (Roman-Figueroa ve ark., 2021). Su kaybeden bitkide boyda kısılma, yaprak ve başak boyutunda azalma meydana gelir (Aroca et al., 2012; Valluru et al., 2012). Düşük sıcaklıkta stres şartlarında buğdayda ışık enerjisini özümseme foto-inhibasyon yeteneğinde azalma meydana gelir (Mattila et al., 2020). Fotosentetik aktivite, kök etki ve emme kapasitesinde azalma, zayıf ve cılız başak oluşumu ve sonrası farklılaşma, dane dolusunda gecikme gibi fizyolojik ve biyokimyasal değişikliklere neden olmaktadır (Li et al., 2014; Zhang et al., 2019; Kul et al., 2020).



**Resim 1:** Buğday başağında düşük sıcaklık zararı (Anonim, 2023).

**Tablo 2:** Bazı ülkelerde düşük sıcaklık stresinin buğday üretimine etkisi (Xu et. al., 2022).

Ülke	Yıllar	Bölge	DSS Yoğunluk /Sıklık	Verim kaybı	İklim olayı	Kaynak
Amerika	1950-2010	Kansas	41 adet	Arazide 8 kile/da yıllık ürün kaybı (kile=36.5 kg) meydana geldi.	DSS; Kansas buğdayının neredeyse yarısına zarar verdi. 1981 yılında bahar ayında ortalama %31'lik bir verim düşüşüyle sonuçlandı.	Holman et. al., 2011
Avustralya	1999-2007	Queensland ve Kuzey Yeni Güney Galler	Aşırı DSS -6 °C ve altı	Bu dönemde %10 verim kaybı ve ortalama yıllık 73 milyon dolar ekonomik zarar meydana geldi.	2000-2002 kışında 18 adet don görüldü. 2001 yılında görülen en düşük sıcaklık olan -8,8°C'de çok büyük hasar meydana geldi.	Frederiks et al., 2004, 2008
Çin	2000-2008	Shandong vilayeti	8 adet 9 yıl	Beş üretim sezonunda %10 dan fazla zarar (Toplam alan 2.92 milyon/ha) meydana geldi.	Shandong eyaletinin merkezinde (Taishan bölgesi) %70'e varan sıklıkta şiddetli don meydana geldi.	Wang et al., 2011; Ji et al., 2017

DSS: Düşük sıcaklık stresi

### 3. DÜŞÜK SICAK STRESİNDEN KAYNAKLI ZARARLAR

Buğdayda düşük sıcaklık stresinden kaynaklı zararın ortaya çıkmasında fiziksel, kimyasal ve biyolojik birçok faktörün etkili olduğu görülmektedir. Buğday gibi serin iklim tahıllarının düşük sıcaklık stresine neden olabileceği gibi kışlık tabiatlı çeşitlerde sapa kalkması için bu soğuklama ve ışıklanma ihtiyacının karşılanması gerekmektedir. Serin iklim tahıllarında bu ihtiyaca “Vernalizasyon” denir. Serin iklim tahılları belli bir süre (5-60 gün) belli bir düşük sıcaklıkta (5-6 °C) kalma isteği olarak tanımlanmaktadır. Sonbahar aylarında kışlık olarak ekilen buğdayların soğuktan korunması ve sapa kalkma dönemine geçebilmesi için gereklidir (Taner ve Sade, 2005). Bu ihtiyaç karşılanmadığı zaman bitkilerin sürekli yaprak üreterek başaklanma gibi generatif döneme geçemedikleri görülmüştür. Bu nedenle buğdayda vernalizasyon ihtiyacı ile düşük sıcaklık stresi arasındaki temel farklılıkların belirtilmesi gerekmektedir. Soğuğa dayanıklılık genetik ve çevre faktörlerinin büyük ölçüde etkisi altındadır.

Ülkemizde yürütülen ıslah çalışmalarında soğuğa dayanıklılık buğday için ıslah çalışmalarında önemli bir seleksiyon kaynağıdır. Büyük ölçüde genetik altyapıya bağlı iken soğuğa direnç çevresel faktörlerin etkisi altında geniş bir varyasyon gösterebilir. Buğdayın soğuğa mukavement şekillerini kışa, soğuğa ve dona direnç olarak özetleyebiliriz (Taner ve Sade, 2005). Buğdayın kıştan zarar görmeden ilkbahara ulaşması olarak ifade edilmektedir. Bitki bu dönemi kışın genelde kar altında geçirmektedir (Resim 2).

Kar örtüsü toprak ve atmosfer arasında ısı değişimini engelleyen bir izolatör görevi görmektedir. Dolayısıyla buğday bitkisinin üzeri bir yorgan şeklinde örtüldüğünden dolayı ısı değişiminde bir dalgalanma azdır. Bu sıcaklık miktarının tespitine yönelik yürütülen bir çalışmada 52 cm kalınlığında kar örtüsü altında yapılan ölçümlerde hava sıcaklığı -17 °C, karın üst yüzeyi -15 °C ve toprak yüzeyi -1.6 °C olarak saptanmıştır. (Sencar ve ark., 1993).



**Resim 2.** Kar örtüsü altında buğday (Anonim, 2023).

Buğday bitkisinin gelişiminin herhangi bir döneminde yaşanacak ekstrem sıcaklık düşüşlerine karşı etkilenmemesi soğuğa direnç olarak ifade edilir. Bu mukavemetin ortaya çıkmasında çevre ve genotipin yanı sıra uygulanan kültürel yöntemlerde etkili olmaktadır.

Buğdayda don zararı ise çok kısa süreli olsa 0 °C altındaki soğukların sebep olduğu zarardır. Bitki hücrelerinde bulunan hücre öz suyunun donması sonucunda oluşan buz kristallerinin hücre duvarına zarar vermesi sonucu su kaybı olarak özetlenebilir (Resim 3).



**Resim 3:** Buğdayda don zararı (Anonim, 2023).



Düşük sıcaklığın buğday üzerinde meydana getirdiği zarar şekillerinden bazıları şunlardır.

### 3.1. Don Kesmesi (Don Kabarması)

Kışın sıfırın altındaki sıcaklıklarda topraktaki suda donma meydana gelmektedir. Donan suyun hacminde %9 oranında bir genişleme ve toprak horizonunda aşağıdan yukarıya doğru osmotik basıncın etkisi ile su hareketine neden olur. Düşük sıcaklık nedeniyle meydana gelen buz kristalleri toprağın kabarmasına neden olmaktadır (Resim 4). Bu durum ani sıcaklık değişimleri ile donma ve çözülme sonucunda buğday köklerinin kopmasına, zarar görmesine neden olmaktadır. Toprakta suyun donması veya köklerde meydana gelen kopma nedeniyle bitki su alamadığından fizyolojik kuraklık meydana gelir. Toprağın donma sonrası yukarı doğru hareketine “don kabarması”, bitki köklerinin kopmasına ise “don kesmesi” olarak adlandırılmaktadır (Sencar ve ark. 1993).



**Resim 4:** Buğdayda don kabarması ve kesmesi (Anonim, 2023).

### 3.2. Buz Kristallerinden Kaynaklı Işık ve Isı Zararları

Kış aylarında toprak ve bitki üzerinde meydana gelen buz kristallerinin mercekleme görevi görmesi nedeniyle buğday bitkisinin yapraklarında ışık ve ısı yansımalarından kaynaklı çeşitli zararlar meydana gelir.

### 3.3. Kar Küfü

Buğday tarımının yapıldığı bölgelerde bazı yıllar karla kaplı gün sayısı oldukça fazla olmaktadır. Bazı yıllar Şubat-Mart ayının ortalarına kadar arazilerde kar örtüsü olduğu görülmüştür. Toprak uzun süreli kar örtüsü ile kaplı kaldıktan sonra beyaz ve pembe benekler halinde küf tabakası görülmektedir (Resim 5). Kar küfü olarak bilinen bu durum birkaç gün sonra bitkilerin tamamen ölmesiyle soğuk zararına uğramış bitkilere benzer bir görüntü almaktadır (Taner ve Sade, 2005).



**Resim 5:** Buğdayda kar küfü zararı (Anonim, 2023).

### 3.4. Başak Sterilitesi

Buğday da düşük sıcaklık stresinin zararlı etkileri başaklanma, tozlanma ve dölleme dönemlerinde erken evrelere göre daha fazladır. Düşük sıcaklık bitkilerde büyüme ve gelişme seyrinde yavaşlama görülür. Bitkilerin genç dokularında ölümler ve ciddi zararlar olabilir. Birbirini takip eden sık ve ani donlar tozlanma, dölleme ve tane doldurma dönemlerinin seyrini bozarak tane veriminin düşmesine neden olabilir (Resim 6).



**Resim 6:** Buğdayda soğuk zararı sonrası steril başak (Anonim, 2023).

#### **4. BUĞDAYDA DÜŞÜK SICAKLIK STRESİNE KARŞI DAYANIKLIK MEKANİZMALARI**

Kısa ve soğuğa dayanıklılık doğrudan bitkilerin genetik yapılarının yanı sıra çevre faktörleri ile doğrudan etkilidir. Buğdayda soğuğa dayanıklılık mekanizmalarına bakıldığında iki farklı durumun ortaya çıktığı görülmektedir.

İlk durumda bitki hücrelerinde soğukla birlikte karbonhidratların şekere dönüşüm yüzdesinde büyük bir artış meydana geldiği görülmüştür. Buğdayda sıfıra yakın derecelerde meydana gelen bu durumda bitkiler  $-5$  ile  $-10$  °C'ye kadar dayanıklılık gösterdiği tespit edilmiştir. Kardeşlenme öncesinde bitkilerin kışa alışabilmeleri için  $1.5$  °C de  $12-20$  gün beklemeleri gerekir. Bu sürenin çok üstünde soğuklara maruz kaldıklarında bitkilerin hassaslaştığı görülmüştür (Taner ve Sade, 2005). Bitkilerin soğuğa toleransı çevre x genetik etkileşimine bağlı olarak bir çeşit özelliğidir. Buğdayda ıslah çalışmalarında önemli bir seleksiyon kaynağı olarak kullanılabilir.

İkincil soğuğa dayanıklılık dönemi birinci evreden hemen sonra başlamaktadır. Bu dönemde  $-3$  ile  $-5$  °C gibi düşük sıcaklıklarda ışıklı veya ışısız koşullarda meydana gelebilir. Bir hafta gibi bir sürede soğuğa dayanıklılık mukavemetlerinin artarak donlardan zarar görmeden kurtuldukları tespit edilmiştir. Ancak bir miktar sıcaklıkla birlikte bu dayanıklığın kaybedildiği ve

hassaslaştıkları görülmüştür. Bu durumun ortaya çıkmasında sıcaklık dışında birçok faktörün etkili olduğu belirtilmiştir. Buğday ve arpa çeşitleri ile yürütülen bir çalışmada tam kontrollü iklim odasında 16 saat/gün/ışık ve 8 saat/gün/karanlık şartlarda bırakılmıştır. Bitkiler 3–4 yapraklı olduklarında +4 °C soğuk testine tabi tutulmuşlar. Buğday ve arpa genotiplerinin tamamı 42 ile 49 günlük soğuğa alışma periyodunda en yüksek dayanıklılık performansı göstermişlerdir. Bu sürelerin altındaki veya üstündeki günlerde soğuğa dayanıklılıkları düşmüştür. Kırmızı taneli buğdayın beyaz taneli buğdaylardan soğuğa daha dayanıklı oldukları tespit edilmiştir. Soğuğa alıştırma testine tabi tutulmayan tüm genotipleri -3 °C ve daha düşük sıcaklıklarda zarar görmüşlerdir (Yıldırım ve ark., 2001).

Buğdayın düşük sıcaklık stresinden daha az etkilenmesinde alınacak kültürel uygulamalar önemli bir yere sahiptir. Bu amaçla iyi tarım uygulamalarından söz etmek faydalı olacaktır. Toprak ve bitki sağlığının korunmasının yanında gerekli besin maddelerinin yerinde ve zamanında karşılanması da önemlidir (Yang ve ark., 2020). Son yıllarda buğday ekim yapılan alanlarda malç kullanımı, biyoçar ve minimum toprak işleme yöntemleri gibi uygulamalar ile düşük sıcaklık stresinden korunma yollarından bazıları olarak sıralanmaktadır (Arif ve ark., 2014).

Düşük sıcaklık stresinin azaltılmasında gübrelerin önemli etkilere sahip olduğu bilinmektedir. Buğdayın düşük sıcaklıklara karşı dengeli bir fosfor gübrelenmesi soğuğa karşı direnç sağladığı tespit edilmiştir. Toprakta fosfor çözücü bakteriler (PSB) ve arbusküler mikorizal mantarlar (AMF) aşılması büyüme hızını artırarak soğuğa mukavemetin artmasına yardımcı olacaktır. Ayrıca fosfor çözücü bakterilerin pH dengeleme ve fosforun yararıyla formda bitkiler tarafından alınımında ve kök gelişiminde önemli vazifeleri olduğu belirtilmiştir. Düşük sıcaklık stresinde en az zarar ile atlatılmasında güçlü bir kök sisteminin varlığı önemli bir özelliktir (Khan et al., 2009).

## 5.SONUÇ

Buğday tarımında verimi ve kaliteyi sınırlayan en başlıca abiyotik faktörlerden biriside düşük sıcaklık stresidir. Bu çalışmada düşük sıcaklık stresinin morfolojik ve fizyolojik etkileri ile bunlara karşı dayanıklılık mekanizmalarından söz edilmiştir. Düşük sıcaklık stresi üzerine yürütülen çalışmalarda yaparak alan indeksinin azalmasına paralel olarak fotosentetik

kapasitede ve asimilat üretiminde düşüşler tespit edilmiştir. Asimilat üretimine paralel olarak karbonhidrat taşınımı azalmasına ve başakta sterilitenin artmasına neden olmaktadır. Düşük sıcaklık stresinin buğday üzerindeki etkileri bitkilerin gelişme dönemlerinin yanında stresin şiddeti ve süresine bağlı olarak değiştiği görülmüştür. Buğday düşük sıcaklık stresinin daha iyi anlaşılmasında tarla denemelerinin yanı sıra laboratuvar deneylerinin de birlikte yapılması konun anlaşılmasına yardımcı olacaktır. Buğdayda düşük sıcaklık stresine dayanıklılık çevre ve genotipik unsurların yanı sıra bazı kültürel uygulamalarında etkili ve önemli olduğu görülmüştür.

## 6. KAYNAKLAR

- Anonim, 2022. <https://arastirma.tarimorman.gov.tr/tepge/Belgeler/PDF> (Erişim tarihi: 10.05.2023).
- Anonim, 2023. <https://www.google.com/search?q=cold+damage+wheat> (Erişim Tarihi:10.05.2023)
- Aran A, Kıvanç F (1989) Konya ve Aksaray Ovası Koşullarında Buğday ve Arpanın Azot – Su İlişkileri ve Su Tüketimi. T.C. Tarım Orman ve Köyişleri Bakanlığı, Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğü, Konya Araştırma Enstitü Müdürlüğü Yayınları; Genel Yayın No: 131, Rapor Serisi No: 105, Konya.
- Arif, M., Ilyas, M., Riaz, M., Ali, K., Shah, K., Haq, I. U., et al. (2017). Biochar improves phosphorus use efficiency of organic-inorganic fertilizers, maize-wheat productivity and soil quality in a low fertility alkaline soil. *Field Crop Res.* 214: 25–37.
- Aroca, R., Porcel, R., and Ruiz-Lozano, J. M. (2012). Regulation of root water uptake under abiotic stress conditions. *J. Exp. Bot.* 63, 43–57.
- Chen, J. H., Liu, J. B., Zhang, X. J., Chen, S. Q., Huang, W., Chen, J., et al. (2019). Unstable little ice age climate revealed by high-resolution proxy records from northwestern China. *Clim. Dyn.* 53, 1517–1526.
- Frederiks, T. M., Christopher, J., and Borrell, A., (2004). "Investigation of post head-emergence frost resistance in several CIMMYT synthetic and Queensland wheats." in 4th International Crop Science Congress. eds. T. N. Fischer, J. Angus, L. McIntyre, M. Robertson, A. Borrell, D. Lloyd. September, 2004; Brisbane, Australia (Australia: Regional Institute Ltd.).
- Hickey, L. T., Hafeez, A. N., Robinson, H., Jackson, S. A., Leal-Bertioli, S. C. M., Tester, M., et al. (2019). Breeding crops to feed 10 billion. *Nat. Biotechnol.* 37, 744–754.
- Holman, J. D., Schlegel, A. J., Thompson, C. R., and Lingenfelter, J. E. (2011). Influence of precipitation, temperature, and 56 years on winter wheat yields in western Kansas. *Crop Manag.* 10, 1–10.
- IPCC (2021). *Climate Change 2021: The Physical Science Basis*. Cambridge: IPCC.

- Ji, H., Xiao, L., Xia, Y., Song, H., Liu, B., Tang, L., et al. (2017). Effects of jointing and booting low temperature stresses on grain yield and yield components in wheat. *Agric. For. Meteorol.* 243, 33–42.
- Khan, A. A., Jilani, G., Akhtar, M. S., Naqvi, S., and Rasheed, M. (2009). Phosphorus solubilizing bacteria: occurrence, mechanisms and their role in crop production. *J. Agri. Biol. Sci.* 1, 48–58.
- Kul, R., Ekinçi, M., Turan, M., Ors, S., and Yildirim, E. (2020). “How abiotic stress conditions affects plant roots,” in *Plant Roots*. ed. E. Yildirim (London: Intech Open), 6–10.
- Kün E (1996) Tahıllar-1 (Serin İklim Tahılları). Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları No: 1451, Ders Kitabı: 431, Ankara.
- Li, X., Cai, J., Liu, F., Dai, T., Cao, W., and Jiang, D. (2014). Cold priming drives the sub-cellular antioxidant systems to protect photosynthetic electron transport against subsequent low temperature stress in winter wheat. *Plant Physiol. Biochem.* 82, 34–43.
- Liu, L. L., Xia, Y. M., Liu, B., Chang, C. Y., Xiao, L. J., Shen, J., et al. (2020). Individual and combined effects of jointing and booting low-temperature stress on wheat yield. *Eur. J. Agron.* 113:125989.
- Mattila, H., Mishra, K. B., Kuusisto, I., Mishra, A., Novotna, K., Sebelä, D., et al. (2020). Effects of low temperature on photoinhibition and singlet oxygen production in four natural accessions of *Arabidopsis*. *Planta* 252, 1–17.
- Muhammad, A. H., Chen, X., Muhammad, F., Noor, M., Zhang, Y., Xu, H., et al. (2021). Cold stress in wheat: plant acclimation responses and management strategies. *Front. Plant Sci.* 12:676884.
- Roman-Figueroa, C., Bravo, L., Paneque, M., Navia, R., and Cea, M. (2021). Chemical products for crop protection against freezing stress: A review. *J. Agron. Crop Sci.* 207, 391–403.
- Sencar Ö, Gökmen S, Yıldırım A (1993) Tarımsal Ekoloji. T.C. Gaziosman Paşa Üniversitesi Ziraat Fakültesi Ders Notları Yayın No: 1, Tokat.
- Taner, S ve Sade, B., 2005. Düşük sıcaklığın serin iklim tahıllarına etkileri. *Bitkisel Araştırma Dergisi* (2005) 2: 19–28.
- TUİK, 2022. <https://data.tuik.gov.tr/Kategori/GetKategori?p=tarim>(Erişim tarihi: 10.05.2023).
- USDA, 2021. <https://www.usda.gov/>(Erişim tarihi: 10.05.2023).

- Valluru, R., Link, J., and Claupein, W. (2012). Consequences of early chilling stress in two *Triticum* species: plastic responses and adaptive significance. *Plant Biol.* 14, 641–651.
- Wang, S. G., Wang, Z. L., Wang, P., Wang, H. W., Li, F., Huang, W., et al. (2011). Evaluation of wheat freezing resistance based on the responses of the physiological indices to low temperature stress. *Acta Ecol. Sin.* 31, 1064–1072.
- Xu, H., Hassan, M.A., Sun, D., Wu, Z., Jiang, G., Liu, B., Ni, Q., Yang, W., Fang, H., Li, J., and Chen, X., 2022. Effects of Low Temperature Stress on Source–Sink Organs in Wheat and Phosphorus Mitigation Strategies. *Front. Plant Sci.* 13:807844. doi: 10.3389/fpls.2022.807844.
- Xue, M., Guo, T., Ren, M., Wang, Z., Tang, K., Zhang, W., et al. (2019). Constitutive expression of chloroplast glycerol-3-phosphate acyltransferase from *Ammopiptanthus mongolicus* enhances unsaturation of chloroplast lipids and tolerance to chilling, freezing and oxidative stress in transgenic *Arabidopsis*. *Plant Physiol. Biochem.* 143, 375–387.
- Yıldırım T, Olgun M, Küçüközdemir Ü, Partigöç F (2001) Soğuga Dayanıklılık Araştırma Projesi 3. Gelişme Raporu, Eskişehir
- Zhang, W., Wang, J., Huang, Z., Mi, L., Xu, K., Wu, J., et al. (2019). Effects of low temperature at booting stage on sucrose metabolism and endogenous hormone contents in winter wheat spikelet. *Front. Plant Sci.* 10:498.



## BÖLÜM 2

### YAPRAKLARI YENEN SEBZELERDE BİTKİ BÜYÜMESİNİ TEŞVİK EDEN RİZOBAKTERİLERİN KULLANIMI

Dr. Soner ÖNDER<sup>1\*</sup>,  
Arş. Gör. Lale ERSOY<sup>2</sup>,  
Zir. Yük. Müh. Yadigar Leyla DOĞAN<sup>3</sup>,

---

<sup>1\*</sup> Malatya Turgut Özal Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bahçe Bitkileri Bölümü, Malatya/Türkiye. soneronder91@hotmail.com (Orcid: 0000-0002-3798-8660)

<sup>2</sup> Malatya Turgut Özal Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bahçe Bitkileri Bölümü, Malatya/Türkiye. laleersoy@ozal.edu.tr (Orcid: 0000-0002-0215-704X)

<sup>3</sup> Malatya Turgut Özal Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bahçe Bitkileri Bölümü, Malatya/Türkiye. lyldgn8591@gmail.com (Orcid: 0000-0002-7404-5653)



## Giriş

Modern dünyada artan dünya nüfusu ile besin ihtiyacı giderek artmakta ve bu durum açlık tehlikesini tetiklemektedir. Bitkisel üretim içerisinde yer alan sebzeler, vitamin ve mineral madde bakımından insan sağlığının korunmasında ve beslenmesinde büyük önem arz etmektedir. Ancak tarım alanlarının amaç dışı kullanımı ve üretim alanlarının erozyon tehlikesi ile azalması yetiştiricilikte büyük bir sorun oluşturmaktadır. Bu durum karşısında izlenecek yolların başında birim alandan fazla ve kaliteli ürün elde etmektir. Bunun için üstün özellikli tohumlar kullanmak, üretim alanını genişletmek ve üretimi artırmak için yeni yöntemlerin uygulaması gerekmektedir (Karataş ve ark., 2005).

2022 yılı Türkiye’de sebze üretimi 31.589.309 tondur. Bunlar arasında yaprakları yenen sebzeler (lahana, marul, enginar, kereviz (sap), ıspanak, pazı, semizotu, maydanoz, roka, tere, nane ve dereotu) 2.012.801 ton ile ülkemizdeki toplam sebze üretiminin yaklaşık %6,4’ünü oluşturmaktadır (Tük, 2023). Yaprakları yenen sebzeler arasında en çok üretimi yapılan sebzelerin başında lahana, marul ve ıspanak yer almaktadır. Bu grupta yer alan sebzelerin yaprakları büyük önem arz etmektedir. Bu yaprakların zarar görmesi verim, kalite ve pazarlama sorunlarına yol açmaktadır (Barış ve ark., 2020). Sebze yetiştiriciliğinde son yıllarda kimyasal gübrelerin ve pestisitlerin bilinçsiz ve aşırı kullanımı maliyet artışının yanı sıra toprak yapısını olumsuz etkilemekte ve doğal dengeye zarar vermektedir. Ayrıca patojen ve zararlı popülasyonların artmasına sebep olmaktadır (Böckman, 1997; Saber, 2001). Buna karşın tarımsal üretimde verim ve kalite parametrelerini iyileştirmek için sürdürülebilir tarıma ilgi artmakta ve alternatif yöntem arayışları devam etmektedir. Bu arayışlar toprak yapısını düzelteren, çevreye zarar vermeyen, verim ve kalite artışı sağlayan özellikleri taşıması gerekmektedir (Uçar, 2021). Gübre kullanımının minimum, bitki büyüme ve gelişiminin ise maksimum seviyede olması için rizosferde bulunan değişik mikroorganizmalardan faydalanılmakta ve bitki büyümesini teşvik eden rizobakteriler biyolojik gübre olarak kullanılmaktadır (Vessey 2003; Çakmakçı 2005). Bu çalışmada yaprakları yenen sebzelere uygulanan bitki büyümesini teşvik eden rizobakterilerin bitki gelişimi ve verim, kalite parametrelerine etkilerinin belirlendiği çalışmalar verilmiştir.

## PGPR ve Etki Mekanizmaları

Bitki gelişimini teşvik eden rizobakteriler (PGPR-Plant Growth Promoting Rhizobacteria), ilk kez 1978 yılında kullanılmıştır (Kloepper ve Schroth, 1978). PGPR, kendi içerisinde simbiyotik yaşam sürdürenler (Rhizobium, Bradyrhizobium, Azorhizobium, Allorhizobium, Sinorhizobium ve Mesorhizobium) ve simbiyotik olmayan, serbest yaşayan bakteriler (Pseudomonas, Bacillus, Klebsiella, Azotobacter, Azospirillum, Azomonas) olmak üzere iki gruba ayrılmaktadır (Hayat ve ark., 2010; Ahemad ve Kibret 2014).

PGPR'ler (Bitki Büyümesini Teşvik Eden Rizobakteri), rizosferde bulunan, bitkilerin büyüme ve gelişmeleri üzerinde olumlu etki gösteren, bitkilerin vejetatif ve generatif gelişimini iyileştiren kök bakterileri olarak bilinmektedir (Altın ve Bora, 2005). Bu rizobakteriler, bitki gelişiminde doğrudan (Havadaki serbest azotu bağlama, fosforu çözme, enzim ve fitohormonları üretme) ve dolaylı (bitkide sistemik dayanıklılığı (ISR) artırması, patojen gelişimini baskılaması) olarak destekleyici etki göstermektedir (İmriz ve ark., 2014). Ayrıca kök sisteminde kolonize olarak hareket ederek bitki büyüme ve gelişimi üzerine birçok yararı bulunmaktadır. Bunlar sırasıyla tohumların çimlenmesi, kök gelişimi, bitkilerin su ve besin elementlerinden faydalanması örnek verilebilmektedir. Ayrıca çok iyi birer biyolojik savaş elemanı olarak da çalışabilmekte ve özellikle toprak kaynaklı hastalıklar başta olmak üzere bitki hastalıklarına karşı savunma mekanizmalarını da desteklemektedir (Çakmakçı, 2005; Tilak ve ark., 2005; Zhuang ve ark., 2007). Bununla birlikte rizobakteriler, bazı bitkilerde gübre kullanım miktarını düşürdüğü, gübre kullanım etkinliğini ise artırdığı bildirilmiştir (Adesemoye ve ark., 2009). Aynı zamanda kuraklık, tuzluluk ve oksidatif strese karşı tolerans sağlamaktadır (Saleem ve ark., 2007). Çoğunlukla tek yıllık sebzeler, süs bitkileri ve tahıllarda daha çok kullanılmaktadır (Bloemberg ve Lugtenberg 2001; Eşitken ve ark., 2003; Çakmakçı ve Erdoğan 2008). Ayrıca rizobakterilerin bitkiler üzerindeki büyümeyi teşvik edici aktiviteleri, biyokontrol ve aşılansız bitkide hastalık direncinin indüklenmesi, biyolojik azot fiksasyonu, fosfor çözünürlüğü ve fitohormon üretimi dahil olmak üzere çeşitli şekillerde açıklanabilmektedir (Mia ve ark., 2012). PGPR kullanımı, sürdürülebilir tarımın gelişmesini ve devamlılığını sağlamaktadır. PGPR uygulamaları öncelikle tek yıllık bitkilerde (tahıllar, endüstri bitkileri,

sebzeler, süs bitkileri gibi) başladığı, son dönemlerde ise çok yıllık bitkiler üzerindeki çalışmalarla devam ettiği bildirilmiştir (Vessey, 2003; Niranjiyan ve ark., 2006).

### **Yaprakları Yeneni Sebzelelelri Yetiştiriciliğinde Bitki Buiyumesini Teşvik Eden Rizobakterilerin Kullanımı İle İlgili Yapılmış alışmalar**

Bitki gelişimini teşvik eden rizobakteriler biyogiihre olarak kullanılmakta ve toprak yapısını iyileştirerek tarımsal iiretimi ve verimliliği arttırdığı daha iinceki yapılmış çalışmalarda saptanmıştır. Sebze yetiştiriciliğinde verimli ve kaliteli iiretim iin etkili faktiirlerin başında kaliteli tohum ve bu tohumlardan elde edilecek fideler yer almaktadır (Ekici ve ark., 2015). Yapılan bir çok çalışmada bitki biiyumesini teşvik eden rizobakterilerin kullanımı ile daha sağlıklı, pişkin ve giicli fidelerin iiretildiği, bununla birlikte standart fidelerin ise daha kısa siirede elde edildiği tespit edilmiştir (Vavrina 1999a; Vavrina 1999b; Kokalis Burella ve ark., 2003). Aynı zamanda tohum ve fidelere yapılan PGPR uygulamalarının zararlı mikroorganizmaları kontrol altına alarak stres koşullarında fideleri olumlu etkileyerek daha sağlıklı olmasını sağladığı bildirilmiştir (Giil ve ark., 2008; Ekici ve ark., 2015).

Azot fiksasyonu ve fosfat çizme iizellikleri olan farklı bakteri (*Herbaspirillum Huttiense*, *Virgibacillus Pantothenticus*, *Brevibacillus Parabrevis*) strainleri BT şamba çeşit kıvrıcık marul iizerinde uygulanmış ve hem petrihem de tarla koşullarında denenmiştir. Bitki iizerine uygulanan bu bakterilerin, karışımı (mix), giibre ve negatif kontrol i olmak iuzere 6 adet uygulama yapılmıştır. Çalışma sonucunda in vitro ortamda bakteri uygulaması yapılan tohumların, negatif kontrol uygulamasına giore daha hızlı çimlendiği bildirilmiştir. Bitki ağırlığında *B. Parabrevis* ve *V. Pantothenticus* strainlerinin diğer uygulamalara giore daha iyi sonuçlar verdiği tespit edilmiştir. Bitki çapına ait en yiiksek değerlerin *H. Huttiense*, *B. Parabrevis* ve *V. Pantothenticus* bakteri uygulamalarında saptanmıştır. Yaprak sayısında ise bakteri uygulamalarının, giibre ve negatif kontrol uygulamalarına karşı daha iyi sonuçlar verdiği giizlemlenmiştir (Alpago, 2019).

Ticari Mikrobiyal Giibre Sim Dermanın (*Trichoderma harzianum*, Kuen 1585) farklı dozları (0, 5, 10, 15 ve 20 g/L) işpanak bitkisine uygulanmış ve çimlenme, gelişim, verim parametreleri incelenmiştir. Çalışma sonucunda

*Trichoderma harzianum*'un uygulamalarının (10, 15 ve 20 g/L) ıspanak bitkisinde sırasıyla çimlenme ve çıkış oranı, bitki boyu, yaprak alanı, kök yaş ve kuru ağırlığı, gövde yaş ve kuru ağırlığı ve kök uzunluğunun kontrol uygulamasına göre daha iyi sonuçlar verdiği ve ayrıca verimi de artırdığı tespit edilmiştir (Özbay ve ark., 2018).

Açık alan (Great, Kıvırcık ve Iceberg çeşitleri) ve örtü altında (Chianti, Defne ve Bombolo çeşitleri) yetiştirilen üç çeşit salata ve farklı PGPR (kontrol, *Bacillus amyloliquefaciens* FZB42, *Pseudomonas fluorescens* CC44 ve *Pantoea agglomerans* CC37/2) izolatlarının marul üzerindeki verim ve kalite parametreleri incelenmiştir. Çalışma sonucunda PGPR uygulamalarının baş ağırlığı, baş çapı ve pH üzerinde istatistiksel olarak farklılık oluşturduğu gözlemlenmiştir. Açık alanda yaprak sayısı, baş ağırlığı, şçkm parametrelerinde en iyi sonuçların *Pantoea agglomerans* CC37/2 izolatında olduğu tespit edilmiştir. Örtü altında ise en yüksek değerlerin yaprak sayısı, baş ağırlığının *Pseudomonas fluorescens* CC44 izolatında, şçkmnin ise *Bacillus amyloliquefaciens* FZB42 izolatında saptanmıştır (Yıldız, 2019).

Tarla koşullarında yetiştirilen maydanoza dört farklı uygulama (kontrol (C), *T. harzianum* suşu T22 (T), *S. Fulvissimus* suşu AtB-42 (S) ve iki mikroorganizmanın bir kombinasyonu (S+T)) yapılmış ve çalışma sonucunda yararlı mikrobiyal uygulamaların bitki büyüme ve gelişmeyi olumlu etkilediği bildirilmiştir. Bununla birlikte kontrol uygulamasına kıyasla yapılan diğer tüm uygulamaların maydanozda bitki boyu ve taze ağırlığı artırdığı saptanmıştır (Staropoli ve ark.,2021).

Lahana fideleri üzerinde yapılan bir çalışmada bitki büyümesini teşvik eden rizobakterilerin giberellik asit, indol asetik asit ve salisilik asit hormonlarının içeriğini artırdığı bildirilmiştir. Bu artışın ise PGPR'ların azotu fikse etme, fosfat çözme ve hormon üretme kabiliyetinden olduğu bildirilmiştir. Rizobakteri (*Azospirillum*, *Pseudomonas* ve *Azotobacter*) uygulamalarının bakterilerin oksin salgılamasından dolayı bitkilerde tohum çimlenmesi ve fide gelişimi üzerine olumlu etkileri olduğu saptanmıştır (Asghar ve ark.,2002).

Organik marul yetiştiriciliği yapılan bir çalışmada PGPR uygulamalarının etkileri araştırılmış ve çalışma sonucunda polietilen sera içerisinde bitki gelişimini teşvik eden rizobakteri izolatlarının marul tohumlarının çimlenmesi ve fide gelişimi üzerinde olumlu etki gösterdikleri tespit edilmiştir (Malkoclu ve ark., 2016).

Lahana fidelerinin büyüme ve gelişimi üzerine yapılmış çalışmada, PGPR uygulamalarının (*Bacillus megaterium* TV-91C, *Pantoea agglomerans* RK-92 ve *Bacillus subtilis* TV-17C) kontrol uygulamasına göre fidelerin kök ve gövde kuru ağırlığı, yaprak alanı, gövde çapı ve fide boyu üzerinde daha iyi sonuçlar verdiği, bununla birlikte klorofil miktarı, kök ve yapraktaki makro ve mikro besin elementi içeriklerini artırdığı bildirilmiştir (Turan ve ark., 2014).

Topraksız ortamda roka ve tere yetiştiriciliği yapılmış ve mikrobiyal gübre (*Trichoderma harzianum*, Kuen 1585) kullanılmıştır. Çalışmada bitkilerin gelişme ve verim parametreleri incelenmiştir. Çalışmada *Trichoderma harzianum* şusu içeren mikrobiyal gübrenin farklı dozları (0, 5, 10, 15, 20 g/L) roka ve tere bitkileri üzerine uygulanmıştır. Çalışma sonucunda roka bitkisinde ticari mikrobiyal gübrenin sırasıyla bitki ve yaprak boyu, yaprak eni ve yaprak alanı, gövde yaş ve kuru ağırlığı, kuru madde içeriği, göreceli klorofil içeriği ve verimi kontrol uygulamasına göre artırdığı tespit edilmiştir. Şçkm ve yaprak sayısının ise istatistiksel olarak önemli bulunmadığı saptanmıştır. Tere bitkisinde ise ticari mikrobiyal gübrenin sırasıyla bitki boyu, gövde yaş ve kuru ağırlığı, göreceli klorofil içeriği, şçkm, verim üzerinde kontrol uygulamasına göre artırdığı gözlemlenmiştir. Yaprak sayısı, yaprak boyu, yaprak eni, yaprak alanı ve kuru madde içeriğinin ise istatistiksel olarak önemli bulunmadığı bildirilmiştir. Bununla birlikte roka ve tere bitkilerinde ticari mikrobiyal gübrenin 10 g/L dozunun bitki gelişim ve verim üzerinde yeterli olacağı bildirilmiştir (Emrebaş 2010).

Bitki gelişimini teşvik eden rizobakteri ajanlarının kullanılarak yapıldığı başka bir çalışmada *Bacillus subtilis* (GB03) straininin roka (*Eruca sativa*) bitkisinin gelişimini etkilediği, bitki ağırlığını ve uçucu yağ oranını yükselttiği bildirilmiştir (Chou ve ark.,2013).

Örtü altında kıvırcık marul (Bovary) ve göbekli marullara (Romabella) yararlı mikroorganizmalar uygulanmış ve verim kalite parametreleri incelenmiştir. Yapılan çalışmada belirli aralıklarda 10 ml/L dozunda sulama suyu ile birlikte mikrobiyal gübre olan Perla Vita A + su (%95) ve melas (%5) uygulaması yapılmıştır. Çalışma sonucunda yararlı mikroorganizma uygulaması göbekli marullarda (Romabella) baş ağırlığı ve çapını, kontrol grubuna göre sırasıyla %5,23 ve %10,97 oranında artırdığı saptanmıştır. Bununla birlikte göbekli marulların (Romabella) pazarlanabilir baş (%5,69) ve yaprak ağırlığını da (%6.56) artırdığı tespit edilmiştir. Kıvırcık marullarda

(Bovary) ise yapılan yararlı mikroorganizma uygulaması, pazarlanabilir yaprak sayısını, kontrole göre %10,4 oranında artırdığı, pazarlanamaz yaprak sayısı ve ağırlığını sırasıyla %21,3 ve %14,1 oranında azalttığı gözlemlenmiştir. Yararlı mikroorganizma uygulamasının her iki marul tipinde de yaprak rengine etkisi kontrole göre belirgin farklılıklar oluşturmadığı bildirilmiştir (Şen ve ark., 2016).

## SONUÇ

Son yıllarda tarım alanlarının amaç dışı kullanımı bitkisel üretimin azalmasında etkili olmuş ve bu durum üreticileri birim alandan fazla ürün almak için kimyasal girdilere (gübre, pestisit) yönlendirmiştir. Ancak yoğun olarak kullanılan bu kimyasalların toprak yapısını bozması, yer altı sularını kirletmesi, bitkilerde kalıntı meydana getirmesi, bitkilerin savunma mekanizmasını etkileyerek strese neden olması, insan ve hayvan sağlığını olumsuz etkilemesi ve doğal dengeye zarar vermesi gibi birçok olumsuzlukları beraberinde getirmektedir. Özellikle sağlık açısından yeşil aksamı tüketilen sebzelerin yetiştiriciliğinde gübreleme büyük önem arz etmektedir. Bu sebeple yaprakları yenen sebzelerde aşırı nitrat birikimi gözlemlenebilmekte ve bu durumun önüne geçmek için bilinçli ve dengeli gübreleme metotları tercih edilmesi gerekmektedir. Bu durum karşısında araştırmacılar, bitkisel üretimde verim ve verim öğelerini artırmak ve kimyasal girdilerin yan etkilerin önüne geçmek için farklı arayışlara yönelmiştir. Üretimi sınırlandıran faktörlerin önüne geçmek için biyolojik ajan üzerine yapılan araştırmalar büyük önem arz etmektedir. Bu arayışlardan biri olan PGPR uygulamaları sürdürülebilir tarımda bitki büyüme ve gelişmesine uyarıcı etki göstermekle birlikte verim ve kaliteyi artırıcı özelliklere sahiptir. Ayrıca hiçbir canlıya ve doğal dengeye zararı bulunmamaktadır. Bitki gelişimini teşvik eden rizobakteriler kimyasal gübre ve pestisitlere alternatif olarak üreticilerin kullanımına sunulmaktadır. Sürdürülebilir tarımın gelişmesi için rizobakterilerin çeşitli alanlardaki etkileri detaylı araştırılmalı ve kullanımı yaygınlaştırılmalıdır.



## KAYNAKLAR

- Adesemoye, A.O., Torbert, H.A., Kloepper, J.W., 2009. Plant Growth-Promoting Rhizobacteria Allow Reduced Application Rates of Chemical Fertilizers. *Microbial Ecology*, 58 (4), 921-929.
- Ahemad, M., Kibret, M., 2014. Mechanisms and Applications of Plant Growth Promoting Rhizobacteria: Current Perspective. *Journal of King Saud University – Science*, 26, 1-20.
- Alpago, Ö., 2019. Bitki Gelişimini Uyarın Kök Bakterilerinin (Pgrpr) Kıvrıcık Marul (*Lactuca Sativa Var. Crispa*) Yetiştiriciliğine Etkisi. Yüksek Lisans Tezi, Iğdır Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü. Iğdır.
- Altın, N., Bora, T., 2005. Bitki Gelişimini Uyarın Kök Bakterilerinin Genel Özellikleri ve Etkileri. *Anadolu J. of AARI*, 15 (2), 87-103.
- Asghar, H.N., Zahir, Z.A., Arshad, M., Khaliq, A., 2002. “Relationship between In Vitro Production of Auxinsbyrhizo Bacteria and Their Growth Promoting Activities in Brassicajuncea. L.”, *Bio. Fertil. Soil.*, 35: 231-237.
- Barış, A., Alkan, M., Yücel, C., Gök, N., 2020. Orta Anadolu Bölgesi’nde Yaprığı Yenen Sebzelere Görülen Zararlı Türlerin Belirlenmesi. *KSÜ Tarım ve Doğa Derg* 23 (6): 1466-1473.
- Böckman, O.C., 1997. Fertilizers and Biological Nitrogen Fixation As Sources of Plant Nutrients: Perspectives for Future Agriculture. *Plant and Soil*, 194, 11-14.
- Bloemberg, G.V, Lugtenberg, B.J.J., 2001. Molecularbas is of Plant Growth Promotion and Biocontrol by Rhizobacteria. *Current Opinion in Plant Biotechnology* 4, 343-350.
- Chou, M.Y., 2013. Soil Bacterium Bacillus Subtilis (GB03) Augments Plant Growth and Volatile Emissions in Eruca Sativa (Arugula) (Doctoraldissertation). Unpublished Master’s Thesis, Texas Tech University, United States of America. 98.
- Çakmakçı, R., 2005. Bitki Gelişimini Teşvik Eden Rizobakterilerin Tarımda Kullanımı. Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 36 (1), 97-107.
- Çakmakçı, R., Erdoğan, Ü.G., 2008. Organik Tarım. Atatürk Üniv. Zir. Fak. Ders Yay. No:236, Erzurum, 355 s.

- Ekici, M., Yıldırım, E., Kotan, R., 2015. Bazı Bitki Gelişimini Teşvik Eden Rizobakterilerin Brokoli (*Brassica Oleraceae L. var. italica*) Fide Gelişimi ve Fide Kalitesi Üzerine Etkileri. Akdeniz Univ. Ziraat Fak. Derg. 28(2):53-59.
- Emrebaş, N., 2010. Topraksız Ortamda Roka ve Tere Yetiştiriciliğinde Mikrobiyal Gübre (*Trichoderma Harzianum*, Kuen 1585) Uygulamasının Bitki Gelişimi ve Verimi Üzerine Etkileri. Yüksek Lisans Tezi, Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü. Kahramanmaraş.
- Eşitken, A., Ercisli, S., Şevik İ, Sahin, F., 2003. Effect of Indole-3- Butyric Acid and Different Strains of Agrobacterium Rubi on Adventitive Root Formation from Soft Wood and Semi-Hard Wood Wild Sour Cherry Cuttings. Turk J Agric for 27 (2003) 37-42, TÜBİTAK.
- Hayat, R., Ali, S., Amara, U., Khalid, R., Ahmed, I., 2010. Soil Beneficial Bacteria and Their Role in Plant Growth Promotion: A Review. Ann Microbiol, 60, 579-598.
- İmriz, G., Özdemir, F., Topal, İ., Ercan, B., Taş, M.N., Yakışır, E. ve Okur, O., 2014. Bitkisel Üretimde Bitki Gelişimini Teşvik Eden Rizobakteri (Pgpr)'ler ve Etki Mekanizmaları. Elektronik Mikrobiyoloji Dergisi TR, Cilt:12, Sayı:2, Sayfa:1-19.
- Gül, A., Kıdoğlu, F., Tüzel, Y., Tüzel, H.I., 2008. Effects of Nutrition and *Bacillus Amyloliquefaciens* on Tomato (*Solanum Lycopersicum L.*) Growing in Perlite. Spanish J. Agri. Res., 6(3): 422-429.
- Karataş, A., Padem, H., Ünlü, H., Ünlü, H. 2005. Sera ve Tarla Koşullarında Yetiştirilen Bazı Sırik Domates Çeşitlerinin Verim ve Kalite Özelliklerini Karşılaştırılması. Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 9(2): 42-49.
- Kloepper, J.W., Schroth, M.N., 1978. Plant Growth Promoting Rhizobacteria on Radishes. In proceedings of the Fourth International Conference on Plant Pathogenic Bacteria, Vol.2 pp 879-882.
- Kokalis-Burelle, N., Vavrina, C.S., Reddy, M.S., Kloepper, J.W., 2003. Amendment of Muskmelon and Watermelon Transplant Media with Plant Growth-Promoting Rhizobacteria: Effects on Disease and Nematode Resistance, Horttechnology, 13: 476-482.

- Malkoçlu, M. C., Tüzel, Y., Öztekin, G. B., Özaktan, H., Yolageldi, L. 2016. Effects of Plant Growth-Promoting Rhizobacteria On Organic Lettuce Production. In III International Symposium on Organic Greenhouse Horticulture, 1164: 265- 277.
- Mia, M.A.B, Shamsuddin, Z.H., Mahmood, M., 2012. Effects of Rhizobia and Plant Growth Promoting Bacteria in Oculation on Germination and Seedling Vigor of Lowland Rice. Afr J Biotechnol 11: 3758–3765.
- Niranjiyan RAJ, S., Shetty, H.S., Reddy, M.S., 2006. Plant Growth Promoting Rhizobacteria: Potential Gren Alternative For Plant Productivity. PGPR: Biocontrol and Biofertilization. Edited by Zaki A. Siddiqui. P 197-216, Springer, The Netherlands.
- Özbay, N., Ergun, M., Demirkıran, A.R., 2018. Ticari Mikrobiyal Gübre Sim Derma® (Trichodermaharzianum, Kuen 1585) Uygulamasının Ispanakta Çimlenme, Gelişme ve Verim Üzerine Etkisi. Türk Tarım ve Doğa Bilimleri Dergisi 5(4): 482–491, 2018.
- Saber, M.S.M., 2001. Clean Biotechnology for Sustainable Farming. Engineering in Life Sciences, 1 (6), 217-223.
- Saleem, M., Arshad, M., Hussain, S., Bhatti, A.S., 2007. Perspective of Plant Growth Promoting Rhizobacteria (PGPR) Containing ACC Deaminase in Stres Agriculture, J Ind Microbiol Biotechnology, 34: 635-648.
- Staropoli, A., Vasseti, A., Salvatore, M.M., Andolfi, A., Prigigallo, M.I., Bubici, G., Scagliola, M., Salerno, P., Vinale, F., 2021. Improvement of Nutraceutical Value of Parsleyleaves (*Petroselinum crispum*) Upon Field Applications of Beneficial Microorganisms. Horticulturae 2021, 7, 281.
- Şen, F., Teksür, P.K., Okşar, R.E., Güleş, A. ve Aşçıoğlu, T.K., 2016. Yararlı Mikroorganizma Uygulamasının Marul Verim ve Kalite Özellikleri Üzerine Etkisi. Adnan Menderes Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 13(1): 35-40.
- Tilak, K.V.B.R., Ranganayaki, N., Pal, K.K., De, R., Saxena, A.K., Shekhar Nautiyal, C., Mittal, S., Tripathi, A.K., Andjohri, B.N., 2005. Diversity of Plant Growth and Soil Health Supporting Bacteria, Currentscience, Vol. 89, No. 1, 2005.
- Turan, M., Ekinci, M., Yildirim, E., Güneş, A., Karagöz, K., Kotan, R., Dursun, A., 2014. Plant Growth-Promoting Rhizobacteria Improved Growth,

- Nutrient, and Hormone Content of Cabbage (*Brassica Oleracea*) Seedlings. *Türkish J. Agri. For.*, 38: 327-333.
- TÜİK (Türkiye İstatistik Kurumu) 2023. <https://data.tuik.gov.tr/Bulten/Index?p=Bitkisel-Uretim-Istatistikleri-2020-33737> (Erişim tarihi: 25.04.2023).
- Uçar, Ö., 2021. Tahıl Yetiştiriciliğinde Bitki Gelişimini Teşvik Eden Bakterilerin Kullanımı. 2. Uluslararası Çukurova Tarım ve Veterinerlik Kongresi 4-5 Ocak 2021/Adana.
- Vavrina, C.S., 1999a. The Effect of LS213 (*Bacillus Pumilis*) on Plant Growth Promotion and Systemic Acquired Resistance in Muskmelon and Watermelon Transplants and Subsequent Field Performance. *Proc. Intl. Symp. Stand Establishment.*, P.107-111.
- Vavrina, C.S., 1999b. Plant Growth Promoting Rhizobacteria Via a Transplant Plug Delivery System in The Production of Drip Irrigated Pepper. *Institute of Food and Agricultural Sciences, SWFREC Station Report-Veg.*, 99.6.
- Vessey, J.K., 2003. Plant Growth Promoting Rhizobacteria as Biofertilizers, *Plant and Soil* 255-571-586.
- Yıldız, M.A., 2019. Farklı Baş Salata (*LactucaSativa Var. Capitata*) Çeşitlerinde Pgpr Kullanımının Verim Ve Kalite Üzerine Etkileri. Yüksek Lisans Tezi, Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü. Van.
- Zhuang, X., Chen, J., Shim, H., Bai, Z., 2007. New Advances in Plant Growth Promoting Rhizobacteria for Bioremediation. *Environment International*, 33(3), 406-413.

## BÖLÜM 3

### YEM BİTKİLERİNDE KARBON METABOLİZMASI

Musa ÇEVİK<sup>1</sup>,  
Doç. Dr. Medine COPUR DOĞRUSÖZ<sup>1</sup>

---

<sup>1</sup>Yozgat Bozok Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarla Bitkileri Bölümü,  
ankamucevik@gmail.com, Orcid ID: 0000-0002-7634-2889  
medine.copur@yobu.edu.tr, Orcid ID: 0000-0002-9159-1699



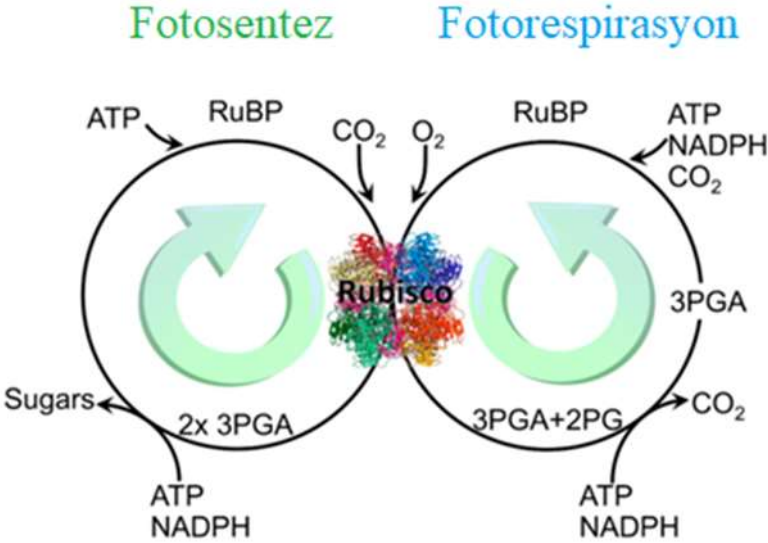
## GİRİŞ

Yem bitkilerinin karbon (C) metabolizması, yapraklarda fotosentetik aktivite ile başlayan atmosferdeki CO<sub>2</sub>'i solunum, büyüme ve depolama için şekerlere dönüştürmek amacıyla yapılan fizyolojik bir olaydır. Karbon metabolizması, atmosferdeki karbondioksitin yeşil yapraklar tarafından yakalanmasına ve yararlı bileşikler üretmek için hücresel ve doku düzeyinde fotosentez süreçlerinden geçirilmesine odaklanmaktadır. Çayır mera ve yem bitkilerinin yaprak boyutu, şekli ve fotosentetik kapasitesi bakımından belirgin şekilde farklılık gösterir. Bu bitkiler tarafından tutulan güneş enerjisi miktarı ve fotosentez ürünleri çeşitli bitki kısımlarında nasıl tahsis edildiği ve kullanıldığı ve bunların artırılması karbon metabolizmasına bağlıdır. Karbonhidratlar, meristematik alanlarda yeni büyümenin sentezi için hücresel enerji ve karbon zincirleri sağlamak üzere solunum için de görev yapmaktadır. Solunum, bitki bünyesindeki şeker ve mineral maddelerin alınmasıyla ilişkili fizyolojik aktiviteyi yürütmekte ve buda bitkilerin abiyotik ve biyotik streslere karşı direnç geliştirmesi için gerekli kaynağı sağlamaktadır. Selüloz ve hemiselülozun yaklaşık %40' ı C'dan oluşmakta ve C proteinlerin, lignin ve lipidlerin ana bileşenidir. Ayrıca karbon bileşikleri ve toprak mineralleri yem veriminin yaklaşık %95'ini oluşturduğu için karbon metabolizması oldukça önemli bir konudur.

## FOTOSENTEZ VE FOTOESPİRASYON

Bitkilerde fotosentez ( $6 \text{ CO}_2 + 6 \text{ H}_2\text{O} + \text{ışık} \rightarrow \text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6 + 6 \text{ O}_2$ ) yeşil yaprakların güneş enerjisini kimyasal enerjiye dönüştürerek inorganik maddelerden organik besin maddesi sentezlemesidir. Fotosentez havadaki CO<sub>2</sub>'yi yakalama, şekere ve diğer ürünlere dönüştürme sürecinin başlangıcı olduğu için kritiktir bir süreçtir. Fotosentez, güneş ışığını emerek birincil pigment olan klorofil sayesinde yeşil hücrenin kloroplastında başlar. Kloroplastlar ayrıca ksantofiller, karotenoidler ve ışığı emen ve başlangıçta CO<sub>2</sub>'i organik maddelere dönüştürebilen yüksek enerjili bileşikler olarak elektronları aktive eden pigmentleri içerir. Bu pigmentler fotosentez için elektronları aktive etmek üzere gelen 400 ve 700 nm dalga boylarındaki ışınların yaklaşık %70'ini absorbe eder. Absorbe edilemeyen ışınların yaklaşık %10'u hücre duvarları gibi fotosentetik olmayan doku tarafından emilir, %10'u atmosfere geri yansıtılır ve % 10'u hava yoluyla dağılır (Woolley, 1971).

Arazide CO<sub>2</sub> hava konsantrasyonu yaklaşık olarak 410–420 ppm'dir ve bu değer küresel ısınma ile devamlı olarak artmaktadır. Işıқта, mezofil hücrelerindeki aktif kloroplastlar iç konsantrasyonunu 60 ppm'e veya altına düşürdüğünde stomalar yaprağa CO<sub>2</sub> difüzyona izin vermek için açılır. Işık, CO<sub>2</sub>'in stomalardan ve hücre arası boşluklardan mezofil hücrelerinde difüzyonuna neden olur. Daha sonra sıvı sitoplazma yoluyla, CO<sub>2</sub>'nin yakalandığı ve hücrelerde kullanılmak üzere şekerlere ve diğer moleküllere metabolize edilen 3-karbonlu bir aside dahil edildiği kloroplasta hareket eder. Hüresel ihtiyacın fazlası olan şekerler bitkinin diğer bölgelerine taşınarak nişasta veya fruktan olarak depolanır.



**Şekil1.** Fotosentez ve Fotorespirasyon reaksiyonu. *Kaynak: Shi ve Bloom (2021).*

Fotorespirasyon, fotosolüm veya oksidatif fotosentetik karbon döngüsü olarak bilinen ve fotosentezin ilk enzimi olan ribuloz-1,5-bifosfat karboksilaz/oksijenaz (Rubisco) karbondioksit yerine oksijenle reaksiyona girdiği bir işlemdir. Fotosentez sürecinde yenilenen RuBP başına 3 ATP ve 2 NADPH harcar ve heksoz yapıda bir karbon üretir (Foyer ve ark., 2009), oysa fotorespirasyonun oksijenasyon yolunun, yenilenen RuBP başına 3.5 ATP ve 2 NADPH (Şekil 1) harcadığı ancak ek organik karbon üretmediği bilinmektedir (Betti ve ark., 2016; Walker ve ark., 2016). Fotorespirasyon ise ATP üretmeden



organik karbonu oksitlediği için, fotosolunum genellikle boşa giden bir süreç olarak kabul edilir. Fotorespirasyon C3 bitkilerinde fotosentez verimliliğini düşürdüğü bilinmektedir. Fotorespirasyon oranını düşürmek avantajlı görünse de bu reaksiyonunu bozmak genellikle bitkiler için zararlıdır (Timm ve Bauwe, 2013). CO<sub>2</sub> 'nin fotorespirasyondan yeniden özümsemesi (Busch ve ark., 2012) ve bitkilerin tuzluluk (Eisenhut ve ark., 2017) ve yüksek CO<sub>2</sub> (Ziotti ve ark., 2019) gibi koşullara dirençli olmasında önemli rol almaktadır.

Solunum, oluşan ürünlerin sentez hızı ve bileşimi ile bağlantılıdır (Amthor, 1994). Solunumla nişasta, selüloz veya fruktan gibi 1.0 g karbonhidrat bileşimini sentezlemek için yaklaşık 1.2 g, 1.0 g protein için yaklaşık 1.8 g, 1.0 g lipit veya yağ için 3.0 g ve 1.0 g lignin sentezlemek için yaklaşık 2.1 g glikoz gerektiğini bildirmiştir. Organik asitler glikozdan daha fazla oksitlenir, bu nedenle 1.0 g organik asit sentezlemek için yalnızca 0.9 g glikoz gerekir. Yem bitkileri yaprakları genel olarak protein içeriği daha yüksektir, ancak proteini düşük, lignin içeriği daha yüksek olan sapların oluşması daha yüksek glikoza ihtiyaç duyar. Kökler hem protein hem de lignin açısından daha düşük konsantrasyonlara sahiptir ve genel olarak en düşük glikoza sahiptir (Poorter, 1994). Mısır ve buğdaygil yem bitkileri tohumları esas olarak nişastadır ve sentez maliyetleri düşük, ancak protein oranı yüksek olan baklagil tohumlarının sentez maliyeti daha yüksektir. Soya fasulyesinin tohumu ise esas olarak yağ ve proteinden oluştuğu için sentez maliyeti çok daha fazladır.

Hayvanlar gibi bitkiler de büyümeyen dokularını korumak için solunuma ihtiyaç duyarlar. Ayrıca hücrelerin, hücrede kullanılmak üzere ATP ve NADH üretmek, DNA gibi bileşenleri onarmak ve proteinleri yeniden sentezlemek için solunum yapması gerekir. Proteinler, özellikle yüksek sıcaklıklarda kademeli olarak bozulur ve temel hücre fonksiyonlarını sürdürmek için yeniden sentezlenmeleri gerekir. Solunum yeni dokunun inşası ile ilişkili olup büyüme için aktif olan meristemlerde ve depolama bileşiklerini sentezleyen, kuru ağırlığı artıran depolama organlarında meydana gelir. Mineraller ağırlık artışı için büyüme bileşenine aktarıldıkları için hücre içindeki konsantrasyonun dışarıdakinden daha yüksek olması gerekir. Bu da mineral iyonlarını dışarı sızdıklarında hücreye geri pompalamak için solunum gerektirir. Yem bitkilerinde solunumu azaltmanın verim üzerine etkisi incelenmiş (Wilson ve Jones, 1982), ancak verimde ciddi bir artış gözlenmemiştir (Robson, 1982;

Pilbeam ve Robson, 1992). Ayrıca solunumun azaltılması, bitkiler üzerinde hastalık direncinin azalması ve çevre değişikliklerine uyum sağlama yeteneğinin azalması gibi zararlı etkilere sahip olduğu bildirilmiştir (Amthor, 1989).

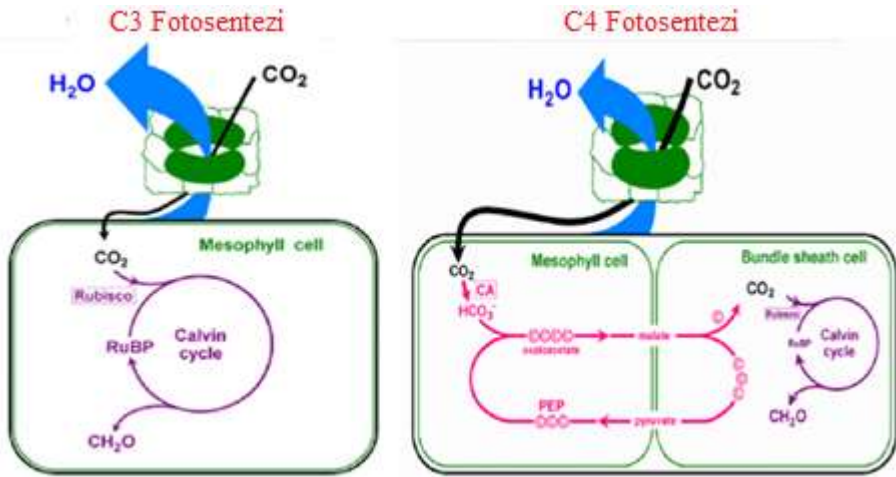
C3 bitkisi olan buğday yapraklarında, CO<sub>2</sub> seviyeleri arttıkça ve nitrojen kaynağı amonyum yerine nitrat olduğunda Mn<sup>2+</sup> /Mg<sup>2+</sup> arttığı bildirilmiştir (Bloom ve Kameritsch, 2017). Sürgünlerdeki amino asitlere nitrat asimilasyonu büyük ölçüde fotorespirasyona bağlı olarak değiştiği için yüksek CO<sub>2</sub> ve nitrat beslenmesi altında amino asit üretimi yavaşlamaktadır. Fotorespirasyon, etkileri nispeten küçük olmasına rağmen kükürt asimilasyonunu uyarmaktadır. Fotorespirasyon azaldıkça kükürt asimilasyonu azalmaktadır (Abadie ve Tcherkez, 2019). Kükürt, bitki beslenmesi için çok önemli bir mikro elementtir ve hayvan beslenmesi için kesinlikle veya koşullu olarak gerekli olan sülfopidlerin, antioksidanların, kofaktörlerin, ikincil metabolitlerin ve amino asitlerin biyosentezi için gereklidir .

## **YEM BİTKİLERİNİN KARBON DÖNGÜSÜ; ANATOMİK VE BİYOKİMYASAL FARKLILIKLARI**

Büyüme hızı, öncelikle hücre bölünmesi, hücre uzaması ve ikincil hücre ile duvar oluşumu ile ilgili olan enzimatik reaksiyonların oranlarına ve turgor basıncına bağlıdır. Bitkinin çeşitli kısımlarında ve depolama organlarında büyüme süreçlerini düzenleyen fizyolojik faktörler nedeniyle büyüme oranı düşük ve yüksek sıcaklıklarda farklılık gösterir. Bu nedenle bitkilerin büyüme ve gelişmesi genetik ve çevre faktörlerinden etkilenir.

Yem bitkileri sıcaklık isteklerine göre, genellikle serin iklim (optimum 20–25 °C) ve sıcak iklim (optimum 28–35 °C) türleri olarak tanımlanırlar. Hem soğuk hem de sıcak iklim türlerinin büyüme süreçleri, solunum ve yeni büyüme için karbon bileşiklerinin sentezi için substrat görevi gören, esas olarak fotosentezden elde edilen karbondhidratlar olmak üzere karbon bileşiklerine bağlıdır. Serin iklim yem bitkileri, baklagiller ve diğer birçok bitki, fotosolunum ışık kaynaklı CO<sub>2</sub> kaybı içeren 3 karbonlu (C3) fotosentetik yola (C3) sahiptir. C3 fotosentetik sistemine sahip bitkiler CO<sub>2</sub>'in ilk ürünü olan fiksasyonunun 3-karbonlu bir asit, yani 3-fosfogliserik asit (3-PGA) olması sebebiyle bu ismi almıştır (Şekil 2). C3 fotosentezindeki anahtar rol alan enzim (ribuloz bisfosfat karboksilaz/oksijenaz “RuBP karboksilaz”) aktif bölgesinin

yakınındaki solüsyonda  $\text{CO}_2$ 'i doğrudan sabitler (Şekil 2).  $\text{CO}_2$  sahip olduğu hız ile RuBP karboksilazın aktif bölgeye taşır ve 5 karbonlu bir şeker olan ribuloz bisfosfat ile reaksiyona girerek iki 3-PGA molekülü oluşturur. Daha sonra enzimatik adımlarda kullanılan 6-karbonlu şekerler oluşturmak için kullanılır. Fakat fotoresirasyon sürecinde atmosferdeki  $\text{O}_2$ , RuBP karboksilaz aktif bölgesinde  $\text{CO}_2$  ile rekabetçi bir şekilde reaksiyona girmektedir. Bu durum fotoresirasyon sürecinde ekstra bir enerji kaybına sebep olur. Bu enerji israfı genellikle bitki potansiyel fotosentez ürününün % 20-30'unu tüketmektedir. Ayrıca yüksek sıcaklıklarda ise bu tüketim %50'ye kadar çıkabilir (Peterhansel ve Maurino, 2011). Enerji israfının diğer bir sebebi fotosentez için kullanılabilir  $\text{CO}_2$ 'in iz miktarda (% 0.037) olması gösterilebilir. Fakat son zamanlarda atmosferdeki  $\text{CO}_2$  miktarının artmasıyla C3 yem bitkilerinde verim artışlarında gözlenmiştir.



Şekil 2. C3 ve C4 bitkilerinde karbon döngüsü

C3 bitkilerinde fotoresirasyon hızı düşük sıcaklıklarda ( $<10\text{ }^\circ\text{C}$ ) nispeten düşük, ancak yüksek sıcaklıklarda belirgin şekilde artar. Sıcak ve soğuk mevsim baklagilleri ve otların hepsinde fotosolunum olmasına rağmen soya fasulyesi ve çok yıllık sıcak mevsim baklagilleri şeker dağılımını ve çeşitli büyüme süreçlerinin hızlarının düzenlenmesini değiştirerek yüksek sıcaklıkta işlev görece şekilde kademeli olarak uyarlanmıştır. Yonca fotosolunum özelliğine sahip olduğu, ancak çok geniş bir sıcaklık adaptasyonu aralığını

koruduğu için soğuk mevsim baklagilleri arasında benzersiz bir özelliğe sahiptir (Bula ve Massengale, 1972).

**Tablo 1.** C3 ve C4 baklagil ve buğdaygil yem bitkilerinin farklılıkları

Özellikler	Sıcak iklim C4 buğdaygil yem bit.	Sıcak iklim C3 baklagil yem bit.	Serin iklim C3 buğdaygil yem bit.	Serin iklim C3 baklagilleri yem bit.
Türler	<i>Panicum,</i> <i>Pennisetum,</i> <i>Sorghum,</i> <i>Seteria</i>	<i>Stylosanthes,</i> <i>Vigna,</i> <i>Desmodium,</i> <i>Macroptilium</i>	<i>Festuca,</i> <i>Lolium,</i> <i>Dactylis,</i> <i>Agropyron,</i> <i>Bromus</i>	<i>Trifolium,</i> <i>Medicago,</i> <i>Onobrychis,</i> <i>Lotus</i>
CO2 enzimi	PEP karboksilaz	RuBP karboksilaz	RuBP karboksilaz	RuBP karboksilaz
CO2 fiksasyonunun ilk ürünü	4 karbonlu organik (oksaloasetat) asit	3-fosfogliserik asit	3- fosfogliserik asit	3- fosfogliserik asit
Demet kını hücreleri	Var	Yok	Yok	Yok
CO2 konsantrasyonu	0–10 ppm	40–100 ppm	40–100 ppm	40–100 ppm
Maksimum Fotosentesin ışık yoğunluğu	Sınır Yok	Yaklaşık tam ışıklandırmanın 1/3	Yaklaşık tam ışıklandırmanın 1/3	Yaklaşık tam ışıklandırmanın 1/3
Fotorespirasyon	Yok	%15–30 C kaybı	%15–30 C kaybı	%15–30 C kaybı
İşık kullanım verimliliği ( $\mu\text{g}$ CO <sub>2</sub> J <sup>-1</sup> PAR)	15.7	9.3	10	6.3
Kuru madde oluşumu	4.5	-	3.1	1.9
Yaprak fotosentetik oranı ( $\mu\text{mol CO}_2$ m <sup>-2</sup> s <sup>-1</sup> )	61	24	17	21
Stoma direnci (m <sup>2</sup> s mol <sup>-1</sup> )	2.3	2.3	5.8	-
Su kullanım verimliliği, kg H <sub>2</sub> O kg <sup>-1</sup> KM	220–840	350–1100	600–1800	400–1250

\*Kaynak; Ludlow, (1985); Erickson ve ark., (2012); Zhang ve ark., (2018); Fairbourn (1982); Bell ve ark., (2013); Power, (1985); Saeed and El-Nadi, (1997); Bauder ve ark., (1978); Bolger and Matches, (1990); Grimes ve ark., (1992).

Genel olarak, hem serin hem de sıcak iklim türleri klorofil kullanarak ışığı absorbe etme konusunda benzer kapasiteye sahiptir ancak CO<sub>2</sub>'nin şekerlere fiksasyonu önemli ölçüde farklılık gösterir (Tablo 1). Sıcak mevsim yem bitkilerinde fotosentez fotosolunumdaki tüketimi azaltarak, bu türlerin sıcak ve kuru iklimlerde gelişmesine imkan sağlayan farklı bir sisteme sahiptir (Sage ve ark., 2012).

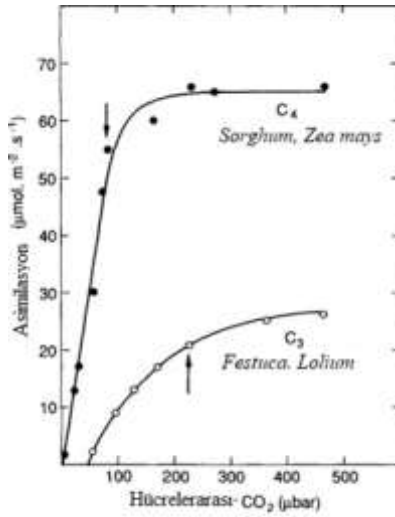
C4 fotosentezine sahip olan sıcak mevsim yem bitkileri CO<sub>2</sub> biriktirebilen özel bir CO<sub>2</sub> konsantrasyonuna sahiptir. Mezofil hücrelerinde yoğunlaştırma sürecinde karbonik anhidraz (CA) enzimini kullanarak ilk önce sitoplazmada karbonik asit (HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>) oluşturmak için CO<sub>2</sub>'i biriktirir. Fosfenolpiruvat karboksilaz (PEPc) enzimi, RuBP karboksilazından farklı olarak O<sub>2</sub> ile reaksiyona girmez, yani fotorespirasyon olmaz ya da çok düşük gerçekleşmektedir. PEPc, C4 fotosentezinin ilk ürünü olarak 4 karbonlu bir asit (oksaloasetat, OAA) oluşturmak için karbonik asitten 3 karbonlu bir aside CO<sub>2</sub> aktarır. OAA kolayca malat veya aspartata (türe bağlı) dönüştürülebilir ve demet kını hücrelerine taşınabilir. Demet kını hücrelerinde CO<sub>2</sub>' i 4 karbonlu asitten ayırır ve 3 karbonlu asit tekrar oluşur. Bu süreçte, C4 türlerinin demet kını hücrelerindeki CO<sub>2</sub> konsantrasyonu C3 türlerinin mezofil hücrelerinkinden çok daha yüksektir. Bu nedenle C4 türlerindeki RuBP karboksilaz, neredeyse yalnızca CO<sub>2</sub> ile reaksiyona girer ve böylece fotorespirasyon etkili bir şekilde ortadan kalkar.

C3 ve C4 bitkilerinin iki ana fotosentetik enzimleri işlevsel olarak farklı olmasının yanı sıra boyut ve diğer özellikler bakımından da farklılık gösterir. C3 bitkilerindeki RuBP karboksilaz çok büyük bir moleküldür, ancak yavaş reaksiyona girmesi sebebi ile fazla sayıda enzime ihtiyaç duymaktadır. RuBP karboksilaz C3 bitkilerini yapraklarındaki toplam proteinin yaklaşık %50'sini oluşturan, doğada ve kloroplastlarda en yaygın bulunan proteindir. C4 türlerinin mezofil hücreleri ise, RuBP karboksilazından yaklaşık %70 daha büyük ve daha aktif bir proteine sahiptir. Ayrıca fotorespirasyon olmaması nedeniyle enerji kaybı daha düşük ve C4 demet kını hücrelerinde RuBP karboksilaz daha düşüktür. Bu nedenle C4 bitkilerindeki yaprak protein konsantrasyonu, C3

bitkilerinden genellikle daha düşüktür (von Caemmerer, 2000; Barbehenn ve ark., 2004).

C3 bitkilerinde yaprak sıcaklığı arttıkça O<sub>2</sub>'nin çözünürlüğü azalır ve bu bağlı olarak artan fotorespirasyon ile enerji tüketimi artar. Sıcaklık 30 °C yada üzerine çıktığında fotorespirasyon oksijenin %40'ını kullanır ve fotorespirasyon %50' yi geçebilir. Bu durum C3 bitkilerinin verimliliğini ve hayatta kalmasını olumsuz yönde etkileyen önemli bir unsurdur (Volenc ve ark. 1984).

C4 bitkilerinin çoğu, C3 bitkilerine göre daha az stomaya sahiptir. Bu fotosentez sırasında CO<sub>2</sub> yapraklara yayılırken stomalardan daha az su kaybetmesine ve bitkilerin hem sıcak hem de kuru ortamlara daha iyi uyum sağlamasını sağlar. C3 ve C4 bitkilerinin hücreler arası CO<sub>2</sub> miktarına göre asimilasyonla verdiği tepki Şekil 3' de verilmiştir. C3 bitkilerinin fotosentezi C4 bitkilerine göre genellikle yüksek hücreler arası CO<sub>2</sub> ile gerçekleşmesi C4 bitkilerinin büyümesini, verimini ve rakabet gücünü artırmaktadır. Ayrıca hücreler arası CO<sub>2</sub> konsantrasyonu ve belirli bir fotosentez hızı için C4 bitkilerinde C3 bitkilerinden daha düşük olabileceği ve bunun sonucunda da düşük stoma iletkenliği anlamına da gelmektedir. Bu sebeple C4 bitkileri düşük terleme ve yüksek su kullanım verimliliğine sahiptirler. Bu nedenle C4 yem bitkileri C3 bitkilerinin uzun vadeli su kullanım verimliliğinin yaklaşık iki katına sahiptir. Ayrıca C4 bitkilerinde nitrojen verimliliği de oldukça yüksektir (Edwards ve ark., 1985).



**Şekil 3.** C3 ve C4 bitkilerinin hücreler arası CO<sub>2</sub> miktarına göre asimilasyonla verdiği tepki (Kaynak: Bowyer ve Leegood,1997)

C3 bitkileri tam ışıklandırmanın yaklaşık % 30'unda (600 µmol fotonlar m<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup>) fotosentez hızlanır ve % 50 de en yüksek seviyeye ulaşır. C4 bitkilerinde ise tam ışıklandırmaya (2000 µmol fotonlar m<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup>) kadar fotosentez hızı artarak devam eder ve sınırlanmaz. C3 türlerinin fotosentez için optimum sıcaklık isteği C4 türünden daha düşüktür. Bu durum C3 bitkilerinde fotorespirasyon olması ve yapraklarında bulunan CO<sub>2</sub> miktarının düşük olmasından kaynaklanmaktadır. Ancak C3 bitkilerinde CO<sub>2</sub> miktarı artırılarak bu durum giderilebilir.

Bitkilerin yüksek CO<sub>2</sub> seviyelerine sahip atmosferlerde büyümesi verimin artışı sağlayabilmektedir. C3 bitkilerinde bunun nedeni, en azından kısmen, fotosolunumun baskılanması ve fotosentezin oksijen inhibisyonudur. CO<sub>2</sub> konsantrasyonunun yonca fotosentetik metabolizması üzerindeki etkisini araştırılan bir çalışmada yonca verimliliğinin yüksek bir CO<sub>2</sub> ortamı ile artırılacağı kanıtlanmıştır (Platt ve Bassham, 1978). Ayrıca fotosentez sırasında karbon akışının düzenlenmesi ile yoncanın protein ve amino asitlerin üretimini artırılmıştır.

Kaktüsler gibi etli ve yassı gövdelere sahip bitkilerde, kurak koşullarda büyük avantaj sağlayan, Crassulacean asit metabolizması (CAM) olarak adlandırılan üçüncü bir fotosentez sistemi meydana gelir. Bu türler suyu

korumak için gün boyu stomalarını kapalı tutarlar, ancak PEPC tarafından hızla tutulan CO<sub>2</sub> 'yi almak için geceleri stomalarını kısa süre açık tutarlar. Oluşan 4 karbonlu asit gece boyunca vakuollerde malat olarak depolanır. Gündüz stomalar kapalıyken CO<sub>2</sub> malattan salınır, güneş ışığından gelen enerji ile RuBP karboksilaz CO<sub>2</sub> 'i tutarak 3-karbon asitleri ve şekerleri oluşturur. CAM fotosentezinde CO<sub>2</sub> konsantrasyonu yüksek olduğu için fotorespirasyonu sınırlıdır. Bazı kaktüs kılıfları ve iğneleri çıkarıldıktan sonra çok kuru alanlarda yem olarak kullanılmaktadır. Dubeux ve ark. (2015) Opuntia ve Nopalea kaktüslerini kurak alanlarda sürdürülebilir hayvancılık ve geçim kaynağını artırmak için yem olarak kullanmışlardır. Bu kaktüslerden elde edilen yemin yüksek enerjili, düşük ham protein ve NDF ile yüksek mineral konsantrasyonuna sahip olduğunu bildirmişlerdir.

### **YEM BİTKİLERİNDE C DÖNGÜSÜNÜN SICAKLIK VE SU STRESİ İLE İLİŞKİSİ**

Yem bitkilerinin çoğu 10–30 °C büyüme sıcaklığını tercih eder ve yüksek sıcaklık stresinin değeri türlere göre değişmekle birlikte 35–45 °C aralığındadır. Orta derecede yüksek sıcaklıklara (yani 60 dakika boyunca 40 °C) uzun süre maruz kalma, kısa süreli yüksek sıcaklıklara (yani 5 dakika için 50 °C) maruz kalmaktan daha fazla zarara neden olabilir. Yüksek sıcaklık stresi ayrıca su eksikliği stresinin boyutunda ve kapalı stomalar ile azalan buharlaşmadan da etkilenir. Su eksikliği stresi oluştuğunda, stomalar terlemeyi ve buna bağlı olarak soğumayı sınırlamak için kısmen kapanır ve güneş ışığının sürekli emilimi nedeniyle yaprak sıcaklıkları artar. Stres altında, buğdaygil yapraklarının üst yüzeyindeki hücrelerin hacmi azalır ve yapraklar yuvarlanarak yüzey alanını azaltır ve dokuların ışığa maruz kalmasını sınırlar. Geniş yapraklı baklagiller ise genellikle güçlerini kaybederler ve kısmen solmuş yapraklar daha az güneş ışığını engellemek için aşağı doğru sarkar. C3 bitkisi olan kamışsı yumak gibi yem bitkilerinde, fotosentez 27°C' nin üzerinde azalırken, solunum 30 °C'de belirgin şekilde artar (Volenc ve ark., 1984). Kamışsı yumak suda çözünür karbonhidratlar yeniden büyümede kullanılmak üzere gövde tabanlarında biriktirir ancak sıcaklık stresinde bu depolar azalmaktadır. Yüksek sıcaklığın ATP sentezini azaltmasının yanı sıra protein bozulması ve sentezinin azalmasına sebep olur (Bita ve Gerats, 2013). Hatta bu



kayıp ve azalma hayati öneme sahip metabolik enzim sürecini yavaşlatır ve sonuçta büyümede azalmaya ve ölüme neden olabilir.

Yüksek sıcaklık stresine direnmek ısıdan kaçınma ve ısı toleransı ile gerçekleşir. Kaçınma mekanizmalarından biri, sulama veya bitki yüzeyine su uygulaması ile terlemeyi artırmaktır. Diğer mekanizma ise yaprakların kıvrılarak veya güneşe göre yaprak yönünü değiştirerek ısı alınımı azaltmasıdır. Isı toleransı, bitkiler yüksek sıcaklara maruz kaldıklarında hayatta kalma konusunda gelişmiş bir yeteneğe sahip olduklarını göstermektedir. Bu mekanizmalar yağ asitlerinin artması, enzimlerin ısıya dayanıklı izozimlerinin sentezini, karbonhidratların birikmesini ve ısı şoku proteinlerinin sentezini içerir (Wang ve ark., 2017; Jacob ve ark., 2017).

Çoğu yem bitkisi için soğuk zararı, özellikle geceleri olmak üzere 0 ile 10 °C arasındaki hava sıcaklıklarında meydana gelir. Yüksek sıcaklık stresi gibi, hem düşük sıcaklığın yoğunluğu hem de maruz kalma süresi zararın boyutu belirlemektedir. Soğuk stresi fotosentez ve solunum inhibisyonu ile etanol ve amanyok gibi metabolitlerin toksik düzeylerde birikmesi, metabolik dengesizliğe yol açan protein sentezi oranlarındaki değişikliklere sebep olur. C4 fotosentetik yoluna sahip yem bitkileri, düşük sıcaklığa toleransı C3 bitkilerine göre daha düşüktür. Çünkü bu türlerde önemli bir fotosentetik enzim olan PEP karboksilaz aktivitesi, 10 °C'nin altındaki sıcaklıklarda azalmaktadır (Madakadze ve ark., 2003). Yem bitkileri, normalde bitkilere zarar verebilecek soğuk sıcaklıklara maruz kalmadan önce birbirini takip eden birkaç gün boyunca soğuk sıcaklıklara alıştırilırsa, üşüme hasarına karşı direnç kazanabilirler. Soğutmaya uyum, membran lipidlerindeki doymuş yağ asitlerinin frekansını azaltarak membran akışkanlığının artırılması ve dondurucu sıcaklıklarında stabil olan anahtar enzimlerin izozemlerinin sentez şekil dahil olmak üzere çeşitli fizyolojik ayarlamaları içerir (Zheng ve ark., 2016; Lee ve Lee, 2000).

Sıcaklık 0 °C' nin altına düştüğünde canlı dokularda buz oluşumu mümkündür. Bu nedenle donma stresi toleransı, iki yıllık ve çok yıllık bitkilerin hayatta kalmasında kritik bir faktör haline gelir. Tohumlar -3 veya -4 °C sıcaklıklara maruz kaldıklarında genellikle ölürler. Hücreler içinde buz oluşumu meydana gelirse hücre ölümü neredeyse kesinleşir. Çünkü hücre içi buz oluşumu hücre zarlarını yırtar, metabolitlerin bölünmesini tehlikeye atar ve hücre ölümüyle sonuçlanır. Hücre dışı buz oluşumu hücre duvarı esnekse ve

hücreler arasında buz kristali oluşumunun deforme edici etkilerini azaltabilirse tolere edilebilir. Yem bitkileri, donma sıcaklıklarına maruz kalmayı önleyen veya sıcaklıkları 0 °C'nin altına düştüğünde buz oluşumunu önleyen bir dizi mekanizma kullanarak donmaya karşı koyabilir (Pearce, 2001). Toprak, kış aylarında büyük bir termal enerji kaynağı olarak hareket edebildiğinden, toprak yüzeyine veya altında bulunan baklagillerin taçları ve buğdaygillerin saplarının donma sıcaklıklarına maruz kalmasını önleyebilir. Yonca, tomurcukları toprak yüzeyinin 4 cm altına kadar yerleşmiş bir taca sahip olduğu için kısmen kışa daha dayanıklıdır. Pek çok yem türü, soğuğa alışma sırasında hücrelerde çözünen maddeler biriktirerek düşük sıcaklıklara maruz kaldıklarında buz oluşumundan kaçınır. Bunlar şekerler (sükroz, rafinoz ve stakioz), mineral iyonları, amino asitler gibi maddelerdir (Cunningham ve ark., 2003).

Serin mevsim yem bitkilerinden çayır kelp kuyruğu ve brom 3 yapraklı, yonca ise 6 yapraklı fide dönemindeyken soğuk zararına daha yatkın olduğu bilinmektedir (Arakeri ve Schmid, 1949). Toprakta yeterli potasyum (K) ihtivasi, birçok yem türünün kışın hayatta kalması için önemlidir, fakat yüksek nitrojen (N) ise, büyümeyi teşvik edici etkileri nedeniyle soğuğa alışmayı engelleyerek kışın hayatta kalma oranını azaltabilir (Adams ve Twersky, 1960). Sonbaharda zamansız hasat, yaprak alanını azaltabilir veya yapısal olmayan karbonhidratların depolanmasını azaltarak yeniden büyümeyi teşvik edebilir ve donma noktasını düşürmek için çözünen maddeler olarak işlev gören şekerlerin, amino asitlerin ve proteinlerin birikimini sınırlayabilir (Adams ve Twersky, 1960).

Su stresi sırasında, bitkiler genellikle su kaybını azaltmak için stomaları kapatarak solmayı önler. Bitkiler su stresine ozmotik olarak uyum sağladıkça prolin, absisik asit (ABA) ve şekerlerin birikmesi artar. Solunum hızları başlangıçta su stresi ile azaltılabilir, ancak ATP sentezi O<sub>2</sub> tüketiminden ayrıldığından, orta ila şiddetli su stresi altındaki solunumda artışlar gözlemlenir. Su stresi genellikle önce sürgün büyümesini azaltır ve kök büyümesi ile depolamayı artırmak için şeker dağılımını yükseltir. Spesifik olarak kuraklıktan kaçınma mekanizmalarında, terlemeyi kontrol eden kapsamlı kök sistemlerini içerir. Stoma kontrolü, kütikula yapısı, yaprak dökülmesi ve büyüme mevsiminin suyun daha bol olduğu dönemlere ayarlanması ile kuraklığa dayanıklılık mekanizması sorgum ve darılarda görülmektedir (Jones ve ark., 2009). Bitkilerin hafif kuraklığa maruz kalması,

baklagil yem bitkilerinin kökünde ve buğdaygil yem bitkilerinin gövde tabanında karbonhidrat ve protein depolanmasını artırabilir. Büyümeye devam eden kökler daha incedir ve daha fazla suya ulaşmak için kuru toprakta daha hızlı büyür. Kısa vadede daha fazla suya ulaşmak için ve uzun vadede kuraklık hafifletildiğinde yeniden büyümeyi desteklemek için karbonhidrat deposu biriktirmek için faydalıdır.

Daha yüksek fotosentetik oranlar nedeniyle, C4 bitkileri üretilen her birim kuru madde için, C3 bitkilerden daha az su kullanır. Örneğin, C3 fotosentezine sahip baklagil ve buğdaygil türleri, üretilen kuru madde başını 350 ila 1800 kg H<sub>2</sub>O kg kuru madde arasında değişen su kullanım etkinliği sahiptir. Buna karşılık C4 yoluna sahip buğdaygiller genellikle üretilen 220 ila 840 kg H<sub>2</sub>O kg arasında değişen su kullanım etkinliği sahiptir (Tablo 1). Ortalama olarak birim su miktarına göre C4 bitkileri C3 bitkilerinden yaklaşık iki kat daha verimlidir (Fairbourn, 1982). Su kullanım etkinliğinde genotipik varyasyon, yem türleri içinde de mevcuttur. Bununla birlikte, iyileştirilmiş su kullanım etkinliği genellikle kendi başına daha düşük su kullanımından ziyade daha yüksek yem verimi ile ilişkilendirilir (Davis ve Norman, 1988).

Suyun fazla olması gölleme gibi durumlarda yem bitkileri arasında en çok etkilenen tür yoncadır (Barta, 1988). Toprakdaki hava boşlukları suyla dolduğunda düşük O<sub>2</sub> seviyeleri nedeniyle strese neden olur ve köklerdeki solunumun azalmasıyla bozulmalar oluşur. Laktik asit ve etanol dahil olmak üzere anaerobik karanlık solunum ürünleri, dokular uzun süreler boyunca suyla dolu kalırsa toksik konsantrasyonlarda birikebilir. Fakat yem kanyaşı haftalarca su baskını altında kalsa bile her hangi bir zarara uğramadığı bildirilmiştir (McKenzie, 1951).

## **YEM BİTKİLERİNDE C DÖNGÜSÜNÜN YEDEK BESİN DEPOSU İLE İLİŞKİSİ**

Yem bitkilerinde biçme ve otlatma toleransını artıran en temel özellik yedek besin maddesinin depolanmasıdır. Yem bitkilerinin yeniden büyümesi ve strese toleransında N rezervlerinin rolü son yirmi yılda anlaşılmıştır. Büyük miktarlarda karbon ve N depoları, yeniden büyümeyi desteklemek için toprak yüzeyinde veya hemen altında bulunan depo organlarının % 40 'ı veya daha fazlasını oluşturmaktadır. Genellikle kaba yemlerde biriken üç tip karbon rezervi, C3 ve C4 fotosentetik mekanizmaya ve yemlerin buğdaygil veya

baklagil olmasına göre gruplandırılmaktadır. C3 olan baklagil yem bitkilerinden yonca, taş yoncası, gazal boynuzu, ak üçgül ve çayır üçgülü karbonhidrat depo maddesi olarak nişastayı köklerinde, stolan ve rizomlarında depolarlar. Serin mevsim çok yıllık buğdaygillerden (C3) kamışsı yumak, otlak ayrığı, yem kanyaşı, çayır kelp kuyruğu, çayır salkım otu ve kılıksız brom fruktanı kök tacı, stolan ve rizomlarında depolamaktadır. Sıcak iklim çok yıllık buğdaygillerinden (C4) kökpekdişi, dallı ve parlak yalancısı nişastayı kök tacı, stolan ve rizomlarında depolar: sıcak mevsim tek yıllık buğdaygil yem bitkilerinden (C4) mısır, sorgum ve darı karbonhidratlardan sakarozu sapın alt kısmında depolarlar. Baklagil ana kökleri ve sıcak mevsim (C4) çok yıllık buğdaygillerin depolama organları, nişastayı 25°C'de suda çözünmeyen molekül olarak depolar. Nişasta iki şekilde bulunur: nişastanın yaklaşık % 80 'ini oluşturan oldukça dallanmış bir polimer olan amilopektin ve % 20 'sini oluşturan esas olarak doğrusal bir polimer olan amilozdur (Volenc ve ark., 1996; Aranjuelo ve ark., 2015; Dierking ve ark., 2017; Lu ve ark., 2018; Meuriot ve ark., 2018). Pek çok bitki türünün tohumlarına benzer şekilde, bazı yemlik baklagiller, fosfor (P) rezervi olarak ana köklerde fitik asit biriktirir (Campbell ve ark., 1991). C ve N rezervleri gibi, çok yıllık baklagillerin kök tacındaki fitat konsantrasyonları Eylül ve Aralık arasında büyük ölçüde artar ve sürgün büyümesinin yeniden başladığı ilkbaharda belirgin bir şekilde düşer (Li ve ark., 1996).

Bitkiler uygun fotoperiyoda ulaştığında, büyüme, gövdenin uzaması ve çiçek salkımının gelişmesi için meristemler değişiklik gösterir. Bu durum yaprak alanını yükseltir ve yeni fide gelişimini yavaşlatır. Biçme veya otlatmadan sonra yeniden büyüme, yaz aylarında yaprak büyümesi ve daha fazla kardeşlenme ve sonbaharda daha uzun yapraklar sağlamak için kardeşlerin kısa yapraklı vejetatif büyümesi olarak tanımlanır. Yaprak büyümesi toprak seviyesine yakın olan meristem dokulardan oluşur. Bu nedenle yaprak alanı ve fotosentez yönetimi mevsim açısından dikkate alınmalıdır (Lemaire ve ark., 2009). Ayrıca, genç yapraklar fotosentezde en verimli olanlardır. Ancak yavaş yavaş yaşlanır ve gelişen yeni yapraklar tarafından gölgelenir. Yonca gibi uzun yaprakçık saplarına sahip bitkilerde gölgelenme etkisi daha düşük oluşur. Alt yapraklar bir miktar güneş ışığını tutar, ancak fotosentetik açıdan üst yapraklar kadar etkili değildir. Bitkiler biçildikten veya otlatıldıktan sonra alttaki yapraklar yaşlı ve fotosentetik olarak

aktifliği düşük olduğu için yeniden büyüme, C ve N depolarıyla desteklenmelidir.

Biçme veya otlatmadan sonra, organik rezervlerin miktarı 10-14 gün boyunca hızla düşer, yeniden büyümenin 4. ve 5. haftalarında birikmiş olur. Depoların düşük olduğu 2. ve 4. haftalar arasında biçmek veya otlatmak bitkiler zayıflatabilir hatta öldürebilir. Gazal boynuzu gibi bazı yem türleri, büyüme mevsimi boyunca kök rezervleri düşüktür (Nelson ve Smith, 1968; Li ve ark., 1996). Bu türlerin daha fazla fotosentez kaynaklı karbon kaynağına sahip olmaları için yaprak alanını biçme ve otlatma yüksekliğini 10 cm' ye ayarlayarak korumaları gerekir.

Yaprak alanı, fotosentezin birincil kaynağı olduğu için, yemler ve meralar için büyüme mevsimi boyunca mümkün olduğu kadar verimli bir şekilde ışığı tutacak şekilde yönetilmelidir. Birçok ürünle yapılan çeşitli çalışmalarda, yaprak alanı indeksi (LAI) ile gelen ışığı tutma arasında eğrisel bir ilişki olduğunu göstermektedir. Çoğu bitki için maksimum ürün büyüme hızı, gelen ışığın %95 ' ini yakaladığında ortaya çıkar. Yem bitkilerinin çoğu, iyi ışık dağılımına izin veren dik yaprak açılımlarına sahiptir. Işık oranının, yoncanın sürgün gelişiminde de önemli rol oynadığını belirlenmiştir (Du ve ark. 2018). Üçgüllere göre yonca yapraklarının daha büyük yatay yönelimi, ışığın %95'ini (LAI yonca için 5-6 ve üçgül için 3-4) tutmak için gerekenden daha az yaprak alanına sahip olduğunu da bildirmişlerdir.

Karlı ve sürdürülebilir hayvansal üretim için yeniden büyüme desteklenmeli ve yaprak alanı korunmalıdır. Bu kapsamda, Sollenberger ve ark. (2014), ABD 'nin nemli bölgelerinde bitkilere yedek besin maddelerini depolama fırsatı sunarak dönüşümlü ve sürekli otlatmanın yem verimini yaklaşık % 30 artırdığını bildirmişlerdir. Ayrıca genç yaprak sayısı, münavebeli otlatılan meralarda sürekli otlatılana göre daha hızlı artmıştır. Bu çalışmalar otlatma döneminden sonra kalan yaprak alanı ile yeniden büyüme süresi arasındaki dengenin optimize edilmesinin önemini artırmaktadır. Ayrıca, bitki adaptasyonu, yem verim ve kalitesi ve hayvan performansı ve verimliliği için fotosentez kullanımını optimize etmek, yaprak açıları ve sürgün gelişiminin kombine edilerek değerlendirilmesi gerekmektedir.

## GELECEKTE C DÖNGÜSÜNÜN YEM BİTKİLERİ ÜZERİNE ETKİSİ

Dünyanın belirli bölgelerinde hissedilen ve gıda güvenliği açısından önemli bir tehdit unsuru olan küresel ısınmanın oluşturacağı sıcaklık stresi ve CO<sub>2</sub> artışı fotosentez üzerinde kritik etkiye sahiptir (Chen ve ark., 2007). Bitki ve ekosistem işleyişini etkileyeceği tahmin edilen atmosferik CO<sub>2</sub> seviyesi sürekli olarak yükselmektedir. Atmosferdeki CO<sub>2</sub> konsantrasyonu, son 35 yılda %20'den fazla artmıştır (Bloom ve ark., 2018). 2050 yılına kadar atmosferik CO<sub>2</sub> 'nin iki katına çıkması öngörüsü dikkate alındığında fotosolunum oranında önemli bir düşüşle gözlemlenecek ve C<sub>3</sub> yem bitkilerine karbon kazanımı, su kullanımı ve nitrojen kullanım verimliliğinde önemli artışlar sağlayacaktır. Buna karşılık, C<sub>4</sub> bitkilerinin elde ettiği faydalar C<sub>3</sub> bitkilerine göre daha az olacaktır. Bu kapsamda bazı araştırmacılar küresel ısınma şartlarında CO<sub>2</sub>'da artışının fotosentez yoluyla C<sub>3</sub> kaba yemlerini olumlu yönde etkileyerek %30'a kadar verimlerinin artacağını bildirmiştir (Bazzaz, 1990; Ryle ve ark., 1992; Hebeisen ve ark., 1997; Kimball, 2016). Bu kapsamda, karbon döngüsünde CO<sub>2</sub> miktarının ikiye katlanması C<sub>3</sub> bitkilerinde şeker seviyesini %19 ila %46 arasında artırmıştır (Leakey ve ark., 2009). C<sub>4</sub> bitkileri ise artan CO<sub>2</sub> altında fotosentezin doyumluğuna ulaşması nedeniyle yüksek CO<sub>2</sub>'den faydalanamadıklarını Loladze, (2014) bildirmiştir.

C<sub>3</sub> bitkileri, dünyadaki tüm bitkilerin karbonhidrat üretiminin %90'ına oluşturmaktadır (Still ve ark., 2003). Yükselen atmosferik CO<sub>2</sub> ayrıca C<sub>3</sub> bitkilerinde yapısal olmayan karbonhidratların içeriğini artırmış, ancak protein ve nitrojen seviyelerini azaltmıştır. C<sub>3</sub> buğdaygil ve baklagil yem bitkilerinde çinko ve demir konsantrasyonu azalır, bu da beslenme eksikliğine bağlı olarak hastalık riskini artırmaktadır. Myers ve ark., (2014) C<sub>3</sub> bitkisi olan buğdayda yüksek CO<sub>2</sub>'in demir seviyesini %5.1, çinko seviyesini %9.5 ve proteini % 6.3 azaldığını ancak C<sub>4</sub> bitkilerinin proteini üzerine herhangi bir etkisi olmadığını belirlemişlerdir. Yani artan CO<sub>2</sub>, besin konsantrasyonunu değiştirerek C<sub>3</sub> bitkilerinin iyon konsantrasyonunu bozmaktadır.

Baklagil yem bitkileri, diğer bitkilerle CO<sub>2</sub> artışına verdiği tepki aynı değildir. Yükselen CO<sub>2</sub> koşullarında azot ve fosfor yeteri kadar bulunuyorsa baklagillerin tohum kütlesi, tohum nitrojenindeki artış nedeniyle artmaktadır. Bitkilerin büyüme ve gelişmesi nitrojenin sınırına bağlıdır. C<sub>3</sub> bitkilerinde azot eksikliği nedeniyle fotosentez süreci etkilenir, çünkü RuBisCO ve diğer

fotosentetik enzimlerin aktivitesi azalır ve protein sayısı da azalmaktadır (Cousins ve ark., 2002).

CO<sub>2</sub> artışı ile C3 yem bitkilerinde diğer bir gelişme, yapraklarda su iletimi ve kullanım etkinliğindeki artırıdır ( Ainsworth ve Long, 2005 ). C4 bitkilerinin yapraklarda su tasarrufu etkisi vardır ancak üretim üzerinde etkisi bulunmamaktadır. C4 yem bitkisi olan sorgumda Conley ve ark., (2001 ) CO<sub>2</sub> artışının su kullanım etkinliğini artırmadığını bildirmiştir. Fakat İyi sulama koşullarının artan CO<sub>2</sub> ile birlikte C3 bitkilerinde erken olgunlaşmayı teşvik ettiği ama C4 bitkisi sorgumda herhangi bir etkinin olmadığı belirlenmiştir (Cousins ve ark., 2002). Chen ve ark. (2007), yüksek CO<sub>2</sub> altında nitrojen emiliminin türe özgü olduğunu ve C3 bitkisi olan kamışsı yumakta ise azaldığını bildirmişlerdir.

Değişen iklimle gelişen su ve besin ilişkileri dolaylı olarak C3 ve C4 bitkilerinin büyümesini farklı şekillerde uyarıldığı bilinmektedir (Wand ve ark., 1999; Leakey ve ark., 2009). Önümüzdeki 50 yılda daha yüksek CO<sub>2</sub> koşullarında, C3 buğdaygil yem bitkilerinin protein içeriği düşerken baklagiller ve C4 mahsulleri etkilenmeyecek yada çok az kayıp görülebilecektir (Myers ve ark., 2014). Çünkü baklagil yem bitkileri simbiyoz etkisinden yararlanmaktadırlar (Smith ve Smith, 2011).

Walker ve ark. (2016), fotosolunumun şuanda bile ABD soya fasulyesi ve buğday verimini sırasıyla %36 ve %20 oranında azalttığını ve bu kaybın %5'lik mali karşılığının 500 milyon \$ değerinde olduğunu ortaya koymuştur. Üstelik fotosolunum, iklim değişikliği ile atmosferdeki karbondioksit konsantrasyonundaki büyük artışların gelecekteki verimi düşürmeye devam edeceğini de bildirmişlerdir.

İncelenen çalışmalara göre iklim değişikliğinden en çok buğdaygil C3 yem bitkilerinin etkileneceği ancak baklagil yem bitkilerinin ve C4 yem bitkilerinin etkilenmeyeceği hatta C4 bitkilerinin verimin artacağı ön görülmektedir. Bu kapsamada yeni teknik ve teknolojik yöntemler dahilinde C4 karbon döngüsünün C3 fotosentezine dahil edilmesinin ve ıslah çalışmalarına bu yönde yön verilmesi gelecek kaygılarının giderilmesi açısından çözüm olabilecektir.

**KAYNAKÇA**

- Abadie, C. and Tcherkez, G. (2019). Plant sulphur metabolism is stimulated by photorespiration. *Commun. Biol.* 2, 1–7.
- Adams, W.E. and Twersky, M. (1960). Effect of soil fertility on winter killing of coastal bermudagrass. *Agron. J.* 52: 325–326.
- Ainsworth, E.A. and Long S.P. (2005). What have we learned from 15 years of free air CO<sub>2</sub> enrichment (FACE)? A meta-analytic review of the responses of photosynthesis, canopy properties and plant production to rising CO<sub>2</sub>. *New Phytologist*, 165, 351–372.
- Amthor, J.S. (1989). *Respiration and Crop Productivity*. New York, NY: Springer-Verlag.
- Amthor, J.S. (1994). Respiration and carbon assimilate use. In: *Physiology and Determination of Crop Yield* (eds. K.J. Boote, J.M. Bennett, T.R. Sinclair and G.M. Paulsen), 221–250. Madison, WI: American Society of Agronomy.
- Arakeri, H.R. and Schmid, A.R. (1949). Cold resistance of various legumes and grasses in early stages of growth. *Agron. J.* 41: 182–185.
- Aranjuelo, I., Molero, G., Erice, G. et al. (2015). Effect of shoot removal on remobilization of carbon and nitrogen during regrowth of nitrogen-fixing alfalfa. *Physiol. Plant.* 153: 91–104.
- Barbehenn, R.V., Chen, Z., Karowe, D.N., and Spickard, A. (2004). C<sub>3</sub> grasses have higher nutritional quality than C<sub>4</sub> grasses under ambient and elevated atmospheric CO<sub>2</sub>. *Global Change Biol.* 10: 1565–1575.
- Barta, A.L. (1988). Response of field-grown alfalfa to root waterlogging and shoot removal. I. Plant injury and mineral content of roots. *Agron. J.* 80: 889–892.
- Bauder, J.W., Bauer, A., Ramirez, J.M., and Cassel, D.K. (1978). Alfalfa water use and production on dryland and irrigated sandy loam. *Agron. J.* 70: 95–99.
- Bazzaz, F.A. (1990). The response of natural ecosystems to the rising global CO<sub>2</sub> levels. *Annu. Rev. Ecol. Syst.* 21: 167–196.
- Bell, L.W., Lawrence, J., Johnson, B. and Whitbread, A. (2013). Exploring short-term ley legumes in subtropical grain systems: production, water-use, water-use efficiency and economics of tropical and temperate options. *Crop Pasture Sci.* 63: 819–832.
- Betti, M., Bauwe, H., Busch, F.A., Fernie, A.R., Keech, O., Levey, M., Ort, D.R., Parry MA, J., Sage, R., Timm, S., et al. (2016). Manipulating photorespiration to increase plant productivity: Recent advances and perspectives for crop improvement. *J. Exp. Bot.* 67, 2977–2988.



- Bitra, C. and Gerats, T. (2013). Plant tolerance to high temperature in a changing environment: scientific Fundamentals and production of heat stress-tolerant crops. *Front. Plant Sci.* 4: 273. <https://doi.org/10.3389/fpls.2013.00273>.
- Bloom, A.J. and Kameritsch, P. (2017). Relative association of Rubisco with manganese and magnesium as a regulatory mechanism in plants. *Physiol. Plant*, 161, 545–559.
- Bloom, A.J. and Lancaster, K.M. (2018). Manganese binding to Rubisco could drive a photorespiratory pathway that increases the energy efficiency of photosynthesis. *Nat. Plants* 4, 414–422.
- Bolger, T.P. and Matches, A.G. (1990). Water-use efficiency and yield of sainfoin and alfalfa. *Crop Sci.* 30: 143–148.
- Bowyer, J.R. and Leegood, (1997). Photosynthesis. *Plant Biochemistry*, Pages 49-110.
- Bula, R.J. and Massengale, M.A. (1972). Environmental physiology. In: *Alfalfa Science and Technology. Agronomy Monograph 15* (ed. C.H. Hansen), 167–184. Madison WI: American Society of Agronomy. ISBN: 978 0-89118-210-8.
- Campbell, M., Dunn, R., Ditterline, R. et al. (1991). Phytic acid represents 10–15% of total phosphorus in alfalfa root and crown. *J. Plant Nutr.* 14: 925–937.
- Chen, X., Tu, C., Burton, M.G., Watson, D.M., Burkey, K.O., Hu, S. (2007). Plant nitrogen acquisition and interaction under elevated carbon dioxide: impact of endophytes and mycorrhizae. *Global Change Biology*, 13: 1238-1249.
- Conley, M.M., Kimball, B.A., Brooks, T.J., et al. (2001). CO<sub>2</sub> enrichment increases water-use efficiency in sorghum. *New Phytologist* 151,407–412.
- Cousins, A.B., Adam, N.R., Wall, G.W., Kimball, B.A., Pinter, P.J., Ottman, M.J., Leavitt, S.W. and Webber, A.N. (2002). Photosystem II energy use, non-photochemical quenching and the xanthophyll cycle in Sorghum bicolor grown under drought and free-air CO<sub>2</sub> enrichment (FACE) conditions. *Plant, Cell and Environment* 25, 1551–1559.
- Cunningham, S.M., Nadeau, P., Castonguay, Y. et al. (2003). Raffinose and stachyose accumulation, galactinol synthase expression, and winter injury of contrasting alfalfa germ-plasms. *Crop Sci.* 43: 562–570.
- Davis, J.E. and Norman, J.M. (1988). Effects of shelter on plant water use. *Agric. Ecosyst. Environ.* 22: 393–402.
- Dierking, R.M., Allen, D.J., Cunningham, S.M. et al. (2017). Nitrogen reserve pools in two *Miscanthus x giganteus* genotypes under contrasting N

- managements. *Front. Plant Sci.* 8: 1618. <https://doi.org/10.3389/fpls.2017.01618>.
- Du, H., Shi, Y., Li, D. et al. (2018). Proteomics reveals key proteins participating in growth difference between fall dormant and non-dormant alfalfa in terminal buds. *J. Proteomics* 173: 126–138. <https://doi.org/10.1016/j.jprot.2017.11.029>.
- Dubeux, Jr., J.C.B., dos Santos, M.V.F., de Mello, A.C.L., Vieira da Cunha, M., de A. Ferreira, M., dos Santos, D.C., de A. Lira, M. and da C. Silva, M. (2015). Forage Potential of Cacti On Drylands. *Acta Hortic.* 1067, 181-186.
- Edwards, G. E., Nakamoto, H., Burnell, J. N. and Hatch, M. D. (1985). Pyruvate, Pi dikinase and NADP-malate dehydrogenase in C4 photosynthesis: Properties and mechanism of light/dark regulation. *Annu. Rev. Plant Physiol.* 36, 255-286.
- Eisenhut, M., Bräutigam, A., Timm, S., Florian, A. and Tohge, T. (2017). Photorespiration is crucial for dynamic response of photosynthetic metabolism and stomatal movement to altered CO2 availability. *Mol. Plant*, 10, 47–61.
- Erickson, J.E., Soikaew, A., Sollenberger, L.E., and Bennett, J.M. (2012). Water use and water-use efficiency of three perennial bioenergy grass crops in Florida. *Agriculture* 2: 325–338.
- Fairbourn, M.L. (1982). Water use by forage species. *Agron. J.* 74: 62–66.
- Foyer, C.H., Bloom, A.J., Queval, G. and Noctor, G. (2009). Photorespiratory metabolism: Genes, utants, energetics, and redox signaling. *Annu. Rev. Plant Biol.*, 60, 455–484.
- Grimes, D.W., Wiley, P.L. and Sheesley, W.R. (1992). Alfalfa yield and plant water relations with variable irrigation. *Crop Sci.* 32: 1381–1387.
- Hebeisen, T., Lüscher, A., Zanetti, S. et al. (1997). Growth response of *Trifolium repens* L. and *Lolium perenne* L. as monocultures and bi-species mixture to free air CO2 enrichment and management. *Global Change Biol.* 3: 149–160.
- Jacob, P., Hirt, H., and Bendahmane, A. (2017). The heat-shock protein/chaperone network and multiple stress resistance. *Plant Biotechnol J.* 15: 405–414.
- Jones, H.G., Serraj, R., Loveys, B.R. et al. (2009). Thermal infrared imaging of crop canopies for the remote diagnosis and quantification of plant responses to water stress in the field. *Funct. Plant Biol.* 36: 978–989.
- Kimball, B.A. (2016). Crop responses to elevated CO2 and interactions with H2O, N, and temperature. *Curr. Opin. Plant Biol.* 31: 36–43.

- Leakey, A.D.B., Xu F., Gillespie, K.M., McGrath, J.M., Ainsworth, E.A. and Ort, D.R. (2009). The genomic basis for stimulated respiratory carbon loss to the atmosphere by plants growing under elevated [CO<sub>2</sub>]. *Proceedings of the National Academy of Sciences, USA* 106, 3597–3602.
- Lee, D.H. and Lee, C.B. (2000). Chilling stress-induced changes of antioxidant enzymes in the leaves of cucumber: in gel enzyme activity assays. *Plant Sci.* 159: 75–85.
- Lemaire, G., Da Silva, S.C., Agnusdei, M. et al. (2009). Interactions between leaf lifespan and defoliation frequency in temperate and tropical pastures: a review. *Grass Forage Sci.* 64: 341–353.
- Li, R., Volenec, J.J., Joern, B.C. and Cunningham, S.M. (1996). Seasonal changes in nonstructural carbohydrates, protein, and macronutrients in roots of alfalfa, red clover, sweetclover, and birdsfoot trefoil. *Crop Sci.* 36: 617–623.
- Loladze, I. (2014). Hidden shift of the ionome of plants exposed to elevated CO<sub>2</sub> depletes minerals at the base of human nutrition. *Elife* 3, e02245. 10.7554/eLife.02245.
- Lu, X., Ji, S., Hou, C. et al. (2018). Impact of root C and N reserves on shoot regrowth of defoliated alfalfa cultivars differing in fall dormancy. *Grassland Sci.* 64: 83–90
- Ludlow, M.M. (1985). Photosynthesis and dry matter production in C<sub>3</sub> and C<sub>4</sub> pasture plants, with special emphasis on tropical C<sub>3</sub> legumes and C<sub>4</sub> grasses. *Funct. Plant Biol.* 12: 557–572.
- Madakadze, I.C., Stewart, K.A., Madakadze, R.M., and Smith, D.L. (2003). Base temperatures for seedling growth and their correlation with chilling sensitivity for warm-season grasses. *Crop Sci.* 43: 874–878.
- McKenzie, R.E. (1951). The ability of forage plants to survive early spring flooding. *Sci. Agric.* 31: 358–367.
- Meuriot, F., Morvan-Bertrand, A., Noiraud-Romy, N. et al. (2018). Short-term effects of defoliation intensity on sugar remobilization and N fluxes in ryegrass. *J. Exp. Bot.* 69: 3975–3986.
- Nelson, C.J. and Smith, D. (1968). Growth of birdsfoot trefoil and alfalfa. III. Changes in carbohydrate reserves and growth analysis under field conditions. *Crop Sci.* 8: 25–28.
- Pearce, R.S. (2001). Plant freezing and damage. *Ann. Bot.* 87: 417–424.
- Peterhansel, C. and Maurino, V.G. (2011). Photorespiration redesigned. *Plant Physiol.* 155: 49–55.
- Pilbeam, C.J. and Robson, M.J. (1992). Response of populations of *Lolium perenne* cv. S23 with contrasting rates of dark respiration to nitrogen

- supply and defoliation regime. 2. Grown as mixtures. *Ann. Bot.* 69: 79–86.
- Platt, S.G. and Bassham, J.A. (1978). Photosynthesis and increased production of protein. *Adv Exp Med Biol*, 105:195-247. doi: 10.1007/978-1-4684-3366-1\_12.
- Poorter, H. (1994). Construction costs and payback time of biomass: a whole plant perspective. In: *A Whole Plant Perspective on Carbon–Nitrogen Interactions* (eds. E. Royand and E. Garnier), 111–127. The Hague, The Netherlands: SPB Academic Publishing.
- Power, J.F. (1985). Nitrogen- and water-use efficiency of several cool-season grasses receiving ammonium nitrate for 9 years. *Agron. J.* 77: 189–192.
- Robson, M.J. (1982). The growth and carbon economy of selection lines of *Lolium perenne* cv. S23 with differing rates of dark respiration. 2. Grown as simulated swards during a regrowth period. *Ann. Bot.* 49: 331–339.
- Ryle, G.J.A., Powell, C.E. and Tewson, W. (1992). Effect of elevated CO<sub>2</sub> on the photosynthesis, respiration and growth of perennial ryegrass. *J. Exp. Bot.* 43: 811–813.
- Myers, S.S., Zanobetti, A., Kloog, I., Huybers, P., Leakey, A.D.B., Bloom, A.J., Carlisle, E., Dietterich, L.H., Fitzgerald, G., Hasegawa, T., Holbrook, N.M., Nelson, R.L., Ottman, M.J., Raboy, V., Sakai, H., Sartor, K.A., Schwartz, J., Seneweera, S. and Tausz, M. (2014). Usui Increasing CO<sub>2</sub> threatens human nutrition. *Nature*, 510:139-142.
- Saeed, I.A.M. and El-Nadi, A.H. (1997). Irrigation effects on the growth, yield, and water use efficiency of alfalfa. *Irr. Sci.* 17: 63–68.
- Sage, R.F., Sage, T.L. and Kocacinar, F. (2012). Photorespiration and the evolution of C<sub>4</sub> photosynthesis. *Annu. Rev. Plant Biol.* 63: 19–47.
- Shi, X. and Bloom, A. (2021). Photorespiration: The Futile Cycle?, *Plants*, 10(5), 908; <https://doi.org/10.3390/plants10050908>
- Smith, S. E. and Smith, F. A. (2011). Roles of arbuscular mycorrhizas in plant nutrition and growth: new paradigms from cellular to ecosystem scales. *Annual Review of Plant, Biology*, 62, 227-250.
- Sollenberger, L.E., Agouridis, C.T., Vanzant, E.S. et al. (2014). Prescribed grazing on pasturelands. In: *Conservation Outcomes from Pastureland and Hayland Practices; Assessment, Recommendations, and Knowledge Gaps* (ed. C.J. Nelson), 111–204. Lawrence, KS: Allen Press.
- Still C.J., Berry J.A., Collatz G.J. and DeFries R.S. (2003) Global distribution of C<sub>3</sub> and C<sub>4</sub> vegetation: carbon cycle implications. *Global Biogeochemical Cycles* 17, 1006. doi: 10.1029/2001GB001807.

- Timm, S. and Bauwe, H. (2013). The variety of photorespiratory phenotypes—Employing the current status for future research directions on photorespiration. *Plant Biol.*, 15, 737–747.
- Volenc, J.J., Ourry, A. and Joern, B.C. (1996). A role for nitrogen reserves in forage regrowth and stress tolerance. *Physiol. Plant.* 97: 185–193.
- Volenc, J.J., Nelson, C.J. and Sleper, D.A. (1984). Influence of temperature on leaf dark respiration of diverse tall fescue genotypes. *Crop Sci.* 24: 907–912.
- von Caemmerer, S. (2000). *Biochemical Models of Leaf Photosynthesis*. Melbourne, Australia: CSIRO.
- Walker, B.J., VanLooke, A., Bernacchi, C.J. and Ort, D.R. (2016). The Costs of Photorespiration to Food Production Now and in the Future. *Annu. Rev. Plant Biol.* 67, 107–129.
- Wand S.J.E., Midgley, G.F., Jones, M.H. and Curtis, P.S. (1999). Responses of wild C<sub>4</sub> and C<sub>3</sub> grass (Poaceae) species to elevated atmospheric CO<sub>2</sub> concentration: a meta-analytic test of current theories and perceptions. *Global Change Biology* 5, 723–741.
- Wang, J., Juliani, H.R., Jespersen, D. and Huang, B. (2017). Differential profiles of membrane proteins, fatty acids, and sterols associated with genetic variations in heat tolerance for a perennial grass species, hard fescue (*Festuca trachyphylla*). *Environ. Exp. Bot.* 140: 65–75.
- Wilson, D. and Jones, J.G. (1982). Effects of selection for dark respiration rate of mature leaves on crop yields of *Lolium perenne* cv. S23. *Ann. Bot.* 49: 313–320.
- Woolley, J.T. (1971). Reflectance and transmittance of light by leaves. *Plant Physiol.* 47: 656–662.
- Zhang, Q., Bell, L.W., Shen, Y. and Whish, J.P.M. (2018). Indices of forage nutritional yield and water use efficiency amongst spring-sown annual forage crops in north-West China. *Eur. J. Agron.* 93: 1–10.
- Zheng, G., Li, L., and Li, W. (2016). Glycerolipidome responses to freezing- and chilling-induced injuries: examples in *Arabidopsis* and rice. *BMC Plant Biol.* 16: 70. <https://doi.org/10.1186/s12870-016-0758-8>.
- Ziotti, A., Silva, B.P. and Neto, M. (2019). Photorespiration is crucial for salinity acclimation in castor bean. *Environ. Exp. Bot.* 167, 103845.



## BÖLÜM 4

### ÇEMEN (*TRIGONELLA FOENUM GRAECUM L.*) VE TARIMSAL ANALİZİ

Bora BAYHAN<sup>1</sup>

Prof. Dr. Veysel SARUHAN<sup>2</sup>

---

1 Dicle Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarla Bitkileri Bölümü, Diyarbakır. E-mail: bayhanbora6@gmail.com. ORCID: 0000-0002-6555-5272

2 Dicle Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarla Bitkileri Bölümü, Diyarbakır. E-mail: vsaruhan@dicle.edu.tr. ORCID: 0000-0002-4906-8917





## 1. Giriş

Dünya ve ülkemiz geneli nüfus artış hızı ile beraber enerji amaçlı tüketimin yoğunlaşarak artış kazandığı görülmektedir. Bununla birlikte tarımsal arazi varlıklarının tarım hizmetleri dışında kullanılmasından ötürü tarımsal üretimin düşüş yaşadığı görülen bir gerçektir. Bu durumda tarım ve sürdürülebilirlik kavramlarının birbiri ile entegre olabilmesi açısından gerekli sistemlerin oluşturulması, etkin önlemlerin alınması ve oluşabilecek risklerin önceden belirlenmesi tarımsal sürdürülebilirlik açısından oldukça büyük bir önem arz ettiği kabul edilmektedir. Dünya piyasasının önemli sektörlerinden olan ve bu listenin ilk sıralarında olabilecek olan tarım dünya ve ülkemiz koşullarında yarışma derecesinde bir çizgide olduğu önemli bir sektördür. Bu sektör olumsuz koşulları içinde barındırabilmektedir, bu olumsuz koşulların sürdürülebilirliği açısından gerekli önlemler (teknik, kültürel ve biyolojik önlemler) alınması sektörel bazda üretici açısından ciddi dikkat gerektirmektedir. Nitekim bu hususlar doğrultusunda bitkisel veya tarımsal üretimin değeri zamanla daha da artmaktadır (Ceylan, 2022).

Dünya üzerinde mevcut halde 422.000 çiçekli bitki taksonu 72.000 adeti ile değerli olarak anılmakta ve 5.000 kadarı dünya ticareti içerisinde sirkülasyonu sağlamaktadır (Baydar, 2020). Ülkemiz, gen merkezi olarak nitelendirilebileceğimiz Akdeniz, Avrupa-Sibirya ve İran-Turan hilalinin içerisinde bulunmaktadır, bu konumundan dolayı 9000 bitki türünü içerisinde barındırmaktadır (Güzel, 2021). (4). Ülkemiz ekolojisinde bazı tıbbi ve aromatik bitkiler toprak ve iklim istekleri bakımından fazla seçici değildir. Buğday ve arpa yetiştiriciliği yapılabilen tarım arazilerinde de yetiştiriciliği sağlanabilir. Bu bitkilerden olan hem baklagil bitkisi hem aromatik bitki hem de yemlik değeri olan Çemen (*Trigonella foenum - graecum L.*) bu kolaylıkta yetiştiriciliği yapılabilen bir bitkidir. Çemen, özünde bir baklagil bitkisi niteliği taşımaktadır. Tüketicilere düşük fiyata besinsel ve fonksiyonel avantajlar sunan yüksek kaliteli bir tarım ürünüdür (Çoban, 2021).

## 2. Tarihçesi

Dünya tarihinde en eski baharat olarak nitelendirilebilecek düzeyde olan çemen bitkisinin yaklaşık M.Ö. 2000 yıllarında Eski Mısır'da tarımı yapılmaya başlanmış, Eski Yunanlı bilgin-filozofları olan Theophrastos (M.Ö. 372-287) ve Dioskorides (M.Ö. I. yüzyıl) inek boynuzu (Buceras) ve keçi boynuzu (Aegoceras) isimlerini çemeni adlandırmak için kullanmışlardır. Hintçede methi olarak adlandırılan çemen, Güney Avrupa ve Asya'ya özgü bir bitkidir (Baldemir ve İlgün, 2015).

Romalılar devrinde Plinius (M.S. 23-79) ve Columella (M.S. I. y.y.) da eski Yunancadan gelme Buceras ve Aegoceras adlarını kullandıkları gibi, “Yunan kuru otu” (*Foenum graecum*), hatta “slicia” veya “siliqua” diye de adlandırmışlardır. Çemen, Mısır’ın en eski kültür bitkisi olduğu gibi, Hint uygarlığı döneminde de tarımının yapıldığı ve adının Sanskritçede bulunduğu da tespit edilmiştir (Güzel, 2021).

Yöresel olarak “buy otu” adı ile de tanınmış olan bu bitkinin dünyada geniş alana yayılmakla birlikte *trigonella* cinsi çoğunlukla akdeniz bölgesi koşullarında 50 adet tür geniş yayılış potansiyeli oluşturmaktadır. Ülkemiz koşullarında bu 50 adet türden 45 adedi doğal formda yetişmekte ve *Trigonella foenum-graceum* L. türünün üretimi gerçekleştirilmektedir (Arslan ve ark. 1989, Davis 1982). *Trigonella* türleri ülkemizde Mersin (Kuyuluk mevki), Gaziantep (Birecik-Kesre), Konya (Akseki), Kayseri, Adana (Seyhan-Misis arası), Hatay (Belen’in kuzeyi) Şanlıurfa ve Mardin’de dağılım göstermektedir (Beyzi ve ark., 2010).

### 3. Taksonomisi

Çemen (*Trigonella foenum graecum* L.) Baklagiller (Fabaceae) familyasında kimliği bulunan kendine döllek, diploid (2n:16), tek yıllık bir baklagil bitkisi olduğu bilinmektedir (Darlington and Wylie 1945; Allard 1960).

Baklagiller (Fabaceae), bitkiler aleminin kalabalık familyalarından birisidir. Çok zengin bir familya olan baklagiller, ekolojik, morfolojik ve tarımsal karakterler yönünden büyük değişim gösterirler. Yeryüzünde baklagillerden insan yiyeceği, hayvan yemi, yeşil gübre, kereste, sakız, yağ ve endüstri hammaddesi gibi çeşitli yönlerden faydalanılmaktadır (Elçi, Ş, 2005).

Ayrıca *Trigonella* L. cinsinin 2 türünün tarımı yapılmaktadır. Bunlar *Trigonella foenum graecum* L. (Çemen) *Trigonella caerulea* L. (Mavi çemen)’dir.



Şekil 1. Çemen bitkisine ait detaylı görüntü

#### 4. Bitkisel Özellikleri

Morfolojik yapısı gereği yonca bitkisine aşırı benzerlik gösteren, Tıbbi ve aromatik bitki grubuna dahil edilebilen tek yıllık baklagil bitkilerinden bir tanesidir. Bilhassa gelişim dönemi ilk evrelerinde tüy yapısına sahip çemen, ilerleyen evrelerinde çıplığımsı bir düzen alarak koyu yeşil bir görüntü oluşturmaktadır (Basu, 2006; Mehrafarin et al. 2011; Moradi kor and Moradi, 2013). Çemen bitkisinin sapkısı incelenecek olduğu zaman içi boş ve yuvarlağı andıran bir sap görüntüsü görülmektedir (Çoban, 2021). Dişli, mızrak formunda, üç yapraklı 10-40 mm uzunluk ve 8-15 mm genişlik ölçülerinde bulunabilen çemen bitkisi, ters yumurta formunu taşıyan ve bu yaprakçıklar dip kısım üzerinde genellikle kama formu düzenine sahiptirler. Uzun saplı, yapraklar yonca morfolojisi tarzında üçlü olduğu bilinmekte ve bileşik yapraklara sahip olduğu çalışmalardan anlaşılmıştır (Başu, 2006; Srinivasan,

2006; Ahmed et al. 2016). Yonca bitkisinden farklılığı çemen orta damar uzantısı belirgin olmayan bir yapıdadır. Yaprak koltukları yan dalların çıkış noktalarında bulunmaktadır (3). Bir veya iki olarak yaprak koltuklarından çıkış gösteren çiçeklerin 10-18 mm ortalama uzunluğu kahverengimsi ile sarımsı kahverengi renklere sahip olduğu 5 yaprağı bulunmakla beraber araştırmalarda saptanmıştır. Bitkinin üst yapraklarının eser oranda kalın ve tüylü olduğu, sarımtırak 3 beyaz bazı dönemlerde hafif pembe taç yaprakları görüldüğü bildirilmiştir. Taç yaprak 13-19 mm uzunluğu görülmüş olup dış kısmının bir bayrak içte ise iki adet kanatçık ve kayıkçıktan oluştuğu araştırmalarda bildirilmiştir. Çanak yaprakların 6-8 mm uzunluğuna ulaştığı ve bariz tüylü olduğu bilinmektedir (Basu, 2006; Montgomery, 2009; Mehrafarin et al. 2011; Altuntaş vd. 2005; Moradi and Moradi, 2013). Ekili veya ekilmemiş alanların, yamaçların ve tarla kenarlarının üzerinde rahat bir şekilde yetişebildiği bir bitki olarak karşımıza çıkmaktadır. Yeteri miktar güneş ışığını bünyesine alma ihtiyacı önemli ölçüde elzemdir. Çemen bitkisi olgunluk dönemine erişmesi için 4 ile 7 ay arası bir vakite gereksinim duymaktadır (Petropoulos, 2002). Çiçeklenme dönemi yaz ortalarında (haziran-ağustos), tohumları yaz sonu (ağustos-eylül) dönemlerinde olgunlaşma kapasitesine ulaşmaktadır. Kuraklık ölçütlerine dayanımı fazla olan bir bitki olup, ılıman ve tropik iklim koşullarında iyi yetiştirme eğrisi gösterebilmektedir; bununla birlikte, yaprak ve çiçek gelişimi sıcaklık ile doğru orantılı bir şekilde oluşmaktadır (McCormick et al. 2006). Türkiye’de serin bölgelerde yazlık olarak, daha ılıman bölgelerde ise hem kışlık hem de yazlık olarak ekimi yapılmaktadır (Kevseroğlu ve Özyazıcı, 1997). Baklalar ise ortalama 10 ile 20 adet tohum oluşturan 5-11 cm uzunluğa ulaşabilen kıvrık ve sivri uçlu düzeni taşımaktadırlar. Tohumları 3 ile 5 mm uzunluk, sert köşeleri olan üzerinde ince pürtük kıvamında sarımsı esmer veya esmer kırmızı renkleri taşımaktadır (Pribac and Ardelean 2008). Biyolojik olarak tohumları bitkinin en değerli kısmıdır (Ceylan, 2022).



Şekil 2. Çemen Bitkisine ait yaprak görüntüsü

### 5. Yem Bitkisi Alanında Çemen

Çemenin sap ve yapraklarının hayvan yemi amaçlı kullanılabilirliğide literatüre yansımaktadır. Yeşil yem veya kuru otunun da koku verdiği anlaşılmış olup, çiftlik hayvanlarının istekli bir şekilde yemesine sebep olmaktadır. Bazı ülkelerde bu amaç doğrultusunda yulaf ile birlikte karışım hazırlanmış olarak ekim yapıldığı bilinmektedir. Çemen tohumunun yapısında %25 oranı içeren oldukça fazla miktar protein içeriği olmasından kaynaklı yem bitkisi alanında kullanılabilirliği kabul edilmiştir. Atlar ve sığırlar için oldukça iştah açıcı günlük 25-30 gr çemen unu yedirilmesi tavsiye edilmektedir. Özellikle besiyeye alınmış hayvanların rasyonlarına çemen unu ilave edilmesi yararlı olmakta ve besi süresini kısaltmaktadır.

### 6. Çemen Bitkisi Tarımı

Çemenin Orta Asya ve İran çevrelerinde yabani formlarının yetiştiği bilgisi olsa bile, Yakın Doğu, Hindistan ve Etiyopya'da geniş alanlarda, Çin, İberik Yarımadasında, Orta Avrupa ve Kaliforniya'da üretimi gerçekleştirildiği çalışmalarda aktarılmıştır (Koç, 2002). Çemen bitkisi dünya üretiminde Amerika, İspanya, Çin, Rusya, Japonya, Pakistan, Hindistan, Arjantin, Lübnan, Fas, Tunus, İsrail, Sudan, Kenya, Etiyopya, Tanzanya, Mısır, Türkiye,

Yunanistan, İsviçre, Avusturya, Almanya, İngiltere, İspanya ve Portekiz gibi ülkeler içerisinde en fazla üretimi yaptığından oldukça fazla oranın sahipliğini taşımaktadırlar (Petropoulos, 2002). Ülkemiz 2020 yılı verileri bize gösteriyor ki çemen ekim alanı 6.521 dekar üretimi 713 ton olarak kayıtlar oluşturulmuş olup dekar başına ortalama 109 kg/dekar verim elde edildiği hesaplanmıştır. Türkiye’de en büyük pay oranına sahip çemen üretimi Afyonkarahisar, Amasya, Ankara, Çorum, Karaman, Kayseri, Konya, Samsun, Sivas, Tokat ve Yozgat illerinde yapılmıştır (Anonim 2021).

**Tablo 1.** Türkiye’de Yıllara Göre Çemen Üretim, Verim ve Ekim Alanı (TÜİK, 2020)

Yıllar	Ekim alanı (da)	Üretim miktarı (ton)	Verim (kg/da)
2010	1,651	200	121
2011	1,055	141	134
2012	640	67	105
2013	1,678	195	116
2014	1,974	218	110
2015	4,296	491	114
2016	8,232	914	111
2017	14,499	1,521	105
2018	7,182	745	104
2019	6,035	645	107
2020	6,521	713	109

Çemen, ılıman iklim koşullarında başarı gösterebilen, kışlık ekimi yapıp kuraklık ve yüksek sıcaklık toleranslarına uyum sağlayabilen bir bitkidir. Lakin kuraklığa bağlı olarak artış oldukça gelişimi geri yönlü olmaktadır. Kışa dayanımı az, soğuğa ve neme duyarlılığı var olduğu bilinmektedir. Tohum üretimi için düşük nem bitki gelişimi için ise 18-27 °C uygun sıcaklıklardır. Ülkemiz sıcak bölgeleri için kış veya ilkbahar soğuk bölgeler için ise yazlık olarak ekimi yapılabilir. Su tutma kapasitesi oldukça iyi olan orta ve ağır topraklar çemenin toprak isteğinin kanaatkar olduğunun göstergesidir. Yetiştirilme için pH aralığı 5,3-8,2 kabul edilebilir değerlerdir. Akdeniz ikliminin hakim olduğu bölgelerde kışlık, kışı sert geçen bölgelerde ise ilkbaharda yapılır. Ekim derinliği 2-2,5 cm arasında değişmekte ve vejetasyon süresi 105-140 gün arasında değişkenlik göstermektedir. Tohum miktarının değişkenlere bağlı olarak farklılık gösterebileceği ortalama değer olarak ise

dane üretiminde 2-4 kg/da, yeşil ot üretimi için ise 5-8 kg/da tohumluk miktarı kullanılabilir. Çemen bir baklagil bitkisi olmasından kaynaklı kendi azot ihtiyacını önemli ölçüde karşılayabilmektedir. Toprak numunesi sonucuna göre fosfor (P2O5) kullanımında verim artışı olduğu çiçek ve tohum oluşumu için önemli olduğu görülmüştür. Suya çiçeklenme başlangıcından tane oluşum dönemine kadar ihtiyaç duymaktadır.

## 7. Sonuç

Çemenin insan sağlığı için evrensel bir ilgi gördüğü geniş kitlelerce değerli araştırmalar tarafından kanıtlanmıştır. Çemen sağlık alanının yanı sıra aynı zamanda gıda sektöründe hizmet eden değerli bir araştırma bitkisidir. Bu bitkinin potansiyel verimi ve içerdiği maddeler çevresel faktörler ve tarımsal uygulamalara göre çalışmalara farklılık katmıştır. Çemenin uygulama alanı olarak gerek tıbbi ve baharat bitkisi olarak değerlendirilmesi, gerek baklagil bitkisi olarak kullanılması ve yem bitkileri alanına hitap eden geniş çaplı kullanım alanı bakımından önemli bir bitkidir. Çemen bitkisi kurutulmuş veya taze yapraklar halinde, baharat (tohum) ve sebze (taze yapraklar) olarak kullanılmasının yanı sıra yaprakları ve tohumları alternatif tıpta önemli kullanım alanlarına sahiptir. Çemen ülkemizde hemen her bölge koşulunda yetişebilme karakterine sahip, bunula beraber son yılların ekim listesine girmeyi başarmış bir bitkidir. Lakin çemen bitkisi bu kadar kolay uygulanabilir olması ve birçok alana hizmet etmesine rağmen hak ettiği değeri görememektedir.

Bu derlemenin hazırlanmasındaki amaç, çemen bitkisinin taksonomisi, bitkisel özellikleri gibi genel özellikleri ekim alanı ve verimi gibi bazı parametreleri temel bilgi doğrultusunda değerlendirmeye çalışmaktır. Çemen ülkemiz koşullarında üzerine daha fazla araştırma yapılması gereken uygulama kolaylığı olan ve aynı zamanda uygulama alanı geniş bitkilerden bir tanesidir. Agronomik ve morfolojik yapısı gereği ilgili çalışmalar yapılmış ancak, ıslah konusu ciddi anlamda yoksunluk içermektedir. Bu sebepten dolayı, gelecekte araştırmacıların yapacakları çalışmalarda uygun iklimsel ve bölge koşullarını dikkate alarak kültürel uygulamalarının yanı sıra, ıslah ve yeni çeşit gelişimine yönelik çalışmalar önemli ölçüde artmalıdır.

**KAYNAKLAR**

- Ahmad, A., Alghamdi, S. S., Mahmood, K., & Afzal, M., 2016. Fenugreek a multipurpose crop: Potentialities and improvements. *Saudi Journal of Biological Sciences*, 23(2), 300-310
- Akbay, F., & Erol, A. (2019). Farklı Çemen Genotiplerinin Tarımsal ve Morfolojik Özellikler Yönünden Değerlendirilmesi. Muş Ovası Uluslararası Tarım Kongresi
- Akbay, F., Adem, Erol., & Kamalak, A. (2020). Farklı hasat döneminin çemen (*Trigonella foenum-graecum* l.) otunun kimyasal bileşimi, metan üretimi ve kondense tanen içeriği üzerine etkisi. *Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Tarım ve Doğa Dergisi*, 23(6), 1663-1668.
- Allard, R.W., 1960. Selection under self-fertilization. *Principles of Plant Breeding*, John Wiley & Sons, Inc, 55.
- Altuntaş, E., Özgöz, E., & Taşer, Ö. F., 2005. Some physical properties of fenugreek (*Trigonella foenum-graceum* L.) seeds. *Journal of Food Engineering*, 71(1), 37-43.
- Anonim, (2021). Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK), Türkiye Buy Otu Üretimi, <https://www.tuik.gov.tr/>, Erişim Tarihi 10 Mayıs 2021.
- Anonim, 2020. Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK). Bitkisel Üretim İstatistikleri, <https://biruni.tuik.gov.tr/medas/?kn=92&locale=tr>
- Arslan N, Tekeli S, Gençtan T (1989) Değişik yörelere ait çemen popülasyonlarının tohum verimleri. VIII. Bitkisel İlaç Hammaddeleri Toplantısı Bildiriler Kitabı (19–21 Mayıs 1989) Cilt II, 93–97, İstanbul.
- Aşkın, H. (2021). Farklı Çemen (*Trigonella foenum-graecum* L.) Genotiplerinin Tarımsal ve Bazı Kalite Özelliklerinin Belirlenmesi. Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Bolu Abant İzzet Baysal Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Bolu.
- Baldemir, A., İlgün, S., 2015. Geçmişte ve günümüzde çemenotunun kullanım alanları: *Trigonella foenum-graecum* L. *Lokmanhekim Dergisi*, 5(1), 1-4.
- Basu, S. K., 2006. Seed production technology for fenugreek (*Trigonella foenum-graecum* L.) in the Canadian prairies (Doctoral dissertation, Lethbridge, Alta.: University of Lethbridge, Faculty of Arts and Science, 2006).
- Baydar, H., 2020. Tıbbi ve Aromatik Bitkiler Bilim ve Teknolojisi. Nobel Kitap Yayınları, 420s.



- Beyzi, E., İlbaş, A. İ., & Gürbüz, B. (2010). Çemen (*Trigonella foenum graecum* L.) ve genel özellikleri. *Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Fen Bilimleri Dergisi*, 26(4), 316-322.
- Bozdemir, Ç., Çinkaya, N., & Bağdat, R. B. Ankara Ekolojik Şartlarında Kışlık Çemen (*Trigonella foenum-graecum* L.) Yetiştirme Çalışmaları. *Ziraat Mühendisliği*, (363), 44-49.
- Ceylan, E. (2022). Sulu Koşullarda Yetiştirilen Farklı Çemen (*Trigonella foenum-graecum* L.) Genotiplerinin Tarımsal Performanslarının Belirlenmesi. Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Atatürk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Erzurum.
- Çoban, F. (2021). Farklı Ekim Normu ve Azot Seviyelerinin Çemen (*Trigonella foenum-graecum* L.) Bitkisinin Verim, Verim Unsurları ve Kalitesine Etkileri. Yayımlanmamış Doktora Tezi, Atatürk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Erzurum.
- Darlington, C.D. and Wylie, A.P., 1945. Chromosome atlas of flowering plants, 144-147.
- Davis PH (1982) Flora of Turkey and The East Aegean Islands, Edinburg University Pres, 3(465– 482).
- Elçi, Ş., (2005) Baklagil ve Buğdaygil Yem Bitkileri, T.C. Tarım ve Köy İşleri Bakanlığı, s. 54, Ankara, 2005.
- Güzel, Y. (2021). Çemen (*Trigonella foenum-graecum* L.) Genotiplerinin Verim ve Bazı Kalite Özelliklerinin Belirlenmesi. Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Siirt Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Siirt.
- Kan, Y., & Mülâyim, M. (2006). Organik ve inorganik gübrelerin çemen (*Trigonella foenum-graecum* L.)-in bazı tarımsal karakterleri üzerine etkileri. *Bitkisel Araştırma Dergisi*, 1, 6-15.
- Kevseroğlu K ve Özyazıcı G (1997) Azotlu gübre dozlarının çemen (*Trigonella foenum-graecum* L.) bitkisinin bazı tarımsal özelliklerine etkileri. Türkiye II. Tarla Bitkileri Kongresi (22–25 Eylül 1997) Bildiriler Kitabı, 367–371, Samsun.
- Kıralan, M., Yorulmaz, A., Çalıköğlü, E., & Bayrak, A. (2017). Çemen otu (*Trigonella foenum-graecum* L.) tohumunun yağ asitleri ve sterol bileşimi. *Derim*. 2017/34(2):138-141
- Koç, H. (2002). Bitkilerle Sağlıklı Yaşama. Kültür Eserleri Dizisi; 2002.ISBN: 975-17-2925-4, Yayın No:2883.
- Mehrafarin, A., Rezazadeh, S. H., Naghdi Badi, H., Noormohammadi, G. H., Zand, E., and Qaderi, A., 2011. A review on biology, cultivation and

- biotechnology of fenugreek (*Trigonella foenum-graecum* L.) as a valuable medicinal plant and multipurpose. 24-6, 37(10)
- Moradi, N. and Moradi, K., 2013. Physiological and pharmaceutical effects of fenugreek (*Trigonella foenum-graecum* L.) as a multipurpose and valuable medicinal plant. *Global Journal Of Medicinal Plant Research*, 1(2), 199-206.
- Özçelik, Ş. N., & Şahin, A. (2018). Çemen (*Trigonella Foenum-Graecum* L.) Otunun ve Tohumunun Besin Madde İçerikleri ve In Vitro Sindirilebilirliğinin Belirlenmesi. *Hayvan Bilimi ve Ürünleri Dergisi*, 1(1), 25-35.
- Petropoulos, G. A. (Ed.), 2002. Fenugreek: the genus *Trigonella*. CRC Press.
- Pribac, C. and Ardelean, A., 2008. In vitro culture of *Trigonella foenum-graecum* plantules and their anatomic characterization. In EMC 2008 14th European Microscopy Congress 1– 5 September 2008, Aachen, Germany.
- Tokbay, İ. İ. (2007). *Aydın ekolojik koşullarında farklı ekim zamanı ve sıra aralığının çemen (Trigonella foenum-graecum L.)'in verim ve kalite özelliklerine etkisi* (Doctoral dissertation, Adnan Menderes Üniversitesi).
- Yüksel, KAN., KARTAL, M., & ABUATAKERS, M. (2007). ÇEMEN (*Trigonella foenum graecum* L.) Tohumlarının Bazı Kalite Özellikleri Üzerine Organik ve İnorganik Gübrelerin Etkileri. *Selcuk Journal of Agriculture and Food Sciences*, 21(41), 118-122.

## BÖLÜM 5

### BAHÇE ÜRÜNLERİNDE STRESE KARŞI FİZYOLOJİK TEPKİLER

Öğr. Gör. Dr. Fırat İŞLEK<sup>1</sup>

---

<sup>1</sup> Muş Alparslan Üniversitesi, Uygulamalı Bilimler Fakültesi, Bitkisel Üretim ve Teknolojileri Bölümü, Muş, Türkiye., Orcid No:0000-0003-0665-5165, e posta: firatislek12@gmail.com,



## 1. Giriş

Taze bahçe ürünleri, hasattan sonra sürekli değişime uğrayan canlı dokulardır. Ürünler, hasat sonrası dönemde aktif metabolizmaya sahip çabuk bozulan canlılardır (İşlek ve ark., 2023). Hasat sonrası meydana gelen bazı değişiklikler arzu edilirken, ama genellikle söz konusu değişimler tercih edilmez. Uygun hasat sonrası işleme, ürünlerin kalitesini artırmada önemli bir rol oynar. Nitekim, tüm taze bahçe bitkileri su içeriği yüksektir ve bu nedenle kurumaya ve mekanik yaralanmaya maruz kalır. Bahçe bitkileri, insan beslenmesi için önemli bir karbonhidrat, protein, organik asit, vitamin ve mineral kaynağıdır. Fakat, insanlar bitkileri veya bitki parçalarını gıda veya estetik amaçlı kullandıklarında, genellikle hasat sonrası kayıplara yol açar. Miktar ve kalitedeki kayıplar, çoğunlukla ürünler hasat edilirken ve tüketicilere ulaşıncaya kadar geçen sürede meydana gelir. Bu nedenle, kayıpları azaltmak için üreticiler ve işletmeler, bozulmaya dahil olan biyolojik ve çevresel faktörleri nedenlerini iyi bilmelidir.

Çevre koşullarındaki değişiklikler bitkilerde strese neden olabilir. Stres genel olarak canlılar için potansiyel olarak elverişsiz herhangi bir çevresel faktör olarak tanımlandığından organizmalar, çürüme dışında, hasat sonrası ürünlerdeki kalite kayıpları doğrudan veya dolaylı olarak stres ve stres kaynaklı yaşlanmanın bir kombinasyonuna atfedilebilir (Lester, 2003). Stresler tarım için ciddi tehditler olup ve dünya çapında ürün kaybının birincil nedenidir (Imahori, 2012). Bu stresler, bitki büyümesini ve verimliliğini olumsuz yönde etkileyen bir dizi morfolojik, fizyolojik, biyokimyasal ve moleküler değişikliğe yol açar. Bitkiler elverişsiz ortamlara maruz kaldıklarında, bir dereceye kadar stresle sonuçlanır ve bitki genetik potansiyelinin bir kısmını ifade eder. Bitkiler, genetik olarak belirlenmiş stres direnci yoluyla olumsuz koşullara uyum sağlar. Bitkiler, strese karşı direncin artmasına yol açan savunma tepkilerinin daha hızlı veya daha yoğun bir şekilde harekete geçirilmesi için hassaslaştırılabilir ve streslere karşı direnç kazanabilir. Bu nedenle, stresin metabolizma ve performans üzerindeki etkileri, özellikle hasat sonrası ürünlerde bitki araştırmalarının ana odak noktası haline gelmiştir.

## 2. Biyotik ve abiyotik stresler

Biyotik stres; bakteriler, mantarlar, nematodlar, protistler, böcekler, virüsler ve viroidler gibi diğer canlı organizmalar tarafından bitkilere verilen

zarardır. Abiyotik stres ise kuraklık, tuzluluk, aşırı sıcaklıklar, kimyasal toksisite ve oksidatif stres gibi birçok çevresel faktörün neden olduğu etkiler olarak tanımlanmaktadır. Abiyotik stresler birbiriyle bağlantılıdır ve benzer hasarlara neden olur. Bitkiler, çevre tarafından dayatılan biyotik ve abiyotik streslerle başa çıkmak ve bunlara uyum sağlamak için mekanizmalar geliştirmiştir. Biyotik ve abiyotik streslerin kombinasyonları bitki tepkisi üzerinde olumlu bir etkiye sahiptir. Savunma tepki genleri biyotik stres veya abiyotik stres tarafından aktive edilir. Çevresel faktörlerden gelen herhangi bir uyararla, etkileşimleri olan çoklu sinyal yolları aktive olur (Atkinson ve arl., 2012).

### 3. Su stresi

Su stresi, bahçe ürünlerinin kalitesini sınırlayan en önemli abiyotik faktörlerden biridir. Solma, buruşma, sertlik ve gevreklik kaybı, renk kaybı, kabuk hasarı ve kötü tat gibi istenmeyen kalitelere neden olur. Su kaybının önemi, bahçe ürünlerinin raf ömrünü ve kalitesini belirler. Su stresi birçok fizyolojik ve biyokimyasal faktörü olumsuz etkiler. Transpirasyondan kaynaklanan düşük su kaybı bile bir dizi metabolik tepkiye neden olur. Azalan su mevcudiyetinin önemli bir etkisi, orta dereceli bitki su eksikliklerinde başlayabilen stomatal kapanma nedeniyle yaprak karbon fiksasyonunun azalmasıdır.

Bitkilerin su stresine tepkileri, stresin yoğunluğuna ve süresine, ayrıca bitki türüne ve onun gelişme aşamasına bağlı olarak önemli ölçüde farklılık gösterir. Bitkilerin hücre bölünmesi ve genişlemesi doğrudan su stresi tarafından engellenir. Bitki hücresi koruma homeostazı mekanizmalarının, gerçekçi olmayan stres koşullarında ölümü geciktirerek ve hayatta kalmayı iyileştirerek su stresi tepkisine faydalı bir şekilde dahil olduğu bildirilmiştir (Mahajan ve Tuteja, 2005).

### 4. Terleme

Bahçecilik ürününün terlemesi, su buharının bitki organının yüzeyinden çevreleyen havaya hareket ettiği bir kütle transfer işlemidir. Bir fizik yasası olan Fick yasası bu olguyu yönetir. Herhangi bir gazın tesisin içine veya dışına hareketi, bariyer boyunca ve bariyerin yüzeyindeki konsantrasyon gradyanı ile doğru orantılıdır ve bariyerin difüzyona karşı direnci ile ters orantılıdır.

Terlemenin itici gücü, bitki dokusu ile onu çevreleyen atmosfer arasındaki su buharı basıncının gradyanıdır (Ben-Yehoshua ve Rodov, 2013).

Terleme, bahçecilik ürünlerinin fizyolojik bozulmasını etkileyen olaylardan biridir. Ana bitkiden sağlanan su ile dengelenmeyen terleme, genellikle hasat edilen üründe su stresine neden olur. Ürünlerin görünüşünü, dokusunu, lezzetini ve ağırlığını etkiler. Bozulmanın göreceli önemi mala bağlıdır. Terleme, marul, ıspanak ve lahanaya gibi yapraklı sebzelerde hasat sonrası kayıpların ve kalitesizliğin ana nedeni olarak kabul edilir. Terleme ürünlerde genel olarak solmaya, büzülmeye ve gevreklik kaybına neden olur (Ben-Yehoshua ve Rodov, 2013).

## 5. Su kaybı

Hasat sonrası su kaybı, bahçe ürünlerinde yüzey yoluyla solunum ve difüzyondan kaynaklanır (Cavusoglu ve ark., 2021a). Hasat sonrası ürünlerin pazara ulaştırılmasında yapılan işlemler su kaybı, ürünlerinin kalitesinin bozulmasına neden olur. Ayrıca yaşlanmayı veya olgunlaşmayı yumuşama, zar bozulması ve sararma olarak hızlandırır. Bahçecilik ürünlerinde su kaybına duyarlılık, yüzey alanının hacme oranı ile tanımlanır (Toivonen and Hodges, 2011).

Su kaybı tür ve çeşide göre önemli değişiklikler gösterir. Bu değişkenlik, olgunluk, çevresel koşullar ve stoma, lentisel, periderm ve kütikül gibi yüzey yapılarının bir kombinasyonundan kaynaklanır. Ürünlerin içinden dışarıya doğru su potansiyeli gradyanı, depolama boyunca sıcaklık ve bağıl neme göre değişir. Su kaybının itici gücü, bahçecilik ürünlerinin su aktivitesindeki fark ile onu çevreleyen atmosferin su aktivitesi arasındaki ilişki olan buhar basıncı açığıdır. (Ben-Yehoshua and Rodov, 2013).

## 6. Sıcaklık stresi

### 6.1. Üşüme zararı stresi

Fizyolojik bir bozukluk olarak üşüme zararı tropikal veya subtropikal meyveler düşük ancak donmayan sıcaklıklara maruz kaldığında meydana gelir. Üşüme zararının makroskobik semptomları, meyve yüzeyinde çukurlaşma, haşlanma, damar demetlerinin etrafındaki hamurda sert topaklar, etin suyla ıslanması ve yüksek çürüme eğilimi gibi meyve yüzeyinde anormal olgunlaşma ve hasarlı alanları içerir. Bu değişiklikler, üşümeye duyarlı mahsullerde hücre duvarının bütünlüğü ile ilişkilendirilebilir. Üşüme zararından etkilenen ilk

hücre yapısı hücre zarıdır. Üşüme zararı sıcaklığında, hücre zarı fazı, esnek sıvı kristalden katı bir jel yapısına geçer, bu da hücre zarı arızasını artırır. Üşüme zararı görmüş mahsullerde, fosfolipaz D (PLD) ve lipoksijenaz (LOX) aktivitelerindeki artış gözlemlenir ve hücre zarının bütünlüğünde bir azaltmaya bağlı olarak üşüme zararı şiddeti artar.

Üşüme zararı esmerleşme semptomları, kahverengi pigmentlerle ilgili olan enzimatik aktivite ile ilişkilendirilmiştir (Yılmaz ve Çavuşoğlu, 2018a). Fenilalanin amonyak liyaz (PAL) aktivitesinin, örneğin muz meyvesinde düşük sıcaklıkta indüklenen esmerleşme için sınırlayıcı faktör olduğu öne sürülmüştür. Üşüme zararını hafifletebilecek bazı tedaviler arasında SA, poliaminler (PA'lar), nitrik oksit (NO) ve metil jasmonat gibi bitki büyüme düzenleyicileri bulunur (Yılmaz ve Çavuşoğlu, 2018b).

## 6.2. Donma zararı stresi

Donma sıcaklıkları, birçok bitki türünün büyümesini, gelişmesini ve dağılımını sınırlayan önemli bir çevresel kısıtlamadır. Bitkilerin donma stresine duyarlılığı, duyarlılıktaki değişimden sorumludur. Bahçe bitkileri ürünleri, donma hasarına karşı duyarlılıkları değişir. Bazıları belirgin bir yaralanma olmadan donma stresine dayanabilirken, diğerleri hafif donma nedeniyle hasar görebilir. Donma yaralanması, suyun donma noktasının altındaki sıcaklıklarda meydana gelir. Bu bozulma solma veya yumuşama olarak görülür (Sakai ve Larcher, 2012).

Bir bitki donduğunda, bitki dokularında buz oluşumu meydana gelir ve bu, hücre zarlarını yırtarak hücresel bütünlüğün kaybına ve nihayetinde bitki dokusunun ölümüne neden olur. Donma hasarının birincil tezahürü plazma zarındadır. Bu nedenle, zarlar, bir bitki hücrelerinin donma hasarına dayanma veya maruz kalma kabiliyetinde önemli bir rol oynar.

## 6.3. Yüksek sıcaklık stresi

Sıcaklık stresi, bitki hücrelerinde çeşitli biyokimyasal ve fizyolojik etkilere neden olabilir. Sıcaklığın yükselmesi, bitki hücrelerindeki proteinlerin, zarların ve RNA yapılarının stabilitesini etkileyebilir. Ayrıca, enzimlerin reaksiyon hızını ve etkinliğini değiştirerek metabolik dengesizliğe ve toksik bileşik birikimine neden olabilir (Niu ve Xiang, 2018).



Sıcaklık stresinin bitkiler üzerindeki etkileri genellikle bitki türüne, stresin süresine ve şiddetine bağlıdır. Yüksek sıcaklıklar, bitki hücrelerinde proteinlerin yapısal bütünlüğünü bozabilir. Proteinlerin üç boyutlu yapıları, sıcaklık arttıkça değişebilir veya bozulabilir. Bu, enzimlerin doğru şekilde katlanmasını ve fonksiyonlarını yerine getirmesini engelleyebilir (Niu ve Xiang, 2018).

Ayrıca, sıcaklık stresi bitki hücre zarlarında değişikliklere neden olabilir. Hücre zarları, çeşitli lipidlerden oluşur ve sıcaklık artışı, lipidlerin düzenini ve hareketliliğini etkileyebilir. Bu durum, hücre zarlarının geçirgenliğini değiştirerek hücre içindeki bileşiklerin dengesini bozabilir. RNA molekülleri de sıcaklık stresine duyarlıdır. Yüksek sıcaklık, RNA'nın yapısını değiştirebilir ve işlevini etkileyebilir. Bu durum, genetik materyalin doğru şekilde işlenmesini ve protein sentezini etkileyebilir (Niu ve Xiang, 2018).

Metabolik dengesizlik, sıcaklık stresıyla ilişkili bir başka etkidir. Sıcaklık, bitki hücrelerindeki metabolik reaksiyonların hızını etkileyebilir. Yüksek sıcaklık, enzimatik reaksiyonları hızlandırabilir veya inhibe edebilir. Bu, metabolik dengesizliklere ve bitki büyümesi, gelişimi ve verimlilik üzerinde olumsuz etkilere yol açabilir. Sıcaklık stresi bitkilerde reaktif oksijen türlerinin (ROS) birikimine neden olabilir. Yüksek sıcaklıklar, hücrelerde ROS üretimini artırabilir ve antioksidan savunma sistemleriyle dengesini bozabilir. Bu durum, hücrelerde oksidatif stresin artmasına ve hücresel hasarın oluşmasına yol açabilir (Niu ve Xiang, 2018).

## **7. Düşük oksijenli atmosfer ve yüksek karbondioksitli atmosfer**

Bahçe bitkileri ürünlerini azaltılmış O<sub>2</sub>'ye ve/veya yüksek CO<sub>2</sub>'ye maruz bırakmak, bu gazların konsantrasyonuna, sıcaklığa, maruz kalma süresine ve emtiyaya bağlı olarak yararlı veya zararlı olabilir. Azaltılmış O<sub>2</sub> ve/veya yükseltilmiş CO<sub>2</sub> kullanan kontrollü atmosfer (KA) veya modifiye atmosfer (MA) depolamanın, birçok bahçe ürününün kalitesini koruduğu ve sonuç olarak raf ömrünü uzattığı bilinmektedir (Çavuşoğlu ve ark., 2020). KA veya MA depolamanın yararlı etkileri arasında olgunlaşmanın gecikmesi, fizyolojik ve patolojik bozuklukların azalması ve ürünlerin dezenfekte edilmesi olasılığı yer alır (Imahori, 2012).

### 7.1 Düşük oksijenli atmosfer

Kontrollü atmosfer (KA) veya modifiye atmosfer (MA) meyve ve sebzelerin depolama ömrünü uzatarak hasat sonrası çürümeyi azaltmada etkili yöntemlerdir. KA depolaması, depolama ortamında oksijen ( $O_2$ ) ve karbondioksit ( $CO_2$ ) konsantrasyonlarının kontrol edilerek atmosferin modifiye edildiği bir yöntemdir. Oksijen konsantrasyonu düşürülerek solunum hızı azalır ve böylece meyvenin yaşlanması ve çürümesi yavaşlar. Aynı zamanda, düşük oksijen koşullarında mikroorganizma aktivitesi ve hastalık gelişimi de azalır (Madani ve ark., 2019). Oksijenin minimum %1 seviyesinin korunması, anaerobik metabolizmanın önlenmesi ve meyvelerin kalitesinin korunması için önemlidir (Imahori, 2012).

Düşük oksijen koşullarında, mitokondrilerin solunumu azalır ve aerobik solunum sonucu üretilen  $CO_2$  miktarı azalır. Bu durum, Pasteur etkisi olarak adlandırılan bir durumu ortaya çıkarır, yani düşük oksijen seviyelerinde glikoliz artar ve genel  $CO_2$  üretimi artar. Böylece, düşük oksijen koşullarında, meyvelerde fermantasyon yolları aktive olur ve ATP seviyeleri azalır. Fermantasyon, hücrelerde enerji üretimi için oksijenin olmadığı durumlarda kullanılan bir süreçtir (Imahori, 2012).

MA (Modified Atmosphere) ise KA ile benzer bir prensibe dayanır, ancak KA'dan farklı olarak atmosfer bileşimi daha spesifik olarak ayarlanır. Depolama ortamına özel gazlar eklenerek oksijen, karbondioksit ve nem seviyeleri kontrol altına alınır. Bu şekilde, meyve ve sebzelerin solunum hızı düşürülür ve çürümeyi geciktirici etki sağlanır. CA ve MA yöntemleri, meyve ve sebzelerin depolama süresini uzatarak tüketiciye daha uzun süre taze ve kaliteli ürün sunmayı sağlar. Ancak, her meyve veya sebze için uygun atmosfer koşullarının belirlenmesi ve doğru uygulanması önemlidir, çünkü her türün farklı depolama gereksinimleri vardır (Imahori, 2012).

### 7.2 Yüksek karbondioksitli atmosfer

KA depolama, bahçe bitkilerinin depolama ömrünü uzatabilir ve genellikle %1 ila %5 oksijen ( $O_2$ ) ve orta düzeyde karbondioksit ( $CO_2$ ) kombinasyonu en uygun gaz koşulları olarak kabul edilir (Imahori, 2012).

Ancak, aşırı  $CO_2$  konsantrasyonları (>%12), fizyolojik hasarlara neden olabilir. Yüksek  $CO_2$ , içerisinde bulunan hidrojen peroksit ( $H_2O_2$ ) ile birlikte oksidatif hasara bağlı olarak iç hamur kararmasına ve hücre zarı

modifikasyonlarına yol açabilir. Ayrıca, düşük oksijen konsantrasyonlarıyla birlikte yüksek CO<sub>2</sub>, bu etkileri daha da şiddetlendirebilir (Imahori, 2012).

Yüksek CO<sub>2</sub> konsantrasyonu, depolanan meyvelerde polifenol oksidaz (PPO) aktivitesini artırır. Bu da meyvenin esmerleşmesiyle ilişkilidir. Ayrıca, %5 CO<sub>2</sub> ile depolanan armutlarda göbek kararması insidansının arttığı görülmüştür. Yüksek CO<sub>2</sub>, antioksidan enzim aktivitelerinde azalmaya ve lipid peroksidasyonuna neden olabilir, bu da meyve kalitesini olumsuz etkiler. CO<sub>2</sub> hasarına duyarlılık, genetik bir temele sahiptir ve çeşitlere göre değişebilir. Bazı elma çeşitleri, örneğin "Gala", "Golden Delicious" ve "Jonagold", CO<sub>2</sub> hasarına karşı daha az hassas olabilir. Ayrıca, CO<sub>2</sub> konsantrasyonundaki artış, renk değişimlerine, hücre duvarının bozulmasına, sertlik ve pektik bileşiklerin çözünmesinin artmasına ve meyve kalitesinin olumsuz etkilenmesine neden olabilir (Imahori, 2012).

Bu nedenle, KA depolamasında CO<sub>2</sub> konsantrasyonunun dikkatli bir şekilde kontrol edilmesi ve uygun seviyelerde tutulması önemlidir. Her bitki türü ve çeşidi için uygun gaz koşullarının belirlenmesi ve bu koşulların dikkatli bir şekilde uygulanması gerekmektedir (Imahori, 2012).

## 8. Işık

Uygun ışık yoğunluğu ve kalitesi, bahçecilik ürünlerinin hasat sonrası kalitesini etkileyebilir. Hasat öncesi düşük ışık yoğunluğu, serada yetiştirilen hıyarların raf ömrünün kısalmasına neden olabilir. Düşük ışık yoğunluğu, hıyar kabuğunun toplam klorofil içeriğinde azalmaya yol açar, bu da kalite kaybına ve daha kısa raf ömrüne neden olur. Marul gibi ürünlerin farklı ışık yoğunluklarında yetiştirilmesi de raf ömrünü etkileyebilir. Yüksek ışık yoğunluğunda yetiştirilen marul hem bozulmamış yaprakların hem de taze kesilmiş ürünün raf ömrünü uzatabilir. Bu durum, iyileştirilmiş klorofil floresan değerleriyle de ilişkilendirilebilir. Taze kesilmiş ürünlerin düşük ışık yoğunluğunda hasat sonrası aydınlatılması, karanlıkta depolamaya kıyasla raf ömrünü önemli ölçüde uzatabilir (Madani ve ark., 2019).

## 9. Mekanik stres

Bahçe ürünleri, hasat ve işleme sürecinde mekanik streslere maruz kalır. Bu stres, darbelerle oluşan kesikler, delikler ve morlukları içerir. Kesikler, bitkilerde geçici solunum artışlarına, yara kaynaklı etilen üretimine, fenolik bileşik üretimine ve bitki dokusunda bozulmaya neden olabilir. Hasat sürecinde

meydana gelen kesik yaralanmaları, makineli hasat edilen ürünlerde daha şiddetli olabilir. Morlukların şiddeti ve boyutu çeşitli faktörlerden etkilenebilir. Olgunluk seviyesi, su potansiyeli, yaralanma yerindeki dokunun veya hücrelerin yönelimi, morarmaya neden olan nesnenin şekli, çarpmanın enerjisi ve açısı, bahçe ürününün sıcaklığı gibi faktörler morlukların oluşumunu etkiler.

Bu nedenle, bahçe ürünlerinin hasat ve işleme sürecinde mekanik stresi en aza indirmek önemlidir. Dikkatli hasat yöntemleri, uygun ekipman kullanımı ve taşıma işlemlerinde özenli davranılması gibi önlemler alınarak mekanik stresin azaltılması sağlanabilir. Bu, ürünlerin kalitesini korumak ve hasat sonrası bozulmayı minimize etmek için önemlidir (Toivonen and Hodges, 2011).

### 10. Oksidatif stres

Çevresel ve biyotik stresler, hücre bileşenlerine zarar veren ve reaktif oksijen türleri (ROS) birikimine neden olan oksidatif stresi indükler. ROS, radikal olmayan aktifleştirilmiş oksijen atomlarını içerir ve mitokondride üretilir. Taze ürünlerin yaşlanmasına neden olabilen ROS, hücre bileşiklerinin oksidasyonu ile oksidatif stresi tetikler. Hidrojen peroksit ( $H_2O_2$ ), süperoksit radikali ( $O_2^{\bullet-}$ ), hidroksil radikali ( $\bullet OH$ ) ve nitrik oksit ( $NO\bullet$ ) gibi ROS, oksidatif stresin önemli bileşenleridir (Cavusoglu ve ark., 2021b).

Düşük sıcaklık, yüksek sıcaklık ve su eksikliği gibi abiyotik stres koşulları, ROS üretimini artırır ve bitkilerde oksidatif hasara neden olur. ROS birikimi, lipitlere zarar verebilir ve malondialdehit (MDA) gibi toksik ürünlerin oluşmasına yol açabilir, bu da bitkilerde oksidatif stresin bir göstergesi olarak kabul edilir. Bitkiler, ROS'u temizleyen ve hücreleri ROS kaynaklı zararlardan koruyan antioksidan savunma sistemlerine sahiptir. Süperoksit dismutaz (SOD),  $O_2^{\bullet-}$ 'yi  $O_2$  ve  $H_2O_2$ 'ye, katalaz (CAT) ve peroksidaz (POD) ise  $H_2O_2$ 'yi  $H_2O$ 'ya katalizleyerek uzaklaştırır. Bu enzimler ROS'un detoksifikasyonunda önemli rol oynarlar. Bu mekanizmalar, bitkilerin çevresel streslere karşı adaptasyonunu sağlamak için önemlidir ve oksidatif stresin etkilerini azaltmaya yardımcı olurlar (Gil ve Tuteja, 2010; Çavuşoğlu ve ark., 2021c).

Bitkiler, ROS'u temizlemek için enzimatik olmayan detoksifikasyon sistemlerine de sahiptir. Bu sistemler, askorbat (C vitamini), glutatyon ve tokoferol gibi antioksidan moleküllerini içerir. Ayrıca, flavonoidler, alkaloidler

ve karotenoidler gibi fitokimyasallar da ROS'u nötralize etmek için önemli rol oynar.

Oksidatif stres, birçok biyolojik sistemde önemli bir olgudur ve hücrelerin normal işleyişini etkileyebilir. Ancak, sentetik antioksidanlar veya ısıtma işlemi veya düşük sıcaklıkta şartlandırma gibi çeşitli yöntemlerle oksidatif stres azaltılabilir. Sülfidler ve difenilaminler gibi sentetik antioksidanlar, gıda endüstrisinde ve tarımda kullanılan bazı koruyucu maddelerdir. Ayrıca, düşük sıcaklık veya ısıtma işlemi gibi işlemler, bitkisel ürünlerin oksidatif stresini azaltmak ve raf ömrünü uzatmak için kullanılabilir (Madani ve ark., 2019).

Bu yöntemler, bitkisel ürünlerin oksidatif stresle ilişkili hasarlara karşı korunmasına ve kalitesinin korunmasına yardımcı olabilir. Ancak, bu tür işlemlerin uygulanması ve sentetik antioksidanların kullanımı, gıda güvenliği ve insan sağlığı açısından dikkatle değerlendirilmeli ve uygun yönergeler ve düzenlemeler dahilinde yapılmalıdır (Hodges, 2003; Madani ve ark., 2019).

## 11. Besin elementleri stresi

Mineral besinlerin dengeli ve zamanında mevcudiyeti bitkilerin optimum performansı için son derece önemlidir. Mineral besin eksiklikleri veya dengesizlikleri, bahçecilik ürünlerinin büyüme, gelişme ve kalite açısından çeşitli bozukluklar yaşamasına neden olabilir.

Kalsiyum, hasat sonrası bozukluklarla sık sık ilişkilendirilen bir mineraldir. Kalsiyum, bitkilerde hücre zarlarının yapısını ve işlevselliğini korur. Aynı zamanda hücre duvarı yapılarını stabilize eder ve iyon taşınmasını ve seçiciliğini düzenler. Kalsiyum, bitkilerde iyon değişim davranışını kontrol ederek su ve besin alımını düzenler. Kalsiyumun hasat sonrası bozukluklarla ilişkilendirilmesinin bir nedeni, hasat sonrası dönemde bitkideki kalsiyum düzeylerinin düşmesi veya kalsiyum hareketinin yetersiz olması olabilir. Bu durum, meyvelerde veya yapraklarda dokusal bozulmalara, çürümeye, çatlamalara veya solgunluğa yol açabilir. Ayrıca, kalsiyumun abiyotik streslere karşı çapraz toleransın geliştirilmesinde rol oynadığı da düşünülmektedir. Yani, yeterli kalsiyum düzeyleri, bitkilerin çevresel streslere, örneğin su stresi veya tuz stresi gibi faktörlere daha iyi adapte olmasına yardımcı olabilir (Madani ve ark., 2016).

Bu nedenlerle, mineral besinlerin dengeli ve yeterli olması, bahçe ürünlerinin kalitesini ve dayanıklılığını artırmada önemli bir faktördür.

Tarımsal uygulamalar ve gübreleme stratejileri, bitkilerin mineral besin ihtiyaçlarını karşılamak için dikkatlice planlanmalı ve uygulanmalıdır. (Toivonen and Hodges, 2011).

## 12. Etilen ve etilen olmayan uçucular

Etilen, meyvenin aromatik uçucu bileşiklerin oluşumunda önemli bir rol oynar. Olgunlaşan meyvelerde etilenin uçucu bileşiklerin biyosenteziyle ilişkisi birçok meyvede gözlemlenmiştir (Bahar ve ark., 2022) Örneğin, elma ve domates gibi meyvelerde etilenin varlığı, çeşitli esterler ve alkollerin, özellikle bütil asetat, heksil asetat ve 2-metilbütil asetat gibi bileşiklerin oluşumunu indükleyebilir.

Domates meyvelerinin olgunlaşması sırasında etilenin ve aroma uçucularının biyosentezindeki rolü daha ayrıntılı olarak incelenmiştir. Etilen duysuz mutantlarda, etilene yanıt veren normal meyvelere kıyasla daha az aroma uçucu bileşiği üretilir. Bu da etilenin, aroma uçucularının oluşumunu kontrol etmek için uzun vadeli bir düzenleyici olduğunu düşündürmektedir (Madani ve ark., 2016).

Ayrıca, etilenin aromatik uçucu bileşiklerin üretiminde aminotransaminaz aktivitesini artırarak amino asitlerin katabolizmasına etkisi vardır. Örneğin, valin, lösin, izölösin, fenilalanin ve sistein gibi amino asitlerin katabolizmasından aromatik uçucu bileşiklerin üretimini teşvik eder. Bu süreçlerde, etilenin etkisiyle aminotransaminaz enziminin aktivitesi artar ve CmBCAT1 ve CmArAT1 adlı enzimlerin ifadesi artar. Bu da etilenin aromatik uçucu bileşiklerin üretiminde önemli bir düzenleyici olduğunu gösterir (Li ve ark., 2016).

Ayrıca, kontrollü atmosfer (KA) ve modifiye atmosfer (MA) depolamasının da aroma üretimini etkilediği bilinmektedir. Özellikle MA depolamasında, alkollerin birikimi, özellikle etanol ve asetaldehit gibi, artabilir. Bu alkoller genellikle anaerobik atmosferler veya yüksek CO<sub>2</sub> atmosferleriyle ilişkilidir (Madani ve ark., 2016).

## Sonuç

Bahçe bitkilerinin hasat sonrası işlenmesinde raf ömrünü uzatmak için çeşitli yöntemler kullanılmaktadır. Bu yöntemler fiziksel, kimyasal veya biyoteknolojik özelliklere sahip olabilir. Ancak, tüketicilerin kimyasal işlemlere olan isteksizliği, özellikle ısı işlemler gibi fiziksel işlemlerin

kullanımını teşvik etmiştir. Düşük sıcaklıkta depolama, bahçecilik ürünlerinin raf ömrünü uzatmak için yaygın olarak kullanılan bir yöntemdir. Düşük sıcaklık, ürünlerde mikroorganizma büyümesini yavaşlatarak çürümeyi önler. Ayrıca, gaz bileşimi düzenlemesi ve kontrolüyle birlikte depolama koşullarının ayarlanması da raf ömrünü artırabilir. Bu yöntemler, bitkilerin çeşitli stres koşullarına karşı çapraz direnç geliştirmesinden kaynaklanabilir. Bir stres koşuluna maruz kalan bitkiler, sadece o stres koşuluna karşı direnç geliştirmez, aynı zamanda diğer stres türlerine karşı da koruma sağlar.

Kontrollü stresler, taze meyve ve sebzelerin faydalı özelliklerini artırmak için yeni araçların geliştirilmesine olanak tanıyabilir. Bu nedenle, bitki dokularının ve metabolik yolların farklı streslere nasıl tepki verdiğini anlamak önemlidir. Ayrıca, farklı streslerin hedeflenen metabolizma üzerindeki etkisini ve bitki dokusunun tepkisini anlamak da gereklidir. Bu bilgiler, hasat sonrası işlemlerin ticari kullanım için geliştirilmesinde çok değerli olacaktır.

Sonuç olarak, bahçe bitkilerinin hasat sonrası işlenmesi sırasında stresleri modüle etmek veya kontrol etmek, raf ömrünün ve kalitenin iyileştirilmesi açısından büyük önem taşır. Bu konuda yapılan araştırmalar ve geliştirilen yöntemler, bahçe ürünlerinin daha uzun süre taze kalmasını sağlamak ve pazar değerini artırmak için önemli bir role sahiptir.

**KAYNAKLAR**

- Atkinson, N. J., & Urwin, P. E. (2012). The interaction of plant biotic and abiotic stresses: from genes to the field. *Journal of experimental botany*, 63(10), 3523-3543.
- Bahar, A., Cavusoglu, S., Yilmaz, N., Tekin, O., & Ercisli, S. (2022). The Effect of Different Doses of 1-Methylcyclopropene on Postharvest Physiology and Predicting Ethylene Production through Multivariate Adaptive Regression Splines in Cocktail Tomato. *Horticulturae*, 8(7), 567.
- Ben-Yehoshua, S., Rodov, V. (2013). Transpiration and water stress. In: Bartz, J.A., Brecht, J.K. (Eds.), *Postharvest Physiology and Pathology of Vegetables*, second ed. Marcel Dekker, New York, USA, pp. 111-159.
- Çavuşoğlu, Ş., İşlek, F., Yılmaz, N., & Tekin, O. (2020). Kayısıda (*Prunus armeniaca* L.) metil jasmonate, sitokinin ve lavanta yağı uygulamalarının hasat sonrası fizyolojisi üzerine etkileri. *Yuzuncu Yıl University Journal of Agricultural Sciences*, 30(1), 136-146.
- Cavusoglu, S., Sensoy, S., Karatas, A., Tekin, O., Islek, F., Yilmaz, N., ... & Mlcek, J. (2021a). Effect of pre-harvest organic cytokinin application on the post-harvest physiology of pepper (*Capsicum annum* L.). *Sustainability*, 13(15), 8258.
- Cavusoglu, S., Yilmaz, N., Islek, F., Tekin, O., Sagbas, H. I., Ercisli, S., ... & Nečas, T. (2021b). Effect of methyl jasmonate, cytokinin, and lavender oil on antioxidant enzyme system of apricot fruit (*Prunus armeniaca* L.). *Sustainability*, 13(15), 8565.
- Çavuşoğlu, Ş., Yılmaz, N., & İşlek, F. (2021c). Effect of methyl jasmonate treatments on fruit quality and antioxidant enzyme activities of sour cherry (*Prunus cerasus* L.) during cold storage. *Journal of Agricultural Sciences*, 27(4), 460-468.
- Gill, S. S., & Tuteja, N. (2010). Reactive oxygen species and antioxidant machinery in abiotic stress tolerance in crop plants. *Plant physiology and biochemistry*, 48(12), 909-930.
- Hodges, D. M. (2003). *Postharvest oxidative stress in horticultural crops*. CRC Press.
- Imahori, Y. (2012). Postharvest stress treatments in fruits and vegetables. *Abiotic Stress Responses in Plants: Metabolism, Productivity and Sustainability*, 347-358.
- İşlek, F., Yılmaz, N., & Çavuşoğlu, Ş. (2023). Kiraz Meyvelerinde Hasat Sonrası UV-C ve Sıcak Su Uygulamalarının Depolama Performansı Üzerine Etkileri. *Türk Tarım ve Doğa Bilimleri Dergisi*, 10(2), 311-317.
- Lester, G. E. (2003). Oxidative stress affecting fruit senescence. *Postharvest oxidative stress in horticultural crops*, 113-130.
- Li, Y., Qi, H., Jin, Y., Tian, X., Sui, L., & Qiu, Y. (2016). Role of ethylene in biosynthetic pathway of related-aroma volatiles derived from amino acids in



- oriental sweet melons (Cucumis melo var. makuwa Makino). *Scientia horticulturae*, 201, 24-35.
- Lurie, S., & Pedreschi, R. (2014). Fundamental aspects of postharvest heat treatments. *Horticulture Research*, 1.
- Madani, B., Mirshekari, A., & Imahori, Y. (2019). Physiological responses to stress. In *Postharvest physiology and biochemistry of fruits and vegetables* (pp. 405-423). Woodhead Publishing.
- Madani, B., Mirshekari, A., Sofo, A., & Tengku Muda Mohamed, M. (2016). Preharvest calcium applications improve postharvest quality of papaya fruits (Carica papaya L. cv. Eksotika II). *Journal of Plant Nutrition*, 39(10), 1483-1492.
- Mahajan, S., & Tuteja, N. (2005). Cold, salinity and drought stresses: an overview. *Archives of biochemistry and biophysics*, 444(2), 139-158.
- Niu, Y., & Xiang, Y. (2018). An overview of biomembrane functions in plant responses to high-temperature stress. *Frontiers in plant science*, 9, 915.
- Sakai, A., & Larcher, W. (2012). *Frost survival of plants: responses and adaptation to freezing stress* (Vol. 62). Springer Science & Business Media.
- Toivonen, P. M., & Hodges, D. M. (2011). Abiotic stress in harvested fruits and vegetables. *Abiotic stress in plants: mechanisms and adaptations. Croatia: InTech*, 39-58.
- Yılmaz, N., & Çavuşoğlu, Ş. (2018a). Modifiye Atmosfer Koşullarında Depolanan Patlıcanlarda (Solanum Melongena) Metil Jasmonat Uygulamalarının Meyve Kalitesi Üzerine Etkileri. *EJONS INTERNATIONAL JOURNAL*, 2(3), 192-212.
- Yılmaz, N., & Çavuşoğlu, Ş. (2018b). Effect of Methyl Jasmonate on Enzymatic Browning and Antioxidant Enzyme System of Eggplant Fruit (Solanum melongena L.). *Yuzuncu Yıl University Journal of Agricultural Sciences*, 30(2), 419-428.



## **BÖLÜM 6**

### **PREFABRİKE YAPIM YÖNTEMİNİN TARIMSAL YAPILARDA UYGULAMA ALANLARI**

Dr. Huzur DEVECİ<sup>1</sup>

---

<sup>1</sup> Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi, Teknik Bilimler Meslek Yüksekokulu, 59030, Tekirdağ-TÜRKİYE. huzurdeveci@nku.edu.tr, ORCID: 0000-0002-0143-2185



## GİRİŞ

Dünyada sanayi ve teknolojinin gelişmesi ve nüfusun hızlı bir şekilde artması ile gelişen ihtiyaçların giderilmesi için dayanıklı ve hızlı bir yapılaşma arayışına girilmiş ve prefabrikasyon (ön dökümlü beton) sektörü zaman içinde daha fazla önem kazanmaya başlamıştır.

Prefabrik, fabrika ortamında hazırlanmış olan ve sadece birleştirme ve montaj işlemi kalan prefabrik yapı elemanlarının bir araya getirilmesiyle oluşturulan yapılardır. (MP, 2023a). Planlar arasında ölçü birliği sağlayan, standart yapı elemanları öngören, seri üretimi destekleyen, yapım süresini ve maliyetlerini azaltan, daha yüksek dayanımlı ve iyi nitelikte elemanlar üretilen prefabrike yapım tekniği giderek yaygınlaşmıştır (Amil ve Aydın, 2004). Projenin toplam maliyetinin az olması, hızlı bir şekilde tamamlanması, yapı elemanlarında istenilen kalite ve dayanımın sağlanması, malzeme israfının azaltılması, modülarizasyon ve standardizasyon olanaklarının artırılması ve şantiyede meydana gelebilecek olan iş kazası sayısının önemli ölçüde azaltılabilmesi sektörel büyümeyi hızlandırmıştır (Amani ve Niyazi, 2018; Polat ve Damcı, 2007). Dünya da uzun zamandır prefabrike yapı kullanılmakta olup, Türkiye’de ise 1965’li yıllar başında uygulanmaya başlanmıştır (Amani ve Niyazi, 2018).

Dünyada ve Türkiye’de prefabrikasyon sektörünün gelişimi hızla artmaktadır. Prefabrikasyonun tercih edilmesinin en önemli sebeplerinden biri ekonomik olmasıdır. Betonarme yapılara göre daha uygun fiyatlara elde edilebilir ve malzeme kalitesi yüksektir aynı zamanda malzeme israfı azdır. Prefabrik yapılar hızlı bir şekilde yapılabilir ve iklimden bağımsız bir şekilde çalışma imkânı sunar. Fabrika ortamında üretilen parçalar kısa sürede monte edilerek istenilen şekilde bir yapı ortaya çıkarılabilir. Prefabrik yapılar taşınabilirdir. Sökülüp başka bir yere kurulabilir, nakledilebilir ve çevre dostudur. Üretim aşamasında çevreye ses, inşaat pisliği veya atık gibi zararlar vermez. Ayrıca enerji tasarrufu sağlar, doğal kaynakların korunmasına katkıda bulunurlar. Büyük açıklıklar rahat bir şekilde geçilebilir ve nitelik denetimi kolay bir şekilde yapılabilir. İşçi güvenliği kolay sağlanır ve iş kazaları riski diğer yapım yöntemlerine göre daha azdır. Mimari olarak estetik yapılabilir aynı zamanda dayanıklı ve sağlamdır (TPB, 2023a). Türkiye’de prefabrik yapılar ile ilgili pek çok çalışmaya rastlanmış (Özden ve ark., 2012; Yılmaz ve ark., 2007; Demirkaya, 2009; Başkan, 2009; Ay, 2019), prefabrikasyonun

tarımsal yapılara uygulanması ile ilgili birkaç çalışmaya rastlanmıştır (Bal ve Deveci, 2014; Deveci ve Bal, 2014).

Türkiye’de prefabrik sektörünün payını arttırabilmek için, prefabrikasyonun sadece endüstriyel yapılar için uygun bir sistem olduğu izlenimi ortadan kaldırılmalıdır (Amani ve Niyazi, 2018). Dolayısıyla tarımsal yapılarda ve tarımsal yapı elemanlarında ön dökümlü betonun kullanımı arttırılmalı ve geliştirilmelidir. Prefabrikasyon birçok sektörde uygulanırken tarım sektöründe de uygulama alanları oluşmuştur. Bu çalışmanın amacı prefabrik yapım yönteminin tarımsal amaçlı yapılarda uygulama alanlarının neler olduğunu ortaya koymak ve prefabrik yapım yönteminin tarımsal yapılarda uygulama alanlarının arttırılması için farkındalık oluşturmaktır.

## **1. Prefabrik Yapım Yönteminin Tarımsal Yapılarda Uygulama Alanları**

### **1.1. Prefabrik Çiftlik Evleri, Prefabrik Bağ Evleri**

Prefabrik çiftlik evleri ve prefabrik bağ evi, fabrikada önceden üretilen ve parçalar halinde taşınarak montajı yapılan yapılar olarak tanımlanabilir. Prefabrik çiftlik evleri ve prefabrik bağ evi, genellikle doğa ile iç içe olan, kırsal bölgelerde veya şehir dışında kurulan yaşam alanlarıdır. Prefabrik çiftlik evleri ve prefabrik bağ evi konforlu, hızlı üretilen ve de aynı zamanda ekonomik bir seçenek olarak tercih edilmektedir.

### **1.2. Prefabrik Tarımsal Koruma ve Depolama Yapıları**

Tarımsal üretim yapan çiftçilerin en önemli ihtiyaçlarından biri de ürünlerini uygun koşullarda koruyabilecekleri ve saklayabilecekleri depolardır. Bu depolar hem ürünlerin kalitesini korumak hem de pazarlama zamanını belirlemek açısından büyük önem taşır. Geleneksel depolama yöntemleri prefabrik depolama yapılarına göre maliyetli olabilmektedir. Geleneksel depolama yöntemleri, ahşap, taş, toprak gibi malzemelerden yapılan küçük ölçekli depoları içerir. Modern depolama yöntemleri ise, çelik silolar, beton silolar ve prefabrik depolar gibi büyük ölçekli ve teknolojik depoları kapsar. Prefabrik tarımsal depolama yapıları ekonomik, hızlı ve pratik bir seçenek olarak çiftçilerin ihtiyaçlarını karşılamaktadır. Bu nedenle, son yıllarda prefabrik tarımsal depolama yapıları tercih edilmeye başlanmıştır. Prefabrik tarımsal depolama yapılarının yapımında ise, kullanım amacına, iklim

koşullarına ve ihtiyaç durumuna göre farklı malzeme ve tasarım alternatifleri bulunmaktadır. Ayrıca geniş alan avantajı ve kolay taşınabilirlik gibi avantajlara da sahiptir.

### **1.2.1. Prefabrik Hangarlar**

Tarımsal hangarlar, tarım araçları ve ekipmanlarının barındırılması için kullanılan kapalı alanlardır. Hangarlar kötü ve olumsuz hava koşullarından tarım araç ve ekipmanlarının zarar görmesini engeller ve korunmalarını sağlarlar. Tarımsal hangarların boyutları, barındırılacak araç ve ekipmanların büyüklüğüne göre değişmektedir. Prefabrik yapılar son zamanlarda sıklıkla hızlı, ekonomik ve geniş alanlar sağlaması gibi avantajlarından dolayı hangarlarda da tercih edilmeye başlanmıştır.

### **1.2.2. Prefabrik Tahıl Depoları**

Tahıl ürünleri, dünya nüfusunun önemli bir kısmı tarafından temel gıda maddesi olarak tüketilmektedir. Tahıl ürünlerinin üretimi, depolanması ve pazarlanması, tarımsal ekonomi açısından büyük önem taşımaktadır. Tahıl depolama işlemi, tahıl ürünlerinin kalitesini, güvenliğini ve pazarlanabilirliğini etkileyen bir faktördür. Tahıl depolama yöntemleri de, geleneksel ve modern olmak üzere iki ana gruba ayrılabilir. Prefabrik tahıl deposu, fabrikada önceden üretilen ve parçalar halinde taşınarak montajı yapılan bir depo türüdür. Ayrıca bu tür depolar ekonomik ve pratik bir seçenek olarak farklı kapasite ve tasarımlarda üretilerek, çiftçilerin ihtiyaçlarını karşılamaktadır. Prefabrik tahıl deposu, modern depolama yöntemlerinden biri olarak tarımsal üretimde önemli bir rol oynamaktadır.

### **1.2.3. Prefabrik Yem Depoları**

Hayvancılık sektörü, ülkemizin önemli gelir kaynaklarından biridir. Hayvancılık sektörünün gelişmesi için hayvanların beslenmesi ve bakımı büyük önem taşımaktadır. Hayvanların beslenmesinde kullanılan yemler hem hayvanların sağlığı hem de ürün kalitesi açısından etkilidir. Yemlerin uygun koşullarda depolanması, yem kalitesini korumak ve israfı önlemek için gereklidir. Yem depolarında, geleneksel yapım yöntemlerinin yanı sıra modern bir yapım yöntemi olan prefabrik yapılar sıklıkla kullanılmaya başlanmıştır.

### 1.2.4. Prefabrik Meyve ve Sebze Depolama Yapıları

Meyve ve sebzeler, insan sağlığı için gerekli olan besin öğelerini içeren gıdalar arasındadır. Meyve ve sebzelerin taze ve kaliteli olarak tüketilebilmesi için, hasat sonrası uygun koşullarda depolanması gerekmektedir. Depolama işlemi, meyve ve sebzelerin bozulmasını önleyerek, besin değerlerini korumakta ve pazarlama zamanını belirlemektedir. Prefabrik meyve ve sebze deposu, farklı kapasite ve tasarımlarda yapılabilir. Prefabrik meyve ve sebze deposunun en önemli özelliği, ısı yalıtımına sahip olmasıdır. Isı yalıtımı sayesinde, meyve ve sebzelerin donma derecelerinin üzerinde muhafaza edilmesi sağlanır. Prefabrik meyve ve sebze deposunda ayrıca nemlendirme sistemi de bulunur. Nemlendirme sistemi sayesinde, meyve ve sebzelerin su kaybını önleyerek tazelikleri korunur. Prefabrik meyve ve sebze depolarının yanı sıra prefabrik soğuk hava depoları da büyük önem arz etmektedir. Son kullanma tarihli gıda ürünlerinde mali kayıpların önlenmesi ve ürünün sağlıklı kalmasını sağlamak için soğuk hava depolarına ihtiyaç duyulmaktadır. Soğuk hava deposu sistemlerinde kullanılan, havalandırma sistemlerinin ve soğutucu panellerin yetersiz ve kalitesiz olması, ürün bozulmalarına ve maliyetin yükselmesine neden olacaktır. Farklı kullanım amaçlarına göre bu tür yapılar prefabrik olarak üretilmektedir. Prefabrik soğuk hava deposu için proje çalışmaları yapılırken, ürün türlerine göre farklı alanlar oluşturulmaya çalışılmaktadır. Her türlü gıda ürünü için saklanması gereken sıcaklık dereceleri farklı olabildiğinden, prefabrik soğuk hava deposu projelerinde, depoda bulundurulması istenilen ürün türüne göre soğutucu panel planlamaları yapılarak çok kolay bir şekilde prefabrik yapılara entegre edilebilmektedir.

### 1.3. Prefabrik Küçük ve Büyükbaş Hayvan Barınakları

Hayvancılık sektörü, ülkemizin önemli gelir kaynaklarından biridir. Hayvancılık sektörünün gelişmesi için hayvanların beslenmesi, bakımı ve barınması büyük önem taşımaktadır. Hayvanların barınması hem hayvanların sağlığı hem de ürün kalitesi açısından etkilidir. Hayvanların uygun koşullarda barınması, hayvan refahını artırmakta ve verimliliğini yükseltmektedir. Hayvan barınma yöntemleri, geleneksel ve modern olmak üzere iki ana gruba ayrılabilir. Geleneksel barınma yöntemleri, ahşap, taş, toprak gibi malzemelerden yapılan küçük ölçekli barınakları içerir. Modern barınma yöntemleri ise, çelik konstrüksiyon, betonarme ve prefabrik barınaklar gibi



büyük ölçekli ve teknolojik barınakları kapsamaktadır. Prefabrik küçük ve büyükbaş hayvan barınakları maliyeti, betonarme yapılara göre daha ekonomik ve hızlı olduğundan bu durum hayvan besicilerine büyük avantaj sağlamaktadır. Bu tür barınaklar kullanışlı olduğundan giderek yaygınlaşmaktadır.

### **1.3.1. Prefabrik Hayvan Çiftliği**

Prefabrik hayvan çiftliği, projeye tamamen uygun olarak modern fabrikalarda yüksek kalite ve standartlarda ön üretimi gerçekleştirilen prefabrik yapı elemanlarının arazide tamamlanan temellere montajının gerçekleştirilmesi ile kurulan çiftlik yapılarıdır. Prefabrik çiftlikler eski usul olan ahırların modernizasyon geçirmiş halidir. İşletmeciler prefabrik çiftliklerin hızlı ve sağlam kurulum, yatırım başlangıç maliyetini düşürme, tasarımında oldukça geniş bir çerçeve olması gibi birçok olanaklarından faydalanmaktadır. Prefabrik yapılar hemen hemen her sektörde sıklıkla tercih edilmeye başlanmıştır. Prefabrik çiftlik kurulumunda kullanılan yapı elemanlarının tamamının yüksek kalite ve denetimle standartlara uygun olarak üretilmesi avantajlarından biridir. Prefabrik beton çiftlik elemanları hayvanlardan gelecek darbeler, gübre birikimine, temizlik ve dezenfeksiyon sırasında maruz kalacağı ilaçlı su ve çeşitli kimyasal maddelere, oldukça dayanıklıdır. Prefabrik yapıların maliyetinin düşük olması sayesinde, işletme sermayesinden başlangıçta kazanç sağlanır. Kendiliğinden strafor yalıtımlı betonarme prefabrik cephe panelleri sayesinde ısıtma giderlerinden tasarruf edilir. Prefabrik elemanların ön germeli üretilmesi sayesinde geniş açıklıklar kolonsuz olarak geçilir, çiftlik içerisinde daha fazla alan sahibi olunur ve araziden maksimum verim elde edilir (MP, 2023b).

### **1.3.2. Prefabrik Tavuk Kümesi**

Prefabrik tavuk kümesleri yumurta tavukçuluğu ve tavuk besiciliği yapanlara kümes binası olarak yapılmaktadır. Prefabrik yapıların dayanıklı, enerji tasarruflu ve ekonomik oluşu, tavuk kümesi sektöründe de tercih edilmesine sebep olmuştur. Çelik ve klasik betonarme sistemlere göre son yıllarda farklı bir alternatif olarak karşımıza çıkmaktadır. Prefabrik tavuk kümesleri kümes içerisindeki tavukların, sağlıklı bir ortamda yaşayabilmesine olanak sağlar. Prefabrik tavuk kümesleri ısı izolasyonlu duvar panelleri sayesinde ısıtmada daha az enerji harcanmasını sağlamaktadır. Ön üretimli yapı elemanları ile

oluştduğundan inşaat süreci en kısa sürede tamamlanmaktadır. Öngermeli sistem sayesinde geniş açıklıklar elde edilmekte olup daha geniş bir kümes alanı oluşmaktadır (MP, 2023c). Ayrıca hayvanlardan çıkan gübre ile amonyak gazı salınımının artması ile çelik taşıyıcılarda korozyon oluşur, bu durum, bakteri ortamının artmasına sebep olmaktadır. Beton prefabrikasyonda bu tür olumsuz durumlar söz konusu olmamaktadır (TPB, 2023b).

#### 1.4. Prefabrik Su Deposu

Su, yaşamın devamı için gerekli olan en önemli kaynaklardan biridir. Su kaynaklarının korunması ve kullanılması hem insan sağlığı hem de çevre açısından büyük önem taşımaktadır. Su kaynaklarının yeterli olmadığı veya kirlendiği durumlarda, su depolama sistemleri devreye girmektedir. Su depolama sistemleri, suyun güvenli ve kaliteli bir şekilde saklanmasını ve ihtiyaç duyulan yerlere ulaştırılmasını sağlar. Su depolama sistemleri, farklı malzeme, şekil ve boyutlarda olabilir. Prefabrik betonarme su deposu, fabrikada önceden üretilen ve parçalar halinde taşınarak montajı yapılan bir su deposu türüdür. Prefabrik betonarme su deposu, farklı kapasite ve tasarımlarda üretilmektedir. Şekil 1’de prefabrik su deposu örneği görünmektedir.



Şekil 1. Prefabrik su deposu (AB, 2023a).

Prefabrik betonarme su depolarının bir diğer özelliği fabrikasyon üretim olup içme suyu haricinde tarımsal amaçlı sulamalarda ve yangın suyu depolamalarında da kullanılabilirlerdir. Yaz aylarında köylerde ve yerleşim yerlerinde nüfus artışından dolayı su sıkıntısı yaşayan bölgelere pratik ve hızlı çözümdürler. Bu sayede su ihtiyaçları kısa sürede karşılanmaktadır. Fabrikaların yangın suyu deposu ihtiyaçlarını hızlı bir şekilde çözmek

gerektiğinde hızlıca kapasite artımı yapabilmek ve mevcut sisteme kolayca uyarlayabilmek mümkündür. Yağmur sularının depolanmasında oldukça avantaj sağlamaktadır. Depolanan yağmur suları filtrelerden geçirilerek kullanım suyu ve bahçe sulamalarında rahatça kullanılabilir (AB, 2023b).

### 1.5. Prefabrik Kanal

Prefabrik kanal elemanları, fabrikada önceden üretilen ve parçalar halinde taşınarak montajı yapılan kanal elemanlarıdır. Şekil 2’de örnek kanal elemanları görülmektedir. Kanalizasyon, yağmur suyu, içme suyu gibi farklı amaçlarla kullanılan kanallar, yer altı altyapı sistemlerinin önemli bir parçasıdır. Kanalların güvenli, kaliteli ve ekonomik bir şekilde yapılması hem insan sağlığı hem de çevre açısından büyük önem taşımaktadır. Kanal yapımında kullanılan malzeme ve yöntemler, kanalın ömrünü, dayanıklılığını ve işlevselliğini etkilemektedir. Kanal yapımında kullanılan malzeme ve yöntemler arasında prefabrik kanal elemanları son yıllarda giderek yaygınlaşmaktadır.



Şekil 2. Kanal elemanları (SP, 2023a) (SP, 2023b)

#### 1.5.1. Prefabrik Drenaj Kanalı

Prefabrik drenaj kanalı, yüzey sularının toplanması ve boşaltılması için kullanılan polimer beton veya prekast beton gibi malzemelerden üretilen kanal sistemidir. Prefabrik drenaj kanalları, fabrikada standart veya özel kesit ve ölçülerde üretilir ve montajı kolay ve hızlıdır. Prefabrik drenaj kanalları, farklı ızgara tipleriyle birlikte kullanılabilir ve çalınmaya karşı kilit sistemi ile korunabilir. Prefabrik drenaj kanallarının avantajlarından biri işçilikten ve malzemenin tasarruf sağlamaktır. Geleneksel kanal çözümlerinden daha

ekonomik ve estetikler. Yüzey sularını hızlı ve etkili bir şekilde boşaltırlar. Farklı yük ve kullanım koşullarına uygun olarak tasarlanabilir. Yüksek dayanıklılık ve kaliteye sahiptirler.

### 1.5.2. Prefabrik Yağmur Suyu Kanalı

Prefabrik yağmur suyu kanalı, beton veya betonarme malzemeden üretilen ve yollardan ya da arazilerden yağmur sularının akışını sağlayan bir yapı elemanıdır. Prefabrik yağmur suyu kanalları, üstüne konulan ızgara sayesinde su ve küçük parçaların geçişine izin verirken, büyük cisimlerin kanala girmesini engellerler. Prefabrik yağmur suyu kanalları, farklı çap ve boyutlarda üretilir ve kolayca monte edilebilir.

### 1.6. Prefabrik Zeytin Havuzu

Prefabrik zeytin havuzu, zeytin hasadı sonrasında zeytinlerin depolanması ve işlenmesi için kullanılan bir yapıdır. Prefabrik zeytin havuzu, zeytinlerin kalitesini korumak için gerekli olan hijyenik ve izole bir ortam sağlar. Aynı zamanda zeytinlerin güneş ışığından, yağmurdan, tozdan ve haşerelelerden korur. Prefabrik zeytin havuzu, zeytinlerin sıcaklık ve nem dengesini sağlar ve fermantasyon sürecini kontrol eder. İstenilen boyutlarda ve şekillerde tasarlanabilir ve gerektiğinde taşınabilirler. Şekil 3'te prefabrik zeytin havuzu inşaatı görülmektedir.



Şekil 3. Prefabrik Zeytin Havuzu (Beton Prefabrikasyon, 2020)

### 1.7. Prefabrik Silaj Havuzu

Prefabrik silaj havuzu, hayvancılıkta verimliliği arttırmak için kullanılan bir yapıdır. Silaj, yeşil bitkilerin fermantasyonu ile elde edilen bir yemdir. Silaj havuzu, hayvan yemi olarak kullanılan silajın depolanması ve korunması için kullanılan bir havuzdur (Şekil 4). Silajın kalitesini korumak için havasız ve nemli bir ortam gereklidir. Prefabrik silaj havuzu, silajın sıcaklık ve nem dengesini sağlar ve fermantasyon sürecini kontrol eder ve silajın bozulmasını önler. Prefabrik silaj havuzu, hayvanların sağlığını korur ve süt veya et üretimini artırır aynı zamanda silajın kalitesini korumak için gerekli olan hijyenik ve izole bir ortam sağlar. Silajı güneş ışığından, yağmurdan, tozdan ve haşerelerden korur. Prefabrik silaj havuzu dayanıklıdır, istenilen boyutlarda ve şekillerde tasarlanabilir ve gerektiğinde taşınabilir.



Şekil 4. Prefabrik Silaj Havuzu (Anonim, 2023a)

### 1.8. Prefabrik Meyve ve Bağ Direği

Prefabrik meyve ve bağ direği, meyve bahçeleri ve bağlarda kullanılan verimli ve ekonomik bir yapıdır. Prefabrik meyve ve bağ direği, meyve ağaçlarına ve asmalara destek sağlayan ve telli terbiye sistemini oluşturan bir direktir. Meyve ve bağ direkleri, istenilen boyutlarda ve şekillerde tasarlanabilir ve gerektiğinde taşınabilir. Bahçe kurulumu fizibilitesinde, direk seçiminde göz önünde bulundurulması gereken etkenlerin başında kurulacak bahçe bölgesinde görünen iklim koşulları ve dikilecek meyvenin cinsi gelmektedir. Rüzgâr, yağmur, dolu, kar gibi doğal olayların yaşanma sıklığı ve şiddeti, meyve cinsi ağırlığı ve fidan yüksekliği direkte kesit ve uzunluk seçiminde önemli rol oynar.

Uzunluk meyve cinsi ile paralellik gösterirken iklim koşulları ve direklerle gelecek yükün miktarı direk kesitlerini tayin etmede etkin rol oynamaktadır (Anonim, 2023e). Betonarme oldukları için korozyona, haşerat ve çürüme gibi dış etkilere karşı dayanıklıdırlar, uzun ömürlüdürler ve ayrıca bakım gerektirmezler. Meyve bahçeleri ve bağlarda verimliliği arttırmak için kullanılmaktadır. Prefabrik meyve ve bağ direği, meyve ağaçlarına ve asmalara uygun bir form verir ve güneş ışığından daha fazla yararlanmasını sağlar. Bu tür direkler, makinalı hasat, budama ve çapalama işlemlerini kolaylaştırır. Prefabrik meyve ve bağ direkleri, üzerine koruma filesi veya branda çekilerek meyveleri dondan, kardan, doludan ve kuşlardan korur. Bunlar aynı zamanda rüzgâr bariyeri olarak da işlev görür. Prefabrik meyve ve bağ direkleri, avantaj ve dezavantajları ile değerlendirilmeli ve ihtiyaca göre seçilmelidir. Şekil 5'te meyve ve bağ direkleri örnekleri görülmektedir.



**Şekil 5.** Prefabrik Meyve ve Bağ Direkleri (Anonim, 2013b; Anonim, 2023c; Anonim, 2023d)

### 1.9. Prefabrik Çit Direği

Prefabrik çit direği, betonarme malzemeden üretilen ve çevre düzenlemesinde kullanılan bir üründür. Zengin bir kullanım alanına sahip olan beton direk sistemleri bağ, bahçe, park sahalarında, konut ve iş yeri sahalarında, askeri sahalarında, kamu kurum ve kuruluş sahalarında, arsa ve tarla gibi özel arazili bölgelerde, toplu konut alanlarında, villa alanlarında ve daha pek çok sahalarında uzun vadeli olarak kullanılabilir (Anonim, 2023f). Prefabrik çit direği imalatı, projesine göre belirlenen boyutlarda kalıpların hazırlanması,

demir donatının yerleştirilmesi, betonun dökülmesi, kür yapılması ve istiflenmesi aşamalarından oluşur. Birçok özelliklere sahip olan beton direk sistemleri maksimum kalitesi sayesinde uzun yıllar boyu kullanılabilir. Rüzgâr, dolu, kar, yağmur, sel gibi durumlardan etkilenmeyen, yer aldığı alana estetiklik katan beton direk sistemleri dış güvenliğin sağlanmak istendiği her alanda kullanılabilir (Anonim, 2023f). Prefabrik beton direkler dayanıklı ve daha uzun ömürlüdür. Bakım işlemi ve masrafı gerekmez. Rüzgâr, nem, darbe, su, sülfat etkisi, çürüme, korozyon, böcek, hayvan ve ateş gibi çevrede oluşan yıpratıcı etkenlere karşı diğer yapı malzemelerinden daha dayanıklıdır (Anonim, 2023g). Şekil 6'da prefabrik çit direği ve uygulanmış hali görülmektedir.



Şekil 6. Prefabrik Çit Direği ve Uygulaması (Mas Tel, 2023)

### 1.10. Prefabrik Ahır Izgaraları

Prefabrik betonarme ızgaralar yeni nesil çiftlikler için vazgeçilmez bir yer döşemesi kaplama ürünüdür. Hayvan ağırlığı ve cinslerine göre farklı taşıma gücü kapasitesinde, farklı tiplerde ve mazgal genişliklerinde üretilebilen bir üründür (Şekil 7). Üretiminde kullanılan sülfata dayanıklı çimento ve özel geçirimsiz beton reçetesi sayesinde aşınmaya karşı tam koruma sağlar ve uzun ömürlüdür. Beton lataların yüzeyi kaymayı önleyici desenli imal edilmektedir. Hayvan atıkları kolay bir şekilde ahır kanalına

aktarılabilmektedir. Hayvan sağlığı korunmakta, hayvanların refah ve konforu sağlanmaktadır.



Şekil 7. Prefabrik ahır ızgarası örnekleri (MP, 2023d)

## SONUÇ

Bu çalışma ile prefabrike yapıların tarımsal amaçlı yapılarda ve tarımsal yapı elemanlarında nasıl ve hangi amaçla kullanıldığı ortaya koyulmaya çalışılmıştır. Prefabrik yapı ve elemanlarının tarımsal amaçlı yapılarda birçok şekilde uygulanma alanları mevcuttur. Prefabrik yapılar son yıllarda sıklıkla prefabrik çiftlik evleri, prefabrik bağ evleri, prefabrik tarımsal koruma ve depolama yapıları (hangarlar, tahıl depoları, yem depoları, meyve ve sebze depoları), küçük ve büyükbaş hayvan barınakları (prefabrik hayvan çiftliği, prefabrik tavuk kümesi), prefabrik su deposu, prefabrik kanal (prefabrik drenaj kanalı, prefabrik yağmur suyu kanalı), prefabrik zeytin havuzu, prefabrik silaj havuzu, prefabrik meyve ve bağ direği, çit direği, prefabrik ahır ızgaraları gibi alanlarda tercih edilmektedir. Tercih edilmesinin en önemli nedenleri yapımının hızlı, ekonomik ve iklimden bağımsız olması, büyük açıklıkların rahatlıkla geçilebilmesi ve nitelik denetiminin kolay yapılabilmesi, malzeme israfının ve iş kazalarının az olması, işçi güvenliğinin kolay sağlanması, taşınabilir ve çevre dostu olması, mimari olarak estetik yapılabilmesi aynı zamanda dayanıklı ve sağlam yapılabilmesidir. Yapılar inşa edilirken yapım yönteminin kullanım amacına uygun bir şekilde tasarlanması ve belirlenmesi önemlidir. Prefabrik yapıların tarımsal yapılarda uygulama alanlarının artırılması, yaygınlaştırılması gerekmektedir. Aynı zamanda prefabrik yapıların avantajlarından dolayı tarımsal yapılarda uygulayıcılar teşvik edilmeli ve desteklenmelidir.



## KAYNAKLAR

- AB (2023a). ABS Beton. <http://absbeton.com/Urunler/prefabrik-betonarme-su-depolari/25-m3-prefabrik-betonarme-su-deposu> (Erişim tarihi 23.11.2022).
- AB (2023b). ABS Beton. <http://www.absbeton.com/Urunler/prefabrik-betonarme-su-depolari/100-m3-prefabrik-betonarme-su-deposu> (Erişim tarihi 23.11.2022).
- Amani, A., & Niyazi, A. Q. (2018). Türkiye’de Prefabrik Yapı Sektörünün Hızlı Gelişimi. *Mühendislik Bilimleri ve Tasarım Dergisi*, 6(3), 487-494.
- Amil, A. P., & Aydın, A. C. (2004). Prefabriğe Yapıların Başlıca Tasarım İlkeleri. *Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 35(3-4).
- Anonim (2023a). Üçyıldız İnşaat Tarımsal Danışmanlık LTD. <https://www.facebook.com/photo/?fbid=1149617775245322&set=pcb.1149618281911938> (Erişim Tarihi 13.04.2023)
- Anonim (2013b). <http://garova.blogspot.com/2011/05/bag-direklerinin-dikilmesi.html> (Erişim tarihi 20.02.2023).
- Anonim (2023c). <https://www.galipoglu.com/betondirek> (Erişim tarihi 20.02.2023).
- Anonim (2023d). <https://ejdermeyvesipitaya.com/ejder-meyvesi-pitaya-direk-araligi-video/> (Erişim tarihi 20.02.2023).
- Ay, İ. (2019). Türk inşaat sektöründe prefabriğe yapıların tasarım, üretim ve yapım süreçlerini etkileyen kriterlerin belirlenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü. Hasan Kalyoncu Üniversitesi. Gaziantep.
- Bal, A., & Deveci, H (2004). Prefabriğe Tarımsal Yapı Elemanlarında Kullanılan Betonun Agregalı Bileşimlerinin Optimizasyonu. 12.Ulusal Kültürteknik Sempozyumu, 21-23 Mayıs 2014, Tekirdağ. Cilt-1. 194-198.
- Başkan, T. (2009). Prefabriğe Yapı Tasarımında Taşıyıcı Sistem Düzenleme Esasları. Yüksek Lisans Tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü. İstanbul Teknik Üniversitesi. İstanbul.
- Beton Prefabrikasyon (2020). *Precast Concrete Journal*. Elit Prefabrikten Haberler. Türkiye Prefabrik Birliği Yayını, 34(134): 45. [https://ebrosur.net/prefab/prefab\\_134/45/#zoom=z](https://ebrosur.net/prefab/prefab_134/45/#zoom=z) (Erişim tarihi 22.01.2023)

- Demirkaya, E. (2009). Prefabrike yapılar üzerinde bir sentez çalışması ve prefabrike bir yapının yatay yükler altında davranışlarının incelenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü. Karadeniz Teknik Üniversitesi. Trabzon.
- Deveci, H., & Bal, A. (2004). Ön Dökümlü Tarımsal Yapı Elemanlarında Kullanılan Betonun Endüstriyel Bir Atık Olan Silis Dumanı ile Dayanım ve İşlenebilirlik Özelliklerinin İyileştirilmesi. 12.Ulusal Kültürteknik Sempozyumu, 21-23 Mayıs 2014, Tekirdağ. Cilt-2. 629-633.
- Mas Tel (2023). <https://www.mastelcit.com/beton-direk/> (Erişim tarihi 20.02.2023).
- MP (2023a). Mavitaş Prefabrik. <https://www.mavitasprefabrik.com.tr/prefabrik/prefabrik-yapi#:~:text=Prefabrik%20yap%C4%B1lar%20isimlerinden%20de%20anla%C5%9F%C4%B1laca%C4%9F%C4%B1%20%C3%BCzere%C2%20fabrika%20ortam%C4%B1nda,edilebilece%C4%9Fi%20gibi%20%C3%A7ok%20katl%C4%B1%20olarak%20da%20in%C5%9Fa%20edilebilirler> (Erişim tarihi 21.04.2023).
- MP (2023b). Mavitaş Prefabrik. <https://www.mavitasprefabrik.com.tr/prefabrik/prefabrik-hayvan-ciftligi-nasil-kurulur-hayvan-ciftligi-maliyeti-nedir#:~:text=Prefabrik%20Hayvan%20%C3%87iftli%C4%9Fi%3F-,Prefabrik%20Hayvan%20%C3%87iftli%C4%9Fi%20Nedir%3F,ger%C3%A7ekle%C5%9Ftirilmesi%20ile%20kurulan%20%C3%A7iftlik%20yap%C4%B1lar%C4%B1d%C4%B1r> (Erişim tarihi 22.04.2023).
- MP (2023c). Mavitaş Prefabrik. <https://www.mavitasprefabrik.com.tr/faaliyet-alanlarimiz/prefabrik-tavuk-kumesi> (Erişim tarihi 22.03.2023).
- MP (2023d). Mavitaş Prefabrik. <https://www.mavitasprefabrik.com.tr/prefabrik-ahir-izgarasi> (Erişim tarihi 24.10.2022).
- Özden, Ş., Atalay, H. M., Akpınar, E., Doyranlı, B., & İmren, Ö. (2012). Betonarme Prefabrik Yapıların 23 Ekim 2011 Van Depreminde Gözlenen Performansı. Beton Prefabrikasyon Dergisi, 103, 11-9.
- Polat, G., & Damcı, A. (2007). Türk inşaat sektöründe prefabrik betonarme yapı elemanlarının kullanımını etkileyen faktörler. İnşaat Yönetimi Kongresi, Ankara: TMMOB.

- SP (2023a). Soyer Prefabrik. [http://www.soyerprefabrik.com/izmir\\_beton\\_parke\\_tasi/urun\\_detay.asp?ID=44](http://www.soyerprefabrik.com/izmir_beton_parke_tasi/urun_detay.asp?ID=44) (Erişim tarihi 28.04.2023).
- SP (2023b). Soyer Prefabrik. [http://www.soyerprefabrik.com/izmir\\_beton\\_parke\\_tasi/urun\\_detay.asp?ID=41](http://www.soyerprefabrik.com/izmir_beton_parke_tasi/urun_detay.asp?ID=41) (Erişim tarihi 28.04.2023).
- TPB (2023a). Türkiye Prefabrik Birliği. <https://www.prefab.org.tr/icerik0a53.html?yapi-sistemleri/prefabrikasyonun-ozellikleri&tr> (Erişim tarihi 11.03.2023).
- TPB (2023b). Türkiye Prefabrik Birliği. <https://www.prefab.org.tr/icerika57f.html?urun-gruplari/tarimsal-elemanlar&tr> (Erişim tarihi 22.12.2022).
- Yılmaz, S., Kuyucular, A., Şenel, Ş. M., & İnel, M. (2007). Betonarme prefabrik yapıların deprem dayanımı: Makas girişinin devrilmesi. *Teknik Dergi*, 18(87), 4157-4160.



## **BÖLÜM 7**

### **ARMUT YETİŞTİRİCİLİĞİNDE DİKKAT EDİLMESİ GEREKEN HUSUSLAR**

Dr. Nurettin YILMAZ<sup>1</sup>

---

<sup>1</sup> Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Bahçe Bitkileri Bölümü, Van/Türkiye. nrtnylmz47@gmail.com, ORCID  
NO: 0000-0003-0655-5165



## 1. Giriş

Armut *Rosaceae* familyası *Pyrus* cinsine ait yumuşak çekirdekli bir meyve türüdür. Armut (*Pyrus communis*) yetiştiriciliği millat öncesine dayanmakta olup Yunanistan ve Anadolu üzerinden Amerika'ya, Avrupa ülkelerine ve diğer kıtalara yayılmıştır. Dünya üzerinde elmadan sonra yetiştiriciliği en fazla yapılan ılıman iklim meyvesidir. Elma yetiştiriciliğinin yapılabildiği hemen hemen her bölgede armut yetiştiriciliği yapılabilmektedir. Armut, soğuk iklim bölgelerinde elma kadar yetiştiriciliği yapılamamaktadır ama elmadan farklı olarak sıcak ılıman iklime sahip bölgelerde yetiştiriciliği yapılabilmektedir. Fakat ülkemizde armut, elma üretimi kadar fazla bir alanda artış gösterememiştir. Armut yetiştiriciliği ülkemizde genellikle kapama bahçelerde halinde yapılmamaktadır. Bağ, tarla, bahçe ve hazine arazileri üzerinde dağınık ağaçlar halinde yabani armutlar ve ahlat anacı üzerine aşılı olarak armut yetiştiriciliği yapılmaktadır. Bu yetiştiricilik sistemi, çeşit zenginliği sağlamaktadır fakat yetiştiricilikte bakım işlemlerinin yeteri kadar yapılamamasına neden olmaktadır (Batur, 2014). Yeteri kadar bakım işleminin yapılamaması ağaçların sağlıklı büyümemesine dolayısıyla yüksek verim ve kaliteli ürün elde edilememesine neden olmaktadır (Çakır ve İşlek, 2021). Ayrıca 1985 yılında ülkemizde görülmeye başlayan ateş yanıklığı hastalığı yeterli derece bakımı yapılmayan ağaçların kurummasına neden olmuştur. Hastalığın verdiği zarar ile armut üretimi ülkemizde azalma sürecine girmiştir. Ateş yanıklığı hastalığına dayanıklı çeşit kullanımı önem kazanmıştır.

Dünyada en çok armut üretiminin yapıldığı ülkeler sırası ile Çin, Amerika, İtalya, Arjantin, Türkiye, Hollanda, Güney Afrika ve Belçikadır. Çin'de armut üretimi 16.196.649 ton/yıl; ABD'de 730.740 ton/yıl, İtalya'da 716.821 ton/yıl, Arjantin'de 565.697 ton/yıldır (Anonim 2019). Türkiye'de ise 2020 yılı verilerine göre 545.569 ton/yıl olduğu görülmektedir. Armut yetiştiriciliği Türkiye'de hemen hemen bütün bölgelerimizde yapılmaktadır. Ancak kapalı yetiştiricilik ülkemizde en fazla, Bursa, Antalya, Ankara, Sakarya ve Samsun illerinde yapılmaktadır (Anonim 2020).

Son yıllarda yapılan çalışmalar incelendiğinde armut meyvesinin daha çok toplam şeker, vitamin, organik asitler, yağ asitleri, aminoasitleri, uçucu ve fenolik bileşikler ve mineralleri gibi fizikokimyasal ve kimyasal özellikleri üzerinde çalışmaların olduğu görülmektedir (Kahle ve ark., 2005; Tanrıöven ve Eksi 2005; Barroca ve ark., 2006; Öztürk ve ark., 2009; Guopeng ve ark., 2012).

## **2. Morfolojisi**

### **2.1. Habitüsü**

Armut ağacı toprak ve iklim koşullarına bağlı olarak dik büyüyen 7-12 m yüksekliğinde genellikle piramit taç şeklini alır. Çeşitlere göre farklılık göstermekle birlikte gövde rengi oldukça sert yapıdadır. Kazık kök yapısına sahiptir böylelikle susuzluğa dayanıklıdır. Taban suyu yüksek veya sulanan arazilerde yan kök ve saçak kök oluşumu görülebilmektedir.

### **2.2. Dallar**

Meyve dalları ve odun dalları olmak üzere elmalarda olduğu gibi ikiye ayrılır. Meyve dalları kargı, topuz, çitanak, kese ve dalcık olarak adlandırılır. Dalcıklar elmadaki dalcıklara kıyasla daha erken meyveye yatar ve tüsüzdür. Topuz ve kese ise elmaya göre daha fazladır.

### **2.3. Tomurcuklar**

Armutlarda çiçek, yaprak ve sürgün tomurcukları bulunmaktadır. Çiçek tomurcukları dalların uçlarında ya da yıllık sürgünlerin yan tomurcuğunda teşkil eder. Tüzsüz yapıdadır. Uyandığında hüzme şeklinde 4-7 adet çiçek ve 5-6 adet yaprak çıkar. Bunlara karışık tomurcuk adı verilir. Bu tomurcuklar sürerek çeşitli uzunluktaki sürgünleri oluşturur. İlerleyen yıllarda çiçek tomurcukları topuzlar üzerinde terminal olarak teşkil eder. Topuzlar 8 yıla kadar verimli olur. Yaprak tomurcukları, yaprak koltuklarından sürerek yaprakları meydana getirir. Sürgün tomurcukları dalcıkların uç kısmında tepe tomurcuğu olarak teşkil eder ve sürerek çeşitli uzunluktaki sürgünleri oluştururlar.

### **2.4. Yapraklar**

Yaprakların kenar kısımları düz veya dişli şekilde olabilmektedir. Genellikle tek bölmeli olup elma yaprağına kıyasla daha sert yapıya sahiptir.

### **2.5. Çiçekler**

Çiçek yapısı erseliktir. Elmadan önce çiçek açar. Çiçekler hüzme durumunda olup her hüzmede 5-15 çiçek bulunabilir. Bir çiçekte 15-20 erkek organ, 1 diş organ, 5 taç yaprak ve 5 çanak yaprak bulunur. Diş organ 5 karpelli olup her karpelde bir adet dişicik borusu bulunur. Taç yapraklar pembe, beyaz ve kırmızı renkte olabilir. Yumurta alt durumdadır. Başçıklar mor



veya kırmızı renktedir. Ovaryum 5 karpelli olup her karpelde 2 tohum taslağı bulunmaktadır. Döllenme tam olduğunda bir meyvede 10 adet tohum meydana gelmektedir. Hüzmelerde çiçekler çeşite göre farklı sıra ile açabilmektedir. Bu durum 3 şekilde olmaktadır. Bu durumlar; ilk olarak tepede bulunan çiçek açar daha sonra altta bulunan çiçekler yukarıya doğru sırasıyla açar veya altta bulunan çiçekler sırasıyla yukarıya doğru açar ya da ilk başta altta bulunan çiçekler açar sonra tepe çiçek açar daha sonra ortada bulunan çiçekler açar.

## 2.6. Meyveler

Armut meyveleri oluşurken yumurtalık ile çiçek tablası da sulanıp etli bir yapı aldığından yalancı meyve olarak adlandırılır. Meyve eti yuvarlak yapıda ve su oranı yüksek hücrelerden oluşur. Bazı çeşitlerde hücreler sert yapıda olabilir bunlar taş hücreler olarak adlandırılır yenildiği takdirde kumluluk hissi verir. Taş hücrelerin oluşmasında sadece çeşit faktörü etkili olmayıp aynı zamanda toprak koşulları da etkilidir.

## 3. Döllenme Biyolojisi

Armut genellikle diploit yapıdadır. Ancak Williams Duchesse, Alexander Lucas, Göksulu, İğnesi ve Tavşan Başı gibi bazı çeşitler triploit yapıdadır. Bu çeşitler yeteri miktarda çiçek tozu üretemedikleri için kendine verimsizdir. Tozlayıcı olarak kullanılamazlar. Triploit çeşitler ile bahçe kurulumu gerçekleştirilecek ise tozlayıcı olarak mutlaka çiçek açma dönemleri çakışan 2 farklı diploit çeşit kullanılmalıdır. Armutlar böceklerle tozlandığından çiçeklenme döneminde bahçede arı kovanı bulundurulmalıdır. Bazı armut çeşitleri kısmen kendine verimli olsa bile kaliteli ve yüksek verimli ürün elde etmek için karşılıklı tozlaşma gerekmektedir. Double Williams ve Improved Fertility gibi tetraploid çeşitler kendine verimlidir. Armutlarda kısmi partenokarpi görülür. Çiçeklenme döneminde tozlanmayı olumsuz olarak etkileyen yağışlı, kapalı ve soğuk havalarda partenokarpik meyve tutumunu artırır. Ülkemizde yapılan armut yetiştiriciliğinde partenokarpiye eğilim gösteren çeşitlerde meyve kalitesini ve verimi artırmak amacıyla bitki büyüme düzenleyicisi olan gibberellik asit uygulaması yapılmaktadır (Ünal, 2011). Armut meyveleri çok farklı renk, şekil, aroma ve tat özelliği gösterebilmektedir. Kabuk rengi genellikle sarı ve yeşil renkte olmaktadır. Meyve et rengi krem ve beyaz renktedir. Armut meyveleri olgunlaşma

dönemlerine göre erkenci yaz armutları, güz armutları ve kışlık armutlar olarak sınıflandırılırlar.

#### 4. İklim ve Toprak İsteği

Armut yumuşak çekirdekli, ılıman bir iklim meyvesidir. Soğuklara karşı dayanımı elmaya göre daha azdır. Tam dinlenme halinde -25, -30 °C' ye kadar dayanım gösterebilmektedir. Soğuklama ihtiyacı 1000 ile 2000 saat arasında değişim göstermektedir. Meyve tutumu için gerekli sıcaklık toplamı isteği elmadan daha fazladır. Dolayısıyla yazları serin ve yağışlı geçen bölgeler armut yetiştiriciliği için uygun değildir. Armut ağacı kayısı ve badem ağaçlarına göre daha geç çiçek açtığı için ilkbahar geç donlarından daha az etkilenmektedir. Kuvvetli rüzgarlar meyve dökümüne neden olabilmektedir ve ayrıca hem ağacın hem de meyvelerin büyümesini olumsuz etkilemektedir. Rüzgârlı bölgelerde bahçe tesisi yapıldığında rüzgâr kıranlar kurulmalıdır. Nemli bölgelerde kara leke hastalığı oluşma riski artar ve ekonomik kayıplara neden olabilir (Ünal, 2011).

Armut ağacı kumlu-tınlı topraklardan killi-tınlı topraklara kadar birçok farklı toprak tipinde yetişebilmektedir. Kazık köke sahip olduğundan derin toprakları sever. Kurak koşullarda yetiştiriciliğe dayanıklıdır. Fakat pH'sı yüksek topraklarda kloroz görülebilir. Ayva anacı üzerine aşılı armutlarda kloroz daha fazla görülmektedir. Ahlat anacı pH'sı yüksek topraklara dayanıklıdır. Armut yüksek taban suyunu sevmez eğer böyle alanlarda bahçe kurulumu yapılıcaksa mutlaka drenaj yapılmalıdır.

#### 5. Hasat

Armutlarda hasat el ile yapılmaktadır, hasat yapılırken meyveler sap ile koparılır. Hasat yapılırken ürünlerin mekanik zararlanma görmemesine dikkat edilmelidir. Hasat işlemi 2-3 defa yapılarak tamamlanmalıdır. Armut klimakterik bir meyve olduğundan ürünler ağaç olumunda veya yeme olumunda hasat edilebilir. Hasat olgunluk kriterini ürünün pazara sürüleceği zaman belirlemektedir. Erken hasat edilen armutlarda su kaybı, kabuk yanıklığı, meyve iriliğini tam alamaması gibi sorunlar oluşabilmektedir. Hasadı geç yapılan armutlarda ise meyve etinde yumuşama, meyve eti kararması, kolay zararlanma gibi sorunlar görülmektedir. Meyveler hasat edilirken meyvenin daldan kopma durumu, meyvedeki nişasta miktarı, solunum miktarı gibi ölçütler göz önünde bulundurulmalıdır. Meyveler depolanacaksa eğer hasat

edildiği gibi ön soğutma işlemi yapılmalıdır. Mekanik zararlanma gören meyveler ayıklanmalı depolanmamalıdır. rnler 0 °C sıcaklıkta %90-95 nispi nemde depolanmalıdır.

## KAYNAKLAR

- Anonim (2019). [https://www.atlasbig.com/tr/ulkelerin-armut-uretimi-\(Erişim Tarih: 05.02.2023\)](https://www.atlasbig.com/tr/ulkelerin-armut-uretimi-(Erişim Tarih: 05.02.2023)).
- Anonim (2020). [https://data.tuik.gov.tr/Kategori/GetKategori?p=tarim-111&dil=1-\(Erişim Tarih: 05.02.2023\)](https://data.tuik.gov.tr/Kategori/GetKategori?p=tarim-111&dil=1-(Erişim Tarih: 05.02.2023)).
- Barroca, M. J., Guine, R. P. F., Pinto A., Goncalves, F. M. (2006). Chemical and Microbiological Characterization of Portuguese Varieties of Pears. *Food and Bioproducts Processing*, 84 (C2): 109-113.
- Batur, S. (2014). Armut Yetiştiriciliği. Tarım ve Orman Bakanlığı, Tarımsal Araştırmalar ve Politikalar Genel Müdürlüğü, Meyvecilik Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü, Yayın No: 60.
- Çakır, A. ve İşlek, F. (2021). Bölüm 7. Türkiye'nin Akıllı Tarım (Tarım 4.0) Potansiyeli. Türkiye'de Organik Tarım ve Agro-Ekolojik Gelişmeler, 155.
- Guopeng, L., Huijuan, J., Ruiyuan W., Sayed, H., Yuanwen, T. (2012). Characterization of aromatic volatile constituents in 11 Asian pear cultivars belonging to different species, *African Journal of Agricultural Research* Vol. 7(34) 4761- 4770.
- Kahle, K., Preston, C., Richling, E., Heckel, F., Schreier, P. (2005). On-line gaschromatography combustion/pyrolysis isotope ratio mass spectrometry (HRGCC/PIRMS) of major volatiles from pear fruit (*Pyrus communis*) and pear products. *Food Chemistry*, 91: 449-455.
- Öztürk, I., Ercişli, S., Kalkan, F., Demir, B. (2009). Some chemical and physicochemical properties of pear cultivars. *African Journal of Biotechnology*, Vol. 8 (4).
- Tanrıöven, D., Eksi, A. (2005). Phenolic compounds in pear juice from different cultivars. *Food Chemistry*, 93: 89-93.
- Ünal, A. (2011). Sert Çekirdekli Meyve Türleri ve Zeytin Yetiştiriciliği, Bahçe Tarımı-II. Anadolu Üniversitesi, Açıköğretim Fakültesi, Ders Kitabı, Ünite 2 Yayın No: 1355.

## BÖLÜM 8

### KESME ÇİÇEKLERİN HASAT SONRASI FİZYOLOJİSİ

Dr. Nurettin YILMAZ<sup>1</sup>

---

<sup>1</sup> Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Bahçe Bitkileri Bölümü, Van/Türkiye. nrtnylmz47@gmail.com, ORCID NO: 0000-0003-0655-5165



## 1. Giriş

Son yıllarda, kesme çiçeklerin yüksek pazar değeri, özellikle gelişmekte olan birçok ülkede olmak üzere dünya çapında çiçekçilik ürünlerinin üretiminde büyük artışlara neden olmuş ve milyarlarca dolarlık küresel bir endüstri yaratmıştır (Naing ve ark., 2020). Uluslararası ticareti yapılan en yaygın çiçekçilik ürünleri arasında güller (*Rosa* spp.), karanfiller (*Dianthus caryophyllus*), krizantemler (*Chrysanthemum* spp.), gerberalar (*Gerbera* spp.), gladioli (*Gladiolus* spp.), gypsophilas (*Gypsophila* spp.), liatris (*Liatris* spp.), nerines (*Nerine* spp.), orkideler (*Orchidaceae*), achilleas (*Achillea* spp.), anthuriums (*Anthurium* spp.), laleler (*Tulipa* spp.) ve zambaklar (*Lilium* spp.) yer almaktadır. Bu çiçeklerin üretimindeki artışlar küresel rekabeti artırmış, tüketiciler artık çeşitli özel ve tek tip çiçek renkleri ve şekilleri olan türler talep etmektedir. Bununla birlikte, tüketiciler uzun ömürlülüğe özel bir önem vermektedir, çünkü çiçekler kapalı alanda tutulduğunda hasat sonrası kalitenin korunması ve uzaması önemli bir husustur. (Palma ve ark., 2011; Reid ve Jiang, 2012). Sonuç olarak, hasat sonrası kalite, küresel çapta çiçek pazarında önemli bir rekabet avantajı olarak kabul edilmekte ve finansal arayışındaki şirketler için kalitenin korunması ana hedef haline gelmiştir.

Kesme çiçeklerin ömrünü sınırlayan faktörler; solunum, bakteri ve mantar enfeksiyonu, solma, mekanik hasar, depolama sıcaklığı, su kalitesi ve etilen duyarlılığındaki artışın neden olduğu organik rezerv bileşiklerinin tükenmesi olarak sıralanabilir (Naing ve ark., 2020). Hasat sonrası depolama süresi ve solunum ters orantılı olduğundan (Çavuşoğlu, 2018), organik rezervlerinin minimum olduğu çiçek türlerinde solunumdan kaynaklı depolama süresi sınırlı olabilmektedir (Tinebra ve ark., 2021).

Bakteri ve mantar enfeksiyonu ayrıca ksilem damar tıkanıklığı nedeniyle kesme çiçeklerin raf ömrünü azaltarak su ve koruyucu çözeltilerin taşınmasını engellemektedir (Yadeta ve Thomma, 2013; Gómez-Merino ve ark., 2020). Kesme çiçeklerde solma, doğal yaşlanmanın bir sonucu olarak daha yüksek bir transpirasyon oranıyla ilişkili aşırı su kaybı veya bakteri ve mantarların iletim demetlerini tıkanıklığı nedeniyle meydana gelmektedir (Sun ve ark., 2001). Hasat, ayıklama, depolama ve nakliye sırasında uygun olmayan işlemlerden kaynaklanan mekanik hasar, solunum hızında bir artışa neden olur ve çiçeklerin ömrünü azaltmaktadır (Gómez-Merino ve ark., 2020; Cavusoglu ve ark., 2021a). Ayrıca, kesme çiçekleri uzun süre uygun olmayan sıcaklıklara maruz

bırakmak çiçeklerin ömrünü olumsuz etkilemektedir (Çelikel ve Reid, 2002). Su kalitesi, mantar ve bakteri gibi kirleticilerin varlığı ya da özellikle klor olmak üzere yüksek tuz içeriği de raf ömrünü olumsuz etkilemektedir (Costa ve ark., 2015). Kesme çiçeklerin raf ve depolama ömrünü artırmak için mevcut olan çeşitli teknikler arasında sıcaklık (solunum hızını kontrol altına almak için), bağıl nem, etilen biyosentezine kontrol altına almak ve atmosferik bileşimin uygun şekilde kontrol edilmesi en önemli hususlardandır (Fernandes ve ark., 2020).

Bu bölümde kesme çiçeklerin kalitesini ve ömrünü etkileyen hasat öncesi ve sonrası faktörler ele alınmıştır.

## **2. Kesme çiçeklerde hasat sonrası meydana kayıplar**

Hasat sonrası uygun olmayan depolama sıcaklıkları, zayıf altyapı tesisleri, bilgi eksikliği ve paketlemeden dolayı kesme çiçekteki piyasa kayıplarının % 20-40 civarında olduğu tahmin edilmektedir (Kumar ve ark., 2022). Hasat öncesi faktörler ise genel olarak kesme çiçeklerin kalitesini %30-70 aralığında etkilediği düşünülmektedir (Vijayakumar ve ark., 2019).

### **Kesme çiçeklerin muhafazasını etkileyen hasat öncesi faktörler**

Taze ürünlerin genel kalitesi ve durumu hasattan sonra iyileştirilemez. Ancak, mahsullerin hasat sonrası ömrü, hasat öncesi faktörlerle arttırılabilir. Bunu nedenle, hasat sonrası kaliteyi etkileyen en önemli hususlar hasat öncesi faktörlere bağlıdır.

### **3.1. Genetik / çeşitlilik faktörler**

Genetik olarak daha kısa raf ömrüne sahip çeşitler genellikle hasat sonrası kayıplara daha yatkındır. Dolayısıyla, mahsulün genetik yapısı da çiçeklerin uzun ömürlülüğüne önemli bir rol oynamaktadır. Düşük solunum hızına ve düşük etilen üretim hızına sahip çeşitler genellikle daha uzun depolama ömrüne sahip olmaktadır. Ayrıca, pazarlama ve dağıtım zorluklarına dayanabilen çeşitlerin hasattan sonra kayıpları daha az olabilmektedir. Düşük sıcaklıklara ve çürümelere neden olan patojenlere dirençli çeşitler, minimum depolama kayıplarıyla daha uzun süre iyi bir şekilde depolanabilmektedir. Bazı çeşitler, daha büyük toptan satış noktalarına pazarlamak için gerekli olan uzun süreli depolama için daha uygun olabilmektedir. Örneğin, Anthurium ve orkideler gül ve karanfilden daha uzun vazo ömrüne sahipken, zambaklar ise



gül ve gerbera'dan daha kısa vazo ömrüne sahiptir. Baccara gülleri hasat sonrası 'altın dalga' güllere göre daha uzun ömürlüdür ve kesildiğinde stomalarını kapatma özelliğine sahiptir (Mayak ve Halevy, 1970).

### 3.2. Işık

Işık, çiçeklerin karbonhidrat içeriğini belirleyen fotosentez gibi çeşitli fizyolojik süreçleri düzenler. Kesme çiçeklerin uzun mesafeli nakliyesi veya uzun süreli depolanması için ışık gereklidir. Benzer şekilde, sıkı tomurcuklu kesme çiçeklerin açılması için de yüksek ışık şiddeti gerekmektedir. Nispeten daha yüksek miktarda karbonhidrat, özellikle şeker içeren çiçekler, vazoda daha uzun ömre dayanır. Yüksek ışık yoğunluğu, yaprakların ve çiçek tomurcuklarının yanmasına, yaprakların dökülmesine ve taç yaprağının yaşlanmasına neden olurken, düşük ışık yoğunluğu ise taç yapraklarda mavileşmeye/reng bozulmasına, güllerde başaşağı eğilmeye ve gerberalarda ise gövde eğilmesine neden olur (Halevy ve Mayak 1981). Karanfil ve krizantemlerin vazo ömrü, yüksek ışık yoğunluğunda daha uzundur. Karanfil gibi çiçekler, kaliteleri etkilenmeden karanlıkta daha uzun süre depolanabilir. Orkidelerin çoğu, daha iyi gelişmesi için dolaylı veya filtrelenmiş ışığı (%50 gölgeleme) tercih eder ve orkideler ışık gereksinimlerine göre sınıflandırılır.

### 3.3. Sıcaklık

Bitkilerde büyüme, gelişme ve verimle ilgili tüm metabolik süreçler sıcaklıktan etkilenir (Çavuşoğlu ve ark., 2020) Tarla koşullarında yüksek sıcaklıklar, herhangi bir ürünün ömrünü ve kalitesini düşürür. Farklı mahsullerin sıcaklık gereksinimleri değişir. Örneğin, güllerde gündüz sıcaklığı 20- 25 °C ve gece sıcaklığı 16 °C gereklidir. 10 °C gündüz ve gece sıcaklığı farkı, büyüme ve çiçek üretimi için ideal kabul edilir. Düşük gece sıcaklıkları, solunum hızının yavaşlamasına neden olup şeker kullanımını azalttığından, yapraklarda net karbonhidrat birikimini daha iyi sağlamaktadır. Sıcaklık oranındaki artış, solunum hızını etkiler ve böylece net karbonhidrat rezervlerini azaltarak hasat sonrası raf ömrünün azalmasına neden olur. Öte yandan ise, çok düşük sıcaklık tomurcuklarda donma hasarına neden olur (Halevy ve Mayak 1981).

### 3.4. Nispi nem

Optimum nem seviyesi, ürünlerin türüne göre değişmektedir. Örneğin gül yetiştiriciliğinde bağıl nem %60-65 arasında olmalıdır. Nem, terleme oranını etkiler. Yüksek nem yüzdesi çiçeklerde mantar ve bakteriyel hastalık olaylarına yol açarken, düşük nem ise yaprak kenarlarının kahverengileşmesine ve incelmeye yol açar (Vijayakumar ve ark., 2019).

### 3.5. Besin elementleri

Bitkilerin büyüme ve gelişmelerini sürdürmek için tüm besin elementlerinin dengeli bir şekilde uygulanması gereklidir. Besinlerin ekinlere uygulanması, hasat sonrası solunum oranlarını etkiler. Belirli elementlerin fazlalığı veya eksikliği mahsul kalitesini ve hasat sonrası ömrünü etkileyebilir. Genel olarak besin elementlerinden kaynaklı fizyolojik bozuklular hasat sonrası kayıplara yol açan mineral eksiklikleriyle de ilişkilidir. Benzer şekilde, mahsulün beslenmesi çiçek ömrü üzerinde bir etkiye sahiptir. Fotosentezi geciktiren besinlerin kıtlığı veya toksisitesi vazo ömrünü azaltmaktadır. Azot, fosfor ve potasyum gibi temel besinler, mahsulü oldukça etkileyen başlıca makro besinlerdir, bu elementlerin eksikliği klorofil içeriğinde bir azalmaya neden olur ve bu da fotosentezi azaltır. Dolayısıyla, düşük fotosentez çiçeklerin hasat sonrasını ömrünü etkileyen daha az karbonhidrat birikimine neden olmaktadır (Vijayakumar ve ark., 2019).

### 3.5. Sulama

Sulama, çiçeklerin kaliteli ve vazo ömrü için önemli bir rol oynar (Nowak ve Rudnicki, 1990; Vijayakumar ve ark., 2019). Büyüyen bitkiler hem fotosentez hem de terleme için sürekli bir su kaynağına ihtiyaç duyar. Hasat öncesi dönemde yeterli toprak nemi, hasat sonrası kalitenin korunması için gereklidir. Bununla birlikte, çiçek ömrüne ilişkin sulama çalışmaları hala sınırlıdır.

### 3.5. Mahsul hijyeni

Çürüyen bitki kalıntıları, ölü odun ve çürüyen bitki materyallerinin tümü, hasat sonrası çürümeye neden olan enfeksiyon kaynaklarıdır. Toplanmaları ve uzaklaştırılmaları çiçeklerde hasat sonrası kayıpların azaltılmasında çok önemli faktörlerdir. Hasat sonrası bu tür kayıpları önlemek için uygun hijyen önlemleri alınmalıdır.

#### **4. Kesme çiçeklerin muhafazasını etkileyen hasat sonrası faktörler**

Hasat öncesi faktörlerin yanı sıra bazı hasat sonrası faktörler de kesme çiçeklerin hasat sonrası kalitesini etkilemektedir. Sıcaklık, ışık, nem, su ilişkileri, su kalitesi, etilen, hasatta ve hasat sonrası mekanik hasarlar gibi etmenler kesme çiçeklerin ömürlerini önemli ölçüde etkilemektedir.

##### **4.1. Olgunlaşma**

Bir mahsulün hasat edilebileceği ve gerekirse maksimum kaliteye ulaşmak için büyümeye ve gelişmeye devam edeceği bir zaman noktası olarak tanımlanır. Olgunlaşma döneminde yapraklarda bulunan toplam ve indirgen şekerde azalma eğilimi gözlenirken, hasattan yaşlanmaya kadar geçen süreçte ise taç yapraklarında toplam ve indirgen şekerde artış eğilimi gözlemlenir. Kesme çiçeklerin doğru hasat olgunluğunu belirleyen faktörler; ürün, tür, çeşit, çiçek pazarı (yerel veya uzak), pazarlama sürecindeki işleme şekli ve tüketici tercihleridir (Thakur, 2020).

##### **4.2. Temperature**

Büyüme ve yaşlanmanın ayrılmaz bir parçası olan kesme çiçeklerin solunumu, yan ürün olarak ısı üretir. Ayrıca ortam sıcaklığı arttıkça solunum hızı da artar (Çavuşoğlu ve ark., 2021b). Örneğin, 30 °C'de tutulan bir çiçeğin 2 °C'de tutulan bir çiçeğe göre 45 kata kadar daha hızlı solunum hızı (ve dolayısıyla yaşlanması) teşkil eder. Kesme çiçekleri soğuğa maruz bırakmak yaşlanma hızı önemli ölçüde azaltılabilir. Çiçek tomurcuklarının açılması ve yaşlanma hızı daha yüksek sıcaklıkta hızlanır. Düşük sıcaklıkta solunum hızı azalır ve çiçekler daha az etilen üretir. En önemli metabolik süreç, sıcaklık artışıyla artan solunumdur. Ancak antoryum, cennet kuşu, bazı orkideler ve zencefil gibi bazı tropikal ürünler 10 °C'nin altındaki sıcaklıklarda zarar görür. Düşük sıcaklıklarda meydana gelen üşüme zararı belirtileri arasında taç yaprakların koyulaşması, yaprakların suyla ıslanması (şeffaf görüntü) ve yaprakların kuruması yer almaktadır (Thakur, 2020).

##### **4.3. Işık**

Yaprakların sararmasının sorun olduğu durumlar dışında (besin elementleri eksikliği gibi), depolama sırasında ışığın varlığı veya yokluğu

genellikle bir sorun teşkil etmez. Sadece bazı krizantem, alstroemeria ve marguerite papatya gibi çeşitler karanlıkta saklanırsa yaprakları sararabilir.

#### 4.4. Nem

Yüksek nem yüzdesinde terleme oranı daha az olacağından kesme çiçeklerin vazo ömründe artış olacaktır. Kesme çiçeklerin muhafazasında % 90-92'lik nem çiçeklerdeki şişkinliğini korur, yani nem faktörü hasat sonrası yönetim sırasında hasat edilen çiçeklerin vazo ömrünün uzatılmasına yardımcı olur (Doi ve Imanishi, 2000).

#### 4.5. Su çekme ilişkisi

Kesme çiçeklerin raf ömrü genetik yapıya ve su ilişkilerine bağlıdır. Hasat edilen kesme çiçeklerdeki su ilişkisi, ömrü ve kaliteyi etkileyen önemli bir unsurdur. Su dengesi, su temini ve su kaybı arasındaki fark ve bu iki faktörün dikkatli yönetimi ile değerlendirilir. Yaprakların su açığı ve su potansiyeli ilişkisi yaşlanma ile birlikte değişir ve ürün yaşlandıkça bünyesinde daha düşük su tutma kapasitesi ile sonuçlanır (Van meeteren, 1979). Terleme oranının su emiliminden fazla olması durumunda su açığı meydana gelir ve solgunluk gelişir.

Taç yaprakların solması, kesme çiçeklerin solmasının en görünür faktörleridir. Suyun gövde tabanından taç yapraklara doğru dolaşımı yavaşladığında veya ortadan kalktığında meydana gelir, böylece devam eden transpirasyon nedeniyle kaybedilen suyun yerine konması engellenir (Vijayakumar ve ark., 2019). Gövde damarlarındaki su sütunlarının hava karışımı ile kırılması ve kesilmiş gövdelerde su akışına direnç de su açığını geliştirir. Çiçeklerin uzun süre kuru tutulması sırasında oluşan kuruma, ksilemdeki su sütunu kırıldığında oluşan hava embolileri ve çok yaygın olarak mikrobiyal tıkanma, fizyolojik tıkaçların, tilozların ve jellerin oluşması nedeniyle su alımı sıklıkla engellenir. Sudaki tuz konsantrasyonu yaklaşık 700 ppm olduğunda Glayöl'ün vazo ömrü azalmakta, krizantem ve karanfilde ise 200 ppm zararlı olmaktadır (Van Doorn ve Woltering, 2008). Gerbera kesme çiçekleri kirli suda tutulduğunda altı gün muhafaza edilebilirken, tatlı (temiz) suda tutulduğunda ise 14 güne kadar muhafaza edilebilmektedir (Eitel, 2022).

#### 4.6. Su kalitesi

Su kalitesi, pH ve elektrik iletkenlik değeri, fitotoksik elementlerin içerikleri ve kesme çiçeklerin uzun ömürlülüğünü etkileyen damar tıkanıklıklarına neden olan mikroorganizmaların varlığı ile tanımlanır. Tuzlu su kesme çiçeklerin vazo ömrünü azaltır. Musluk suyunda yaygın olarak bulunan kimyasallar bazı kesme çiçekler için toksiktir. Kesme glayölde, sudaki tuz konsantrasyonu 700 ppm'e ulaştığında çiçeklerin ömrü azalırken, kesme güller, krizantem ve karanfiller için 200 ppm zararlıdır. Yumuşatılmış suda yüksek konsantrasyonlarda bulunan sodyum (Na), karanfil ve güller için toksiktir. Florür (F) gerbera, glayöl, güller ve frezya için çok toksiktir. 200 ppm'in üzerindeki tuz seviyeleri, tuzluluktaki her 100 g/litre artış vazo ömrünü yarım gün kısaltır. Sert suda bulunan  $Ca^{++}$  ve  $Mg^{++}$  gibi bazik iyonların varlığı, sodyum iyonları içeren yumuşak suya göre çiçekler için daha az zararlıdır. Flor kesme çiçeklerin çoğu için çok toksiktir. Örneğin bekletme solüsyonun bulunan 1 ppm flor frezyalar, glayöl ve gerberalara, 5 ppm ise krizantemler, güller, atatürk çiçeği ve aslanağızlarına zarar verir. Ancak cymbidium ve nergis gibi çiçekler flor iyonlarına karşı dirençlidir. Öte yandan, de-iyonizatör (iyon giderici) geçirilmiş musluk veya kuyu suyu kesme çiçeklerin vazo ömrü artırır. Kesme çiçeklerin vazo ömrünü uzatmak için bekletme solüsyonunun pH değeri 3 ile 5 aralığında olmalıdır (Vijayakumar ve ark., 2019).

#### 4.7. Ethylene

Etilene karşı en hassas çiçekler alstroemeria, karanfil, frezya, orkide, lilyum ve petunyadır. Depolama ve taşıma alanları etilenden arı olmalıdır. Kesme çiçeklerde hasat sonrası etilenin biyosentezinin engellemesinde tiyosülfat gümüş kompleksi (STS) ve 1-MCP (Ethyl-bloc) oldukça yaygın olarak kullanılır. Ayrıca, soğutmalı depolama yöntemi etilen sentezini ve etkisini azaltır. Yüksek düzeyde etilen üretimi bitki zararlıları, mekanik yaralanmalar ve tozlaşmadan kaynaklı olabilmektedir (Vijayakumar ve ark., 2019; da Costa ve ark., 2021). Genel olarak etilenin kesme çiçekler üzerindeki zararlı etkileri şunlardır;

- a. Kesme çiçeklerde su kaybına yol açar
- b. Su alımını azaltır
- c. Çiçeklerin taze ağırlığını azaltır

d. Karanfillerde kapanmaya (uyku hali) ve orkidelerde kuru çanak yaprak yaralanması ve saksı bitkilerinin yapraklarında sararması etilen nedeniyle oluşur.

## 5. Kesme çiçeklerde hasat sonrası yapılan işlemler

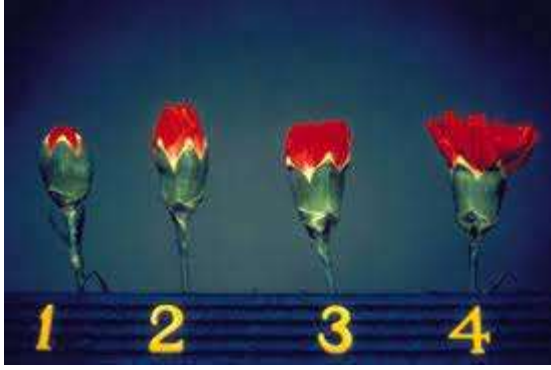
Kesme çiçeklerde hasat sonrası kaliteyi ve ihracat potansiyel değerlerini artırmak için hayati önem taşıyan hasat sonrası prosedürler vardır. Çiçekler doğru hasat aşamasında hasat edilmeli ve hasat sonrası uygun işlemlerden geçirilmelidir. Çiçekler her zaman tazeyken satılmalıdır, bu nedenle hasattan sonra mümkün olan en kısa sürede satılmalıdır. Çiçeklerin hasat sonrası yönetimi ve işlenmesinin temel amacı i) kalitesini (görünüm ve doku) korumak ii) çiçek hasadı ile tüketimi arasındaki hasat sonrası kayıpları azaltmaktır.

### 5.1. Hasat

Kesme çiçeklerin kalitesini ve ömrünü %70 oranında hasat aşaması, yöntemi ve zamanı önemli bir rol oynar. Olgunluk, hasat edilecek çiçeklerin türüne göre farklılık gösterir. Kesme çiçeklerin tamamına yakını sabah erken saatlerde ya da öğleden sonra geç saatlerde hasat edilmelidir. Gülde hasat, rengin tam olarak geliştiği ve taç yaprakların henüz açılmaya başlamadığı sıkı tomurcuk (2. Evre) aşamasında yapılır (Şekil 1). Standart karanfiller uzun mesafeli pazarlar için fırça tomurcuk (petal uçları kaliksten yukarı doğru çıkınca) aşamasında hasat edilir (Şekil 2' de 3. evre). Gerbera çiçekleri genellikle dıştaki iki sıra disk çiçeği sapa dik olduğunda hasat edilir. Çiçeklerin ticari toplama olgunluğu mevsim, çevre, pazar uzaklığı ve özel tüketici gereksinimlerine göre değişmektedir. Tomurcuk aşamasındaki kesme çiçeklerin kullanımı daha kolaydır, bu aşamada yüksek sıcaklık ve etilen gibi çevresel koşullara daha az duyarlıdır. Olgunlaşmamış aşamada hasat edilen güller ve gerberalar açılmayabilir veya boyun düşmesine maruz kalabilir. Çiçekler hasattan hemen sonra plastik kovalarda iyi kaliteli suya yerleştirilir. Çiçekler 30 dakika içinde klimalı odaya (18 ile 20 °C) alınmalı, ardından 30 dakika boyunca ön soğutma ünitesine (8 ile 10 °C) alınmalı ve daha sonra 20 °C 'ye taşınmalıdır (Vijayakumar ve ark., 2019; Thakur, 2020).



Şekil 1: Güllerde tormurcuk açma ve hasat evreleri (3. evre fırça tomurcuk evresi (Schmitzer ve ark, 2009).



Şekil 2: Karanfilde tormurcuk açma ve hasat evreleri (Anand ve ark., 2021).

## 5.2. Ön uygulamalar

**Su çektirme (rehidrasyon):** Hasattan sonra boyma ve demetleme aşamasından su kaybeden solan çiçeklerin soğuk koşullarda dezenfektan içerin deiyonize suyla su çektirme işlemi yapılır. Su alımını artırma için çözeltilerin içerisine sitrik asit, hidroksiquinolin sitrat veya alüminyum sülfat (pH 3.5) eklenmesi önerilir (da Costa ve ark., 2021).

**Ön uygulama (pulsing):** Hasattan sonra kesme çiçeklerin vazo ve depolama ömrünü uzatmak için kısa süreliğine çiçeklerin çeşitli çözeltiler içerisinde bekletilmesidir. Şeker bu amaçla kullanılmakta ve türe göre %2 ile 20 oranında kullanılır. Karanfil, bazı gül çeşitleri ve gipsofila gibi etilene duyarlı çiçeklerde etilenin etkisini önleyen GTS veya 1-MCP uygulaması yapılır. Gümüş nitrat ( $AgNO_3$ ), kalsiyum klorür ( $CaCl_2$ ), kalsiyum nitrat

(CaNO<sub>3</sub>), sodyum tiyosülfat (STS) gibi kimyasal kullanılarak da ön uygulama yapılmaktadır (da Costa ve ark., 2021).

**Tomurcuk açtırma:** Erken gelişme döneminden hasat edilen çiçekler, pazara sunulmadan önce bakterisit ve şeker içerin bir çözelti kullanılarak yüksek ışık yoğunluğu altından 25 °C sıcaklık ve %60-80 oransal nem içeren ortamda tomurcuklar açtırılır (da Costa ve ark., 2021)

### 5.3. Ön soğutma

Soğuk sıcaklık, solunum ve terleme oranını ve su kaybını düşürerek ve ayrıca etilen ön etkisini azaltarak çiçek ömrünü uzatır. Çiçek sıcaklığını hızlı bir şekilde düşürmek için tarla ısısını üründen uzaklaştırmak için ön soğutma yapılır. Genel olarak iki yöntem kullanılır a) Oda da soğutma b) Zorlanmış hava akımı ile soğutma. Oda soğutmasında, kovalarda tutulan çiçekler bir soğutucuya yerleştirilerek soğutulur. Zorlanmış hava akımı ile soğutma ise çiçekler kapalı bir odada belirli bir süre soğuk hava üflemesine maruz bırakılan delikli kutulara paketlenir. Sıcaklık aralığı 1.7 ile 4 °C arasında olmalıdır. Çiçeğin türüne bağlı olarak zorlanmış hava akımı ile çiçeğin soğutulması yaklaşık 30 dakika sürer. Ön soğutmanın başarısı uygun sıcaklık ve bağıl neme (%90-92) bağlıdır (Bergmann ve ark., 2020).

### 5.4. Depolama

Kesme çiçekler düzenli pazarlama için depolanır. Depolama sırasında sıcaklık ve bağıl nem çok önemli bir rol oynar. Düşük sıcaklık solunumu, terlemeyi, enzimatik aktiviteyi ve mikrobiyal aktiviteyi azaltır. Çiçeklerin çoğu, 20 ile 40 °C arasında iyi bir şekilde saklanır (Vijayakumar ve ark., 2019).

Kuru ve ıslak paket depolama olmak üzere iki depolama yöntemi vardır. Kuru paket depolama uzun süreli depolama içindir ve çiçekler 0 C ila 20 °C 'de, 10 ile 60 mm Hg arasındaki basınçta depolanır. Kontrollü Atmosferik Depolama (CAS), Modifiye Atmosferik Depolama (MAS) ve Hipobarik Depolama veya Düşük Basınçlı Depolama (LPS) gibi diğer gelişmiş depolama yöntemleri de çiçeklerin kalitesini artırmak için kullanılabilir (Thakur, 2020).

### 5.5. Paketleme ve pazara hazırlama

Paketleme yöntemi ürüne, çiçeğe, taşıma yöntemine ve pazara bağlıdır. Ambalajlamanın prensibi, çiçekleri uzun süre muhafaza etmek ve nakliye ve



depolama sırasında terleme ve hücre bölünmesi oranını düşürerek kaliteyi korumaktır. İdeal ambalaj hava geçirmez, nem geçirmez ve taşıma, nakliye ve istiflemeye dayanacak kadar dayanıklı olmalıdır (Thakur, 2020). Ambalaj türleri;

a) Birincil ambalaj: ürünü doğrudan tutan ambalaj

Örneğin: ambalaj malzemeleri (kağıt, polietilen), vazolar, buketler, karton, kasalar, vb.

b) İkincil ambalaj: depolamaya yardımcı olan tüm dış ambalajlar, ürünün taşınması, bilgilendirilmesi, sergilenmesi ve korunması

Örneğin, süslenmiş kartonlar, hediye kutuları, vb.

b) Üçüncül ambalajlama: gruplandırılan ürünlerin depolanması ve taşınması için

Örneğin, Palet kutuları, kartonlar, plastik/ahşap kutular

**KAYNAKLAR**

- Anand, M., Kamalkumaran, P. R., Velmurugan, M., & Sankari, A. (2021). Performance of Carnation (*Dianthus caryophyllus* L) Varieties under Protected Condition. *International Journal of Plant & Soil Science*, 33(9), 13-19.
- Bergmann, B. A., & Dole, J. M. (2020). Ethylene exposure exacerbates botrytis damage in cut roses. *Journal of Environmental Horticulture*, 38(3), 80-90.
- Çavuşoğlu, Ş. (2018). Modifiye atmosfer ve Metil jasmonat uygulamalarının *Agaricus bisporus*' un hasat sonrası kalite ve muhafaza ömrüne etkileri. *Mantar Dergisi*, 9(2), 206-218.
- Çavuşoğlu, Ş., İşlek, F., Yılmaz, N., & Tekin, O. (2020). Kayısıda (*Prunus armeniaca* L.) metil jasmonate, sitokinin ve lavanta yağı uygulamalarının hasat sonrası fizyolojisi üzerine etkileri. *Yuzuncu Yıl University Journal of Agricultural Sciences*, 30(1), 136-146.
- Cavusoglu, S., Yilmaz, N., Islek, F., Tekin, O., Sagbas, H. I., Ercisli, S., ... & Nečas, T. (2021a). Effect of methyl jasmonate, cytokinin, and lavender oil on antioxidant enzyme system of apricot fruit (*Prunus armeniaca* L.). *Sustainability*, 13(15), 8565.
- Çavuşoğlu, Ş., Yılmaz, N., & İşlek, F. (2021b). Effect of methyl jasmonate treatments on fruit quality and antioxidant enzyme activities of sour cherry (*Prunus cerasus* L.) during cold storage. *Journal of Agricultural Sciences*, 27(4), 460-468.
- da Costa, L. C., de Araujo, F. F., Ribeiro, W. S., de Sousa Santos, M. N., & Finger, F. L. (2021). Postharvest physiology of cut flowers. *Ornamental Horticulture*, 27, 374-385.
- Doi, M., Y. Hu, and H. Imanishi. (2000). Water relations of cut roses as influenced by vapor pressure deficits and temperatures. *J. Japan. Soc. Hort. Sci.* 69: 584-589.
- Eitel, K. (2022). *Recycling Infrastructures in Cambodia: Circularity, Waste, and Urban Life in Phnom Penh*. Taylor & Francis.
- Fernandes, L., Casal, S., Pereira, J. A., Saraiva, J. A., & Ramalhosa, E. (2020). An overview on the market of edible flowers. *Food Reviews International*, 36(3), 258- 75.

- Gómez-Merino, F. C., Ramírez-Martínez, M., Castillo-González, A. M., & Trejo-Téllez, L. I. (2020). Lanthanum prolongs vase life of cut tulip flowers by increasing water consumption and concentrations of sugars, proteins and chlorophylls. *Scientific Reports*, 10(1), 1-13.
- Halevy, A., and S. Mayak. (1981). Senescence and postharvest physiology of cut flowers- Part 2. *Hort. Rev.* 3:59–143.
- Kumar, N., Bahadur, V., & Prasad, V. M. (2022). Biochemistry of post harvest management in cut flowers.
- Mayak, S. and A.H. Halevy. (1970). Cytokinin activity in rose petals and its relation to senescence. *Plant Physiol.* 46:497–499.
- Naing, A. H., & Kim, C. K. (2020). Application of nano-silver particles to control the postharvest biology of cut flowers: A review. *Scientia Horticulturae*, 270, 109463.
- Nowak, J. and R.M. Rudnicki. (1990). Postharvest Handling and Storage of Cut Flowers, Florist, Greens and Potted Plants. 1st Edn., Timber Press, Inc., ISBN-10:0881921564, pp: 210
- Palma, M., Hall, C., Collart, A. (2011). Repeat buying behavior for ornamental plants: a consumer profile. *JFDRS* 42, 67–77.
- Reid, M.S., Jiang, C.Z. (2012). Postharvest biology and technology of cut flowers and potted plants. In: first ed. In: Janick, J. (Ed.), *Horticultural Reviews* 40. John Wiley & Sons, Inc., Hoboken, NJ, pp. 1–54.
- Schmitzer, V., Veberic, R., Osterc, G., & Stampar, F. (2009). Changes in the phenolic concentration during flower development of rose ‘KORcrisett’. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, 134(5), 491-496.
- Sun, J., Jameson, P.E. and Clemens, J. (2001). Water Relations And Stamen Abscission in Cut Flowers Of Selected Myrtaceae. *Acta Hort.* 543, 185-189.
- Thakur, N. (2020). A review on the effect of storage methods and packaging material on the post-harvest longevity of cut flowers. *International Journal of Chemical Studies*, 8(3), 2375-2379.
- Van Doorn, W.G. and E.J. Woltering. (2008). Physiology and molecularbiology of petal senescence. *J. Exp. Bot.*, 59: 453-480.
- Van meeteren, (1979). Water relations and keeping quality of Gerbera flowers. Page no. 1-78.

- Vijayakumar, S., Shivani, S., Pandiyaraj, P., & Sujayasree, O. J. (2019). Postharvest handling of cut flowers. Trends & Prospects in Post Harvest Management of Horticultural Crops; Surajit, M., Banik, AMK, Eds, 419-446.3.
- Yadeta, K.A and Thomma BPHJ. (2013). The xylem as battleground for plant hosts and vascular wilt pathogens. *Front. Plant Sci.* 4:97.

## BÖLÜM 9

### YENİ NESİL GEN SEKANSLAMA TEKNİKLERİ

Dr. Öğr. Üyesi Zeynep SÖNMEZ<sup>1</sup>

---

<sup>1</sup>Atatürk Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarımsal Biyoteknoloji Bölümü Erzurum, Türkiye. zeynepsonmez@atauni.edu.tr, Orcid ID: <https://orcid.org/0000-0003-2696-9138>



## GEN SEKANSLAMA YÖNTEMLERİ

### 1.1. DNA dizilemenin tarihçesi

Gelişen teknolojik araçlar ve çığır açan yeni buluşlar sayesinde DNA dizileme teknikleri DNA'nın 1869'da Friedrich Mietscher tarafından ilk kez izole edilmesinden yeni nesil dizilemeye (yüksek verimli dizileme) kadar olan tarihi süreç içerisinde gelişimini sürdürmektedir. DNA izolasyonunun keşfinden sonra 1953 yılında Nükleik asitlerin replikasyonu ve protein kodlaması için kavramsal temelleri atan, Rosalind Franklin ve Maurice Wilkins tarafından üretilen kristolografik tekniklerle DNA dizisinin fotoğraflanması ve Watson ve Crick tarafından DNA'nın üç boyutlu yapısının keşfi ile devam etmiştir. DNA'nın üç boyutlu yapısının keşfinden sonra dört nükleotid bazından oluşan DNA dizisini oluşturan bazların sırası, sayısı ve DNA dizi uzunluğuna ulaşılmaya çalışılmıştır (Watson and Crick 1953; Zallen 2003; Tyagi and Bhide 2020).

1965 yılında Robert Holley ve meslektaşları, *Saccharomyces cerevisiae*'dan alanin tRNA'sının ilk tam nükleik asit dizisini üretmeyi başardılar ve bu çalışmasıyla 1986 yılında Nobel Ödülü'nü almışlardır. Aynı yıllar içerisinde 1968 yılında *Enterobacteria λ* fajı'nın 5' 'kohezif' uçlara sahip olduğunu gözlemleyen Ray Wu ve Dale Kaiser, bu uçları radyoaktif nükleotidlerle doldurmak için DNA polimeraz enzimini kullanarak her nükleotidi teker teker tespit etmişlerdir (Holley 1965; Wu and Kaiser, 1968)). Takip eden yıllar içerisinde Ray Wu ve ekibi 1970 yılında, RNA bakteriyofajı MS2 suşunun dizisini okuyarak RNA düzeyinde ilk tam genom dizilemeyi başarmışlardır. 1972'de Walter Fiers, virüs RNA'sını kesmek ve oligonükleotidleri izole etmek için RNAses enzimini kullanmış ve ardından kesmiş olduğu RNA dizilerini elektroforez / kromatografi yoluyla ayırarak tam bir genin (bakteriyofaj MS2'nin kılıf proteinini kodlayan gen) DNA'sını dizileyen ilk kişi olmuştur (Fiers et al. 1976; Declercq et al. 2019). Fiers'in başarısına paralel olarak Alan Coulson ve Fredrick Sanger in alternatif bir DNA dizileme yöntemi üzerinde arayışlarda bulunmuşlar ve 1977'de 'artı ve eksi' veya "zincir sonlandırma yöntemi" olarak adlandırılan, kısmi kesilmiş DNA parçaların radyoaktif nükleotidler kullanılarak görüntülediği ilk DNA dizileme yöntemini geliştirmişlerdir. Bu yöntem, sonraki 30 yıl boyunca dizileme dünyasına hâkim olmuştur (Sanger and Coulson 1975; Sanger et al. 1977a; 1977b). Devrim niteliğindeki çalışmalarından dolayı Frederick

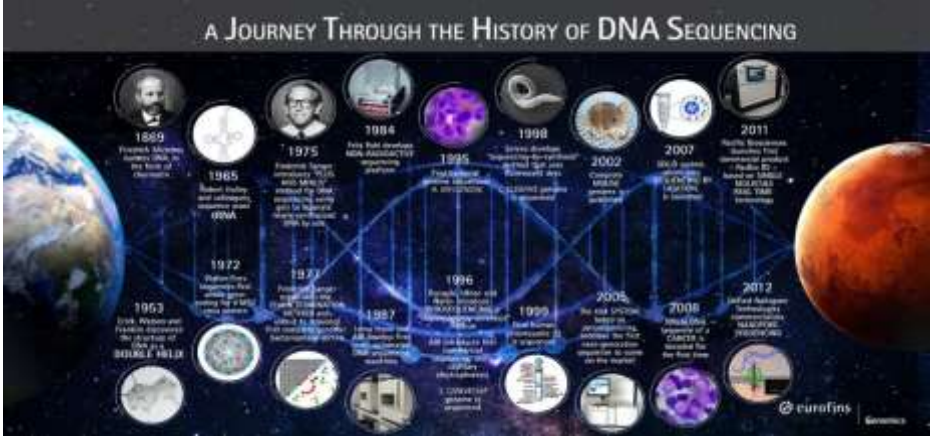
Sanger 1980 yılında Nobel Ödülü'ne layık görülmüştür (Bragg, 2013). 1977 yılında Maxam ve Gilbert, DNA'nın kimyasal modifikasyonuna dayanan bir DNA dizileme yöntemini tanıtmışlardır. Yöntemin temelinde, DNA polimeraz enzimi kullanılmadan DNA dizisini belirli bazlarda kıran kimyasalların kullanılması bulunmaktadır (Gužvić, 2013; Heather ve Chain, 2016).

Sanger dizilemesi ve Maxam-Gilbert dizileme teknilerinin uzun süre alması, uygulamasının pahalı olması ve otomasyondan yoksun olmaları nedeniyle yeni nesil olarak adlandırılan genom dizileme teknolojileri ve çağı başlatılmıştır. Bu çalışmalardan ilki 1984 yılında Fritz Pohl, radyoaktif etiketlemeye dayanmayan ilk dizileme teknolojisi platformunu kurulmuştur. 1987 yılında Applied Biosystems, Inc. (ABI) şirketinde çalışan Leroy Hood ve Michael Hunkapiller, Sanger dizileme sürecinin otomasyonunu başararak yönteme iki önemli iyileştirme getirmişlerdir. İlk olarak, DNA parçaları radyoaktif moleküller yerine floresan boyalarla etiketlemişler ve İkinci olarak, veri toplama ve analizi bilgisayarda mümkün hale getirilmiştir. Ortaya çıkarmış oldukları cihazı ABI 370 olarak adlandırmışlardır (Hood et al. 1987; Gužvić, 2013).

1996 yılında Mostafa Ronaghi, Mathias Uhlen ve Pål Nyfén, pyrosequencing adı verilen ve ikinci nesil DNA dizilemesinin ortaya çıkışı olarak kabul edilen yeni bir DNA dizileme tekniğini geliştirmişlerdir (Ronaghi et al.1996). Bu otomatik teknoloji, sentez yoluyla dizileme teknolojisine dayanan, halihazırda yüksek verimli dizileme olarak sınıflandırılan ve kendi teknolojilerini barındıran diğer biyoteknoloji şirketleri ortaya çıkmıştır. 1998 yılında Solexa'yı kuran Shankar Balasubramanian ve David Klenerman, floresan boyalar kullanan yeni bir sentez yoluyla dizileme yöntemi geliştirmişlerdir (Li et al.2003). 2000 yılında insan genom projesinin başlamasına paralel olarak ikinci nesil ve takiben üçüncü nesil sekans cihazları geliştirilmiştir. Bu cihazlardan ilki 2005 yılında Jonathan Rothberg ve meslektaşları tarafından pyrosequencing teknolojisini otomatik bir sistemde uygulandığı ilk yeni nesil dizileme platformu olan 454 sistemidir. Illumina 2007 yılında Solexa şirketini satın aldığında, dünyada en yaygın kullanılan NGS teknolojisini sağlamak için yola çıktılar ve bugün NGS platformu pazar lideridirler. Farklı teknolojilere dayanan diğer önemli platformlar, 2007'de SOLiD sisteminin "ligasyon yoluyla dizileme" ve 2011'de Life Technologies'in

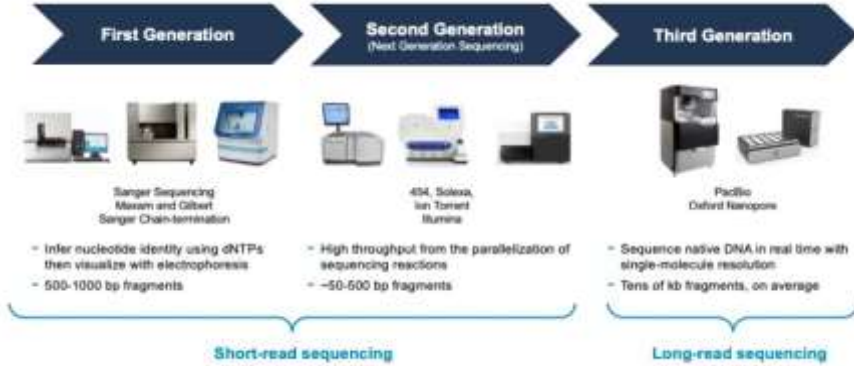


yeni DNA sentezlendiğinde hidrojen iyonlarını tespit eden "sentez yoluyla dizileme" teknolojisini kullanan Ion Torrent'tir tekniğidir.



Şekil 1. Dizileme teknolojilerinin tarihi gelişimi (Eurofin 2023)

Günümüze kadar devam eden DNA dizileme çalışmaları sonucu farklı nesiller adı altında cihazlar piyasaya sürülmüş bu sistemler içerisinde üçüncü nesil sekanslama teknolojileri olarak adlandırılan Pacific Biosciences Tek Moleküllü Gerçek Zamanlı Sekanslama, Komple Genomik Kombinatoryal Prob-Anchor Ligasyon Sekanslama, Oxford Nanopore Teknolojileri Sekanslama teknolojileri geliştirmiştir (Diaz et al., 2014; Esteban et al., 2013).



Şekil 2. Dizileme teknolojilerinin hızlı gelişimi. A. Birinci nesil Sanger dizileme teknolojisi. B. İkinci 'Next' nesil kitlesel paralel dizileme teknolojisi (454 Sequencing © Roche Diagnostics) C. Üçüncü 'Next-Next' nesil tek moleküllü, gerçek zamanlı dizileme teknolojisi (PacBio: 2023 <https://www.pacb.com/>).

## 1.2. Birinci nesil sekanslama teknikleri (First-Generation Sequencing)

DNA sekanslama gen ve genomu oluşturan nükleotid, baz dizilerinin belirlenmesi işlemine gen veya DNA sekanslama, kullanılan kimyasal ve biyolojik süreçlerle sekans işleminin gerçekleştirilmesi için uygulanan tekniklere DNA sekanslama teknikleri denilmektedir.

DNA sekanslama işlemi Sanger ve Coulson tarafından “DNA sekanslamanın artı ve eksisi” olarak adlandırdıkları yöntemde *Escherichia coli* DNA polimeraz I ve T4 bakteriyofajında DNA polimeraz enzimlerinin farklı şekilde nükleosit trifosfatları sınırlandırabildiğinin keşf edilmesi ile başlamıştır (Sanger and Coulson, 1975). İki yıl sonra Sanger ve arkadaşları enzimatik polimerizasyonla oligonükleotid sekanslamayı gerçekleştirerek günümüzde birçok DNA sekanslama yöntemine ışık tutan zincir sonlandırma metodu veya dideksinükleotid yöntemi olarak adlandırılan tekniğin bulunması ile sekanslama yöntemlerinde yeni bir çığır açılmıştır (Sanger et al. 1977).

Sanger zincir sonlama metodunda PCR ile çoğaltılmış kalıp zincir DNA fragmentinin enzimatik reaksiyonlarla polimerize olacak şekilde sekansı bilinmeyen tamamlayıcı kalıp DNA ya komplementer olacak bir DNA zincirinin M13 gibi bir vektöre klonlanması, bu rekombinant M13 vektörüne P32, S35 veya P33 radyoaktif izotoplarla etiketlenmiş kısa bir oligonükleotid primerinin ve 3’pozisyonunda OH grubu taşımayan terminatör yada dideksinükleosit trifosfat olarak adlandırılmış (ddNTP) modifiye dideksinükleositlerin Klenov, Taq DNA polimeraz, ters transkriptaz ya da sekuenaz enzimlerinden herhangi biri kullanılarak bu yapay ddNTP nükleositlerin zincir uzamasına dahil olması ile gerçekleşir. Dizi analizi kalıp DNA zinciri, deoksükleotid bazları, polimeraz enzimi, modifiye dideksinükleositlerden biri ve radyoaktif floresan etiketleyici taşıyan bir deoksükleotid bazı içeren dört ayrı reaksiyon karışımı hazırlanarak gerçekleştirilir. Hazırlanmış olan reaksiyon tüplerinde modifiye ddNTP’lerden biri ile rastgele sonlanmış yeni DNA fragmentleri oluşur (Klug et al. 2000). Reaksiyon işlemleri tamamlandıktan sonra farklı büyüklükte ki fragmentler denatüre poliakrilamid jel elektroforezinde dört paralel bant halinde yürütülür. DNA dizisi önce en hızlı hareket eden bant saptanarak zincirin sonlandığı en küçük DNA parçası belirlenir, okuma işlemi otoradyografide tüm bantlar okunmayacak şekilde üst üste gelinceye kadar devam ettirilir (Sanger et al.

1977). Günümüzde yapılan DNA dizileme işlemleri çoğunlukla Sanger zincir sonlandırma metoduna dayanmaktadır.

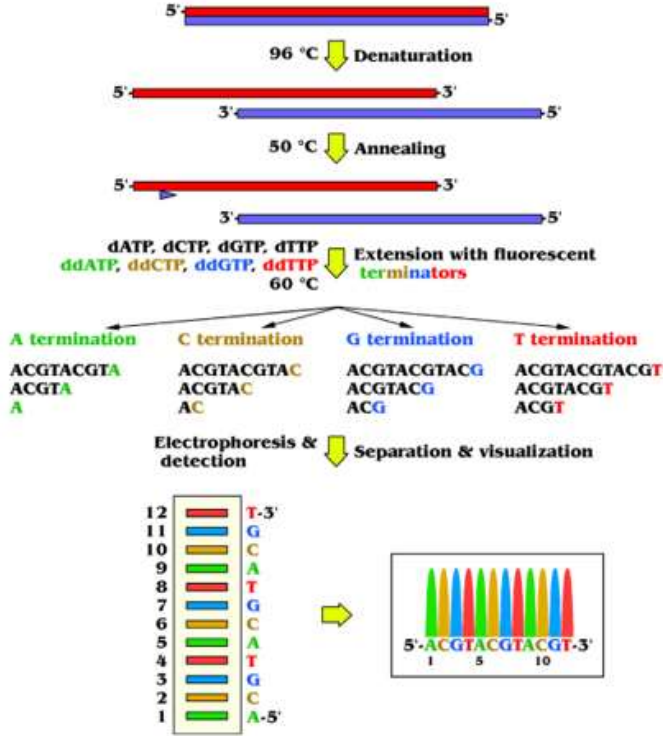
### 1.2. Birinci nesil sekanslama teknikleri (First-Generation Sequencing)

Gen ve genomu oluşturan nükleotid baz dizilerinin belirlenmesi işlemine DNA veya gen sekanslama denir. DNA sekanslama teknikleri, kullanılan kimyasal ve biyolojik süreçlerle sekanslama işlemini gerçekleştirmek için uygulanan çeşitli teknikleri tanımlar.

DNA sekanslama işlemi Sanger ve Coulson tarafından keşfedilmiş ve "DNA sekanslamamanın artı ve eksisi" olarak adlandırılan yöntemle başlamıştır (Sanger ve Coulson, 1975). Bu yöntemde, *Escherichia coli* T4 ve I bakteriyofajında DNA polimeraz enzimlerinin farklı nükleosit trifosfatlarını sınırlayabilmesi keşfedilmiştir. İki yıl sonra Sanger ve ekibi, enzimatik polimerizasyonla oligonükleotid sekanslamayı gerçekleştirerek günümüzde birçok DNA sekanslama yöntemine ışık tutan zincir sonlandırma metodu veya dideoksinükleotid yöntemi olarak adlandırılan tekniği bulmuştur (Sanger et al., 1977a).

Orijinal Sanger dizileme yöntemi iki adımdan oluşur. "Etiketleme ve sonlandırma" adımı, primer uzatma dört paralel reaksiyonda gerçekleştirilir, her reaksiyon [ $\alpha$ -<sup>35</sup>S] doğal primerlerle birlikte belirli miktarlarda dideoksi nükleotidleri (ddNTP; ddATP, ddCTP, ddGTP ve ddTTP) içeren bir reaksiyon karışımında bir DNA polimeraz ile bağlanır ve uzatılır. Daha sonra etiketlenmemiş dNTP ile bir "takip etme" adımı gerçekleştirilir (Hagemann 2015; Dorado et al. 2019). Sanger zincir sonlama metodu PCR ile çoğaltılmış kalıp zincir DNA fragmentinin enzimatik reaksiyonlarla polimerize olacak şekilde sekansı bilinmeyen tamamlayıcı kalıp DNA ya komplementer olacak bir DNA zincirinin M13 gibi bir vektöre klonlanması, bu rekombinant M13 vektörüne S35, P33 veya P32 radyoaktif izotoplarla etiketlenmiş kısa bir doğal bazlar içeren primerlerle (dNTP; dATP, dCTP, dGTP ve dTTP) birlikte belirli miktarlarda dideoksi nükleotidleri (ddNTP; ddATP, ddCTP, ddGTP ve ddTTP) içeren bir reaksiyon karışımında bir DNA polimeraz ile bağlanır ve uzatılır (Baudhuin et al.2015; Beck et al.2016). Oligonükleotid primerinin 3' pozisyonunda bir hidroksil (OH) yerine bir hidrojen (H) bulunduğundan, sentezlenen dsDNA'ya dahil edildikten sonra sonraki polimerizasyonu bloke eden. terminatör yada dideoksinükleosit trifosfat olarak adlandırılmış (ddNTP) modifiye dideosinükleositlerin 5'-3' polimeraz ve 3'-5' ekzonükleaz

aktivitesine sahip, ancak 5'-3' ekzonükleaz aktivitesi göstermeyen ve bu nedenle istenen DNA polimeraz ürünlerinin sadece belirli bazların tanınarak bağlanmasını sağlayan Klenow polimeraz enzimi, Taq DNA polimeraz, ters transkriptaz ya da sekuenaz enzimlerinden herhangi biri kullanılarak bu yapay ddNTP nükleositlerin zincir uzamasına dahil olması ile gerçekleşir (Saiki et al.1988; Hagemann, 2015). Dizi analizi kalıp DNA zinciri, deosinükleotid bazları, polimeraz enzimi, modifiye dideoksinükleositlerden biri ve radyoaktif floresan etiketleyici taşıyan bir deoksinükleotid bazı içeren dört ayrı reaksiyon karışımı hazırlanarak gerçekleştirilir. Hazırlanmış olan reaksiyon tüplerinde modifiye ddNTP'lerden biri ile rastgele sonlanmış yeni DNA fragmentleri oluşur (Crossley et al. 2020). Ürünler daha sonra poliakrilamid jel elektroforezi ile ddA, ddT, ddC ve ddG sonlandırıcılarını temsil eden dört paralel şeritte ayrılır (Pereira et al. 2015; Tyagi and Bhide 2020). DNA dizisi, dört şeridin her birindeki pikler aranarak elde edilen fragmentler bir PoliAkrilamid Jel Elektroforezi (PAGE) veya Kapiler Elektroforez (CE) ile ayrıştırılır ve floresan boya ile tespit edilir, böylece 3'-uçtaki sonlandırıcı bazlar tanımlanır. Toplanan sinyaller, DNA dizisini yapay renklerle temsil eden sanal bir elektroferogram veya elektroflorogram oluşturulmasına izin verir (Lorenz et al.2012). DNA dizisi önce en hızlı hareket eden bant saptanarak zincirin sonlandığı en küçük DNA parçası belirlenir, okuma işlemi otoradyografide tüm bantlar okunmayacak şekilde üst üste gelinceye kadar devam ettirilir (Sanger et al. 1977b). Günümüzde yapılan DNA dizileme işlemleri çoğunlukla Sanger zincir sonlandırma metoduna dayanmaktadır.

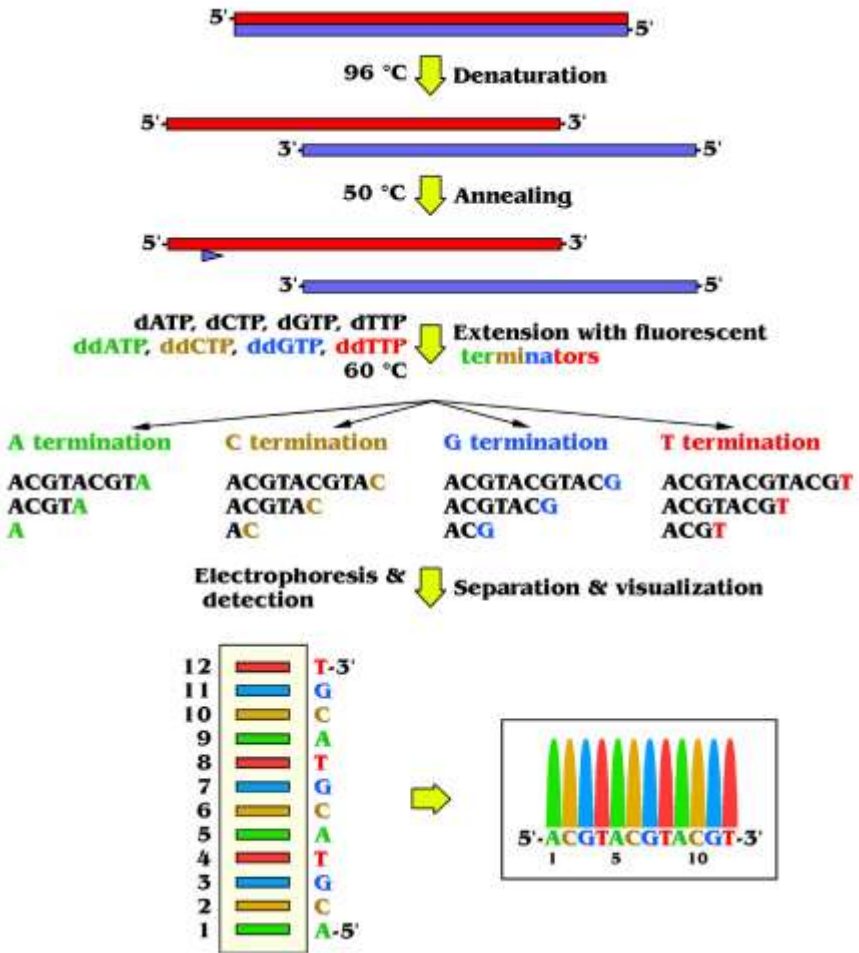


**Şekil 3.** Sanger'in 'zincir sonlandırma' dizilimi. Belirli bir tipteki radyo veya floresan işaretli ddNTP nükleotidleri bir kez dahil edildikten sonra daha fazla uzamayı önler, düşük konsantrasyonlarda DNA polimerizasyon reaksiyonlarına dahil edilir. Sanger dizilemesinde, 3'sonlandırıcı etiketli ddNTP o konumdaki baza karşılık geldiğinden, belirli bir bölge için bandın bulunduğu şerit bulunarak dizi çıkarılır (Dorado et al. 2019)s.

DNA sekanslamada kullanılan diğer bir alternatif yöntem, Maxam ve Gilbert tarafından 1977'de tanımlanan çift zincirli DNA'nın kimyasal yıkılma prosedürüne dayanır. Bu yöntemde, çift zincirli DNA molekülünün 5' uçları P32 veya S35 radyoaktif izotoplar, merkaptopropil veya aminopropil bağlayıcılar, veya radyoaktif olmayan biyotin molekülleri ile etiketlenir. Daha sonra reaksiyon ortamına dimetilsülfoksit (DMSO) eklenerek DNA kalıbı 90°C'ye kadar ısıtılarak çift zincirli DNA fragmentlerinin zincirleri birbirinden ayrılır (Maxam ve Gilbert, 1977).

Ayrılmış zincirler, içerdikleri pürin ve primidin bazlarının içeriklerine bağlı olarak molekül ağırlığına göre farklılık gösterir. Bu prensibe dayanarak, büyük molekül ağırlığına sahip fragmentlerin jel elektroforezinde daha yavaş hareket etmesi prensibi kullanılarak iplikler saflaştırılır. Poliakrilamid jel üzerinden geçirilen fragmentler daha sonra X-ray film kasetlerinde saklanır (Church ve Gilbert, 1984).

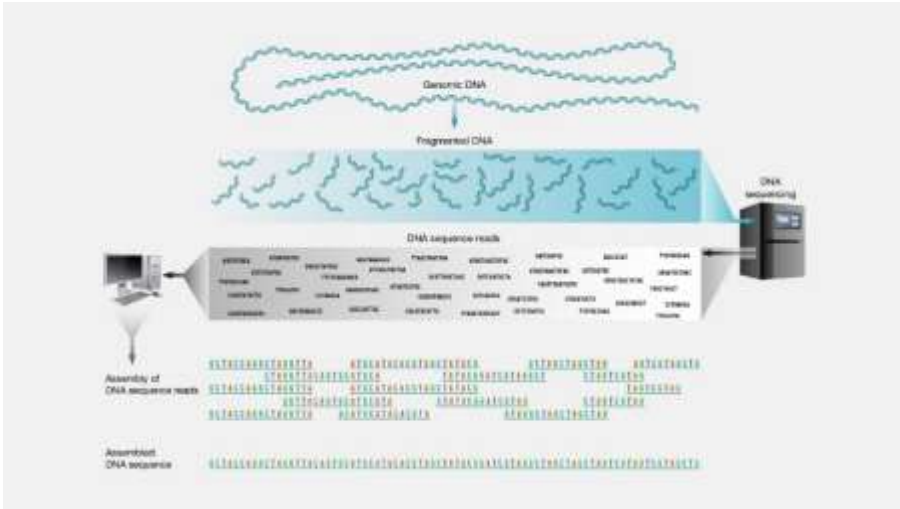
Maxam ve Gilbert tekniği, ayrılmış DNA ipliklerinin dört parçaya restrüksiyon enzimleri kullanılarak bölünmesiyle başlar. Her bir parça, adenin, sitozin, guanin ve timin pozisyonlarına göre özel kimyasal ajanlar kullanılarak işlenir. Bu aşamalar modifiye bazların oluşturulması, modifiye bazların şeker köprülerinin kırılması ve DNA zincirindeki glikozid bağlarının koparılmasıyla deoksiribozların serbest kalmasını içerir. Pürinler arasındaki glikozid bağları dimetil sülfat reaktifiyle, primidinler arasındaki riboz şekerleri ve nükleotidler arasındaki bağlar ise hidrazin reaktifleriyle parçalanır. Piperidin kimyasalı, bazların fosfat köprüleri aracılığıyla birbirine yeniden bağlanmasını sağlayarak fosfodiester bağlarını katalizler. Böylece her iplik için sadece tek bir kimyasal kırılma ile sonuçlanan reaksiyonlar ve bu reaksiyonların otomatik olarak okunmasıyla zincir baz sekansı elde edilir (Gaastra 1985; Franca et al. 2002; Genç 2021).



**Şekil 4.** Maxam ve Gilbert'in 'kimyasal dizileme' yöntemi. DNA önce tipik olarak 5' fosfat kısmına radyoaktif P 32 eklenerek etiketlenir. Daha sonra Hidrazin pirimidinlerden (sitozin ve timin) bazları uzaklaştırırken, yüksek tuz konsantrasyonlarının varlığında hidrazin yalnızca sitozinden bazları uzaklaştırabilir. Asit daha sonra pürinlerden (adenin ve guanin) bazları çıkarmak için kullanılabilir, guaninler için dimetil sülfat kullanılır (adenin de çok daha az ölçüde etkilenecektir). Piperidin daha sonra bazik bölgedeki phophodiester omurgasını parçalamak için kullanılır ve değişken uzunlukta fragmantlar elde edilir (Dorado et al. 2019).

### 1.3. Shoutgun Sekanslama

Tüm genom sekanslama projelerinde kullanılan BAC (Bacteria Artificial Chromosome), YAC (Yeast Artificial Chromosome), HAC (Human Artificial Chromosome) klonlama vektörlerinin 600-700 bp uzunluğunda nükleotidleri okuması zordur bu zorlukları gidermek için Shoutgun Sekanslama adı verilen teknikle büyük zincirli DNA fragmentlerinin sekanslaması her seferinde 600-700 baz uzunluğunda küçük fragmentlerin vektörlerde klonlanıp kesim enzimleri ile 1-2 kb uzunluğunda daha küçük parçalara ayrılarak plazmid vektörlerde gen bölgelerinin çoğalması sağlanır. Daha sonra tüm sekans bilgileri bilgisayar ortamında kaydedilip üst üste gelen parçalar dijital ortamda kaydedilmiş sekans bölgeleri taranarak orijinal parçaların birbirini tanıyıp uç uca yapışması sağlanır böylece tüm genom sekansı bir araya getirilerek genom dizisi oluşturulmuş olur (Green 2001; IHGSC 2001; Bunnik, and Le Roch, 2013). İlk uygulamaları tütün mozaik virüsünde denenmiş yöntem (CMV, cauliflower mosaic virus) daha sonraları insan genom haritaları oluşturulması ve organizmaların fiziksel haritalarının oluşturulmasında kullanılmıştır (Adams 2008; Motahari et al.2013).



**Şekil 5.** Hiyerarşik shotgun dizileme stratejisi adımları, İlk olarak, hedef genom parçalanır ve vektörlere klonlanarak bir kütüphane oluşturulur. Daha sonra, genomik DNA parçaları düzenlenir ve tek tek kromozomlarla eşleştirilir. Klonlar daha sonra rastgele bir shotgun yaklaşımı kullanılarak ayrı ayrı dizilenir. Son olarak, shotgun dizileri birleştirilir (Green 2023).



#### 1.4. Yeni Nesil Gen Sekanslama Teknikleri

Yeni nesil terimi, DNA dizileme teknolojisinin gelişiminde bir sonraki adımı diğer bir deyişle "bir sonraki-sonraki" nesilleri karşılamaktadır. Gelişen sekans teknolojilerinin üretildiği firmaların isimleri yerine (Solid™, Polinator™ Helicos™) günümüzde yeni nesil sekanslama teknikleri ikinci nesil, üçüncü nesil vb. teknolojiler adı altında gruplandırılmaktadır. Bu adlandırma kuralı göz önüne alındığında, büyük genomların daha düşük maliyetle daha yüksek verimle dizilenmesine duyulan ihtiyaç, otomatik Sanger dizilemesine ek olarak çeşitli yaratıcı metodolojiler kullanan birçok ikinci nesil veya "Nextgen" teknolojisinin geliştirilmesini tetiklemiştir (Ansorge 2010; Slatko et al. 2018; Dorado 2019).

Sanger zincir sonlandırma metodunun geliştirilerek otomatik şekilde tek bir yürütme sentez hibridizasyonu ve tek bir zincirde milyonlarca bazın ekspanansiyel şekilde artarak dizilenmesine olanak sağlayan sentez yoluyla sekanslama tekniklerine dayanan ikinci nesil teknolojiler diğer bir adıyla yeni nesil gen sekanslama teknolojileri adı altında yeni sekanslama teknolojileri geliştirilmiştir (Casals 2011; Dijk 2014). Yeni nesil gen sekanslama teknolojileri, bakteriyel klonlama yerine serbest sistemlerde mikro boyutta hücreler içinde DNA kütüphanelerinin oluşturulmasına, paralel zincirler halinde binlerce hatta milyonlarca baz dizisininin aynı anda sekanslanma yapılabilesinin yanı sıra elektroforez uygulanmadan sekanslama sonuçlarının dijital ortamlara aktarılarak doğrudan değerlendirme kolaylığı sunmaktadır (Morozova and Marra 2008; Masoudi-Nejad et al. 2013; Alekseyev et al.2018).

Yeni Nesil Sekanslama teknikleri genel olarak (1) şablon oluşturma, (2) sekanslama ve görüntüleme ve (3) veri analizi basamaklarından oluşmaktadır (Metzker, 2010). Genellikle tüm NGS teknolojileri, immobilize ve izotropik dizilmiş DNA şablonlarına farklı şekilde etiketlenmiş nükleotidlerin dögüsel olarak eklenmesiyle gerçekleşir (Rizzo ve Buck, 2012).Yeni nesil sekanslama teknikleri arasında DNA şablonu oluşturma basamakları, sekanslama sırasında kullanılan özel kimyasallar ve görüntüleme sistemlerinin farklılıklarından kaynaklı olarak her bir NGS üretim tekniği ve dizileme platformları birbirinden farklılık gösterir ve her platform tarafından üretilen verilerin türü ve kalitesi kullanılan parametrelere göre belirlenir (Rizzo ve Buck, 2012; Metzker, 2010).

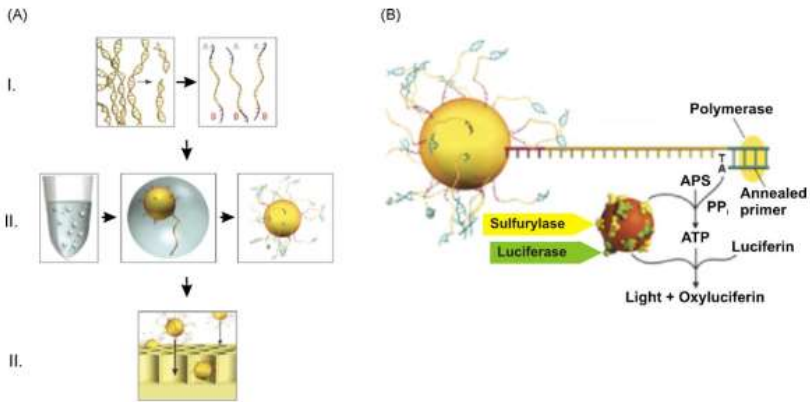
### 1.4.1.İkinci nesil sekanslama-Kısa okumalı dizileme (Short-read NGS Second generations) Teknolojisi

Hibridizasyon yöntemiyle ikinci nesil DNA sekanslama yöntemi 1980 yılında dizi analizi yapılacak DNA fragmentlerine hibridize olabilen filtreler dizisi bilinen DNA oligonükleotidlerinin yapılandırılmasıyla uygulanmıştır. Böylece hibridize olmamış DNA'fragmentler tekrar tekrar hibridize edilerek ve yıkanarak uzaklaştırılmasından sonra oligonükleotidlere yapışmış olan etiketli parçaların filtre üzerindeki DNA problemlerinin dizisiyle eşleşip eşleşmediği belirlenmekte ve prob hibridizasyon noktalarından bağlanan diziler küçük fragmentler halinde birleştirilerek dizi okuması gerçekleştirilmektedir (Church, 2006; Qin, et al., 2012).

Ticari SGS araçları, birinci nesil yöntemlerin düşük verim ve yüksek maliyetine yanıt olarak 2005 yılında ortaya çıkmıştır. Bu sorunu çözmek için SGS araçları, çok sayıda DNA molekülünü paralel olarak dizileyerek çok daha yüksek verimde sonuçlar elde eder. Çoğu SGS teknolojisinde, on binlerce aynı iplikçik, ardışık yıkama ve tarama işlemlerinden oluşan bir süreçte okunmak üzere belirli bir konuma sabitlenir. 'Yıkama ve tara' dizileme işlemi, etiketli nükleotidler gibi reaktiflerin sırayla akıtılmasını, nükleotidlerin DNA ipliklerine dahil edilmesini, dahil etme reaksiyonunun durdurulmasını, fazla reaktifin yıkanmasını, dahil edilen bazıları tanımlamak için taramayı ve son olarak DNA şablonlarını bir sonraki 'yıkama ve tara' döngüsüne hazırlamak için yeni dahil edilen bazların işlenmesini adımlarını içerir (Fuller et al., 2009; Metzker, 2010; Quail et al., 2012). Neredeyse tüm NGS teknolojileri, immobilize ve izotropik dizilmiş DNA şablonlarına farklı şekilde etiketlenmiş nükleotidlerin eklenmesini döngüsel olarak izler. Bununla birlikte, günümüzde kullanılan her yeni nesil gen teknolojilerinin uygulama basamakları birbirinden farklılık gösterir (Loman et al. 2010; Glenn 2011; Rizzo ve Buck, 2012). Şablon oluşturma adımlarının, tescilli dizileme kimyasının ve görüntüleme sürecinin belirli bir kombinasyonu, her NGS üreticisini ve dizileme platformunu diğerlerinden ayırır ve her platform tarafından üretilen verilerin türünü ve kalitesini belirler (Rizzo ve Buck, 2012; Metzker, 2010).

### 1.4.1.1. Roche/454 FLX pirosekanslama

Yöntemin temeli 1985 yılında Melambde tarafından tanımlanana DNA sentezi sırasında salınan pyrospatelerin sentez-adım sekans (sequencing-by-synthesis (SBS)) teorisine dayanır (Nyren and Lundin, 1985). İlk yeni nesil sekanslama tekniği (<http://www.454.com>) 2005 yılında Roche şirketi tarafından 454 Life Sciences projesi altında pirosekanslama metodunun uygulanması ile başlamıştır. 454 FLX pirosekanslama metodu emülsiyon PCR ve Pirosekanslama tekniklerini bir arada içeren bir sıralama-sentez yöntemidir. DNA izole edilerek fragmentler halinde özel boncuklu emülsiyon adaptörlerine bağlanır, daha sonra tek zincirli parçalara ayrılır. dNTP'ler, biyotinle etiketlenmiş tek zincirli DNA şablonuna hibridize olan tamamlayıcı primerler, DNA polimeraz, ATP sulfurilaz, lusiferaz, apiraz enzimleri, substart olarak kullanılan adenosine 5' phosphosulfat (APS) ve lusiferin klonal amplikasyon için emülsiyon PCR kullanılır (Gharizadeh 2003; Dijk et al. 2014; Weirather et al. 2017; Akaçin et al. 2022).

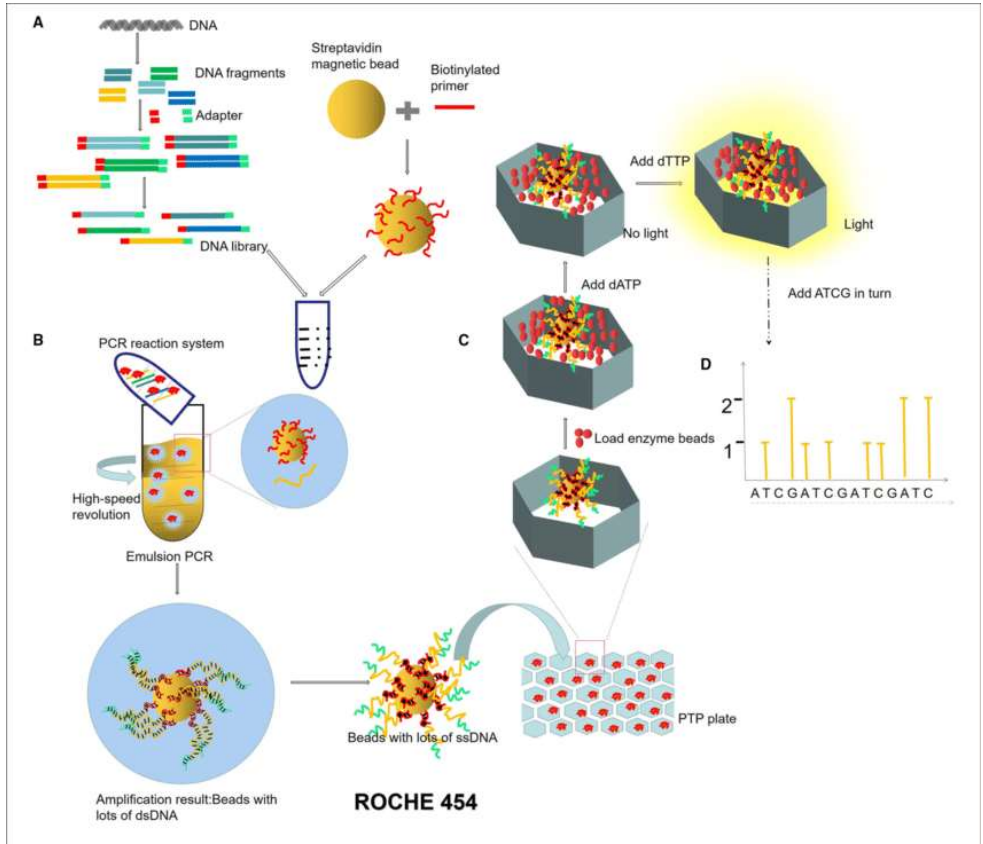


**Şekil 6.** GS 454 DNA dizileme cihazı iş akışının ana hatları. Kütüphane oluşturma (I), 454'e özgü adaptörleri DNA parçalarına (A ve B olarak gösterilir) bağlar ve dizilemeden önce parçaları çoğaltmak için amplifikasyon boncuklarını bir emülsiyon PCR'de DNA ile birleştirir (II). Boncuklar pikotiter plakaya yüklenir (III). (B) Sentez yoluyla dizilemeyi bildirmek için nükleotid birleşmesinde meydana gelen pirosequencing reaksiyonunun şematik gösterimi (Ansorge 2009)

454 pirosekanslama teknolojisi döngüsel akış halinde olan artarda tekrarlı A,T,C,G nükleotid endikatörlerinin yaklaşık bir milyon kuyucuklardan oluşmuş ve her kuyucukta tek sarmallı zincirin tek bir kopyasını taşıyan en fazla bir boncuk içeren Piko titreli tabakalarda DNA fragmentlerinin dizilenmesi ve sentezlenmesi sırasında serbest kalan pirofosfatların (PPi) belirlenmesi esasına dayanır. Pirosekanslama teknolojisinde katı-faz yaklaşımı ve sıvı-faz yaklaşımına göre dizileme yapıları (Ronaghi and Elahi 2002; Gharizadeh et al.2004; Morozova and Marra 2008; Fakruddin and Chowdhury 2012b).

Sıvı faz yaklaşımına göre pirosekanslama prosesinde; nükleotidler kuyucuklardan aşağı doğru akış halinde olduğunda kuyucuklarda sekans reaksiyonuna DNA polimeraz reaksiyonu katalizmesiyle DNA zincirine her bir nükleotid eklendiğinde her birleşmede 3' ucunda uzayan dNTP'ler arasında bir pirofosfat (PPi) serbest kalır, serbest kalan PPi'lerin miktarı reaksiyona katılan dNTP'lerin miktarını verir. Sekanslama, ATP sulfurilaz enziminin serbest kalan PPi leri APS substarını kullanarak ATP'ye dönüştürmesi, açığa çıkan ATP 'nin lusiferaz enziminin lusiferini oksilusiferine dönüştürmesi sırasında kullanılır. Bu dönüşüm sırasında ışımaya gerçekleşir, oluşan ışımaya ışığa duyarlı foto diyotlardan oluşmuş ve düşen ışığı elektrik sinyallerine dönüştüren çoklu yükleme cihazlı (CCD) kameralar ve elektronik ortamda oluşan piklerin belirlenmesi ile gerçekleşir. Her bir pikin uzunluğu sekanslamaya katılan dNTP'lerin sayısını verir. Apiraz enzimi ATP'yi indirgeyerek senteze katılmayan dNTP' lerin parçalanmasında kullanılır (Ahmadian et al. 2006; Balzer et al. 2010; Siqueira et al. 2012; Fakruddin and Chowdhury 2012a).

Katı faz yaklaşımında sekanslamaya katılan dört dNTP reaksiyon sistemine ayrı ayrı katılması ve baz eşleşmesine katılmayan nükleotidlerin reaksiyonun her bir adımında yıkanması işlemine dayanmaktadır. Biotin etiketli DNA kalıpları streptavidin kaplı manyetik boncuklara immobilize edilmiş primerlerle amplifiye olur. İmmobilize primerler DNA polimeraz, ATP sulfurilaz, lusiferaz enzimlerinin inkübasyonu ile tek zincirli DNA zincirinin uzaması gerçekleşir. Reaksiyon karışımına her bir nükleotid ilave edildikten sonra, DNA örneği bir mıknatıs sistemi tarafından sabitlenir ve reaksiyona katılmamış nükleotidler yıkama adımı ile uzaklaştırılır. Lusiferaz enziminin açığa çıkan ATP'yi lusiferini oksilusiferine dönüştürmesi prosesi ve açığa çıkan ışığın ölçümü sıvı faz sürecinde uygulanan prosesle aynı şekilde uygulanmaktadır (Gharizadeh et al. 2004; Casals et al. 2012).



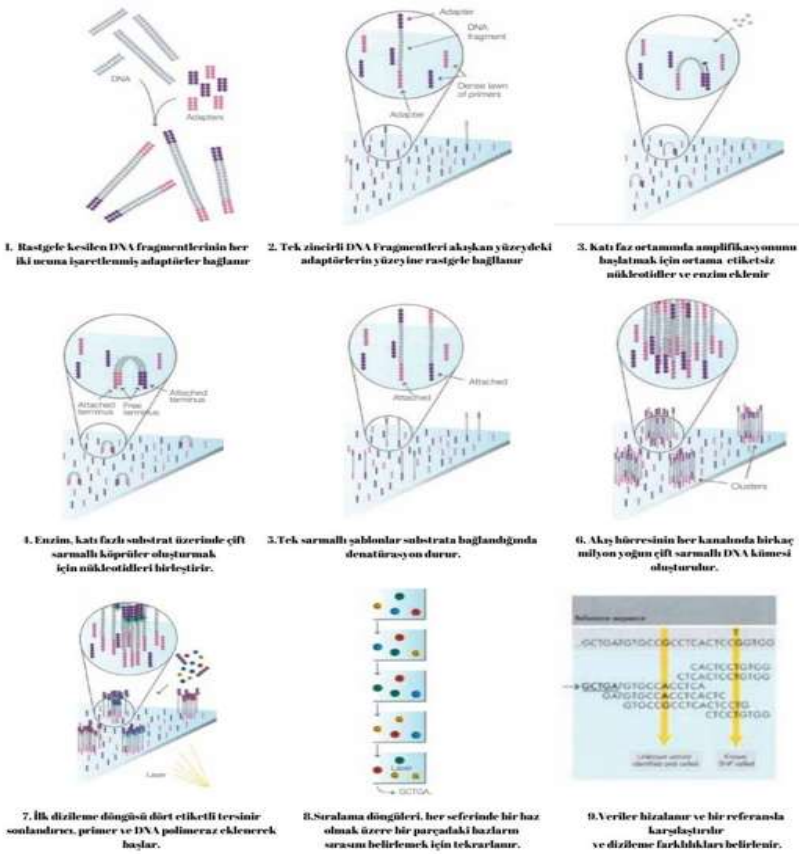
**Şekil 7.** ROCHE 454 dizileme işlemi. (A) Mikro-reaksiyon sisteminin oluşturulması. DNA kütüphanesi, DNA parçalarının uçlarına bir adaptör eklenerek oluşturulur. Primerlerle birleştirilmiş manyetik boncuklar PCR reaksiyon sisteminde (DNA parçaları, enzimler, dNTP'ler) karıştırılır. (B) Emülsiyon PCR. PCR mikro reaksiyon sistemleri, yağın içine su (PCR karışımı) enjekte edilerek oluşturulur ve her sistem yalnızca bir şablon ve bir boncuk içerir. (C) Pirofosfat dizileme. Pirofosfat teknolojisi, aynı reaksiyon sisteminde dört enzim tarafından katalize edilen bir enzim kaskad kemilüminesans reaksiyonudur. Sekanslama reaksiyonunun her halkasında sadece bir dNTP eklenir. DNA şablonunun bir sonraki bazıyla tam olarak eşleşirse, DNA polimerazın etkisi altında dizileme primerinin 3' ucuna eklenecek ve aynı zamanda bir moleküler PPI salacaktır. ATP sülfürlaz, lusiferaz ve apirazin etkisi altında, PPI tarafından bir enzim kaskadı kemilüminesans reaksiyonu tetiklenir. (D) Işık sinyali alımı. (Zhang, 2021)

### 1.4.1.2. Illumina (Solexa) Genom Analizi

Yaygın olarak 'Solexa' olarak adlandırılan bu platformun kökeni Turcatti ve arkadaşlarının çalışmalarına dayanmaktadır (Fedurco et al. 2006; Turcatti et al.2008). 2006 yılında Illumina Genom Analizleme yöntemi Solexa (<http://www.illumina.com>) olarak tanıtilan sekanslama yöntemi 'sentezleyerek sekanslama'temeline dayanan tek molekül arrayler olarak bilinen yüzeyi genişletilmiş katı yüzeylere veya bir akış hücresinin yüzeyi çoklu türetilmiş ve bir kümeleme istasyonu olarak adlandırılan otomatik cihazlar tarafından rastgele belirlenmiş 30- 40 bp'lik serbest tek zincirli DNA fragmentların bağlanmasıyla milyonlarca tekrardan oluşan klonlama içermeyen bir DNA amplifikasyonun meydana getirilmesi yöntemidir (Morozova and Marra 2008; Kircher et al. 2009; Casals et al. 2012; Mardis 2013).

Illumina sekans yöntemi karışım halinde bulunan tek zincirli, adaptör oligo bağlanmış DNA parçalarının mikro akışkanlı kümelenmiş bölgelerde bulunan akışkan cam yüzeylere tutturulması ile başlamaktadır (Mardis 2008; Fox et al. 2014). Her akışkan hücreler içlerinde ki milyonlarca kuyalara bölünmüş orjinal fragmentlere bağlanabilen belirli parçalara komplementer oligo dizilere kovalent bağlanmış spesifik adaptörler içeren sekiz şeride ayrılır. DNA 'nın akışkan hücrelere hibridizasyonu bir seri aktif ısıtma ve soğutma işlemleri ile başlar ardından reaktantlarla inkübasyon yapılır ve izotermal polimeraz enzimi kullanılarak akışkan hücrelerin gizli alan veya küme olarak adlandırılan bölgelerinde fragmentler çoğaltılır. Birkaç PCR döngüsünden sonra, yüzeyde tek sarmallı DNA parçalarının yaklaşık 1000 kopyasından oluşan rastgele kümeler oluşturulur. Akışkan hücrelerde sekanslama işlemi her kümede yerleştirilmiş polimeraz enzimi ve her döngüde 3'OH ucunda yalnızca tek bazın birleşmesine izin veren kimyasal reaktantların bağlandığı her baz için farklı renkte ışımaya yapan flüresan etiketlenmiş dört farklı nükleotid içeren sıvı kıvamında kasetler içinde gerçekleşir. Her bir kümede zincire eklenen bazı belirlemek için her döngüde otomatik CCD cihazı ile görüntüleme yapılır, her bir birleşmeden sonra diğer bazı zincire katılması için 3'ucunda kimyasal maddelerle flüresan grupları kaldırılır. Son olarak her bir kümenin dizisi hesaplanır, kullanıcının isteğine göre düşük kaliteli 32-40 bp'lik zincirleri elemine etmek için filtreleme işleminden sonra sekanslama tamamlanır (Shendure and Ji 2008; Pettersson et al. 2008; Ansorge 2009; Glenn 2011; Liu et al. 2012; Dijk et al. 2014).

Okuma uzunlukları, floresan etiketlerin eksik bölünmesi veya sonlandırıcı bağlar gibi sinyal bozulmasına ve faz kaybına neden olan çok sayıda faktörle sınırlıdır. Illumina sekanslama tekniği ile homopolimerik uzantılar prosekanslama yöntemine göre daha doğru sekanslanır, kısa zincirli tekrar dizilerin okunmasını sağlar, modifiye DNA polimerazlar ve geri dönüşümlü sonlandırıcıların kullanılması ile mutasyonların belirlenmesine imkân verir (Hutchison 2007; Shendure and Ji, 2008; Kircher et al. 2012; Dijk et al. 2014).



**Şekil 8.** Illumina (solexa) dizileme işlemi. 1. Rastgele kesilen DNA fragmentlerinin her iki ucuna işaretlenmiş adaptörler bağlanır, 2. Tek zincirli DNA fragmentleri akışkan yüzeydeki adaptörlerin yüzeyine rastgele bağlanır, 3. Katı faz ortamında amplifikasyonunu başlatmak için etiketsiz nükleotidler ve enzim eklenir, 4.

Enzim, katı fazlı substrat üzerinde çift sarmallı köprüler oluşturmak için nükleotidleri birleştirir, 5. Tek sarmallı şablonlar substrata bağlandığında denatürasyon durur, 6. Akış hücresinin her kanalında birkaç milyon yoğun çift sarmallı DNA kümesi oluşturulur, 7. İlk dizileme döngüsü dört etiketli tersinir sonlandırıcı, primer ve DNA polimeraz eklenerek başlar, 8. Sıralama döngüleri, her seferinde bir baz olmak üzere bir parçadaki bazların sırasını belirlemek için tekrarlanır, 9. Veriler hizalanır ve bir referansla karşılaştırılır ve dizileme farklılıkları belirlenir.

### 1.4.1.3. Applied Biosystem SOLiD Sekanslama

Bu platformun temeli J.S. ve arkadaşları tarafından 2005 yılında tanımlanan sisteme ve McKernan ve arkadaşları tarafından Agencourt Personal Genomics'te (Beverly, MA, ABD) (2006 yılında Applied Biosystems (Foster City, CA, ABD) tarafından satın alınmıştır) yapılan çalışmalara dayanmaktadır. 2007 yılında Harvard Tıp Fakültesi ve Howard Hughes Tıp Enstitüsü tarafından tasarlanan ABI şirketi tarafından SOLiD platformu olarak üretilip ticari olarak piyasaya sürülmüştür (Anderaon et al. 2010). Applied Biosystem ticari kruluşu tarafından geliştirilen SOLiD (Oligo Ligation ve Deteksiyon ile sekanslama; (<http://www.appliedbiosystems.com>) çift oligo adaptörlere bağlı DNA fragmentlerinin yağ emülsiyonu içinde su damlacığına haps edilmiş reaktif içeren ve boncuk başına sadece bir fragmentin bağlanmasını sağlayan manyetik boncuklara adapte edilmiş komplementer oligo adaptörlere emülsiyon PCR yardımı ile DNA fragmentlerinin bu boncuklar içindeki adaptörlerle çoğaltılması sistemine dayanır (Morozova and Marra 2008; Dijk et al. 2014). Emülsiyon kırıldıktan sonra, amplifikasyon ürünlerini taşıyan boncuklar seçici olarak geri kazanılır ve daha sonra yoğun, düzensiz bir dizi oluşturmak için katı düzlemsel bir substrata immobilize edilir. Sentez yoluyla dizileme, bir polimeraz yerine bir DNA ligaz tarafından yürütülür. Adaptör dizisine tamamlayıcı evrensel bir primer, amplikon taşıyan boncuk dizisine hibridize edilir. Amplifiye işleminden sonra boncuklar sekanslama için hazırlanmış sıvımsı kasetler içine yerleştirilen özel cam slaytların yüzeyine kovalent bağlanır böylece cam slaytlar milyonlarca içlerinde amplifiye şablon fragmentleri taşıyan moleküllerle donatılmış olur, sentez ile dizileme floresan boyalarla işaretlenmiş sekizer bazlı oligo problarla (oktamer) DNA fragmentlerinin ligasyonu ile gerçekleştirilir, temel olarak tek tek oligo bazların okunması yerine bu dört bazın vermiş olduğu renk farklılıklarına göre dizi



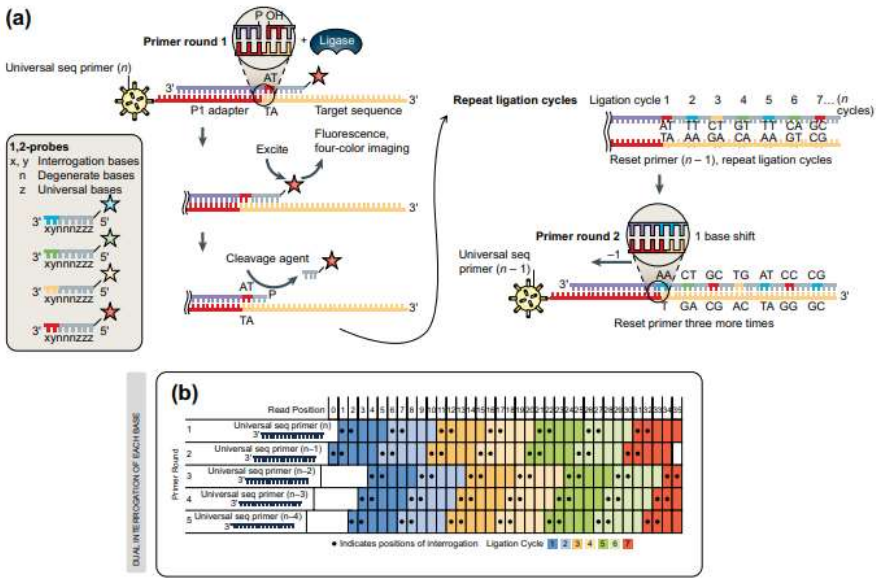
okumaları sağlar (Kernan et al. 2006; Shendure and Ji 2008; Casals et al. 2012 Valouev et al.2016; Goodwin et al.2016).

Her oktomer iki pozisyonda sınırlandırılır. İlk iki pozisyonda dinükleotidlerin tüm olasılıklarını içeren karışım halinde bulunur, altı olasılıklı pozisyonda her dört nükleotidin ayrı floresan boya ile etiklendiği dört farklı nükleotid bulunur, her slaytta ligasyon işleminden sonra floresan boya verildiği renk ışıması kaydedilir ve diğer kuyucuğa geçilir (Ansorge et al. 2009; Casals et al. 2012). Oktamer karışımı, oktamer içindeki tanımlanmış belirli pozisyonların (örneğin 5 baz) floresan etiketleri tanıyacak şekilde yapılandırılmıştır. Ligasyondan sonra, görüntüler dört kanalda elde edilir ve şablon taşıyan tüm boncuklarda aynı baz konumları için veri toplanır. Ardından, oktamer 5. ve 6. pozisyonlar arasında kimyasal olarak yarılr ve floresan etiket çıkarılır. Aşamalı oktamer bağlama turları her 5 bazın (örneğin 5, 10, 15, 20 bazları) dizilenmesini sağlar. Sekanslamanın ilk aşamasında primerler adaptörlere hibridize edilir, daha sonra bu iki pozisyonla sınırlı oktamerler, kalıp DNA fragmentleri ligasyon karışımına eklenir. Bu tür birkaç döngü tamamlandıktan sonra, sistemi sıfırlamak için uzatılmış primer denatüre edilir (Shendure et al. 2005; Casals et al. 2013; Frey et al. 2014).

Bu işlemin sonraki yinelemeleri, adaptör-insert birleşiminden bir veya daha fazla baz geriye ayarlanmış bir primer kullanılarak veya farklı bir konumun (örneğin 2. baz) etiketle ilişkilendirildiği farklı oktamer karışımları kullanılarak farklı bir konum kümesine (örneğin 4, 9, 14, 19 baz) yönlendirilebilir. Bu platformun ek bir özelliği, tek bir baz yerine iki bitişik bazın etiketle ilişkilendirildiği bir hata düzeltme şeması olan iki bazlı kodlamanın kullanılmasını içerir. Her baz konumu daha sonra iki kez sorgulanır (belirli bir döngüde sorgulanan 2 bp'lik bir sette bir kez ilk baz ve bir kez de ikinci baz olarak), böylece yanlış aramalar daha kolay tespit edilebilir. SOLiD sisteminde ilk cam yüzeyli hücre; sekanslama kimyasallarını alması için, ikinci hücre görüntüleme için kullanılır. Sekanslamanın ilk aşamasında primerler adaptörlere hibridize edilir, daha sonra bu iki pozisyonla sınırlı oktamer oligonükleotidleri, kalıp DNA fragmentleri ve DNA ligaz ligasyon karışımına eklenir (Mardis 2008). DNA ligaz oktamerlerle hibridize edilen DNA fragmenti primerlerinin 3' ucunda primerlerin fosfodiester köprüleri ile birleştirilmesinde kullanılır. Ligasyon adımından sonra beş nükleotid aralıkla fragmentler sentezlenir her 25 bazda fargmentler denatürasyon ile ayrılır ve yıkanarak

uzaklaştırılır böylece ilk yürütme ve görüntüleme işlemi tamamlanır (Glenn 2011; Mardis 2013). Bu teknolojinin avantajı, diğer dizileme yöntemlerine göre nispeten daha yüksek doğrulukta dizileme verileri üretmesidir. SOLiD sisteminde cihazın maliyeti diğer ikinci nesil dizileme cihazlarından önemli ölçüde daha düşüktür. Ayrıca, cihaz açık kaynak kodlu ve programlanabilir, bu da potansiyel olarak kullanıcı inovasyonuna olanak sağlar.

Bununla birlikte, mevcut okuma uzunlukları önemli ölçüde sınırlayıcı olması, Illumina'ya kıyasla daha az veri çıktısı alınması, okuma uzunluğunun daha kısa olması, dizilerin benzerliklerinin eşleşmesi için yakın genom dizilimi gerektirmesi, dizi okumalarının uzun zaman alması yöntemin uygulanabilirliğini kısıtlamaktadır (Barbee and Huang 2008).



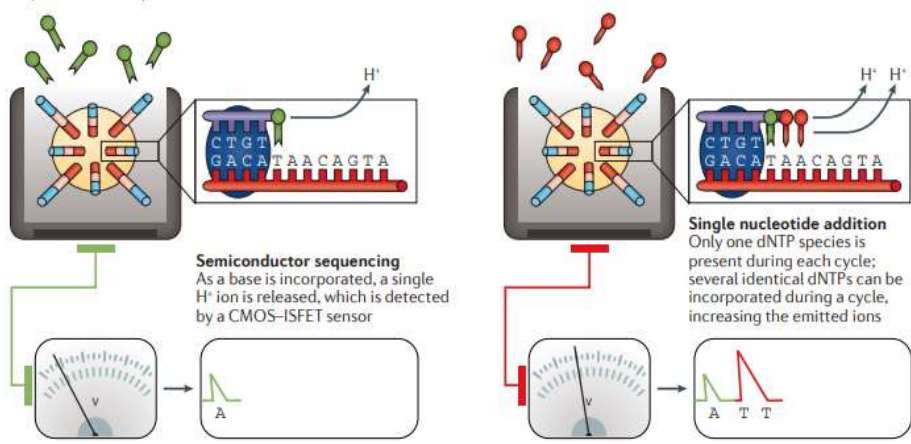
**Şekil 9.** SOLiD platformu kullanılarak ligasyon yöntemiyle dizilemenin gösterimi. (a) Dört renkli ligasyon SOLiD yönteminin izlediği farklı adımların şeması - primer hibridizasyonu, problemlerin seçici ligasyonu, dört renkli görüntüleme ve prob bölünmesi. SOLiD döngüsü dokuz kez daha tekrarlanır. Uzatma ürünü çıkarılır ve şablon, ikinci bir ligasyon döngüsü turu için  $n - 1$  pozisyonuna tamamlayıcı bir primer ile sıfırlanır. (b) Her bir dizi etiketi için beş tur primer sıfırlama gerçekleştirilir. Primer sıfırlama prosedürü sayesinde, pratik olarak her baz iki farklı primer tarafından iki bağımsız ligasyon reaksiyonunda sorgulanır. (Metzker, 2010, Macmillan Publishers Ltd. ve Applied Biosystems web sitesinden alınan izinle uyarlanmıştır).

#### **1.4.1.4. Ion Torrent yarı iletken dizileme (Ion Torrent semiconductor-thermofisher scientific)**

Dr. Jonathan Rothberg, ticari pazarlara başarıyla ulaşan ilk yeni nesil DNA dizileme teknolojisi olan Ion Torrent teknolojisi pyrosequencing tekniğinin devamı niteliğinde olup Orijinal Roche454 tasarımında, tamamlayıcı iplikçikte bir nükleotidin birleşmesi sırasında açığa çıkan pirofosfat grubunu tespit edilmesinden yola çıkılarak, Rothberg, Ion Torrent Inc. adı altında kurulan Ion Torrent teknolojisi, yeni nükleotidlerin büyüyen DNA şablonuna dahil edilmesi sırasında pirofosfat ve pozitif yüklü bir hidrojen atomunun salınımının tespit edilmesi prensibine göre çalışır. Doğada, bir nükleotid bir polimeraz tarafından bir DNA ipliğine dahil edildiğinde, bir yan ürün olarak bir hidrojen iyonu ve pirofosfat açığa çıkar. Ion torrent semikondüktör olarakta anılan bu yöntemde ilk olarak şablon DNA mikro boncukların yüzeyine izole edilir ve bunlar daha sonra emülsiyon PCR ile çoğaltılır (Merriman et al.2012). Mikroboncuklar daha sonra, dizilemenin esasen son derece hassas bir pH ölçer görevi gören özel bir sensörle eşleştirildiği ayrı mikro-kuyucuklara dağıtılır (Quail et al. 2012; Novroski 2023). Sentez yoluyla optik olmayan bu dizileme yöntemi, etiketli nükleotidlere dayanmaz, bunun yerine nükleotidler büyüyen tamamlayıcı ipliğe dahil edilirken hidrojen iyonu salınımıyla ilişkili elektriksel değişiklikleri ölçer (Goswami and Mishra, 2022). Tekniğin temelini oluşturan yarı iletken dizileme teknolojisini biyokimya ile birleştirerek kimyasal bilginin dijital dizi verilerine doğrudan çevrilmesiyle İyon-yarı iletken dizileme çiplerinde, kimyasal ve dijital olaylar arasında net bir korelasyon sağlanır ve hidrojen iyonları tespit edilir (Ansorge 2016; Lahens et al.2017). Böylece bazlar floresan veya kamera taraması ve ışık olmadan tespit edilir. Ion Torrent şirket tarafından günümüzde Ion Proton, Ion Personal Genome Machine (PGM), Ion S5 ve Ion S5 XL sistemi olmak üzere dört farklı cihaz sekans işlemleri için tasarlanmıştır. Ion Proton Sistemi, ekzonların, transkriptomların ve genomların yüksek verimli sekanslanması için tasarlanmıştır. Ion PI Chip ile verim 10 Gb'a, okuma sayısı 80 milyona kadar çıkabilmektedir, okuma uzunluğu 200 baz ve çalışma süresi 2-4 saattir. Ion PGM Sistemi (kullanılan Çipe ve uygulama hedeflerine bağlı olarak) 5,5 milyon okumaya kadar çalışabilir, 2 giga baza ulaşan çıktı, 400 baza kadar okuma uzunluğu, 2-7 saat arasında çalışma süresine sahiptir. PGM sekanslayıcı, nükleotid birleştirme için büyük ölçüde paralel reaksiyonlar gerçekleştirmek üzere oldukça kompakt

mikro boyutlu kuyucuklar dizisi içeren tek kullanımlık çipler kullanır. Her kuyuda ayrı bir DNA şablonu ve iyona duyarlı bir katman, ardından kuyunun altında iyonları çözeltinin pH'sındaki değişiklikler olarak tanıyan tescilli bir iyon sensörü bulunur. DNA ipliği üzerinde iki sinonim baz varsa çıkış voltajı iki katına çıkar ve çip iki özdeş baz olduğunu bildirir (Hu et al. 2021). Optik algılama gerekmediğinden, Ion Torrent sekans tekniği çok hızlıdır. Okuma başına 150-200 bazı 1-10 Gb'lık düzenli bir verimle sıralayabilir, ancak diziler, özellikle uzun okumalar durumunda% 1,7'ye varan hatalar verebilmektedir (Caboche et al.2014; Parson et al. 2013; Ambardar et al. 2016; Speranskaya et al.2018). Ion Torrent cihazları Ion S5 ve Ion S5 XL, mikroorganizma genomları, ekzomlar, transkriptomlar için basit ve hızlı bir tarama yapan, %99'dan fazla doğrulukla 200 ila 600 bp okuma uzunlukları ve 50 Gb'ye kadar çıktılar üreten bir dizi çip kullanan cihazlardır. Mutasyon veya gen ifadesi profilleri oluşturmak için sadece 10 ng düşük kaliteli DNA veya RNA'yla çalışabilmektedirler (Ansorge 2010; Kumar et al.2019; Slatko et al.2018).

Ion Torrent tekniği, diğer teknolojiler tarafından üretilen eklemeler arasında ki boşlukları doldurmak için kullanılır ve yaklaşık 200 bp uzunluğunda ki okumalara izin verir. Okuma uzunluğu Roche-454 ve PacBio'dan çok daha kısa olmasına rağmen, maliyetleri daha düşüktür. Bu tekniğin kısa çalışma süresi, belirli bir sürede daha fazla veri üretmek mümkündür. Ancak 200 bp'e kadar okuma yapması büyük genom okumalarını sınırlandırmakta ve Ion Torrent, büyük genomların de novo sekanslama projeleri için bağımsız bir sekanslama tekniği olarak kullanılamamaktadır (Bragg et al. 2013; Salipante et al. 2014).



**Şekil 11..** Boncuk bazlı şablonlar doldurulduktan sonra sonra boncuklar, bir boncuğun tek bir reaksiyon kuyusunu kapladığı bir mikrotitre plakasına dikkatlice dizilir. Nükleotid türleri kuyucuklara birer birer eklenir ve standart bir uzama reaksiyonu gerçekleştirilir. Her baz eklendiğinde, yan ürün olarak tek bir  $H^+$  iyonu üretilir.  $H^+$  salınımı, entegre bir tamamlayıcı metal oksit yarı iletken (CMOS) ve iyon duyarlı alan etkili transistör (ISFET) cihazları tarafından sinyaller algılanır ve okuma gerçekleşir. Tek bir nükleotid türünün eklenmesinden sonra, birleşmemiş bazlar yıkanır ve bir sonraki diziyeye eklenir (Metzker 2010).

### 1.4.2.Yeni Nesil Dizileme Platformlarının Karşılaştırılması

**Tablo 1.** Yeni Nesil Dizileme Platformlarının Karşılaştırılması

Makine (üretici)	Kimya	Okunan baz büyüklüğü	Yürüme zamanı	Gb mikt .	Avantaj	Dezavantaj
454 GS FLX+(Roche)	Prosekanslama	700-800	23 saat	0.7	Uzun zincirli DNA dizileri okunabilir	Manuel ayarlama gerektirir. Yüksek maliyet, Homopolimerlerin okunmasında hata oranı yüksek

HiSeq 2000/2500 (Illumina)	Geri dönüşümlü terminator	2X100	11 gün	600	Uygun maliyeti Sonuçlar yüksek güvenirlikte Manuel ayarlar sınırlıdır	Yürütme zamanının uzun, Kısa zincirlerin okunamaz
5500xl SOLiD(Li feTechnol ogis	Ligation	75+35	8 gün	150	Hata oranı düşük Sonuçlar yüksek güvenirlikte	Yürütme zamanının uzun
PacBio RS (Pasifik Bioscienc es)	Real-time sekanslama	3,000 (max.15,0 00)	20 dak.	Gün lük 3Gb	Örnek hazırlama basit Reaktif maliyetleri ucuz	Hata oranı yüksek, sistei pahalı, kurulumu zor

İkinci nesil gen sekanslama teknolojileri uygulanabilirliğinin kolaylığı, baz dizilerinin okuma doğruluğu, tekniğin maliyeti, tüm genomun okuma sürelerine göre farklılıklar göstermekte ve bunlara göre gruplandırılmaktadır. Tablo 1 de ikinci nesil gen sekanslama teknikleri karşılaştırılmıştır. Tabloya göre ikinci nesil sekanslama teknolojileri buluş sıralarına göre ilk uygulanan Roche454 tekniğinden en son uygulamaya konulan IonTorrent gen sekanslama teknolojisine kadar zaman içerisinde tekniklerin genom dizlerini doğru okuma oranları artmakta iken teknolojilerin uygulanma maliyetleri ters oranda artış gösterebilmektedir.

## KAYNAKÇA

- Adams, J. U., 2008. Complex Genomes: Shotgun Sequencing. *Nature Education*1(1):186
- Ahmadian, A., Ehn, M., & Hober, S. (2006). Pyrosequencing: history, biochemistry and future. *Clinica chimica acta*, 363(1-2), 83-94.
- Akaçın, İ., Ersoy, Ş., Doluca, O., & Güngörmüşler, M. (2022). Comparing the significance of the utilization of next generation and third generation sequencing technologies in microbial metagenomics. *Microbiological Research*, 127154.
- Alekseyev, Y. O., Fazeli, R., Yang, S., Basran, R., Maher, T., Miller, N. S., & Remick, D. (2018). A next-generation sequencing primer—how does it work and what can it do?. *Academic pathology*, 5, 2374289518766521.
- Ambardar, S., Gupta, R., Trakroo, D., Lal, R., & Vakhlu, J. (2016). High throughput sequencing: an overview of sequencing chemistry. *Indian journal of microbiology*, 56, 394-404.
- Ansorge, W. J. (2010). Novel Next-Generation DNA Sequencing Techniques for Ultra High-Throughput Applications in Bio-Medicine. In *Molecular Diagnostics* (pp. 365-378). Academic Press.
- Ansorge, W. J. (2016). Next generation DNA sequencing (II): techniques, applications. *J Next Generat Sequenc Appl* S1: 0005.
- Ansorge, W. J., 2009. Next-generation DNA sequencing techniques. *New Biotechnology*(25)4
- Balzer, S., Malde, K., Lanzén, A., Sharma, A., & Jonassen, I. (2010). Characteristics of 454 pyrosequencing data—enabling realistic simulation with flowsim. *Bioinformatics*, 26(18), i420-i425.
- Barbee, K. D., & Huang, X. (2008). Magnetic assembly of high-density DNA arrays for genomic analyses. *Analytical chemistry*, 80(6), 2149-2154.
- Baudhuin, L. M., Lagerstedt, S. A., Klee, E. W., Fadra, N., Oglesbee, D., & Ferber, M. J. (2015). Confirming Variants in Next-Generation Sequencing Panel Testing by Sanger Sequencing. *The Journal of Molecular Diagnostics*, 17(4), 456-461. <https://doi.org/10.1016/j.jmoldx.2015.03.004>
- Beck, T. F., Mullikin, J. C., & NISC Comparative Sequencing Program Biesecker Leslie G lesb@mail.nih.gov. (2016). Systematic evaluation

- of Sanger validation of next-generation sequencing variants. *Clinical chemistry*, 62(4), 647-654.
- Bragg, L. M., Stone, G., Butler, M. K., Hugenholtz, P., & Tyson, G. W. (2013). Shining a light on dark sequencing: characterising errors in Ion Torrent PGM data. *PLoS computational biology*, 9(4), e1003031.
- Bunnik, Cohn, M.J., Carlos, J., Belmonte, I., Abud, H., Heath, S J. K. and Tickle, C.1995. Fibroblast Growth Factors Induce Additional Limb Development from the Flank of Chick Embryos. *Cell*, Vol.80739-746
- Caboche, S., Audebert, C., Lemoine, Y., & Hot, D. (2014). Comparison of mapping algorithms used in high-throughput sequencing: application to Ion Torrent data. *BMC genomics*, 15(1), 1-16.
- Casals, F., Idaghdour, Y., Hussin, J., & Awadalla, P. (2012). Next-generation sequencing approaches for genetic mapping of complex diseases. *Journal of neuroimmunology*, 248(1-2), 10-22.
- Church, G. M. (2006). Genomes for all. *Scientific American*, 294(1), 46-55.
- Church, G.M. and Gilbert, W.,1984. Genomic sequencing. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA*, Vol. 81pp. 1991-1995
- Crossley, B. M., Bai, J., Glaser, A., Maes, R., Porter, E., Killian, M. L., ... & Toohey-Kurth, K. (2020). Guidelines for Sanger sequencing and molecular assay monitoring. *Journal of Veterinary Diagnostic Investigation*, 32(6), 767-775.
- Declercq, W., Vandenaabeele, P., & Saelens, X. (2019). Walter Fiers (1931–2019). *Cell*, 179(6), 1241-1243.
- Díaz, D., Esteban, F. J., Hernandez, P., Caballero, J. A., Guevara, A., Dorado, G., & Galvez, S. (2014). MC64-ClustalWP2: a highly-parallel hybrid strategy to align multiple sequences in many-core architectures. *PLoS One*, 9(4), e94044.
- Dorado, G., Gálvez, S., Budak, H., Unver, T., & Hernández, P. (2019). Nucleic-Acid Sequencing. *Encyclopedia of Biomedical Engineering*, 443-460. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-801238-3.08998-4>
- Esteban, F. J., Díaz, D., Hernández, P., Caballero, J. A., Dorado, G., & Gálvez, S. (2013). Direct approaches to exploit many-core architecture in bioinformatics. *Future Generation Computer Systems*, 29(1), 15-26.
- Eurofin 2023: <https://the-dna-universe.com/2020/11/02/a-journey-through-the-history-of-dna-sequencing/>



- Fakruddin, M. D., & Chowdhury, A. (2012b). Pyrosequencing an alternative to traditional Sanger sequencing. *American Journal of Biochemistry and Biotechnology*, 8(1), 14-20.
- Fakruddin, M., Chowdhury, A. B. H. I. J. I. T., Hossain, M. N., Mannan, K. S., & Mazumda, R. M. (2012a). Pyrosequencing-principles and applications. *Int J Life Sci Pharma Res*, 2(1), L-65.
- Fedurco, M., Romieu, A., Williams, S., Lawrence, I. & Turcatti, G. (2006). BTA, a novel reagent for DNA attachment on glass and efficient generation of solid-phase amplified DNA colonies. *Nucleic Acids Res.* 34, e22
- Fiers, W., Contreras, R., Duerinck, F., Haegeman, G., Iserentant, D., Merregaert, J., ... & Ysebaert, M. (1976). Complete nucleotide sequence of bacteriophage MS2 RNA: primary and secondary structure of the replicase gene. *Nature*, 260(5551), 500-507.
- Fox, E. J., Reid-Bayliss, K. S., Emond, M. J., & Loeb, L. A. (2014). Accuracy of next generation sequencing platforms. *Next generation, sequencing & applications*, 1.
- Franca, T. C., Carrilho, E. and Kist, B.L., 2002. A review of DNA sequencing techniques. *Quarterly Reviews of Biophysics*35pp. 169–200.DOI: 10.1017/S0033583502003797
- Frey, K. G., Herrera-Galeano, J. E., Redden, C. L., Luu, T. V., Servetas, S. L., Mateczun, A. J., ... & Bishop-Lilly, K. A. (2014). Comparison of three next-generation sequencing platforms for metagenomic sequencing and identification of pathogens in blood. *BMC genomics*, 15, 1-14.
- Gaastra, W.,1985. Chemical cleavage (maxam and gilbert) method for DNA sequence determination. *Methods Mol Biol*.2:333-41. doi: 10.1385/0-89603-064-4:333.
- Geç, R. 2021. Simmental ırkı sığırlarda IGFALS gen polimorfizmlerinin dna dizi analizi yöntemi ile belirlenmesi. Yüksek Lisans tezi, Iğdır Üniversitesi, Biyomühendislik anabilim dalı, İĞDIR.
- Gharizadeh, B., Eriksson, J., Nourizad, N., Nordström, T., & Nyrén, P. (2004). Improvements in Pyrosequencing technology by employing Sequenase polymerase. *Analytical biochemistry*, 330(2), 272-280.
- Gharizadeh, B.2003. Method Development and Applications of Pyrosequencing Technology. Doctoral dissertation from the Department

- of BiotechnologyRoyal Institute of TechnologyStockholmSweden.ISBN 91-7283-609-1
- Glenn, T. C. (2011). Field guide to next-generation DNA sequencers. *Molecular ecology resources*, 11(5), 759-769.
- Goodwin, S., McPherson, J. D., & McCombie, W. R. (2016). Coming of age: ten years of next-generation sequencing technologies. *Nature Reviews Genetics*, 17(6), 333-351.
- Goswami, K., & Sanan-Mishra, N. (2022). RNA-seq for revealing the function of the transcriptome. In *Bioinformatics* (pp. 105-129). Academic Press.
- Green, E.D., 2001. Strategies for the systematic sequencing of complex genomes. *Nature Reviews Genetics* 2573–583.
- Green, M.D. 2023. Shotgun sequencing. NCBI <https://www.genome.gov/genetics-glossary/Shotgun-Sequencing>
- Gužvić, M. (2013). The history of DNA sequencing. *Journal of medical biochemistry*, 32(4), 301-312.
- Hagemann, I. S. (2015). Overview of technical aspects and chemistries of next-generation sequencing. *Clinical Genomics*, 3-19.
- Heather, J. M., & Chain, B. (2016). The sequence of sequencers: The history of sequencing DNA. *Genomics*, 107(1), 1-8.
- Holley, R. W. (1965). Structure of an alanine transfer ribonucleic acid. *Jama*, 194(8), 868-871.
- Hood, L. E., Hunkapiller, M. W., & Smith, L. M. (1987). Automated DNA sequencing and analysis of the human genome. *Genomics*, 1(3), 201-212.
- Hu, T., Chitnis, N., Monos, D., & Dinh, A. (2021). Next-generation sequencing technologies: An overview. *Human Immunology*, 82(11), 801-811.
- Hutchison III, C. A. (2007). DNA sequencing: bench to bedside and beyond. *Nucleic acids research*, 35(18), 6227-6237.
- International Human Genome Sequencing Consortium(IHGSC), 2001. .Initial sequencing and analysis of the human genome.*Nature*409860–921
- Kircher, M., Sawyer, S., & Meyer, M. (2012). Double indexing overcomes inaccuracies in multiplex sequencing on the Illumina platform. *Nucleic acids research*, 40(1), e3-e3.
- Kircher, M., Stenzel, U., & Kelso, J. (2009). Improved base calling for the Illumina Genome Analyzer using machine learning strategies. *Genome biology*, 10, 1-9.

- Kumar, K. R., Cowley, M. J., & Davis, R. L. (2019, October). Next-generation sequencing and emerging technologies. In *Seminars in thrombosis and hemostasis* (Vol. 45, No. 07, pp. 661-673). Thieme Medical Publishers.
- Lahens, N. F., Ricciotti, E., Smirnova, O., Toorens, E., Kim, E. J., Baruzzo, G., ... & Grant, G. R. (2017). A comparison of Illumina and Ion Torrent sequencing platforms in the context of differential gene expression. *BMC genomics*, 18, 1-13.
- Li, H., Ying, L., Green, J. J., Balasubramanian, S., & Klenerman, D. (2003). Ultrasensitive coincidence fluorescence detection of single DNA molecules. *Analytical chemistry*, 75(7), 1664-1670.
- Liu, L., Li, Y., Li, S., Hu, N., He, Y., Pong, R., ... & Law, M. (2012). Comparison of next-generation sequencing systems. *Journal of Biomedicine and biotechnology*, 2012.
- Loman, N. J., Constantinidou, C., Chan, J. Z., Halachev, M., Sergeant, M., Penn, C. W., ... & Pallen, M. J. (2012). High-throughput bacterial genome sequencing: an embarrassment of choice, a world of opportunity. *Nature Reviews Microbiology*, 10(9), 599-606.
- Lorenz, T. C. (2012). Polymerase chain reaction: basic protocol plus troubleshooting and optimization strategies. *JoVE (Journal of Visualized Experiments)*, (63), e3998.
- Mardis, E. R. (2008). Next-generation DNA sequencing methods. *Annu. Rev. Genomics Hum. Genet.*, 9, 387-402.
- Mardis, E. R. (2013). Next-generation sequencing platforms. *Annual review of analytical chemistry*, 6, 287-303.
- Masoudi-Nejad, A., Narimani, Z., & Hosseinkhan, N. (2013). Next generation sequencing and sequence assembly: methodologies and algorithms (Vol. 4). Springer Science & Business Media.
- Maxam, A. M. and Gilbert, W., 1977. A new method for sequencing DNA. *Proc. Nati. Acad. Sci. USA* Vol. 74 No. 2 pp. 560-564
- McKernan, K., Blanchard, A., Kotler, L. & Costa, G. Reagents, methods, and libraries for bead-based sequencing. US patent application 20080003571 (2006).
- Merriman, B., R&D Team, I. T., & Rothberg, J. M. (2012). Progress in ion torrent semiconductor chip based sequencing. *Electrophoresis*, 33(23), 3397-3417.

- Metzker ,M.L. Sequencing technologies - the next generation. *Nat Rev Genet.* 2010; 11(1):31–46. DOI: 10.1038/nrg2626
- Morozova, O., & Marra, M. A. (2008). Applications of next-generation sequencing technologies in functional genomics. *Genomics*, 92(5), 255-264.
- Motahari, A. S., Bresler, G., & David, N. C. (2013). Information theory of DNA shotgun sequencing. *IEEE Transactions on Information Theory*, 59(10), 6273-6289.
- Novroski, N. (2023). Emerging technologies for DNA analysis of challenged samples. *Forensic Genetic Approaches for Identification of Human Skeletal Remains*, 351-375.
- Nyren, P and A. Lundin, 1985. Enzymatic method for continuous monitoring of inorganic pyrophosphate synthesis. *Anal. Biochem.*, 151: 504-509. DOI: 10.1016/0003-2697(85)90211-8
- Parson, W., Strobl, C., Huber, G., Zimmermann, B., Gomes, S. M., Souto, L., ... & Irwin, J. (2013). Evaluation of next generation mtGenome seq
- Pereira, D. M., Fernandes, J. C., Valentão, P., & Andrade, P. B. (2015). “Omics” Technologies: Promises and Benefits for Molecular Medicine. In *Principles of Translational Science in Medicine* (pp. 25-39). Academic Press.
- Pettersson, E., Lundeberg, J., & Ahmadian, A. (2009). Generations of sequencing technologies. *Genomics*, 93(2), 105-111.
- Qin, Y., Schneider, T. M., & Brenner, M. P. (2012). Sequencing by hybridization of long targets. *PloS one*, 7(5), e35819.
- Quail, M. A., Smith, M., Coupland, P., Otto, T. D., Harris, S. R., Connor, T. R., ... & Gu, Y. (2012). A tale of three next generation sequencing platforms: comparison of Ion Torrent, Pacific Biosciences and Illumina MiSeq sequencers. *BMC genomics*, 13(1), 1-13.
- Rizzo, J. M., & Buck, M. J. (2012). Key Principles and Clinical Applications of “Next-Generation” DNA Sequencing Review of “Next-Generation” DNA Sequencing. *Cancer prevention research*, 5(7), 887-900.
- Ronaghi, M., & Elahi, E. (2002). Pyrosequencing for microbial typing. *Journal of Chromatography B*, 782(1-2), 67-72.

- Ronaghi, M., Karamohamed, S., Pettersson, B., Uhlén, M., & Nyrén, P. (1996). Real-time DNA sequencing using detection of pyrophosphate release. *Analytical biochemistry*, 242(1), 84-89.
- Rothberg, J. M., Hinz, W., Rearick, T. M., Schultz, J., Mileski, W., Davey, M., ... & Bustillo, J. (2011). An integrated semiconductor device enabling non-optical genome sequencing. *Nature*, 475(7356), 348-352.
- Saiki, R. K., Gelfand, D. H., Stoffel, S., Scharf, S. J., Higuchi, R., Horn, G. T., ... & Erlich, H. A. (1988). Primer-directed enzymatic amplification of DNA with a thermostable DNA polymerase. *Science*, 239(4839), 487-491.
- Salipante, S. J., Kawashima, T., Rosenthal, C., Hoogestraat, D. R., Cummings, L. A., Sengupta, D. J., ... & Hoffman, N. G. (2014). Performance comparison of Illumina and ion torrent next-generation sequencing platforms for 16S rRNA-based bacterial community profiling. *Applied and environmental microbiology*, 80(24), 7583-7591.
- Sanger, F., & Coulson, A. R. (1975). A rapid method for determining sequences in DNA by primed synthesis with DNA polymerase. *Journal of Molecular Biology*, 94, 441-448.
- Sanger, F., Air, G. M., Barrell, B. G., Brown, N. L., Coulson, A. R., Fiddes, C. A., Hutchison, C. A., Slocombe, P. M., & Smith, M. (1977a). Nucleotide sequence of bacteriophage phi X174 DNA. *Nature*, 265, 687-695.
- Sanger, F., Nicklen, S., & Coulson, A. R. (1977b). DNA sequencing with chain-terminating inhibitors. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 74, 5463-5467.
- Slatko, B. E., Gardner, A. F., & Ausubel, F. M. (2018). Overview of next-generation sequencing technologies. *Current protocols in molecular biology*, 122(1), e59.
- Speranskaya, A. S., Khafizov, K., Ayginin, A. A., Krinitina, A. A., Omelchenko, D. O., Nilova, M. V., ... & Logacheva, M. D. (2018). Comparative analysis of Illumina and Ion Torrent high-throughput sequencing platforms for identification of plant components in herbal teas. *Food Control*, 93, 315-324.
- Turcatti, G., Romieu, A., Fedurco, M. & Tairi, A.P. (2008) A new class of cleavable fluorescent nucleotides: synthesis and optimization as

- reversible terminators for DNA sequencing by synthesis. *Nucleic Acids Res.* 36, e25
- Tyagi, P., & Bhide, M. (2020). History of DNA Sequencing. *Folia Veterinaria*, 64(2), 66-73.
- Valouev, A., Ichikawa, J., Tonthat, T., Stuart, J., Ranade, S., Peckham, H., ... & Johnson, S. M. (2008). A high-resolution, nucleosome position map of *C. elegans* reveals a lack of universal sequence-dictated positioning. *Genome research*, 18(7), 1051-1063.
- Van Dijk, E. L., Auger, H., Jaszczyszyn, Y., & Thermes, C. (2014). Ten years of next-generation sequencing technology. *Trends in genetics*, 30(9), 418-426.
- Watson, J. D., Crick, F. H., 1953: Molecular structure of nucleic acids; a structure for deoxyribose nucleic acid. *Nature*, 171, 4356, 737—738. DOI: 10.1038/171737a0.
- Weirather, J.L., de Cesare, M., Wang, Y., Piazza, P., Sebastiano, V., Wang, X.-J., Buck, D., Au, K.F., 2017. Comprehensive comparison of pacific biosciences and oxford nanopore technologies and their applications to transcriptome analysis. *F1000 Res.* 6, 100. <https://doi.org/10.12688/f1000research.10571.1>
- Wu, R., & Kaiser, A. (1968). Structure and base sequence in the cohesive ends of bacteriophage lambda DNA. *Journal of Molecular Biology*, 35(3), 523-537. [https://doi.org/10.1016/S0022-2836\(68\)80012-9](https://doi.org/10.1016/S0022-2836(68)80012-9)
- Zallen, D. T., 2003: Despite Franklin's work, Wilkins earned his Nobel. *Nature*, 425, 6953, 15. DOI: 10.1038/425015b.
- Zhang, L., Chen, F., Zeng, Z., Xu, M., Sun, F., Yang, L., ... & Xie, Y. (2021). Advances in metagenomics and its application in environmental microorganisms. *Frontiers in Microbiology*, 3847.

## BÖLÜM 10

### MEMELİ CANLILARDA ANNELİĞİN BİYOLOJİK TEMELLERİ

Dr. Öğr. Üyesi Arzu KOÇAK MUTLU<sup>1</sup>

---

<sup>1</sup> Siirt Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, arzukocak@siirt.edu.tr Orcid ID: 0000-0001-7511-5687





## Giriş

Hareket etme bakımından gelişimini tamamlamamış yeni doğan bir bebek; beslenme, temizlenme, savunma vb. ihtiyaçlarını kendisi karşılayamadığından, yaşamını sürdürebilmek için bakımını yapacak birine muhtaçtır. Bebeğin hayatta kalabilmesi için en temel gereksinimi ise besindir. Dişinin süt üretebilme yeteneğine sahip olması nedeniyle memelilerde genellikle bebeğin bakımı anne tarafından yapılmaktadır. Bununla beraber limbik sistemin evriminde de, dişilerin beyni bebeğin çağrılarına çok duyarlı olacak şekilde yapılanmıştır. Çalışmalar dişi farelerin beyinlerindeki bakım sistemlerinin daha geniş olduğunu göstermektedir (Panksepp, Siviyy ve Normansell, 1984; Fahrbach, Morrell ve Pfaff, 1985; Panksepp ve Burgdorf; 2003; Keverne ve Curley 2004; Özbaran ve Bildik, 2006; Swain, Lorberbaum, Kose ve Strathearn, 2007; Bolat, 2008). Erkek ve dişi beyindeki cinsel farklılaşmaların ise, erkeklik hormonlarının (Müller İnhibe Edici Faktör ve testosteron) varlığına ya da yokluğuna bağlı bir süreç olduğu ve ovaryum hormonlarından etkilenmediği bildirilmektedir. Cinsel başkalaşımdan sorumlu olan bu hormonların fetal testislerden salınımının artması erkek beyinini "cinsel açıdan üretken olmaya, avlanmaya ve yuvayı düşmanlara karşı savunmaya" programlarken, annedeki eksiklikleri dişi beyinini "bebeğini hayatta tutacak" biçimde yapılandırmıştır. Çünkü erkekler birçok sperme sahipken, dişiler sadece birkaç değerli yumurtaya sahiptir. Üreme stratejilerindeki bu farklılık nedeniyle; erkekler neslini devam ettirmek için çok sayıda dişiyi döllemeye, dişilerse yavrusunun yaşamını sürdürebilmek için onların en iyi şekilde bakılmasına odaklanmalıdır. Sonuçta bütün bu faktörler, dişilerin bebekleriyle daha iyi sosyal bağlar kurmalarını sağlamış ve dişiyi daha bebeklik döneminden itibaren anneliğe hazırlamaya başlamıştır (Sezer ve Koçak, 2008; Demirtaş ve Pişkin, 2009; Canan, 2020). Yapılan çalışmalar çok küçük yaşlardan itibaren, kız çocuklarının bebelere ilgisinin erkek çocuklarınkinden fazla olduğunu, ergenlik çağında ise bu farkın iyice belirginleştiğini göstermektedir (Herman, Measday ve Wallen, 2003). Ancak çok nadir olmakla birlikte yavruların bakımından erkeğin sorumlu olduğu türler de bulunmaktadır. Örneğin Güney Afrika Titi maymunlarında, bazı balık ve kuş türlerinde anneler daha çok yiyecek aramayla meşgul olurken, yavruların bakımını babalar üstlenmiştir (Panksepp, 2004).

Kadın bedeninin doğal bir parçası olarak kabul edilen annelik rolü; doğurganlıkla gelen, çok tipik davranış kalıplarını içeren fizyolojik ve psikolojik bir olgudur. Bir kadın anne olmaya karar verdiği anda tüm yaşamı değişmeye başlamaktadır. Gebelik haberinin alınması ve bebeğin doğumunu takiben, bu değişim süreci daha da belirginleşmektedir (Bjelica ve Kapo-Stanulović, 2004; Özcan Elçi, 2018; Duarte-Gutermana, Leunerb ve Galeaa, 2019). Gebelik dönemi süresince bebeği ile ilgili düşler kurmaya başlayan anne adayında, bedensel farklılaşmanın yanı sıra önce bebeğin plasental dönemdeki yaşamının sağlıklı bir şekilde devam etmesi, sonrasında bebeğini kucağına almasıyla birlikte ise; doğumdan sonraki hayatında da bebeğin gerek fiziksel gerekse duygusal ihtiyaçlarının karşılanması amacıyla "annelik davranışı" olarak isimlendirilen yavrunun bakımına yönelik aşırı sahiplenici tarzda davranışlar gözlenmektedir (Winnicott, 1975; Brunton ve Russell 2008; Sever; 2015). Bu davranışlar kapsamında psikolojik dayanıklılık bakımından da, annelikle beraber kadınlarda bir değişim yaşandığı bildirilmiştir (Kinsley ve Lambert, 2008). Yapılan çalışmalar gece gündüz döngüsünü henüz öğrenmemiş yeni doğan bir bebeğin, gece boyunca ihtiyaçlarını karşılayabilmek için annelerin çoğunlukla uyuyabildiği en uzun sürenin iki saat olduğunu göstermiştir (Erkenci, 2019).

Annenin, yavrusunun ihtiyaçlarını etkin bir şekilde karşılayabilmesi; nöroendokrin sistemle annenin beyni tarafından düzenlenmekte olup; bebekleri ile etkileşimleri, kendi erken çocukluk dönemlerinde örnek aldıkları anne davranışları ve bebek bakım bilgilerine bağlıdır. Anne-bebek ilişkisinin kurulmasında ve annenin bakım davranışlarının oluşmasında; ağlama, gülümseme, takip etme, tutunma, emme ve göz teması gibi bebekten gelen bazı sinyallerin yanı sıra annenin de sezgisel olarak bu sinyalleri zamanında okuyarak uygun yanıtları vermesi çok önemlidir. Dolayısıyla annelik davranışının içerisinde, zihin okuma ve empati yeteneklerinin gelişiminden de söz edilebilir (Bowlby, 1958; Robson, 1967; Debiec, 2007; Brunton ve Russel, 2008; Eşel, 2010; Güvenir, 2012; Ulutaş, Aksoy ve Çalışkan, 2016; Kahya, 2019).

Memelilerde yavru bakımına ayrılan süre türler arasında farklılık göstermektedir. En uzun süreli yavru bakımı, beyninin diğer primatlarınkinden daha büyük olması ve gelişiminin yıllar içinde tamamlanabilmesi nedeniyle insana aittir. Hayvanlarda ise çoğunlukla avlanan türlerin yavruları avcılardan

hızlıca kaçabilmek amacıyla hareketli ve gelişmiş halde doğduklarından bakım süreleri avcı türlere göre daha kısadır (Debiec, 2007).

### **Anne-Yavru Bağlanması**

Maternal bağlanma, anne ile yavru arasında sıcak, sürekli, yakın bir ilişkinin olması ve bu ilişkiden annenin ve yavrunun karşılıklı doyum almasıdır (Bowly, 1969; Koptur ve Güner Emül, 2007). Anne-yavru bağlanması, gebelikle başlayıp doğumdan sonraki dönemde de gelişerek devam etmektedir (Özkan vd., 2013). Bebek anne rahmine tutunduğu andan itibaren annesiyle iletişim kurar. Doğumla birlikte dış dünyaya açıldığında ise doğuştan gelen emme tepkisi ile meme arama ve sürekli yanı başında bulunan annesinden aldığı dokunsal yakınlık içinde süte ulaşma sonucunda yeni çevresinde de ilişkilerini sürdürürler ve ilk sosyal bağlarını anneleriyle kurarlar (Şahin ve Biricik, 1997; Carter, 1998). Gereksinimlerinin karşılanmasında anneye bağımlı olan yavrunun, kaliteli bir bakım alması için anne ile bebek arasında güçlü bir bağın oluşması gerekir. Anne ile bebek arasındaki bağ arttıkça, anne tüm dikkatini bebeğine verir (Engin ve Kuzlu Ayyıldız, 2021). Anne-yavru bağlanmasını birçok faktör etkilemektedir (Akarsu, Tuncay ve Alsaç, 2017).

Anne rahminden dünyaya geçiş bebekler için büyük bir adaptasyon sürecidir. Bu süreçte bebeğin ilk aradığı şey; güvenli, tanıdık ve rahat bir ortamdır. Annenin teni bebek için fiziksel ve duygusal bakımdan en sağlıklı yerdir (Ulutaş vd., 2016). Anneyle kurulan tensel temasın bebekte güven duygusunu güçlendirmenin ve annenin bağlanma davranışını geliştirmenin yanı sıra emzirme başarısını desteklediği, bebeklerde ağlamayı azalttığı ve bebeklerin sağlıklarını olumlu yönde etkilediklerini göstermektedir (Gürol, 2010). Öyle ki annesi tarafından yarası öpülen çocukların, öpülmeyenlere göre daha çabuk iyileştikleri bildirilmiştir (Palmer, 2007). Araştırmalar yaşamın ilk haftalarında anneleriyle az fiziksel temas kuran bebeklerin hücrelerindeki moleküler profil gelişiminin yaşlıtlarına göre yetersiz olduğunu dolayısıyla ilerleyen yaşlarında DNA'larında epigenetik değişime neden olabileceğini ve bebeğin gelişimini olumsuz etkileyeceğini göstermektedir. Hayvanlar üzerinde yapılan çalışmalarda da, DNA metilasyonunda gözlemlenen modifikasyonlar, yavrunun sağlıklı gelişiminde dokunsal temasın önemini vurgulamaktadır (Moore vd., 2017; Yoshida ve Funato, 2021). Örneğin yapılan bir çalışma, araştırmacılar tarafından sevilen kucaklanan tavşanların yüksek kolesterole

bağlı koroner arter rahatsızlığına karşı korunduklarını ortaya çıkarmıştır. Çalışmanın sonucunda araştırmacılar tavşanların kalp krizine karşı korunmalarının sebebini sevgi ve ilgiye bağlı olarak tavşanların hormon seviyelerinin etkilenmesine bağlamışlardır (Harding, 2019). Sıçanlar üzerinde yapılan çalışmalarda da dişi sıçanların, bebeklerini stresten uzak ve maceraperest büyütmek için uzun süre yalayarak ilgi gösterdikleri, yeterince ilgilenilmeyen sıçanların ise gergin ifadeler gösterip stresli davrandıkları anlaşılmıştır (Caldji vd., 1998; Steiny, 2013). Yaralı bir maymun yavrusunun da, ağrıdan iki buklüm ağlarken annesinin onu kucağına alıp sıkıca sarılmasını istediği; böylece ağrısı devam etse bile kendini güvende hissederek sakinleştiği bildirilmiştir (Çakıroğlu ve Meral, 2006).

Fiziksel temasın olduğunu kanıtlayan ve anne ile bebek arasındaki bağın kurulmasında rol oynayan faktörlerden bir diğeri de feromonlardır. Yapılan çalışmalar annelerin yeni doğan bebeklerini onlarla 10 dakika geçirdikten sonra %90, 1 saat geçirdikten sonra ise %100 oranında kokularından ayırt edebildiklerini göstermiştir (Kaitz, Rokem ve Eidelman, 1987). Aynı şekilde yeni doğan bebekler de annelerinin kokusunu çok kısa zamanda öğrenmektedirler. Yapılan çalışmalarda annelerinin sütünün kokusunu alan bebeklerin hızlı bir şekilde sakinleştiği ve ağrılarının azaldığı bildirilmiştir (Nishitani vd., 2009). Sıçanlarda yapılan bir başka çalışma ise doğum yaklaştığında annenin koku merkezinin duyarlılığının azaldığı ve bebekten gelen kötü kokuları bile annenin ödül olarak algıladığı anlaşılmıştır (Numan ve Sheehan, 1997).

Anne ile bebek arasındaki bağın kurulmasında ses de çok önemli bir faktör olup; insanlardan ve hayvanlardan alınan intrauterin kayıtlar, annenin seslendirme ile çıkardığı seslerin yanı sıra; nefes alma, kalp atışı, vücut hareketleri, ayak sesleri ve sindirim seslerinin tümünün fetüs tarafından duyulabildiğini göstermektedir. Örneğin memeli canlılar grubu içerisinde yer alan insanlarda fetüs 30-35. gebelik haftalarında annesinin sesini duymaya ve bu seslere yanıt vermeye başlamaktadır (Teie, 2016; İncekar ve Balcı, 2017). Yine yapılan çalışmalarda araştırmacılar doğumdan hemen sonra koyunlar ve kuzular arasında güçlü ve farklı duyuşal sinyaller üzerine kurulu bir bağ oluştuğunu; kuzuların annelerini uzak mesafede iken tanımlarında annelerinin meleme seslerinin ön plana geçtiğini bildirmişlerdir (Ungerfeld, Fernández-Werner, Gökdağ, Atay, Freitas-de-Melo, 2021). Bununla birlikte çalışmalar

annelerin de içgüdüsel olarak bebeklerini genellikle sol kollarında yani kalplerinin üzerinde taşımaya meyilli olduklarını göstermektedir. Sebep olarak sağ kolu daha rahat kullanmanın avantajı öne sürülse de, solak annelerle yapılan çalışmalarda da annelerin bebeklerini kalplerinin üzerinde taşıma eğiliminde oldukları anlaşılmaktadır (Salk, 1973). Sonuç olarak araştırmalar anneye ait seslere maruz kalmanın bebeğin fizyolojik parametreleri üzerinde olumlu etkileri olduğuna işaret etmektedir (Webb, Heller, Benson, Lahav, 2015; Tuncay ve Sarman, 2020).

Anne-bebek iletişimde göz teması da çok önemli bir yer tutmaktadır. Anneler, bebekleri kendilerine baktığı anda yoğun bir haz alırlar. Yapılan bir çalışmada ilk doğumunu yapan 54 anne doğum sonrasında takip edildiğinde; annelerin çoğunun ilk haftalardaki bebeklerine karşı hissettikleri yabancılık ve mesafe duygularının azalarak aşırı bir sevgiye dönüştüğü ilk anın; göz göze geldikleri zamanlar olduğu belirtilmiştir. Görme engelli bebekler üzerinde çalışan araştırmacılar ise, bebeğinin görme engelini erken fark etmeyen annelerin, yavrularının kendisine bakmamasını reddedilme gibi algılayabildiklerini ifade etmişlerdir (Greenman, 1963; Wolf, 1963; Robson, 1967; Bolat, 2008). Göz temasının yanı sıra annelere kendi bebeklerinin resim yada videoları gösterildiğinde bile beyin merkezlerinin daha aktif olduğu anlaşılmıştır (Noriuchi, Kikuchi ve Senoo; 2008).

Sonuç olarak bebek doğduğu andan itibaren annenin bebeğine dokunması, ninniler söylemesi, konuşması, masallar anlatması, gözlerinin içine bakması, emzirmesi, altını temizlemesi, öpmesi, kucaklaması, gülümsemesi kısacası annenin bebeğine olan ilgisi bebeğe "benim için değerlisin, seni çok seviyorum" mesajını verirken, anne ile bebek arasındaki bağları kuvvetlendirmekle kalmayıp, mesaj; beyin, sinir, bağışıklık ve hormonal olmak üzere bebeğin vücudundaki her noktaya ulaşmakta ve sağlıklı bir birey olarak yaşamını sürdürmesine önemli bir katkı sağlamaktadır (Ulutaş vd., 2016).

### **Hormonların Annelik Üzerine Etkisi**

Vücudumuzdaki birçok faaliyeti denetim altında tutabilmek için metabolizmamız çeşitli hormonlar üretir. Hormon sözcüğü, kelime anlamı olarak "uyarmak, harekete geçirmek" anlamında kullanılmaktadır. Salgı bezlerinden üretilen ve kana salınan hormonlar, hücreler arasında kimyasal

iletişim sağlayarak vücudumuzdaki tüm sistem ve organları yönetmektedir (Kılıç Ekici, 2015; Karabacak, 2022). Gebelikte de fizyolojik adaptasyonun çok önemli bir kısmı üreme hormonlarındaki artışa bağlıdır (Oğuz, 2018). İmplantasyon döneminde başlayan hormonal değişiklikler doğumdan sonraki süreçlere kadar devam etmekte olup; dişiyi anneliğe hazırlamakla birlikte yavrunun sağlıklı bir şekilde doğması ve büyümesi için en uygun ortamı hazırlar (Gaineve ve Wray 1994; Özbaran ve Bildik, 2006).

**İnsan Koryonik Gonadotropin Hormonu (HCG):** Embriyo tarafından sentezlenen ilk spesifik molekül olup; döllenme ile anne kanında belirlemeye başlar ve gebeliğin 10. haftasında max değerine ulaşır. Sonrasında yavaşça azalarak 120. günde min değerlere iner. Hamileliği müjdeleyen hormon olarak bilinir ve gebeliğin çok erken günlerde teşhis edilmesini sağlar (Koloğlu, 1996; Gridelet vd., 2020). Hormon, plasentayı oluşturan keselerden biri olan koryon kesesindeki villuslarda bulunan sinsityotrofoblast hücrelerinden salgılanmaktadır (Tek, Kılıçarslan ve Sabuncu, 2015; Uzunhasanoğlu, 2019). Alfa ve beta olmak üzere iki alt üniteden oluşmakla birlikte, çalışmalar  $\alpha$  HCG'e göre  $\beta$  HCG'nin duyarlılığının daha fazla olduğunu göstermiştir. Bu nedenle tarama testlerinde  $\beta$  HCG kullanılmaktadır (Yıldırım, 2000). Anne adayında mide bulantılarına neden olan bu hormon, progesteron hormonunu uyararak bedene yeni hazırlıklar için ilk sinyali verir ve annenin bebeği koruma rolüne girişini hazırlar (Cole, 2010, "Memorial," 2021).

**Östrojen:** Kadınlık hormonu olarak adlandırılan bu hormon; bir yandan embriyonun rahim yüzeyine sağlıklı bir şekilde tutunmasını, büyümesini ve enerjisini sağlarken, diğer yandan annede uterusun, duktal yapıların ve dış genital organların gelişimini ve memelerin büyümesini sağlayarak annenin vücudunu da bebeğini taşımaya ve emzirmeye hazırlamaktadır. Ayrıca pelvis eklemlerini gevşeterek fetusun doğum kanalından geçişini kolaylaştırmaktadır. Yapılan çalışmalar annenin gebelikteki östrojen düzeyleri ile doğum sonrasında çocuğuna bağlılığı arasında doğru orantılı bir ilişki olduğunu da göstermektedir. Östrojen doğuma kadar artan miktarlarda plasentadan salgılanmakta olup; gebe bir kadının ürettiği östrojen miktarı, gebe olmayan kadının üç yılda ürettiği miktara eşittir (Ersanlı, 1993; Fleming, Ruble, Krieger ve Wong, 1997; Dinar, 2005; Daloğlu, 2012).

**Progesteron:** "Promoting gestation" yani gebeliği desteklemek kavramından türetilmiştir (Nagy, Szekeres-Barthó, Kovacs ve Sulyok, 2021). LH salınımını baskılayarak gebeliğin devamını kontrol eder. Gebelik boyunca uterus kasılmalarını azaltarak düşüklere önlemekle beraber, solunumu da artırmaktadır. Memelerin laktasyona hazırlanma sürecinde ise östrojene yardımcı olmaktadır. Ayrıca implantasyon öncesinde, desidual hücrelerin gelişimini destekleyerek embriyo için gerekli besin maddelerini sağlamaktadır. Gebeliğin 10. haftasına kadar korpus luteum, sonrasında ise plasenta tarafından üretilmektedir. Gebe kadınlardaki progesteron salınımının, gebe olmayan kadınlara göre 10 kat daha fazla olduğu bildirilmiştir (Daloğlu, 2012; Özdemir Salcı, 2015; Durdağ vd., 2021). Hamilelik süresince artan östrojen ve progesteron hormonları, oksitosin ve prolaktin reseptörlerini de uyararak annelik davranışını başlatmaktadır. Doğum sonrasında ise östrojen ve progesteron seviyeleri düşmesine rağmen, annelik davranışı bir kez başlamış olduğundan hormonlardaki azalışların annelik davranışlarına olumsuz etkisi bulunmamaktadır (de bono, 2003).

**Oksitosin:** Yunancada "hızlı doğum" anlamına gelmekte olup; doğum esnasında rahmin kasılarak bebeğin dışarı itilmesini sağlar ve böylece doğumu kolaylaştırır. Doğum sonrasında ise memelerdeki süt kanallarının kasılmasını sağlayarak, sütün hücrenin içinden meme ucuna doğru inmesine/akmasına dolayısıyla da emzirmeye yardımcı olmaktadır. Annelik içgüdüsünün oluşmasında, anne ile bebeği arasındaki duygusal bağın kurulmasında ve annenin duygu durumunu kontrol etmede de etkili bir hormondur (Okyayuz Numan, 1994; Leckman, Feldman ve Swain, 2004; Curley ve Keverne, 2005; Carter, 2014; Kılıç Ekici, 2015; Pakyürek, 2020). Oksitosin ilk doğumda annelik davranışının başlaması için gerekli olup; sonraki doğumlarda oksitosin gereksiz annelik davranışı devam edebilmektedir (Debiec, 2007).

**Prolaktin:** Prolaktin hormonunun esas görevi doğumdan sonra süt üretimidir. Aslında prolaktin gebelikte de yüksek seviyelerde bulunan bir hormondur. Ancak bu dönemde progesteron da fazla salgılandığından süt üretiminde rol oynayan prolaktini baskılar ve böylece süt salınımını engeller. Doğumdan sonra birkaç gün içerisinde ise progesteron hızla azalır ve süt salgılanmaya başlar. Dolayısıyla prolaktin doğum sonrasında süt üretimine

başlama ve laktasyon süresince sütün devamlılığı için gereklidir (Tucker, 1994; Özsoy, 2021). Yavrunun, annesinin memesini emmesi ile güçlü bir prolaktin salınımı olur ve anne ile bebek arasında etkileşim başlar. Emzirme boyunca bebek sadece beslenmekle kalmaz ikisi arasında bir bağ kurulur. Bu sayede annenin bebekle ilgilenmeye ve anneliğe alışması kolaylaşır. Ayrıca kurulan temas annede gevşeme ve antistres etkisi de oluşturmaktadır (Uvnäs-Moberg ve Eriksson, 1996; Uvnäs-Moberg, 1998; Annagür ve Annagür, 2012). Yani doğum sonrasında annelik davranışının başlamasında da prolaktin büyük bir öneme sahiptir. Yapılan çalışmalarda dişi hayvanların yavrularıyla karşılaştıklarında prolaktin salınımının arttığı ve prolaktin reseptörleri olmayan farelerin yavrularına annelik davranışı göstermedikleri bildirilmiştir (Lucas, Ormandy, Binart, Bridges ve Kelly, 1998). Ayrıca dişilerin doğum deneyimleri arttıkça prolaktin reseptörlerinin duyarlılığının da arttığı ve böylece daha önce anne olan kadınlarda anne olmamış kadınlara göre annelik davranışına geçişin hızlı bir şekilde sağlandığı gözlenmiştir (Anderson, Grattan, van den Ancker ve Bridges, 2006).

**Vazopresin (Antidiüretik Hormon):** Annelik davranışları içerisinde oksitosin yavrunun bakım davranışlarını kapsarken, vazopresin annelik saldırganlığıyla ilgilidir (Pakyürek, 2020). Vazopresinin doğumdan sonra cinsel isteği azaltarak, türe ve duruma özgü saldırgan tepkilerin verilmesinde etkili olduğu ve saldırgan davranışları artırdığı bildirilmiştir. Bu durum annenin, yavrusunu tehlikelere karşı korumasına yardımcı olmaktadır (Ferris vd., 1992; Insel, Winslow, Wang ve Young; 1998; Özbaran ve Bildik, 2006; Frank ve Landgraf, 2008; Yalçın ve Erdoğan, 2013). Vazopresin savunma davranışlarını ön plana çıkardığından stres, kaygı ve duygusal düzensizlikle de ilişkili bulunmuştur (Ferris, 2008).

**Relaksin:** Hormon, çoğunlukla yumurtalıklarda korpus luteum tarafından üretilmekle birlikte endometrium ve plasenta tarafından da salgılanır (Sherwood, 1994; Ivell ve Einspanier, 2002). Bu hormon kadın üreme sisteminde çok önemli bir yere sahip olup; vücudu gebeliğe hazırlamaktadır. Relaksin, maternal dolaşımın gebelik sırasındaki kardiyovasküler ve renal adaptasyonlarından sorumlu tutulmaktadır. Hormon, gebeliğin başlangıcında yeni kan damarlarının oluşumuna yardımcı olarak döllenmiş yumurtaya en



uygun ortamı hazırlarken, bebek anne karnında büyürken rahim kasılmalarını engelleyerek erken doğumu önler ve gebeliğin sonunda da pelvis kaslarının gevşemesini sağlayarak doğum esnasında bebeğin çıkışını kolaylaştırır. Relaksin, gebeliğin 12. haftasına kadar artar, 17. haftasına kadar azalır ve sonrasında dengelenerek gebelik süresince normalden 10 kat daha fazla salgılanmış olur (Maden, 2013; Özyürek, 2019; Molekülce Bilimsel Kaynak Platformu, 2021; Endocrine Society, 2022).

### **Sonuç**

Yeni doğan bebekler, doğduklarında henüz ihtiyaçlarını kendileri karşılayamadığından hayatlarını devam ettirebilmek için bakımlarını yapacak birine muhtaçtır. Memelilerde öncelikle dişinin süt üretebilme yeteneğine sahip olması, beyinlerinin bebeğin çağrılarına duyarlı olacak şekilde yapılanması ve üreme stratejileri gibi nedenler, dişilerin bebekleriyle daha iyi sosyal bağlar kurabilmelerini ve bebek bakımında etkin roller üstlenmelerini sağlamıştır. Bu açıdan gebelik döneminden itibaren annede biyolojik olarak birçok değişim yaşanmakta olup, bu değişimler; dişiyi anneliğe hazırlamakla birlikte yavrunun sağlıklı bir şekilde doğması ve büyümesi için en uygun ortamı da hazırlar.

### **AÇIKLAMA**

Bu Çalışma, “Memelilerde Annelik Davranışının Biyolojik Temelleri” başlığı altında “II. International Conference On Global Practice Of Multidisciplinary Scientific Studies, July 26-28 2022/Batumi, Georgia” Konferansında sözlü olarak sunulmuş ve bildiri kitabında özet metin olarak basılmıştır (s.107-108)

**KAYNAKLAR**

- Akarsu, R. H., Tuncay, B. ve Alsaç, S.Y. (2017). Anne-bebek bağlanmasında kanıta dayalı uygulamalar. *Gümüşhane Üniversitesi Sağlık Bilimleri Dergisi*, 6, 275-279.
- Anderson, G.M., Grattan, D.R., van den Ancker, W. ve Bridges, R.S. (2006). Reproductive experience increases prolactin responsiveness in the medial preoptic area and arcuate nucleus of female rats. *Endocrinology*, 147, 4688-4694.
- Annagür ve Annagür, A. (2012). Doğum sonrası ruhsal durumun emzirme ile ilişkisi. *Psikiyatride Güncel Yaklaşımlar*, 4, 279-292.
- Bjelica, A.ve Kapor-Stanulović, N. (2004). Pregnancy as a psychological event. *Medicinski Pregled*, 57, 144-148.
- Bolat, N. (2008). Bebeklik döneminde tam görme kaybı gelişen ergenlerde ruhsal değerlendirme. (Uzmanlık Tezi, İstanbul Üniversitesi, İstanbul). Erişim adresi [https://tez.yok.gov.tr/UlusalTezMerkezi/tezDetay.jsp?id=p43g8pqL072FRN-7aAQPMQ&no=EziF6couhvdglPo\\_m1unhQ](https://tez.yok.gov.tr/UlusalTezMerkezi/tezDetay.jsp?id=p43g8pqL072FRN-7aAQPMQ&no=EziF6couhvdglPo_m1unhQ)
- Bowlby, J. (1958). The nature of the child's tie to his mother. *The International Journal of Psychoanalysis*, 39, 350-373.
- Bowlby, J. (1969). Attachment and Loss, Volume 1: Attachment, Basic Books, New York.
- Brunton, P.J. ve Russell, J.A. (2008). The expectant brain: Adapting for motherhood. *Nature Reviews Neuroscience*, 9, 11-25.
- Caldji, C., Tannenbaum, B., Sharma, S., Francis, D., Plotsky, P.M. ve Meaney, M.J. (1998). Maternal care during infancy regulates the development of neural systems mediating the expression of fearfulness in the rat. *Proceedings of the National Academy of Science*, 95, 5335-5340.
- Canan, S. (2020). Erkek beyni beta, kadın beyni son sürüm. Erişim adresi <https://npistanbul.com/erkek-beyni-beta-kadin-beyni-son-surum>
- Carter, S. (1998). Neuroendocrine perspectives on social attachment and love. *Psychoneuroendocrinology*, 23, 779-818.
- Carter, C. S. (2014). Oxytocin pathways and the evolution of human behavior. *The Annual Review of Psychology*, 65,17-39.

- Cole, L. A. (2010). Biological Functions of hCG and hCG related molecules. *Reproductive Biology and Endocrinology*, 8, 102.
- Curley, J.P. ve Keverne, E.B. (2005). Genes, brains and mammalian social bonds. *Trends in Ecology & Evolution*, 20, 561-567.
- Çakıroğlu, D. ve Meral, Y. (2006). Etholoji (Hayvan davranışları). Medipres Matbaacılık. Malatya.
- Daloğlu, A.G. (2012). Gebelik ve depresyonun bilişsel işlevler üzerine olan etkisinin karşılaştırılması. (Uzmanlık Tezi, Atatürk Üniversitesi, Erzurum). Erişim adresi [https://tez.yok.gov.tr/UlusalTezMerkezi/tezDetay.jsp?id=Re6\\_KwFwdDHZ5r11SnGtDA&no=9c3nN-RcSS-CCjN1MCAmSQ](https://tez.yok.gov.tr/UlusalTezMerkezi/tezDetay.jsp?id=Re6_KwFwdDHZ5r11SnGtDA&no=9c3nN-RcSS-CCjN1MCAmSQ)
- Debiec, J. (2007). From affiliative behaviors to romantic feelings: a role of nanopeptides. *FEBS Letters*, 581, 2580-2586.
- de Bono, M. (2003). Molecular approaches to aggregation behavior and social attachment.. *Journal of Neurobiology*, 54, 78-92.
- Demirtaş, A. ve Pişkin, İ. (2009). Memelilerde cinsiyet gelişimi ve hormonal kontrolü. *Veteriner Hekimler Derneği Dergisi*, 80, 23-28.
- Dinar, E. (2005). Gebelik döneminde değişen hormonal dengenin periodantal dokular üzerine etkisinin ve dişeti oluşu sıvısı prostaglandin E<sub>2</sub> düzeyinin incelenmesi. (Yayımlanmamış Doktora Tezi). İstanbul Üniversitesi, İstanbul.
- Duarte-Gutermana, P., Leunerb, B. ve Galeaa, L.A.M. (2019). The long and short term effects of motherhood on the brain. *Frontiers in Neuroendocrinolog*, 53, 100740.
- Durdağ, G.D., Baran, Ş.Y., Alemdaroğlu, S., Kalaycı, H., Yüksel Şimşek, S., Yetkinel, S., Özdoğan, S. ve Bulgan Kılıçdağ, E. (2021). Erken gebelik dönemindeki maternal serum progesteron seviyesi üçüncü trimesterdeki plasental disfonksiyonu öngörebilir mi? *Perinatoloji Dergisi*, 29, 39-45.
- Endocrine Society. (2022). Erişim adresi <https://www.endocrine.org/patient-engagement/endocrine-library/hormones-and-endocrine-function/reproductive-hormones>
- Engin, N. ve Kuzlu Ayyıldız, T. (2021). Anne-bebek bağlanmasının annelik algısı ve bazı değişkenlere göre incelenmesi. *Adnan Menderes Üniversitesi Sağlık Bilimleri Fakültesi Dergisi*, 5, 583-596.

- Erkenci, A. H. (2019). Uyku bozuklukları ekseninde anne bebek ilişkisi ve annenin ruhsal dünyası. (Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Üniversitesi, İstanbul). Erişim adresi <http://nek.istanbul.edu.tr:4444/ekos/TEZ/ET001689.pdf>
- Ersanlı, Z. (1993). Gebelikte ve diabette metabolik değişiklikler. *Perinatoloji Dergisi* 1, 70-74.
- Eşel, E. (2010). Anneliğin nörobiyolojisi. *Türk Psikiyatri Dergisi*, 21, 68-78.
- Fahrbach, J.E., Morrell, J.I. ve Pfaff, D.W. (1985). Possible role for oxytocine in estrogen-facilitated maternal behavior in rats. *Neuroendocrinology*, 40, 1033-1041.
- Ferris, C.F., Foote, K.B., Meltser, H.M., Plenby, M.G., Smith, K.L. ve Insel, T.R. (1992). Oxytocine in the amygdala facilitates maternal aggression. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 652, 456-457.
- Ferris, C.F. (2008). Functional magnetic resonance imaging and the neurobiology of vasopressin and oxytocin. *Progress in brain research*, 170, 305-320.
- Fleming, A.S., Ruble, D., Krieger, H. ve Wong, P.Y. (1997). Hormonal and experiential correlates of maternal responsiveness during pregnancy and the puerperium in human mothers. *Hormones and behavior*, 31, 145-158.
- Frank, E. ve Landgraf, R., (2008). The vasopressin system-from antidiuresis to psychopathology. *European journal of pharmacology*, 583, 226-242.
- Gainev, H. ve Wray, S. (1994). Cellular and molecular biology of oxytocine and vasopressin. E. Knobil and J.D. Neill (Ed.), *The physiology of reproduction*, Raven Pres, New York.
- Gürol, A. (2010). Bebek masajının anne bebek bağlanması ve emzirme başarısına etkisi. (Doktora Tezi, Atatürk Üniversitesi, Erzurum). Erişim adresi <https://www.atauni.edu.tr/yuklemeler/cada0c30e20cbd054542c31e13d03d07.pdf>
- Güvenir, T. (2012). Bebeklik ve erken çocukluk döneminde “duygu düzenlemesi ve bozuklukları”. N. Erol (Ed.), *Bebek ruh sağlığı*, Ankara Üniversitesi Basım Evi, Ankara.
- Greenman, G.W. (1963). Visual behaviour of newborn infants. A. Solnit and S. Provence (Ed.), *In Modern Perspectives in Child Development*, International Universities Press, New York.

- Gridelet, V., d'Hauterive, S.P., Polese, B., Foidart, J.M., Nisolle, M. ve Geenen, V. (2020). Human chorionic gonadotrophin: new pleiotropic functions for an "old" hormone during pregnancy. *Frontiers in immunology*,11, 343.
- Harding, K. (2019). The rabbit effect: live longer, happier, and healthier with the groundbreaking science of kindness. Atria Books, Newyork.
- Herman, R.A., Measday, M.A. ve Wallen, K. (2003). Sex differences in interest in infants in juvenile Rhesus Monkeys: Relationship to prenatal androgen. *Hormones and behavior*, 43, 573-583.
- İncekar, M.Ç., ve Balcı, S. (2017). Yenidoğan yoğun bakım ünitelerinde gürültü. *Koç Üniversitesi Hemşirelikte Eğitim Ve Araştırma Dergisi*, 14,150-154.
- Insel, T.R., Winslow, J.T., Wang, Z. ve Young, L.J., (1998). Oxytocin, vasopressin, and the neuroendocrine basis of pair bond formation, *Advances in experimental medicine and biology*, 449, 215-224.
- Ivell, R. ve Einspanier, A. (2002). Relaxin peptides are new global players. *Trends in endocrinology and metabolism*, 13, 343-348.
- Kahya, Y. (2019). Anne-bebek etkileşimi: annenin psikolojik işlevselliği ve bağlanma örüntüleri ile anne bebek öz-tutarlık ve etkileşimsel uyum arasındaki ilişkinin video mikroanaliz yöntemiyle incelenmesi. (Yayımlanmamış Doktora Tezi). Hacettepe Üniversitesi, Ankara.
- Kaitz, M., Rokem, A.M. ve Eidelman, I. (1987). Mothers' recognition of their newborns by olfactory cues. *Developmental Psychobiology*, 20, 587-591.
- Karabacak, A. (2022). Doğumun Gizli Kahramanları (Hormonlar). Erişim adresi <https://kidolog.com/makale/detay/dogumun-gizli-kahramanlari-hormonlar>
- Keverne, E.B. ve Curley, J.P. (2004). Vasopressin, oxytocin and social behaviour. *Current Opinion in Neurobiology*, 14, 777-783.
- Kılıç Ekici, Ö. (2015). Oksitosin aşk hormonu olmaktan çok daha fazlası. *Tübitak Bilim Ve Teknik Dergisi*, (Şubat 2015), 21-27.
- Kinsley, C. H., ve Lambert, K. G. (2008). Reproduction-induced neuroplasticity: natural behavioural and neuronal alterations associated with the production and care of offspring. *Journal of neuroendocrinology*, 20, 515-525.
- Koloğlu, S., 1996. Temel ve Klinik Endokrinoloji. 654-658.

- Koptur, A. ve Emül, T.G. (2017). Fetüs ve yeni doğanda bağlanmanın iki yüzü: maternal ve paternal bağlanma ve hemşirelik. *Ege Üniversitesi Hemşirelik Fakültesi Dergisi*, 33, 153-164.
- Leckman, J.F., Feldman, R. ve Swain, J.E. (2004). Primary parental preoccupation: circuits, genes, and the crucial role of the environment. *Journal of Neural Transmission*, 111, 753-771.
- Lucas, B.K., Ormandy, C.J., Binart, N., Bridges, R.S. ve Kelly, P.A. (1998). Null mutation of the prolactin receptor gene produces a defect in maternal behavior. *Endocrinology*, 139, 4102-4107.
- Maden, O. (2013). Akut kalp yetersizliğinde mortaliteyi azaltan bir ilaca kavuştuk mu? serelaksin. (Kalp Yetersizliği Elektronik Haber Bülteni). Erişim adresi <https://tkd.org.tr/KYBulteni/?makale=210>
- Memorial. (2021). Erişim adresi <https://www.memorial.com.tr/saglik-rehberi/bu-hormonlar-kadin-dogasinin-sifrelerini-veriyor>
- Molekülce Bilimsel Kaynak Platformu. (2021). Erişim adresi <https://www.molekulce.com/relaksin-hormonu-nedir/>
- Moore, S., McEwen, L.M., Quirt, J., Morin, A., Mah, S.M., Barr, R.G., Boyce, W.T. ve Kobor, M.S. (2017). Epigenetic correlates of neonatal contact in humans. *Development and Psychopathology*, 29, 1517-1538.
- Nagy, B., Szekeres-Barthó, J., Kovacs, G.L. ve Sulyok, E. (2021). Key to life: physiological role and clinical implications of progesterone. *International Journal of Molecular Sciences*, 22, 11039.
- Nishitani, S., Miyamura, T., Tagawa, M., Sumi, M., Takase, R., Doi, H., Moriuchi, H. ve Shinohara, K. (2009). The calming effect of a maternal breast milk odor on the human newborn infant. *Neuroscience Research*, 63, 66-71.
- Noriuchi M, Kikuchi Y. ve Senoo A. (2008). The functional neuroanatomy of maternal love: mother's response to infant's attachment behaviors. *Biological psychiatry*, 63, 415-423.
- Numan, M. ve Sheehan, T.P. (1997). Neuroanatomical circuitry for mammalian maternal behavior. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 807, 101-125.
- Oğuz, B. (2018). Adölesan ve yetişkin gebelerin doğum eyleminde öz-yeterliliklerinin belirlenmesi.(Yüksek Lisans Tezi, Manisa Celal Bayar Üniversitesi, Manisa). Erişim adresi

- [https://acikbilim.yok.gov.tr/bitstream/handle/20.500.12812/262926/yokAcikBilim\\_10197847.pdf?sequence=-1&isAllowed=y](https://acikbilim.yok.gov.tr/bitstream/handle/20.500.12812/262926/yokAcikBilim_10197847.pdf?sequence=-1&isAllowed=y)
- Okyayuz Numan, M. (1994). Maternal behavior. E. Knobil and J.D. Neill (Ed.), *The Physiology of Reproduction*, Raven Pres, New York.
- Özbaran, B. ve Bildik, T. (2006). Bağlanmanın nörobiyolojisi. *Çocuk ve Gençlik Ruh Sağlığı Dergisi*, 13, 137-144.
- Özcan Elçi, D. (2018). Batı ve doğu mitolojilerinde kadın imgesi: Tanrıça'lar. *Atlas International Refered Journal on Social Sciences*, 4, 826-840.
- Özdemir Salcı, S. (2015). Koyunlarda farklı doğum indüksiyon yöntemlerinin hormonal ve immünolojik yönden karşılaştırılması. (Doktora Tezi, Uludağ Üniversitesi, Bursa). Erişim adresi <http://acikerisim.uludag.edu.tr/jspui/bitstream/11452/2207/1/390154.pdf>
- Özkan, H., Kanbur, A., Apay, S., Kılıç, M., Ağapınar, S. ve Özorhan, E. Y. (2013). Annelerin doğum sonu dönemde ebeveynlik davranışlarının değerlendirilmesi. *Şişli Etfal Hastanesi Tıp Bülteni*, 47, 117-121.
- Özsoy, S. (2021). Anne sütü nasıl üretilir? Memenin anatomisi ve fizyolojisi. Emzirme ve anne sütü ile beslemede danışmanlık/Güncel yaklaşımlar. 1. Baskı. Türkiye Klinikleri, Ankara.
- Özyürek, B. (2019). Gebelik semptom envanteri'nin Türkçe'ye uyarlanması, geçerlik-güvenirliliği ve trimesterlere göre semptomların incelenmesi. (Yüksek Lisans Tezi, Hacettepe Üniversitesi, Ankara). Erişim adresi <https://openaccess.hacettepe.edu.tr/xmlui/bitstream/handle/11655/9211/Bur%C3%A7in%20C3%96zy%C3%BCrek%20-%20Ref.%20No%2010237008.pdf?sequence=1&isAllowed=n>
- Pakyürek, G. (2020). Oksitosinin nörobiyolojik temelleri ve davranışsal doğurgularının incelenmesi. *Yaşam Becerileri Psikoloji Dergisi*, 4, 81-90.
- Palmer, L.F. (2007). *Baby matters. (Second Eddition). Baby Reference. San Diego, California, USA.*
- Panksepp, J., Siviy, S. ve Normansell, L. (1984). The psychobiology of play: Theoretical and methodological perspectives. *Neuroscience and biobehavioral reviews*, 8, 465-492.
- Panksepp, J. ve Burgdorf, J. (2003). "Laughing" rats and the evolutionary antecedents of human joy? *Physiology and behavior*, 79, 533-547.

- Panksepp, J. (2004). Love and the social bond: The sources of nurturance and maternal behavior. *Affective neuroscience: The foundations of human and animal emotions*. Oxford University Press, USA.
- Robson, K.S. (1967). The role of eye-to-eye contact in maternal-infant attachment, *Journal of child psychology and psychiatry, and allied disciplines*, 8, 13-25.
- Salk, L. (1973). The role of the heartbeat in the relations between mother and infant. *Scientific American*, 228, 24-29.
- Sever, M. (2015). Kadınlık, annelik, gönüllü çocuksuzluk: Elisabeth badinter'den kadınlık mı annelik mi?, Tina Miller'dan Annelik Duygusu: Mitler ve deneyimler ve Corinne Maier'den No Kid üzerinden bir karşılaştırmalı okuma çalışması. *Fe Dergi*, 7, 72-84.
- Sezer, M., Koçak, A. (2008). Seksüel İki-Tiplilik (Dimorphism). *Türk Bilimsel Derlemeler Dergisi*, 1, 27-36.
- Sherwood, O. D. (1994). Relaxin. E. Knobil and J. D. Neill (Ed.), *Physiology of reproduction*, Raven Press, New York.
- Steiny, J. (2013). What Mom Rats Can Teach Us About Child Rearing. Erişim adresi <https://www.golocalprov.com/news/julia-steiny-what-mom-rats-can-teach-us-about-child-rearing>
- Swain, J.E., Lorberbaum, J.P., Kose, S. ve Strathearn, L. (2007). Brain basis of early parent-infant interactions: Psychology, physiology, and in vivo functional neuroimaging studies. *Journal of child psychology and psychiatry, and allied disciplines*, 48, 262-287.
- Şahin, R. ve Biricik, M. (1997). Etoloji. Karşılaştırmalı hayvan davranışları bilimi. Diyarbakır.
- Teie, D. (2016). A comparative analysis of the universal elements of music and the fetal environment. *Frontiers in Psychology*, 7, 1158.
- Tek, Ç., Kılıçarslan, M. ve Sabuncu, A. (2015). İnsan koryonik gonodotropini. *Türkiye Klinikleri Veterinary Sciences-Obstetrics and Gynecology-Special Topics*, 1, 55-59.
- Tucker, H. (1994). Lactation and its hormonal control. E. Knobil and J.D. Neill (Ed.), *Physiology of reproduction Vol. 2*, Raven Press, New York.
- Tuncay, S. ve Sarman, A. (2020). Bireyselleştirilmiş gelişimsel bakımda anne sesi ve anne kalp sesinin yenidoğan bebekler üzerindeki etkisinin



- incelenmesi: Sistematik derleme. *Adıyaman Üniversitesi Sağlık Bilimleri Dergisi*, 6, 357-366.
- Ulutaş, A., Aksoy, A.B. ve Çalışkan, Z. (2016). Anne-bebek etkileşimi. *İnönü Üniversitesi Sağlık Bilimleri Dergisi*, 5, 38-44.
- Ungerfeld, R., Fernández-Werner, A., Gökdal, Ö., Atay, O. ve Freitas-de-Melo, A. (2021). Lambs identify their mothers' bleats but not a picture of her face. *Journal of Veterinary Behavior*, 46, 69-73.
- Uvnäs-Moberg, K. ve Eriksson, M. (1996). Breastfeeding: physiological, endocrine and behavioural adaptations caused by oxytocin and local neurogenic activity in the nipple and the mammary gland. *Acta Paediatrica*, 85, 525-530.
- Uvnäs-Moberg, K. (1998). Antistress pattern induced by oxytocin. *News in physiological sciences*, 13, 22-26.
- Uzunhasanoğlu, Ö. (2019). 35 yaş altı ile 35 yaş ve üstü gebe IVF hastalarının ilk  $\beta$ -hCG ve ikinci  $\beta$ -hCG değerleri arasındaki artış oranlarının karşılaştırılması. (Yüksek Lisans Tezi, Maltepe Üniversitesi, İstanbul). Erişim adresi <https://acikerisim.maltepe.edu.tr/xmlui/bitstream/handle/20.500.12415/2869/10282144.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Webb, R.A., Heller, H.T., Benson, C.B. ve Lahav, A. (2015). Mother's voice and heartbeat sounds elicit auditory plasticity in the human brain before full gestation. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 112, 3152-3157.
- Winnicott, D. W. (1975). Primary Maternal Preoccupation. Through Paediatrics to Psychoanalysis: Collected Papers, New York, NY: Basic Books, p. 300-305.
- Wolff, P.H. (1963). Observations on the early development of smiling. B.M. Foss (Ed.), *Determinants of infant behaviour Vol. II*, Wiley, New York.
- Yalçın, Ö. ve Erdoğan, A. (2013). Şiddet ve agresyonun nörobiyolojik, psikososyal ve çevresel nedenleri. *Psikiyatride Güncel Yaklaşımlar*, 5, 388-419.
- Yıldırım, M.S. (2000). Prenatal tanıda üçlü testin önemi ve haftalara göre mom değerleri. (Doktora Tezi, Selçuk Üniversitesi, Konya). Erişim adresi <http://acikerisimarsiv.selcuk.edu.tr:8080/xmlui/bitstream/handle/123456789/3098/091688.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Yoshida, S. ve Funato, H. (2021). Physical contact in parent-infant relationship and its effect on fostering a feeling of safety. *iScience*, 24, 102721.

## BÖLÜM 11

### TÜRKİYE'DE ELMA TİCARETİNDEKİ GELİŞMELER

Doç. Dr. Görkem ÖRÜK<sup>1</sup>

---

<sup>1</sup> Siirt Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarım Ekonomisi Bölümü, Siirt, Türkiye.  
gorkem.ozturk@siirt.edu.tr



## GİRİŞ

Meyveler, insan beslenmesine katkıları ve ekonomik değerleri nedeniyle dünya çapında üreticiler tarafından yaygın olarak yetiştirilmektedir (Uçar ve ark., 2022). Elma, ılıman iklim kuşağında yetişebilen ve köklü bir kültürel geçmişe sahip olan bir meyvedir. Dünya genelinde üretimi ve tüketimi oldukça yaygındır. Elma, Çin, Orta Asya, Yakın Doğu ve Kuzey Amerika gibi dört farklı anavatanı bulunan bir türdür (Özrenk ve ark. 2011). İliman iklim meyveleri içerisinde yer alan, çok soğuk iklim şartlarında dahi yaşamını sürdürebilen ve hemen hemen her ilde yetiştiriciliği yapılan elma, Rosales takımının Rosaceae familyası içerisinde bulunan Malus cinsine aittir (Aldemir ve Boyraz, 2021). Günümüzde dünya genelinde 6500'den fazla elma çeşidi bulunmaktadır, ancak Türkiye'de kayıtlı olan çeşitlerin sayısı 460'tur. Bu çeşitler arasında kaliteli, verimli ve ticari açıdan yetiştiriciliği yapılanların sayısı oldukça sınırlıdır (Uzundumlu ve ark. 2019). En verimli elma çeşitleri arasında Starking, Golden, Starkrimson, Granny Smith, Starkspur, Beacon, Jonathan, Black Stoyman Improved ve Amasya elması bulunmaktadır. Ancak en yüksek üretim miktarına sahip olanlar ise Starking, Golden, Starkrimson ve Amasya elmasıdır (Aşkın ve ark., 2002).

Monosakkaritler, mineraller, diyet lifi, C vitamini ve çeşitli biyolojik aktif bileşiklerin, yanı sıra bazı fenolik bileşiklerin kaynağı olması nedeniyle elma insan beslenmesinde önemli bir besin kaynağıdır (Gökdoğan ve Baran, 2017). Elma, beslenme açısından büyük bir öneme sahiptir çünkü içerdiği mineral besinler ve vitaminler oldukça zengindir. Taze elma meyvesinin yaklaşık % 84'ünü su oluşturur. Karbonhidratlar, proteinler, vitaminler, pektinler ve mineral maddeler ise kuru madde içinde bulunur. Elmada bulunan A ve C vitaminleri ile potasyum, kalsiyum, magnezyum ve sodyum gibi elementler birleşerek çeşitli tuzları oluşturur. Bu tuzların organik asitlerle birleşmesi sonucunda, enerji sağlamak için kullanılan asitler oksitlenirken bazik bileşenler geride kalır. Bu nedenle, elma vücuttaki asit-baz dengesine olumlu etki yapar (Oğuz ve Karaçayır, 2009). Genellikle meyve olarak tüketilmekle birlikte sirke, şarap ve meyve suyu üretiminde de kullanılmaktadır. Ayrıca yemeklerde ve tatlılarda da sıkça kullanılmaktadır (Bayramoğlu ve ark., 2009).

FAO'nun 2021 yılı verilerine göre; dünyada 4.82 milyon ha alanda 93.14 milyon ton elma üretilmiştir. Dünya elma üretiminin %49.37'si Çin'de, %4.82'si Türkiye'de, %4.80'i ABD'de, %4.37'si Polonya'da gerçekleştirilmektedir (FAOSTAT, 2023). 2021'de küresel elma ihracatı, 8.38 milyon ton olarak kaydedilmiştir. Çin, Polonya, İtalya ve Amerika, dünya elma ihracatında önde gelen ülkelerdir. Türkiye ise onuncu sırada yer alır. (FAOSTAT, 2021). Türkiye, dünya elma üretiminde önde gelen ülkeler arasında yer almasına rağmen, geleneksel çeşitlerle yapılan kalitesiz üretim nedeniyle ihracatta geride kalmaktadır (Küçüker, 2021).

Bu çalışmada, Türkiye'de elma üretimi ve dış ticaretindeki gelişmeler ve rekabet gücü analiz edilmiştir. Çalışmada, Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK), Birleşmiş Milletler Gıda ve Tarım Örgütü (FAO) ve Trademap (ITC) verilerinden yararlanılmıştır.

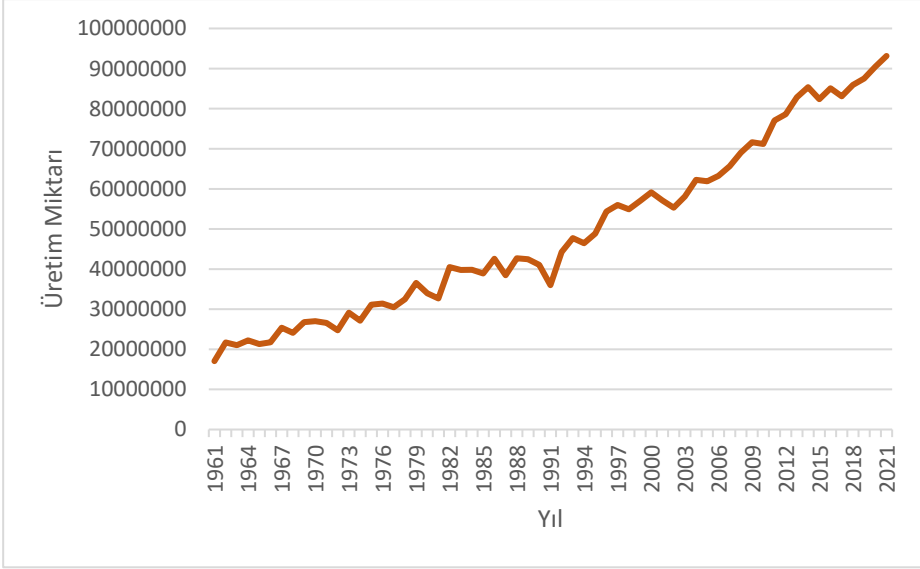
## DÜNYADA VE TÜRKİYE'DE ELMA ÜRETİMİNDEKİ GELİŞMELER

Şekil 1.1'de, 1961-2019 yılları arasındaki dünya elma üretim verileri sunulmaktadır. FAO'nun verilerine göre, dünya genelinde elma üretim miktarı sürekli bir artış göstermektedir. Özellikle 1994 yılından itibaren bu artış daha da hızlanmıştır. 1994 yılından 2021 yılına kadar olan dönemde, dünya elma üretimi %100 oranında bir artış yaşamıştır (Şekil 1.1).

2021 yılı itibarıyla dünyada 4.82 milyon hektar alanda elma üretilmiştir. Bu alanın % 43.39'unun Çin'de, % 6.49'unun Hindistan'da % 4.67'sinin Rusya'da, % 3.50'sinin Türkiye'de, % 3.36'sının Polonya'da bulunduğu görülmektedir. Dünya elma üretim alanı olarak neredeyse yarısına sahip olan Çin, 2017 yılında 1.95 milyon ha alana sahipken, 2021 yılında % 7.47 oranında artış göstermiş ve 2.09 milyon ha alana ulaşmıştır. 2017 yılında 1.33 milyon ha alana sahip olan ABD 2021 yılında % 11.58 oranında azalış göstermiştir. Türkiye 2021 yılında 2017'ye göre % 3.73'lük azalış göstererek 1.69 milyon ha alana düşmüştür (Tablo 1).

FAO'nun 2021 yılı verilerine göre, dünya genelinde elma üretimi 93.14 milyon ton olarak kaydedilmiştir. En yüksek elma üretimine sahip olan ülkeler Çin (% 49.37), Türkiye (% 4.82) ve ABD (% 4.80)'dir. 2021 yılında ABD'de elma üretimi 2017 yılına göre azalmışken, Türkiye ve Çin'de ise üretimde artış yaşanmıştır. Türkiye'de 2017 yılına göre üretim %48.19 artmıştır (Tablo 2).

Türkiye’de üretim alanı azalırken üretim miktarı artış göstermiştir. Dolayısıyla verim artışı yaşandığı söylenebilir.



Şekil 1: 1961-2021 yılları arası dünya elma üretimi (ton) (FAOSTAT 2023)

Tablo 1: Elma Üretiminde Önemli Ülkelerin Üretim Alanları (bin ha)

Ülkeler	2017	2018	2019	2020	2021	İndeks (2017=100)
Çin	1946.95	1938.57	2041.20	2071.39	2092.33	107.47
Türkiye	175.36	174.69	174.44	170.90	168.81	96.27
ABD	132.82	117.60	119.30	119.71	117.44	88.42
Polonya	176.35	166.15	155.62	152.60	161.90	91.81
Hindistan	305.00	301.00	308.00	310.00	313.00	102.62
İran	119.53	96.63	100.76	111.27	131.82	110.28
Rusya	169.37	205.18	209.13	212.94	225.26	133.00
Özbekistan	94.52	98.12	98.53	109.85	111.58	118.05
Ukrayna	91.20	91.80	87.70	85.00	84.40	92.54

Kaynak: FAOSTAT, 2023

**Tablo 2:** Elma Üretiminde Önemli Ülkelerin Üretim Miktarları (bin ton)

Ülkeler	2017	2018	2019	2020	2021	İndeks (2017=100)
Çin	41390.00	39233.40	42425.40	44066.10	45983.40	111.10
ABD	5240.67	4644.79	5028.53	4665.20	4467.21	85.24
Türkiye	3032.16	3625.96	3618.75	4300.49	4493.26	148.19
Polonya	2441.39	3999.52	3080.60	3555.20	4067.40	166.60
İran	2398.83	1936.70	2241.12	2241.10	2241.10	93.42
Hindistan	2265.00	2327.00	2316.00	2814.00	2276.00	100.49
Rusya Fed.	1493.60	1859.40	1950.80	2040.70	2216.20	148.38
Özbekistan	1028.80	1130.34	1124.02	1148.46	1238.19	120.35
Ukrayna	1076.18	1462.36	1153.97	1114.57	1278.87	118.83

Kaynak: FAOSTAT, 2023

2022 yılında Türkiye'de toplamda 90.01 milyon adet elma ağacı yetiştirilmektedir ve bu ağaçların %84.27'si meyve veren yaşıdadır. 2022 yılında ise elma ağacı sayısında 2017 yılına göre % 20.55'lik bir artış yaşanmıştır (Tablo 3).

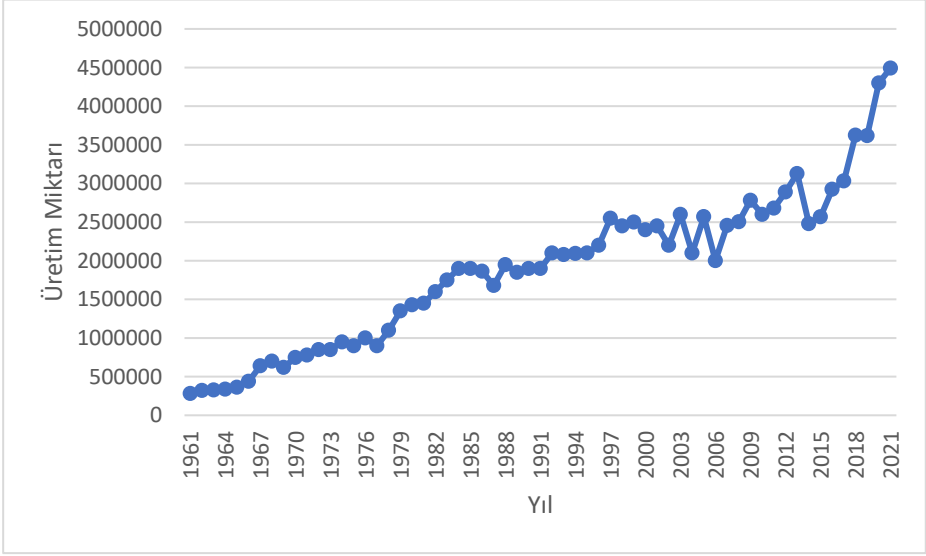
**Tablo 3:** Türkiye'de Elma Ağaç Sayısı

Yıllar	Meyve Veren Yaşta Ağaç Sayısı (bin adet)	İndeks (2017 =100)	Meyve Vermeyen Yaşta Ağaç Sayısı (bin adet)	İndeks (2017 =100)	Toplam Ağaç Sayısı (bin adet)	İndeks (2017 =100)
2017	55771.14	100.00	18951.94	100.00	74723.08	100.00
2018	61288.45	109.89	15004.98	79.17	76293.43	102.10
2019	64558.38	115.76	14826.38	78.23	79384.75	106.24
2020	66475.35	119.19	14456.36	76.28	80931.71	108.31
2021	72320.75	129.67	14295.87	75.43	86616.62	115.92
2022	75913.13	136.12	14165.16	74.74	90078.29	120.55

Kaynak: TÜİK, 2023

Türkiye'de elma üretimi, 1961-2021 döneminde sürekli bir artış göstermiştir. Özellikle 2015 yılından itibaren bu artış hızlanmıştır. 2015 yılında 2.57 milyon ton elma üretimi gerçekleşirken, 2021 yılında bu miktarın 4.49 milyon tona yükseldiği görülmektedir (Şekil 2). 2022 yılında ise 4.82 milyon ton üretim gerçekleşmiştir (TÜİK, 2023).





**Şekil 2:** 1961-2021 yılları arası Türkiye elma üretimi (ton) (FAOSTAT 2023)

Isparta, Niğde, Karaman, Konya, Antalya ve Kayseri gibi iller, Türkiye'de yoğun bir elma yetiştiriciliği yapılan bölgelerdir (Şekil 3). Türkiye'de elma üretiminde Isparta ili önde gelirken, Kayseri ve Niğde illeri takip etmektedir. 2022 yılında Türkiye'nin elma üretiminin %52.43'ü bu üç il tarafından gerçekleştirilmiştir. Son üç yılda, Isparta'da %32.16, Karaman'da %52.75 ve Niğde'de %7.95 oranında bir artış gözlenirken, Antalya ve Denizli illerinde ise elma üretimi azalmıştır. 2017 yılına göre 2022 yılında ise tüm illerde elma üretimi artış göstermiş olup en yüksek artış Konya ilinde, en düşük artış Çanakkale ilindedir (Tablo 4).



**Şekil 3:** Türkiye Elma Üretim Haritası (<http://cografyaharita.com>)

**Tablo 4:** Türkiye’de Elma Üretiminde Önemli İllerin Üretim Miktarları (1000 ton)

İller	2017	2018	2019	2020	2021	2022	İndeks (2017=100)
Isparta	6173.75	7174.01	7320.36	9311.54	11304.24	12305.80	199.32
Karaman	4977.34	5884.42	4853.63	4923.53	5353.50	7520.45	151.09
Niğde	3278.47	4290.36	4383.27	5033.30	5526.17	5433.26	165.73
Antalya	2725.91	2650.68	2645.66	6119.46	4519.27	4800.89	176.12
Denizli	1427.84	2890.85	1874.16	2796.14	2577.67	2737.98	191.76
Konya	759.45	2159.63	2305.81	2308.82	2291.58	2482.02	326.82
Kayseri	1268.29	1277.62	2430.66	2199.99	2821.83	2363.24	186.33
Mersin	964.96	1257.62	1369.38	1300.33	1433.34	1426.30	147.81
Çanakkale	1018.23	1052.95	994.62	1034.21	1013.55	1046.12	102.74

Kaynak: TÜİK, 2023

## DÜNYADA VE TÜRKİYE’DE ELMA TİCARETİNDEKİ GELİŞMELER

2017 yılında dünya genelinde elma ithalatı 9385.85 bin ton ve ihracatı 9655.67 bin ton olarak gerçekleşmiştir. 2021 yılında ithalatın 8372.99 bin tona ve ihracatın 8378.08 bin tona düştüğü görülmektedir. Ayrıca, 2017 yılında elma ithalat değeri 8127.89 bin dolar iken, bu değer 2021 yılında %10.33 oranında artarak 8967.31 bin dolar olmuştur. Elma ihracat değeri ise 2017 yılında 7791.17 bin dolar iken %3.37 oranında artarak 8053.44 bin dolar seviyesine yükselmiştir (Tablo 5).

**Tablo 5:** Dünya Elma Dış Ticareti

Yıllar	İthalat Miktarı (bin ton)	İndeks (2017 =100)	İthalat Değeri (milyon \$)	İndeks (2017 =100)	İhracat Miktarı (bin ton)	İndeks (2017 =100)	İhracat Değeri (milyon \$)	İndeks (2017 =100)
2017	9385.85	100.00	8127.89	100.00	9655.67	100.00	7791.17	100.00
2018	8467.36	90.21	8222.71	101.17	8355.75	86.54	7727.37	99.18
2019	8318.78	88.63	7691.34	94.63	8796.67	91.10	7257.13	93.15
2020	8000.76	85.24	8018.83	98.66	8201.64	84.94	7567.27	97.13
2021	8372.99	89.21	8967.31	110.33	8378.08	86.77	8053.44	103.37

Kaynak: FAOSTAT, 2023

Rusya, Almanya, Hindistan, İngiltere ve Hollanda, dünya çapında elma ithalatında en önemli ülkeler arasında yer almaktadır. 2021 yılı FAO verilerine göre, toplam 8372.99 bin ton elma ithalatının % 7.36'sı Rusya, % 7.24'ü Almanya, % 5.21'i Hindistan, % 3.91'i İngiltere ve % 3.59'u Hollanda tarafından gerçekleştirilmiştir (Tablo 6).

**Tablo 6:** Elma İthalatında Önemli Ülkelerin İthalat Miktarları (bin ton)

Yıllar	Rusya Fed.	Almanya	Hindistan	İngiltere	Hollanda	Toplam
2017	705.55	790.28	330.61	374.08	252.82	9385.85
2018	843.46	658.03	280.09	361.74	306.00	8467.36
2019	702.12	613.63	242.71	331.56	248.39	8318.78
2020	651.48	637.57	215.54	346.37	282.29	8000.76
2021	616.00	606.14	436.19	327.47	300.96	8372.99

Kaynak: FAOSTAT, 2023

Çin, Polonya, İtalya, ABD ve Şili, dünya çapında elma ihracatında önde gelen ülkeler arasında yer almaktadır. 2021 yılı FAO verilerine göre, toplam

elma ihracatının % 12.88'i Çin, % 11.01'i Polonya, % 10.99'u İtalya, % 8.99'u ABD ve % 7.70'i Şili tarafından gerçekleştirilmiştir (Tablo 7).

**Tablo 7:** Elma İhracatında Önemli Ülkelerin İhracat Miktarları

Yıllar	Çin	Polonya	İtalya	ABD	Şili	Toplam
2017	1328.37	1037.45	1033.67	910.29	715.78	9655.67
2018	1118.49	794.32	685.99	928.83	778.96	8355.75
2019	971.26	973.81	927.81	833.09	673.68	8796.67
2020	1058.09	657.31	935.42	808.12	659.92	8201.64
2021	1078.35	921.86	920.27	752.74	644.44	8378.08

Kaynak: FAOSTAT, 2023

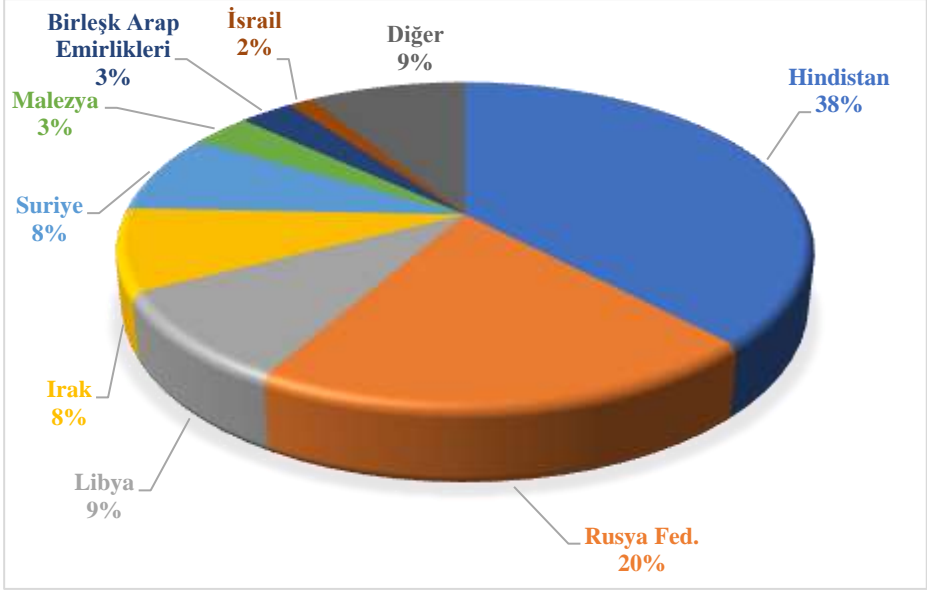
2017 yılında 201.18 bin ton karşılığında 61.15 milyon \$'lık elma ihracatı yapılırken, 2021 yılında 354.56 bin ton karşılığında 178.72 milyon \$'lık elma ihracatı yapılmıştır. 2017-2021 yılları arasında elma ihracat miktarında % 76.24'lük, ihracat değerinde % 192.28'lik artış olduğu görülmektedir. Aynı dönemde ise ithalat miktarı % 48.08 oranında artarken, ithalat değeri %19.55 oranında azalmıştır (Tablo 8).

**Tablo 8:** Türkiye'de Elma Dış Ticaretindeki Gelişmeler

Yıllar	İhracat Miktarı (ton)	İndeks (2017 =100)	İhracat Değeri (1000\$)	İndeks (2017 =100)	İthalat Miktarı (ton)	İndeks (2017 =100)	İthalat Değeri (1000\$)	İndeks (2017 =100)
2017	201181.06	100.00	61146	100.00	673.87	100.00	578	100.00
2018	238330.42	118.47	94584	154.69	788.61	117.03	596	103.11
2019	257470.74	127.98	90404	147.85	1730.53	256.80	945	163.49
2020	211492.73	105.13	110912	181.39	1145.62	170.01	622	107.61
2021	354560.27	176.24	178718	292.28	997.88	148.08	465	80.45

Kaynak: FAOSTAT, 2023

Türkiye'nin 2021 yılı elma ihracat değeri 178718 bin \$'dır ve ihracatın büyük bir bölümü Hindistan'a (%38) yapılmıştır. Bunu %20 ile Rusya Federasyonu takip etmektedir (Şekil 4).



Şekil 4: Türkiye 2021 elma ihracat değerinin ülkelere göre dağılımı (Trademap, 2023)

Elma üretiminin rekabet gücünün belirlenmesinde Açıklanmış Karşılaştırmalı Üstünlük Endeksi (RCA) kullanılmıştır. RCA (Revealed Comparative Advantage) endeksi, Bela Balassa tarafından 1965 yılında geliştirilen ve rekabet gücünün sayısal olarak değerlendirilmesinde sıkça kullanılan bir yöntemdir. Balassa'nın RCA yaklaşımı, bir ülkenin belirli bir sektördeki yurt içi uzmanlaşmasını, dünyanın uzmanlaşmasıyla karşılaştırır. Bu yaklaşım, ticaret sonrası verilerin karşılaştırmalı üstünlüğün gerçek biçimini gözlemlememizi sağladığını varsaymaktadır (Çelik ve ark., 2019).

RCA indeksi aşağıdaki formül ile hesaplanmaktadır (Çakmak, 2005; Ketenci ve Bayramoğlu, 2018).

$$RCA = \frac{X_{ij}/X_j}{X_{iw}/X_w}$$

Formülde;

RCA : J ülkesinin i malı için karşılaştırmalı üstünlük ölçümünü

$X_{ij}$  : j ülkesinin i malı ihracatını

$X_j$  : j ülkesinin toplam ihracatını

$X_{iw}$  : i malının toplam dünya ihracatını

$X_w$  : toplam dünya ihracatını göstermektedir.

RCA > 1 olduğunda j ülkesinin i malında açıklanmış karşılaştırmalı üstünlüğe sahip olduğunu, RCA < 1 durumunda ise, açıklanmış karşılaştırmalı üstünlüğü sahip olunmadığı anlamı çıkartılmaktadır (Balassa, 1965).

2017-2021 döneminde Türkiye'nin elma üretiminin uluslararası arenada 2017 yılından sonra açıklanmış karşılaştırmalı üstünlüğe sahip olduğu görülmektedir (Tablo 9).

**Tablo 9:** Elmanın açıklanmış karşılaştırmalı üstünlükleri (2017-2021)

Yıllar	Türkiye		Dünya		RCA
	Toplam elma ihracatı (bin \$)	Toplam ihracat (bin \$)	Toplam elma ihracatı (bin \$)	Toplam ihracat (bin \$)	
2017	61146	156992940	7791172	17562691464	0.88
2018	94592	167923862	7727370	19334594547	1.43
2019	90553	180870841	7251727	18754693906	1.29
2020	110912	169657940	7567267	17505850257	1.51
2021	178718	225264314	8053441	22145322371	2.18

Kaynak: Trademap, 2023; FAOSTAT, 2023

2017-2020 döneminde Türkiye'de kişi başına elma tüketimi % 5.84 oranında artmıştır. Elma üretim miktarı ile yurt içi kullanım miktarı karşılaştırıldığında, üretilen elmanın yurt içi tüketim için yeterli olduğu görülmektedir (Tablo 10).

**Tablo 10:** Türkiye’de Elma Üretiminde Yurt İçi Kullanım, Tüketim ve Üretim Miktarları

Yıllar	Yurt İçi Kullanım (ton)	Üretim (ton)	Tüketim (Ton)	Kişi Başına Tüketim(kg)
2017	2254504	3032164	2074144	25.70
2018	2412567	3625960	2219562	27.10
2019	2670443	3618752	2456807	29.50
2020	2832517	4300486	2605915	31.20
2021	2505373	4493264	2304943	27.20

Kaynak: TÜİK, 2023

## SONUÇ

Elma, Türkiye’de tarım sektöründe stratejik bir ürün olarak değerlendirilen ve geniş ölçüde üretilen bir meyvedir. Türkiye, dünya genelinde önemli bir elma üreticisi olarak öne çıkmaktadır. Elma, iç tüketim yanında ihracat potansiyeline de sahip bir üründür. Türkiye’nin iklim ve toprak koşulları, elma üretimi için elverişli bir ortam sağlamaktadır, bu da ülkenin elma üretimi ve ticaretinde rekabet avantajı elde etmesine olanak tanır. Bununla birlikte, elma üretimi birçok çiftçi ailesi için önemli bir gelir kaynağıdır.

Bu araştırmada, Türkiye’deki elma üretimi ve dış ticaretindeki ilerlemeler ve elma üretiminin rekabet gücü incelenmiştir. Araştırmadan elde edilen sonuçlara göre 2021 yılında 2017 yılına göre Türkiye’de elma üretimi ve ağaç sayısı artarken, elma üretim alanı azalmıştır. Üretim alanı azalırken üretimin artması verimde artış yaşandığını işaret etmektedir. Dolayısıyla verimi artırmaya yönelik çalışmaların devam etmesi önem arz etmektedir. Türkiye’nin elma ihracatı değeri 2017-2021 döneminde % 192.28 oranında yükselmiştir. Türkiye’nin 2021 yılı elma ihracat değeri 178718 bin \$’dır ve ihracatın büyük bir bölümü Hindistan’a (%38) yapılmıştır.

Araştırmada, Türkiye elma üretiminin rekabet gücünün düşük olduğu ancak giderek arttığı saptanmıştır. Sahip olunan bu üstünlüğün sürdürülmesi için elma üretiminde kalitenin artırılması önemlidir.

Elma yetiştiriciliği, Türkiye’deki tarımsal diğer ürünlere kıyasla daha yüksek karlılık potansiyeline sahip olan bir faaliyettir. Ancak, çiftçilerin elma yetiştiriciliği ve piyasa koşulları hakkında tüm ekonomik verileri toplamaları önemlidir. Elma yetiştiricileri, karşılaştıkları çeşitli sorun ve zorlukları, yetiştirici örgütleri aracılığıyla çözebilirler. Bu nedenle, elma üretimi ve

pazarlamasında kooperatifçilik yaklaşımının teşvik edilmesi gereklidir (Uçar ve ark., 2016).

Elma üretiminde, ilaçlama, gübreleme, sulama ve budama gibi tarımsal uygulamalar, elma ağaçlarının verimliliği ve kalitesi üzerinde önemli bir etkiye sahiptir. Bu uygulamaların etkin bir şekilde gerçekleştirilmesi, üreticilere gerekli teknik bilgilerin sağlanmasını gerektirir. Özellikle elmalarda bazen %50'ye kadar çıkan ve önemli gelir kayıplarına neden olan hasat öncesi meyve dökümünü önleyici uygulamalar hakkında üreticiler bilgilendirilmelidir (Küçük ve Ağlar, 2021). Bununla birlikte tüm tarımsal ürünlerde olduğu gibi elma pazarlanmasında da hasat sonrası muhafaza ve ambalajlama büyük önem arz etmektedir (Küçük, 2021).



## KAYNAKLAR

- Aldemir, C., Boyraz, N. 2021. Bazı Elma Çeşitlerinin Elma Küllemesi (*Podospaera leucotricha* (Ell. et Ev.) Salm) Hastalığına Duyarlılıklarının Belirlenmesi. Bahri Dağdaş Bitkisel Araştırma Dergisi, 10 (2): 180-189.
- Aşkın, M.A., Demirsoy, H., Demirsoy, L., Koyuncu, F., Koyuncu, M.A., Kankaya, A., Kepenek, K., Yıldırım, F., Hallaç, F., Dilmaçunal, T. (2002). Avrupa Birliği ülkelerinde yumuşak çekirdekli meyve türleri tarımı ve yakın gelecekte beklenen gelişmeler. Avrupa Birliğine Uyum Aşamasında Bahçe Bitkileri Tarımı, 147-165, Ankara.
- Balassa, B. (1965). Trade liberalization and revealed comparative advantage. Manchester School of Economic and Social Studies, 33.
- Bayramoğlu, Z. Çelik, Y. Oğuz, C. 2009. Konya İlinde Elma Üretiminin Mevcut Durumu ve Gelişme Olanakları. Tarım Bilimleri Araştırma Dergisi 2 (1):11-15.
- Çakmak, Ö.A. 2005. Açıklanmış karşılaştırmalı üstünlükler ve rekabet gücü: Türkiye tekstil ve hazır giyim endüstrisi üzerine bir uygulama. Ekonomi, İşletme, Uluslararası İlişkiler ve Sosyal Bilimler Dergisi, 5(1-2): 65-76.
- Çelik, Z., Saçtı, H., Adanacioğlu, H. 2019. Kiraz Dış Ticaretindeki Gelişmeler ve Türkiye'nin Karşılaştırmalı Üstünlüğü. Yüzüncü Yıl Üniversitesi Tarım Bilimleri Dergisi Cilt 29, Özel Sayı: 41-53.
- Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), Bitkisel Üretim İstatistikleri, 2023. <http://www.fao.org/> (Erişim Tarihi: Haziran 2023)
- Gokdoğan, O. Baran, M.F. 2017. Determination of Energy Use Efficiency of some Apple (*Malus x domestica*) Production in Turkey: a Case Study of Egirdir Region. Erwerbs-Obstbau (2017) 59:13–18.
- Ketenci, K.C., Bayramoğlu, Z. 2018. Türkiye’de Ceviz Üretimine Rekabet Analizi. Türk Tarım ve Doğa Bilimleri Dergisi 5(3): 339–347.
- Küçükler, E. 2021. Farklı Terbiye Sistemlerinin M26 Anacı Üzerine Aşılı Braeburn ve Red Chief Elma Çeşitlerinde Ağaçların Gelişimi, Verim ve Meyve Kalitesi Üzerine Etkileri. ISPEC Tarım Bilimleri Dergisi: 5(4): 1003-1013,
- Küçükler, E., Ağlar, E. (2021). The Effect of Aminoethoxyvinylglycine (AVG) on Pre-harvest Fruit Drop and Fruit Quality in Red Chief and Braeburn Apple Cultivars. Uluslararası Tarım ve Yaban Hayatı Bilimleri Dergisi. 7(2): 200 - 209
- Oğuz, C., Karaçayır, H.F. 2009. Türkiye’de Elma Üretimi, Tüketimi, Pazar Yapısı ve Dış Ticareti. Tarım Bilimleri Araştırma Dergisi 2 (1):41-49.
- Özrenk, K. Gündoğdu, M., Kaya, T. Kan, T. 2011. Çatak ve Tatvan Yörelerinde Yetiştirilen Yerel Elma Çeşitlerinin Pomolojik Özellikleri. YYÜ TAR BİL DERG. , 21(1):57-63.

- Trade Map. (2023). Dış Ticaret İstatistikleri <https://www.trademap.org>. Son Erişim tarihi: Haziran 2023
- Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK). (2023) Tarımsal İstatistikler, <http://www.tuik.gov.tr>. Son Erişim Tarihi: Haziran 2023
- Ucar, K., G. Oruk and S. Engindeniz. 2022. Economic analysis of plum production in Izmir Province, Turkey. *Sarhad Journal of Agriculture*, 38(2): 409-416.
- Uçar, K., Engindeniz, S., Markovic, T., Kokot, Z. 2016. Analysis of Changes in Apple Production in Turkey, 27th International Scientific-Expert Congress of Agriculture and Food Industry, 26-28 September 2016, Bursa-Turkey, pp:147-151
- Uzundumlu, A.S., Ertek, N., Kurtoğlu, S. 2019. Erzurum İlinde Tüketilen En Uygun Elma Çeşidinin Belirlenmesi. *Ağrı İbrahim Çeçen Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 5(2): 245-264.







**ISBN: 978-625-367-126-6**