

**T.C.
ERCIYES ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
TARIMSAL BİYOTEKNOLOJİ ANABİLİM DALI**

**ŞEKER PANCARI (*BETA VULGARIS* L.) ISLAHINDA
HIZLANDIRILMIŞ ISLAH YÖNTEMİNİN KULLANILMA
POTANSİYELİNİN BELİRLENMESİ**

**Hazırlayan
Hasan Hüseyin DEDE**

**Danışman
Prof. Dr. Mehmet ARSLAN**

Yüksek Lisans Tezi

**Ağustos 2024
KAYSERİ**

T.C.
ERCIYES ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
TARIMSAL BİYOTEKNOLOJİ ANABİLİM DALI

ŞEKER PANCARI (*BETA VULGARIS L.*) ISLAHINDA
HIZLANDIRILMIŞ ISLAH YÖNTEMİNİN KULLANILMA
POTANSİYELİNİN BELİRLENMESİ

(Yüksek Lisans Tezi)

Hazırlayan
Hasan Hüseyin DEDE

Danışman
Prof. Dr. Mehmet ARSLAN

Ağustos 2024
KAYSERİ

BİLİMSEL ETİĞE UYGUNLUK

Bu çalışmadaki tüm bilgilerin, akademik ve etik kurallara uygun bir şekilde elde edildiğini beyan ederim. Aynı zamanda bu kural ve davranışların gerektirdiği gibi, bu çalışmanın özünde olmayan tüm materyal ve sonuçları tam olarak aktardığımı ve referans gösterdiğimi belirtirim.

Hasan Hüseyin DEDE

Şeker pancarı (*Beta vulgaris L.*) ıslahında hızlandırılmış ıslah yönteminin kullanıma potansiyelinin belirlenmesi adlı Yüksek Lisans Tezi, Erciyes Üniversitesi Lisansüstü Tez Önerisi ve Tez Yazma Yönergesi' ne uygun olarak hazırlanmıştır.

Hazırlayan

Hasan Hüseyin DEDE

Danışman

Prof. Dr. Mehmet ARSLAN

Tarımsal Biyoteknoloji ABD Başkanı

Prof. Dr. Semih YILMAZ

TEŞEKKÜR

Yüksek lisans tez çalışmasını veren ve hazırlamam sırasında beni bilgileri ile yönlendiren, çalışmalarımın her aşamasında bilgilerinden yararlandığım, öğrencisi olmaktan onur ve gurur duyduğum bana çalışmalarım süresince her türlü yardımı ve fedakârlığı sağlayan, değerli danışman hocam Prof. Dr. Mehmet ARSLAN 'a teşekkür ederim.

Çalışmalarım süresince emeği geçen değerli arkadaşlarım Ziraat Yüksek Mühendisi Hazal ŞAHİNER ve Ziraat Yüksek Mühendisi Emine ARIKAN'a teşekkür ederim.

Eğitim öğretim hayatım boyunca her zaman maddi ve manevi desteklerini hiçbir zaman esirgemeyen aileme teşekkür ederim.

Hasan Hüseyin DEDE

Ağustos 2024, KAYSERİ

ŞEKER PANCARI (*BETA VULGARIS* L.) ISLAHINDA HIZLANDIRILMIŞ ISLAH YÖNTEMİNİN KULLANILMA POTANSİYELİNİN BELİRLENMESİ

Hasan Hüseyin DEDE

Erciyes Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü
Yüksek Lisans Tezi, Ağustos 2024
Danışman: Prof. Dr. Mehmet ARSLAN

ÖZET

Şeker pancarı (*Beta vulgaris* L.) şeker üretimi amacıyla dünya çapında yetiştirilen önemli bir endüstri bitkisidir. Hızlı ıslah, tohumdan tohuma döngü için gereken süreyi azaltarak şeker pancarı ıslah programlarında çeşit geliştirme sürecini kısaltabilir. Uzun gün bitkilerinde aydınlanma süresinin uzatılması generasyon süresinin kısaltarak bir yılda birden fazla generasyon elde etmeye olanak sağlamaktadır. Farklı dalga boylarında Işık Yayan Diyot (LED'ler) lambalar ile aydınlanma süresini uzatarak bitki büyüme ve gelişiminin hızlandırılması amaçlanmıştır. Bu çalışmada dört farklı ışık kaynağının (beyaz, tam spektrum, Kırmızı + Mavi + Beyaz ve kontrol) şeker pancarı fide gelişimi üzerine etkisi belirlenmiştir. Şeker pancarı tohumları 3:1 oranında torf:perlite karışımı içeren 3 litrelik saksılara ekilmiştir. Ekimden sonra saksılar sıcaklık ve nem kontrollü büyüme odalarında 22 saat aydınlık ve 2 saat karanlık periyotta yetiştirilmiştir. Kontrol saksılarındaki bitkiler tarla koşullarında yetiştirilmiştir. Deneme tesadüf parsellerinde dört tekrarlamalı olarak kurulmuştur. Bitkiler farklı dalga boylarında 60 gün süre ile yetiştirilmiştir. Uzatılmış ışıklandırma uygulamaları kontrole kıyasla incelenen tüm özellikler yönünden daha iyi sonuç sergilemiştir. Kırmızı + Mavi + Beyaz ışık karışımının 22 saat aydınlık, 2 saat karanlık süre uygulaması yaprak boyu, yaprak eni, kök boyu, kök çapı, kök uzunluğu ve kök ağırlığı bakımından en iyi sonuçları vermiştir. Dikimden sonra en kısa tohum olgunlaşma gün sayısı değeri 56.17 ile beyaz ışık uygulamasından elde edilmiştir. Bu çalışma ışık yayan diyot kaynaklı uzatılmış aydınlatma süresi ile ıslah amaçlı fide gelişiminin 2 ay gibi bir süre içerisinde tamamlanacağını göstermiştir.

Anahtar Kelimeler: Hızlı ıslah, fide yetiştirme, fotoperiyod, LED aydınlatma, şeker pancarı.

DETERMINATION OF THE POTENTIAL USE OF ACCELERATED BREEDING METHOD IN SUGAR BEET (*BETA VULGARIS* L.) BREEDING

Hasan Hüseyin DEDE

Erciyes University, Graduate School of Natural and Applied Sciences

Master Thesis, August 2024

Supervisor: Prof. Dr. Mehmet ARSLAN

ABSTRACT

Sugar beet (*Beta vulgaris* L.) is a major industrial crop, grown worldwide for sugar production. Speed breeding can shorten plant generation times in sugar beet breeding programs by reducing time required for seed to seed cycle. Extending the illumination period in long-day plants shortens the generation period, allowing more than one generation to be achieved in a year. It is aimed to accelerate plant growth and development by extending the illumination time with Light Emitting Diode (LEDs) lamps of different wavelengths. In this study, the effect of four different light sources (white, full spectrum, Red + Blue + White and control) on sugar beet seedling development was determined. Sugar beet seeds were planted in 3-liter pots containing peat:perlite mixture at a ratio of 3:1. After planting, the pots were grown in temperature and humidity controlled growth rooms with a 22-hour light and 2-hour dark period. Plants in control pots were grown under field conditions. The experiment was set up in random plots with four replications. Plants were grown at different wavelengths for 60 days. Extended exposure treatments showed better results in terms of all examined characteristics compared to the control. Application of Red + Blue + White light mixture with 22 hours of light and 2 hours of darkness gave the best results in terms of leaf length, leaf width, root length, root diameter, root length and root weight. The shortest seed maturity day after planting was obtained from white light with 56.17 days. This study showed that the development of seedlings for breeding purposes will be completed within 2 months with the extended illumination period originating from the light-emitting diode.

Keywords: Speed breeding, seedling growth, photoperiod, LED lighting, sugar beet.

İÇİNDEKİLER

ŞEKER PANCARI (*BETA VULGARIS* L.) ISLAHINDA HIZLANDIRILMIŞ ISLAH YÖNTEMİNİN KULLANILMA POTANSİYELİNİN BELİRLENMESİ

BİLİMSEL ETİĞE UYGUNLUK	ii
YÖNERGEYE UYGUNLUK.....	iii
KABUL VE ONAY	iv
TEŞEKKÜR.....	v
ÖZET.....	vi
ABSTRACT.....	vii
İÇİNDEKİLER	viii
KISALTMALAR	x
TABLolar LİSTESİ.....	xi
ŞEKİLLER LİSTESİ	xii

1. BÖLÜM

GENEL BİLGİLER ve LİTERATÜR ÇALIŞMASI

1.1. Genel Bilgiler	4
---------------------------	---

2. BÖLÜM

YÖNTEM VE MATERYAL

2.1. Yöntem	12
2.1.1. Bitki büyüme kabinde pancar yetiştirilmesi	12
2.1.2. İncelenen Bitkisel Özellikler.....	14
2.1.3. Verilerin Değerlendirilmesi.....	14
2.2. Materyal.....	14

3. BÖLÜM

BULGULAR

3.1. Yaprak Uzunluğu (cm)	16
3.2. Yaprak eni (cm).....	17
3.3. Kök-gövde uzunluğu (cm)	19
3.4. Kök-gövde çapı (cm)	20
3.5. Kök-gövde ağırlığı (g)	22
3.6. Sapa kalkma süresi (gün)	23

3.7. Tohum olgunlaşma süresi (gün).....	24
--	-----------

4. BÖLÜM

SONUÇ VE ÖNERİLER

KAYNAKÇA	28
-----------------------	-----------

ÖZGEÇMİŞ.....	36
----------------------	-----------



KISALTMALAR

μ l	: Mikrolitre
μ M	: Mikromolar
CV	: Varyasyon katsayısı
dk	: Dakika
FL	: Fluoresan lamba
HPS	: Yüksek basınçlı sodyum lamba (high-pressure sodium)
K	: Potasyum
LED	: Işık yayan diyot (Light Emitting Diode)
LSD	: Least Significant Difference
M	: Molar
Mg	: Miligram
MHL	: metal-halide lambalar
ml	: Mililitre
ng	: Nanogram
SD	: Serbestlik Derecesi
SSD	: Tek tohumlu nesli

TABLOLAR LİSTESİ

Tablo 2.1.	Bitki büyüme kabinlerinde kullanılan LED lambalar ve özellikleri	13
Tablo 2.2.	Çalışmada kullanılan şeker pancarı CMS hat ve tozlayıcı poligerm hatta ait bazı özellikler	15
Tablo 3.1.	Farklı ışık kaynağının yaprak uzunluğu etkisine ilişkin varyans analiz sonuçları.	16
Tablo 3.2.	Farklı ışık kaynaklarının yaprak uzunluğu etkisine ilişkin ortalama değerler ve oluşan gruplar	16
Tablo 3.3.	Farklı ışık kaynağının yaprak eni etkisine ilişkin varyans analiz sonuçları.	18
Tablo 3.4.	Farklı ışık kaynaklarının yaprak enine etkisine ilişkin ortalama değerler ve oluşan gruplar	18
Tablo 3.5.	Farklı ışık kaynağının kök-gövde uzunluğuna etkisine ilişkin varyans analiz sonuçları.	19
Tablo 3.6.	Farklı ışık kaynaklarının kök-gövde uzunluğuna etkisine ilişkin ortalama değerler ve oluşan gruplar	20
Tablo 3.7.	Farklı ışık kaynağının kök-gövde çapına etkisine ilişkin varyans analiz sonuçları.	20
Tablo 3.8.	Farklı ışık kaynaklarının kök-gövde çapına etkisine ilişkin ortalama değerler ve oluşan gruplar	21
Tablo 3.9.	Farklı ışık kaynağının kök-gövde ağırlığına etkisine ilişkin varyans analiz sonuçları.	22
Tablo 3.10.	Farklı ışık kaynaklarının kök-gövde ağırlığına etkisine ilişkin ortalama değerler ve oluşan gruplar	22
Tablo 3.11.	Farklı ışık kaynağının sapa kalkma süresine ilişkin varyans analiz sonuçları.	23
Tablo 3.12.	Farklı ışık kaynaklarının sapa kalkma süresine etkisine ilişkin ortalama değerler ve oluşan gruplar	23
Tablo 3.13.	Farklı ışık kaynağının tohum olgunlaşma süresine ilişkin varyans analiz sonuçları.	24
Tablo 3.14.	Farklı ışık kaynaklarının tohum olgunlaşma süresine etkisine ilişkin ortalama değerler ve oluşan gruplar	25

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 1.1.	Geleneksel (1) ve hızlandırılmış ıslah (2) programında zaman Tablosu...	7
Şekil 1.2.	Bitkiler tarafından fotosentezde kullanılan aktif radyasyon ve bağlı fotosentez randımanları	8
Şekil 1.3.	Fotosentezde kullanılan farklı dalga boyundaki ışığın bitki pigmentler tarafından absorpsiyonu ve fotosentez etkinliği	9
Şekil 2.1.	Bitki büyüme kabininde 22 saat aydınlık, 2 saat karanlık fotoperiyotta yetiştirilen pancar bitkisi	13
Şekil 3.1.	(1) Beyaz, (2) Tam spektrum, (3) kırmızı + Mavi + Beyaz ışık kaynağında yetişen pancar bitkisi, (4) vernalizasyon sonrası sapa kalkan pancar bitkisi.....	18

GİRİŞ

Şeker pancarı dünyada stratejik öneme sahip bir endüstri bitkisidir. Şeker fabrikalarının kuruluş amacı ülkemizin şeker ihtiyacını karşılamamanın yanı sıra tarımın devamlılığına katkıda bulunarak çiftçilerimizi ve ülkemizi kalkındırmaktır. Çünkü şeker insanların yaşamlarını sürdürebilmesi için ihtiyaç duydukları en temel karbonhidrat maddesidir. Şeker ihtiyacın büyük bir kısmı şeker pancarından elde edilen sükroz ile karşılanmaktadır. Bu nedenle şeker pancarının ülkemizin beslenme ve sosyoekonomik gelişimine katkısı göz ardı edilemeyecek kadar büyüktür. Beslenmenin temel maddesi olmasının yanı sıra pancarın işlenmesinden elde edilen yan ürünlerin çoğu büyük öneme sahiptir.

Şeker elde etmek amacı ile şeker pancarı ıslahı 150 yıllık bir geçmişe sahiptir. Islah çalışmalarına başlandığında tahminen %6 civarında olduğu sanılan şeker oranı yürütülen ıslah çalışmaları ile günümüzde %24'lere kadar çıkarılmıştır. Şeker pancarı dünyada şeker üretiminin yaklaşık %35-40'ını karşılamakta, kalan diğer kısım ise şeker kamışından elde edilmektedir. Yüksek sıcaklık gereksinimi nedeni ile şeker kamışı şeker pancarına oranla sınırlı sayıda ülkede ekonomik olarak yetiştirilmektedir. Ülkemizde şekerpancarı tarımı yaklaşık 6000 köyde ve 500 bin çiftçi ailesi, diğer bir ifade ile 5 milyon insanın yanı sıra tarım, hayvancılık sanayi, et, süt, nakliye ve hizmet sektörü ile iç içe girmiş olması nedeni ile stratejik bir üründür. Diğer bir deyişle 3 milyondan fazla kişi şeker pancarı tarımı, endüstrisi, hayvancılık, şeker pancarı ve şeker nakliyesi ile uğraşmaktadır. Bu nedenle şeker pancarı bitkisi tarım, endüstri, işlenmiş gıda ürünleri ve istihdam gibi değişik dal ve konularda bir bütünlük teşkil etmektedir (Turgut, 2012). Türkiye'de 350.000 hektar alanda üretilen şeker pancarında tohumluk ihtiyacı, 2011 yılında 1479 ton, 2012 yılında 1166 ton ve 2013 yılında 1375 tondur.

Türkiye'de şeker pancarından şeker üretimine yönelik ilk ciddi çalışmalar ve yatırımlar Cumhuriyet döneminde yapılmış ve bu dönemde mevcut şeker fabrikalarının önemli bir kısmı inşa edilmiştir. Şeker fabrikaları kuruluşundan günümüze kadar modern tarımın

uygulanmasına, kırsal alanda gelir seviyesinin ve refahını artmasına, bölgeler arası gelişmişlik farkının azalmasına katkı sağlayan önemli bir endüstri bitkisi olmuştur. Türkiye’de şeker tüketimi 4634 sayılı şeker Kanununa göre %95’i pancar şekeri, %5’i ise mısırdan üretilen nişasta bazlı şekerlerden karşılanmaktadır.

Şeker dünya genelinde yüksek kalorili düşük fiyatlı bir gıda olduğu için çokça tercih edilen bir düründür. Birçok doğal ve yapay ürün şeker alternatifi olarak alınıp satılmakta ise de bunların hiçbiri şeker pancarı ve şeker kamışından elde edilen şekerin yerini tutamamıştır. Dünyada en çok şeker üretimi yapan başlıca ülkeler Hindistan, Brezilya, AB, Çin, ABD, Tayland, Meksika, Avustralya ve Küba iken en çok şeker tüketen ülkeler ise Hindistan, AB, Brezilya, ABD, Çin, Rusya ve Meksika’dır. Türkiye şeker pancarından şeker üreten ülkeler arasında %8’lik bir payla dördüncü sırada yer almaktadır.

Şeker pancarı tarımı, üreticiye gelir garantisi sağlayan çiftçiye kırsala bağlayan, geniş bir insan yelpazesine istihdam sağlayan önemli bir endüstri bitkisidir. Şeker pancarı yetiştiriciliği ekonomi açısından değerlendirildiğinde buğdaya göre 18, ayçiçeğine göre 4,4 kat fazla istihdam sağlayan bir bitkidir. Türkiye’de modern tarım tekniklerini çiftçiye sunan, bitkisel ve hayvansal üretimin gelişmesine olanak sağlayan, toprağın fiziki yapısına ve ekolojik dengenin iyileşmesine katkı sağlayan, kendinden sonra ekilen bitkinin verimini artıran, planlı üretim ve planlı alımın yapıldığı ender bir bitkidir. Türkiye’de şeker endüstrisinin gayri safi milli hâsılaya payı % 0.2, imalat endüstrisi içindeki payı ise % 0.8 civarındadır. Bu nedenle şeker endüstrisi tarıma dayalı sanayi içinde gösterilen en başarılı ve en önemli sektörlerin başında gelmektedir. Şeker ve şeker pancarı yan ürünleri dikkate alındığında şeker pancarı tarımı ve endüstrisinin Türk ekonomisine sağladığı katkı küçümsenemeyecek kadar fazladır.

Türkiye’de de yerli hibrid şekerpancarı çeşitleri geliştirebilmemiz için farklı monogerm GMS ana hatların, bunların sürdürücülerinin ve poligerm tozlayıcı baba hatların geliştirilmesine, geliştirilen hatlar arasında heterosis oranları yüksek hatların melezlenmesi ile kök-gövde verimi ve şeker oranı yüksek hibrid çeşitlerin geliştirilmesi gerekmektedir. Bu nedenle Türkiye’nin kısa vadede 20, orta vadede 50, uzun vadede 100-150 farklı hibrid şekerpancarı çeşidi geliştirmesine ihtiyaç duyulmaktadır. Şekerpancarı tohumluğunda dışa bağımlılıktan kurtulmak için şekerpancarında hibrid çeşit ıslah programlarının başlatılarak yerli çeşitlerin geliştirilmesi büyük önem taşımaktadır.

Sadece yurt içi pazar için değil, yurt dışına ihraç etmek üzere de hibrid şekerpancarı çeşitlerini geliştirmemiz gerekmektedir.

Şeker pancarında hedeflenen yerli çeşitlerin geliştirilmesi için mutlak suretle yeni teknolojilerin ve yöntemlerin kullanılması gerekmektedir. Bir yılda birden fazla gererasyon ilerlemesi sağlayan hızlı ıslah tekniği birçok bitkide başarı ile uygulanarak yılda 4-5 generasyon ilerleme sağlanmıştır. Yılda birden çok generasyon ilerlemesine olanak sağlayan hızlı ıslah tekniğinin şeker pancarı ıslahına uyarlanması şeker pancarı ıslah programlarımızın hızlandırılması ve hedeflenen yerli çeşit sayılarına ulaşmak için oldukça önemlidir.



1. BÖLÜM

GENEL BİLGİLER ve LİTERATÜR ÇALIŞMASI

1.1. Genel Bilgiler

Chenopodiaceae (Ispanakgiller) familyasında yer alan şekerpancarı (*Beta vulgaris* var. *saccharifera* L.) yüksek oranda şeker içeren, çift çenekli, iki yıllık, yabancı döllen bir bitkidir. Bitki birinci yıl rozet yapıda kök-gövde gelişimini tamamlamakta, ikinci yıl ise vernelize olup sapa kalkarak tohum oluşturmaktadır (Dilek, 2022). Bitki şeker amaçlı tek yıllık, tohum üretim amaçlı ise iki yıllık olarak yetiştirilmektedir. Kültürü yapılan ticari çeşitlerin çoğu diploid veya triploid yapıdadır. Yapılan araştırmalar tetraploid çeşitlerin kök gövde verimi ve şeker oranı yönünden diploitlerden düşük olduğunu, triploid çeşitlerin ise kök gövde verimi ve şeker oranı yönünden diploitlerden daha üstün olduğunu göstermiştir (Peto ve Boyes, 1940).

Şeker pancarı, sıcak ve ışığı seven bir uzun gün bitkisi olup şeker üretimi için vejetasyon süresi yaklaşık 6 aydır. Bitki bu sürede büyüme ve gelişmesi için 2500-2900 °C sıcaklık toplamına ihtiyaç duymaktadır. Şeker pancarı tohumları 7-8 °C'de çimlenmeye başlamakta; ancak, 25 °C'de en yüksek çimlenme oranına ulaşmaktadır. Şeker pancarı şeker üretimi için yıllık, tohum üretimi için iki yıllık bir sezona ihtiyaç duyar. Birinci yıl kök-gövdede enerji depo eden bitki, vernelizasyonu takiben ikinci yıl sapa kalkarak tohum bağlar. Tohumluk üretiminde iki yıllık süreyi kısaltmak için iki aşamalı bir üretim sistemi uygulanır. İlk aşamada ebeveyn hatlara ait tohumlar Ağustos ayında tarlaya ekilerek fideler yetiştirilir, ikinci aşamada ise bu fideler Mart sonu Nisan ayında tohumluk üretim tarlalarına dikilerek tohum üretimi gerçekleştirilir (Arıoğlu, 2000).

Bir pancar bitkisinde yaklaşık 10-20 bin adet çiçek oluşabilir. Tarla koşullarında şeker pancarında çiçeklenme süresi 30-40 gündür. Çiçeklenme alttan üste, ana saptan yan

dallara doğru devam eder. Pancar çiçeklerinin açılması, polenlerin etrafa yayılması sabahın erken saatlerinde olur. Çiçeklenme süresinin uzun olması tohumlarda eş zamanlı olgunlaşmama sorununa neden olur. Bu nedenle tohumların çoğu kahverengine dönüştüğünde bitki tohum üretimi için hasat edilir.

İki yıllık bir bitki olması ve kendileme depresyon oranının yüksek olması nedeni ile şeker pancarı ıslahı diğer birçok bitkiye göre oldukça zordur. Bitki birinci yıl kök gövdesini geliştirir, takip eden yıl ise sapa kalkarak çiçeklenip tohum oluşturduğundan tohum üretimi için en az 11 aylık bir zamana ihtiyaç duyulmaktadır. Bazı ekstrem durumlarda bu süre 6 haftalık fideleri vernelize ederek 9 aya kadar kısaltılabilmektedir. Şekerpancarında 3 karpelli bir dişi organ 5 adet erkek organ tarafından çevrilidir. Çiçek dar yapılı 5 adet çanak yaprağa sahiptir. Bitki üzerinde çiçekler ana ve yan dal yaprak koltuklarının uç kısımlarında yer almaktadır. Çiçekler sapsız olup tek tek veya 2 ile 7 arasında değişen kümeler halinde bulunmaktadır. Monogerm (tek fide oluşturan) genotiplerin çiçekleri tekli halde bulunmakta, poligerm genotiplerin ise çiçekleri iki ve daha fazla gruplar halinde bulunan çiçek topluluğundan oluşmaktadır. Bir tohumda monogerm genotiplerde bir fide, poligerm (iki veya daha fazla fide oluşturan) genotiplerde ise iki veya daha fazla fide oluşmaktadır. Günümüzde monogerm çeşitler sağladığı iş gücü gibi avantajından dolayı poligerm çeşitlerin yerini almıştır.

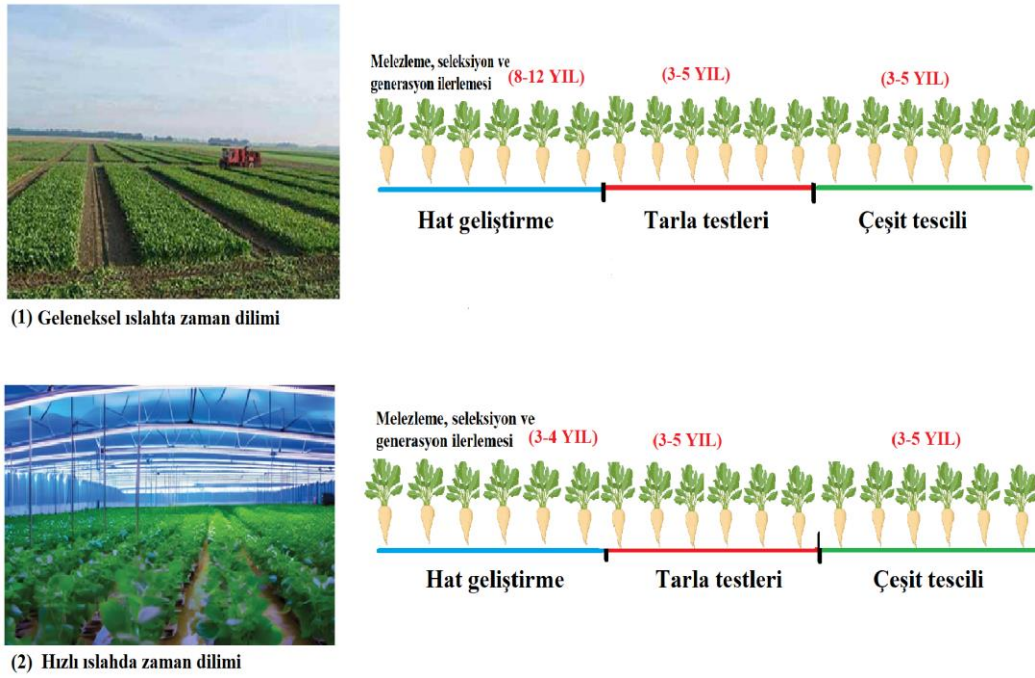
Farlı bitkilerde bulunan arzu edilen özellikleri tek bitkide toplama, farklı genetik kökenli bitkilerin melezlenmesi ve ileri generasyonların durulmuş popülasyonlarında istenen özellikleri taşıyan bitkilerin seçimi esasına dayanır. Melezleme sonucu elde edilen tohumlar uygun ekim zamanında tarlaya ekilerek açılma kuşağında amaca uygun seleksiyon programı yürütülür. Melezlemeleri takiben tarla koşullarında başta verim ve bazı bitkisel özellikleri taşıyan stabil hatların geliştirilmesi 4-6 yıl kadar bir zaman almaktadır. Bu nedenle generasyon süresinin uzunluğu ıslah süresinin de uzamasına neden olur (Godfray ve ark. 2010). Bitki ıslahçıları ıslah süresini kısaltmak için shuttle breeding, dihaploid tekniği, genomik seleksiyon, genom düzenleme, tek tohum nesli ve hızlı ıslah tekniği gibi farklı yöntemler kullanmışlardır. Bunlardan biri ve en eski olanı ıslah programını ıslahın iki farklı iklim kuşağında yer alan lokasyonda sürdürülmesidir (Shuttle breeding). Ancak shuttle breeding iki farklı lokasyonda yürütüldüğü için ıslah maliyetlerini artırmaktadır. Bu amaçla Goulden (1939) ıslah süresini kısaltmak için seleksiyon aktivitelerini açılma gösteren popülasyonun duruluncaya

(homozigotlaşmaya) kadar ertelenmesini önermiştir. Hızlı generasyon ilerlemesi ve melezlerde genetik farklılığın korunması için tek tohum nesli ıslah yöntemi önerilmiştir.

Hızlı ıslahın generasyon süresinin kısaltılmasında etkili olduğu buğday gibi uzun gün bitkilerinde, pamuk ve çeltik gibi kısa gün bitkilerinde ve horozibiği (*Amaranthus* spp) gibi nötr gün bitkilerinde kanıtlanmıştır (Ahmar ve ark. 2020). Hızlı ıslah uygulamaları gen düzenleme yoluyla genetik kazancın artırılması, yüksek verimli fenotipleme, genomik seçim, ve markör destekli seleksiyon (MAS) gibi alanlarda da kullanılabilmektedir (Pandey, 2022). Bunlara ilave olarak, hızlı ıslah dihaploidi (DH) ile ilgili düşük çimlenme oranı ve düşük vigor gibi bazı sorunların üstesinden gelmede kullanılabilmektedir.

Hız ıslah kısa sürede generasyon ilerlemesi sağlamak için bitkinin yetiştiği ortam koşullarını manupile ederek bitki büyüme ve gelişimini hızlandırmayı amaçlayan teknolojik bir yaklaşımdır (Bhatta ve ark, 2021). Hızlı ıslahın temel ilkesi, bitkilerin yetiştiği ortamı optimize ederek, ıslahçılara ve diğer araştırmacılara kısa sürede generasyon ilerlemesi (bir yılda birden çok kuşak) olanağı sunmaktır (Pandey, 2022). Hızlı ıslah tekniği, ıslahçıların gıda üretimine yönelik artan taleplere ve iklim değişikliğinden kaynaklı sorunlara cevap verebilmek için ortaya çıkmıştır.

Tek tohumlu nesli (SSD) ıslah yöntemi, hatlarındaki genleri hızlı bir şekilde sabitlemek için ıslahçılar tarafından kullanılan geleneksel bitki yetiştiriciliğinin bir modifikasyonudur. Adından da anlaşılacağı gibi tek tohum nesli, bitki başına rastgele seçilen bir tohumun seçimi ile erken açılma kuşağı boyunca genetik ilerle kaydedilmesidir (Goulden 1939; Brim 1966). Bir sonraki nesli üretmek için yalnızca bir tohumla ihtiyaç duyulduğundan, bitkiler çiçeklenmeyi ve tohum oluşumunu hızlandıran koşullar altında yetiştirilir. Bu yöntem generasyon süresinin kısalmasına ve yılda birden fazla generasyon elde etmeye olanak sağlar. Çok sayıda homozigota yakın hat, ilk melezlemeden sadece kısa bir süre sonra tarlada test edilebilir. Bu yöntem aynı zamanda değiştirilmiş pedigrî yöntemi olarak da bilinir (Brim, 1966).

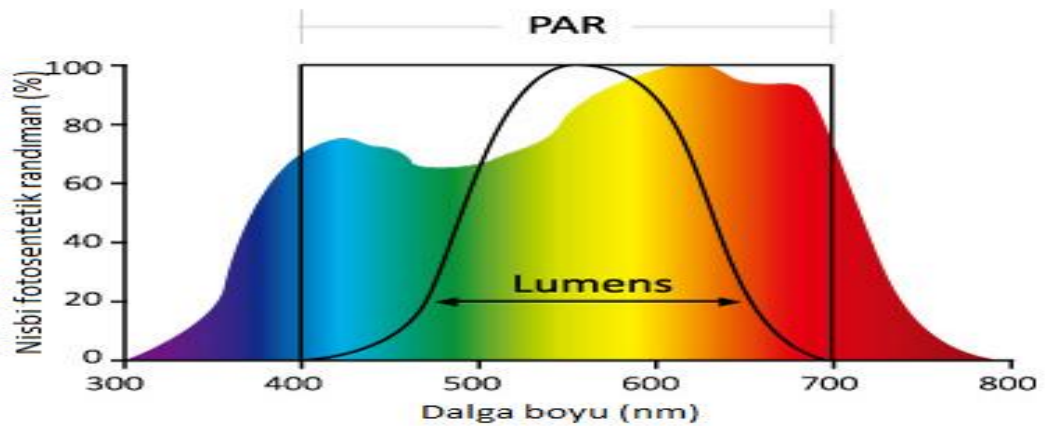


Şekil 1.1. Geleneksel (1) ve hızlandırılmış ıslah (2) programında zaman Tablosu

Geleneksel bitki ıslahı çok zaman alıcıdır, çünkü bu yöntemle çoğu bitkide yılda yalnızca 1-2 generasyon ilerleme sağlanabilmektedir. Geleneksel ıslah yöntemleri ile artan nüfusun besin ihtiyaçlarını karşılamak oldukça zor gözükmemektedir. Bu nedenle ıslah süresini kısaltmak için kısa sürede birkaç generasyon ilerleme sağlamaya olanak tanıyacak yeni yaratıcı ıslah tekniklerinin geliştirilmesine ihtiyaç duyulmuştur. Bu tekniklerden biri ise hızlı ıslah olarak bilinen ışık, ısı ve nem kontrollü ortamlarda fotoperiyot süresini kısaltarak bitki büyüme ve gelişimini hızlandırmadır (Stutte, 2016; Akash, 2020; Bhatta, 2021) (Şekil 1.1). Avustralyalı bilim insanlarına NASA'nın uzayda buğday yetiştirmeye yönelik çalışmaları hızlı ıslah tekniğinin geliştirilmesine ilham olmuştur. Hızlı ıslah tekniğinin uygulanması ile Utah Üniversitesinde USU-Apogee isimli buğday çeşidi geliştirmiştir (Hickey ve ark, 2017).

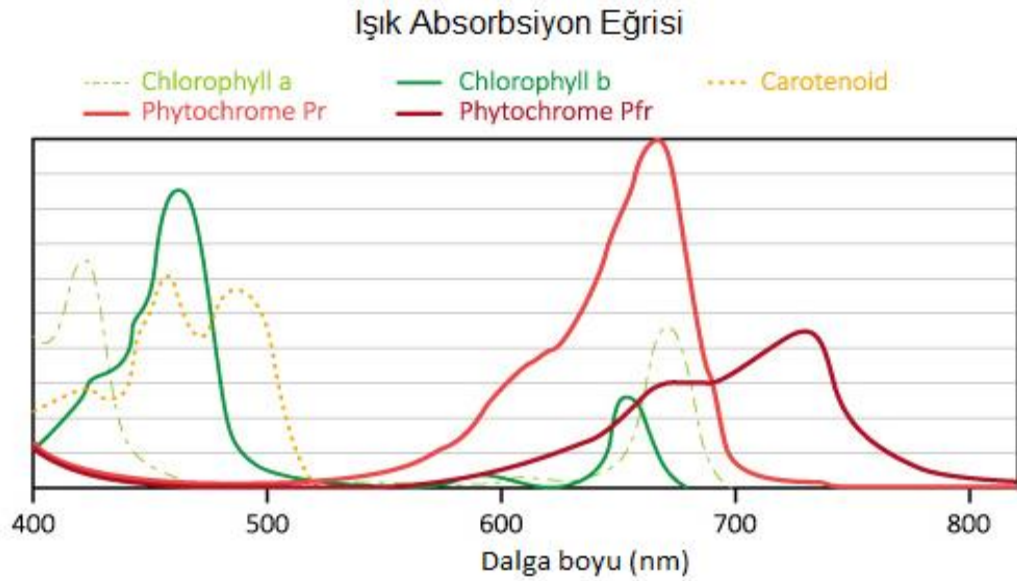
Hızlı ıslahın bir diğer temel prensibi ise, büyüme odaları veya seralar gibi kontrollü ortamlarda çevresel faktörlerin hassas kontrolüdür (Elvanidi ve ark. 2017). Bu faktörler sıcaklık, ışık spektrumu ve yoğunluğu, nem ve CO₂ konsantrasyonudur. Hızlı ıslahta sıcaklık, ışık spektrumu ve yoğunluğu, nem ve CO₂ gibi faktörlere hassas ayar yaparak hızlı bitki büyümesine ve gelişmesine elverişli bir ortam yaratılır (Bokhorst ve ark. 2013). Örneğin sıcaklığı manipüle etme yeteneği, araştırmacıların farklı mevsimleri veya iklim

koşullarını taklit etmelerine olanak tanıyarak, dış ortam koşullarından bağımsız olarak yıl boyunca bitki büyüme ve gelişimine olanak tanır (Bokhorst ve ark. 2013). Buna ilaveten, ışık spektrumu ve yoğunluğu bitki türlerine göre değiştirilerek ayarlanabilir (Smith, 1982). Hızlı ıslah da LED aydınlatma sistemlerinin kullanımı, ışık dalga boylarının hassas kontrolüne olanak sağlayarak araştırmacıların, gölgeden kaçınma veya hızlandırılmış çiçeklenme gibi belirli tepkilerini (Schröder ve ark. 2019) teşvik etmesine veya engellemesine olanak sağlar.



Şekil 1.2. Bitkiler tarafından fotosentezde kullanılan aktif radyasyon ve bağlı fotosentez randımanları

Bitkiler için fotosentezde etkili olan ışığın dalga boyu (400-700 nm) tam spektrum olarak ifade edilir (Şekil 1.2). Tam spektrum dalga boyu arasında kalan ışınlar mor (390-435 nm), mavi (435-490 nm), yeşil (490-574 nm), sarı (574-595 nm), turuncu (595-626 nm) ve kırmızı (626-760 nm) ışıktan oluşurlar. Bitkiler tam spektrum dalga boyunda yaprak büyümesi ve gelişimi, stoma büyümesi, çiçeklenme ve fotomodifikasyon, fotoperiyodizm gibi foto-morfolojik tepkiler gösterirler. Bitkilerde fitokromlar, kriptokromlar ve fototropinler olmak üzere bilinen üç çeşit foto-reseptör mevcuttur (Sancar, 2003; Briggs ve Christie, 2002) (Şekil 1.3). Fotosentezde kullanılan farklı dalga boyundaki ışık farklı bitki pigmentler tarafından absorbe edilerek fotosentezde kullanılır (Şekil 1.3). Bitki büyüme odalarında kullanılan yapay ışık kaynağında uygun dalga boylarının seçimi ile bitkilerin fotomorfogenik yapısı olumlu yönde değiştirilebilir (Kopsell ve ark., 2015).



Şekil 1.3. Fotosentezde kullanılan farklı dalga boyundaki ışığın bitki pigmentler tarafından absorpsiyonu ve fotosentez etkinliği

Kırmızı ve mavi ışık genellikle bitki büyümesi ve gelişimi için gerekli en önemlileri ışık olarak kabul edilir (Chen ve ark. 2017). Buna karşın diğer ışık dalga boyları da (sarı veya yeşil renklere karşılık gelenler) bitki kalitesi üzerine önemli etkiye bulunurlar (Olle ve Viršile 2013). Mavi ışık, fototropizm, fotomorfogenez, stoma açılması ve yaprakta fotosentetik reaksiyonların oluşu gibi çok çeşitli süreçlerde yer alır (Whitelam 2007). Mavi ışık dalga boyundaki LED lambalar ile genellikle geniş bant (660 nm) ışık yayan lambalar veya mavi dalga boyu içermeyen lambaların karşılaştırıldığı çok sayıda araştırma yapılmıştır (Pepin ve ark. 2013; Guo ve ark. 2017; Joshi ve ark. 2019; Terashima, 2009; Yorio ve ark. 2001; Matsuda ve ark. 2004). Yeşil ışığın etkileri genellikle kırmızı ve/veya mavi ışığın oluşturduğu süreçleri tersine çevirir (6).

Bu sayede yeşil ışık kızıl ötesi ışığa benzer bir şekilde çalışarak bitkiye fotosentetik olarak bilgi verir ve olumsuz koşullara karşı uyarlanabilir tepkilerin tetiklenmesini sağlar (Paucek ve ark. 2020). Bir çok bitkide mavi ve kırmızı ışığın karışımının bitki büyüme ve gelişimi üzerine çalışmalar yürütülmüştür (Wahyuni ve ark. 2013; Lemos ve ark. 2019). Kırmızı ışık marulda biyokütle birikimini, büyümeyi ve fotosentezi teşvik ederken mavi LED ışık fotomorfogenezi uyarmada, stoma açma/kapama düzenleme mekanizmasında, klorofil ve antosiyanin biyosentezi ve biyokütle birikimi üzerine etkili olmuştur (Jovicich ve ark. 2004; Sipos ve ark. 2020). Mavi ve kırmızı ışık

kombinasyonunun Batavia marulunun büyüme ve gelişimi üzerine olumlu etkisi gözlenmiştir (Wubs ve ark. 2009; Dueck ve ark. 2019). Yeşil ışık yaprak gelişimini, stoma iletkenliğini, sap sağlamlığını düzenlemiştir. Bunlara ilaveten yeşil ışık kuru madde birikimini artırmış ve büyümeyi teşvik etmiştir (Wubs ve ark. 2009).

Hızlı ıslah çeşitli geliştirme ve araştırmalarda araştırma sürelerini önemli ölçüde hızlandırarak bitki yetiştirme alanında devrim yaratmıştır (Pandey ve ark. 2022). Hızlı ıslahın uygulama alanları çok geniş olup iki ebeveynli ve daha karmaşık haritalama popülasyonlarının oluşturulmasını, gen piramitlemesi, geri melezlemenin hızlandırılmasını, bitki özelliklerinin fenotiplenmesini, mutant çalışmalarını ve genetik dönüşüm deneylerini kapsar. Hızlı ıslah, gen düzenleme, hassas fenotipleme ve genotipleme, genomik seleksiyon ve markör destekli seleksiyon gibi ileri tekniklerle birleştirildiğinde hızlı ıslahın önemi kanıtlanmıştır (Pandey ve ark. 2022). Yetiştiriciler, bu modern metodolojileri hızlı ıslah ile entegre ederek bitki ıslahını hızlandırabilir ve aynı anda birden fazla iş yükünün üstesinden gelebilir. Hızlı ıslahın önemli bir avantajı, bitkilerin yüksek yoğunluklarda büyümesine izin vererek maliyetleri ve alan gereksinimlerini azaltma yeteneğidir (Ghosh ve ark. 2018). Bu özellikle çok sayıda kendilenmiş hat üretmek için faydalıdır. Ek olarak hızlı ıslah, düşük çimlenme oranları, zayıf canlılık ve çarpık büyüme gibi dihaploid teknolojiyle ilişkili bazı sınırlamaları da ortadan kaldırabilir.

Ticari seralarda yapay ışık kullanılarak yapılan ışık takviyesi, özellikle kış ve ışık yoğunluğunun düşük olduğu sonbahar aylarında biomas üretimini ve bitkilerin besin maddesi alımını önemli ölçüde artırmaktadır (Lu ve ark., 2012; Yorio ve ark., 2001). Hızlı ıslah tekniklerinin gelişmesiyle birlikte yapay ışık, ışık koşullarını kontrol etme önem kazanmıştır. Uzun zamandan beri araştırmacılar ve yetiştiriciler floresan lambalar, filamanlı lambalar ve yüksek basınçlı sodyum lambaları (HPL) bitki yetiştirmek amaçlı kullanıldı ve bu lambaların bitki büyüme ve gelişimi üzerine çok sayıda çalışma yapıldı (Tibbitts ve ark., 1983). Ancak bu tür lambalar çok fazla elektrik enerjisi tüketmekte ve çok fazla ısı açığa çıkarmakta (bu da soğutma sistemi maliyetini artırmaktadır) ve ayrıca dalga boyları da bitkiler için çok uygun olmadığından aşırı enerji israfına yol açmaktadırlar (Randall ve Lopez, 2014).

Hızlı ıslah maliyetlerinin kontrolünde en önemli faktör, fotoelektrik verimi yüksek ışık kaynakları ile fotosentez için gerekli ışık kaynağı sağlamaktır. Işık yayan diyotlar (LED'ler), bitki büyümesinde kullanılan geleneksel ışık kaynaklarıyla (örneğin HPL) karşılaştırıldığında, LED'lerin üstün kullanım ömrü, küçültülmüş boyutu, daha soğuk ışık yayma ve düşük enerji maliyeti gibi önemli avantajlara sahip olması nedeniyle hızlı ıslah ortamlarında alternatif ışık kaynakları olarak önerilmiştir (Massa ve ark., 2008). Geleneksel ışık kaynaklarına göre LED aydınlatma kullanmanın sunduğu diğer avantajlar ise bitki büyümesini, gelişmesini ve diğer arzu edilen özellikleri (örneğin fitokimyasal içeriği artırmak) optimize edebilen spesifik dar bant dalga boyuna sahip ışığın optimum oranını içeren türe özgü ışık ayarlarının geliştirilebilmesidir (Bian ve ark., 2016). Son zamanlarda LED'lerin bitki büyüme ve gelişmesi üzerindeki etkisi artan bir ilgi uyandırmıştır. Ancak ilgili çalışmaların sonuçları bazen farklı ve hatta çelişkili olmuştur (Avercheva ve diğerleri, 2009; Bian ve ark, 2016; Hogewoning ve ark, 2010; Urbonavičiūtė ve ark, 2007).

2. BÖLÜM

YÖNTEM VE MATERYAL

2.1. Yöntem

2.1.1. Bitki büyüme kabininde pancar yetiştirilmesi

Çalışmada kullanılan saksılar ekimden öncesi çeşme suyu ile yıkanarak %1'lik HCl çözeltisinden geçirilmiş ve üç defa saf su ile durulanmıştır. Şeker pancarı hatlarına ait tohumlar içleri torfla doldurulmuş 3 litrelik saksılara ekim yapılmıştır. Ekimi yapılan saksılar ışık, ısı ve nem kontrollü büyüme odalarında yerleştirilmiştir. Her saksıya üç adet tohum ekilmiş, çıkıştan sonra her saksıda 1 bitki olacak şekilde seyreltme yapılmıştır. Bitki çıkışı gerçekleşene kadar, az miktar da sulama suyu ile saksılar sulanmıştır. Çıkıştan sonra ve daha sonraki dönemlerde sulamalar toprak nemi takibi yapılarak devam ettirilmiştir.

Bitki yetiştirme amaçlı akkor telli lambalar, metal halojen lambalar, floresan lambalar, yüksek basınçlı sodyum buharlı deşarj lambaları ve LED lambalar kullanılabilmektedir (Swami, 2023). Bu araştırmada enerji tüketiminin azlığı, ömürlerinin uzun olması, ışık ve enerji verimliliğinin yüksek olması, az ısı üretmesi ve görünür ışık bölgesi, morötesi (UV) kızıl ötesi (IR) gibi dalga boylarını kapsayan çok geniş aralıklarda üretilebilmesi gibi avantajlarından dolayı LED lambalar kullanılmıştır.



Şekil 2.1. Bitki büyüme kabininde 22 saat aydınlık, 2 saat karanlık fotoperiyotta yetiştirilen pancar bitkisi

Bitki büyüme odaları 5 m³ olacak şekilde plastik ve alüminyum malzeme kullanılarak yapılmıştır. Araştırmada her uygulama için dört tekerrür olacak şekilde yürütülmüştür, Araştırmada üç farklı ışık kaynağı beyaz, tam spektrum ve kırmızı + mavi + beyaz ışık uygulamaları 22 saat aydınlık, 2 saat karanlık olacak şekilde uygulanmıştır. Çalışmada kullanılan LED'lere ait bazı özellikler Tablo 2'de verilmiştir. Bitkiler yetiştirme dönemi boyunca 24 °C sıcaklık ve %70 nisbi nemde tutulmuştur. Kontrol saksıları ekimi takiben doğal ışıklandırmanın gerçekleştiği açık alana konulmuştur.

Tablo 2.1. Bitki büyüme kabinlerinde kullanılan LED lambalar ve özellikleri

Işık türü	Dalga Boyu (nm)	Geliş açısı (°)	Toplam Güç (W)	Çip Türü	Fotoperiyot (aydınlık/ karanlık)
Tam spektrum	380-780	120	200	COB	22/2
Mavi	435-490	120	200	COB	22/2
Kırmızı	626-760	120	200	COB	22/2
Beyaz	450-720	120	200	COB	22/2
Beyaz	450-720	120	200	COB	22/2
Kontrol	Sadece tam güneş ışığı altında yetiştirilmiştir				

2.1.2 İncelenen Bitkisel Özellikler

Yaprak uzunluğu (cm): Çıkıştan 30 gün sonra beş bitkide tesadüfen seçilen 10 yaprak, yaprak sapından yaprak ucuna kadar olan kısım ölçülerek yaprak boyu “cm” cinsinden belirlenmiştir.

Yaprak eni (cm): Çıkıştan 30 gün sonra beş bitkide tesadüfen seçilen 10 yaprağın eni orta kısmından ölçülerek yaprak eni “cm” cinsinden belirlenmiştir.

Kök-gövde uzunluğu (cm): Saksılarda yetiştirilen bitkiler hasat edildik sonra kök-gövde ucundan taç kısmına kadar olan kısım ölçülerek “cm” cinsinden ifade edilmiştir.

Kök-gövde çapı (cm): Saksılarda yetiştirilen bitkiler hasat edildik sonra kök-gövdenin orta kısmı ölçülerek “cm” cinsinden ifade edilmiştir.

Kök gövde ağırlığı (g): Saksılarda yetiştirilen bitkiler hasat edildik sonra kök-gövdeler hassas terazide tartılarak “g” cinsinden ifade edilmiştir.

Sapa kalma süresi (gün): Dikimden itibaren bitkilerin sapa kalkmaya başladıkları süre kaydedilerek “gün” cinsinden ifade edilmiştir.

Tohum olgunlaşma süresi (gün): Dikimden tohum olgunlaşmasına kadar geçen süre kaydedilerek “gün” cinsinden ifade edilmiştir.

2.1.3 Verilerin Değerlendirilmesi

Araştırma sonuçları tesadüf parsellerin deneme desenine göre 6 tekrarlamalı olarak yürütülmüştür. Çalışmadan elde edilen sonuçlar SAS istatistik programı kullanılarak analiz edilmiştir. Ortalamalar LSD’ ye göre ayrıştırılmıştır.

2.2. Materyal

Çalışma, 2023-2024 yılları arasında Erciyes Üniversitesi, Ziraat Fakültesi Tarımsal Biyoteknoloji Bölümü laboratuvarlarında yürütülmüştür. Çalışmada Erciyes Üniversitesi ve Kayseri Şeker A.Ş. iş birliği ile geliştirilen bir adet poligerm tozlayıcı hat bitkisel materyal olarak kullanılmıştır. Çalışmada kullanılan tozlayıcı hatta ait bazı özellikler Tablo 2.1. ' de verilmiştir.

Tablo 2.2. Çalışmada kullanılan şeker pancarı CMS hat ve tozlayıcı poligerm hatta ait bazı özellikler

Hat ismi	Embriyo sayısı	Kök-gövde verimi (ton/da)	Şeker oranı (%)	Na (%)	K (%)	α- amino N (%)
ERUKDH13	Poligerm	5.10	15.92	0.76	6.14	0.81

3. BÖLÜM

BULGULAR

3.1. Yaprak Uzunluğu (cm)

Yaprak uzunluğuna ilişkin varyans analizi sonuçları Tablo 3.1.'de, yaprak boyuna ait ortalama değerler ise Tablo 3.2.'de verilmiştir.

Tablo 3.1. Farklı ışık kaynağının yaprak uzunluğu etkisine ilişkin varyans analiz sonuçları.

Varyasyon Kaynağı	S.D.	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F
Işık Kaynağı	4	339.60	84.90	99.4**
Hata	25	21.43	8.86	
Genel	29	361.03		
CV	6.03			

Tablo 3.1.'de, farklı ışık kaynaklarının yaprak uzunluğu üzerine etkisinin % 1 olasılık düzeyinde istatistiksel olarak önemli olduğu anlaşılmaktadır.

Tablo 3.2. Farklı ışık kaynaklarının yaprak uzunluğu etkisine ilişkin ortalama değerler ve oluşan gruplar

Işık Kaynağı	Yaprak uzunluğu (cm)
Kırmızı + Mavi + Beyaz	20.90 A
Tam spektrum	17.16 B
Mavi	14.35 C
Beyaz	12.81 D
Kontrol	14.44 E
LSD 0.05	1.10

Tablo 3.2' den de görüleceği gibi yaprak uzunluğu yönünden ışık kaynakları arasında bir birinden önemli derecede beş farklı grup oluşmuştur. Yaprak uzunluğu değerleri 12.81 ile 20.90 cm arasında değişmiş olup, anılan karakter yönünden en yüksek değer Kırmızı + Mavi + Beyaz ışık kaynağından elde edilmiş, en düşük değer ise dış ortamda yetişen kontrol bitkisinden elde edilmiştir. Işık yoğunluğu arttıkça yaprak uzunluğunun kısaldığı görülmektedir. Tam beyaz ışık altında yetişen bitkilerin yaprak uzunlukları en düşük yaprak uzunluğu değerlerine sahip olmuştur. Işık tüm bitkiler için fotosentezde kullanılan vazgeçilmez bir enerji kaynağıdır. Fotosentezdeki işlevi yanı sıra ışık bitki morfolojisini ve fizyolojisini etkilemektedir. Işığın bitki morfolojisini ve fizyolojisini etkisi sadece ışık yoğunluğuna bağlı olmayıp aynı zamanda ışığın spektral kalitesi (rengi) bağlıdır. Kırmızı (600–700 nm) ve mavi (400–500 nm) dalga boyları fotosentezde kullanılan ana dalga boylarıdır. Çoğu LED tabanlı aydınlatma sisteminde kırmızı ve mavi dalga boyu ışıklar bitkiler tarafından fotosentezde en fazla absorbe edildikleri için kullanılırlar (Lichtenthaler ve Buschmann 2001; McCree 1971). Kırmızı ışık fotosentezde mavi ışıktan daha etkili kullanılır (McCree 1971).

Domateste uzatılmış aydınlanma süresinin bitki büyüme ve gelişimine bazı olumsuz etkiler oluşturduğu kaydedilmiştir. Çalışmamızda pancar bitkisi uzatılmış aydınlanma süresinden olumsuz etkilenmemiş, bitki yapraklarında herhangi bir hasar oluşumu gözlenmemiştir (Velez-Ramirez ve ark. 2011; Lanoue ve ark. 2019). LED ışık uygulamalarında ışıktan kaynaklı hasar daha çok aydınlanma süresinden değil ışık yoğunluğundan kaynaklandığı sanılmaktadır. Benzer şekilde domatesle yapılan bir çalışmada bitkilerde ışıktan kaynaklı zarar oluşmadığı durumlarda uzatılmış aydınlatma süresi biomas ve meyve verimi üzerine olumlu etki ettiği kaydedilmiştir (Velez-Ramirez ve ark. 2012).

3.2. Yaprak eni (cm)

Yaprak enine ilişkin varyans analizi sonuçları Tablo 3.3.'de, yaprak boyuna ait ortalama değerler ise Tablo 3.4.'de verilmiştir.

Tablo 3.3. Farklı ışık kaynağının yaprak eni etkisine ilişkin varyans analiz sonuçları.

Varyasyon Kaynağı	S.D.	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F
Işık Kaynağı	4	13.10	3.27	39.2**
Hata	25	2.09	0.08	
Genel	29	15.19		
CV	7.78			

Tablo 3.3'ün incelenmesinden de görüleceği gibi ışık kaynakları yaprak eni üzerine %1 seviyesinde önemli bulunmuştur.

Tablo 3.4. Farklı ışık kaynaklarının yaprak enine etkisine ilişkin ortalama değerler ve oluşan gruplar

Işık Kaynağı	Yaprak eni (cm)
Kırmızı + Mavi + Beyaz	4.73 A
Tam spektrum	4.25 B
Mavi	3.30 C
Beyaz	3.26 C
Kontrol	3.01 C
LSD 0.05	0.34



Şekil 3.1. (1) Beyaz, (2) Tam spektrum, (3) kırmızı + Mavi + Beyaz ışık kaynağında yetişen pancar bitkisi, (4) vernalizasyon sonrası sapa kalkan pancar bitkisi.

Yaprak eni değerleri ışık kaynakları arasında önemli derecede farklılık göstermiş, yaprak eni yönünden en yüksek değer 4.73 cm ile Kırmızı + Mavi + Beyaz ışık kaynağından, en düşük değer ise 3.01 cm ile kontrol uygulamasından elde edilmiştir. Bulgularımız Bian ve ark (2023) ın bulguları ile uyum içerisinde olup araştırmacılar marul bitkisi ile yaptıkları çalışmada en yüksek bitki yaş ve kuru bitki ağırlığını ve yaprak alanını mavi ve kırmızı ışık altında yetiştirilen marul bitkisinden elde etmişlerdir. Yüksek ışık yoğunluğu altında yetişen marul ve biber bitkilerinde spesifik yaprak alanında net ve önemli bir azalmanın olduğunu buda ışık absorpsiyonunu azalttığı Urrestarazu ve ark. (2016) tarafından kaydedilmiştir. Buna karşın Fan ve ark., (2013) ve Steinger, ve ark (2003) düşük ışık yoğunluğu yaprak alanının artmasına neden olduğu tarafından kaydedilmişlerdir. Daha düşük bir ışık yoğunluğunda daha uzun bir fotoperiyot, yüksek ışıktaki kısa bir fotoperiyottan daha etkili olduğu Elkins ve van Iersel (2020) tarafından önerilmiştir. Fazla yüksek olmayan bir ışık yoğunluğunda 22 saat ışık/2 saat karanlık süresi uygulanarak ıslah programlarında kullanılabilecek şeker pancarı fidelerinin geliştirilmesi amaçlanmıştır. Işık yoğunluğunun artırıldığında bitki yaprak uçlarında yanma gözlenmiştir. Fazla ışık yoğunluğunda benzer yaprak uç yanıklıkları marul bitkisinde de kaydedilmiştir (Sago, 2016).

3.3. Kök-gövde uzunluğu (cm)

Farklı ışık kaynağı altında yetiştirilen şeker pancarı bitkisinin kök-gövde uzunluğuna ilişkin varyans analizi sonuçları Tablo 3.5’de, yaprak boyuna ait ortalama değerler ise Tablo 3.6.’da verilmiştir

Tablo 3.5. Farklı ışık kaynağının kök-gövde uzunluğuna etkisine ilişkin varyans analiz sonuçları.

Varyasyon Kaynağı	S.D.	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F
Işık Kaynağı	4	235.63	58.92	374.66**
Hata	25	3.91	0.15	
Genel	29	239.61		
CV	4.02			

Tablo 3.6. Farklı ışık kaynaklarının kök-gövde uzunluğuna etkisine ilişkin ortalama değerler ve oluşan gruplar

Işık Kaynağı	Kök-gövde uzunluğu (cm)
Kırmızı + Mavi + Beyaz	13.98
Tam spektrum	12.10
Mavi	8.75
Beyaz	8.20
Kontrol	6.21
LSD 0.05	0.47

Bitkiler hasat edildikten sonra belirlenen kök-gövde çapına ilişkin varyans analizi sonuçları Tablo 3.7.'de, kök-gövde uzunluğuna ilişkin ortalama değerler ise Tablo 3.8.'de verilmiştir.

3.4. Kök-gövde çapı (cm)

Tablo 3.7. Farklı ışık kaynağının kök-gövde çapına etkisine ilişkin varyans analiz sonuçları.

Varyasyon Kaynağı	S.D.	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F
Işık Kaynağı	4	16.23	4.05	101.79**
Hata	25	0.99	0.04	
Genel	29	17.22		
CV	6.93			

Tablo 3.7'de verilen varyans analiz tablosu incelendiğinde farklı ışık kaynaklarının kök-gövde çapı üzerine %1 önem seviyesinde etki ettiği görülmektedir.

Tablo 3.8. Farklı ışık kaynaklarının kök-gövde çapına etkisine ilişkin ortalama değerler ve oluşan gruplar

Işık Kaynağı	Kök-gövde çapı (cm)
Kırmızı + Mavi + Beyaz	4.13
Tam spektrum	3.30
Mavi	2.45
Beyaz	2.66
Kontrol	2.25
LSD 0.05	2.23

Tablo 3.8'in incelenmesinden de görüleceği gibi kök-gövde çapı değerleri 2.25 ile 4.13 cm arasında değişim göstermiş, kök-gövde çapı yönünden en düşük değer kontrol uygulamasından elde edilirken en yüksek değer kırmızı + mavi + beyaz ışık uygulamasından elde edilmiştir. Farklı dalga boyundaki LED ışıkların farklı bitkilerin büyümesi ve gelişimi üzerinde farklı etkilediği bilinmektedir. Bu nedenle farklı dalga boyuna sahip LED ışık kaynaklarının şeker pancarı bitkisi üzerine etkisi mutlak suretle test edilmelidir. Kök-gövde çapı önemli bir kök-gövde parametresi olup sapa kalkma ve tohum bağlamayı doğrudan etkilemektedir. Kök-gövde çapı yönünden en yüksek değerler kırmızı + mavi + beyaz ışık uygulamasından elde edilmiştir. Kırmızı ve mavi ışık dalga boyları bitki gelişimi ve büyümesi üzerine etki ettiği çok iyi bilinmektedir. Kırmızı ve mavi ışığın bitki büyüme ve gelişimine etkisi iyi bilinmektedir ve bu nedenle araştırmaların çoğu kırmızı ve mavi ışığa odaklanmıştır (Li ve ark, 2017). Örneğin, mavi ışığa maruz kalmanın *Asteraceae* bitkilerinin yaprak alanını ve sürgün kuru ağırlığının azaldığı, buna karşın *Solanaceae* bitkilerinin yaprak alanını ve sürgün kuru ağırlığını arttırdığı kaydedilmiştir (Sabzalian ve ark. 2014; Vu ve ark. 2014). Kırmızı ışığa maruz kalan *Crucifer* familyasındaki bitkilerinin stoma iletkenliği artarken, *Cucurbitaceae* familyasına giren bitkilerin stoma iletkenliği önemli ölçüde azalmıştır (Ye ve ark., 2014). Bu nedenle ışık kaynağının şeker pancarında başta kök-gövde parametreleri olmak üzere diğer önemli bitkisel özelliklere etkisinin çok iyi tespit edilmesi gerekmektedir. Bu amaçla bu çalışmada farklı LED ışık kaynakları kullanılarak şeker pancarının büyüme ve gelişimi izlenmiştir.

3.5. Kök-gövde ağırlığı (g)

Bitkiler hasat edildikten sonra belirlenen kök-gövde ağırlığına ilişkin varyans analizi sonuçları Tablo 3.9.'da, kök-gövde uzunluğuna ilişkin ortalama değerler ise Tablo 3.10.'da verilmiştir.

Tablo 3.9. Farklı ışık kaynağının kök-gövde ağırlığına etkisine ilişkin varyans analiz sonuçları.

Varyasyon Kaynağı	S.D.	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F
Işık Kaynağı	4	21499.61	5374.90	298.72**
Hata	25	449.83	17.99	
Genel	29	21949.44		
CV	4.94			

Tablo 3.9'un incelenmesinden de görüleceği gibi kök-gövde ağırlığı üzerine ışık kaynağının etkisi %1 düzeyinde önemli bulunmuştur.

Tablo 3.10. Farklı ışık kaynaklarının kök-gövde ağırlığına etkisine ilişkin ortalama değerler ve oluşan gruplar

Işık Kaynağı	Kök-gövde ağırlığı (g)
Kırmızı + Mavi + Beyaz	121.27
Tam spektrum	104.85
Mavi	84.55
Beyaz	75.85
Kontrol	42.65
LSD 0.05	5.04

Kök gövde ağırlığı değerleri 42.65 g ile 121.27 g arasında değişim göstermiştir. En düşük kök-gövde ağırlığı kontrol uygulamasından, en yüksek kök-gövde ağırlığı ise Kırmızı + Mavi + Beyaz ışık uygulamasından elde edilmiştir. Bitki yapraklarına düşen kırmızı ve mavi ışığın yaklaşık %90'ı emilir. Kırmızı ve mavi ışık dalga boylarının bitki gelişimini

güçlü bir şekilde etkilediği iyi bilinmektedir (Terashima ve ark. 2009). Mavi ve kırmızı ışık fotosentetik pigmentler (klorofiller) ve fotomorfogenetik (kriptokromlar, fitokromlar) reseptörler tarafından emilir (Girardi ve ark. 2015). Kök gövde ağırlığı yönünden en yüksek değerlerin kırmızı + mavi + beyaz ışık karışımından elde edilmesinin nedeni mavi ve kırmızı ışığın bitki büyüme ve gelişimi üzerine etkine atfedilebilir.

3.6. Sapa kalkma süresi (gün)

Sapa kalkma süresine ilişkin varyans analizi sonuçları Tablo 3.11.'de, yaprak boyuna ait ortalama değerler ise Tablo 3.12.'de verilmiştir.

Tablo 3.11. Farklı ışık kaynağının sapa kalkma süresine ilişkin varyans analiz sonuçları.

Varyasyon Kaynağı	S.D.	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F
Işık Kaynağı	4	4065.80	1016.45	203.29**
Hata	25	125.00	5.00	
Genel	29	4190.80		
CV	6.61			

Tablo 3.11'in incelenmesinden de görüleceği gibi sapa kalkma süresi üzerine ışık kaynağının etkisi %1 düzeyinde önemli bulunmuştur.

Tablo 3.12. Farklı ışık kaynaklarının sapa kalkma süresine etkisine ilişkin ortalama değerler ve oluşan gruplar

Işık Kaynağı	Sapa kalma süresi (gün)
Kırmızı + Mavi + Beyaz	30.66 B
Tam spektrum	27.16 C
Mavi	30.00 B
Beyaz	24.50 D
Kontrol	56.66 A
LSD 0.05	2.65

Farklı ışık kaynakları sapa şeker pancarı fidesinde dikimden sonra sapa kalkma süresini farklı şekilde etkilemiş, bir birinden önemli derecede farklı dört grup oluşmuştur. Dikimden sonra sapa kalkma süreleri 24.50 ile 56.66 gün arasında değişmiş olup anılan karakter yönünden en düşük değer beyaz ışık uygulamasından, en yüksek değer ise kontrol uygulamasından elde edilmiştir. Işık bazlı hızlı bitki büyütme protokolleri sürekli fotosentez için tüm yetiştirme sezonu boyunca bitkilerin faydalanacağı radyasyonu bitkilere sağlar (Bhatta ve diğerleri, 2021). Örneğin Dubcovsky ve ark. (2006) Fotosentetik olarak aktif dalga boyu ışık ($150\text{--}190 \mu\text{E m}^{-2} \text{s}^{-1}$) altında 22 saat aydınlık ve 2 saat karanlık foto periyod ta yetişen buğday bitkisinde çiçeklenme süresinin 12 saat ışık 12 saat karanlık sürede yetişen bitkilere göre %50 daha kısa olduğunu kaydetmişler. Buğdayda hızlı ıslah tekniğinin kullanımı ile çiçeklenme süresinin 35-39 gün arasında tamamlandığı Wanga ve ark. (2021) tarafından kayıt edilmiştir. Horoz ibiği (*Amaranth spp*) bitkisinde çiçeklenme uzatılmış aydınlanma süresinde iki hafta (16/8 saat aydınlık/karanlık) daha sonra iki hafta kısa gün (8/16 saat aydınlık/karanlık) koşullarında tutularak çiçeklenme yaklaşık dört hafta içinde gerçekleştirildi (Stetter ve ark., 2016). Yerfıstığının sürekli aydınlık koşullarda yetiştirilmesi ile 25-27 gün içinde çiçeklenmesi sağlanmıştır (O'Connor ve ark., 2013).

3.7. Tohum olgunlaşma süresi (gün)

Tohum olgunlaşma süresine ilişkin varyans analizi sonuçları Tablo 3.14.'de, yaprak boyuna ait ortalama değerler ise Tablo 3.15.'de verilmiştir.

Tablo 3.13. Farklı ışık kaynağının tohum olgunlaşma süresine ilişkin varyans analiz sonuçları.

Varyasyon Kaynağı	S.D.	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F
Işık Kaynağı	4	7428.33	1857.08	202.00**
Hata	25	229.83	9.19	
Genel	29	7658.17		
CV	4.44			

Tablo 3.13'ün incelenmesinden de görüleceği gibi tohum olgunlaşma süresi üzerine ışık kaynağının etkisi %1 düzeyinde önemli bulunmuştur.

Tablo 3.14. Farklı ışık kaynaklarının tohum olgunlaşma süresine etkisine ilişkin ortalama değerler ve oluşan gruplar

Işık Kaynağı	Tohum olgunlaşma süresi (gün)
Kırmızı + Mavi + Beyaz	61.50 B
Tam spektrum	62.17 B
Mavi	61.50 B
Beyaz	56.17 C
Kontrol	99.33 A
LSD 0.05	3.60

Tablo 3.14'ün incelenmesinden de görüleceği gibi dikimden sonra tohum olgunlaşma süresi değerleri 99.33 ile 56.17 gün arasında değişim göstermiş, dikimden sonra tohum olgunlaşma süresi yönünden en düşük değer beyaz ışık uygulamasından elde edilirken, en yüksek değer kontrol uygulamasından elde edilmiştir.

Ispanakta çiçeklenme süresi kıvıltı ötesi ışık ilavesi ile kısaltılmış olup aynı başarı kıvıltı + mavi veya kıvıltı ışık yerine HPS ışık kaynağının yerleştirilmesi ile daha da kısaltılmıştır (Stamford, 2023). Araştırmamızda kıvıltı ötesi ışık uygulaması ve yüksek basınçlı sodyum (HPS) (high-pressure sodium) ışık kaynağı uygulamasına yer verilmemiştir. Şeker pancarında generasyon süresini daha da kısaltmak için kıvıltı ötesi ışık ve HPS ışık uygulamalarının yapılması gereken çalışmalar olduğu sonucuna varılmıştır.

4. BÖLÜM

SONUÇ VE ÖNERİLER

Fotoperiyoda aydınlık sürenin uzatılması ile yapılan hızlı ıslah, hızlandırılmış ıslah yöntemlerinden birisi olup, LED teknolojilerindeki gelişmeye paralel her geçen gün ıslah programlarında daha da yaygın hale gelmeye başlamıştır. Günlük aydınlık karanlık süresi çiçeklenme oranı ve tohum olgunlaşma gün sayısı üzerine önemli derecede etki etmektedir. Bitkiler belli dalga boyunu kapsayan Işık dalga boyları arasında fotosentez yapmaktadır. Fotosentezde aktif olarak kullanılan dalga boyu 400–700 nm sınırları içerisinde kalmakta ve 360–650 $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$ yoğunlukta ışık şeker pancarının da içinde olduğu birçok bitki tarafından başarı ile kullanılmaktadır. Anlık ve kümülatif ışık kalitesi bitki büyüme ve gelişimini, net fotosentez oranını, stoma iletkenliğini, hücrelerarası CO_2 konsantrasyonunu ve transpirasyon oranını doğrudan etkilemektedir. Bu çalışmada farklı dalga boyuna sahip LED ışık kaynaklarının kullanımı ile ışıklanma süresinin uzatılması tohumdan tohuma geçen generasyon süresinin kısalmasına olanak sağlamıştır. Şeker pancarı iki yıllık bir bitki olup birinci yıl kök-gövde gelişimini tamamlamakta, ikinci yıl vernalizasyondan sonra sapa kalkarak tohum bağlamaktadır. Islah programlarında bu süre fidelerin ılıman bölgelerde yetiştirilmesini takiben vernalize olan fidelerin sökülerek üretim tarlalarına dikilerek tohum elde etme süresi yaklaşık bir yıldır.

Şeker pancarında ıslah amaçlı fide üretimi, üretilen fidelerin vernalizasyonu ve vernalizasyondan sonra fidelerin dikimi şeklinde üç aşamalı bir yöntem izlenmektedir. Fide gelişimi ve melezleme için uygun boyutlarda fide üretimine en uygun ışık kaynağının kırmızı + mavi + beyaz ışık kaynağı olduğu tespit edilmiştir.

Uzun gün bitkisi olan şeker pancarı hızlı ıslah tekniğine oldukça uygun bir bitkidir. Bu çalışmada kırmızı + mavi + beyaz, tam spektrum, mavi ve beyaz LED lambaların 22 saat aydınlık, 2 saat karanlık fotoperiyoda tabi tutulması ile vejetasyon süresinde kontrole göre

önemli derecede kısalma sağlanmıştır. Kontrol uygulamasına kıyasla kırmızı + mavi + beyaz, tam spektrum, mavi ve beyaz LED lambalar vejetasyon süresinde sırası ile %30, 65, 70 ve 76 oranında kısalma sağlamıştır. Çiçeklenme ve tohum olgunlaşma süresi yönünden en düşük süreler beyaz ışık uygulamasından elde edilmiştir. Geleneksel ıslah ile kıyaslandığında, hızlı ıslah yöntemi şeker pancarında bir yılda iki generasyon ilerleme sağlayarak şeker pancarı çeşitlerinin kısa sürede piyasaya sürülmesine olanak sağlayacak bir yöntemdir.

Işık yoğunluğu arttıkça fotosentez oranı da artmakta ancak artan ışık yoğunluğu şeker pancarının büyüme ve gelişimini nasıl etkilediği bu çalışmada tespit edilmemiştir. Artan ışık yoğunluğu bazı bitkilerde yaprak uçlarında yanmalara neden olarak büyüme ve gelişme bozukluklarına neden olmaktadır. Artan ışık yoğunluğu ve ışıklanma süresinin şeker pancarı büyüme ve gelişimi üzerine etkisini belirleyecek çalışmaların yapılması gereken ileri çalışmalar olduğu kanısına varılmıştır.

KAYNAKÇA

1. Ahmar, S., Gill, R. A., Jung, K. H., Faheem, A., Qasim, M. U., Mubeen, M., & Zhou, W. 2020. Conventional and molecular techniques from simple breeding to speed breeding in crop plants: recent advances and future outlook. **International journal of molecular sciences**, 21(7), 2590.
2. Akash, G. S. 2020. Speed breeding: to feed the boosting populations of the world. **Genetics and Plant Breeding**, 2543, 19-20.
3. Arıoğlu HH. 2000. Nişasta ve Şeker Bitkileri. Çukurova Üniversitesi Ziraat Fakültesi. Yayın No;188. Ders Kitabı Yayın No; 57. s. 234.
4. Avercheva, O. V., Berkovich, Y. A., Erokhin, A. N., Zhigalova, T. V., Pogosyan, S. I., & Smolyanina, S. O. 2009. Growth and photosynthesis of Chinese cabbage plants grown under light-emitting diode-based light source. **Russian Journal of Plant Physiology**, 56, 14-21.
5. Bhatta, M., Sandro, P., Smith, M. R., Delaney, O., Voss-Fels, K. P., Gutierrez, L., & Hickey, L. T. 2021. Need for speed: Manipulating plant growth to accelerate breeding cycles. **Current Opinion in Plant Biology**, 60, 101986.
6. Bian, Z. H., Cheng, R. F., Yang, Q. C., Wang, J., & Lu, C. 2016. Continuous light from red, blue, and green light-emitting diodes reduces nitrate content and enhances phytochemical concentrations and antioxidant capacity in lettuce. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, 141(2), 186-195.
7. Bian, Z. H., Yang, Q. C., & Liu, W. K. (2015). Effects of light quality on the accumulation of phytochemicals in vegetables produced in controlled environments: a review. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, 95(5), 869-877.
8. Bokhorst S, Huiskes AD, Aerts R, Convey P, Cooper EJ, Dalen L, Erschbamer B, Gudmundsson J, Hofgaard A, Hollister RD, Johnstone J. 2013. Variable temperature effects of Open Top Chambers at polar and alpine sites explained by irradiance and snow depth. **Global change biology**. 19(1):64-74.
9. Briggs, W. R., J. M. Christie, 2002. Phototropins 1 And 2: Versatile Plant Blue Light Receptors. **Trends Plant Sci** 7(5):204–210.

10. Brim, C.A. 1966. A modified pedigree method of selection in soybean. *Crop Sci.*6:220 Arıoğlu HH. 2000. Nişasta ve Şeker Bitkileri. Çukurova Üniversitesi Ziraat Fakültesi. Yayın No;188. **Ders Kitabı Yayın No; 57.** s. 234.
11. Chen, X.L.; Yang, Q.C.; Song, W.P.; Wang, L.C.; Guo, W.Z.; Xue, X.Z. 2017. Growth and nutritional properties of lettuce affected by different alternating intervals of red and blue LED irradiation. **Sci. Hort.** 223, 44–52.
12. Dilek, N. M. 2022. Pancardan (*Beta vulgaris* var. *saccharifera* L.) Şekere Nitrat ve Nitrit İçeriklerinin Belirlenmesi ve Sucuk Üretiminde Kürleme Ajanı Olarak Kullanılabilme İmkanları.
13. Dubcovsky, J., Loukoianov, A., Fu, D., Valarik, M., Sanchez, A., & Yan, L. 2006. Effect of photoperiod on the regulation of wheat vernalization genes VRN1 and VRN2. **Plant Molecular Biology**, 60: 469-480.
14. Dueck, T.A.; Grashoff, C.; Broekhuijsen, G.; Marcelis, L.F.M. 2006. Efficiency of light energy used by leaves situated in different levels of a sweet pepper canopy. **Acta Hort.** 711, 201–205.
15. Elkins, C., and M.W. van Iersel. 2020. Longer photoperiods with the same daily light integral improve growth of rudbeckia seedlings in a greenhouse. **HortScience**. 55(10):1676–1682.
16. Elvanidi A, Katsoulas N, Bartzanas T, Ferentinos KP, Kittas C. 2017. Crop water status assessment in controlled environment using crop reflectance and temperature measurements. **Precision Agriculture**. 18:332-49.
17. Fan, X.; Zang, J.; Xu, Z.; Guo, S.; Jiao, X.; Liu, X.; Gao, Y. 2013. Effects of different light quality on growth, chlorophyll concentration and chlorophyll biosynthesis precursors of non-heading Chinese cabbage (*Brassica campestris* L.). *Acta Physiol. Plant*. 35, 2721–2726.
18. Ghosh S, Watson A, Gonzalez-Navarro OE, Ramirez-Gonzalez RH, Yanes L, Mendoza-Suárez M, Simmonds J, Wells R, Rayner T, Green P, Hafeez A. 2018. Speed breeding in growth chambers and glasshouses for crop breeding and model plant research. **Nature protocols**. (12):2944-63.

19. Girardi, F.M.; Barra, M.B.; Zettler, C.G. 2015. Papillary thyroid carcinoma: Does the association with Hashimoto's thyroiditis affect the clinicopathological characteristics of the disease? *Braz. J. Otorhinolaryngol.* 81, 283–287.
20. Godfray HC, Crute IR, Haddad L, Lawrence D, Muir JF, Nisbett N, Pretty J, Robinson S, Toulmin C, Whiteley R. 2010. The future of the global food system. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences.* 365:2769-77.
21. Goulden, C.H. 1939. *Problems in Plant Selection*; Cambridge University Press: Cambridge, UK, pp. 132–133.
22. Guo, X.; Hao, X.; Khosla, S.; Kumar, K.G.S.; Cao, R.; Bennett, N. Effect of LED interlighting combined with overhead HPS light on Haque, M.S.; De Sousa, A.; Soares, C.; Kjaer, K.H.; Fidalgo, F.; Rosenqvist, E.; Ottosen, C.-O. 2017. Temperature Variation under Continuous Light Restores Tomato Leaf Photosynthesis and Maintains the Diurnal Pattern in Stomatal Conductance. *Front. Plant Sci.* 8, 1602.
23. Hickey, L. T., Germán, S. E., Pereyra, S. A., Diaz, J. E., Ziemis, L. A., Fowler, R. A., ... & Dieters, M. J. (2017). Speed breeding for multiple disease resistance in barley. *Euphytica*, 213, 1-14.
24. Hogewoning, S. W., Trouwborst, G., Maljaars, H., Poorter, H., van Ieperen, W., & Harbinson, J. 2010. Blue light dose-responses of leaf photosynthesis, morphology, and chemical composition of *Cucumis sativus* grown under different combinations of red and blue light. *Journal of experimental botany*, 61(11), 3107-3117.
25. Joshi, N. C., Ratner, K., Eidelman, O., Bednarczyk, D., Zur, N., Many, Y., ... & Charuvi, D. 2019. Effects of daytime intra-canopy LED illumination on photosynthesis and productivity of bell pepper grown in protected cultivation. *Scientia Horticulturae*, 250, 81-88.
26. Jovicich, E., Cantliffe, D. J., & Stoffella, P. J. 2004. Fruit yield and quality of greenhouse-grown bell pepper as influenced by density, container, and trellis system. *HortTechnology*, 14(4), 507-513.

27. Kopsell, D.A., Sams, C.E., Morrow, R.C., 2015. Blue Wavelengths from LED Lighting Increase Nutritionally Important Metabolites in Specialty Crops. **Hortscience**, **50**(9): 1285-1288.
28. Lanoue, J., Zheng, J., Little, C., Thibodeau, A., Grodzinski, B., & Hao, X. 2019. Alternating red and blue light-emitting diodes allows for injury-free tomato production with continuous lighting. **Frontiers in Plant Science**, **10**, 1114.
29. Carvalho Lemos, V., Reimer, J. J., & Wormit, A. 2019. Color for life: biosynthesis and distribution of phenolic compounds in pepper (*Capsicum annuum*). **Agriculture**, **9**(4), 81.
30. Li, Y.Xin, G.,Wei, M.,Shi, Q.,Yang, F.,Wang, X., 2017. Carbohydrate accumulation and sucrose metabolism responses in tomato seedling leaves when subjected to different light qualities. **Sci Hortic**, 225: 490–497.
31. Lichtenthaler, H. K., & Buschmann, C. 2001. Chlorophylls and carotenoids: Measurement and characterization by UV-VIS spectroscopy. **Current protocols in food analytical chemistry**, **1**(1), F4-3.
32. Lu, N., Maruo, T., Johkan, M., Hohjo, M., Tsukagoshi, S., Ito, Y., Ichimura, T., and Shinohara, Y. 2012. Effects of supplemental lighting with light-emitting diodes (LEDs) on tomato yield and quality of single-truss tomato plants grown at high planting density. **Environ. Control Biol.** **50** (1), 63–74.
33. Massa, G. D., Kim, H. H., Wheeler, R. M., & Mitchell, C. A. 2008. Plant productivity in response to LED lighting. **HortScience**, **43**(7), 1951-1956.
34. Matsuda, R., Ohashi-Kaneko, K., Fujiwara, K., Goto, E., & Kurata, K. 2004. Photosynthetic characteristics of rice leaves grown under red light with or without supplemental blue light. **Plant and Cell Physiology**, **45**(12), 1870-1874.
35. McCree, K. J. 1971. The action spectrum, absorptance and quantum yield of photosynthesis in crop plants. **Agricultural Meteorology**, **9**, 191-216.
36. O'Connor, D. J., Wright, G. C., Dieters, M. J., George, D. L., Hunter, M. N., Tatnell, J. R., & Fleischfresser, D. B. 2013. Development and application of

speed breeding technologies in a commercial peanut breeding program. **Peanut Science**, 40: 107-114.

37. Olle, M., & Viršile, A. 2013. The effects of light-emitting diode lighting on greenhouse plant growth and quality. **Agricultural and food science**, 22(2), 223-234.
38. Pandey, S., Singh, A., Parida, S. K., & Prasad, M. (2022). Combining speed breeding with traditional and genomics-assisted breeding for crop improvement. **Plant breeding**, 141(3), 301-313.
39. Paucek, I., Appolloni, E., Pennisi, G., Quaini, S., Gianquinto, G., & Orsini, F. (2020). LED lighting systems for horticulture: Business growth and global distribution. **Sustainability**, 12(18), 7516.
40. Pepin, S., Fortier, E., Béchard-Dubé, S. A., Dorais, M., Ménard, C., & Bacon, R. 2013, October). Beneficial effects of using a 3-D LED interlighting system for organic greenhouse tomato grown in Canada under low natural light conditions. In *II International Symposium on Organic Greenhouse Horticulture 1041* (pp. 239-246).
41. Peto, F. H., & Boyes, J. W. 1940. Comparison of diploid and triploid sugar beets. **Canadian Journal of Research**, 18(7), 273-282.
42. Randall, W. C., & Lopez, R. G. (2014). Comparison of supplemental lighting from high-pressure sodium lamps and light-emitting diodes during bedding plant seedling production. **HortScience**, 49(5), 589-595.
43. Sabzalian, M. R., Heydarizadeh, P., Zahedi, M., Boroomand, A., Agharokh, M., Sahba, M. R., & Schoefs, B. 2014. High performance of vegetables, flowers, and medicinal plants in a red-blue LED incubator for indoor plant production. **Agronomy for sustainable development**, 34, 879-886.
44. Sago, Y. 2016. Effects of light intensity and growth rate on tipburn development and leaf calcium concentration in butterhead lettuce. **HortScience** 51(9):1087–1091.

45. Sancar, A., 2003. Structure and function of DNA photolyase and cryptochrome blue-light photoreceptors. **Chem Rev** **103**(6):2203–2238.
46. Schröder, P., Sauvêtre, A., Gnädinger, F., Pesaresi, P., Chmeliková, L., Doğan, N., ... & Terzi, V. 2019. Discussion paper: Sustainable increase of crop production through improved technical strategies, breeding and adapted management—A European perspective. **Science of the total environment**, 678, 146-161.
47. Sipos, L., Boros, I. F., Csambalik, L., Székely, G., Jung, A., & Balázs, L. 2020. Horticultural lighting system optimalization: A review. **Scientia Horticulturae**, 273, 109631.
48. Smith H. 1982. Light quality, photoperception, and plant strategy. **Annual review of plant physiology**. **33**(1):481-518.
49. Stamford, J. D. Stevens, J., Mullineaux, P. M. And Lawson, T. 2023. LED Lighting: A Grower's Guide to Light Spectra. **Hortscience** 58:1820-196.
50. Steinger, T.; Roy, B.A. 2003. Stanton, M.L. Evolution in stressful environments II: Adaptive value and costs of plasticity in response to low light in *Sinapis arvensis*. **J. Evol. Biol.**, 16, 313–323.
51. Stetter, M. G., Müller, T., and Schmid, K. 2015. Incomplete domestication of South Stutte GW. 2016. Controlled environment production of medicinal and aromatic plants. In Medicinal and aromatic crops: Production, phytochemistry, and utilization. **American Chemical Society**.s.49-63.
52. Swami P, Deswal K, Rana V, Yadav D, Munjal R. 2023. Speed breeding—A powerful tool to breed more crops in less time accelerating crop research. **In Abiotic Stresses in Wheat** s.33-49.
53. Terashima, I., Fujita, T., Inoue, T., Chow, W. S., & Oguchi, R. 2009. Green light drives leaf photosynthesis more efficiently than red light in strong white light: revisiting the enigmatic question of why leaves are green. **Plant and cell physiology**, **50**(4), 684-697.
54. Tibbitts, T., Morgan, D., and Warrington, I. 1983. Growth of lettuce, spinach, mustard, and wheat plants under four combinations of high-pressure sodium,

- metal halide, and tungsten halogen lamps at equal PPFD. **J. Am. Soc. Hortic. Sci.** 108, 622–630.
55. Turgut, T. 2012. Çeşit ve lokasyon farklılıklarının şeker pancarı (*Beta vulgaris saccharifera* L.)'nın verim ve kalite özelliklerine etkilerinin araştırılması (Master's thesis, Namık Kemal Üniversitesi).
 56. Urbonavičiūtė, A., Pinho, P., Samuolienė, G., Duchovskis, P., Vitta, P., Stonkus, A., Tamulaitis, G., Žukauskas, A., and Halonen, L. 2007. Effect of short-wavelength light on lettuce growth and nutritional quality. **Sodinink. Darzinink.** 26, 157–165.
 57. Urrestarazu, M., Nájera, C., & del Mar Gea, M. 2016. Effect of the spectral quality and intensity of light-emitting diodes on several horticultural crops. **HortScience**, 51(3), 268-271.
 58. Velez-Ramirez, A.I.; van Ieperen, W.; Vreugdenhil, D.; Millenaar, F.F. 2011. Plants under continuous light. **Trends Plant Sci.** 16, 310–318.
 59. Velez-Ramirez, A.; Van Ieperen, W.; Vreugdenhil, D.; Millenaar, F. Continuous light as a way to increase greenhouse tomato production: Expected challenges. **Acta Hortic.** 2012, 956, 51–57.
 60. Vu, N.T., Kim, Y.S., Kang, H.M., Kim, I.S., 2014. Influence of short-term irradiation during pre- and post-grafting period on the graft-take ratio and quality of tomato seedlings. **Hortic Environ Biotechnol**, 55: 27–35.
 61. Wahyuni, Y.; Ballester, A.R.; Sudarmonowati, E.; Bino, R.J.; Bovy, A.G. 2013. Secondary metabolites of *Capsicum* species and their importance in the human diet. **J. Nat. Prod.** 2013, 76, 783–793.
 62. Wanga, M.A., Shimelis, H., Mashilo, J., Laing, M.D., 2021 Opportunities and challenges of speed breeding: a review. **Plant Breeding**, 140: 185-194.
 63. Whitelam, G.; Halliday, K. Light and Plant Development; Blackwell: Oxford, UK, 2007.
 64. Wubs, A.M.; Heuvelink, E.; Marcelis, L.F.M. Abortion of reproductive organs in sweet pepper (*Capsicum annuum* L.): **A review. J. Hortic. Sci. Biotechnol.**

2009, 84, 467–475.

65. Ye, J.L., Ha, J.Y., Ji, E.O., Mi, S.C., 2014. The effect of LED irradiation on the quality of cabbage stored at a low temperature. **Food Sci Biotechnol**, 23: 1087–1093.
66. Yorio, N.C., Goins, G.D., Kagie, H.R., Wheeler, R.M., and Sager, J.C. 2001. Improving spinach, radish, and lettuce growth under red light-emitting diodes (LEDs) with blue light supplementation. **HortScience** 36 (2), 380–383.



ÖZGEÇMİŞ

KİŞİSEL BİLGİLER

Adı Soyadı: Hasan Hüseyin DEDE

Uyruğu: Türkiye (T.C)

Doğum Tarihi ve Yeri:

Medeni Durum:

e-mail:

Yazışma Adresi:

EĞİTİM

Derece	Kurum	Mezuniyet Tarihi
Yüksek Lisans	Erciyes Üniversitesi Fen Bil. Ens.	2024
Lisans	NÖHÜ, Tarım Bilimleri Fak.	2021
Lise	Cumhuriyet Anadolu Lisesi	2015

İŞ DENEYİMLERİ

Yıl	Kurum	Görev
2021-Halen	Kayseri Şeker Fabrikası	4 yıl

YABANCI DİL

İngilizce

YAYIN