

23.07.2026

Sayın İlgili,

GTÜ TTO AR-GE projesi kapsamında yapılan “**Bio Steril LED lambanın bitkilerin yetiştirildiği ortama ve bitkilere etkisinin araştırılması**” başlıklı proje 15/02/2026-10/07/2026 tarihleri arasında GTÜ, Moleküler Biyoloji ve Genetik Bölümü, Bitki Biyoteknolojisi Laboratuvarı’nda ve bu laboratuvara ait çalışma ofisi ve bitki büyütme odasında gerçekleştirilmiştir. Söz konusu çalışmada Biosteril LED lambanın ortam havasındaki mikrobiyal yük, belirli patojen/maddeler (bakteri ve fungus suşları), tohum yüzey sterilizasyonu ve *in vitro* doku kültürü (rejenerasyon) süreçleri üzerindeki etkinlikleri araştırılmış olup, denemeler sonucunda Biosteril LED teknolojisinin; havadaki fungal kontaminasyonu önlemede ve bitki doku kültürü süreçlerinde organogenez/rejenerasyon başarısını artırmada yüksek potansiyele sahip etkili bir iklimlendirme/destek ekipmanı olarak kullanılabileceği değerlendirilmektedir. TTO AR-GE projesi kapsamında kullanılan yöntemler ve elde edilen sonuçlar ayrıntılı olarak EK’te sunulmuştur.

Saygılarımla,

Prof. Dr. Yelda Özden Çiftçi

EK: TTO AR-GE projesi kapsamında kullanılan yöntemler ve elde edilen sonuçlar.

EK:

1.Biosteril LED Lambanın Havadaki Mikrobiyal Yük Üzerindeki Etkinliğinin Belirlenmesi

Bu deneme, çalışma ortam havasının mikrobiyal yükünün belirlenmesi amacıyla Gebze Teknik Üniversitesi, Moleküler Biyoloji ve Genetik Bölümü, Bitki Biyoteknolojisi Laboratuvarı'nda bulunan çalışma ofisinde yapıldı. Bu alanın ortam havasının pasif örnekleme ile açık Petri yöntemi uygulanarak mikrobiyal yük belirlendi. Örneklemenin olduğu alanın özellikle örnekleme öncesinde insan giriş-çıkışlarının olduğu ancak örneklemenin olduğu zamanda ise insan hareketliliğinin olmadığına ve havalandırmanın kapalı durumda olmasına dikkat edildi. Bu amaç doğrultusunda hem mikrobiyal yük hem de farklı mikroorganizmalarının gelişimlerinin değerlendirilebilmesi için **Kanlı Agar**, **Luria Bertani Agar (LB)**, **Mannitol Salt Agar (MSA)**, **Tryptic Soy Agar (TSA)** ve **Saboroud Dextrose Agar (SDA)** kullanıldı. Bu besiyerleri temel olarak hava kalitesinin izlenmesi ve ortamdaki patojenlerin belirlenmesi amacıyla tercih edilmektedir. **Kanlı agar**, hastane enfeksiyonu ve Streptococcus türlerinin belirlenmesinde (**Ozougwu ve ark., 2021**) ; **MSA** besiyeri, hastane ortamında kritik bir patojen olan Staphylococcus türleri için seçici olarak izole edilmesi ve üretilmesinde (**Gizaw ve ark., 2026; Douglas ve ark., 2019 ve Kunwar ve ark., 2019**). **LB** besiyeri genel bir besiyeri olup ortamdaki genel bakteri türlerini belirlenmesinde, **TSA** besiyeri, araştırma laboratuvarlarında ve hastanelerde daha çok Streptococcus türleri, Staphylococcus türlerinin tayininde (**Lignell,2008**), **SDA** besiyeri ise araştırma laboratuvarlarında havadaki mantar konsantrasyonunun belirlenmesi ve mantar izolasyonunun sağlanması amacıyla kullanıldı(**Yogeswaran ve ark., 2023**).

Bu kapsam doğrultusunda deneme **IMA'** ya (**Index of Microbial Air contamination - Mikrobiyal Hava Kirliliği Endeksi**) göre yapıldı. IMA havadaki mikrobiyal kontaminasyonu pasif örnekleme yöntemiyle ölçmek ve standardize etmek için kullanılan bir indeks olup, bu değer, havadaki mikroorganizmaların belirli bir süre içinde bir yüzeye çökme hızını ölçerek ortamın biyolojik kirlilik riskini değerlendirir (**Pasquarella ve Albertini, 2025**). Buna uygun olarak IMA'ya göre Petri kapları 1/1/1 kuralına göre yerleştirildi (Şekil 1). Besiyerleri 1 metre yükseklikte duvardan 1 metre uzaklıkta ve 30 dakika ve 60 dakika (Fungus için) bekletilmek koşuluyla açık bırakıldı. Bu aşamada, havalandırmanın kapalı olmasına ve insan hareketliliğinin bulunmamasına özen gösterildi. Ayrıca Biosteril LED ışığının bulunduğu

ortamın mikrobiyal yükünün belirlenebilmesi için ışık geçirmeyen siyah kabin içerisinde pasif örnekleme yöntemi kullanılarak açık Petri yöntemi ile Biosteril LED lambanın etkinliği değerlendirildi. Bu amaç doğrultusunda kabin içerisinde üç farklı deney protokolü uygulanarak mikrobiyal yük üzerindeki etkisi karşılaştırılmalı olarak incelendi (Tablo 1 ve Tablo 2; Şekil 2). Dokuz santimetre çapındaki Petri kapları bakteriler için 37°C de 48 saat, fungus için 37°C de 5 gün boyunca inkübe edildikten sonra koloni varlığı açısından değerlendirildi. Deneyler iki tekrarlı olarak gerçekleştirildi. Üreyen koloniler ayrı ayrı sayıldı ve inkübasyon sonrası farklı besiyerlerinde farklı sürelerde belirlenen koloni görüntüleri gösterildi (Tablo 3 ve Tablo 4; Şekil 3, Şekil 4, Şekil 5, Şekil 6 ve Şekil 7). Ortam havasındaki mikrobiyal yoğunluk Omeliansky's formülüne göre hesaplandı (Yogeswaran ve ark., 2023).

$$N = 5 \alpha \times 10^4 (bt)^{-1}$$

(N: yükü, α : koloni sayısı, b: Petri kabı alanı (cm²), t: maruziyet süresi (dk).

Tablo 1: Bakteriler için farklı besiyerlerinde tek maruziyet süresinde uygulanan deney protokolleri.

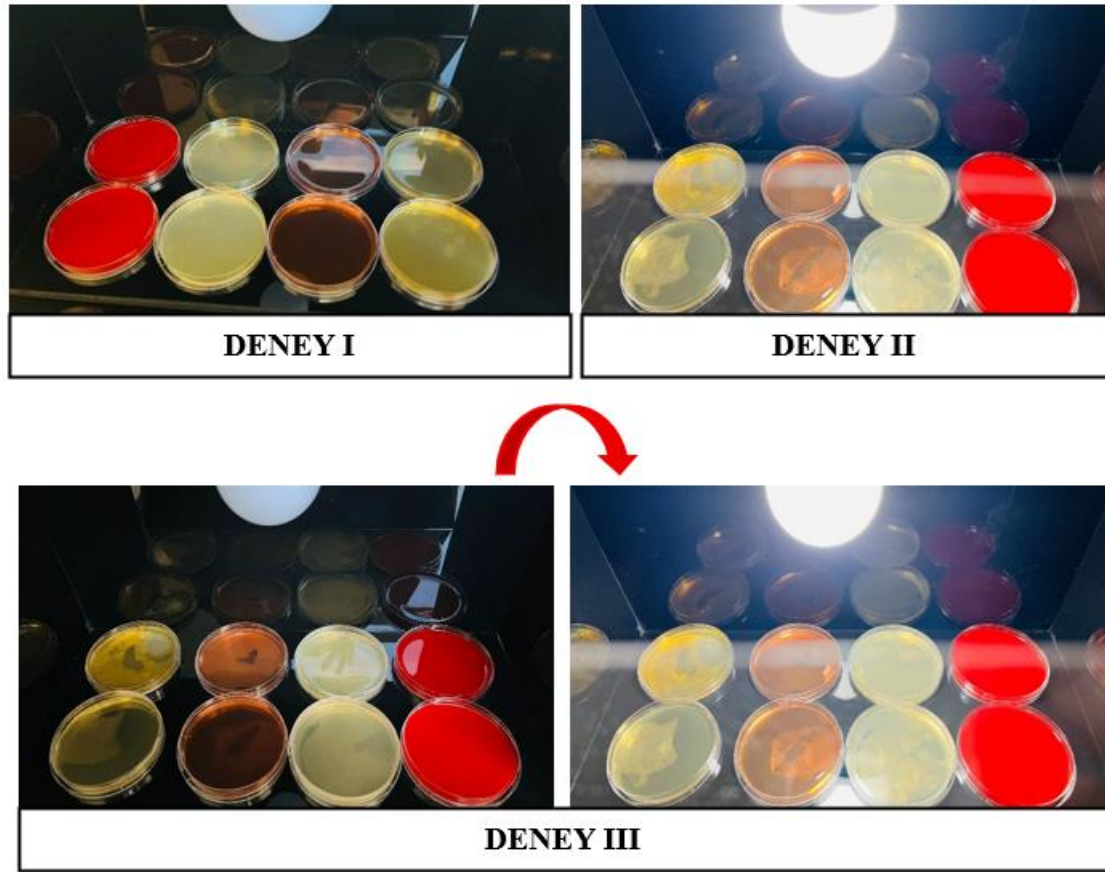
Deney Protokolü	Besiyerleri	Biosteril LED durumu	Maruziyet Süresi (Dakika)	Amaç
DIŞ ORTAM		YOK	30	Kontrol
DENEY I	KANLI AGAR	Kapalı	30	Ortamın başlangıç mikrobiyal yükünü belirlemek
	LB AGAR			
DENEY II	MSA	Açık	30	Biosteril LED lambanın etkisinin belirlenmesi
	TSA			
DENEY III		İlk 30 dakika kapalı sonra 30 dakika açık	30	Kapalı kaldıktan sonra Biosteril LED lambanın etkisinin belirlenmesi

Tablo 2: Fungus için farklı maruziyet sürelerinde uygulanan deney protokolleri.

Deney Protokolü	Besiyeri	Biosteril LED durumu	Maruziyet Süresi (Dakika)	Amaç
DIŞ ORTAM		YOK	30/60	Kontrol
DENEY I	SDA	Kapalı	30/60	Ortamin başlangıç mikrobiyal yükünü belirlemek
DENEY II		Açık	30/60	Biosteril LED lambanın etkisinin belirlenmesi
DENEY III		İlk 30 dakika kapalı sonra 30 dakika açık	30/60	Kapalı kaldıktan sonra Biosteril LED lambanın etkisinin belirlenmesi



Şekil 1 : Dış ortama 1:1:1 kuralına göre yerleştirilen besiyerleri.



Şekil 2: Biosteril LED ortamında açık Petri yöntemi ile pasif örnekleme deneyinin protokol aşamaları.

Tablo 3: İnkübasyon sonrası belirlenen koloni sayıları.

Deney Protokolü		Kanlı Agar	LB	MSA	TSA
Dış Ortam	30 dakika	6	11	3	3
DENEY I		3	3	Üreme yok	4
DENEY II		4	1	1	3
DENEY III		7	2	Üreme yok	4

Tablo 4 : İnkübasyon sonrası belirlenen koloni sayıları.

Deney Protokolü	30 dakika	60 dakika
	SDA	
Dış Ortam	Üreme yoğun	Üreme yoğun
DENEY I	Üreme yok	Üreme yoğun
DENEY II	Üreme yok	Üreme yok
DENEY III	Üreme yok	Üreme yok

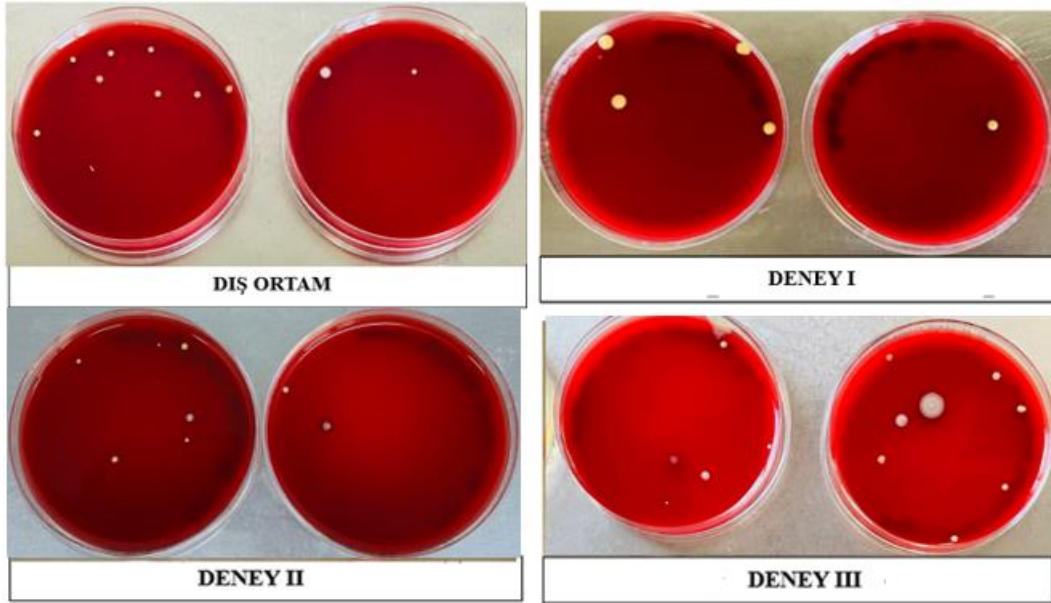
Kanlı agar besiyerinde dış ortamdaki mikrobiyal yük 30 dakikada ~ 157 CFU/m³, Avrupa Komisyonu Standartlarına göre “**ORTA**”,

DENEY I protokolüne göre ortamdaki mikrobiyal yük, 30 dakikada ~ 79 CFU/m³ iken Avrupa Komisyonu Standartlarına göre “**DÜŞÜK**”,

DENEY II protokolüne göre ortamdaki mikrobiyal yük, 30 dakikada ~ 105 CFU/m³ iken Avrupa Komisyonu Standartlarına göre “**ORTA**”,

DENEY III protokolüne göre ortamdaki mikrobiyal yük, 30 dakikada ~ 184 CFU/m³.iken, Avrupa Komisyonu Standartlarına göre “**ORTA**” düzeyde olarak belirlenmiştir (**Gizaw ve ark.,2026**) (Şekil 3).

Biosteril LED lambasının 30 dakika kapalı durumda ortamdaki mikrobiyal yük DÜŞÜK olarak değerlendirilirken, aynı ortamda LED lambanın 30 dakika boyunca açık olduğunda ortamdaki mikrobiyal yük ORTA düzeye yükseldiği görüldü. Biosteril LED lambanın 30 dakika kapalı kaldıktan sonra Biosteril LED lambanın etkisinin mikrobiyal yük açısından artış görüldüğü ancak Avrupa Komisyonu Standartlarına göre aynı düzeyde olduğundan bir farklılık görülmedi.



Şekil 3 : Kanlı agar besiyerinde inkübasyon sonrası oluşan koloni görüntüleri.

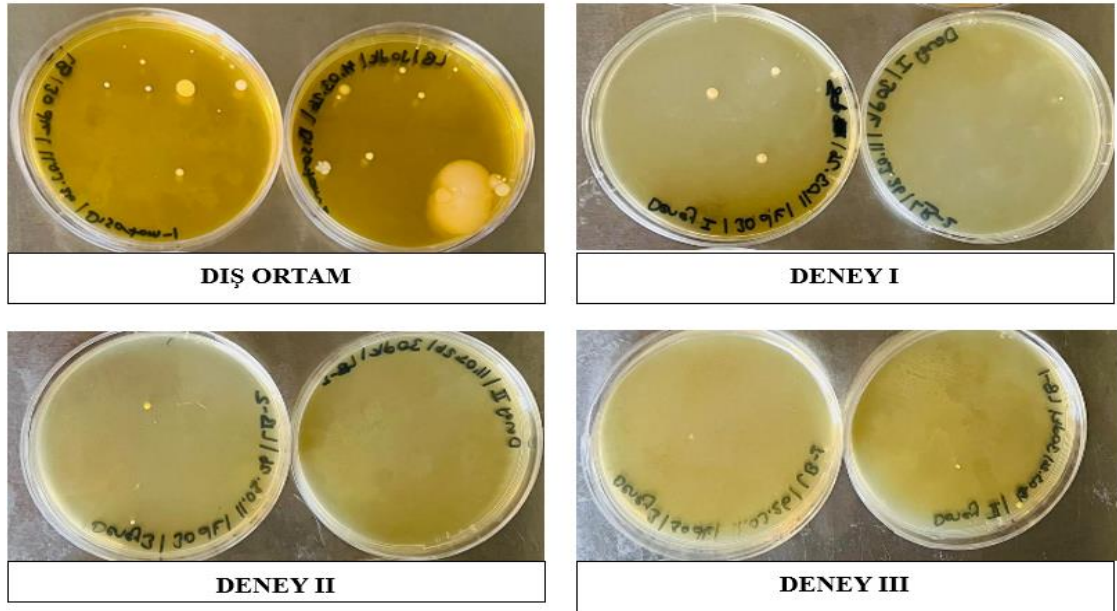
LB agar besiyerinde dış ortamdaki mikrobiyal yük 30 dakikada ~ 289 CFU/m³, Avrupa Komisyonu Standartlarına göre “**ORTA**”,

DENEY I protokolüne göre ortamdaki mikrobiyal yük, 30 dakikada ~ 79 CFU/m³ iken Avrupa Komisyonu Standartlarına göre “**DÜŞÜK**”,

DENEY II protokolüne göre ortamdaki mikrobiyal yük, 30 dakikada ~ 26 CFU/m³ iken Avrupa Komisyonu Standartlarına göre “**ÇOK DÜŞÜK**”,

DENEY III protokolüne göre ortamdaki mikrobiyal yük, 30 dakikada ~ 53 CFU/m³.iken, Avrupa Komisyonu Standartlarına göre “**DÜŞÜK**” düzeyde olarak belirlenmiştir (Gizaw ve ark.,2026).

Biosteril LED lambasının 30 dakika kapalı durumda ortamdaki mikrobiyal yük DÜŞÜK olarak değerlendirilirken aynı ortamda Biosteril LED lambanın 30 dakika boyunca açık olduğunda ortamdaki mikrobiyal yük çok düşük seviyeye indiği görüldü. Biosteril LED lambanın 30 dakika kapalı kaldıktan sonra tekrar 30 dakika açık kalmasının sonucunda ise mikrobiyal yük açısından artış görülmesinin nedeni ortamdaki bazı bakterilerin Biosteril LED lamba kapalı iken uygun koşullarda kısa sürede çoğalmasından kaynaklanıyor olabilir.



Şekil 4: LB agar besiyerinde inkübasyon sonrası oluşan koloni görüntüleri.

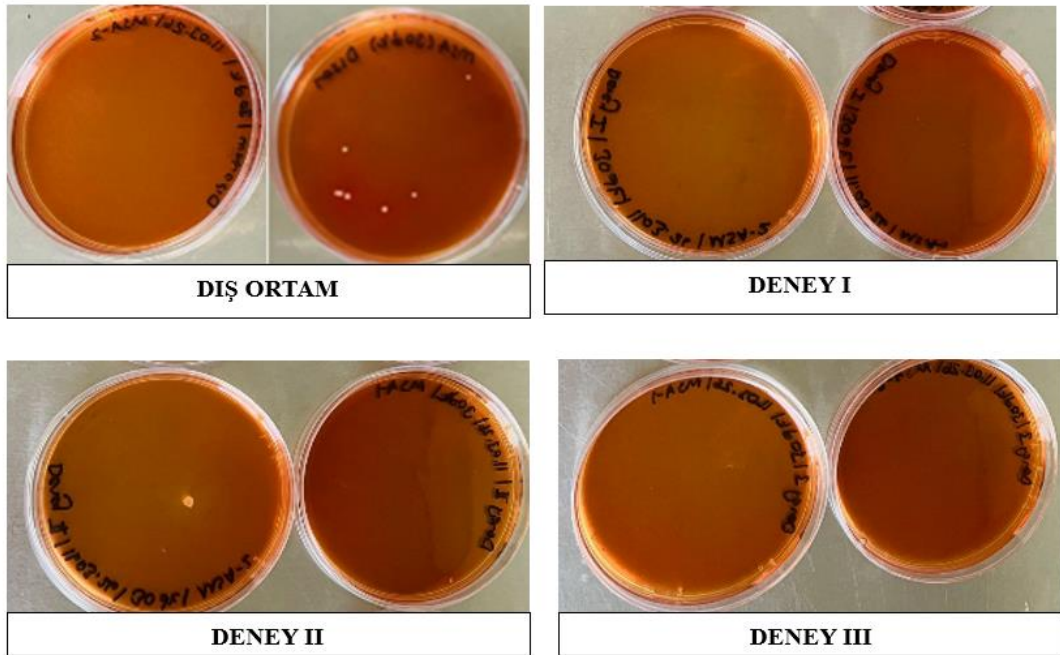
MSA besiyerinde Dış ortamdaki Mikrobiyal yük 30 dakikada ~ 79 CFU/m³, Avrupa Komisyonu Standartlarına göre “**DÜŞÜK**” düzeyde,

DENEY I protokolüne göre 30 dakikada üreme görülmediğinden mikrobiyal yük hesaplanamadı.

DENEY II protokolüne göre ortamdaki mikrobiyal yük, 30 dakikada ~ 26 CFU/m³ iken Avrupa Komisyonu Standartlarına göre “**ÇOK DÜŞÜK**”,

DENEY III protokolüne göre 30 dakikada üreme görülmediğinden mikrobiyal yük hesaplanamadı.

Biosteril LED lambanın 30 dakika kapalı kaldığı ortamda MSA besiyerinde hiç üreme gözlenmezken, Biosteril LED lambanın açık olduğu durumda Avrupa Komisyonu Standartlarına göre mikrobiyal yük “**DÜŞÜK**” düzey olarak değerlendirilmiştir (**Gizaw ve ark.,2016**). Bununla birlikte, m³ başına düşen MSA besiyerinde üreyebilen belirli bakteriler açısından LED lambanın etkinliği tam olarak net olmayabilir.



Şekil 5 : MSA besiyerinde inkübasyon sonrası oluşan koloni görüntüleri.

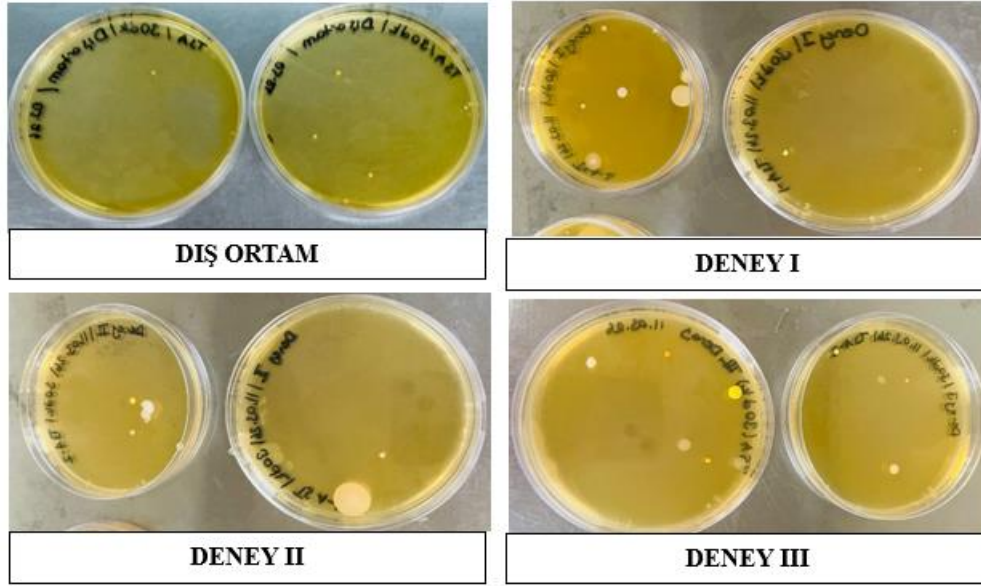
TSA besiyerinde dış ortamdaki mikrobiyal yük 30 dakikada ~ 79 CFU/m³, Avrupa Komisyonu Standartlarına göre “**DÜŞÜK**”

DENEY I protokolüne göre ortamdaki mikrobiyal yük ~ 105 CFU/m³ iken, Avrupa Komisyonu Standartlarına göre “**ORTA**”,

DENEY II protokolüne göre ortamdaki mikrobiyal yük, 30 dakikada ~ 79 CFU/m³, iken Avrupa Komisyonu Standartlarına göre “**DÜŞÜK**” düzeyde,

DENEY III protokolüne göre ortamdaki mikrobiyal yük, 30 dakikada ~ 105 CFU/m³, iken Avrupa Komisyonu Standartlarına göre “**ORTA**” düzeyde olduğu görülmüştür (Gizaw ve ark., 2016).

Bu sonuçlar değerlendirildiğinde, TSA besiyerinde üreyebilen bakteriler açısından Biosteril LED lambanın ortamdaki mikrobiyal yükü azalttığı görülmektedir. Ancak, Biosteril LED lambanın 30 dakika kapalı kaldığı bir ortamda uygulandığında, TSA besiyerinde üreyebilen bakterilerin hızlı üremesi nedeniyle Biosteril LED lambanın antimikrobiyal etkisi sınırlı olabilir ve etkinliği bakteri türüne göre değişebilir.



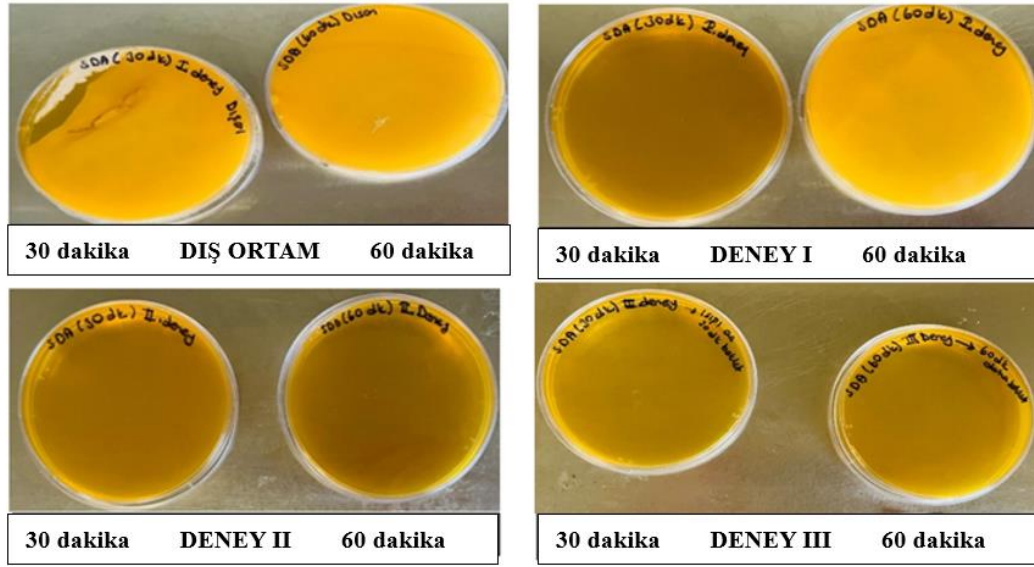
Şekil 6: TSA besiyerinde inkübasyon sonrası oluşan koloni görüntüleri.

Ortam havasındaki funguslara Biosteril LED lambanın etkisinin değerlendirilmesi için **SDA** besiyerinde dış ortamda 30 ve 60 dakika boyunca açık Petri yöntemi ile uygulandığında her iki sürede de üremelerin yoğun olarak gerçekleştiği görüldü.

DENEY I protokolünde 30 dakika maruziyet süresinde herhangi bir üreme görülmezken, 60 dakikada ise çok yoğun bir üreme gözlemlenmiştir (Şekil 7).

DENEY II protokolünde ise 30 ve 60 dakikalık Biosteril LED lamba uygulaması ile hiçbir üreme gözlemlenmemiştir.

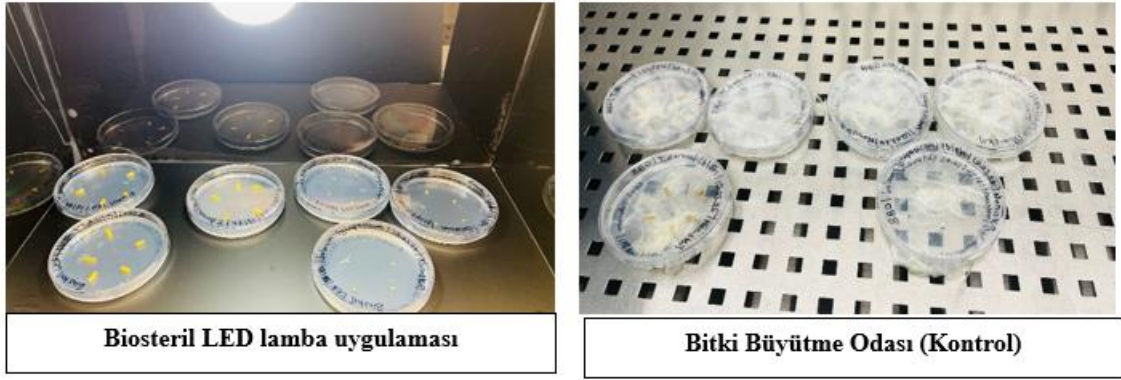
DENEY III protokolünde de 30 ve 60 dakikalık Biosteril LED lamba uygulamasında hiçbir üreme gözlemlenmemiştir. **Bu sonuçlar Biosteril LED lambanın en az 30 dakikalık uygulamada fungus üremesi üzerine çok etkili olduğunu göstermektedir.** (Şekil 7).



Şekil 7: SDA besiyerinde inkübasyon sonrası oluşan koloni görüntüleri.

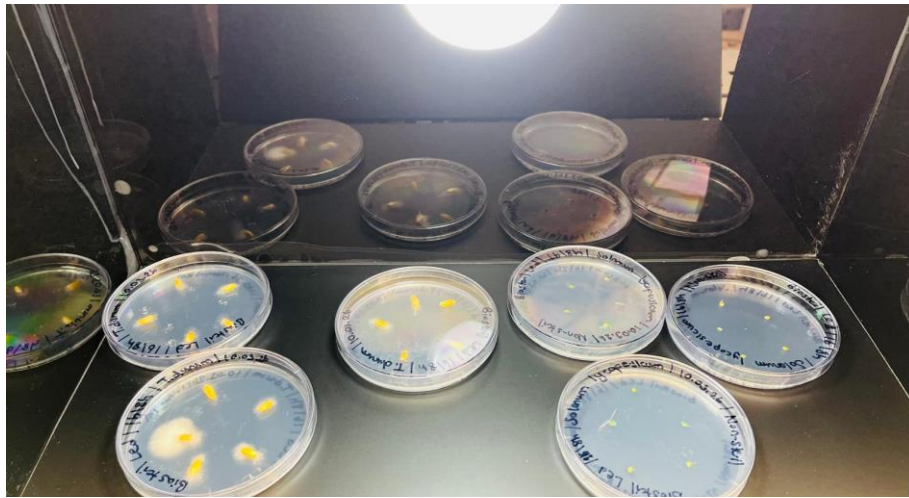
2.Biosteril LED lambanın Tohum Sterilizasyonuna ve Çimlenmesine Olan Etkisinin Belirlenmesi

Bu çalışma Gebze Teknik Üniversitesi, Moleküler Biyoloji ve Genetik Bölümü'nde Bitki Biyoteknolojisine ait olan Bitki Büyütme Odası'nda gerçekleştirildi. Bu ortam içerisinde Biosteril LED ışığının bulunduğu ortamda Biosteril LED lambanın tohumlardaki mikrobiyal yüke etkisinin belirlenmesi amacıyla ışık geçirmeyen siyah kabin içerisinde iki farklı bitki Domates (Alyanak F1) (*Solanum lycopersicum*) ve Emin Bey Durum Buğday (*Triticum durum* Desf.) kullanıldı. Bu ortamda, Biosteril LED lambanın fotoperiyot uygulaması 16/8 (aydınlık/karanlık) düzenine göre zamanlayıcı kontrolü ile sağlandı. Tohumlara herhangi bir yüzey sterilizasyonu uygulanmaksızın 40 dakika boyunca **steril olmayan su içerisinde** bekletildi. Ardından bu tohumlar, **Murashige ve Skoog (1962)(MS)** besiyeri ortamına, her bir Petri kabında 5 tohum yer alacak şekilde üç tekrarlı olarak gerçekleştirildi ve aynı koşullar altında Biosteril LED lamba uygulanmayan Kontrol grupları da oluşturuldu (Şekil 9). Mikrobiyal yük durumları günlük olarak takip edildi ve çimlenme durumları değerlendirildi (Şekil 10, Şekil 11).

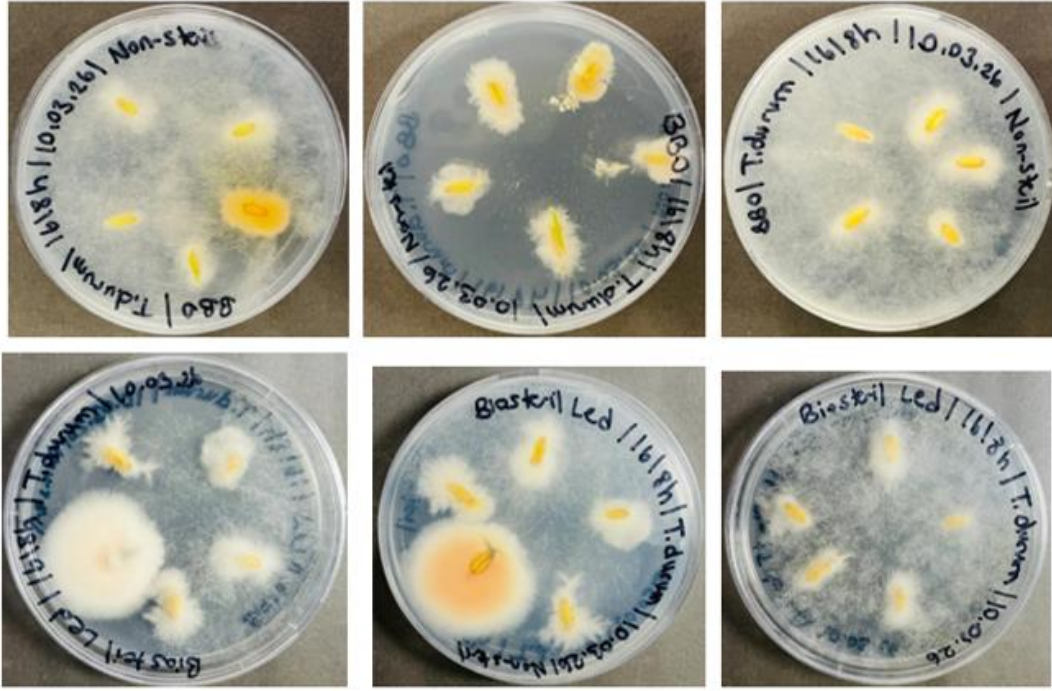


Şekil 9: BİOSTERİL LED lamba uygulaması ve kontrol koşullarındaki deney düzeneği.

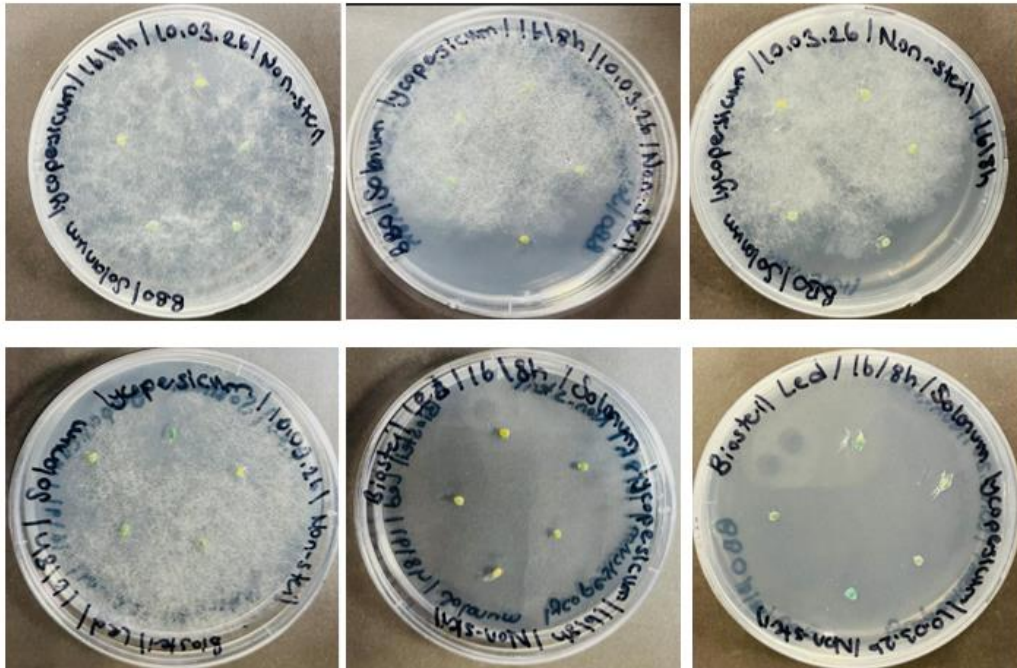
Çalışma gün gün takip edildiğinde Bitki Büyütme Odasında ve Biosteril LED lamba uygulamalı ortamda Buğdaylarda 2. Günden itibaren tüm Petri kaplarında küflenmelerin başladığı görüldü (Şekil 10, Şekil 11). Domates tohumlarında, Bitki Büyütme Odasında bulunan Petri kaplarında 3. günden itibaren tüm Petri kaplarında küf oluşumu gözlemlendi (Şekil 12). Biosteril LED lamba uygulaması yapılan grupta da küf oluşumu 3. günden itibaren görüldü (Tablo 5). Ancak bu ortamda bulunan üç Petri kabından ikisinden birinde tamamen küf veya bakteri üremesi gözlenmezken, diğerinde yalnızca bakteri üremesi tespit edildi. Üçüncü Petri kabında ise tüm tohumlarda küf üremesi görüldü. 7. Günün sonucunda da Bir Petri kabında hiç küf üremesi gözlemlenmezken, diğerinde bakteri oluşumu bir diğerinde ise küf oluşumu görüldü (Şekil 13). **Biosteril LED lamba uygulamasının Küf oluşumunu geciktirdiği ve azalttığı görüldü. Petri kaplarından birinde tüm küf oluşumunu baskılayabilmesi ancak diğer Petri kaplarında da aynı durumu göstermemesi sonucu lambanın bulunduğu yere göre değişken olabildiğini göstermektedir.**



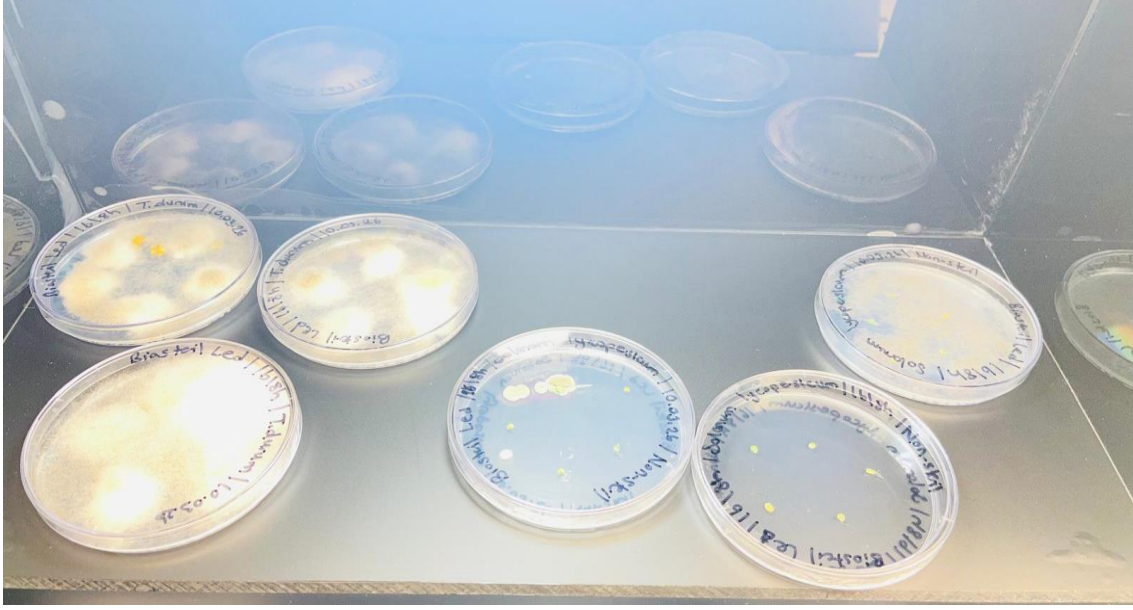
Şekil 10: Biosteril LED uygulamasına maruz bırakılan bazı Petri kaplarında 2. günde küf oluşumunun gözlemlenmesi.



Şekil 11: İki farklı ortamda (Bitki Büyütme Odası& Biosteril LED lamba) bulunan Buğday tohumlarında 2. günde gözlemlenen küf oluşumlarının görünüşleri.



Şekil 12: İki farklı ortamda (Bitki Büyütme Odası& Biosteril LED lamba) bulunan domates tohumlarında 3. günde gözlemlenen küf oluşumlarının görünüşleri.



Şekil 13: 7. Gün sonunda Biosteril LED uygulamasına maruz bırakılan tohumlarının genel görünümleri.

Tablo 1 : Çimlenme aşamasında tohumlarda gözlemlenen küflenme sayıları.

Bitki türü	Ortam	Küflenme başlangıç günü	Küflenme Başlangıç sayıları	1. Petri	2. Petri	3. Petri
Domates (<i>Solanum lycopersicum</i>)	Biosteril LED lamba uygulamalı	3. gün	5	5	0*	0
Domates (<i>Solanum lycopersicum</i>)	Bitki Büyütme Odası	3. gün	14	5	5	5
Durum Buğday (<i>Triticum durum</i> Desf.)	Biosteril LED lamba uygulamalı	2. gün	13	5	5	5
Durum Buğday (<i>Triticum durum</i> Desf.)	Bitki Büyütme Odası	2. gün	15	5	5	5

*Bakteri üremesi görülürken küf üremesi görülmedi.

3.Kuru Kaplanmış ve Kaplanmamış Tohumlar Üzerine Biosteril LED Lambanın Etkisi

Çalışmanın bu aşamasında Biosteril LED lambanın ön işlem olarak steril olmayan tohum üzerinde Mikrobiyal yüke etkisinin belirlenmesi ve tohumların çimlenmeleri üzerine etkileri araştırıldı. Bu doğrultuda Domates (*Solanum lycopersicum*) ve Durum Buğday (*Triticum durum* Desf.) tohumları kullanıldı. Ön işlem öncesinde kuru olan tohumlar üzerinden swap yardımıyla sürüntü alınarak LB agar besiyerine ekim yapıldı ve 30°C’de 72 saat inkübe edildi. Sürüntü alınan bu tohumlar, her bir Petri kabında üç tohum olacak şekilde yerleştirildi ve Biosteril LED lambanın tam altına konularak 30, 60, 90 ve 120 dakika ve ayrıca 4, 8, ve 16 saat Biosteril LED ışığına maruz bırakıldı(Şekil 14). Bu tohumlar MS besi ortamına alınarak Bitki Büyütme odasında çimlenmeleri takip edildi ve değerlendirildi (Şekil 15).



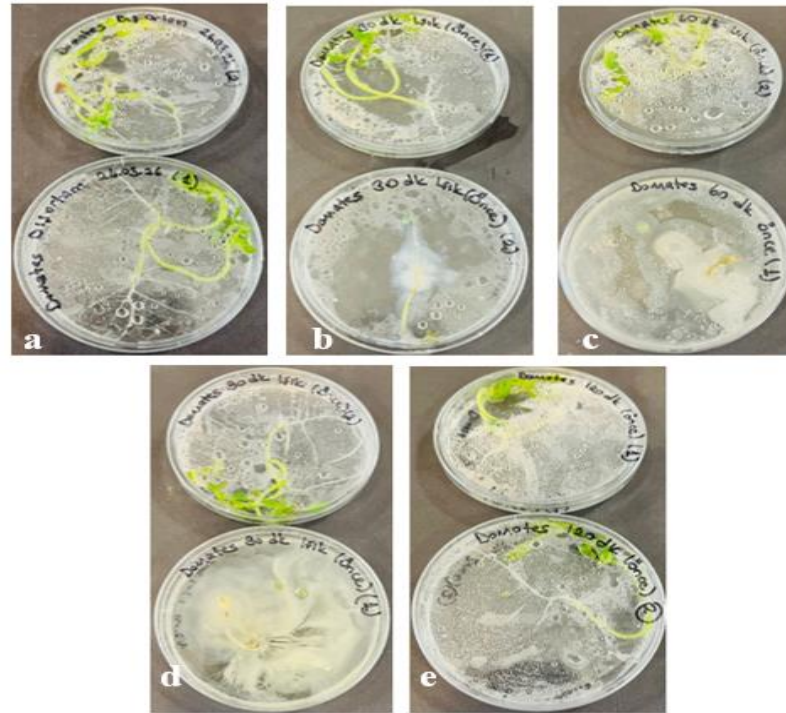
Şekil 14: Tohumların 30, 60, 90 ve 120 dakika sürelerle Biosteril LED uygulamasına maruz bırakılması.



Şekil 15: Biosteril LED uygulamasına maruz bırakılan tohumların MS besiyerine aktarılması.

Farklı sürelerde Biosteril LED 30, 60, 90 ve 120 dakika ve 4, 8 ve 16 saat uygulamalarına maruz bırakılan domates (**Kaplanmış tohum**), domates (**Kaplanmamış tohum**), buğday tohumlarında 7. Gün ve 14. Gün sonunda Petri kabı başına üç tohum üzerinden çimlenme sayıları belirlendi ve kontaminasyon durumları gözlemlendi ve fotoğraflandırıldı (Tablo 2, Tablo 3).

Kaplanmış Domates tohumlarının Biosteril LED ışık altında farklı maruziyet sürelerinde (30, 60, 90 ve 120 dakika) uygulama sonrasında 7. Gün takibinde Tüm uygulamalarda **çimlenme yüzdeleri (%)** sırasıyla %100, %50, %50, %50 ve %100 olduğu, **kontaminasyon durumları değerlendirildiğinde ise;** öncesinde Petri kaplarındaki tohumlardaki kontaminasyon durumları **<%25 ise düşük (+), %25-%75 ise orta (++) ve >%75 ise yüksek (+++)** olarak tanımlandı. Kontaminasyon durumları gözlemlendiğinde ise, çimlenme yüzdelilerindeki düşüşünde bir sebebi olarak, yoğun bakteriyel kontaminasyonun tohum çimlenmesini engellemesinden kaynaklanıyor olabilir. 14. Gün sonunda gözlemlendiğinde ise, tüm çimlenen tohumlarda yaprak oluşumunun gerçekleştiği belirlendi, bununla birlikte morfolojik değerlendirmelerde bazı anormallikler tespit edildi. Kontrol grubu da dahil olmak üzere yaprak uçlarında kloroz ve nekroz başlangıcı olduğu gözlemlendi (Şekil 16.),(Tablo 2).



Şekil 16: Domates tohumlarının Biosteril LED lambanın farklı maruziyet sürelerinde etkisi. **a)**Kontrol, **b)** 30 dakika uygulama, **c)** 60 dakika uygulama, **d)** 90 dakika uygulama, **e)**120 dakika uygulama.

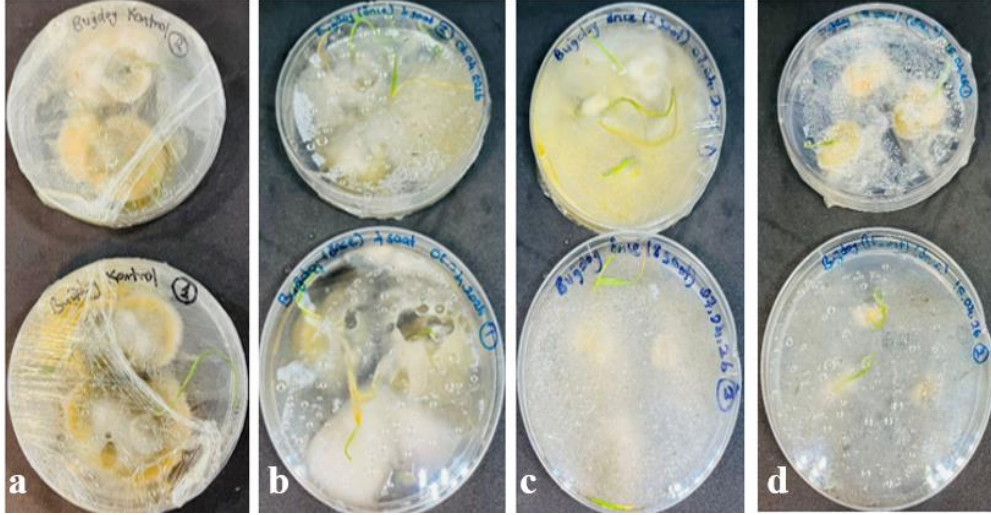
Tablo 2: Domates tohumlarının Biosteril LED ortamında farklı maruziyet sürelerine (dakika) göre gözlemlenen durumları.

Bitki türü	Maruziyet süreleri (dakika)	7.gün Ç.* yüzdeleri (%)	7.gün Kontaminasyon durumu* (+,++,+++)	14.gün Yaprak çıkışı	14. Gün Morfolojik Anormallik (Kloroz, Nekroz, Cüceleşme)
DOMATES	Kontrol	100	-	Var	Yaprak uçlarında Kloroz ve nekroz başlangıcı, Cüceleşme yok
	Kontrol	100	-	Var	Yaprak uçlarında Kloroz ve nekroz başlangıcı, Cüceleşme yok
	30	100	-	Var	Yaprak uçlarında Kloroz ve nekroz başlangıcı, Cüceleşme yok
	30	0	+++	Yok	Yok
	60	100	-	Var	Yaprak uçlarında Kloroz ve nekroz başlangıcı, Cüceleşme yok
	60	0	+++	Yok	Yok
	90	100	-	Var	Yaprak uçlarında Kloroz ve nekroz başlangıcı, Cüceleşme yok
	90	0	+++	Yok	Yok
	120	100	-	Var	Yaprak uçlarında Kloroz ve nekroz başlangıcı, Cüceleşme yok
	120	100	-	Var	Yaprak uçlarında Kloroz ve nekroz başlangıcı, Cüceleşme yok

*+:Düşük, ++:Orta, +++:Yüksek, Ç.: Çimlenme.

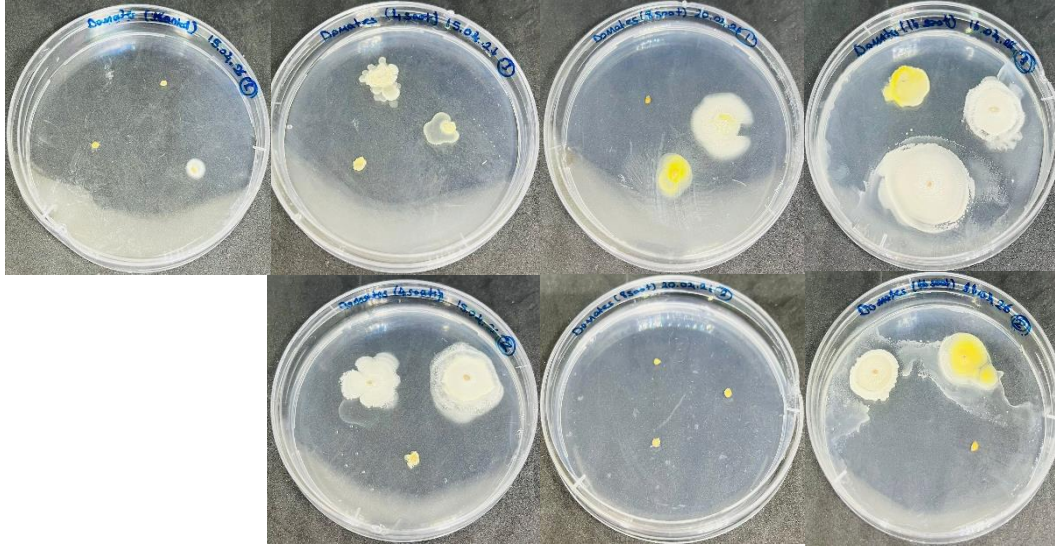
Buğday tohumlarının Biosteril LED ışık altında farklı maruziyet sürelerinde (30, 60, 90 ve 120 dakika) uygulama sonrasında 7. Gün takibinde ise tüm tohumlarda çok yoğun kontaminasyon görüldüğünden morfolojik değerlendirmeler sonrasında yapılamadı.

Buğday tohumlarının Biosteril LED ışık altında farklı maruziyet sürelerinde (4, 8 ve 16 saat) uygulama sonrasında 7. Gün takibinde de tüm tohumlarda çok yoğun kontaminasyon görüldüğünden morfolojik değerlendirmeler yapılamadı (Şekil 7).



Şekil 7: Buğday tohumlarının Biosteril LED lambanın farklı maruziyet sürelerinde etkisi. **a)** Kontrol, **b)** 4 saat uygulama, **c)** 8 saat uygulama, **d)** 16 saat uygulama.

Domates tohumlarının Biosteril LED ışık altında farklı maruziyet sürelerinde (**4, 8 ve 16 saat**) uygulama sonrasında **7. Gün** takibinde tüm uygulamalarda çimlenmeler başlamamış olup, **kontaminasyon durumları değerlendirildiğinde ise;** öncesinde Petri kaplarındaki tohumlardaki kontaminasyon durumları **<%25** ise **düşük (+)**, **%25-%75** ise **orta (++)** ve **>%75** ise **yüksek (+++)** olarak tanımlandı. Bu duruma göre Kontrol grubu; **DÜŞÜK** , 4 saat uygulama grubu **ORTA**, 8 saat uygulama grubu **YÜKSEK** 16 saat uygulama grubunda ise **YÜKSEK** olarak değerlendirildi.



Tablo 3: Domates tohumlarının Biosteril LED ortamında farklı maruziyet sürelerine (saat) göre gözlemlenen durumları.

Bitki türü	Maruziyet süreleri (saat)	7.gün Ç.* yüzdeleri (%)	7.gün Kontaminasyon durumu* (+, ++, +++)	14.gün Yaprak çıkışı	14. Gün Morfolojik Anormallik (Kloroz, Nekroz, Cüceleşme)
DOMATES	Kontrol	0	+	-	-
	Kontrol	0	+	-	-
	4	0	++	-	-
	4	0	+	-	-
	8	0	+	-	-
	8	0	0	-	-
	16	0	++	-	-
	16	0	+++	-	-

*+:Düşük, ++:Orta, +++:Yüksek, Ç.: Çimlenme.

4. Biosteril LED lambanın Farklı Hücre Duvar Yapısına Sahip Olan Mikroorganizmalar Üzerindeki Etkisi

Çalışmanın bu aşamasında ise Biosteril LED lambanın bakterilerin Biosteril LED lambanın 30, 60, 90 ve 120 dakika maruz bırakıldıklarında üremelerine olan etkileri araştırıldı. Bakteri olarak *Escherichia coli* K12 ve *Staphylococcus aureus* ATCC 6558 suşları kullanıldı. Çalışmada suşları canlandırmak amacıyla LB besiyeri kullanıldı. Steril 15 ml'lik falcon tüplere 5 ml LB sıvı besiyerine %2 lik aşılama yapılarak 24 saat boyunca 30°C'de inkübasyona bırakıldı. 24 saatin sonunda 4000 rpm'de 20 dakika boyunca santrifüj edilerek süpernatant kısmı uzaklaştırıldı. Pellet Fizyolojik Tuzlu Su (%0,85) (FTS) ile iyice vorteksenerek homojen bir karışım haline getirildi. Suşlar McFarland cihazı ile 0.5 McFarland bulanıklığına ayarlandı.

Elde edilen süspansiyondan 100 ul alınarak swap yardımı ile LB agar besiyeri üzerine yayma ekim yapıldı ve ekimi yapılan Petri kapları 30, 60, 90 ve 120 dakika boyunca Biosteril LED lambaya maruz bırakıldıktan sonra 30°C’de 24 saat boyunca inkübe edildi ve sonuçlar değerlendirildi.

24 saatin sonunda tüm Petri kapları gözlemlendiğinde Biosteril LED lamba uygulamasının hem *S.aureus* ATCC 6558 hem de *E.coli* K12 suşu üzerinde herhangi bir antimikrobiyal etki göstermediği görüldü(Şekil 16,Şekil 17). Bu durum Biosteril LED lambanın kontrol bakterileri üzerine farklı maruziyet sürelerinde kalsalar bile üremelerine etki etmediğini göstermektedir. Buradan da anlaşılaçağı üzere Biosteril LED lambanın belirli türlere özgü Antimikrobiyal etki gösterebileceğini düşünülebilir.



Şekil 16: Biosteril LED uygulamasına farklı sürelerle maruz bırakılan *S. aureus* ATCC 6558 suşu üzerindeki etkilerin genel görünümü.



Şekil 17: Biosteril LED uygulamasına farklı sürelerle maruz bırakılan *E.coli* K12 suşu üzerindeki etkilerin genel görünümü.

5.Farklı Uzaklıkta Konumlandırılan Biosteril LED Lambalarının Çimlenme Üzerindeki Etkisi

Çalışmanın bu kapsamında Biosteril LED lambaların farklı uzaklıklarda steril olmayan Domates tohumları üzerindeki etkilerinin gözlemlenmesi amaçlanmıştır. Bu amaç doğrultusunda daha büyük hacimli Biosteril LED lamba uygulamalarının olduğu Kabin kullanıldı. Bu kabinde iki farklı Deney grubu oluşturuldu:

- 1) Sadece Biosteril LED uygulama
- 2) Biosteril LED lamba dahil üst ve yan taraflarda bulunan uzun lamba uygulama (Şekil 18).



Şekil 18: Biosteril LED lamba uygulamaları. a) Sadece Biosteril LED lamba uygulaması, b) Biosteril LED lamba dahil üst ve yan taraflarda bulunan uzun lamba uygulamalı

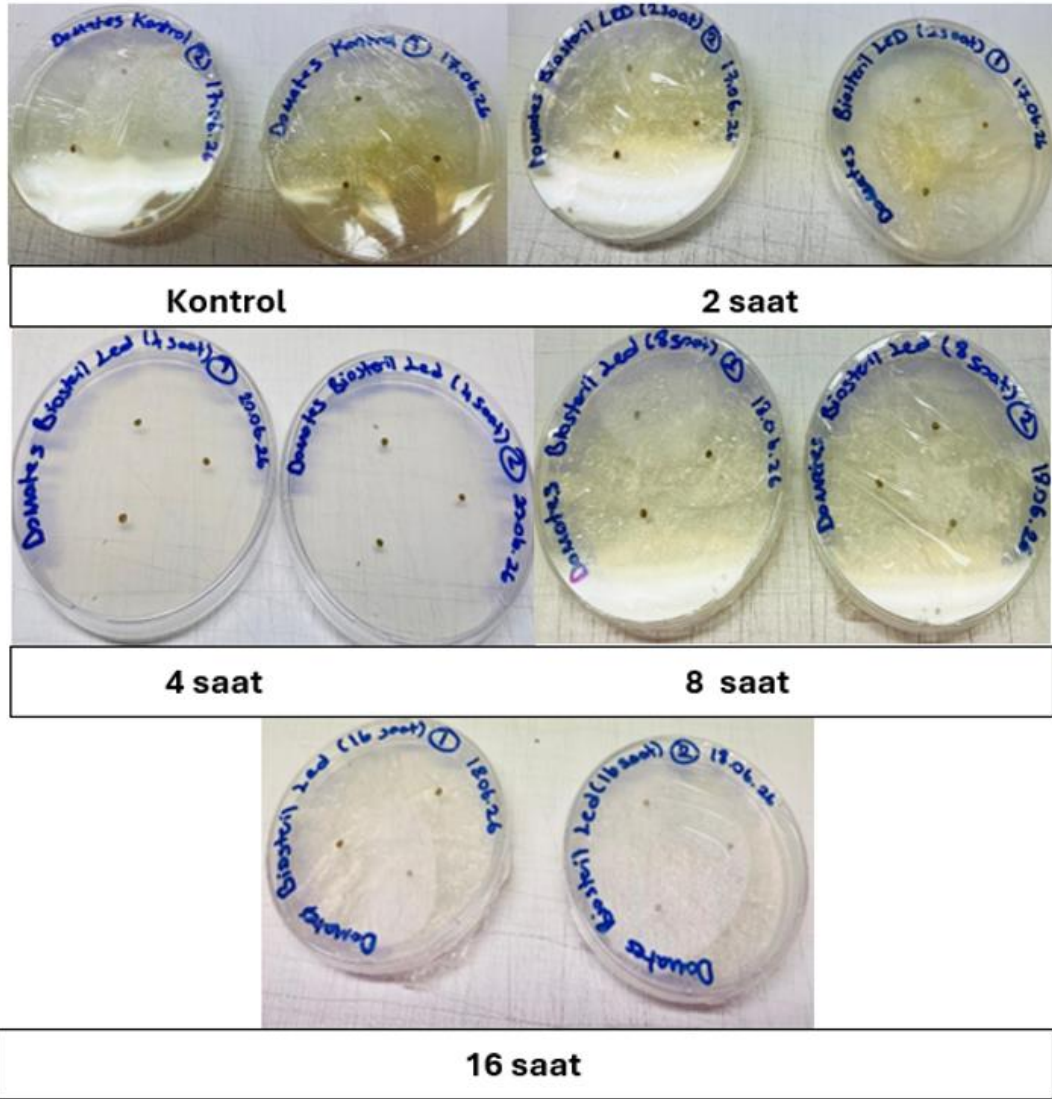
Çalışmanın bu aşamasında kuru olan tohumlar üzerinden swap yardımıyla sürüntü alınarak LB agar besiyerine ekim yapıldı ve 30°C’de 72 saat inkübe edildi. Sürüntü alınan bu tohumlar, her bir Petri kabında üç tohum olacak şekilde yerleştirildi ve Biosteril LED lambanın tam altına konularak 2, 4, 8 ve 16 saat Biosteril LED ışığına maruz bırakıldı(Şekil 19). Steril Petri kapları içerisinde **Sadece Biosteril LED lamba** altında (2/4/8 ve 16 saat) ve **Biosteril LED lamba dahil üst ve yan taraflarda bulunan uzun lamba uygulamalı** (2/4/8 ve 16 saat) olarak bekletildi (Şekil 20). Bu tohumlar MS besi ortamına alınarak Bitki Büyütme odasında çimlenmeleri takip edildi ve değerlendirildi (Şekil 21, Şekil 22).



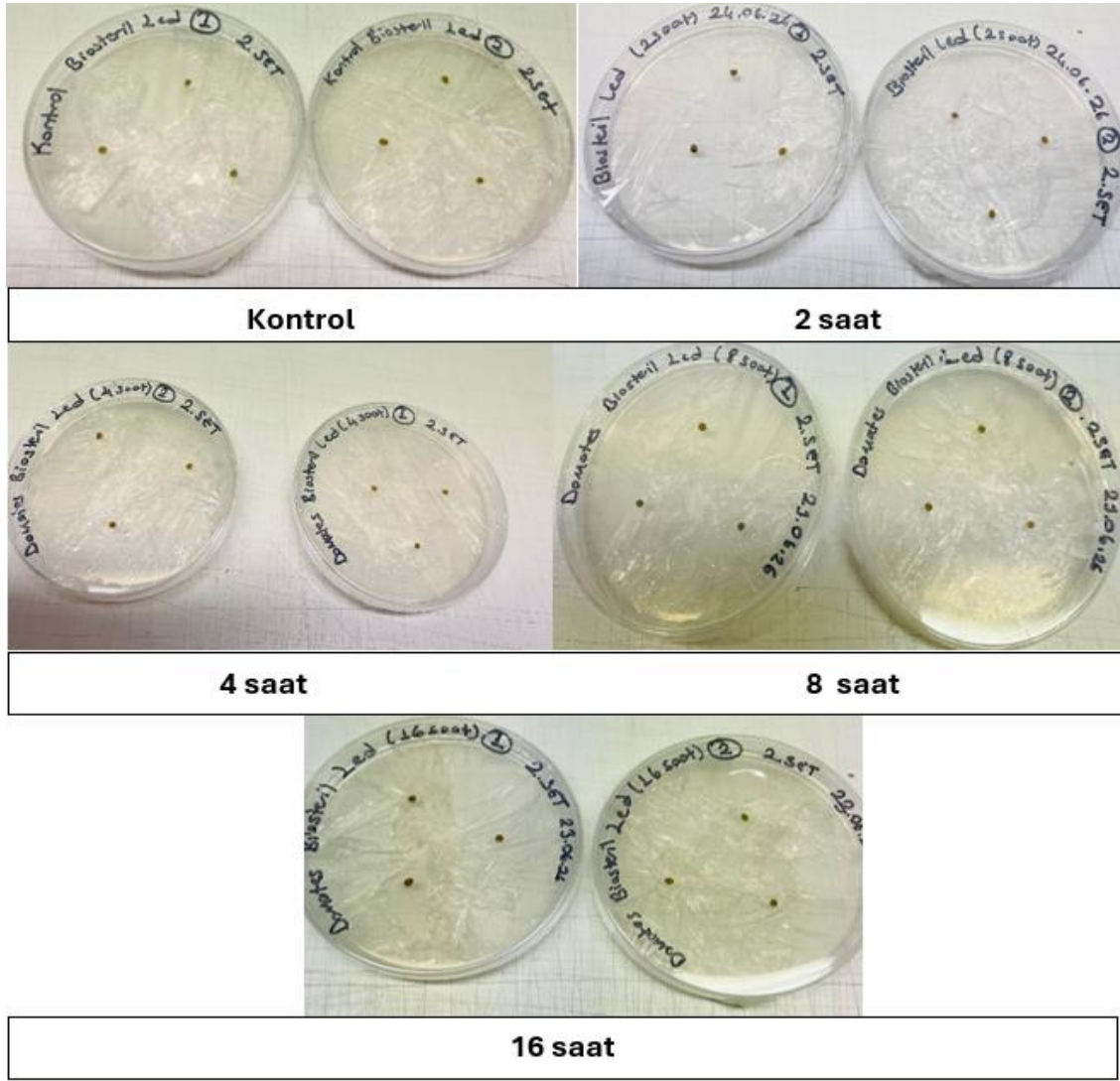
Şekil 19: Tohumlar üzerinden swap yardımıyla sürüntü alınma işlemi.



Şekil 20: Biosteril LED uygulamaları. **a)** Sadece Biosteril LED lamba uygulaması yapılan domates tohumları, **b)** Biosteril LED lamba **dahil üst ve yan taraflarda** bulunan uzun lamba uygulaması yapılan domates tohumları.

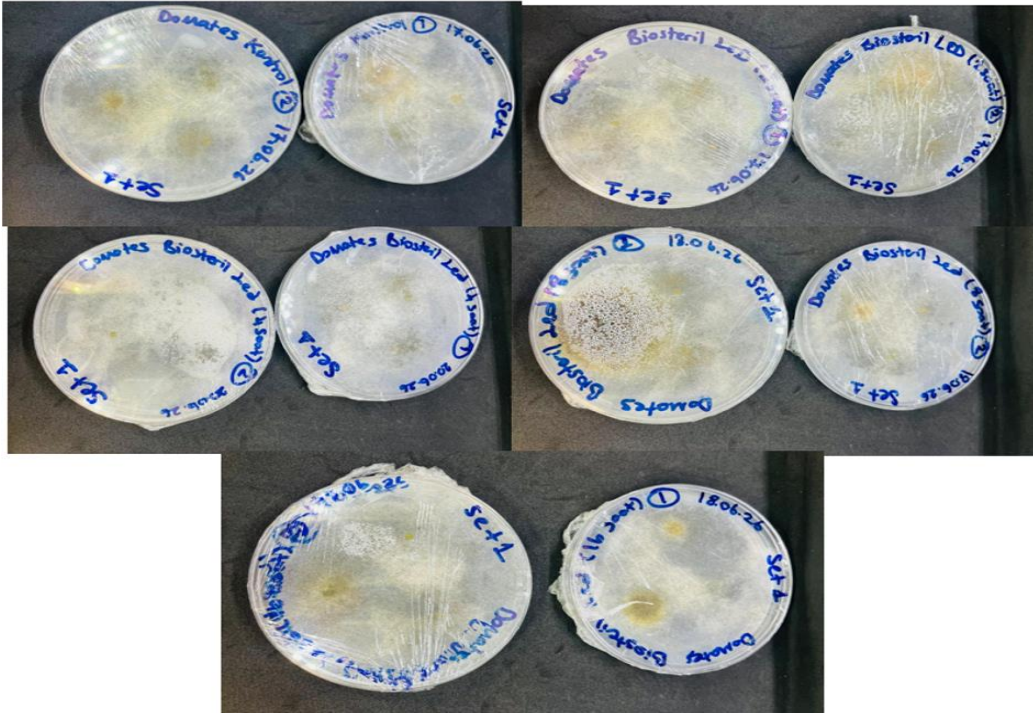


Şekil 21 : Sadece Biosteril LED uygulmalı olan Domates tohumlarının MS besi ortamına aktarılması.

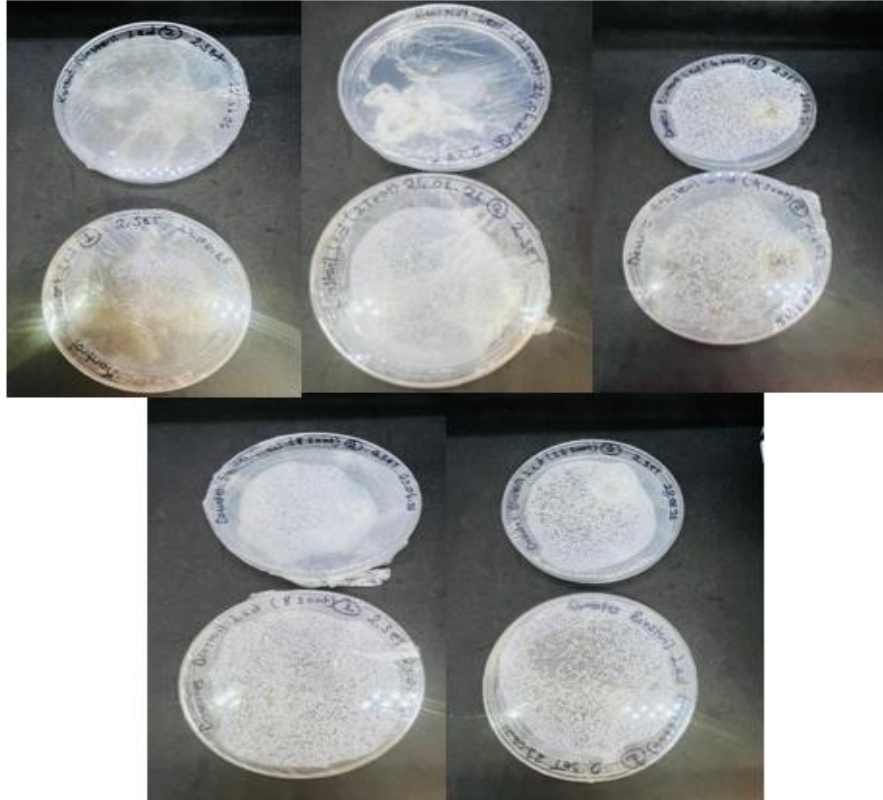


Şekil 22: Biosteril LED lamba dahil üst ve yan taraflarda bulunan uzun lamba uygulaması yapılan domates tohumlarının MS besi ortamına aktarılması.

4-5 günlük gözlemler sonucunda ise sadece Biosteril LED lamba uygulamalarının uygulanan süreler fark etmeksizin tüm Petri kaplarında bulunan steril olmayan domates tohumlarında çimlenme başlamadan küf oluşumunun olduğu görüldü. Negatif kontrol grubu olan Petri kaplarında da domates tohumları üzerinde küf oluşumlarının olduğu gözlemlendi. (Şekil 23).



Şekil 23 :Sadece Biosteril LED uygulmalı domates tohumlarının 4-5 gün sonra gözlemlenmesi.

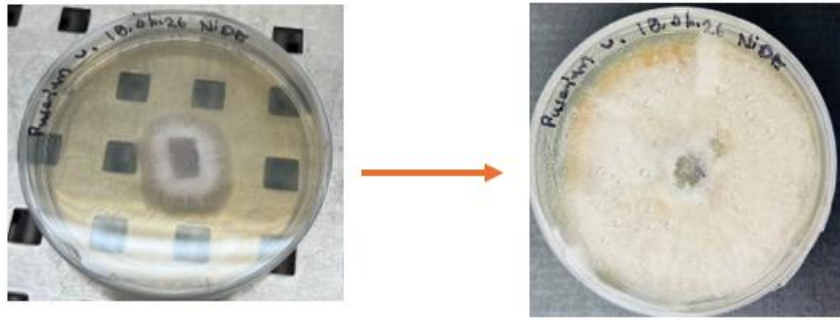


Şekil 24: Biosteril LED lamba dahil üst ve yan taraflarda bulunan uzun lamba uygulmalı Domates tohumlarının 2-3 gün sonra gözlemlenmesi.

Her iki deney grubunda da Biosteril LED lambanın uzaklık ve farklı uygulamalarla sonuçları gözlemlendiğinde steril olmayan domates tohumları üzerinde küf oluşumunu engelleyici özelliğe sahip olmadığı tespit edildi.

6.Buğday ve Mısırdaki Patojen Olan *Fusarium verticilloides* ile Enfekte Edilen Buğday tohumlarına Biosteril LED Uygulamalarının Etkisi

Çalışmanın bu bölümünde de Mısır ve buğdayda patojen olan *Fusarium verticilloides* kullanılarak buğdaya muamele edilmesi ile Biosteril LED uygulamalarının etkisi **araştırıldı**. *Fusarium verticilloides* kültürü Patates Dekstroz Agar (PDA) besiyerinde 28°C de 7 gün boyunca inkübe edildi (Şekil25).



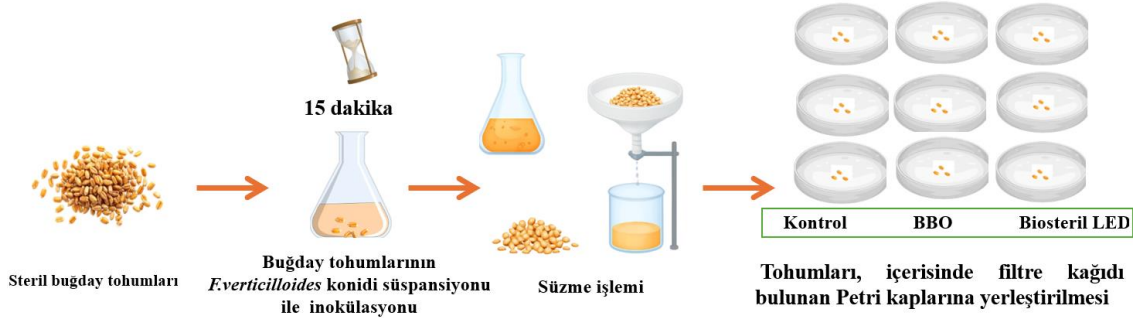
Şekil 25: *F.verticilloides* 28°C de 7 gün inkübe edilmesi.

Konidiler PDB ile stok süspansiyon halinde hazırlandı. Ana stoktan 200 ul +800 ul PDB eklenerek seyreltilti. Seyreltme faktörü: 5 .Spor sayımı için 10 µL stok süspansiyon + 10 µL (%0,4) Trypan Blue (1:1) karıştırıldı. Seyreltme faktörü :2. Thoma lamı kullanılarak sayım yapıldı. Thoma lamında rastgele 4 karedeki sporlar sayıldı ve ortalamaları alındı.

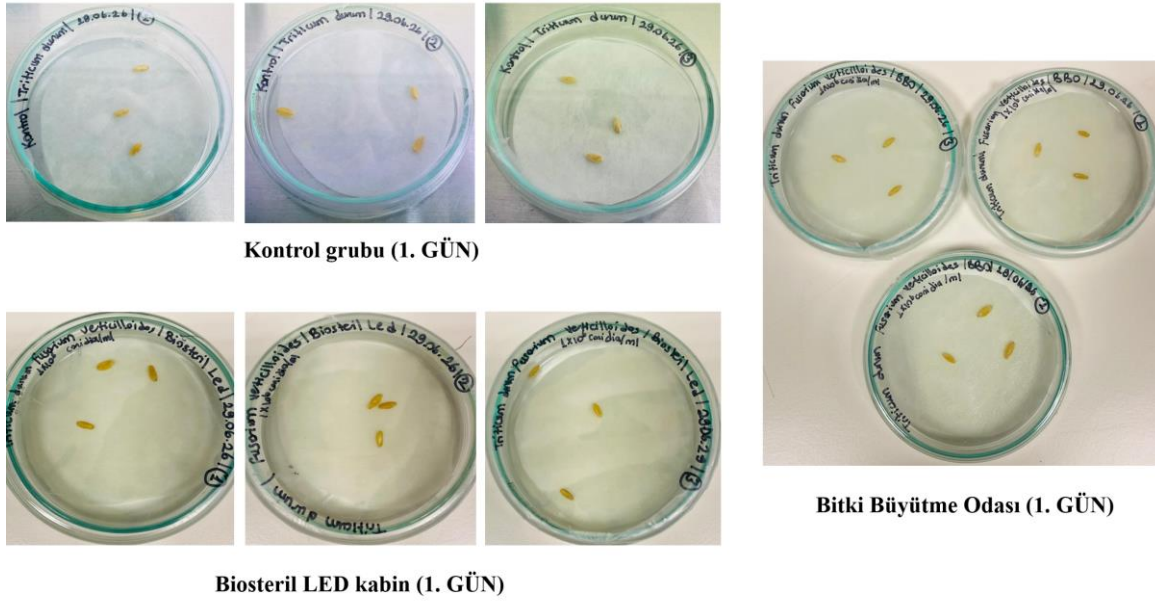
Konidi sayısı (Konidi/ml) =Ortalama hücre sayısı x 10⁴ x Seyreltme Faktörü (5) x Seyreltme Faktörü (2)

***Fusarium verticilloides* Uygulamalı Buğday Tohumlarının Biosteril LED Lamba Altında Çimlenme Üzerine Etkilerinin Belirlenmesi**

Buğday Kışlık buğdayın sterilizasyonu için optimizasyon protokolü Koyuncu (2012) göre gerçekleştirildi. %70 (v/v) etanol (EtOH) 5 dakika boyunca yüzey sterilizasyonu yapıldı ardından, %5 (v/v) çamaşır suyu (Domestos™) ile 25 dakika ve steril dH₂O ile durulama yapıldı ve steril filtre kağıdı içerisine yerleştirilerek Bitki büyütme Odasında büyümeleri takip edildi (Şekil 26, Şekil 27).

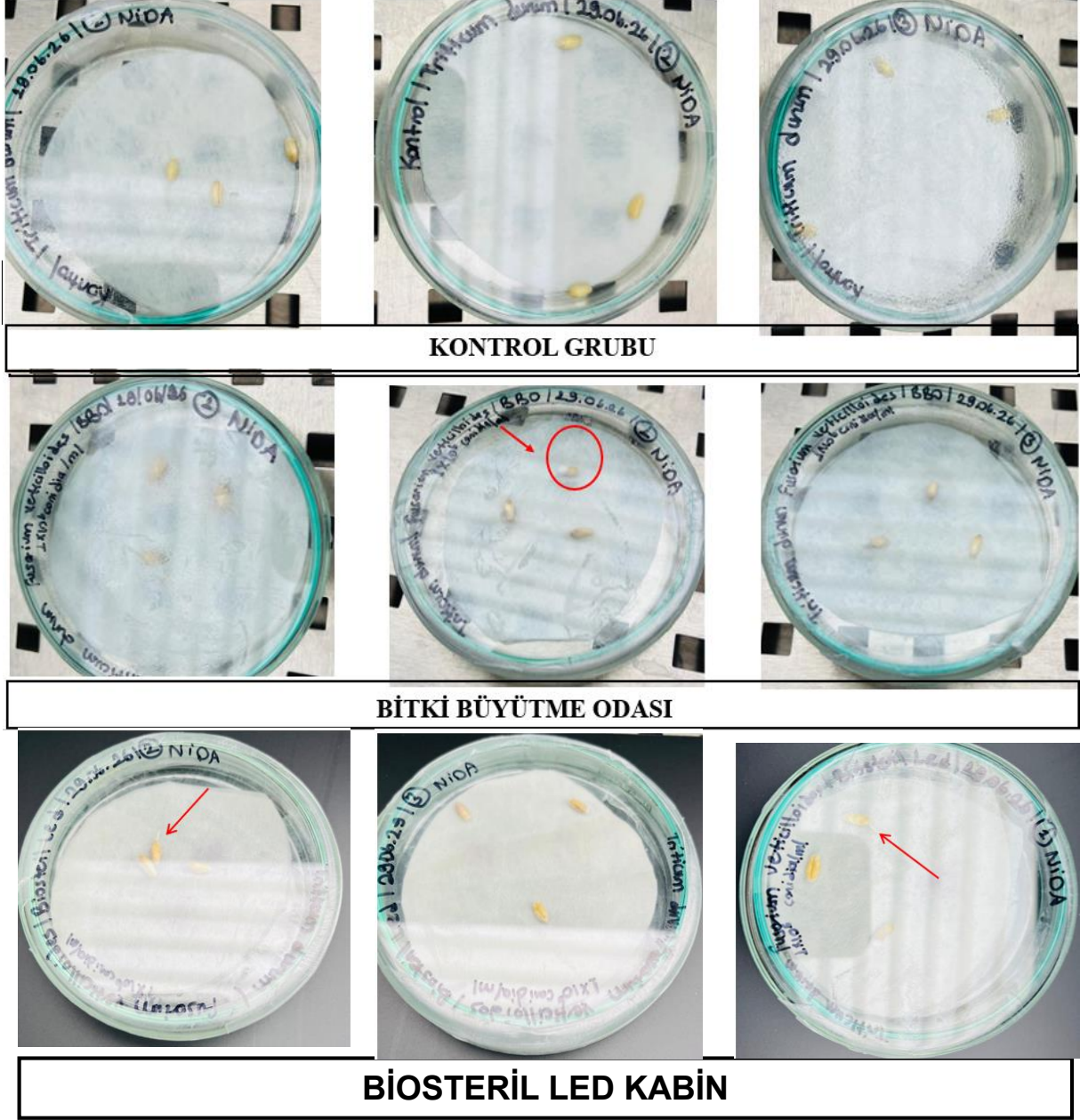


Şekil 26: İnokülasyon aşamaları.



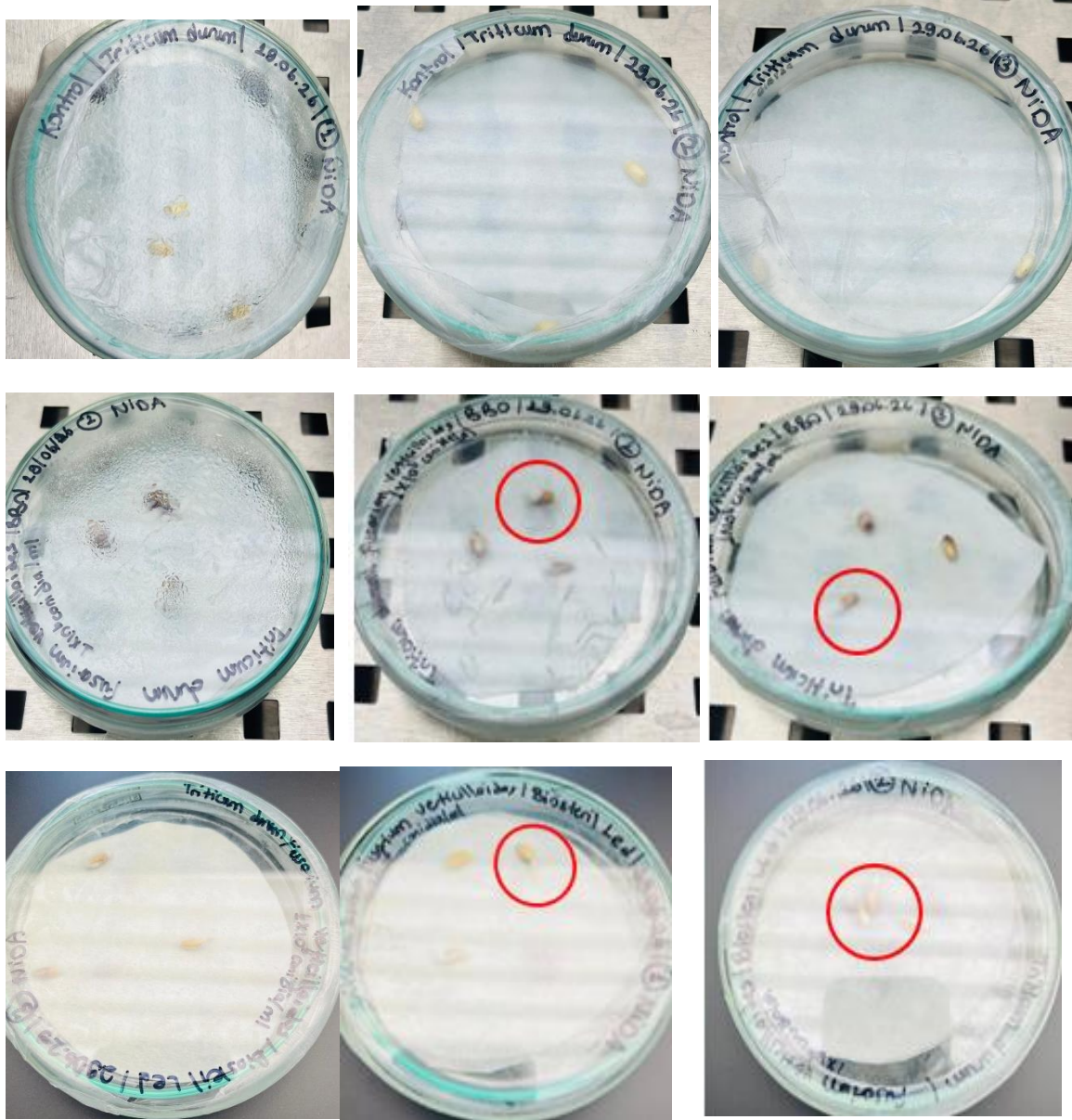
Şekil 27: *F. verticilloides* ile enfekte olan Buğday tohumlarının steril Filtre kağıdı içerisine aktarılması.

2. Gün gruplar gözlemlendiğinde ise; Kontrol gruplarında herhangi bir küf oluşumu ve çimlenme görülmezken, Bitki Büyütme odasında olan *F.verticilloides* ile enfekte olan buğday tohumlarında üreme görülürken, Biosteril LED lamba uygulaması olan buğday tohumlarında çimlenme başlangıcı gözlemlenirken, *F.verticilloides* üremesi görülmedi (Şekil 28).



Şekil 28: *F.verticilloides* uygulamalarında 2. Gün gözlemleri.

4. gün Gruplar gözlemlendiğinde; Kontrol gruplarında çimlenme ve küf oluşumu gözlemlenmezken, Bitki Büyütme odasında bulunan gruplarda çimlenme görülmezken, tohumlarda kararma ve %88,8 oranında tohumlarda *F.verticilloides* gelişimi görüldü. Biosteril LED uygulaması yapılan gruplarda ise çimlenme artışı görülürken, *F.verticilloides* ile enfekte olan tohum sayısı %55,5 olarak belirlendi (Şekil 29, Şekil 30); (Tablo 4) .

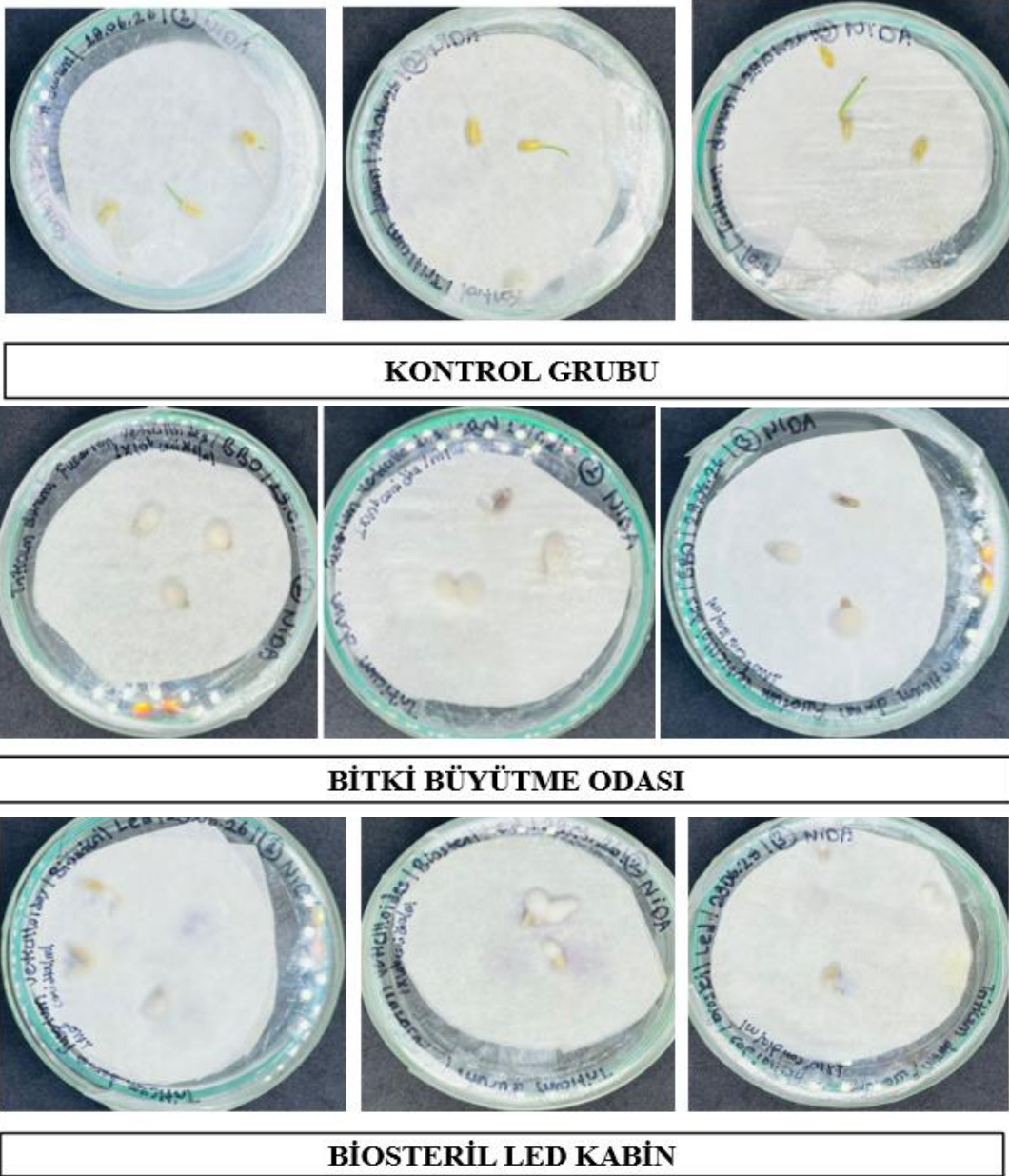


Şekil 29: *F.verticilloides* uygulamalarında 4. Gün gözlemleri.

Tablo 4: Buğday tohumlarının 4. Gün Çimlenme ve *F.verticilloides* enfekte durumları.

	Çimlenme (%)	<i>F.verticilloides</i> (%)
Kontrol	-	-
BBO	-	%88,8
Biosteril LED	%33,3	%55,5

7. Gün sonunda gruplar gözlemlendiğinde, Kontrol grubunda küf oluşumu gözlemlenmezken, **Bitki Büyütme odasında bulunan *F.verticilloides* enfekteli gruplarda** çimlenmenin **baskılandığı** ve *F.verticilloides* gelişimi görüldüğü, **Biosteril LED** uygulamalı gruplarda ise, çimlenme gelişiminin **durdurduğu** ve tüm tohumlarda *F.verticilloides* gelişiminin olduğu gözlemlendi. **Biosteril LED** lamba nın tohumun çimlenmesinde Kontrol grubuna göre **erken** başlaması ve 7.gün sonunda kontrol grubu ile yaklaşık sonuç göstermesinden dolayı **tohumun gelişimini olumsuz etkilemediğini** ve *F.verticilloides* ile enfekte olmasından dolayı tohum çimlenme sayılarında artış olmamasının nedenlerinden biri **Biosteril LED lambanın *F.verticilloides*’ in gelişimine** karşı herhangi bir etki göstermemesinden kaynaklanıyor olabilir. Biosteril LED lambanın *F.verticilloides*’ un gelişmesini yavaşlattığı tespit edilmiştir.



Şekil 30 : *F.verticilloides* uygulamalarında 7. Gün gözlemleri.

Tablo 5: Buğday tohumlarının 7. Gün çimlenme ve *F.verticilloides* enfekte durumları.

	Çimlenme (%)	<i>F.verticilloides</i>(%)
Kontrol	%44,4	-
BBO	-	%88,8
Biosteril LED	%33,3	%100

7. Doku Kültüründe Uygulanabilirlik (Rejenerasyon)

Tütün Tohumlarının Yüzeysel Sterilizasyonu ve *İn-vitro* Çimlenme

Çalışmanın bu kapsamında doku kültürü uygulamalarında başlangıç bitkisi olarak Tütün tohumları (*Nicotiana tabacum*) kullanıldı.

Kullanılan tütün tohumlarının sterilizasyonu için Laminar Air Flow kabini içerisinde %70 EtOH içerisinde 1 dakika boyunca bekletildikten sonra, 1-2 damla Tween-20 eklenmiş %1-2 aktif klor içeren Sodyum Hipoklorit (NaOCl) solüsyonunda 10-15 dakika çalkalanarak sterilize edildi. Steril edilen tütün tohumları, bitki büyüme düzenleyicisi (hormon) içermeyen temel MS (Murashige and Skoog) besi ortamına (MS0) ekildi.

Tohumlar, standart doku kültürü şartlarında (24-26°C, 16 saat aydınlık/8 saat karanlık) çimlenmeye bırakıldı ve büyümeleri takip edildi. Yaklaşık 3-4 hafta içinde kullanılabilir boyutta steril tütün fidecikleri elde edildi (Şekil 31).

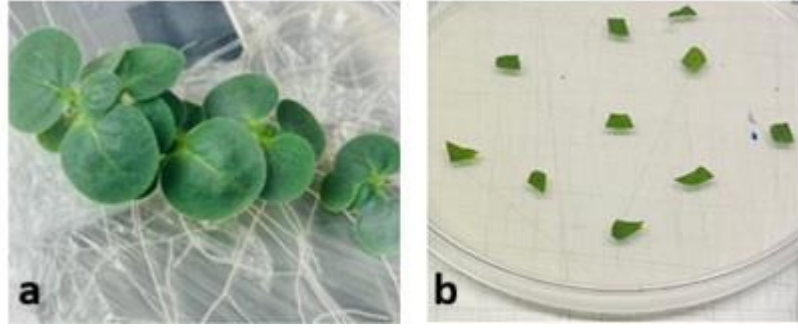


Şekil 34: MS besi ortamında büyüyen Tütün tohumları(3-4 haftalık).

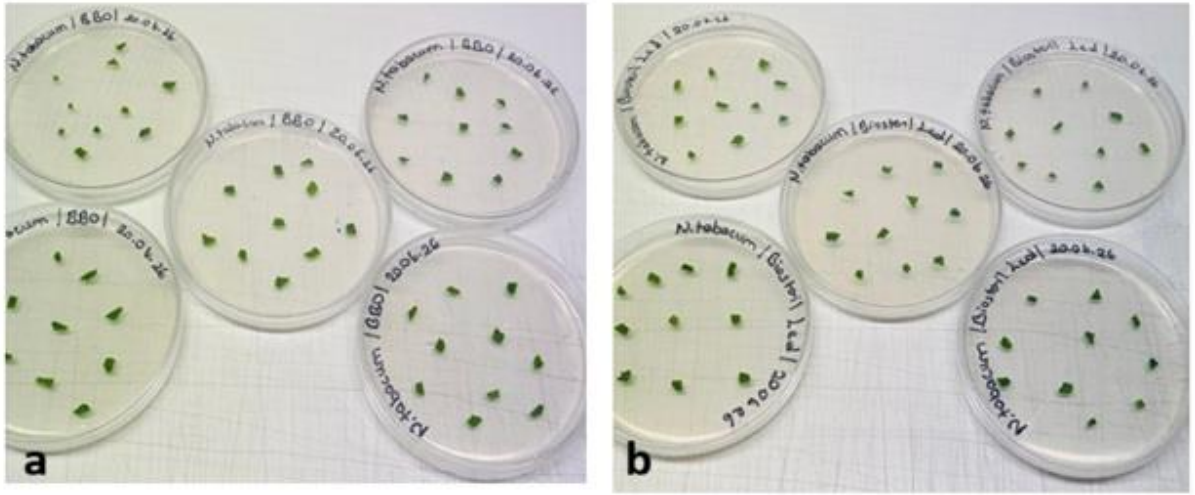
2. Eksplant Alımı ve Proliferasyon (Çoğaltım) Yöntemi

İn-vitro ortamda yetişen ve tamamen steril olan tütün fideciklerinden alınan yapraklar, proliferasyon aşaması için kullanıldı (Şekil 32a).

Bu aşamada eksplant hazırlıkları için steril tütün gövdelerinden bistüri yardımıyla kesilen sağlıklı yapraklar, yaklaşık 1x1 cm boyutlarında “yaprak diskleri” eksplant haline getirildi (Şekil 32b). Her bir denemede en az 10 eksplant kullanılarak 5 kez tekrar edildi(Şekil 33a, Şekil 33b). Proliferasyon ortamı sağlamak amacıyla Sitokinin ve oksin kombinasyonları (1 mg/L BAP ve 0,1 mg/L NAA) eklenen MS besi ortamına aktarıldı.

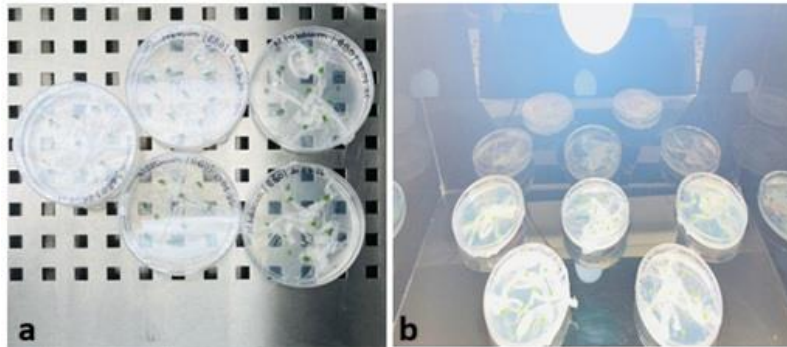


Şekil 35: Proliferasyon aşaması. **a)** Tütün fidecikleri, **b)** Tütün eksplantları.



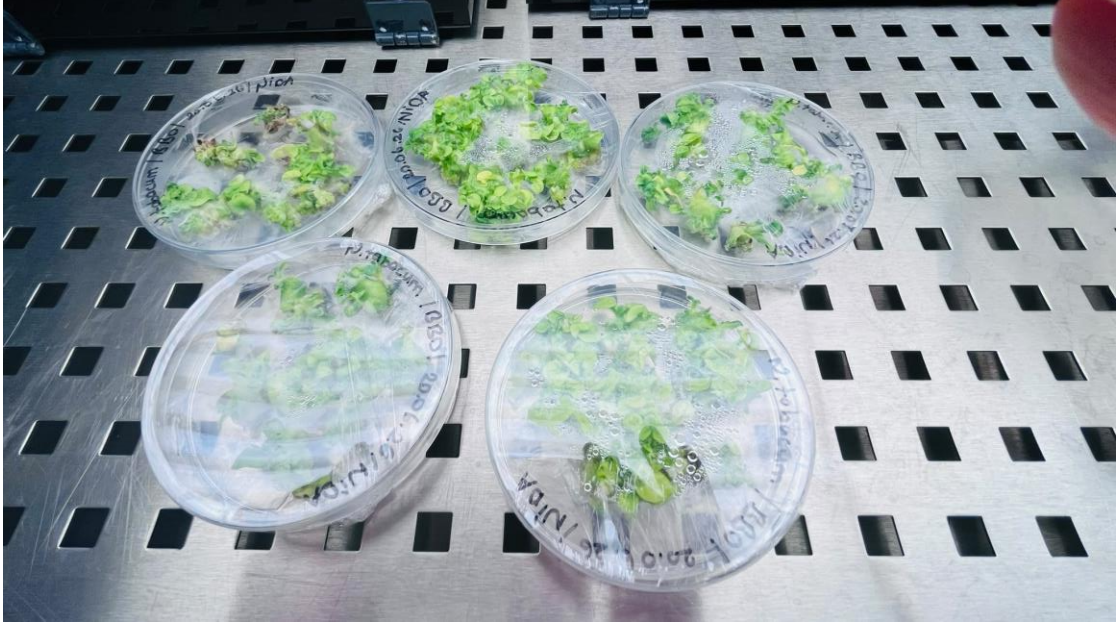
Şekil 36: Tütün Eksplantları. **a)** Bitki büyüme ortamına yerleştirilen Tütün Eksplantları, **b)** Biosteril LED Lamba uygulamasına yerleştirilen tütün eksplantları.

MS besi ortamına aktarılan Tütün eksplantları 2 farklı büyüme ortamına bitki büyüme odasında (16/8 saat (Aydınlık/karanlık) ve Biosteril LED lamba uygulaması kabin içerisinde (16/8 saat (Aydınlık/Karanlık) büyümeleri takip edildi (Şekil 37a, Şekil 37b).

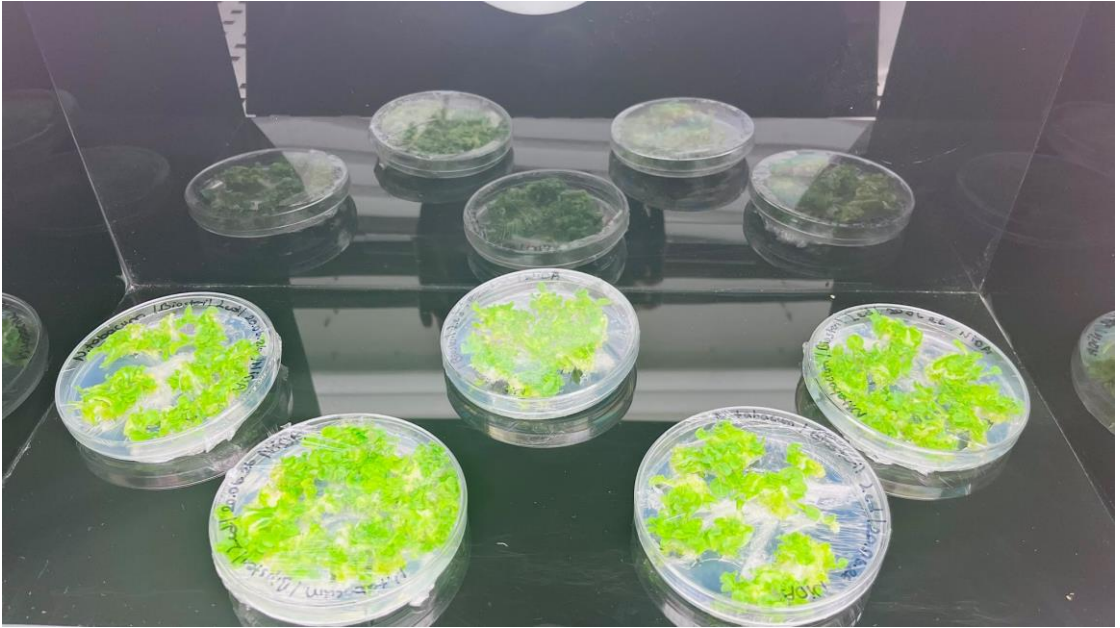


Şekil 37: İki farklı büyüme ortamları. **a)** Bitki Büyütme Odası, **b)** Biosteril LED lamba uygulaması kabin.

4 haftanın sonunda hem Bitki Büyütme odasında bulunan tütün eksplantları ile Biosteril LED kabininde bulunan tütün eksplantlarda gerçekleşen hücresel çoğalma ve farklılaşma yetenekleri ölçüldü ve değerlendirildi (Şekil 38, Şekil 39).



Şekil 38: Bitki Büyütme Odasında bulunan tütün eksplantlarının 4 haftanın sonundaki gelişimleri.



Şekil 39: Biosteril LED uygulamalı kabinde bulunan tütün eksplantlarının 4 haftanın sonundaki gelişimleri.

İki grubunda bulunan tütün eksplantlarının gerçekleşen hücresel çoğalma ve farklılaşma yetenekleri aşağıdaki formüllerle belirlenmiştir (Şekil 40).



Şekil 36: Eksplantlardan çıkarılan yeni gövdeler.

Rejenerasyon yüzdesi (%) = Sürgün veren eksplantların toplam eksplant sayısına oranı

Grupların rejenerasyon yüzdeleri değerlendirildiğinde Biosteril LED Kabin içerisindeki gruplarda rejenerasyon yüzdesi %94 olup, Bitki Büyütme odasında bulunan BBO grubuna göre Biosteril LED uygulamalı grup, Bitki büyütme odasında bulunan gruba göre yaklaşık %23,7 oranında artış gözlemlendi (Tablo 6).

Tablo 6 : BBO ve Biosteril LED uygulamalarında eksplantların rejenerasyon yüzdeleri(%).

Gruplar	Sürgün veren eksplant sayısı	Toplam eksplant sayısı	Rejenerasyon yüzdesi (%)
Bitki Büyütme Odası(BBO)	38	50	76b
Biosteril LED Kabin	47	50	94a

Ortalama Gövde/Eksplant Oranı: Rejenere olan her bir yaprak diski başına düşen ortalama yeni gövde (sürgün) sayısı.

Grupların eksplant başına düşen gövde sayıları ise, Bitki Büyütme odasındaki 3,27 sürgün/eksplant iken, Biosteril LED uygulamalı grupta ise 4,87 sürgün/eksplant oranına sahip olduğu tespit edilmiştir. İstatistiksel olarak değerlendirildiklerinde ise, iki grup arasında anlamlı bir farklılık olmadığı görüldü (Tablo 7), ($p < 0,05$).

Tablo 7: BBO ve Biosteril LED uygulamalarında Eksplant başına düşen gövde sayısı.

Gruplar	Ortalama Gövde/Eksplant oranı
Bitki Büyütme Odası(BBO)	3,27±0,65a
Biosteril LED Kabin	4,87±1,30a

Grupların gövde boyları ise, Bitki Büyütme odasında bulunan grubun boy uzunluğu 0,819 cm iken, Biosteril LED kabin grubunda bulunan gövde uzunlukları ise;0,806 cm olup aralarında istatistiksel bakımından anlamlı bir farklılık görülmedi (Tablo 8), ($p<0,05$).

Tablo 8: BBO ve Biosteril LED uygulamalarında eksplantlardan rejenere olan gövdelerin ortalama uzunlukları.

Gruplar	Gövde uzunlukları (cm)
Bitki Büyütme Odası (BBO)	0,819±0,32a
Biosteril LED Kabin	0,806±0,36a

Grupların Gövde ağırlıkları ise, Bitki Büyütme Odasında bulunan grubun taze gövde ağırlıkları 0,042 gram iken, Biosteril LED kabin grubunun gövde ağırlıkları ise 0,028 gram olarak belirlendi (Tablo 9).

Tablo 9: BBO ve Biosteril LED uygulamalarında eksplantlardan rejenere olan gövdelerin ortalama taze ağırlıkları.

Gruplar	Gövde ağırlıkları(g)
Bitki Büyütme Odası (BBO)	0,042±0,03a
Biosteril LED Kabin	0,028±0,01b

Denemeler arasındaki farklılıklar istatistiksel olarak X^2 (yüzdelere için) testi ve ANOVA, LSD testi kullanılarak değerlendirilmiştir.

GENEL SONUÇLAR

Bu çalışmada, Biosteril LED lambanın ortam havasındaki mikrobiyal yük, belirli patojen/maddeler (bakteri ve fungus suşları), tohum yüzey sterilizasyonu ve *in vitro* doku kültürü (rejenerasyon) süreçleri üzerindeki etkinlikleri araştırılmış ve aşağıdaki temel sonuçlara ulaşılmıştır:

- **Ortam Havası Dezenfeksiyonu:** Biosteril LED lamba, ortam havasındaki genel bakteri yükünün azaltılmasında değişken ve türe özgü bir etki gösterirken; fungus (mantar) sporlarının engellenmesinde %100 etkinlik sağlamış, 30 ve 60 dakikalık uygulamalarda ortamda fungal üremeyi tamamen baskılamıştır.
- **Tohum Yüzey Dezenfeksiyonu ve Patojen Baskılama:** Kuru veya su içerisinde bekletilmiş dezenfekte edilmemiş tohumlarda (domates ve buğday) tek başına Biosteril LED uygulaması küf gelişimini geciktirmekle birlikte dezenfeksiyon için yetersiz kalmıştır. Patojenik *Fusarium verticilloides* ile enfekte edilen buğday tohumlarında ise ilk günlerde fungal gelişimi yavaşlatmış ve çimlenmeyi teşvik etmiş, ancak uzun dönemde patojeni tamamen elimine edememiştir.
- **Spesifik Bakteri Suşları Üzerindeki Etki:** Standart test suşları olan *Escherichia coli* K12 ve *Staphylococcus aureus* ATCC 6558 üzerinde yapılan direk maruziyet denemelerinde belirgin bir antimikrobiyal etki gözlenmemiştir. Bu durum, sistemin antimikrobiyal etki spektrumunun mikroorganizma türü ve hücre duvar yapısına bağlı olarak değişebildiğini göstermektedir.
- **Doku Kültürü ve Rejenerasyon Performansı:** Tütün (*Nicotiana tabacum*) yaprak eksplantları ile yürütülen *in vitro* doku kültürü çalışmalarında, Biosteril LED kabiniinde rejenerasyon oranı %94'e ulaşarak standart Bitki Büyütme Odasına (%76) kıyasla %23,7'lik anlamlı bir artış sağlamıştır. Ayrıca eksplant başına düşen ortalama sürgün sayısını artırmış (4,87 sürgün/eksplant); gövde boyunda ise olumsuz bir etki yaratmamıştır.

Genel Değerlendirme: Biosteril LED teknolojisinin; havadaki fungal kontaminasyonu önlemede ve bitki doku kültürü süreçlerinde organogenez/rejenerasyon başarısını artırmada yüksek potansiyele sahip etkili bir iklimlendirme/destek ekipmanı olarak kullanılabileceği değerlendirilmektedir.

KAYNAKLAR

Douglas, S. I., & Robinson, V. K. (2019). Indoor microbiological air quality in some wards of a tertiary health institution in Port Harcourt, Nigeria. *Journal of Pharmacy and Biological Sciences*, 14, 44-50.

Gizaw, Z., Gebrehiwot, M., & Yenew, C. (2016). High bacterial load of indoor air in hospital wards: the case of University of Gondar teaching hospital, Northwest Ethiopia. *Multidisciplinary respiratory medicine*, 11(1), 24.

Koyuncu N (2012) Bazı Makarnalık Buğday (T . durum Desf .) Çeşitlerinin In Vitro Koşullarda Yüksek Tuz Dozlarına Tepkileri. 21:70–74.

Kunwar, A., Tamrakar, S., Poudel, S., Sharma, S., & Parajuli, P. (2019). Bacteriological assessment of the indoor air of different hospitals of Kathmandu District. *International journal of microbiology*, 2019(1), 5320807.

Lignell, U. (2008). Characterization of microorganisms in indoor environments.

Murashige, T. and Skoog, F. (1962) A Revised Medium for Rapid Growth and Bio Assays with Tobacco Tissue Cultures. *Plant Physiology*, 15, 473-497.
<https://doi.org/10.1111/j.1399-3054.1962.tb08052.x>

Ozougwu, J. C., Nwachukwu, I., Imakwu, C. A., Nwafia, A. E., Uzochukwu, C. U., & Ihevueme, C. P. (2021). Bacteriological Assessment of the indoor air of a private university in Nigeria. *South Asian Journal of Research in Microbiology*, 10(4), 11-17.

Pasquarella, C., & Albertini, R. (2025). Commentary: A comprehensive review of microbial contamination in the indoor environment: sources, sampling, health risks, and mitigation strategies. *Frn Public Health*, 13, 1654511.

Yogeswaran, K., Azmi, L., Bhassu, S., Isa, H. N., & Aziz, M. A. (2023). Physical parameters influence the microbial quality of indoor air in research laboratories: A report from Malaysia. *Kuwait Journal of Science*, 50(4), 665-673.