

**ANKARA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

DOKTORA TEZİ

**ORGANİK TEMELLİ DUMAN EKSTRAKTLARININ SEBZE
TOHUMLARINDA YAŞLANMANIN TAMİRİ VE FİDE KALİTESİ
ÜZERİNE ETKİLERİ**

Zeynep GÖKDAŞ

BAHÇE BİTKİLERİ ANABİLİM DALI

**ANKARA
2022**

Her hakkı saklıdır

ÖZET

Doktora Tezi

ORGANİK TEMELLİ DUMAN EKSTRAKTLARININ SEBZE TOHUMLARINDA YAŞLANMANIN TAMİRİ VE FİDE KALİTESİ ÜZERİNE ETKİLERİ

Zeynep GÖKDAŞ

Ankara Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Bahçe Bitkileri Anabilim Dalı

Danışman: Prof.Dr. İbrahim DEMİR

Bu çalışma duman, karrikinolid (KAR₁) ve hidropriming uygulamalarının etkisinin biber, kabak, lahana, tatlı mısır ve ıspanakta çimlenmeye ve fide gelişimine etkisini tespit etmek amacıyla yapılmıştır. Çalışma üç deneme safhasından oluşmaktadır. 1. denemede biber, kabak ve lahana tohumları 40°C'de yaşlandırıldıktan sonra tohumlara 30 dakika duman (buğday sapından üretilmiş), hidropriming (HP) ve bu ikisinin kombinasyonu ile ayrıca 10⁻⁷ M KAR₁ uygulamaları yapılmış ve tohumların yaşlanması üzerine bu uygulamaların etkileri incelenmiştir. Deneme 2'de duman (20 ve 60 dakika), KAR₁ (10⁻⁷M) ve hidropriming uygulamaları yapılan ıspanak ve tatlı mısır tohumları üç farklı sıcaklıkta (18, 24 ve 30°C) fide çıkış testine tabi tutulmuştur. 3. denemede ise 1 saat boyunca duman uygulanmış torf, %100, 50 ve 25 oranında uygulanmamış torf ile karıştırılarak seyreltilmiş, lahana, biber ve kabak tohumları bu torflarda yetiştirilerek fide çıkış testi uygulanmıştır. Çalışmanın sonuçlarına göre duman ve KAR₁, yaşlandırmayı takiben kabak, lahana ve biber tohumlarında çimlenme, fide kalitesi ve çıkış hızını iyileştirmiştir (p≤0.05). Bu etki enzim aktiviteleri ile ortaya konmuştur. Özellikle KAR₁ uygulaması enzimatik aktiviteyi arttırmıştır. İkinci denemenin sonuçları ıspanakta sıcaklık stresinde 20 dakika duman uygulamasının olumlu sonuç verdiğini göstermektedir (p≤0.05). 3. denemede ise dumanlı torfun %50 seyreltilmesinde ortalama fide çıkış zamanı azalmış ve fide ağırlığı olarak artmış ancak bu özellikler yüksek konsantrasyonda duman uygulanmış torftan olumsuz etkilenmiştir. Sonuçlar duman ve KAR₁ uygulamalarının yaşlanmanın tamiri ve fide kalitesinin arttırılmasında kullanılabilecek uygulamalar olduğunu ortaya koymuştur.

Aralık 2022, 102 sayfa

Anahtar Kelimeler: Bitki kaynaklı duman, Karrikinolid, Yaşlanmanın tamiri, Tohum ve fide kalitesi

ABSTRACT

Ph.D. Thesis

EFFECTS OF ORGANIC BASED SMOKE EXTRACTS ON REPAIR OF AGING AND SEEDLING QUALITY IN VEGETABLE SEEDS

Zeynep GOKDAS

Ankara University
Graduate School of Natural and Applied Sciences
Department of Horticulture

Supervisor: Prof. Dr. Ibrahim DEMIR

This study was carried out to determine the effect of smoke, karrikinolide (KAR₁), and hydropriming on germination and seedling growth in pepper, zucchini, cabbage, sweet corn, and spinach seeds. The study consists of three trial phases. In the first experiment, after pepper, zucchini, and cabbage seeds were aged at 40°C, 30 minutes of smoke (produced from wheat straw), hydropriming (HP), and a combination of these two (HP+smoke), and 10⁻⁷ M KAR₁ treatments were made and their effects on repair of seed aging were investigated. In experiment 2, spinach and sweet corn seeds were exposed to smoke (20 and 60 minutes) and KAR₁ (10⁻⁷M), and a seedling emergence test was conducted at three different temperatures (18, 24, and 30°C). The third experiment was conducted using smoke-treated peat for 1 hour and was mixed with 100%, 50%, and 25% unapplied peat. Cabbage, pepper, and zucchini seeds were grown in this peat, and seedling emergence tests were conducted. The results of the study show that smoke and KAR₁ improve seedling quality, germination percentage, and emergence rate in zucchini, cabbage, and pepper seeds after aging (p≤0.05). This effect has been demonstrated by enzyme activities. Especially KAR₁ treatment increased enzymatic activity. According to the results of the second experiment, 20 minutes of smoke treatment in heat stress in spinach yields positive results (p≤0.05). In the third experiment, at 50% dilution of smoky peat, the average seedling emergence time decreased, and the seedling weight increased, but these properties were negatively affected by peat with a high concentration of smoke. The results indicated that smoke and KAR₁ have the potential to increase the germination of aged zucchini, cabbage, and pepper seeds and seedling growth.

December 2022, 102 pages

Keywords: Plant-derived smoke, Karrikinolide, Repair of aging, Seed and seedling quality

TEŞEKKÜR

Araştırma ve geliştirme karakterimin oluşmasında doğrudan bir etkiye sahip olan, hem akademik anlamda hem de hayat görüşü, stili ve olaylara karşı tutum ve tavrı ile bana rol model olan ve akademik hayatımda büyük bir ilerleme katetmemi sağlayan tez danışmanım Sayın Prof. Dr. İbrahim DEMİR'e ne kadar teşekkür etsem azdır. Kendisiyle çalıştığım yıllar için kendimi oldukça şanslı hissetmekle birlikte kendisinden öğrendiklerim ile onun ekolünü ve onun öğrencisi olma farkını kariyerim boyunca yaşatacağım.

Doktora tez çalışmalarım boyunca bilgi ve yardımlarını benden esirgemeyerek çalışmalarına yön veren ve bana her türlü desteği sağlayan Tez İzleme Komitesi Üyeleri Sayın Prof. Dr. Gölge SARIKAMIŞ (Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Bahçe Bitkileri Bölümü) ve Prof. Dr. Hayrettin KENDİR'e (Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarla Bitkileri Bölümü), çalışmamın enzim analizleri aşaması için laboratuvar imkanı ve bilgi birikimlerini benimle paylaşan Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Bahçe Bitkileri Bölümü Öğretim üyeleri Sayın Prof. Dr. Ertan YILDIRIM ve Dr. Öğretim Üyesi Raziye KUL'a hem yardımları hem de misafirperverlikleri için; potasyum analizleri için yardımlarını esirgemeyen Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü Öğretim Üyeleri Sayın Prof. Dr. Süleyman TABAN ve Araş. Gör. Dr. Hanife AKÇA'ya ve Bölümümüzün bütün Öğretim Üyelerine bu süre boyunca bana olan katkıları ve destekleri için en içten teşekkürlerimi sunarım.

Tez çalışmalarım sürecince az ya da çok beraber çalışma fırsatı bulduğum, tezimin hazırlanış süresi boyunca yakınlıkları ve yardımları ile desteklerini esirgemeyen bütün çalışma arkadaşlarıma (Zir. Yük. Müh. Ayça MAVİŞ, Zir. Müh. Yüksel OĞUZ, Zir. Müh. Ceren DÖNMEZ, Zir. Müh. Neslihan KADIOĞLU, Zir. Müh. Elif KÜÇÜK, Dr. Serpil MİS, Dr. Öğretim Üyesi Sıtkı ERMİŞ ve Zir. Yük. Müh. Güleda ÖKTEM) en derin teşekkürlerimi sunuyorum. Herkesin büyük bir özveriyle ve takım ruhunu yansıtarak birbirine yardım ettiği, gerek yoğun çalışma temposunda motivasyonu ve manevi desteği birbirimizde bulduğumuz, gerek aile ortamını aratmayan sıcak sohbetlerimiz ile her daim hatırlanacak hatıralar ve bir ömür sürecek dostluklar bırakan bu laboratuvar ortamını sağlayan ve hem bir takım hem bir aile olma bilincini bize aşılayan tez danışmanıma bir kez daha teşekkürü borç bilirim.

Hayatım boyunca büyük bir sabır ve özveriyle bana maddi ve manevi destek olan, eğitim ve öğretimime önem veren anneme, babama ve ağabeyime teşekkürlerimi sunarım.

Bu çalışma, Yükseköğretim Kurulu (YÖK) tarafından verilen YÖK 100/2000 Doktora Bursu (Organik Tarım) kapsamında desteklenmiştir.

Zeynep GÖKDAŞ
Ankara, Aralık 2022

İÇİNDEKİLER

TEZ ONAY SAYFASI

ETİK.....	i
ÖZET.....	ii
ABSTRACT	iii
TEŞEKKÜR	iv
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ	vii
ŞEKİLLER DİZİNİ	viii
1. GİRİŞ	1
2. KAYNAK ÖZETLERİ	11
3. MATERYAL VE YÖNTEM.....	42
3.1 Materyal	42
3.2 Yöntem	42
3.2.1 Kabak, lahana ve biber tohumlarına yapılan uygulamalar ve değerlendirilen parametreler	42
3.2.1.1 Düşük kalitede (yaşlanmış) tohumların oluşturulması	42
3.2.1.2 Hidropriming (HP) uygulaması.....	43
3.2.1.3 Karrikinolid (KAR ₁) uygulaması	44
3.2.1.4 Aerosol duman (duman) uygulaması	45
3.2.1.5 Çimlenme testi (TÇ, NÇ, %).....	46
3.2.1.6 Ortalama çimlenme zamanı (OÇZ, gün)	47
3.2.1.7 Elektriksel iletkenlik testi (Eİ, $\mu\text{Scm} - 1\text{g} - 1$).....	48
3.2.1.8 Potasyum akıntısının belirlenmesi (PA, mg/kg^{-1}).....	48
3.2.1.9 Fide kök ve sürgün ağırlıkları (mg/fide)	49
3.2.1.10 Enzim analizleri	49
3.2.2 Ispanak ve mısır tohumlarına yapılan uygulamalar ve değerlendirilen parametreler	50
3.2.2.1 Hidropriming uygulaması	50
3.2.2.2 Karrikinolid (KAR ₁) uygulaması	51
3.2.2.3 Aerosol duman uygulaması.....	51
3.2.2.4 Fide çıkış oranı	51
3.2.2.5 Ortalama fide çıkış zamanı (OFÇZ, gün)	52
3.2.2.6 Fide yaş ağırlığı	52
3.2.2.7 Fide kuru ağırlığı	53

3.2.3 Kabak, lahana ve biber tohumlarının ekim ortamına (torfa) yapılan uygulamalar ve fidelerde incelenen parametreler	53
3.2.3.1 Torfa aerosol duman uygulaması.....	53
3.2.3.2 Fide çıkış oranı (FÇO, %).....	54
3.2.3.3 Ortalama fide çıkış zamanı (OFÇZ, gün).....	55
3.2.3.4 Fide yaş ağırlığı (FYA)	55
3.2.3.5 Fide kuru ağırlığı (FKA)	55
3.2.4 İstatistiksel analiz ve verilerin değerlendirilmesi.....	55
4. ARAŞTIRMA BULGULARI.....	56
4.1 Yüksek ve Düşük Kalitedeki Kabak, Lahana ve Biber Tohumlarının Çimlenmesi, Fide Kalitesi ve Enzim Aktivitesi Üzerine Duman, Karrikinolid (KAR ₁) ve Hidropriming uygulamalarının Etkisi	56
4.1.1 Çimlenme üzerine tohum uygulamalarının etkisi.....	56
4.1.2 Fide kalitesi üzerine uygulamaların etkisi	62
4.1.3 Enzim aktivitesi üzerine duman, karrikinolid ve hidropriming uygulamalarının etkisi	66
4.2 Ispanak ve Mısır Tohumlarında Duman, Karrikinolid (KAR ₁) ve Hidropriming Uygulamalarının Farklı Sıcaklıklarda Fide Çıkışı ve Gelişimine Etkisi.....	69
4.2.1 Fide çıkış oranı ve fide çıkış zamanı üzerinde uygulamaların etkisi.....	69
4.2.2 Fide yaş ve kuru ağırlıkları üzerine uygulamaların etkisi	72
4.3 Biber, Kabak ve Lahana Tohumlarının Ekim Ortamına Yapılan Duman Uygulamasının Fide Çıkış Oranı ve Gelişimine Etkisi	77
5. TARTIŞMA	81
5.1 Kabak, Lahana ve Biber Tohumlarının Çimlenmesi, Fide Kalitesi ve Enzim Aktivitesi Üzerine Duman, Karrikinolid (KAR ₁) ve Hidropriming uygulamalarının Etkisi.....	81
5.2 Ispanak ve Mısır Tohumlarında Duman, Karrikinolid (KAR ₁) ve Hidropriming Uygulamalarının Farklı Sıcaklıklarda Fide Çıkışı ve Gelişimine Etkisi.....	86
5.3 Biber, Kabak ve Lahana Tohumlarının Ekim Ortamına Yapılan Aerosol Duman Uygulamasının Fide Çıkışı ve Gelişimine Etkisi	88
6. SONUÇ.....	91
KAYNAKLAR	92
ÖZGEÇMİŞ.....	101

SİMGELER DİZİNİ

°C	Derece Santigrat
kg	Kilogram
µL	Mikrolitre
µS/cm	Mikro Siemens / santimetre
ml	Mililitre
M	Molarite
cm	Santimetre
%	Yüzde

Kısaltmalar

APX	Askorbat Peroksidaz
3-methyl-2 <i>H</i> -furo[2,3- <i>c</i>]pyran-2-one	Butenolid
Dk	Dakika
Eİ	Elektriksel İletkenlik
GA ₃	Giberellik Asit
KAR ₁	Karrikinolid
CAT	Katalaz
PA	Potasyum Akıntısı
Sa	Saat
SOD	Süperoksit Dismutaz

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1.1 3-methyl-2H-furo[2,3-c] pyran-2-one'ın moleküler yapısı	4
Şekil 1.2 Karrikinlerin moleküler yapıları	5
Şekil 1.3 Karrikinoid'in bitkilerde stres toleransını nasıl destekleyebileceğine dair varsayımsal bir şematik değerlendirme.....	9
Şekil 2.1 Dumanla doymuş su üretmek için geliştirilen aparat.....	18
Şekil 2.2 Dumanlı su hazırlama aparatı	36
Şekil 3.1 Düşük kalitede tohumların oluşturulması	43
Şekil 3.2 Karanlık koşullarda ve 20°C'de hidropriming uygulamasının yapılışı	44
Şekil 3.3 Karrikinolid uygulamasının yapılışı	44
Şekil 3.4 Aerosol duman uygulaması için imal ettirilen ekipman	45
Şekil 3.5 Tohumlara aerosol duman uygulamasının yapılışı	46
Şekil 3.6 Tohumların paslanmaz elekler üzerinde kurutulması ve çimlendirme testine alınması	46
Şekil 3.7 Kabak tohumunda normal (a) ve anormal (b) fide görüntüleri.....	47
Şekil 3.8 Tohumların elektriksel iletkenlik testi için hazırlanması ve yapılışı	48
Şekil 3.9 Potasyum miktarının belirlenmesinde kullanılan plazma spektrofotometresinin görüntüsü.....	49
Şekil 3.10 Enzim analizlerinin yapılışından görüntüler	50
Şekil 3.11 Ispanak ve mısırdaki iklim odasında çıkış testinin yapılması.....	51
Şekil 3.12 Fidelerin değerlendirilmesi ve tartım için hazırlanması	52
Şekil 3.13 Fide yaş ve kuru ağırlıklarının belirlenmesi	53
Şekil 3.14 Torfa duman uygulamasının yapılışı	54
Şekil 3.15 Biberin farklı konsantrasyonlarda duman uygulanmış torflarda yetiştirilmesi ve fide çıkış testinden görüntüler	54
Şekil 4.1 Ispanakta fide çıkış testlerinden görüntüler	70
Şekil 4.2 Mısırdaki fide çıkış testlerinden görüntüler	71
Şekil 4.3 Mısır ve ıspanak tohumlarında yapılan uygulamaların fide kalitesine etkisinden görüntüler.....	76
Şekil 4.4 Farklı konsantrasyonlarda seyreltilmiş duman emdirilen torfta yetiştirilen biber fideleri	78
Şekil 4.5 Farklı konsantrasyonlarda seyreltilmiş duman emdirilen torfta yetiştirilen kabak fideleri.....	79
Şekil 4.6 Farklı konsantrasyonlarda seyreltilmiş duman emdirilen torfta yetiştirilen lahana fideleri.....	80

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 1.1 Çalışmada kullanılan sebze türlerinin ülkemize ait bitkisel üretitimi istatistikleri.....	8
Çizelge 4.1 Yüksek ve düşük kalitedeki kabak tohumlarında duman ve karrikinolid (KAR ₁) ve hidropriming (HP) uygulamalarının toplam çimlenme (TÇ), normal çimlenme (NÇ) ve ortalama çimlenme zamanına (OÇZ) etkisi	56
Çizelge 4.2 Yüksek ve düşük kalitedeki biber tohumlarında duman, karrikinolid (KAR ₁) ve hidropriming (HP) uygulamalarının toplam çimlenme (TÇ), normal çimlenme (NÇ) ve ortalama çimlenme zamanına (OÇZ) etkisi.....	57
Çizelge 4.3 Yüksek ve düşük kalitedeki lahana tohumlarında duman, karrikinolid (KAR ₁) ve hidropriming (HP) uygulamalarının toplam çimlenme (TÇ), normal çimlenme (NÇ) ve ortalama çimlenme zamanına (OÇZ) etkisi.....	58
Çizelge 4.4 Yüksek ve düşük kalitedeki kabak tohumlarında duman, karrikinolid (KAR ₁) ve hidropriming (HP) uygulamaları sonucu elektriksel iletkenlik (Eİ) $\mu\text{Scm}^{-1}\text{g}^{-1}$ ve potasyum akıntısı (PA) (mg/kg^{-1}) değerleri	59
Çizelge 4.5 Yüksek ve düşük kalitedeki biber tohumlarında duman, karrikinolid (KAR ₁) ve hidropriming (HP) uygulamaları sonucu elektriksel iletkenlik (Eİ) $\mu\text{Scm}^{-1}\text{g}^{-1}$ ve potasyum akıntısı (PA) (mg/kg^{-1}) değerleri	61
Çizelge 4.6 Yüksek ve düşük kalitedeki lahana tohumlarında duman, karrikinolid (KAR ₁) ve hidropriming (HP) uygulamaları sonucu elektriksel iletkenlik (Eİ) $\mu\text{Scm}^{-1}\text{g}^{-1}$ ve potasyum akıntısı (PA) (mg/kg^{-1}) değerleri	62
Çizelge 4.7 Yüksek ve düşük kalitedeki kabak tohumlarında duman, karrikinolid (KAR ₁) ve hidropriming (HP) uygulamalarının sürgün yaş ağırlığı (SYA, mg/fide), sürgün kuru ağırlığı (SKA, mg/fide), kök yaş ağırlığı (KYA, mg/fide) ve kök kuru ağırlığı (KKA, mg/fide) üzerine etkisi.....	63
Çizelge 4.8 Yüksek ve düşük kalitedeki biber tohumlarında duman, karrikinolid (KAR ₁) ve hidropriming (HP) uygulamalarının sürgün yaş ağırlığı (SYA, mg/fide), sürgün kuru ağırlığı (SKA, mg/fide), kök yaş ağırlığı (KYA, mg/fide) ve kök kuru ağırlığı (KKA, mg/fide) üzerine etkisi.....	64
Çizelge 4.9 Yüksek ve düşük kalitedeki lahana tohumlarında duman, karrikinolid (KAR ₁) ve hidropriming (HP) uygulamalarının sürgün yaş ağırlığı (SYA, mg/fide), sürgün kuru ağırlığı (SKA, mg/fide), kök yaş ağırlığı (KYA, mg/fide) ve kök kuru ağırlığı (KKA, mg/fide) üzerine etkisi.....	65
Çizelge 4.10 Yüksek ve düşük kalitedeki kabak, lahana ve biber tohumlarının katalaz (CAT) enzim aktivitesine duman, karrikinolid (KAR ₁) ve hidropriming (HP) uygulamalarının etkisi	66

Çizelge 4.11 Yüksek ve düşük kalitedeki kabak, lahana ve biber tohumlarının askorbat peroksidaz (APX) enzim aktivitesine duman, karrikinolid (KAR ₁) ve hidropriming (HP) uygulamalarının etkisi	67
Çizelge 4.12 Yüksek ve düşük kalitedeki kabak, lahana ve biber tohumlarının süperoksit dismutaz (SOD) enzim aktivitesine duman, karrikinolid (KAR ₁) ve hidropriming (HP) uygulamalarının etkisi	68
Çizelge 4.13 Ispanak tohumlarının farklı sıcaklıklarda toplam fide çıkış oranı (TFÇO, %), normal fide çıkış oranı (NFÇO, %) ve ortalama fide çıkış zamanı (OFÇZ, gün) üzerine duman (20 ve 60 dk), karrikinolid (KAR ₁) ve hidropriming (HP) uygulamalarının etkisi	70
Çizelge 4.14 Mısır tohumlarının farklı sıcaklıklarda toplam fide çıkış oranı (TFÇO, %), normal fide çıkış oranı (NFÇO, %) ve ortalama fide çıkış zamanı (OFÇZ, gün) üzerine duman uygulaması (20 ve 60 dk), karrikinolid (KAR ₁) ve hidropriming (HP) uygulamalarının etkisi	71
Çizelge 4. 15 Duman, karrikinolid (KAR ₁) ve hidropriming (HP) uygulamalarının farklı sıcaklıklarda (18, 24 ve 30 °C'de) yetiştirilen mısır tohumlarının fide yaş ağırlığı (mg/fide)'na etkisi	72
Çizelge 4.16 Duman, karrikinolid (KAR ₁) ve hidropriming (HP) uygulamalarının farklı sıcaklıklarda (18, 24 ve 30 °C'de) yetiştirilen mısır tohumlarının fide kuru ağırlığı (mg/fide)'na etkisi	73
Çizelge 4.17 Duman, karrikinolid (KAR ₁) ve hidropriming (HP) uygulamalarının farklı sıcaklıklarda (18, 24 ve 30 °C'de) yetiştirilen ıspanak tohumlarının fide yaş ağırlığı (mg/fide)'na etkisi	74
Çizelge 4.18 Duman, karrikinolid (KAR ₁) ve hidropriming (HP) uygulamalarının farklı sıcaklıklarda (18, 24 ve 30 °C'de) yetiştirilen ıspanak tohumlarının fide kuru ağırlığı (mg/fide)'na etkisi	75
Çizelge 4. 19 Torfa farklı konsantrasyonlarda duman uygulamasının biber tohumlarında fide çıkış oranı (FÇO), ortalama fide çıkış zamanı (OFÇZ), fide yaş ağırlığı (FYA) ve fide kuru ağırlığı (FKA) üzerine etkisi	77
Çizelge 4.20 Torfa farklı konsantrasyonlarda duman uygulamasının kabak tohumlarında fide çıkış oranı (FÇO), ortalama fide çıkış zamanı (OFÇZ), fide yaş ağırlığı (FYA) ve fide kuru ağırlığı (FKA) üzerine etkisi	78
Çizelge 4.21 Torfa farklı konsantrasyonlarda duman uygulamasının lahana tohumlarında fide çıkış oranı (FÇO), ortalama fide çıkış zamanı (OFÇZ), fide yaş ağırlığı (FYA) ve fide kuru ağırlığı (FKA) üzerine etkisi	79

1. GİRİŞ

Dünyada yaşayan ve yaşayacak olan büyük nüfus kitlesinin beslenebilmesi için, gıda arzının hızla artması gerekmektedir. Bitkisel üretimin en önemli girdisi generatif üretim materyali olarak kullanılan tohumdur. Tohumlardan hızlı bir çıkış sağlayarak zamanında ve iyi gelişmiş fideler elde etmek bir önemli unsurdur. Yüksek değer taşıyan hibrit tohumlarda başta olmak kaydıyla üretimin en temel amacı her bir tohumdan bir bitki elde etmektir. Çimlenmeyen her tohum bu amaçtan uzaklaşmaya dolayısıyla da emek para ve zaman israfına neden olmaktadır. Fide üretimi yapmadan doğrudan ekim yöntemlerinde belirtilen tohum kayıplarının çok yüksek olması ihtimaldir. Çünkü tohum yatağında optimum olmayan abiyotik koşullarla karşılaşma ihtimali, kuraklık, mekanik stres, derin ekim, yüksek ve düşük sıcaklıklar ile biyolojik stresler, böcek ve hastalık etkisi de buna dahil edilebilir. Fide üretimi bu tür optimum olmayan koşullara tohumun maruz kalmasını önleyerek, üretim koşulları idealse, her ekilen tohumdan bir bitki oluşturabilme şansını yükseltmektedir. Bu tür olumsuzlukların elimine edilmesi ve sağlıklı ve gelişmiş tarım tekniklerine uygun yetiştirme metotlarına uyum, erkencilik sağlanması vs. gibi nedenler de dikkate alınarak ülkemizde 1990'lı yıllardan beridir fide üretim teknolojilerinin hızla gelişmektedir.

Fide üretiminin en önemli özelliklerinden birisi hızlı bir çıkış sağlayarak zamanında ve iyi gelişmiş fideler elde etmektir. Bu hızlı çıkış ve üniformite seraya ya da araziye geçildiğinde yeknesak ürün verme ve gelişme birlikteliğinin başlangıcıdır. Fide üretim aşamalarında tohumun ekim ile çıkış süresi arasında ortamda kaldığı sürecin kısılması hem sera ortamının daha ekonomik kullanımına hem de erkenciliğe destek verecektir. Hızlı çıkış sadece fide kalitesini değil popülasyonda bulunan üniformite artışı ile toplam kaliteyi de iyileştirebilmektedir.

Fide üretimi ve arazi koşullarında çıkışın yavaş olmasında en temel nedenlerden birinin tohumda oluşan ve depolama süreci ile meydana gelen fizyolojik yaşlanma olgusudur. Bir önceki üretim yılının tohumlarını kullanma gereksinimi olduğunda (ki aynı yıl tüm üretimi yapılan tohumlar satılamamış olabilir) yaşlanma ile de fide çıkışı ve gelişiminde yavaşlama, tohum gücünde düşme ile zayıflama ortaya çıkabilmektedir.

Tohum ekiminden fide çıkışına kadarki sürede ortaya çıkan problemleri bertaraf etmek, ekim ile çıkış arasındaki zamanı kısaltmak ve fide çıkışını uniform olarak sağlamak amacıyla ön uygulamalar, priming uygulamaları, yoğun olarak kullanılmaktadır. Priming uygulamaları ekim öncesi uygulamalar, tohum uygulamaları vs. gibi benzer başlıklar altında toplanan ve tohuma inorganik tuzlar, polietilen glikol (PEG), doğrudan su, oransal nemle nemlendirme, matriks ortamlardan su alımını sağlama, havalandırılmış nemlendirme gibi değişik metotlarla yapılmaktadır. Bu uygulamalarda temel amaç, tohumun su alımının ilk iki evresini tamamlaması ve çimlenmenin son evresinde çıkışın hızlanmasının teminidir. Bu tip uygulamalar çok geniş kapsamlı ve farklı türlerde kullanılmıştır. Ancak, bu uygulamaların geniş çaplı yararları yanında bazı eksiklikleri de bulunmaktadır. Bunlar arasında uygulama sonrası depolamaya hassasiyet, her türe farklı metot kullanımının zorunluluğu, uygun şekilde yapılmayan uygulamaların tohumda yan etkiye neden olması, büyük miktarlarda tohum uygulaması yapmanın her tür için olanaklı olmaması gibi nedenler sayılabilir. Bunlara ek olarak maliyetinin yüksek olabilmesi, özellikle hormon vs. kullanıldığında, kullanılan kimyasalın doğaya salınması sebebiyle çevresel kirlenmeye neden olması, uygulama için deneyim ve tecrübe gerekmesi gibi bir dizi faktör de bunlara eklenebilir. Bazı tuz uygulamalarının yüksek dozların embriyoda birikerek toksik etki yaptıkları, PEG gibi iri moleküllü ve viskozitesi yüksek bileşiklerin uygulama sürecinde oksijen elverişliliğini önlediği de bilinen olumsuz faktörler arasındadır. Bu bağlamda tohum uygulamalarının dikkatli uygulanmadığı durumlarda uygulamada çok küçük farklar (sıcaklık, süre, konsantrasyon) etkiyi değiştirebilmektedir.

Priming materyalleri içerisinde inorganik tuzlarla yapılan uygulamalarda atıkların doğaya bırakılması bir sorun olarak karşımıza çıkmaktadır. Ayrıca bazı uygulamaların tohumun embriyosunda kalıntı bırakarak negatif etki yaptığı da bilinmektedir (NaCl gibi). Sürdürülebilir, güvenli ve kaliteli gıda temini için hem yüksek kalitede tohum temini ve üretimi hem de çevreye verilen zararı azaltan organik temelli uygulamaların arttırılması ve metotların geliştirilmesi önem taşımaktadır.

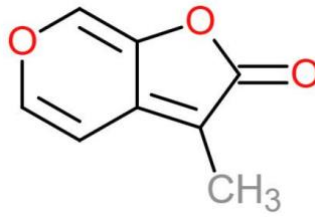
Tarımında organik temelli uygulamalar sürdürülebilir tarım teknolojilerinin kullanımı bakımından önerilmektedir. Günümüzde organik tohum gibi organik fide de üretim gündeminde olduğu için organik tohum uygulamalarının da öne çıkmaya başladığı bilinmektedir. Bu bağlamda bitkisel kaynaklı duman uygulamaları fide kalitesi için kullanılan organik temelli bir uygulama olarak öne çıkmaktadır. Ayrıca diğer priming uygulamaları tohumun daha yüksek bedelle satılmasına ve dolayısıyla fide bedelinin artmasına neden olmaktadır. Ancak doğadan elde edilen ve kolay bir metotla çok düşük dozlarda etkin olabilen duman ekstraktları ile daha az bir giderle uygulama yapmak mümkündür. Ayrıca duman uygulamalarının büyük miktarlardaki tohuma uygulama şansı vermesi de önem taşımaktadır.

Bitki kaynaklı dumanın tohum üzerindeki çimlenme arttırıcı etkisi ilk kez De Lange ve Boucher (1990) tarafından fynbos bitki materyalinden türetilen dumanda keşfedilmiştir. Fynbos, Güney Afrika Kap Floristik Bölgesi'nin hakim bitki örtüsü türüdür (Bond ve Goldblatt 1984). 5-40 yıllık bir sıklıkta gerçekleşen periyodik yangınlar, fynbos'ta doğal bir olgudur (Kruger ve Bigalke 1984). Fynbos türleri, tekrarlayan yangın döngülerine çeşitli şekillerde adapte olmuşlardır ve yangınlar sırasında iyileşme olmazken yangınlardan hemen sonra karakteristik olarak yoğun iyileşme yaşarlar (Brown 1993a).

Baldwin vd. (1994) dumanda bulunan çimlendirmeyi tetikleyicilerin saman, sert ağaç dalları, yapraklar ve daha az derecede selülozun yakılmasıyla üretildiğini tespit etmiş, sıvı dumanın fraksiyonlanmasıyla, GC-MS ve AA spektrometresi ile aktif fraksiyonlarda 71 bileşik belirlemiştir. Dumanın kimyasal doğası belirsiz olmasına rağmen, çimlenmedeki etkisinin kararlılığı, suda çözünürlükleri ve düşük konsantrasyonlardaki aktiviteleri nedeniyle tohum çimlenmesini teşvik etmek için güçlü araçlar olarak hizmet edebileceği düşünülmüştür. Jäger vd. (1996a) ise kağıdın yanması ile elde edilen dumanın ve hatta agar ve selülozun ısıtılması ile hazırlanan ekstraktın Grand Rapids çeşidi marul tohumlarında çimlenmeyi arttırabileceğini belirlemişlerdir.

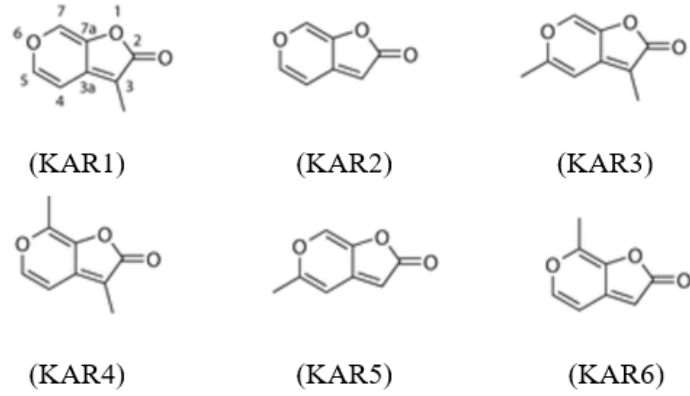
Yaklaşık 10 yıl süren yoğun uğraşlar sonucunda, dumandaki çimlenme aktivitesini sağlayan aktif maddenin tanımlanması ile ilgili çalışmalar 2004 yılında sonuçlanmış ve 3-methyl-2H-furo[2,3-c]pyran-2-one (C₈H₆O₃) adı verilen ilk aktif bileşik, bitki

kaynaklı duman (Van Staden. vd. 2004) ve yanmış selülozdan (Flematti vd. 2004) elde edilmiştir. Spektroskopik analizden çıkarılan ve sentezle doğrulanan bu bileşiğin yapısının, butenolid 3-metil-2H-furo[2,3-c]piran-2-on (1) olduğu tespit edilmiştir (Şekil 1.1). Ayrıca bu bileşiğin 10–100 ppb’lik konsantrasyon aralığında kullanılmasının dumana duyarlı olduğu bilinen 16 türde çimlenmeyi desteklediği ortaya konmuştur (Flematti vd. 2004).



Şekil 1.1 3-methyl-2H-furo[2,3-c] pyran-2-one’ın moleküler yapısı

Yapısında butenolid bulunması ve bilimsel isminin kompleks olmasından dolayı, bileşik ilk başlarda "butenolid" olarak adlandırılmıştır. Ancak, duman içerisinde başka butenolidlerin de tespit edilmesi, isimlendirme açısından problemler yaratmıştır. Butenolid bileşik sınıfı, birçoğu mantarların aktivitesi ile üretilen çeşitli molekülleri de temsil ettiğinden, dumandaki çimlenmeyi uyarıcı butenolidi diğer butenolidlerden ayırmak için dumanda bulunan butenolidlere topluca "Karrikinler (KAR)" adı verilmiştir (Şekil 1.2). "Karrik" kelimesi, güneybatı Avustralya'nın Noongar toplulukları tarafından kullanılan ve duman anlamına gelen Aborjin kökenli bir kelimedir. "İn" son eki ise biyolojik olarak aktif bir aileyi belirtmektedir (Örneğin, giberellin ve oksin). Ayrıca tanımlanan ilk bileşik, lakton yapısı (-olide son eki) nedeniyle "Karrikinolid (KAR₁)" olarak da adlandırılmaktadır (Flematti vd. 2013). Karrikinler, dumandan izole edilen, tohum dormansisini kırma veya çimlenmeyi teşvik etme ve fide canlılığını destekleme yeteneği bilinen bir bileşik sınıfı olarak tanımlanır. Bileşik, (3-methyl 2H-furo[2,3-c] pyran-2-one, KAR₁) karrikinolid olarak bilinen bir moleküldür (Nelson vd. 2012).



Şekil 1.2 Karrikinlerin moleküler yapıları (Nelson vd. 2012)

Karrikinolid'in keşfi, araştırmalarda duman uygulamalarının genişletilmesi ve iyileştirilmesi, nadir bulunan türlerin korunması ve bitki türlerinde çimlenme performansını arttırmak için yeni fırsatlar doğurmuştur. Her ne kadar dumanla yapılan tohum uygulamaları son on yılda artan bir ilgi görmüş olsa da tarımda yangın ve duman uygulamaları yeni uygulamalar değildir. Çiftçiler geleneksel olarak tahıl kurutma uygulamalarında yangın ve duman kullanmışlardır. Bu yöntemlerin çimlenme ve fide canlılığını arttırdığı düşünülmüştür (Paasonen vd. 2003). Güney Afrika'da, bazı yerli çiftçiler mısır koçanlarını bir şöminenin üzerinde saklamışlar, böylece tohumları duman ve ısıya maruz bırakmışlardır. Modi ve Bornman (2004) bu depolama yönteminin iki geleneksel mısır tarlasının tohum kalitesi üzerindeki etkisini araştırmıştır. Bu depolama yöntemi, muamele edilmemiş tohumlara kıyasla çimlenme oranını ve nihai çimlenmeyi geliştirmiştir. Ayrıca, şöminenin üzerinde saklanan tohumlar, işlenmemiş tohumlara kıyasla daha ağır ve uzun olan güçlü fideler üretmiştir.

Dumanın çimlenmeyi teşvik edici etkisinin bulunmasından sonra birçok bitki materyalinin yakılması sonucu elde edilen dumanın etkileri üzerinde çalışmalar yoğunlaşmıştır. Bu bitki materyallerinden *Themeda triandra* otunun çimlenmeyi teşvik edici etkisi çeşitli araştırmacılar tarafından ispatlanmıştır (Baxter vd. 1994, Jäger vd. 1996a, Ghebrehiwot vd. 2008, Soós vd. 2009, Kulkarni vd. 2010). Bunun dışında *contortus* (Gupta vd. 2019) gibi bitki materyalleri de yakılarak, elde edilen dumanın etkisi

ortaya konmuştur. Ayrıca bitki kaynaklı dumandan izole edilmiş olan ticari duman ekstraktları da araştırmalarda yer bulmuştur (Adkins ve Peters 2001, Chou vd. 2012).

Dumanın çimlenmeyi teşvik edici etkisinin önceleri dünya çapında Batı Avustralya'nın güneybatısında (Roche vd. 1997b), Kaliforniya şarapnelleri (Keeley ve Fotheringham 1998), Cape Floristik Bölgesi, Güney Afrika (Brown vd. 2003) ve Akdeniz havzası (Crosti vd. 2006) gibi yangına meyilli bölgelerde meydana geldiği düşünülmüş ancak daha sonra yapılan çalışmalarda sadece yangına meyilli arazilerde değil marul (Drewes vd. 1995), kırmızı pirinç (Doherty ve Cohn 2000) ve yabani yulaf (Adkins ve Peters 2001) gibi türlerin tohumlarının çimlenmesini de teşvik ettiği saptanmıştır.

Dumanın kimyasal kimliğinin keşfedilmesi ve etkisinin yaygın olarak bilinmesinin yanı sıra dumanın çeşitli uygulamalar ile kullanılabilme potansiyeli vardır. Bu uygulamaların en temel ikisi sıvı halde ve aerosol (sprey) duman olanıdır. Dumanın suya emdirilmesi ile oluşturulan dumanlı su solüsyonlarının; doğrudan tohum (Todorović vd. 2005, Ghebrehiwot vd. 2008, Chou vd. 2012, Abu vd. 2016, Gupta vd. 2019) doğrudan ekim ortamın uygulandığı (Abdollahi vd. 2011, Demir vd. 2012) veya solüsyonun tohum ekiminden sonra sulama suyu olarak verildiği (Kulkarni vd. 2010) çalışmalar da yapılmıştır. Sonuçlar uygulanan türlere göre farklılık göstermekle birlikte uygulama süresi ve uygulama konsantrasyonları da etkili olmuştur. Türler göre değişen miktar ve sürelerde yapılan ve dumandan ekstrakte edilen karrikinolid uygulamaları da yine türlere göre farklı sonuçlar ortaya koymuştur.

Duman içerikli solüsyonların farklı türlerde etkisi saptanmış olmasına rağmen yaşlanma fizyolojisi üzerindeki etkisi detaylı şekilde araştırılmamıştır. Bu çalışmanın birinci evresinde yaşlanmanın tamiri amacıyla aerosol formundaki dumanın ve karrikinolid ekstraktının kullanılabilirliği özellikle çabuk yaşlanmaya meyilli, yağ oranı yüksek ve ticari anlamda önemli kabak, biber ve lahanalar gibi türlerde araştırılmıştır. Bu iki uygulamaya ek olarak hidropriming metodu da test edilmiştir. Bu amaçla karrikinolide ve aerosol halindeki dumanı, düşük (yaşlandırılmış) ve yüksek (yaşlandırılmamış) kalitedeki her biri ayrı familyaya ait ve her birinin fide olarak çoğaltılması yapılan türlerde (lahana, kabak ve biber tohumlarına) uygulayarak, çimlenme hızı ve enzim parametrelerindeki

değişiklikler incelenmiş ve türlerin fide kalitesinin tespiti yapılmıştır. Her üç türün de yağ oranı farklılık göstermekle birlikte çıkış hızında değişimler gözlenmektedir. Yaşlanma fizyolojisi bakımından her üç tür de yaşlanmaya meyilli ve kolay çimlenme yetisini kaybeden türlerdir (Demir ve Ozcoba 2007).

Araştırmanın ikinci evresinde torfa ekim yapılmayan, doğrudan araziye ekilen türler için aerosol dumanı doğrudan tohumlara uygulanmasıdır, bunun için doğrudan araziye ekilen ve ticari anlamda önem taşıyan iki türde (ıspanak ve mısır) çalışılmıştır. Ispanak ve tatlı mısır tohumlarında çıkışın sıcaklığa bağlı yavaşlamasının önüne geçmek amacıyla aerosol duman uygulamasının kullanılabilirliği araştırılmıştır. Bu safhada ıspanak gibi türlerde yavaş çimlenmenin getirdiği olumsuzlukların elimine edilmesi amaçlanmaktadır. Aerosol duman uygulamasının; uygulama kolaylığı, tohumun ıslanmaması ve dolayısıyla tekrar kurutulmak zorunda olunmaması, ayrıca büyük tohum partilerine homojen ve daha hızlı bir şekilde uygulanabilmesi nedeniyle diğer duman ekstraktı uygulamalarına göre avantaj sağlayacağı öngörülmüştür.

Denemenin 3. safhasında ise torfa bulaştırılmış dumanın fide ortamında bulunmasının etkisi gözlemlenmiştir. Bu safhada tohuma uygulama yapılması yerine torfa duman bulaştırılarak fide kalitesi saptanmıştır. Bu safhada amaç ekim ortamının iyileştirilmesi amacını gütmektedir. Tohuma değişik süre ve dozlarda yapılan bu uygulamaların yanı sıra ekim ortamına duman uygulanması da pratik yöntemlerin geliştirilmesine olanak verebilmektedir. Sebzeçilik sektöründe özellikle fide ekiminin yapıldığı torfa yapılacak uygulamalar dumanın geniş çaplı kullanımına olanak verebilir. Tohumdan ziyade torfa yapılan duman ekstraktı uygulaması tohumla doğrudan bağlantılı olmayacağı için tohum kalitesinde kayıplara neden olacak bir risk (uygulamadan sonra depolandığında etkinin kaybolma ihtimali gibi) oluşturmaz. Ayrıca uygulanmış torfun istenilen zamanda ekim öncesi hazırlanabilmesi ya da hazırlanarak karanlıkta ve hava geçirimsiz olarak depolanabilmesi ve istenilen zaman diliminde kullanılması da avantaj getirecektir. Uygulanmış olan torfa ekim yapılarak her türlü tohuma uygulanabilme şansı da bir diğer avantajdır. Bu nedenle bu çalışmada aerosol dumanı, tohumun yanı sıra torfa uygulayarak, uygulamadan sonra torfun değişik oranlarda seyreltilerek en uygun konsantrasyonunu bulmak ve ülkemizde yoğun fide üretimi yapılan biber, kabak ve

lahana türlerinde (Çizelge 1.1) hem çimlenme oranlarını hem de fide kalite parametrelerini nasıl etkilediğini ortaya koymak amaçlanmıştır.

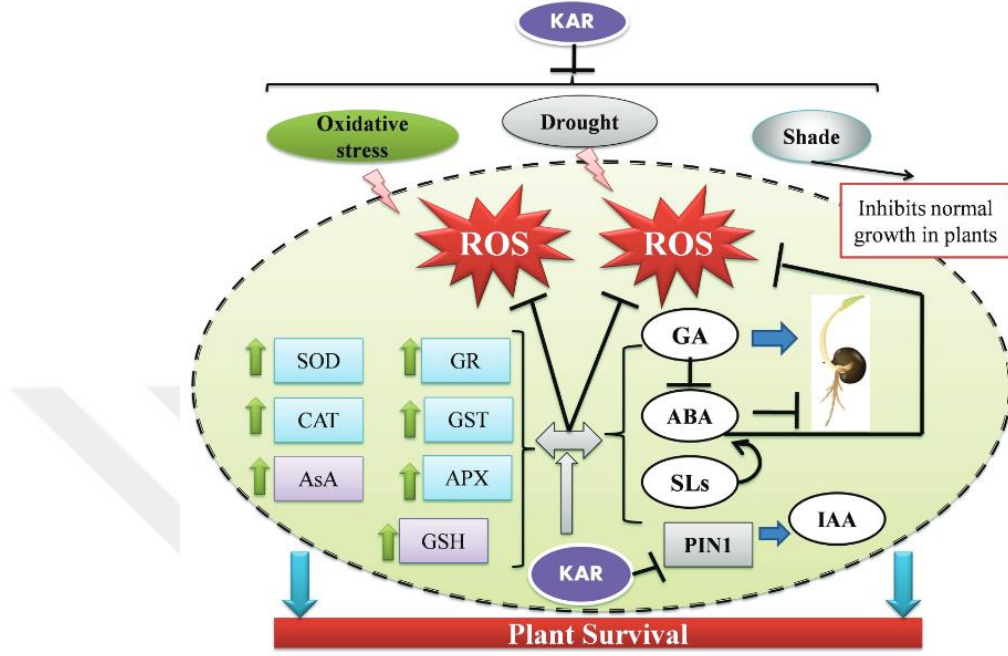
Çizelge 1.1 Çalışmada kullanılan sebze türlerinin ülkemize ait bitkisel üretim istatistikleri (TÜİK 2021)

Tür	Üretim Alanı (da)	Üretim miktarı (ton)
Biber (Çarliston)	23.228	160.469
Kabak (Sakız)	104.968	609.622
Lahana (Beyaz)	132.115	597.910
Ispanak	150.788	218.355
Mısır	7.582.370	6.750.000

Duman ekstraktları ile yapılan uygulamalarda uygulama öncesi tohum neminin (Long vd. 2010) ve uygulama sonrası durulama işlemlerinin (Sparg vd. 2006) tohumların çimlenmesinde etkili olduğu tespit edilmiştir. Bu nedenle bu çalışmada uygulama öncesi nemlendirme ve uygulama sonrası durulama işlemlerinin yapılan uygulamalar üzerine etkisi araştırılmıştır.

Yaşlanmanın önemli parametrelerinden biri ROS (Reactive Oxygen Species) enzimlerindeki artıştır. ROS' lar serbest radikaller olup, en azından eşlenmemiş bir e- (elektron) çiftine sahip atom ya da atom gruplarıdır (Ashraf ve Akram 2009). Kararsız yapıları sebebiyle serbest radikal oluşturmak için diğer moleküller ile çok hızlı bir şekilde reaksiyona girmektedirler (Hideg 2004). Farklı çevresel stres etmenlerine karşı hücrenin korunmasında hücrel antioksidan mekanizmanın tetiklenmesi önem taşımaktadır. Antioksidan savunma sistemi, enzimatik olan ve olmayan antioksidanlardan oluşmaktadır (Ashraf ve Akram 2009). Enzimatik antioksidanlar SOD (Süperoksit dismutaz), CAT (Katalaz), POX (Peroksidaz), APX (Askorbat peroksidaz), GPX (Glutasyon peroksidaz) olup; enzimatik olmayan antioksidanlar askorbik asit, glutasyon, flavonoidler, karotenoid ve tokoferoldür. Bu antioksidanlar ya ROS' ları süpürmekte ya da oluşmalarını engellemektedir (Gill ve Tuteja 2010). Duman uygulamasının bazı türlerde örneğin biber (Demir vd. 2018), ve kavun (Mavi vd. 2010)'da enzimatik aktiviteyi tetiklediği ortaya konmuştur. Uygulamanın tohum yaşlanması üzerine etkilerini daha iyi ortaya koyabilmek

adına, katalaz (CAT), süperoksit dismutaz (SOD) ve askorbat peroksidaz (APX) enzimleri kapsamındaki değişimleri belirlenmiştir.



Şekil 1.3 Karrikinoid'in bitkilerde stres toleransını nasıl destekleyebileceğine dair varsayımsal bir şematik değerlendirme (Banerjee vd. 2019)

Bu çalışmanın amacı ülkemizde hızla gelişen fide sektöründe bazı türlerde karşılaşılan fide çıkış gecikmelerinin ucuz, kolay ve pratik bir metot olan bitkisel kaynaklı duman ekstraktı ile muamele edilmiş tohumlarla yükseltilmesi ve ıspanak ve tatlı mısırdaki sıcaklık farklılıklarının fide çıkışına etkisini araştırmaktır. Bu yolla fide kalitesinin artırılması amaçlanmıştır. Doğayla barışık, organik temelli ve kalıntı bırakmayan metotların tohum kalitesini artırmak amacıyla kullanımını öne çıkarılması hedeflenmiştir. Son yıllarda farklı türlerde tohum uygulaması amacıyla kullanım alanı bulan bitki kaynaklı duman ekstraktları, organik kaynaklı olması, kimyasal kullanımı olmadığı için kirlilik riski taşımaması, ucuz ve kolay elde edilebilmesi ve iri tohumlara da uygulanırsa sorun yaratmaması gibi avantajlara sahiptir (Demir vd. 2012). Çalışmamızda tohumun aerosol duman ve karrikinolid uygulamaları ile hidropriming uygulamaları kullanılarak 3 farklı deneme yürütülmüştür;

1) Yaşlandırılmış (düşük kalite) ve yaşlandırılmamış (yüksek kalite) kabak, lahana ve biber tohumlarının, çimlenme ve ortalama çimlenme zamanının iyileştirmesini, fide kalitesini ve enzim kapsamı ile ilişkisini belirlemeyi,

2) Doğrudan ekimi yapılan tatlı mısır ile ıspanak tohumlarında 18, 25 ve 30°C’de fide çıkış oranı ve gelişiminin iyileştirilmesini,

3) Tohuma değil de fide ekim ortamına (torfa) duman emdirilerek kabak, lahana ve biberde fide kalitesinin iyileştirilmesi olanakları araştırılmıştır.



2. KAYNAK ÖZETLERİ

Bitki kökenli dumanın çimlenme üzerindeki uyarıcı etkisi ilk kez tehdit altındaki bir fynbos türü olan *Audouinia capitata*'nın (Bruniaceae) tohumlarının, doğal koşullarda yangınlardan sonra çimlenmesi ile bildirilmiştir. Bu çalışmada tohum çimlenmesinin, yanan fynbos bitki materyalinden elde edilen dumanda bulunan kimyasal faktör(ler) tarafından başlatıldığını gösteren deneysel sonuçlar sunulmuştur (De Lange ve Boucher 1990).

Brown (1993b) tarafından rapor edilen *Passerina vulgaris* (Thymelaeaceae) çalısının, gövde ve yaprak materyalinden elde edilen bitki kaynaklı duman ve sulu duman solüsyonu ile bir dizi fynbos türü için dumanla uyarılmış çimlenmenin teşviki doğrulanmıştır. Bitkisel kaynaklı duman ve duman solüsyonunun *Syncarpha vestita* (Asteraceae) türünde tohum çimlenmesinin teşviki ile ilk kez, tek başına kömürleşmiş odunun sulu özlerinin, bir fynbos türünde tohum çimlenmesini desteklediği gösterilmiştir.

Bir başka çalışmada Asteraceae, Bruniaceae, Cupressaceae, Ericaceae, Proteaceae, Restionaceae ve Rhamnaceae familyalarına ait 28 fynbos türünün tohum çimlenmesi üzerine, duman ve/veya duman özütü uygulamalarının etkisi araştırılmıştır. Bu türlerin 12'si, uygulamaya yanıt olarak istatistiksel olarak anlamlı bir çimlenme artışı göstermiştir. İlk kez dumanın Asteraceae, Ericaceae ve Restionaceae'deki fynbos türleri için bir tohum çimlenme uyarıcısı olarak hareket ettiği ve ilk kez duman ekstraktlarının Proteaceae'nin fynbos türlerinde çimlenmeyi arttırdığı gösterilmiştir. Hem duman hem de duman özütlerine en belirgin tepki *Syncarpha vestita* (Asteraceae) tohumu ile gösterilmiştir (Brown 1993a).

Baldwin vd. (1994), GC-MS ve atomik absorpsiyon (AA) spektrometrisi ile dumanın aktif fraksiyonlarında 71 bileşik tanımlamış ve *Nicotiana attenuata* tohumlarını kullanarak toplam 233 bileşiği test etmiştir. Ancak bu bileşiklerin hiçbiri çimlenmeyi desteklememiştir. Bu çalışmada ayrıca yanmış selülozdan üretilen dumandan çimlenme aktivitesinin elde edilebileceğini göstermişler ve tohum başına 1 pg'den daha az aktif kimyasala ihtiyaç duyulduğunu tahmin etmişlerdir.

Baxter ve Van Staden (1994) bitki kaynaklı dumanlı su uygulamasını, dormansi halindeki *Themeda triandra* tohumlarında test etmişler, duman ile ön uygulama yapılan *T. triandra* tohumlarının çimlenmesinin su uygulanmış kontrollere göre önemli ölçüde arttırdığını tespit etmişlerdir. Ayrıca dumanla ön uygulamaya tabi tutulmuş tohumların çimlenmesi, artan depolama süresi ile kontrollere göre daha yüksek bulmuşlardır. Dumanın tohum çimlenmesi üzerindeki teşvik edici etkisi, önceden uygulanmış tohum kurutulduğunda ve 21 güne kadar saklandığında korunmuştur. Dumanla fide öncesi uygulamanın sonraki fide büyümesi üzerinde hiçbir olumsuz etkisi olmamıştır. Buna karşılık, taze *T. triandra* tohumlarına su ile ön uygulama yapılması, fide boyunu önemli ölçüde azaltmış ve kardeşlenme sayısında azalmaya neden olmuştur.

Başka bir çalışmada bitkiden elde edilen duman ve dumanlı su solüsyonlarının *Themeda triandra* tohumunun çimlenmesini uyardığı, imbibisyon arttıkça dumana verilen pozitif çimlenme tepkisinin de arttığı tespit edilmiştir. Ayrıca, dumanlı su solüsyonunun, optimum ve optimum altı çimlenme sıcaklıklarında tohum çimlenmesini önemli ölçüde arttırdığı saptanmıştır. Geniş bir konsantrasyon aralığında uygulanan etilen, *T. triandra* tohum çimlenmesini arttırmada başarısız olmuş, bu da etilenin bitki kaynaklı dumanın aktif bileşeni olmadığını göstermiştir. Benzer şekilde, kül veya sulu kül solüsyonları, çimlenmeyi teşvik etmede başarısız olmuştur. Buna karşılık, yanan fynbos bitki örtüsünden hazırlanan sulu duman solüsyonları *T. triandra* tohum çimlenmesini uyarmıştır. Bitki kaynaklı dumanın biyoaktif bileşeninin, muhtemelen hemiselüloz veya selülozun bir termal parçalanma ürünü olan, yanan bir kaynaktan gelebileceği düşünülmüştür (Baxter vd. 1994).

Bitki türlerinin doğal bir karışımının yakılmasından kaynaklanan dumanın, çok çeşitli bitkilerden tohumların çimlenmesini uyardığı anlaşıldıktan sonra, tek tek türlerden elde edilen dumanın tohum çimlenmesini teşvik etmede eşit derecede etkili olup olmadığı araştırılmıştır. Bu amaçla Güney Afrika'dan toplanan 27 bitki türünün ayrı ayrı yakılması ile elde edilen dumanın *Themeda triandra* tohumlarının çimlenmesi rapor edilmiştir. Test edilen 27 türün 18'inden elde edilen dumanın *T. triandra* tohumlarının çimlenmesini teşvik ettiği saptanmıştır (Baxter vd. 1995).

Bir dizi Batı Avustralya yerli türünün tohumlarının ex situ ve in situ çimlenmesinde dumanın rolü araştırılmış, dormant tohumun yanmış doğal bitki örtüsünden türetilen soğuk dumana maruz kalmasının, normalde çimlenmesi zor olan 94 bitki türünden 45'inde çimlenme üzerinde olumlu bir etkiye sahip olduğu tespit edilmiştir. Kontrollü koşullar altında test edildiğinde bazı türler, duman muamelelerinde kontrollere göre daha erken çimlenme göstermiş, olumlu yanıt veren 23 türden oluşan bir grubun, daha önce geleneksel teknikler kullanılarak çimlenmesinin son derece zor veya imkansız olduğu kaydedilmiştir (Dixon vd. 1995).

Grand Rapids marul (*Lactuca sativa* L.) çeşidinin tohumlarının duman ekstraktlarına nasıl tepki verdiğini ve henüz tanımlanmamış aktif bileşiğin eser miktarlarını tespit etmek için yapılan çalışmada kırmızı ve kırmızı ötesi ışığı 6 farklı lot üzerinde test etmiş ve tohumlara önce 24 saat 25°C'de saf su (kontrol) veya duman ekstraktı ile priming işlemi yapılmıştır. Bu ışığa duyarlı tür, karanlıkta 20 veya 25°C'de 24 saat içinde çimlenmiş ve geniş bir konsantrasyon aralığında duman türevli ekstraktlara yanıt vermiştir. Farklı oranlarda seyreltilen dumanlı su solüsyonların test edildiği denemede yüksek konsantrasyondaki solüsyonun (1:50) çimlenmeyi azalttığı, 1:100, 1:500, 1:1000 gibi düşük konsantrasyonlarının ise çimlenmeyi artırdığı ortaya konmuştur. 1:1000 oranında seyreltilmiş duman ekstraktında 24 saat 25°C'de tohuma su alımı yapıp ardından 0, 5, 10 ve 15 dakika uzak kırmızı (far-red) ışığa maruz bırakılan tohumlarda çimlenmenin 20, 25 ve 30 dakika maruz bırakılan tohumlara göre daha yüksek olduğunu saptamışlardır (Drewes vd. 1995).

Thomas ve Van Staden (1995), yaptıkları bir çalışmada, dormansinin kırılması üzerinde GA_{4/7} (A4 and A7 gibberellin karışımı), BA (N6-benzyladenine) ve *Themeda triandra* bitkisinin yakılmasıyla elde edilen duman ekstraktı ile kırmızı ışık uygulamasının etkileri ve arasındaki ilişkileri araştırmak için yüksek ve düşük dormansili kereviz çeşidi kullanmışlardır. Yüksek oranda dormant kereviz çeşidine karanlıkta 26°C'de 1:50 ve 1:100 oranlarında duman ekstraktlarının 2×10^{-4} M GA_{4/7} ile kombinasyon halinde uygulanmasının dormansi halini kırıldığını saptanmışlardır. Tek başına GA_{4/7}'ye yanıt veren domant bir çeşit, duman ekstraktı veya BA'ya ek bir tepki göstermemiştir. Duman ekstaktı ve BA, GA_{4/7}'nin yokluğunda her iki çeşidi de etkilememiştir. Yüksek oranda

dormant olan çeşidin tohumlarına, 22 °C'de karanlıkta inkübasyonun ikinci ve üçüncü günlerinde 10 dakikalık kırmızı ışık sağlandığında, 30 günün sonunda %18'lik bir çimlenme değeri elde edilirken, 1: 100 oranında seyreltilmiş duman ekstraktı varlığında ise bu değeri %56'ya yükseltmiştir.

Van Staden. vd. (1995) bitki kaynaklı duman özlerinde bulunan ilgili bileşiklerin bazı kimyasal ve kromatografik özelliklerini belirlemeyi amaçlayan bir çalışmada duman uygulamasının ışığa duyarlılığını hafifletmesi sebebiyle denemede Grand Rapids eşidi marul tohumlarını kullanmış ve çeşitli kuru ve taze fynbos bitkilerinden elde edilen farklı konsantrasyondaki solüsyonlar bu tohumlara uygulanmıştır. Çalışmanın sonuçlarına göre farklı bitki materyallerinden elde edilen duman ekstraktlarında benzer tipte bileşiklerin mevcut olduğu tespit edilmiştir.

Dormansiyi kırmada dumanın etkisine dair bir fikir edinmek amacıyla, ışığa duyarlı marul tohumlarının çimlenmesi üzerinde dumanın fizyolojik etkilerine ilişkin yapılan bir araştırmada, bitki kaynaklı duman solüsyonlarının, ışığa duyarlı marul tohumlarında kırmızı ışığın çimlenme üzerindeki etkisini taklit ettiği ve uzak kırmızı (far-red) ışığın engelleyici etkisini kısmen hafiflettiği tespit edilmiştir. Duman ekstraktı ile giberellinler, sitokininler, absisik asit ve etefon arasındaki etkileşim araştırılmış, dumanın GA₃ ile sinerjik bir şekilde hareket ettiği ve marul tohumlarının ABA'ya duyarlılığını artırdığı saptanmıştır. Dumanın, bu tohumların fitokrom sistemini etkilemekten ziyade membran geçirgenliğini veya reseptör hassasiyetini etkilemesi muhtemel görülmüştür (Van Staden vd. 1995).

Themeda triandra ve bir fynbos bitkisi olan *Passerina vulgaris*'ten elde edilen sulu duman ekstraktlarının, maş fasulyesinde hipokotil oluşumu ve gelişimine etkisini araştırılmış, her iki bitki materyalinden elde edilen duman solüsyonlarının, maş fasulyesinin hipokotillerinde kök oluşumunu uyardığı tespit edilmiştir. *T. triandra* dumanlı suyunun 1:100 ve 1:50 konsantrasyonları, su kontrollerinden önemli ölçüde daha fazla sayıda kök üretmesini teşvik etmiş, kök sayısı üzerinde *P. vulgaris*'den daha fazla uyarıcı etkiye sahip olmuştur. *P. vulgaris*'in yakılmasıyla elde edilen dumanlı su, daha yüksek konsantrasyonlarda (1:25) etkili iken, *T. triandra*'dan elde edilen dumanlı suyun en

yüksek iki konsantrasyonunda (1:10, 1:5) olumsuz bir etki gözlenmiştir (Taylor ve Van Staden, 1996).

Farklı bitki materyallerinin yakılması ile elde edilen dumanın kimyasal içeriği ve sıcaklığın uyarıcıların oluşmasındaki etkisi üzerine yapılan çalışmada kontrol olarak *Themeda triandra* bitkisinden elde edilen duman ekstraktı kullanılmış, diğer duman ekstraktlarını *Acacia mearnsii*, *Eucalyptus grandis*, *Hypoxis colchicifolia*, *Pinus patula* bitkilerinin yapraklarından, doku kağıdından, selüloz, nişasta, agar, glukoz, galaktoz ve glukuronik asit'den elde edilmiştir. Hazırlanan dumanlı su solüsyonların ve agar ve selülozun ısıtılmasıyla hazırlanan özlerin, ışığa duyarlı marul tohumlarının çimlenmesini uyaran bileşikler içerdiği tespit edilmiştir. Agar ve selülozdan aktif maddeler elde edilirken nişasta, glukoz, galaktoz ve glukuronik asitten aktif madde elde edilememiştir. Yüksek performanslı sıvı kromatografisi ile elde edilen kromatografik kanıtlar, bu çalışmada kullanılan *T. triandra* yaprakları, agar ve selülozdan aynı aktif bileşik(ler)in üretildiğini göstermiştir (Jäger vd. 1996a).

İki ticari duman ürünü tohum çimlenmesini uyarma yetenekleri açısından test edilmiştir. Her iki solüsyon da ışığa duyarlı Grand Rapids marul tohumlarında çimlenmeyi desteklemiştir. Bir ticari ürün Smoke Liquid Concentrate 94725 ve *Themeda triandra*'nın sulu bir duman özütü HPLC ile analiz edilmiş hem ticari duman özütü hem de *T. triandra* özütünün muhtemelen aynı aktif bileşik(ler)i içerdiklerini görülmüştür. Farklı konsantrasyonlarda uygulanan duman solüsyonlarından %100 konsantrasyonda uygulananların çimlenmeyi engelleyici etkisi olduğu bildirilmiştir. Duman solüsyonlarında çimlenmeyi uyarıcı etkinin olduğu sıcaklığın türlere göre farklılık gösterdiği ve en yüksek aktivitenin 160 ve 200°C arasında oluştuğunu saptamışlardır. Daha yüksek sıcaklıklarda, uyarıcı bileşiklerin uçmasına bağlı olarak aktivite kaybolmuştur (Jäger vd. 1996b)

Batı Avustralya'daki boksit madenlerinde bitki türlerinin çeşitliliğini artırmak ve çimlenmedeki artışın dumandan etkilenip etkilenmediğini belirlemek için, rehabilite edilmiş boksit madeni topraklarına soğuk duman uygulamaları yapılmıştır. Orman alanları, aerosol dumanı ile muamele edildiğinde toprak tohum bankasında toplam

çimlenmelerde 48 kat artış gözlenmiştir. Boksit madeni topraklarında aerosol duman tedavisine yanıt olarak çimlenen türlerin sayısında da önemli artışlar olmuştur. Benzer şekilde, daha önce madencilik yapılan sahalarda toprak tohum bankasına dumanlı su uygulanması, toplam çimlenmeleri ve tür sayılarını sırasıyla %56 ve %33 artırarak pozitif bir çimlenme tepkisi ortaya çıkarmıştır. Karışık tohum partilerinin aerosol dumanı ile muamele edilmesi, muamele edilmemiş tohumla karşılaştırıldığında çimlenmede oldukça önemli bir gelişme sağlamıştır. Tohumun çimlenmesi üzerinde dumanın etkinliğini belirlemek için on hedef tür kullanılmış, ilgili türlerden dokuzu, uygulamaların en az ikisinde teşvik edici bir etki göstermiştir (Roche vd. 1997b).

Roche vd. (1997a) yaptıkları çalışmada, 180'den fazla türün, taze toplanmış tohumlarının canlılığını duman tepkisi açısından incelemişlerdir. Taze tohum kullanıldığında, test edilen türlerin neredeyse %70'i, ekimden önce veya sonra uygulanmış olsun, dumana olumlu yanıt vermiştir. İki yöntem arasındaki başarı farkı, bitki kaynaklı dumanda bulunan maddelerin özellikle hassas türler için yüksek konsantrasyonlarda engelleyici olabileceğine dair daha önceki sonuçları doğrulamıştır.

Gardner vd. (2001) marul tohumlarında duman, kırmızı ışık ve giberellinlerin aralarındaki etkileşimin tohum çimlenmesindeki etkisini araştırdıkları çalışmada duman uygulanmış Grand Rapids marul tohumlarında çimlenme başlangıcının, kırmızı ışık veya giberellik asit uygulanmış tohumlara kıyasla geciktiğini tespit etmiştir. Gibberellin seviyeleri, kırmızı ışıkla muamele edilmiş tohumlarda kontrollere göre önemli ölçüde daha yüksek bulunmuş buna karşılık dumanla muamele edilmiş tohumlardaki gibberellin seviyesi başlangıçta düşük kalmış ancak çimlenmenin başlamasıyla eş zamanlı olarak yükselmiştir. Dumanla uygulanmış tohumlardaki gibberellinlerin tepe seviyesi, kırmızı ışık uygulanmış tohumlardan önemli ölçüde yüksek bulunmuştur. Bu nedenle gibberellin sentezinin, dumanın neden olduğu çimlenmenin altında yatan mekanizmanın olası bir bileşeni olduğu düşünülmüştür.

Adkins ve Peters (2001), ticari olarak temin edilebilen bir duman-su çözeltisinin (Seed Starter®), *Avena fatua* tohumlarının çimlenmesini ve dormansiyi ortadan kaldırma üzerine etkisini incelemiştir. *A. fatua* tohumları kontrol koşullarında herhangi bir

çimlenme göstermezken dumanlı su uygulaması ile %92 oranında çimlenme göstermişlerdir. Çözelti, seyreltildiğinde (%5-50) daha etkili bulunmuş ayrıca tam güçte veya taze hasat edilmiş tahıllara uygulandığında daha az etkili olduğu tespit edilmiştir.

Bitki kaynaklı duman, fynbos türlerinin tohumları üzerindeki çimlenmeyi artırıcı etkisinin keşfedilmesinden itibaren önemli fynbos türlerine uygulanmış ve 301 türün dumana tepkisi test edilmiştir. Bunların 150'sinde (%49,8) çimlenme, duman uygulamasıyla önemli ölçüde iyileştirilmiş; kalan 151 tür önemli bir tepki göstermemiştir. Türlerin önemli bir tepki gösterdiği familyalar, bahçe bitkileri açısından önemli olan *Asteraceae*, *Bruniaceae*, *Crassulaceae*, *Ericaceae*, *Geraniaceae*, *Mesembryanthemaceae*, *Proteaceae* ve *Restionaceae*'yi içermektedir. Amaryllidaceae ve Hyacinthaceae gibi geofit familyalarında hiçbir tür yanıt vermemiş ve Iridaceae'de incelenen türlerin çoğu (ayrıca geofitler) aynı şekilde yanıt vermemiştir. Bu çalışmanın sonuçlarına göre geofitlerin dumana karşı çok düşük bir çimlenme tepkisi sergilediği, ek olarak, serotinli türlerin, muhtemelen yangın meydana geldiğinde tohumlarının toprakta olmamasının bir sonucu olarak, serotinli olmayan türlere göre dumana daha az tepki veren tohumları olduğu tespit edilmiştir (Brown vd. 2003).

Bitki kaynaklı dumanın hayati bir çimlenme ajanı olarak keşfedilmesinden sonra, selülozdan türetilen dumanın (filtre kağıdının yanmasından) kapsamlı bir şekilde ayrılması, tohum çimlenmesini destekleyen bir bileşiğin izolasyonu ile sonuçlanmıştır. Bu bileşiğin yapısı, kütle spektrometrisi (MS) ve ¹H, ¹³C ve iki boyutlu (homonükleer korelasyon, heteronükleer tek kuantum tutarlılık, heteronükleer çoklu bağ korelasyonu ve nükleer Overhauser etkisi spektroskopisi) nükleer manyetik ile elde edilen spektroskopik verilerden açıklanmıştır. Bu bileşik, Avustralya, Kuzey Amerika ve Güney Afrika dahil olmak üzere çeşitli bölgelerden dumana duyarlı farklı türlerin çimlenmesini teşvik etmiştir. Teşvik edici bileşiğin yapısı, bir butenolid (dört karbonlu bir lakton) içeren bir bileşik sınıfı olan 3-metil-2H-furo[2,3-c] piran-2-one olarak kimyasal sentezle doğrulanmış ve bu bileşiğe karrikinolid (KAR₁) adı verilmiştir. Bu bileşiğin 10⁻¹⁰M'ye kadar çok düşük konsantrasyonlarda bile aktif olduğu belirlenmiştir. Bitki kaynaklı duman özütlerinde KAR₁'in varlığı gaz kromatografisi-MS analizi ile doğrulanmıştır. Butenolidin sentetik formunun aktivitesi, üç biyo-analiz türü ile çeşitli

konsantrasyonlarda test edilerek bitkiden türetilen duman suyu ile karşılaştırılmıştır. Sonuçlar her bir test türünün çimlenmesini bitki kaynaklı duman suyu ile elde edilen seviyeye benzer bir seviyeye kadar uyardığını göstermiştir (Flematti vd. 2004).

Van Staden vd. (2004), ise bitki kaynaklı (*T. triandra*) duman ile doymuş sudan ana aktif bileşik olan 3-metil-2H-furo[2,3c]piran-2-one'nin, izolasyonunu ve tanımlamasını rapor etmiştir (Şekil 2.1).



Şekil 2.1 Dumanla doymuş su üretmek için geliştirilen aparat (Van Staden vd. 2004)

Aerosol duman (*Heteropogon contortus* L.) yakılması ile elde edilmiş) ve dumanlı su (*Themeda triandra* kuru yapraklarının yakılmasıyla elde edilmiş) çözeltilerinin Güney Afrika'da tıbbi bitki olarak yetiştirilen *Albuca pachychlamys*, *Merwillia natalensis* ve *Tulbaghia violacea* tohumlarının çimlenmesi ve fide gücü üzerindeki etkilerinin araştırıldığı bir çalışmada duman çözeltileriyle çimlenen *A. pachychlamys* fideleri, 75 gün boyunca in vitro büyütüldüklerinde, uygulama yapılmamış kontrol fidelerine kıyasla soğan ve yaprak kütlesinde önemli bir artış göstermiştir. *T. violacea*'nın duman solüsyonu uygulanmış fidelerinin yaprak kütlesi, kontrol fidelerinkinden önemli ölçüde ($p \leq 0.05$) daha yüksek bulunmuştur. Aerosol dumanına maruz kalan *A. pachychlamys* ve *T. violacea* tohumları, duman uygulanmamış tohumlara göre daha yüksek fide canlılık yüzdeleri sergilerken, *M. natalensis* fideleri için önemli bir etki gözlenmemiştir (Sparg vd. 2005).

Crosti vd. (2006) aerosol dumanı Akdeniz havzasına özgü, yangına meyilli habitatlardan gelen veya gelmeyen 10 türe uygulamışlar ve çimlenmelerini incelemişlerdir. Kontrollere kıyasla, türlerin üçünde (ör. *Cistus incanus*) artan çimlenme meydana geldiğini, üçünde daha hızlı çimlenme olduğunu ancak toplam çimlenmede artış olmadığını (ör. *Rhamnus alaternus*) ayrıca, ikisinde çimlenmede azalma olduğunu (ör. *Clematis flammula*) gözlemlemişlerdir. Ayrıca türlerin geldiği habitata bağlı olarak tutarlı bir çimlenme davranışı modeli olmadığını tespit etmişlerdir.

Duman uygulamasının yanı sıra ısıtma, suya daldırma, durulama gibi yöntemlerin ve tuz stresinin *Solanum centrale* tohumlarının canlılığı üzerine etkilerinin araştırıldığı bir çalışmada tohum kabuğunun bir kez kazınması tohum canlılığını arttırırken, farklı sıcaklık uygulamaları (12, 20 veya 28°C) çimlenmede farklılık göstermemiştir. Islatma ve yıkama, beş uygulamadan birinde çimlenmeyi teşvik ederken, ısıtmanın hiçbir etkisi olmamıştır. Duman, tohum kabuğu kazıma ile dormansi kırıldığında, test edilen altı orijinden üçünün toplam çimlenmesini arttırmıştır. Tohumlar, 0 ve 25 mM NaCl uygulandığında daha yüksek toplam çimlenme sergilese de, 200 mM NaCl'ye kadar çözültülerde önemli tuzluluk toleransı göstermiştir (Ahmed vd. 2006).

Sparg vd. (2006), yaptıkları bir çalışmada, aerosol-duman ve dumanlı suyun, çeşitli ön ıslatma ve dumanlama kombinasyonları ile uygulandığında ticari bir mısır çeşidinin (*Zea mays L.* var. PAN 6479) çimlenmesine olan etkilerini araştırmışlardır. Tohumların aerosol dumanı ile muamele edilmesi, canlılık üzerinde önemli ($p < 0.05$) uyarıcı etkiler göstermiştir. Ancak aerosol dumanına uzun süre maruz kalma, çimlenmenin azalmasına neden olmakla birlikte, tohumların dumanlama işleminden sonra durulanması bu azalmanın etkisini hafifletmiştir. Ayrıca, aerosol dumanına maruz kalmadan önce tohumların önceden ıslatılması da uzun süreli dumanlamanın çimlenmeyi engelleyici etkisini önemli ölçüde ($p < 0.05$) azaltmıştır. Ön ıslatma ve aerosol duman kombinasyonu uygulanan tohumların çimlenme yüzdesinde önemli ($p < 0.05$) bir artış gözlenmiştir. Dumanlı su konsantrasyonundaki artışta da benzer sonuçlar gözlenmiştir. Artan konsantrasyonda canlılık indeksi, diğer uygulamalara kıyasla anlamlı derecede düşmüştür.

Domates tohumlarında çimlenme ve çimlenme sonrası fide gelişimi sırasında fizyolojik olaylar üzerine butenolid'in etkisini araştırmak amacıyla yapılan çalışmada, butenolid'in tohumların su alımı üzerinde önemli bir etkisinin olmadığı, bununla birlikte, butenolid varlığının, kökün ortaya çıkışını ve hipokotillerin ve radiküllerin uzamasını hızlandırdığı tespit edilmiştir. Butenolid'in varlığının, kontrole kıyasla “anormal” fide oluşumu önemli ölçüde azalttığı, ayrıca butenolid (10^{-7} M) uygulanmış tohumlarda DNA sentezinin arttığı ve kotiledonlardan elde edilen rezerv materyalin mobilizasyonu ve kullanımının butenolid tarafından geliştirildiği tespit edilmiştir (Jain ve Van Staden 2006).

Kulkarni vd. (2006), butenolid (3-methyl-2H-furo[2,3-c]pyran-2-one) bileşiğinin fide kalitesini arttırmada olası etkinliğini araştırmışlardır. Çalışmanın sonucunda dumanlı su (1:500) ve butenolid (10^{-8} M) uygulamalarının yerel bir çeltik çeşidinde sürgün uzunluğunu önemli ölçüde arttırdığını, butenolid'in düşük konsantrasyonun (10^{-10} M) kök uzunluğunun ve fide ağırlığının kontrole göre oldukça yüksek çıkmasına neden olduğunu ve butenolid (10^{-8} M) uygulanmış fidelerin uygulama yapılmamış fidelere göre daha fazla yan köke sahip olduğu tespit etmişlerdir. Çeltik tohumlarının canlılık indeksi ise dumanlı su (1:500) ve butenolid (10^{-8} M) uygulanmış olanlarda, uygulama yapılmamış olanlara göre oldukça yüksek çıkmıştır.

Dumanlı suyun ve 3-methyl-2H-furo[2,3-c]pyran-2-one (butenolid) bileşiğinin, üç farklı sebze türünde (domates, bamya ve fasulye) ve bir ticari mısır çeşidinde, çimlenme ve fide gelişimi üzerine etkilerini araştırmak amacıyla yapılan çalışmada bu uygulamaların tüm bu türlerde hem kök hem de sürgün uzunluklarını kontrole kıyasla önemli ölçüde ($p < 0.05$) artırarak fide büyümesini iyileştirdiği tespit edilmiştir. Sonuçlar, butenolid (10^{-7} M) uygulanmış mısır tanelerinde, uygulanmamış olanlara göre daha yüksek canlılık indeksleri ile daha yüksek oranda çimlenme elde edildiğini göstermiştir (Van Staden vd. 2006).

Jain vd. (2006), dumandan türetilen butenolidin farklı sıcaklık rejimlerinde domates tohumu çimlenmesi üzerindeki rolünü değerlendirmişler ve bu amaçla domates tohumlarını farklı sıcaklıklarda (10, 15, 20, 25, 30, 35 ve 40 °C) tutulan inkübatörlere yerleştirmişlerdir. Kontrol tohumları, iki ayrı sıcaklıkta (10 ve 40 °C) kök oluşumunu

göstermiş ancak fidelerin gelişimi zayıf olmuştur. Butenolid ile muamele edilmiş tohumlar ise, bu optimum olmayan sıcaklıklarda fenotipik olarak normal fideler haline gelmiştir. Fidelerin canlılık indeksi, bu sıcaklıklarda (10 ve 40 °C) artan uygulama süresi ile kademeli olarak azalmış, bununla birlikte, butenolid ile muamele edilmiş fidelerin canlılık indeksi ve fide ağırlığı kontrol grubuna göre istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur ($p < 0.05$). Sonuç olarak butenolid bileşiğinin domatestede optimum sıcaklıkların altında ve üstünde kullanımının normal tohum çimlenmesini ve fide oluşumunu iyileştirmede etkili olduğu tespit edilmiştir.

Dormant haldeki *Avena fatua* (yabani yulaf) tohumlarının, duman çözeltilerine, GA₃ veya etilene tepkilerini araştırmak ve çimlenme sırasında duman çözeltileri ile bu bitki büyüme düzenleyicileri arasındaki etkileşimi karakterize etmek amacıyla yapılan çalışmada, *Avena fatua* L. tohumlarına uygulanan duman solüsyonları tohumların çimlenmesini arttırmış, GA₃'ün tek başına veya duman çözeltilisinin varlığında çimlenmeyi arttırdığı tespit edilmiş ayrıca GA₃ veya etilenin çimlenme sırasında a-amilaz aktivitesinin düzenlenmesinde rol oynadığını ancak, dumanın a-amilaz aktivitesinin düzenlenmesine katılmadığı tespit edilmiştir (Kępczyński vd. 2006)

Dumanlı suyun (1:500 v/v) ve dumandan izole edilmiş butenolidin ($10^{-7}M$), farklı ışık koşulları altında (aydınlık; karanlık; 16s aydınlık/karanlık) üç farklı akasya türünün fide canlılığı ve gelişimine etkilerini belirlemek amacıyla yapılan bir çalışmada *A. hebeclada* ve *A. mearnsii*'de dumanlı su veya butenolid uygulamasının sabit karanlık koşulları altında canlılık indeksini ve fide ağırlığını artırdığı tespit edilmiştir. *A. robusta* türünde ise dumanlı su uygulaması karanlık koşullar altında daha düşük bir canlılık indeksi ve fide büyümesi üzerinde engelleyici bir etkiye neden olurken bu türün butenolid ile muamele edilmiş fideleri, karanlık koşullar altında daha uzun sürgün ve kök uzunluklarına sahip olmuştur. Butenolid, ışık koşullarının tamamında *A. hebeclada*'nın çimlenme yüzdelelerini önemli ölçüde artırmış *A. mearnsii* tohumları, butenolid ile muamele edildiğinde ve sabit karanlık koşullarına maruz bırakıldıklarında önemli ölçüde ($p < 0.05$) daha iyi yüzde çimlenme sergilemiştir. *A. robusta* tohumları ise bu koşullar altında çimlenme yüzdesinde önemli bir gelişme göstermemiştir. (Kulkarni vd. 2007b).

Dumanlı su ve butenolid [3-metil-2H-furo(2,3-c)pyran-2-one]'nin iki popüler sebze olan domates ve bamyada fide büyümesi üzerindeki etkilerini belirlemek amacıyla yapılan çalışmada bamya fidelerinin duman suyu (1:500 v/v) ile muamele edilmesi, kontrol ile karşılaştırıldığında sürgün/kök uzunluğu, sürgün yaş/kuru ağırlığı, yaprak sayısı, toplam yaprak alanı ve gövde kalınlığında önemli bir artış ($P < 0.05$) gösterdiği tespit edilmiştir. Öte yandan, duman-su ve butenolidin yapraklara uygulanması, domatesin fide büyümesi üzerinde belirgin bir etki göstermiştir. Her iki uygulama için de incelenen büyüme parametrelerinin çoğu önemli ölçüde ($P < 0.05$) artmış ve kontrol grubuna kıyasla daha yüksek fide canlılık indeksi ve mutlak büyüme oranı ile sonuçlanmıştır (Kulkarni vd. 2007a).

Butenolid (10^{-7} M), dumanlı su, $GA_3(10^{-4})$, ve $KNO_3(10^{-3})$ çözeltilerinin kullanımı ve farklı sıcaklıklarda (25 ve 10 °C) yetiştirmenin 18 yabancı ot türünün tohum çimlenmesi ve fide gücü üzerindeki etkilerinin karşılaştırıldığı çalışmada, dumanın bazı türlerde çimlenmeyi teşvik ederken diğer türler üzerinde de olumsuz etkileri olduğu tespit edilmiştir. Çimlenme hızına olumlu etkisi yönünden uygulamaların sırası butenolide, GA_3 , KNO_3 , duman, değişen sıcaklıklar ve kontrol şeklinde olmuştur. Butenolide ve GA_3 uygulamaları arasında pozitif korelasyon saptanmıştır. Butenolid'in çimlenme yüzdesini, hızını ve fide ağırlığını artırma açısından türler içerisinde en geniş etkiye sahip olması türlerin yangına meyilli habitatlardan gelip gelmediğine bakılmaksızın, butenolidin çimlenme ve fide büyümesi uyarıcısı olarak geniş bir uygulanabilirliğe sahip olabileceğini göstermiştir (Daws vd. 2007).

Stevens vd. (2007) yaptıkları bir çalışmada butenolidin bir dizi yabancı ot türünün çimlenmesi üzerindeki etkinliğini belirlemeyi ve sonuçları dumanlı su ve GA_3 (gibberellik asit) uygulamalarının etkinliği ile karşılaştırmayı hedeflemişlerdir. Bu çalışmanın sonuçlarına göre butenolid, taze olarak toplanmış yabancı ot tohumlarında dokuz türden yedisinde çimlenmeyi önemli ölçüde arttırmıştır ($P < 0.05$). Dumanlı su ise butenolide yanıt veren yedi türden altısında çimlenmeyi uyarmıştır. Bu türlerin çoğu için dumanlı su ve butenolid çimlenmeyi benzer bir düzeye yükseltmiş ancak butenolid *B.turnefortii* (asya hardalı) tohumları için çok daha etkili olmuştur. Gibberellik asit, tüm türlerin çimlenmesini önemli ölçüde ($P < 0.05$) artırırken altı tane tür GA_3 uygulandığında %95'in

üzerinde bir çimlenme oranı göstermiştir. *B. tournefortii*, *R. raphanistrum* (yabani turp) ve *H. leporinum* (kılçık arpa) tohumları için, GA₃ ve butenolid çimlenmeyi benzer bir seviyeye yükseltmiş, ancak diğer altı tür için GA₃ uygulanmış tohumların çimlenmesi butenolidinkinden önemli ölçüde ($P < 0.05$) daha yüksek bulunmuştur.

Jain ve Van Staden (2007), butenolid'in çimlenme ve fide gelişimi üzerinde olan etkilerinden ticari yetiştiricilerin de büyük ölçekli üretim için yararlanabilmeleri için butenolidin bir priming yöntemi olarak domates tohumlarında kullanılma potansiyelini araştırmışlardır. Araştırma sonuçlarına göre butenolid kullanılarak priming yapılmış tohumlarda çimlenme hızı yüksek bulunmuştur. Butenolid ile priming yapılmış tohumlar, hidropriming yapılmış tohumlardan daha güçlü fideler üretmiştir ($P \leq 0.05$). Çalışmanın sonuçları, butenolid'in iyi bir tohum priming maddesi olduğunu göstermiştir.

Tigabu vd. (2007)'nin ardıçta hızlı ve homojen çimlenme ile fide oluşumu için fide performansının iyileştirilmesi amacıyla yaptığı çalışmanın spesifik amaçlarından bir tanesi de duman uygulamasının *J. procera* (ardıç) tohumunun çimlenmesi için gereken ışık isteğini karşılayıp karşılamadığını incelemek olmuştur. *Alnus incana* (L.) (kızılağaç) bitkisinin yakılması ve bu dumandan elde edilen dumanlı suyun değişik konsantrasyonlarda tohumlara uygulanması, tohumların ışığa maruz kalmasından bağımsız olarak çimlenmeyi etkilememiştir ancak ışığa maruz kalma, çimlenme kapasitesini üç kat artırmıştır. Bu araştırmanın sonuçlarına göre duman uygulaması ardıç tohumlarında foto-dormansinin üstesinden gelmede etkisiz bulunmuştur.

Giberellik asit, karrikinolid ve dumanlı su uygulamalarının sekiz yerli *Solanum* türünün çimlenmesine etkisinin incelendiği bir çalışmada tüm türlerin tohumları bu uygulamalar ile 26/13°C veya 33/18°C sıcaklık rejimi altında tohumları 24 saat süresince 2.89 mM giberellik asit (GA₃), 1:10 v/v dumanlı su, 0.67 µM karrikinolid ve saf su (kontrol) ile muamele etmişlerdir. Tüm türlerin tohumlarında GA₃ uygulaması, bir veya her iki sıcaklık rejiminde kontrollerle karşılaştırıldığında çimlenmeyi önemli ölçüde ($P < 0.05$) artırmıştır. Dumanlı su, her iki sıcaklık rejiminde kontrole göre *S. centrale*, *S. dioicum* ve *S. orbiculatum*'un çimlenmesini önemli ölçüde ($P < 0.05$) artırmıştır. Karrikinolid, bir veya her iki inkübasyon sıcaklığında beş tür için kontrol tohumlarına göre daha yüksek

çimlenme sağlamış ancak üç tür için (*S. chippendalei*, *S. diversiflorum* ve *S. sturtianum*) çimlenme %5'in altında olmuştur. Bu üç türün (aynı zamanda dumanlı suya yanıt vermeyen) diğer beş türle (1000 tohum 2.4 g) karşılaştırıldığında koyu tohum kabuğuna ve büyük tohumlara (1000 tohum 4.0 g) sahip olduğu vurgulanmıştır (Commander vd. 2008).

Dumanlı su ve butenolid bileşiğinin, yüksek sıcaklık ve düşük ozmotik potansiyel koşulları altında Teff (*Eragrostis tef*)'in tohum çimlenmesi ve fide büyümesi üzerindeki etkisini değerlendirmek için yapılan bir çalışmada, *E. tef* tohumlarının dumanlı su (1 : 500 v/v) ve butenolid (10^{-8} M) ile muamele edilmesinin, 25°C'de *E. tef* tohumlarının çimlenme yüzdesini ve fide boyunu arttırdığı tespit edilmiştir. Dumanlı su ve butenolid çözeltisi 20, 30, 35 ve 40°C'de çimlenme yüzdesinde bir artış sergilemesine rağmen, bu sonuçlar kontrolden istatistiksel olarak farklı bulunmamıştır. Kontrol ile karşılaştırıldığında, dumanlı su ve butenolid uygulanmış *E. tef* fideleri, -0,15, -0,30 ve -0,49 MPa'lık ozmotik potansiyellerde önemli ölçüde ($P \leq 0.05$) artan canlılık indeksi sergilemiştir (Ghebrehiwot vd. 2008).

Kulkarni vd. (2008), dumanlı su ve butenolid uygulamalarının domatesin verim ve kalitesi üzerine etkilerini değerlendirmek amacıyla yaptıkları çalışmada bu uygulamaların bitkilerin hasat endekslerini önemli ölçüde ($P \leq 0.05$) iyileştirdiğini belirlemişlerdir. Dumanlı su (1:500 v/v) uygulaması, ekimden 57 ila 78 gün sonra bitki yüksekliğini, yaprak sayısını ve gövde kalınlığını önemli derecede artırmıştır. Toplam pazarlanabilir meyve sayısı, dumanlı su uygulanmış domates bitkileri için kontrole göre önemli ölçüde daha fazla olmasına rağmen duman uygulamalarının meyvenin boyutuna, ağırlığına ve besin bileşimine (askorbik asit, b-karoten, likopen ve toplam çözünebilir madde) etki etmediği saptanmıştır.

Jain vd. (2008), tohum çimlenmesi sırasında komşu hücreler arasındaki suyun hareketini yönetmede önemli bir rol oynayan aquaporinlerin inhibitörleri olarak bilinen $HgCl_2$, $ZnCl_2$ 'nin etkilerini butenolid uygulaması ve bazı diğer kimyasallar ile tersine çevirip çeviremeyeceklerini test etmişlerdir. Araştırmanın sonuçlarına göre butenolid varlığında yetiştirilen domates fidelerinin nem içeriği (%93), yalnızca su emdirilenlere (%85)

kıyasla daha yüksek bulunmuştur. Aquaporin inhibitörlerinin (HgCl_2 ve ZnCl_2) varlığı fide su içeriğini azaltmış ve kök gelişimini değiştirmiştir. Ancak HgCl_2 ile birlikte ditiyotritol (DTT, 500 mM), b-merkaptotanol (ME, 250 mM) ve butenolidin (0.1 mM) eklenmesi, gözlemlenen inhibe edici etkilerin üstesinden gelmiştir. Ayrıca ZnCl_2 'nin (12.5 veya 25 mM) mevcudiyetinin kök uzunluğuna olumsuz etkisi butenolidin eklenmesinden sonra bir dereceye kadar tersine dönmüş ve yüzde emmeyi de etkilemiştir. Çinko klorür (ZnCl_2) aracılı inhibisyon, DTT ve ME'nin varlığından etkilenmemiş olsa da butenolid etkiyi tersine çevirmiştir.

Diğer Akdeniz iklimine sahip bölgelerden farklı olarak, doğal yangınların olmamasıyla öne çıkan, Orta Şili'deki bazı baskın yerli odunsu türlerin tohum çimlenmesi üzerinde bitki kaynaklı dumanın etkilerini değerlendirmek amacıyla yapılan çalışmada, 18 odunsu türün tohumları 30 dakika boyunca bitki kaynaklı dumana maruz bırakılmış ve çimlenmelerini değerlendirilmiştir. Çalışmanın sonuçlarına göre beş tür hem uygulama hem de kontrol koşulları altında çimlenmezken, duman uygulaması üç türde çimlenmeyi önemli ölçüde teşvik etmiş ancak sekiz türde azaltmıştır. Test edilen 18 türden sadece 3'ü (%17) duman uygulaması altında daha fazla çimlenme sergilemesi, dumanla uyarılan çimlenmenin orta Şili'de baskın odunsu türler arasında zayıf bir şekilde temsil edildiğini göstermektedir (Gómez-González vd. 2008).

Farklı priming uygulamalarının (hidropriming, PEG 6000, PEG+butenolid veya tek başına butenolid) yaşlandırılmış ve yaşlandırılmamış patlıcan tohumlarında çimlenme ve fide çıkışı üzerine etkisinin araştırıldığı bir çalışmada, yaşlandırılmamış kontrol ve ön uygulama yapılan tohumların fide çıkışları arasında fark gözlenmezken yaşlandırılmış patlıcan tohumlarına hidropriming, PEG+butenolid ve butenolid ön uygulaması yapıldığında kontrol ve PEG uygulaması yapılan tohumlara göre çimlenme yüzdelerinin yüksek olduğu tespit edilmiştir. PEG+butenolide ve butenolid uygulanan yaşlandırılmış tohumlarda çimlenmenin daha hızlı gerçekleştiği saptanmıştır Yaşlandırılmamış patlıcan tohumlarının fide ağırlığı PEG ve PEG+butenolid uygulamaları ile artmıştır. PEG+butenolid uygulaması PEG uygulamasına göre fide çıkışını %18 artırmıştır. Bu araştırma sonucunda priming uygulamalarına butenolidin dahil edilmesinin, bozulmuş

tohumların onarımını tetikleyebileceğini ve bu nedenle, özellikle tohumların taşındıktan sonra kullanımlarında önemli rol oynayabileceğini kanısına varılmıştır (Demir vd. 2009).

Işığa duyarlı *Lactuca sativa* L. cv "Grand Rapids" tohumlarına duman emdirilmesinden sonra gen ekspresyonundaki değişiklikler floresan diferansiyel görüntüleme tekniğini kullanarak karanlıkta veya sürekli ışıktaki tutularak araştırılmıştır. Işıktaki çimlenen dumanlı su ve su kontrol uygulamalarında hiçbir fark tespit edilmemesine rağmen, dumanlı su uygulaması, karanlıkta tutulan su kontrol numuneleriyle karşılaştırıldığında, birkaç sekans diziliminin farklı gösterimi ile sonuçlanmıştır. İzole edilen en belirgin fragmanlar, hücre duvarı genişlemesi, translasyonun düzenlenmesi, hücre bölünmesi döngüsü, karbonhidrat metabolizması ve absisik asit (ABA) düzenlemesindeki işlevleri olan çimlenme ile ilgili bilinen genlere karşılık gelmiştir. Sonuçlar, dumanın ikili bir etkiye sahip olduğunu göstermektedir. Bir yandan duman, ABA ile bağlantılı olabilecek genleri indükleyebilirken, diğer yandan, ışık uygulaması gibi gen ifadesinde benzer bir model göstererek daha hızlı bir çimlenme oranı ortaya çıkarmaktadır (Soós vd. 2009).

Moreira vd. (2010), Akdeniz Havzası odunsu bitkilerin yangın sonrası çimlenme tepkisinde ısı ve dumanın rolünü belirlemek amacıyla 7 farklı bitki familyasından 30 odunsu tür üzerinde, yedi ısı (farklı süre kombinasyonlarında 80, 100, 120 ve 150 C°) ve iki duman (sıvı duman çözeltisinin iki farklı seyreltmesi: "1: 1" ve "1: 10") uygulaması ile bir çimlenme deneyi yapmışlardır. İncelenen 30 türden 20 tür ısı işlemlerden en az biri ile uyarılırken 8 tür en az bir duman işlemi ile uyarılmıştır. Tohumların dumana maruz bırakılması, 18 türden 6 türde uygulama yapılmamış tohumlardan filizlenen fidelere kıyasla toplam ilk fide büyümesini önemli ölçüde arttırmıştır.

Çimlenebilmesi için dumana gereksinim duyan *Tersonia cyathiflora* (*Gyrostemonaceae*), türünün dumandan izole edilen karrikinolid tarafından çimlenmeye teşvik edilip edilmediğini araştırmak üzere bu türün tohumları, dumanlı su ve karrikinolid ile test edilmiş, ayrıca karrikinolid'in aktivitesini doğrulamak için *Grevillea eriostachya* (*Proteaceae*) ve *Stylidium affine* (*Stylidiaceae*) türleri üzerinde de aynı uygulamalar gerçekleştirilmiştir. *T. cyathiflora* tohumlarının çimlenmesi, dumanlı su uygulaması ile uyarılırken, karrikinolid ile aynı etki sağlanamamıştır. Buna karşılık, *G. eriostachya* ve

S. affine tohumları hem dumanlı su hem de karrikinolid ile çimlenmişlerdir. Bu çalışmanın sonuçlarına göre araştırmacılar, dumana duyarlı birçok tohum karrikinolid varlığında çimlense de bunun evrensel olarak geçerli olmadığını, nedeninin ise duman suyundaki diğer kimyasal(lar)ın belirli türlerin çimlenmesini teşvik etmede önemli bir rol oynayabileceği kanısına varmışlardır (Downes vd. 2010).

Duman ve dumandan türetilen butenolidin, ekonomik açıdan önemli olan yabani yulaf (*Avena fatua* L.)'ın tohumlarında dormansiyi ortadan kaldırmaya olan etkisi incelenmiş bu amaçla dumanlı su (1:10000, 1:1000, 1:1000 v/v), ve butenolide (10^{-7} , 10^{-8} , 10^{-9} , 10^{-10} M) farklı sıcaklıklılarda (15, 20, 25 ve 30°C) ve farklı sürelerde su ile ön inkübasyon yapılarak (6, 12, 24, 48, 72 ve 120 saat) test edilmiştir. Hem dumanlı su hem de butenolid karanlıkta ve 15, 20 ve 25 ve az da olsa 30°C 'de dormansinin giderilmesine etki etmiştir. Butenolid'in en etkili konsantrasyonu 10^{-8} M olarak bulunmuş ve suda daha uzun ön inkübasyon süreleri ve aydınlık ortamın butenolide duyarlılığını azalttığı tespit edilmiştir. Her iki uygulamanın da 20 ve 25°C'de koleoptil ve kök uzunluğunu ve bu sıcaklıklarda dumanlı su veya butenolidin en yüksek konsantrasyonunun canlılık indeksini arttırdığı saptanmıştır (Kępczyński vd. 2010).

Long vd. (2010), karrikinolid'in farklı nem içeriklerine sahip *Brassica tournefortii* tohumlarının çimlenmesini uyarma yeteneğini test ederek, yağmur olaylarına göre tarladaki karrikinolid uygulamalarının zamanlamasının nasıl yönetilmesi gerektiğine dair fikir edinmeyi amaçlamışlardır. *B. tournefortii* tohumları beş farklı nem seviyesine getirilmiş ardından 3 dakika, 1 saat, 24 saat ve 14 gün $1\mu\text{M}$ KAR₁'e maruz bırakmışlardır. Hiç nemlendirilmemiş kuru tohumlar KAR₁'e en duyarlı olan tohumlar olmuştur. Tamamen neme doyurulmuş ve ardından yeniden kurutulmuş tohumlarda duyarlılığın daha düşük olduğu tespit edilmiştir. Ek olarak, KAR₁'e karşı azaltılmış duyarlılık, dışarıdan uygulanan absisik aside (ABA) karşı artan bir duyarlılıkla ilişkilendirilmiştir. Sonuç olarak karrikinolid'in etkisinin düşük nem seviyesine ait tohumlarda yüksek nem seviyesine ait tohumlara göre daha belirgin olduğunu tespit etmişlerdir.

Başka bir çalışmada yüksek ve düşük kaliteli iki kavun (*Cucumis melo* L.) tohum partisinde farklı ekim derinliklerinde 20 ve 25°C'de hidropriming ve butenolid priming

uygulamalarının fide çıkış ve büyümesine etkisini incelenmiştir. Tohumlar hidropriming (21 saat 25°C'de) ve butenolid ön uygulamasına (10^{-7} M, 21 saat 25°C'de) tabi tutulmuş ve torfta 4 veya 8 cm derinliğe ekilmişlerdir. Genel olarak, butenolid ile ön uygulama yapılmış ve hidropriming uygulanmış tohumlardan elde edilen fideler, kontrolden daha üstün bulunmuştur. 20°C'de, özellikle 8 cm derinliğe ekilen tohumlarda, butenolid priming'in etkisi hidropriming ve kontrolden daha belirgin olarak gözlenmiştir. Butenolid ön uygulamasının düşük sıcaklıktaki ekim koşullarında özellikle düşük kaliteli tohumların fide performansını artırmak için yararlı bir araç olabileceği sonucuna varılmıştır. Butenolid uygulaması kontrol ve hidropriming'e göre tohumda katalaz aktivitesini artırmış, tüm denemelerde düşük kaliteli tohum partisinin, yüksek kaliteli tohum partisine göre daha düşük katalaz aktivitesine sahip olduğu tespit edilmiştir (Mavi vd. 2010).

Dumanlı su ve butenolidin soğan gelişimi ve baş boyutu üzerindeki etkilerini belirlemek amacıyla yapılan çalışmada, dumanın içerdiği kimyasal maddeler açısından tehlike potansiyelini araştırmak için genotoksisite testleri de yapılmıştır. Çalışmada dumanlı su (1:500 v/v) ve butenolid solüsyonu (10^{-10} M) uygulanan soğan bitkileri, kontrol bitkilerine göre önemli ölçüde daha fazla sayıda yaprak, artan yaprak uzunluğu ve daha yüksek taze ve kuru yaprak ağırlığı sergilemiştir. Ayrıca uygulama yapılan bitkilerde daha yüksek bir baş çapı ve soğan ağırlığı tespit edilmiştir. Genel olarak, dumanlı su butenolidten daha etkili bulunmuş ve en yüksek hasat endeksine ulaşmıştır. Dumanlı su veya butenolid ile muamele edildiğinde soğan başlarında genotoksisite tespit edilmemiştir (Kulkarni vd. 2010).

Otlakların yakılmasının topraktaki duman içeriğini etkileyip etkilemediğini ve bu etkinin toprak profilinde farklı derinliklerde farklılık gösterip göstermediğini araştırmak amacıyla bir çalışma yapılmıştır. Çalışmada aynı zamanda topraktaki dumanın etkinliğinin yağmurun varlığına veya yokluğuna ve topraktaki yanma gününden sonra geçen zamana göre farklılık gösterip göstermediği saptanmıştır. Bu amaçla marul (*Lactuca sativa* L.) tohumlarının çimlenme aktivitesi, 0-2, 2-4, 4-6 ve 6-8 cm derinliklerde yanmış ve yanmamış parsellerden alınan toprak örneklerinde sekiz haftalık bir süre boyunca test edilmiştir. Ayrıca dumanın çimlenme üzerindeki etkisini

doğrulamak için marul tohumları dumanlı su (1:500 v/v) ve butenolid (10^{-8} M) çözeltilerine tabi tutulmuştur. Tohumların yanmış topraktan elde edilen ortamlarda yetiştirildiğinde daha yüksek çimlenme yüzdeleri sergilediği ve çimlenme aktivitesinin yanma gününden sonra zamanla azaldığı tespit edilmiştir. Dumanlı su ve butenolid çözeltileri marul tohumlarında çimlenme yüzdesini ($> \%80$) kontrole kıyasla 3 kat artırmıştır (Ghebrehiwot vd. 2011).

Dumanın bitkilerdeki ikincil metabolit üretimi üzerindeki etkisini araştırmak üzere dumanlı suyun *Isatis indigotica*'nın sürgün büyümesi ve indigo birikimi üzerindeki etkileri araştırılmıştır. Sonuçlar, 1:1000'lik bir seyreltmede dumanlı su ile uygulanan fidelerin taze ve kuru sürgün ağırlığının test edilen diğer dumanlı su seyreltmelerinden ve kontrolden önemli ölçüde ($P \leq 0.05$) yüksek olduğunu tespit edilmiştir. Daha yüksek bir dumanlı su konsantrasyonu (1:500), uygulama yapılmamış fidelere kıyasla sürgünlerdeki indigo yoğunluğunu önemli ölçüde ($P \leq 0.05$) artırmıştır. Bu çalışmanın sonuçlarına göre araştırmacılar bitkilerde ikincil metabolitlerin artışı teşvik etmek için dumanlı suyun kullanımını önermişlerdir (Zhou vd. 2011).

Tüylü laden (*Cistus creticus*) tohumlarında ısı ve duman uygulamaları ile çimlenmelerindeki değişim araştırılmıştır. Isıl işlemler 80, 100, 120 ve 150°C'de beş dakika süreyle gerçekleştirilmiştir. Duman uygulaması için ise tohumlar, 24 saat boyunca bir sıvı duman solüsyonunda inkübe edilmiştir. Ayrıca bir soğuk katlama uygulaması yürütülmüştür. İşlem görmüş ve işlem görmemiş tohumlar, substrat olarak agar içeren petri kaplarına ekilmiş ve çimlenmeler, çalışma sonuna kadar izlenmiştir. Kontrol ile karşılaştırıldığında, 100, 120 ve 150°C'lik ısı şoku, çimlenme tepkisi üzerinde önemli uyarıcı etkilere sahip olmuş ancak, 80°C'lik ısı şokunun, dumanın ve soğuk katlamanın ise önemli bir etkisi olmadığı saptanmıştır (Tavsanoglu 2011).

Duman ve ısı ya olan çimlenmeye tepkileri bakımından 10 bitki türün (altı ot, iki çalı, iki çim türü) tohumları 1:5, 1:10 veya 1:100 (v/v) Regen 2000® duman solüsyonunda 20 saat bekleterek uygulanmıştır. Ayrıca tohumlar 50°C veya 80°C'de 5 dakika süreyle etüvde tutularak ısı işlem uygulanmıştır. Dokuz tür dumana, ısıya veya her ikisine birden tepki vermiştir. Sonuçlar, dumanın tohum çimlenmesini artırabileceğini,

engelleyebileceğini veya etkilemediğini göstermiştir. Duman ve ısıt işlemlerin kısa otlu çayır topluluklarının belirli türlerin çimlenmesini teşvik etmek veya bastırmak için yönetim araçları olarak faydalı olabileceği kanısına varılmıştır (Chou vd. 2012).

Demir vd. (2012), butenolid priming uygulamasının, tohumların ekildiği torfe ekim sonrası uygulandığında biber (*Capsicum annuum* L.) ve ada çayı (*Salvia* sp.) tohumlarında fide çıkışı ve gelişimi üzerine etkilerini araştırmışlardır. Bu çalışmanın sonucunda ise biber ve ada çayı fide performansını artırmak için ekim ortamı yoluyla butenolid priming yönteminin kullanılabileceğini tespit etmişlerdir. Butenolid (10^{-7} M) ile muamele edilmiş ortama ekilen tohumlar daha hızlı çimlenmiş, her iki tür için de su ile sulanmış ortalama ekilen tohumlara kıyasla daha yüksek taze ve kuru ağırlıklı fideler elde edilmiştir. Bununla birlikte butenolid ile priming sonucunda tohumlar, kontrollerden daha yüksek katalaz aktivitesine sahip olmuştur.

Dumanlı suyun papaya fidanlarında *Pythium* sp.'nin neden olduğu çökerten hastalığı üzerindeki anti-fungal etkinliği in vitro ve in vivo koşullarda değerlendirilmiş bunun sonucunda toprağa dumanlı su eklenmesinin bu hastalığı baskılamada etkili olduğu ve bunun da papaya fidelerinin daha iyi büyümesine yol açtığı tespit edilmiştir. Turba yosunu ile yapılan saksı denemelerinde, dumanlı su uygulanan saksılardaki papaya fidanları, suyla muamele edilen kontrol bitkileri ile karşılaştırıldığında daha düşük hastalık semptomları sergilemiş, %1,5 veya daha yüksek konsantrasyonlarda dumanlı su uygulanan saksılarda, herhangi bir çökerten hastalığı belirtisi gözlenmemiştir. Maksimum bitki boyu ise %1 veya daha yüksek konsantrasyonlarda dumanlı su uygulanmasıyla elde edilmiştir. Değişik oranlarda dumanlı su ile düzenlenmiş agar ile kültüre alınan mantarların ise misel büyümesi ve oospor üretimi önemli ölçüde inhibe edilmiştir (Lin vd. 2012).

Yapılan bir çalışmada bitki kaynaklı dumanın çeşitli uygulama yöntemlerinin bir tahıl ürünü olan tef (*Eragrostis tef*)'in agronomik performansını etkileyip etkilemediği incelemiştir. Bu amaçla duman suyu (1:500 v/v), karrikinolid (10^{-8} M) solüsyonları ve aerosol-duman (10dk) uygulanan tef tohumlarında karşılaştırmalar yapılmıştır. Kontrol ile karşılaştırıldığında, tohumlara karrikinolid ve aerosol-duman uygulaması bitki boyunu

önemli ölçüde iyileştirmiştir. Dumanla ilgili tüm uygulamalar gövde kalınlığını önemli ölçüde artırırken, tane ağırlığı ve kuru biyokütle, aerosol-duman ve duman-su uygulamalarına olumlu yanıt vermiştir (Ghebrehiwot vd. 2013).

Jamil vd. (2014), iki farklı bitki (*Bauhinia* ve *Cymbopogon*) kullanılarak üretilmiş dumanlı suyun farklı seyreltme oranlarının (1:100, 1:500 ve 1:1000) tuz (NaCl) stresi koşulları altında (0, 50, 100 ve 150mM NaCl) *Indica* pirinç çeşidine (NIAB-IR-9) olan fizyolojik ve biyokimyasal etkilerini araştırmışlardır. Yüksek tuz konsantrasyonunda dumanla priming uygulaması, taze ve kuru fide ağırlığında ve tohumların çimlenme yüzdesinde önemli bir artışa (%23.3) neden olmuştur. Farklı oranlarda seyreltilmiş duman ile priming yapılmış tohumlardan yetiştirilen bitkiler tuzlu koşullarda, hidropriming yapılmış tohumlardan yetiştirilen bitkilere kıyasla daha fazla K^+ , Ca^{2+} ve daha az Na^+ içeriğine sahip olurken benzer şekilde, priming yapılmış tohumlardan yetiştirilen bitkiler, dumanla işlem görmemiş bitkilere kıyasla daha yüksek klorofil a ve b ve karotenoid içeriğine sahip olmuştur. Tuz seviyesi arttıkça duman çözeltileri ile muamele edilen bitkilerde toplam nitrojen ve protein içeriği konsantrasyonu da artmıştır. *Bauhinia* (1:500), hem fizyolojik hem de biyokimyasal düzeyde tuz stresini önemli ölçüde azaltan etkili uygulama olmuştur. Bu çalışmanın sonuçlarına göre bitki kaynaklı duman çözeltilisinin, çeltik bitkilerinde tuz (NaCl) stresinin olumsuz etkilerini azaltarak verimliliği artırabileceği sonucuna varılmıştır.

Güney Çin'in tropikal ve subtropikal muson iklim bölgelerinden toplanan 13 bitki türünün tohum çimlenmesi üzerine yapılan bir araştırmada dumanlı su, karrikinolid ve giberellik asidin etkileri laboratuvar ve saksı denemeleri kullanılarak test edilmiştir. Test edilen 13 tür arasında sadece lohusa otu (*Aristolochia debilis*), dumanlı su 1:10 oranında seyreltildiğinde önemli ölçüde pozitif tepki göstermiştir. *A. debilis*'in tohum çimlenmesi ayrıca 1-100 nM KAR_1 (3-metil-2H-furo [2, 3-c] piran-2-one) ve 10-1000 μ M gibberellik asit (GA_3) ile uyarılmıştır. GA_3 , Sandal ağacı (*Santalum album*)'nın tohum çimlenmesini uyarmış ve *A. debilis*'in köklerini önemli ölçüde uzamasına neden olmuş ancak dumanlı su aynı etkiyi yaratmamıştır (Zhou vd. 2014).

Duman suyu (SW), karrikinolid (KAR₁) ve solucan gübresi solüsyonunun (VCL) fasülye (*Phaseolus vulgaris*)'nin tohum çimlenmesi sırasında meydana gelen biyokimyasal değişiklikler üzerindeki etkileri değerlendirilmiştir. Tohumlar, karanlık koşullar altında suda (kontrol) veya farklı konsantrasyonlarda SW, KAR₁, VCL ve giberellik asit (GA₃) ile 7 gün boyunca inkübe edilmiştir. Çalışmanın sonuçlarına göre SW (1:750 v/v) uygulaması ile maksimum fide taze ağırlığı kaydedilmiştir. En uzun kök boyu ve en fazla kök yoğunluğu VCL uygulanmış fidelerde kaydedilmiştir (sırasıyla 1:10 ve 1:5 v/v). İki önemli hidrolitik enzim olan asit fosfataz ve alfa-amilazın analizi, 10⁻⁸M KAR₁ ile inkübe edilen tohumlarda maksimum aktivite göstermiştir. Sonuç olarak test edilen bitki büyümeyi teşvik ediciler, tohum çimlenmesi ve bitki büyümesinde önemli bir rol oynayan çeşitli biyokimyasal parametreleri önemli ölçüde etkilemiştir (Singh vd. 2014).

Çatav vd. (2015) 12 Doğu Akdeniz Havzası türünün (*Alyssum caricum*, *A. minus*, *Carthamus dentatus*, *Daucus broteri*, *D. carota*, *Hypericum aviculariifolium*, *Muscari comosum*, *Onopordum caricum*, *Rumex crispus*, *Sarcopoterium spinosum*, *Silene vulgarrotundum*) farklı duman (1:10, 1:100 v/v) ve nitrat (10, 25 mM KNO₃ ve 10, 25 mM NH₄NO₃) konsantrasyonlarına çimlenme tepkilerini incelemişlerdir. Toplamda, duman ve nitrat uygulamaları, incelenen 12 türden altısında çimlenme yüzdesini önemli ölçüde artırmıştır. Duman yalnızca *Hypericum aviculariifolium*'un çimlenmesini olumsuz etkilemiştir. Sonuçlar hem dumanın hem de nitratın Akdeniz türlerinin çimlenmesini iyileştirdiğini ve Akdeniz bitkilerinde duman ve nitrata karşı türe özgü çimlenme tepkisinin varlığını da ortaya koymuştur.

Tavşanoğlu vd. (2015) yangınla ilgili ipuçlarının (ısı şoku ve duman), Türkiye'nin Orta Anadolu bozkırındaki 21 otsu türün çimlenmesi ve erken fide büyümesi üzerindeki etkisini incelemişlerdir. Çimlenme yüzdesinin, ortalama çimlenme süresinin, fide büyümesinin ve fide gücünün artıp azalmadığını test etmek için bir duman ve beş ısı şoku uygulamasını (5 dakika boyunca 60, 80, 100, 120 ve 140 °C) içeren bir çalışma yapmışlardır. Çalışmanın sonuçlarına göre tüm türlerin tohumları, düşük ısı şoklarını tolere edebilmiş, ancak orta ve yüksek ısı şokları, çimlenme ve fide büyümesi üzerinde olumsuz bir etkiye sahip olmuştur. Duman ve düşük ısı şokları altı türün fide canlılık indeksini olumlu yönde etkilemiştir. Sonuçlar, Orta Anadolu bozkırlarındaki bitki

türlerinin tohumlarının düşük yoğunluklu yüzey yangınlarına dayanıklı olduğunu, ancak yüksek yoğunluklu yangınlara karşı dayanıklı olmadığını ve bazı türlerin yüzey yangınlarından yararlandığını göstermektedir.

Dormansi nedeniyle 20°C'de karanlıkta çimlenemeyen, ancak bitki kaynaklı dumandaki bir bileşik olan karrikinolid⁻¹ (KAR₁) ve giberellik asit (GA₃) ile neredeyse tam bir çimlenme gösteren *Avena fatua* (yabani yulaf) bitkisinde bu uygulamaların uyarıcı etkisi incelenmiş, *Avena fatua*'nın KAR₁ tarafından dormansinin kırılması ve çimlenmesinin indüklenmesi, ABA'nın phaseic aside (PA) bozunmasını içerdiği, hem KAR₁ hem de GA₃'ün tahıl çimlenmesinden önce embriyolarda AsA-GSH döngüsünü, DNA replikasyonunu ve β -tubulin birikimini kontrol ettiği tespit edilmiştir. Ayrıca hem KAR₁ hem de GA₃, ek bir askorbat peroksidaz (APX) izoenzimini indüklemiş ve glutatyon redüktaz (GR) aktivitesini arttırmıştır. KAR₁ ve GA₃'ün etkilerinin karşılaştırılması sonucunda benzer etkiler gösterdikleri tespit edilmiştir (Cembrowska-Lech ve Kępczyński 2016).

Iqbal vd. (2016) yaptıkları çalışmada, bitki kaynaklı aerosol duman uygulamasının buğday (*Triticum aestivum* L.) tohumlarının çimlenmesi ve çimlenme sonrası tepkisi üzerine etkisini laboratuvar koşulları altında incelenmiştir. Bitki kaynaklı duman, bitki materyalinin (yaprak, saman vb.) özel tasarlanmış bir fırında yakılmasıyla oluşturulmuştur. Su ile nemlendirilmiş ve nemlendirilmemiş buğday tohumları, 1 saat bitki kaynaklı dumana maruz bırakılmıştır. En iyi sonuçlar, bitki kaynaklı duman ile muamele edilmiş nemlendirilmemiş tohumlarda gözlenirken, nemlendirilmiş tohumlar çimlenme yüzdesine, çimlenme indeksine, fide canlılık indeksine ve kök sürgün uzunluğuna zayıf tepki göstermiştir.

Çimlenme ve fide büyüme tepkilerinin farklı malzemelerden üretilen dumanla değişip değişmediğini araştırmak için yapılan çalışmada yonca (*Medicago sativa* L.) tohumları, çayır samanı (*Festuca hallii*) ve buğday samanından (*Triticum aestivum* L.) elde edilen duman ve 10/0 °C veya 25–15 °C'de aydınlık veya saat karanlıkta 49 gün inkübe edilmiştir. Bu çalışmanın sonuçlarına göre dumanın tohum çimlenmesi ve fide gelişimi üzerindeki etkisinin sıcaklığa ve ışığa bağlı olduğunu tespit edilmiş ve yoncadan elde

edilen dumanın, çayır samanı ve buğday samanından elde edilen dumanla kıyaslandığında, farklı çimlenme ve fide gelişim tepkilerine neden olan farklı bileşiklere sahip olduğu saptanmıştır (Ren ve Bai 2016).

Buğday samanı veya çayır samanından hazırlanan sulu duman çözeltilerinin çeşitli seyreltmelerinin, tek başına veya değişen sıcaklıklar ve (veya) ışık ile birlikte tohum çimlenmesini, fide oluşumunu ve bitki biyokütlesini nasıl etkilediği araştırılmıştır. Bu amaçla 8 ot ve 2 baklagil tohumuna, sulu duman çözeltilerinin seyreltilmiş solüsyonları ile priming yapılmış ve ardından çimlenme testlerinden önce kurutulmuştur. Bu çalışmanın sonuçları, buğday samanı veya çayır samanından yapılan sulu duman çözeltileri ile tohumlara priming yapılmasının, ışığın, inkübasyon sıcaklıklarının ve yakıt türünün bağımsız veya etkileşimli etkileri yoluyla bazı türlerin çimlenmesini, fide büyümesini ve biyokütlesini uyarma potansiyeline sahip olduğunu göstermektedir. Ayrıca tüm türler için, yüksek konsantrasyonlarda sulu duman çözeltileri ya çimlenmede önemli değişikliklere neden olmamış, ya da çimlenmenin azalmasına neden olmuştur (Abu vd. 2016).

Akdeniz Havzası'nda yetişen tek yıllık bir tür olan *C. rubrifolium*'un (*Plantaginaceae*) çimlenmesinin, yangınla ilgili uyarıcılara (mekanik kazıma, ısı şoku, sulu duman, azotlu bileşikler, gibberellik asit, karrikinolid (KAR₁) ve mandelonitrile (MAN) olan tepkisi karanlık ve fotoperiyot koşullarında incelenmiştir. *C. rubrifolium* tohumlarındaki güçlü fizyolojik dormansi, ışık koşulları altında duman ve nitrat dahil olmak üzere yangınla ilgili birkaç çimlenme uyarıcısı tarafından kısmen kırılmıştır. KAR₁ ve MAN da çimlenmeyi uyarmış ve çimlenmede en yüksek gelişme ışık varlığında KAR₁ uygulamasında elde edilmiştir. Isı şoku + duman ve KAR₁ + MAN kombinasyonları sırasıyla ışık koşullarında çimlenme üzerinde pozitif etkilere sahip olmuştur (Tavşanoğlu vd. 2017).

Karrikinolid uygulamasının olgun tohumların yanı sıra tam olgunlaşmamış tohumlarda da etkisi test etmek amacıyla yapılan bir çalışmada dört farklı biber (*Capsicum annuum* L.) çeşidinin tohumlarına karrikinolid (10⁻⁷ M) ile priming uygulanmış ve tohum çimlenmesi ile fide çıkışı üzerindeki etkisi test edilmiştir. Çalışma sonucunda karrikinolid

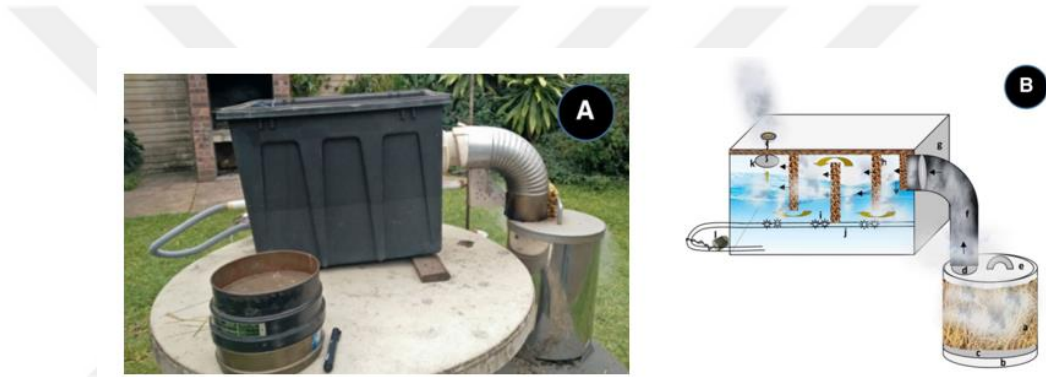
uygulamasının her iki olgunluk dönemindeki tohumlar için tohum çimlenmesini ve fide çıkışını arttırdığı ve olgunlaşmamış tohumlar üzerinde olgun tohumlardan daha etkili olduğu tespit edilmiştir. İki yıl tekrar edilen bu çalışmanın sonuçlarına göre karrikinolid ile priming uygulamasının, çeşit veya hasat yılı ne olursa olsun olgunlaşmamış biber tohumlarında olgun tohumlardan daha fazla fayda sağladığı ortaya konmuştur (Demir vd. 2018).

Bir başka çalışmada dumanlı su (1:500 v/v), karrikinolid (10^{-6} M), solucan gübresi (1:5 v/v), Kelpak® (%0,8), Eckol (10^{-8} M) ve giberellik asit (10^{-6} M) gibi bazı doğal biyostimülantların *Amaranthus hybridus*'un çimlenmesi, fide gelişimi ve içerdiği fitokimyasallar üzerine etkisi test edilmiştir. Çalışmada, karotenoidler ve proteinler gibi ana biyokimyasal bileşenler ve bitki yaş ve kuru ağırlıkları test edilen tüm biyostimülantlarla belirgin ölçüde artmıştır. Bununla birlikte, karbonhidrat içeriğinin, kontrole kıyasla test edilen tüm biyostimülant uygulamalarında önemli ölçüde azaldığı tespit edilmiştir. En iyi sonuçlar ise *A. hybridus*'un hem büyümesi hem de biyokimyasal parametreleri üzerinde önemli etkiler gösteren solucan gübresi solüsyonunun yapraktan uygulanmasıyla elde edilmiştir (Ngoroyemoto vd. 2019).

Karrikinlerin bitki büyümesi, gelişimi ve metabolizması üzerindeki fizyolojik etkilerinin yanı sıra duman suyundaki KAR'leri ölçmek için ultra yüksek performanslı sıvı kromatografisi-ardışık kütle spektrometrisine (UHPLC-ESI(+)-MS/MS) dayalı ilk hızlı, spesifik ve hassas yöntem Hrdlička vd. (2019) tarafından geliştirilmiştir. Bu çalışmada daha ileri analizlere yardımcı olmak için ana KAR'ların standartları sentezlenmiş, bulgular duman suyundaki hem toplam hem de nispi KAR seviyelerindeki farklılıkları ortaya koymuş ve KAR bileşimindeki farklılıkların, biyoaktivitesindeki değişikliklerle bağlantılı olabileceğini göstermiştir. Yöntem daha sonra çeşitli kökenlerden duman suyundaki KAR'ları analiz etmek için başarıyla uygulanmıştır.

Otları kullanarak dumanlı su (SW) üretmek, bunun standardizasyonunu ve ana aktif biyomoleküllerin miktarını belirlemek için düşük maliyetli verimli bir cihaz (Şekil 2.2) geliştirmek amacıyla yapılan bir çalışmada hazırlanan ham dumanlı su, damıtılmış suyla (SW:DW) 75:25, 50:50 ve 25:75 (h/h) oranlarında seyreltilmiş, bu alt seyreltmeler ayrıca

1:500; 1:1000; 1:1500; 1:2000; 1:2500; 1:3000 ve 1:3500 (v/v)'e seyreltilmiştir. Dumanlı suyun standardizasyonu ve en iyi çalışma konsantrasyonunu belirlemek için marul tohumları (*Lactuca sativa* L. cv. Grand Rapids) kullanılan bu çalışmada SW'nin 25:75 (h/h) alt-dilüsyonundan 1:2500 (h/v) oranı, karanlıkta marul tohumlarının çimlenmesi için en iyi oran olarak bulunmuş ve %91 çimlenme oranıyla sadece su uygulanmış kontrol tohumlarına (%7- 10) göre önemli bir çimlenme artışı sağlamıştır. Ayrıca bu çalışmada ultra yüksek performanslı sıvı kromatografisi-elektrosprey pozitif iyonizasyon ardışık kütle spektrometrisi (UHPLC-ESI I(+)-MS/MS) kullanılarak SW'de bulunan uyarıcı (karrikinolid 1 (KAR₁) ve karrikinolid 2 (KAR₂)) ve inhibitör (trimetilbutenolid, TMB) bileşiklerinin seviyeleri bildirilmiştir (Gupta vd. 2019).



Şekil 2.2 Dumanlı su hazırlama aparatı (Gupta vd. 2019)

Bitki kaynaklı dumanın mısır büyümesi üzerindeki etkilerini araştırmak için yapılan çalışmada tohumlar, 6 saat boyunca 1000 ppm, 2000 ppm ve 4000 ppm bitki kaynaklı dumanla ıslatılmıştır. Ekimden sonra 4, 6 ve 8 gün boyunca sürgün ve kökün boy ve taze ağırlığı ölçülmüştür. Bu çalışmada 2000 ppm bitki kaynaklı duman, tohum çimlenme yüzdesini önemli ölçüde artırmış; ayrıca mısırdaki sürgün/kök uzunluğu ve taze ağırlık da artmıştır ancak 4000 ppm bitki kaynaklı duman, mısır tohumu çimlenmesini ve sürgün/kök uzunluğu ve taze ağırlığı etkilememiştir. Bitki kaynaklı duman uygulamasıyla, profilin ve aktin gibi hücre iskeleti ile ilgili proteinlerin varlığı uygulama yapılmamış bitkilerin protein varlığına kıyasla önemli ölçüde artmıştır. Mevcut sonuçlar, proteomik düzeyde glutatyonun artarken askorbatın azaldığını ortaya koymuştur. Bu sonuçlar, bitki kaynaklı dumanın mısır fidelerindeki glutatyon havuzu üzerinde stres

tepkileri sırasında daha iyi performans elde etmede yardımcı olabilecek etkileri olabileceğini düşündürmüştür. Ayrıca sonuçlar bitki kaynaklı dumanın askorbat peroksidaz aktivitelerini önemli ölçüde etkilemediğini ve peroksiredoksin aktivitelerinin azaldığını göstermiştir, bu da bitki kaynaklı dumanın büyümeyi teşvik edici ve stres baskılayıcı olduğunu ortaya çıkarmıştır (Aslam vd. 2019).

Dumandan ekstrakte edilmiş karrikinolid ($10^{-7}M$), deniz yosunu *Ecklonia maxima*'dan elde edilmiş eckol (10^{-6}), *Ecklonia maxima*'dan hazırlanan Kelpak® ürünü (%0.4) ve dumanlı su (1:500) gibi bitki büyümesini uyarıcı organik biyomoleküllerin etkisi ıspanak bitkileri üzerinde test edilmiştir. Test edilen tüm bitki büyüme biyostimülanları toplam klorofil, karotenoidler ve ıspanak yapraklarının protein içeriğini ve bazı fitohormonları arttırmada önemli ölçüde etkili bulunmuştur. Bu organik ve uygun maliyetli biyostimülant uygulamalarının, ıspanakta büyümeyi, verimi ve besin kalitesini artırabileceği tespit edilmiştir (Kulkarni vd. 2019).

Beş bitki türünden (beyaz söğüt, adaçayı, pirinç samanı, biberiye ve limon okaliptüs) üretilen duman suyunun salatalık, domates, İskoç kadife çiçeği ve Glayöl üzerindeki etkisini test etmek amacıyla tohumlar ve soğanlar, aydınlık veya karanlık koşullar altında dumanlı suya batırılmıştır. Sonuçlar, beyaz söğüt ve limon okaliptüsünden elde edilen dumanlı su uygulamalarının çimlenmeyi, çimlenme sonrası parametreleri ve makro element içeriğini iyileştirdiğini ve aynı zamanda dormansinin kırılmasına katkıda bulunduğunu ortaya koymuştur. Ek olarak, bu duman-su uygulamaları, ışık koşulları altında absisik asit içeriğini önemli ölçüde azaltmış ve α -amilaz aktivitesini arttırmış, ancak, uyarıcı etkiler karanlık koşullar altında gözlenmemiştir. Sonuç olarak, yangına meyilli olmayan ortamlarda çimlenme ve fide büyümesinin bitki kaynaklı duman tarafından artırılabilmesine ve uyarıcı etkilerin duman suyunu hazırlamak için kullanılan bitki türlerine bağlı olduğuna dair yeni kanıtlar sunulmuştur (Elsadek ve Yousef 2019).

Bitki kaynaklı duman suyunun ve potasyum nitratın (KNO_3) etkilerini ve bunların bazı orman bitki türlerinin çimlenmesi üzerindeki etkilerini değerlendirilmiştir. Tohumlar 1:20'ye seyreltilmiş duman suyu, %0.1 KNO_3 ve duman suyu + KNO_3 ile muamele edilmiştir. Dokuz tür dumanlı suya olumlu yanıt vermiş ve bu türlerden üçü sadece duman

suyu + KNO₃ çözeltisine olumlu tepki vermiştir. Beş tür KNO₃'e olumlu yanıt vermiş ve bunlardan dördü duman suyu + KNO₃ çözeltisi ile ilişkilendirilmiştir. Duman suyu, yalnızca daha önce soğuk katlama yapılmış türlerin tohumları için çimlenme sağlamıştır. (Mackenzie ve Naeth 2019).

Fesleğen (*Ocimum basilicum*) ve limon otu (*Melissa officinalis*) tıbbi bitkilerinin büyüme özellikleri üzerinde duman suyunun potansiyelini değerlendirmek ve fitohormonlar ile benzerliğini araştırmak için, sitokinin, oksin ve gibberellin (her biri 50 µM) ile birlikte dört konsantrasyon dumanlı su (1:5000, 1:1000, 1:500 ve 1:100 (v/v)) uygulamaları ile çalışma yürütülmüştür. Sonuçlar, gibberellik asidin diğer uygulamalara kıyasla fesleğen taç yüksekliğini önemli ölçüde artırdığını, fesleğendeki maksimum taç yüksekliğinin ise 1:500 (h/h) konsantrasyonlarda duman suyundan elde edildiğini göstermiştir. Sitokinin ile yapraktan uygulama, kontrole kıyasla her iki bitkide de en yüksek yaprak alanı indeksi ile sonuçlanmıştır. Ayrıca 1:100 (h/h) konsantrasyonda dumanlı su uygulandığında fesleğen ve limon otundaki biyokütle verimi, kontrol ile karşılaştırıldığında sırasıyla %52 ve %39 artmıştır. Bu çalışmada, 1:100 ve 1:500 (v/v) konsantrasyonlardaki dumanlı su uygulanmasının, fitohormon uygulamalarına benzer şekilde (özellikle sitokinin), büyüme özellikleri ve verim açısından avantaj sağladığı tespit edilmiştir (Noroozi Shahri vd. 2020).

Akeel vd. (2020) yaptıkları çalışmada havucun (*Daucus carota* L.) çimlenmesi, fide gelişimi, fotosentez ve besin içeriği ile ilgili olarak dumanla doymuş suyun (sulu duman özütü) ve karrikinolid'in potansiyelini araştırmayı amaçlamışlardır. Yüzde tohum çimlenmesi, vejetatif büyüme, fotosentez ve besin değerleri, uygulanan işlemlere bitkinin tepkisinin araştırıldığı ana parametreler olmuştur. Elde edilen sonuçlara göre, çalışılan tüm bu parametrelerde önemli bir gelişme gözlenmiştir. Genel olarak, 51.6 µg L⁻¹ dumanlı su ve 1.50 µg L⁻¹ karrikinolid çoğu parametre için optimum uygulamalar olmuştur. Kontrole kıyasla, bu uygulamalar tohum çimlenme yüzdesini, β-karoten ve askorbik asit içeriğini arttırmıştır.

Küçükakyüz ve Çatav (2021) yaptıkları çalışmada, bor (B) stresine maruz kalan buğday (*Triticum aestivum* L.) fidelerinde dumanlı su ve KAR₁'in büyüme ve fizyolojik

parametreler üzerine etkilerini belirlemeyi amaçlamışlardır. Bu amaca ulaşmak için 7 günlük fideler, dumanlı su (%0,4 ve %1) ve KAR₁ (0,1 µM) varlığında 12 mM borik asit içeren besin çözeltilerinde 5 gün boyunca büyütülmüştür. Her uygulama grubu için hidrojen peroksit, malondialdehit, prolin, toplam fenolik içerikler, antioksidan enzim aktiviteleri ve B konsantrasyonu belirlenmiştir. Bu çalışmanın sonuçları, duman-su ve KAR₁'in B stresi altındaki buğday fidelerinde kök gelişimini iyileştirdiğini ve B birikimini azalttığını göstermektedir. Ayrıca, KAR₁ ve duman suyu (%0.4), önemli olmasa da, B ile tetiklenen oksidatif hasarda hafif bir azalmaya yol açmıştır. Bulgular ayrıca B ile muamele edilmiş fidelerde artan glutatyon redüktaz, peroksidaz ve süperoksit dismutaz aktivitelerinin KAR₁ ve duman suyu (%0.4) varlığında neredeyse kontrol seviyelerine döndüğünü göstermektedir. Sonuç olarak, bu çalışma, aşırı B'nin bitki büyümesi üzerindeki olumsuz etkilerini azaltmak için duman ve KAR₁'in tarımda kullanılma potansiyeline sahip olduğuna dair kanıtlar sunmaktadır.

Çatav vd. (2021) yaptıkları çalışmada buğday tohumları karanlıkta 22 ± 1 °C'de 4 gün süreyle çimlendirilmiş daha sonra, 3 gün boyunca 16 saatlik bir fotoperiyot altında 22 ± 1 °C'de hidroponik olarak büyütülmüştür. 7 günlük büyümeden sonra, besin solüsyonlarına duman-su ve/veya NaCl eklenerek uygulamalara başlanmıştır. Duman suyu (%100), buğday samanı yakılarak hazırlanmış ve kontrol ve uygulama gruplarından fideler 4 gün daha aynı büyüme koşulları altında büyütülmüştür. Sonuçlar, duman-suyun tuz stresi altında toplam fenolik içeriği ve serbest radikal temizleme aktivitesini arttırdığını ancak prolin birikiminde önemli bir azalmaya yol açtığını göstermiştir. Sonuç olarak bu çalışma, tuz stresine (150 mM NaCl) maruz kalan buğday fidelerinde dumanın, transkripsiyon faktörlerini ve antioksidan enzimleri kodlayan bazı genlerin ekspresyonunu düzenlediğini göstermiştir.

Duman bileşiklerinin yedi Akdeniz *Lamiaceae* türünde tohum çimlenmesi üzerindeki etkilerini belirlemeyi amaçlayan bir çalışmada çalışma türlerinin tohumları farklı konsantrasyonlarda dumanlı su, karrikinolid (KAR₁), mandelonitril (MAN) ve KAR₁ + MAN'a maruz bırakılmıştır. Sonuçlar, dumanın kontrol koşullarına göre üç türün çimlenme yüzdelerinde önemli bir artışa yol açtığını göstermiştir. KAR₁, iki türün çimlenmesini uyarırken, MAN uygulamaları *Lamiaceae* türlerinin çimlenmesini teşvik

etmemiştir. KAR₁ ve MAN kombinasyonu dumana duyarlı üç türün çimlenmesini tetiklemekle kalmamış, aynı zamanda *T. chamaedrys*'in çimlenme yüzdesini de önemli ölçüde arttırmıştır. Sonuç olarak, bu çalışma ile, dumanın *Lamiaceae* türlerinin çimlenmesi üzerinde olumlu bir etkiye sahip olduğu ve KAR₁ ve siyanohidrinin birlikte uygulanmasının, tohum çimlenmesinin uyarılmasında, bu iki bileşiğin ayrı ayrı uygulanmasına göre daha etkili olduğuna dair kanıtlar sağlanmıştır (Çatav ve Akbaş 2021).

Bitki bazlı duman çözeltilerinin hidroponik olarak yetiştirilen arpa (*Hordeum vulgare* L.) ve buğday (*Triticum aestivum* L.) verim ve yem kalitesi üzerine etkisi araştırılmıştır. Bu amaçla yulaf (*Avena sativa* L.) ve mürdümük (*Lathyrus sativus* L.) hasat artıkları yakılarak iki duman solüsyonu hazırlanmıştır. Buğday ve arpa taneleri, beş konsantrasyonda (0, 1, 5, 10, %15) duman çözeltileri ile priming yapılmış ve daha sonra hidroponik sistemlerde kullanılmıştır. Hidroponik sistemde yetiştirilen filizler yedinci günün sonunda hasat edilmiş ve birçok yem kalite özelliği araştırılmıştır. Sonuç olarak, arpa ve buğday tanelerine hidroponik ortama alınmadan önce duman çözeltileri ile priming yapılması yemlerin verim ve kalite özelliklerini iyileştirilebileceğini göstermiştir. Kontrol ile karşılaştırıldığında, hidroponik arpanın ham proteinindeki maksimum artış (%41.61) mürdümük çözeltisinden %1 oranında elde edilirken, hidroponik buğdayda (%31.69) yulaf çözeltisinden %1 oranında elde edilmiştir. Ortalama sonuca göre, yulaf çözeltisi her iki üründe de incelenen özellikler üzerinde genel olarak daha etkili olmuştur. Bu çalışma, duman çözeltilerinin hidroponik buğday ve arpa yemlerinin performansını değiştirdiğini ve desteklediğini göstermiştir (Dogrusoz 2022).

Moyo vd. (2022), bitki kaynaklı sulu duman (1:250, 1:500, ve 1:1000 v/v), karrikinolid (10^{-7} M, 10^{-8} M, ve 10^{-9} M), ışık (sabit ışık; 16 saat ışık: 8 saat karanlık fotoperiyodu; sabit karanlık), sıcaklık (10, 20, 25, 30, 35 ve 40 °C) ve osmotik stres (0, -0.05, -0.15, -0.30, -0.49 ve -0.73 Mpa) koşulları altında *Amaranthus dubius* tohum çimlenmesi araştırmışlardır. Genel olarak, *Amaranthus dubius* tohumlarının duman suyu ve KAR₁ ile muamele edilmesi, çimlenmelerini önemli ölçüde iyileştirmemiştir, bu da tohumların bu biyolojik uyarıcılara karşı duyarsız olabileceğini düşündürmüştür. Çalışmada karrikinlerin türe özgü tepkiyi gösterdikleri, örneğin *Arabidopsis thaliana*'nın tohum

imlenmesinde KAR₂'nin en aktif karrikin olduğu vurgulanmıştır. Sonuç olarak, bu alışma, *Amaranthus dubius*'ta sabit karanlık ve değişen aydınlık/karanlık fotoperiyot koşullarının ve yüksek sıcaklıkların tohum çimlenmesini desteklediğini göstermiştir.



3. MATERİYAL VE YÖNTEM

3.1 Materyal

Araştırmada biber (*Capsicum annuum* cv. Charleston), tatlı mısır (*Zea mays* var. *saccharata* cv. Batem Tatlı), kabak (*Cucurbita pepo* cv. Sakız), ıspanak (*Spinacia oleracea* cv. Matador), lahana (*Brassica oleracea* cv. Yalova) türleri ve çeşitleri kullanılmıştır. Tohumlar piyasadaki üretici firmalardan temin edilmiştir.

3.2 Yöntem

Çalışma, Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Bahçe Bitkileri Bölümü Tohum Bilimi Laboratuvarı ve iklim odasında (tüm çimlenme ve fide testleri), Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü (potasyum analizi) ve Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Bahçe Bitkileri Bölümü Laboratuvarında (enzim analizleri) 2021 yılında gerçekleştirilmiştir.

3.2.1 Kabak, lahana ve biber tohumlarına yapılan uygulamalar ve değerlendirilen parametreler

Kabak, lahana ve biber tohumlarında yaşlanmanın tamiri üzerine, hidroprimig, karrikinolid (KAR₁) ve aerosol formdaki duman uygulamalarının etkisini incelemek amacıyla önce düşük kaliteli tohumlar oluşturulmuş, yaşlandırılmamış tohumlar ise yüksek kalitedeki tohumlar olarak değerlendirilmiştir. Dolayısıyla her türde iki grup (düşük ve yüksek kalite) tohum oluşturulmuştur. Aşağıda detaylandırılan bu uygulamalar sonrasında çimlenme oranı, ortalama çimlenme zamanı, potasyum akıntısı ve elektriksel iletkenlik değerleri belirlenmiş ve enzim (CAT, SOD, APX) analizleri yapılmıştır.

3.2.1.1 Düşük kalitede (yaşlanmış) tohumların oluşturulması

Düşük kalitedeki tohumların oluşturulması, tohumların %100 oransal nemdeki ortamda karanlıkta, elek üzerinde, ebatları 35x16x11.5 cm olan yaşlandırma kaplarında tutulması

ile gerçekleştirilmiştir (Şekil 3.1). Lahana tohumları 40°C’de 48 saat, kabak ve biber tohumları ise aynı ortamda 72 saat süreyle tutularak yaşlandırılmıştır. Gerekli nemin sağlanabilmesi için yaşlandırma kaplarına, tohumlara değmeyecek şekilde 250 mL distile su ilave edilmiştir. Bu süre sonunda tohum kalitesinin düşürülmesi ve düşük kalitedeki tohumların oluşturulması hedeflenmiştir. Yaşlandırılmamış kabak, lahana ve biber tohumları yüksek kalite tohumlar olarak adlandırılmıştır.



Şekil 3.1 Düşük kalitede tohumların oluşturulması

Yaşlandırılmış ve yaşlandırılmamış tohumlara hidropriming, karrikinolid ve aerosol duman uygulaması yapılmıştır.

3.2.1.2 Hidropriming (HP) uygulaması

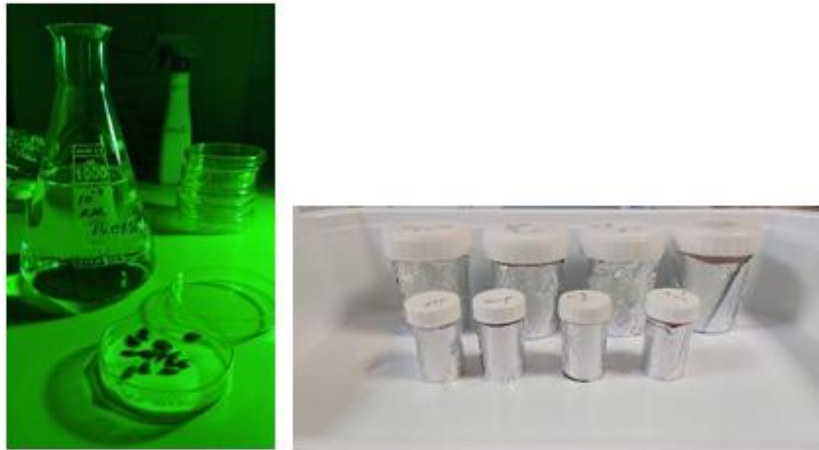
Hidropriming uygulaması karanlık ortamda tohumların ağırlıklarının 1:5 oranında distile suya batırılarak 16 saat 20°C’de tutulması yoluyla yapılmıştır. Uygulama sonunda tohumlar oda sıcaklığında kurutma kağıtları üzerinde kurutulmuştur (Şekil 3.2).



Şekil 3.2 Karanlık koşullarda ve 20°C’de hidropriming uygulamasının yapılışı

3.2.1.3 Karrikinolid (KAR₁) uygulaması

Dumanlı sudan elde edilen ve Güney Afrika KwaZulu-Natal Üniversitesi Bitki Büyüme ve Gelişme Araştırma Merkezi tarafından sağlanan Karrikinolid (KAR₁) 10⁻⁷ M oranında seyreltilmiştir. Seyreltinin hazırlanması ve denemeler sürekli karanlık (loş ışık) ortamda yürütülmüştür. Tohumlar ağırlığının 1:5 oranında karrikinolid'e batırılarak 16 saat 20°C'de tutulmuş, daha sonra durulanan tohumlar oda sıcaklığında karanlıkta kurutulmuştur (Şekil 3.3).



Şekil 3.3 Karrikinolid uygulamasının yapılışı

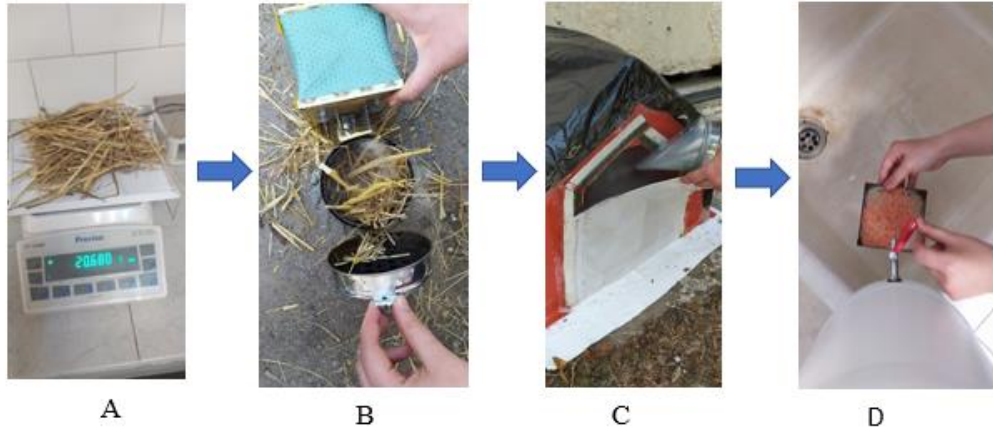
3.2.1.4 Aerosol duman (duman) uygulaması

Tohumlara duman uygulaması kuru ya da ıslak olarak Şekil 3.4'te gösterilen ve 68.5x67x51 boyutlarında imal ettirilen ekipman kullanılarak yapılmıştır. Biber kabak ve lahana tohumları tek başına ve hidropriming uygulamasından sonra ön deneme sonuçlarına göre ideal bulunan 30 dakika ortam sıcaklığında karanlıkta uygulanmıştır. Duman üretiminde materyal olarak 20 gr. tam kurumuş buğday sapı kullanılmış, arıcılıkta kullanılan körük ile ekipman içine uygulama başlamadan belirtilen miktardaki buğday sapının tamamı yanana kadar duman verilmiştir. Ardından ekipmanın ağzı kapatılmış ve hiç duman kaybı olmayacak şekilde 30 dakika beklenmiştir.



Şekil 3.4 Aerosol duman uygulaması için imal ettirilen ekipman

Uygulama süresince tohumlar ince metal paslanmaz elekler üzerine konularak karanlık ortamda dumana yoğun şekilde maruz kalmaları sağlanmıştır. Uygulama yapıldıktan sonra tohumlar 2 litre su altında, metal elek üzerinde durulanmıştır.



Şekil 3.5 Tohumlara aerosol duman uygulamasının yapılışı

A. Buğday sapının tartılması B. Arıcı körüğü ile duman üretimi C. Tohumların dumana maruz bırakılması
D. Uygulama sonrası durulama işlemi

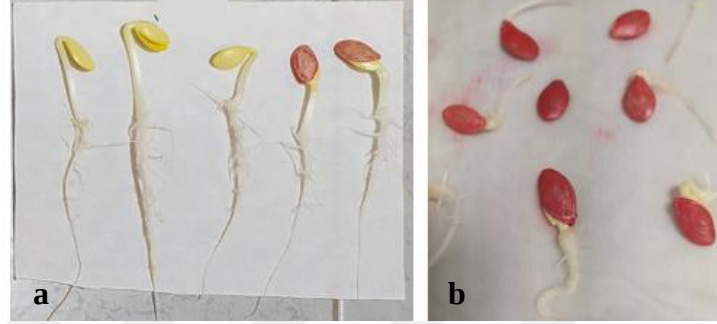
3.2.1.5 Çimlenme testi (TÇ, NÇ, %)

Uygulamaların ardından tohumlar oda sıcaklığında 24 saat kurutulmuş ve 20 cm x 20 cm ebadındaki 3 filtre kağıdının arasına her uygulamadan 3 tekerrürlü 50 adet tohum konularak karanlıkta çimlendirme testine tabi tutulmuştur. Biber ve kabak 25°C’de, lahana 20°C’de çimlendirilmiştir.



Şekil 3.6 Tohumların paslanmaz elekler üzerinde kurutulması ve çimlendirme testine alınması

Hidropriming (HP), karrikinolid (KAR₁) ve duman uygulanmış tohumlar ile kontrol tohumlarında çimlendirme testi sürecinde her gün aynı saatte sayım yapılarak çimlenmenin seyri takip edilmiştir. 2 mm kökçük çıkışı yapan tohumlar çimlenmiş kabul edilmiştir. Kabakta 8 gün, biber ve lahanada 14 gün sonunda fideler normal ve anormal olarak değerlendirilmiştir (Şekil 3.7).



Şekil 3.7 Kabak tohumunda normal (a) ve anormal (b) fide görüntüleri

3.2.1.6 Ortalama çimlenme zamanı (OÇZ, gün)

Çimlendirme denemesi sırasında yapılan günlük sayımlardan elde edilen değerlerle aşağıdaki formülden yararlanılarak gün olarak hesaplanmıştır. Çimlenme hızının tespiti için 2 mm kökçük çıkışı çimlenme testi boyunca 3.2.1.5'te açıklandığı şekilde her gün yapılan sayımlarla belirlenmiştir.

$$OÇZ \text{ (gün)} = n \times \frac{D}{n}$$

Formülde; OÇZ: Ortalama çimlenme zamanı, n: D. günde çimlenen tohum sayısı, D: Çimlenme başlangıcından itibaren geçen günü ifade etmektedir.

3.2.1.7 Elektriksel iletkenlik testi (EI , $\mu\text{Scm}^{-1}\text{g}^{-1}$)

Hidropriming (HP), karrikinolid (KAR_1) ve duman uygulanmış tohumlar ile kontrol tohumlarında 2x30 (tekerrür/adet) tohum kullanılarak yapılmıştır. Otuz tohum hassas (0.001g) terazide tartıldıktan sonra ağzı kapalı plastik kaplar içinde, biber ve lahanada 50 ml, kabakta 150 ml distile suya konulmuş ve 20°C'lik etüvlere karanlıkta yerleştirilmiştir.



Şekil 3.8 Tohumların elektriksel iletkenlik testi için hazırlanması ve yapılışı

Kaplar 1, 3, 6 ve 18 saat sonra etüvden çıkarılarak sızıntının iletkenliği ölçülmüştür (Şekil 3.8). Yapılan okumalar sonucunda elektriksel iletkenlik değerleri aşağıdaki formülde yerine konularak tohum partilerinin elektriksel iletkenlik değerleri $\mu\text{Scm}^{-1}\text{g}^{-1}$ olarak belirlenmiştir.

$$\text{Elektriksel iletkenlik okuması } (\mu\text{Scm}^{-1}\text{g}^{-1}) = \frac{\text{elektriksel iletkenlik } (\mu\text{Scm}^{-1})}{\text{başlangıç tohum ağırlığı (g)}}$$

3.2.1.8 Potasyum akıntısının belirlenmesi (PA , mg/kg^{-1})

Potasyum tohum hücre zarlarının yapısını oluşturduğu için kaybının yaşanmada etkin olduğu belirtilmektedir. Bu nedenle elektriksel iletkenlikten elde edilen sıvı süzülerek bu sıvıda Mertens (2005)'e göre potasyum miktarı belirlenmiştir. Analiz Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi, Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Anabilim Dalı Laboratuvarında analiz, endüktif olarak eşleşmiş bir plazma spektrofotometresi (Optima 2100 DV, Perkin-Elmer,

Shelton, CT) kullanılarak yapılmıştır. Potasyum akıntısı mg/kg^{-1} olarak değerlendirilmiştir (Şekil 3.9).



Şekil 3.9 Potasyum miktarının belirlenmesinde kullanılan plazma spektrofotometresinin görüntüsü

3.2.1.9 Fide kök ve sürgün ağırlıkları (mg/fide)

Uygulamalar bazında her tekerrürden 5'er fide olmak üzere toplamda 15 fide torf ortamından sökülerek fidelerin sürgün ve kök kısmı ayrılmıştır. Özellikle kökler suda yıkanmış ve kağıt havlu ile kurutulmuştur. Daha sonra fidelerin kök yaş ağırlıkları (KYA) ve sürgün yaş ağırlıkları (SYA) ayrı ayrı hassas terazide mg olarak tartılmıştır. Fideler 80°C 'deki fırında 24 saat kurutulduktan sonra kuru ağırlıkları mg/fide olarak belirlenmiştir.

3.2.1.10 Enzim analizleri

Tohumlarda meydana gelebilecek enzim aktivitelerindeki değişimi incelemek için her tür ve uygulamada 3 gr tohum örneği uygulama sonrası sıvı azot içerisinde porselen havanlarda ezildikten sonra, içinde 0.1 mM Na-EDTA bulunan 50 mM, 10 ml'.lik fosfat tampon çözeltisi (pH:7.6) ile homojenize edilmiştir. Homojenize edilen örnekler 15 dk süresince 15000 g'de santrifüj edildikten sonra elde edilen santrifüjantlar enzim analizlerinde kullanılmıştır. Enzim aktivitelerinin belirleneceği örnekler, ölçüm

yapılıncaya kadar -20°C'de tutulmuştur. Ölçümler Thermo Multiskan Go model spektrofotometrede gerçekleştirilmiştir (Şekil 3.10). Superoksit dismutaz (SOD) aktivitesi, NBT'nin (nitro blue tetrazolium kloridin) ışık altında O₂ tarafından indirgenmesi yöntemine göre, askorbat peroksidaz (APX) aktivitesi, 290 nm'de (E=2.8 mMcm⁻¹) askorbatın oksidasyonu, katalaz aktivitesi (CAT), H₂O₂'nin 240 nm'de (E=39.4 mM cm⁻¹) parçalanma oranı esas alınarak yapılmıştır (Cakmak ve Marschner 1992).



Şekil 3.10 Enzim analizlerinin yapılışından görüntüler

3.2.2 Ispanak ve mısır tohumlarına yapılan uygulamalar ve değerlendirilen parametreler

Hidropriming, karrikinolid ve aerosol dumanın uygulamalarının etkisini farklı sıcaklıklarda yetiştirilen ıspanak ve mısır tohumlarında incelemek amacıyla aşağıda verilen uygulamalar yapılmıştır. Daha sonra tohumlar torfa ekilmiş ve iklim odası koşullarında yetiştirilen fidelerde toplam fide çıkış oranı (TFÇO), normal fide çıkış oranı (NFÇO), ortalama fide çıkış zamanı (OFÇZ) ve fide yaş ve kuru ağırlığı parametreleri incelenmiştir.

3.2.2.1 Hidropriming uygulaması

Mısır ve ıspanak tohumlarına hidropriming uygulaması bölüm 3.2.1.2'de tanımlandığı şekilde yapılmıştır.

3.2.2.2 Karrikinolid (KAR₁) uygulaması

Mısır ve ıspanak için karrikinolid uygulaması 24 saat 10^{-7} M dozunda 25 °C'de uygulanmıştır. Uygulama sonrası tohumlar 2 litre saf su ile yıkanmış ve tohumlar oda sıcaklığında 24 saat kurutulmuştur.

3.2.2.3 Aerosol duman uygulaması

Mısır ve Ispanak Tohumları için Şekil 3.4'te gösterilen ekipman kullanılarak ve 3.2.1.4'te tanımlandığı şekilde karanlıkta 20 ve 60 dakikalık süreyle yapılmıştır.

3.2.2.4 Fide çıkış oranı

Hidropriming (HP), karrikinolid (KAR₁) ve duman uygulanmış tohumların ekimleri iklim odasında 18, 24 ve 30°C'de kontrollü ortamda torf:perlit karışımına (2:1) yapılmıştır. Tohumlar yaklaşık 3 cm derinliğe her uygulamadan 3 tekerrürlü 50 tohum olacak şekilde ekilmiştir. Ekimden sonra tohum çıkışının olmadığı güne kadar sayım yapılarak çıkış testi devam ettirilmiştir (Şekil 3.11).



Şekil 3.11 Ispanak ve mısırdaki iklim odasında çıkış testinin yapılması

Çıkış oranı % olarak günlük sayımlarla belirlenmiştir. Toprak yüzeyine çıkan fideler çıkmış olarak kabul edilmiştir. Günlük sayımlar üzerinden fide çıkış hızı 3.2.2.5'te

verilen formül kullanılarak hesaplanmıştır. Fidelerde çıkıştan sonra rastgele seçilmiş her uygulamadan 15 adet fidede (5 fide x 3 tekerrür) yaş ağırlık ve kuru ağırlık belirlenmiştir. Kuru ağırlık 80°C'de 24 saat kurutularak sağlanmıştır.

3.2.2.5 Ortalama fide çıkış zamanı (OFÇZ, gün)

Ortalama çıkış zamanı çimlendirme denemesi sırasında yapılan günlük sayımlardan yararlanılarak aşağıdaki formülle hesaplanmıştır.

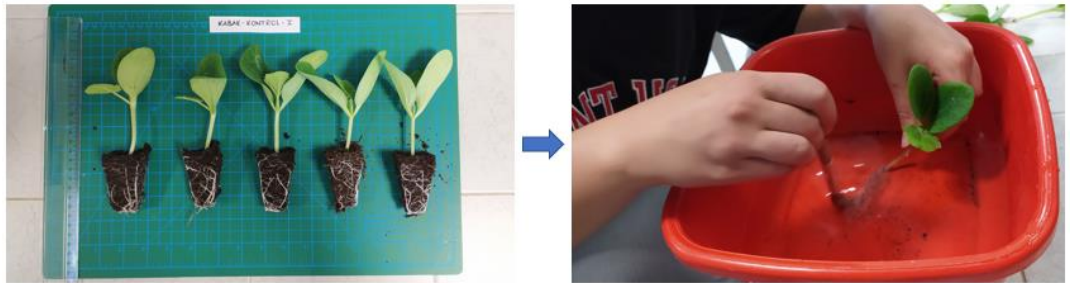
$$OFÇZ = n \times \frac{D}{n}$$

Formülde; OFÇZ: Ortalama fide çıkış zamanını,

n: D. günde çıkan fide sayısını, D: Çıkış için ekim tarihinden itibaren geçen günü ifade etmektedir.

3.2.2.6 Fide yaş ağırlığı

Her tekerrürden her uygulamada grubu en iyi temsil eden 10 fidede (10 x 3 tekerrür) yapılmıştır. Alınan ölçümlerde fideler ortamdan çıkartıldıktan ve köklerinden ayrıldıktan sonra yaş ağırlıkları mg/ bitki olarak ölçülmüştür. Fideler ölçüm öncesi yıkanmış ve kurutma kağıdı ile kurutulmuştur (Şekil 3.12).



Şekil 3.12 Fidelerin değerlendirilmesi ve tartım için hazırlanması

3.2.2.7 Fide kuru ağırlığı

Fide kuru ağırlıkları; her uygulamadan 10 fidede (10 x 3 tekerrür) 80°C’de 24 saat kurutulduktan sonra mg/fide olarak saptanmıştır (Şekil 3.13).



Şekil 3.13 Fide yaş ve kuru ağırlıklarının belirlenmesi

3.2.3 Kabak, lahana ve biber tohumlarının ekim ortamına (torfa) yapılan uygulamalar ve fidelerde incelenen parametreler

Tohumlara doğrudan değil de ekildikleri ortama yapılan uygulamalar sonucunda farklı konsantrasyonlarda (%25 ve %50) uygulanmamış torf ile karıştırılmış aynı zamanda %100 oranında sadece duman uygulanan torf da kullanılmıştır. Bu torflara ekilen kabak, lahana ve biber tohumları iklim odasında fide çıkış testine alınmıştır. Bu bölümde incelenen parametreler fide çıkış oranı, ortalama fide çıkış zamanı, fide yaş ağırlığı ve fide kuru ağırlığı olmuştur.

3.2.3.1 Torfa aerosol duman uygulaması

Sprey duman uygulaması Şekil 3.14 ’de verilen ekipmanla 60 dakikalık sürede elekler üzerine konmuş torfa emdirilmiştir. Tamamı duman emdirilmiş torf (%100), %50 ve %25 oranında duman emdirilmiş olacak şekilde hiç duman emdirilmemiş torfla karıştırılmıştır

(Şekil 3.14). Her bir ortama biber, kabak ve lahana tohumları 3 tekerrürlü 50 tohum olarak ekilmiştir.



Şekil 3.14 Torfa duman uygulamasının yapılışı

Fide çıkış denemesi iklim odasında 22°C'de 16 saat ışık 8 saat karanlıkta yürütülmüştür. Işık 72 mMm⁻¹ s olarak ayarlanmıştır. Deneme sürecinde kaplar düzenli olarak sulanmıştır.

3.2.3.2 Fide çıkış oranı (FÇO, %)

Çıkış sayımları günlük olarak yapılmıştır. Bu sayımlarda sürgünün torf yüzeyine çıktığı dönem fide çıkış kriteri olarak ele alınmış ve % olarak ifade edilmiştir. Normal ve anormal gelişmiş fide oranı saptanmıştır (Şekil 3.15).



Şekil 3.15 Biberin farklı konsantrasyonlarda duman uygulanmış torflarda yetiştirilmesi ve fide çıkış testinden görüntüler

3.2.3.3 Ortalama fide çıkış zamanı (OFÇZ, gün)

Bölüm 3.2.2.5'teki gibi yapılmıştır.

3.2.3.4 Fide yaş ağırlığı (FYA)

Bölüm 3.2.2.6'daki gibi yapılmıştır.

3.2.3.5 Fide kuru ağırlığı (FKA)

Bölüm 3.2.2.7'deki gibi yapılmıştır.

3.2.4 İstatistiksel analiz ve verilerin değerlendirilmesi

Denemeler tesadüf parselleri deneme desenine göre kurulmuş, yürütülen denemelerin sonucunda elde edilen veriler, üzerinde durulan özellikler bakımından varyans analiz tekniğinden yararlanılarak istatistiksel analize tabi tutulmuştur. Varyans analizi yapmadan önce verilerin normal dağılışa uyup uymadığını kontrol etmek için Shapiro ve Wilk normallik testi, varyansların homojenliğini belirlemek için Leven testi yapılmıştır. Yüzde (%) ile ifade edilen değerler arasındaki farkların %40'ı aşması durumunda açığa transformasyonu uygulanmıştır. Grup ortalamaları arasındaki farklılıkların tespitinde Duncan çoklu karşılaştırma testi, SPSS paket programı (IBM® SPSS® Statistics 20) kullanılmıştır.

4. ARAŞTIRMA BULGULARI

4.1 Yüksek ve Düşük Kalitedeki Kabak, Lahana ve Biber Tohumlarının Çimlenmesi, Fide Kalitesi ve Enzim Aktivitesi Üzerine Duman, Karrikinolid (KAR₁) ve Hidropriming uygulamalarının Etkisi

4.1.1 Çimlenme üzerine tohum uygulamalarının etkisi

Duman, hidropriming (HP) ve karrikinolid (KAR₁) uygulamaları yüksek kalitedeki kabak tohumlarına uygulandığında, tohumların toplam çimlenme oranında (TÇ) kontrol tohumlarına kıyasla istatistiksel olarak önemli bir fark görülmemiştir ($p>0.05$). Ancak düşük kalitedeki kabak tohumlarında kontrol tohumlarının toplam çimlenme oranı %79 iken, karrikinolid uygulaması ile bu oran %81'e çıkmıştır. Diğer uygulamalar ise düşük kaliteli kabak tohumlarının toplam çimlenme oranında istatistiksel olarak önemli bir fark yaratmamıştır (Çizelge 4.1).

Çizelge 4.1 Yüksek ve düşük kalitedeki kabak tohumlarında duman ve karrikinolid (KAR₁) ve hidropriming (HP) uygulamalarının toplam çimlenme (TÇ), normal çimlenme (NÇ) ve ortalama çimlenme zamanına (OÇZ) etkisi

	Uygulama	TÇ (%)	NÇ (%)	OÇZ (gün)
Yüksek Kalite	Kontrol	88±4.6 ^a	68±3.3 ^b	2.61±0.08 ^b
	Duman	85±1 ^a	68±1.6 ^b	2.46±0.07 ^b
	HP	87±2.5 ^a	69±2.5 ^b	2.50±0.15 ^b
	HP+Duman	87±3.4 ^a	67±3 ^b	2.52±0.12 ^b
	KAR ₁	92±2.8 ^a	85±0.9 ^a	1.57±0.05 ^a
Düşük Kalite	Kontrol	79±5.3 ^{ab}	49±5 ^b	2.77±0.04 ^d
	Duman	79±1.0 ^{ab}	59±2.5 ^{ab}	2.46±0.07 ^{bc}
	HP	71±2.5 ^b	56±3.3 ^b	2.57±0.08 ^{cd}
	HP+Duman	70±2.0 ^b	57±3.4 ^b	2.30±0.1 ^b
	KAR ₁	81±2.5 ^a	69±2.1 ^a	1.80±0.1 ^a

Ortalamalar (±) standart hata ile sunulmuştur. Aynı sütunda ve kalite sınıfında farklı harflere sahip değerler istatistiksel olarak anlamlıdır ($P\leq 0.05$).

Hem yüksek hem de düşük kaliteli kabak tohumlarının normal çimlenme yüzdesinde karrikinolid (KAR₁) uygulanması ile önemli bir artış görülmüştür ($P<0.05$). Normal çimlenme oranı, uygulama yapılmamış tohumlarla karşılaştırıldığında, yüksek kalitedeki tohumlarda %68'den %85'e, düşük kalitedeki tohumlarda ise %49'dan %69'e yükselmiştir. Ayrıca karrikinolid uygulaması düşük ve yüksek kalitedeki tohumlarda ortalama çimlenme zamanı (OÇZ) üzerinde olumlu etki yaparak daha hızlı çimlenme sağlamıştır. Öte yandan, duman ve hidropriming uygulamaları yüksek kaliteli kabak tohumlarının çimlenme süresi üzerinde kontrol tohumlarına göre önemli bir fark yaratmazken ($P>0.05$) düşük kaliteli tohumlarda sırasıyla hidropriming yapılmış tohumlara duman uygulaması ve tek başına duman uygulaması da çimlenme zamanındaki düşüş üzerinde etkili olmuştur (Çizelge 4.1).

Hidropriming, karrikinolid ve duman uygulamaları yüksek ve düşük kaliteli biber tohumlarının toplam çimlenme oranı üzerinde istatistiksel olarak önemli bir artış sağlamamıştır ($p>0.05$) (Çizelge 4.2).

Çizelge 4.2 Yüksek ve düşük kalitedeki biber tohumlarında duman, karrikinolid (KAR₁) ve hidropriming (HP) uygulamalarının toplam çimlenme (TÇ), normal çimlenme (NÇ) ve ortalama çimlenme zamanına (OÇZ) etkisi

	Uygulama	TÇ (%)	NÇ (%)	OÇZ (gün)
Yüksek Kalite	Kontrol	81±0.9 ^a	68±7.1 ^a	2.9±0.09 ^{ab}
	Duman	90±2.6 ^a	83±3.8 ^a	3.2±0.14 ^b
	HP	79±0.7 ^a	79±0.9 ^a	2.8±0.03 ^a
	HP+Duman	84±2.8 ^a	77±6.8 ^a	2.9±0.12 ^{ab}
	KAR ₁	85±1.9 ^a	77±3.4 ^a	3.0±0.08 ^{ab}
Düşük Kalite	Kontrol	69±3.4 ^a	59±1.9 ^b	3.3±0.11 ^a
	Duman	80±4.3 ^a	75±5 ^a	3.3±0.08 ^a
	HP	76±4.9 ^a	69±4.4 ^{ab}	3.1±0.05 ^a
	HP+Duman	82±5.0 ^a	76±5.9 ^a	3.1±0.03 ^a
	KAR ₁	76±1.6 ^a	69±0.9 ^{ab}	3.3±0.15 ^a

Ortalamalar (±) standart hata ile sunulmuştur. Aynı sütunda ve kalite sınıfında farklı harflere sahip değerler istatistiksel olarak anlamlıdır ($P\leq 0.05$).

Normal çimlenme oranında ise yüksek kalitedeki biber tohumlarında yapılan uygulamalar sonucunda önemli bir değişim gözlenmezken, düşük kalitedeki tohumlarına yapılan HP+duman ve tek başına duman uygulamaları kontrole kıyasla normal çimlenme oranını artırmıştır ($P \leq 0.05$). Düşük kaliteli kontrol tohumları %59 normal çimlenme gösterirken HP+duman uygulanmış biber tohumları %76, sadece duman uygulanmış biber tohumları %75 oranında çimlenmiştir. Yüksek kalitedeki biber tohumlarında ortalama çimlenme zamanı bakımından en iyi sonucu hidropriming uygulaması verirken, düşük kalitedeki tohumlarda yapılan uygulamalar çimlenme zamanı üzerinde önemli bir etki yaratmamıştır (Çizelge 4.2).

Lahana tohumlarına yapılan uygulamalar sonucu yüksek kaliteli tohumların toplam çimlenme oranında istatistiksel olarak önemli bir fark gözlenmezken ($p > 0.05$), düşük kaliteli tohumlarda toplam çimlenme oranı HP+duman, KAR₁, duman ve HP uygulamaları ile %52'den sırasıyla %76, %72, %71 ve %65'e yükselmiştir (Çizelge 4.3).

Çizelge 4.3 Yüksek ve düşük kalitedeki lahana tohumlarında duman, karrikinolid (KAR₁) ve hidropriming (HP) uygulamalarının toplam çimlenme (TÇ), normal çimlenme (NÇ) ve ortalama çimlenme zamanına (OÇZ) etkisi

	Uygulama	TÇ (%)	NÇ (%)	OÇZ (gün)
Yüksek Kalite	Kontrol	88±3.3 ^a	80±4.3 ^a	2.52±0.08 ^b
	Duman	83±3.0 ^a	78±3.5 ^a	1.82±0.1 ^a
	HP	92±3.3 ^a	84±4.3 ^a	2.43±0.16 ^b
	HP+Duman	84±4.9 ^a	81±5.7 ^a	1.73±0.16 ^a
	KAR ₁	94±2.6 ^a	89±3 ^a	1.90±0.1 ^a
Düşük Kalite	Kontrol	52±7.5 ^b	42.7±5.7 ^b	5.81±0.1 ^b
	Duman	71±2.5 ^a	65±3.4 ^a	4.12±0.07 ^a
	HP	65±1.9 ^a	42.7±2.5 ^b	3.63±0.12 ^a
	HP+Duman	76±4.3 ^a	65±2.5 ^a	4.20±0.33 ^a
	KAR ₁	72±1.6 ^a	61±2.5 ^a	4.01±0.29 ^a

Ortalamalar ($\pm$) standart hata ile sunulmuştur. Aynı sütunda ve kalite sınıfında farklı harflere sahip değerler istatistiksel olarak anlamlıdır ($P \leq 0.05$).

Normal çimlenme oranında ise aynı şekilde yüksek kaliteli lahana tohumlarında önemli bir fark tespit edilememiş ancak düşük kaliteli tohumların normal çimlenme yüzdesi tek başına veya hidroprimig ile birlikte uygulanan duman ile %42'den %65'e yükseltmiş bunu %61 normal çimlenme oranı ile KAR₁ uygulaması izlemiştir. Düşük kalitedeki lahana tohumlarında tüm uygulamalar ortalama çimlenme zamanını azaltırken ($P \leq 0.05$), yüksek kaliteli tohumlarda hidropriming uygulaması çimlenme hızını artırmada etkili olmamış, duman ile birlikte uygulanması, KAR₁ ve sadece duman uygulamaları ile ortalama çimlenme zamanında önemli bir azalma sağlanmıştır (Çizelge 4.3).

Kabak tohumlarına yapılan uygulamalar sonrasında tohumların farklı sürelerde (1,3,6 ve 18sa) bekletildikleri suyun elektriksel iletkenliği (Eİ) ve potasyum akıntısı (PA) ölçülmüş ve bu süre arttıkça Eİ ve PA değerlerinin de arttığı ayrıca düşük kalitedeki tohumlarda yüksek kaliteli tohumlara göre daha yüksek değerler elde edildiği tespit edilmiştir (Çizelge 4.4).

Çizelge 4.4 Yüksek ve düşük kalitedeki kabak tohumlarında duman, karrikinolid (KAR₁) ve hidropriming (HP) uygulamaları sonucu elektriksel iletkenlik (Eİ) $\mu\text{Scm}^{-1}\text{g}^{-1}$ ve potasyum akıntısı (PA) (mg/kg^{-1}) değerleri

	Uygulama	Eİ (1sa)	Eİ (3sa)	Eİ (6sa)	Eİ (18sa)	PA
Yüksek Kalite	Kontrol	16 ^d	18.4 ^d	20.8 ^e	23.5 ^d	24.1 ^e
	Duman	9.2 ^c	10.9 ^c	12.6 ^d	15.6 ^c	15.1 ^d
	HP	2.7 ^b	3.8 ^b	4.9 ^c	6.3 ^b	6.2 ^c
	HP+Duman	2.3 ^b	3.1 ^a	3.7 ^a	5.5 ^a	3.5 ^a
	KAR ₁	1.8 ^a	3.1 ^a	4.2 ^b	6.1 ^b	4.5 ^b
Düşük Kalite	Kontrol	17.9 ^e	20.7 ^e	23.1 ^d	28.7 ^d	35.0 ^d
	Duman	10.8 ^d	12.9 ^d	14.9 ^c	19.4 ^c	24.2 ^c
	HP	4.8 ^c	6.8 ^c	9.0 ^b	13.6 ^b	14.9 ^b
	HP+Duman	2.9 ^a	4.3 ^b	5.8 ^a	8.8 ^a	10.1 ^a
	KAR ₁	2.4 ^b	4.1 ^a	5.9 ^a	9.2 ^a	10.5 ^a

Aynı sütunda ve kalite sınıfında farklı harflere sahip değerler istatistiksel olarak anlamlıdır ($P \leq 0.05$).

Belirtilen saatlerde yapılan elektriksel iletkenlik okumaları sonucunda her bir saat okuması için, yapılan uygulamaların her biri elektriksel iletkenlikte önemli bir azalmaya neden olmuştur. Örneğin, herhangi bir uygulama yapılmayan yüksek kalitedeki kabak tohumlarının 18. saatin sonunda elektriksel iletkenliği $23.5 \mu\text{Scm}^{-1}\text{g}^{-1}$ iken, KAR₁ uygulamasından sonra bu değer $6.1 \mu\text{Scm}^{-1}\text{g}^{-1}$ 'e düşmüştür. HP+duman, HP ve duman uygulamaları ise aynı şekilde elektriksel iletkenlik üzerinde önemli bir azalmaya sebep olmuş ve sırasıyla 5.5 , 6.3 ve $15.6 \mu\text{Scm}^{-1}\text{g}^{-1}$ olarak ölçülmüştür. Benzer şekilde, düşük kalitedeki kabak tohumlarının 18. saat sonundaki EI'si $28.7 \mu\text{s/cm}$ iken HP+duman uygulaması ile bu değer $8.8 \mu\text{Scm}^{-1}\text{g}^{-1}$ ile düşmüş, bunu sırasıyla KAR₁ ($9.2 \mu\text{Scm}^{-1}\text{g}^{-1}$), HP ($13.6 \mu\text{Scm}^{-1}\text{g}^{-1}$) ve duman uygulaması ($19.4 \mu\text{Scm}^{-1}\text{g}^{-1}$) izlemiştir (Çizelge 4.4).

Yapılan uygulamalar sonucunda, yüksek kalitedeki kabak tohumlarında potasyum akıntısı da kontrole (24.1 mg kg^{-1}) kıyasla önemli ölçüde ($P \leq 0.05$) azalmış, HP+duman uygulaması (3.5 mg kg^{-1}) en fazla azalmayı sağlarken bunu sırasıyla KAR₁ (4.5 mg kg^{-1}), HP (6.2 mg kg^{-1}) ve duman (15.1 mg kg^{-1}) uygulamaları izlemiştir. Düşük kalitede hiçbir uygulama yapılmayan kabak tohumlarının potasyum akıntısı 35 mg kg^{-1} bulunmuş, HP+duman uygulaması ile bu değer 10.1 , KAR₁ uygulaması ile ise 10.5 mg kg^{-1} 'e düşerken, HP ve duman uygulamaları ile bu değer sırasıyla 14.9 ve 24.2 mg kg^{-1} olarak bulunmuştur (Çizelge 4.4).

Biber tohumlarında EI ölçümleri 1, 3, 6 ve 18 saat sonra yapılmış ve tüm uygulamalar için süre arttıkça EI ve PA değeri artmış, ayrıca tüm uygulamalar hem düşük hem de yüksek kalitedeki biber tohumlarında EI ve PA değerlerini azaltmıştır ($P \leq 0.05$). Yüksek kalitedeki biber tohumlarında 18. saatin sonunda ölçülen EI hiçbir uygulama yapılmamış kontrol tohumlarında $186.6 \mu\text{Scm}^{-1}\text{g}^{-1}$ iken HP+duman uygulaması ile $51.6 \mu\text{Scm}^{-1}\text{g}^{-1}$ 'ye; düşük kaliteli tohumlarda ise yine aynı uygulama sonucunda $190.1 \mu\text{Scm}^{-1}\text{g}^{-1}$ 'den $70.3 \mu\text{Scm}^{-1}\text{g}^{-1}$ 'ye düşmüştür. Potasyum akıntısı ise yüksek kaliteli kontrol biber tohumlarında 5.0 mg kg^{-1} olarak bulunurken, HP+duman uygulaması ile bu değer 1.4 mg kg^{-1} 'e düştüğü; düşük kaliteli tohumlarda ise kontrole kıyasla 5.42 mg kg^{-1} 'den bu uygulama ile 1.9 mg kg^{-1} 'a düştüğü tespit edilmiştir (Çizelge 4.5).

Çizelge 4.5 Yüksek ve düşük kalitedeki biber tohumlarında duman, karrikinolid (KAR₁) ve hidropriming (HP) uygulamaları sonucu elektriksel iletkenlik (Eİ) $\mu\text{Scm}^{-1}\text{g}^{-1}$ ve potasyum akıntısı (PA) (mg/kg^{-1}) değerleri

	Uygulama	Eİ (1sa)	Eİ (3sa)	Eİ (6sa)	Eİ (18sa)	PA
Yüksek Kalite	Kontrol	131.3 ^d	149.0 ^e	164.1 ^e	186.6 ^d	5.0 ^d
	Duman	68.5 ^c	81.1 ^d	95.1 ^d	123.7 ^c	3.2 ^c
	HP	42.4 ^b	52.7 ^c	61.1 ^c	81.0 ^b	2.2 ^b
	HP+Duman	20.6 ^a	26.3 ^a	32.9 ^a	51.6 ^a	1.4 ^a
	KAR ₁	28.2 ^a	35.9 ^b	43.6 ^b	61.6 ^a	1.7 ^a
Düşük Kalite	Kontrol	100.6 ^d	121.9 ^d	140.8 ^d	190.1 ^d	5.42 ^d
	Duman	49.7 ^c	61.6 ^c	79.8 ^c	123.2 ^c	4.2 ^c
	HP	49.7 ^c	63.6 ^c	76.0 ^c	114.3 ^c	2.92 ^b
	HP+Duman	23.4 ^a	31.5 ^a	40.8 ^a	70.3 ^a	1.9 ^a
	KAR ₁	31.1 ^b	41.6 ^b	52.6 ^b	83.0 ^b	2.48 ^{ab}

Aynı sütunda ve kalite sınıfında farklı harflere sahip değerler istatistiksel olarak anlamlıdır ($P \leq 0.05$).

Lahanada yapılan tüm uygulamalar hem düşük hem de yüksek kaliteli tohumlarda potasyum akıntısını ve elektriksel iletkenliği kontrole kıyasla önemli ölçüde ($P \leq 0.05$) azaltmıştır. Yüksek kalitedeki lahana kontrol tohumlarında Eİ $224.5 \mu\text{Scm}^{-1}\text{g}^{-1}$ iken, KAR₁ ve HP uygulamaları ile sırasıyla 120.6 ve 137.5 'e düşürülmüştür. HP+duman uygulaması bu değeri $140.1 \mu\text{Scm}^{-1}\text{g}^{-1}$ e düşürürken tek başına duman uygulaması ile $166.2 \mu\text{Scm}^{-1}\text{g}^{-1}$ olarak bulunmuştur. Düşük kaliteli lahana tohumlarında ise 18. saatin sonunda yapılan ölçümlerde Eİ değeri kontrol tohumlarında $392.2 \mu\text{Scm}^{-1}\text{g}^{-1}$ olarak ölçülmüş, bu değer HP+ duman uygulaması ile 165.1 'e, KAR₁ uygulaması ise 167.2 'ye düşmüştür (Çizelge 4.6).

Çizelge 4.6 Yüksek ve düşük kalitedeki lahana tohumlarında duman, karrikinolid (KAR₁) ve hidropriming (HP) uygulamaları sonucu elektriksel iletkenlik (Eİ) $\mu\text{Scm}^{-1}\text{g}^{-1}$ ve potasyum akıntısı (PA) (mg/kg^{-1}) değerleri

	Uygulama	Eİ (1sa)	Eİ (3sa)	Eİ (6sa)	Eİ (18sa)	PA
Yüksek Kalite	Kontrol	75.0 ^c	116.9 ^c	155.5 ^d	224.5 ^c	4.4 ^c
	Duman	48.0 ^b	76.9 ^b	108.3 ^c	166.2 ^b	2.9 ^b
	HP	49.9 ^b	71.4 ^b	94.6 ^b	137.5 ^a	2.6 ^b
	HP+Duman	48.9 ^b	67.8 ^b	91.0 ^b	140.1 ^a	2.2 ^a
	KAR ₁	29.9 ^a	46.6 ^a	68.1 ^a	120.6 ^a	2.1 ^a
Düşük Kalite	Kontrol	132.1 ^c	215.1 ^c	313.7 ^c	392.2 ^c	6.5 ^c
	Duman	69.7 ^b	123.5 ^b	179.5 ^b	280.8 ^b	6.1 ^c
	HP	48.8 ^a	77.5 ^a	111.0 ^a	202.7 ^a	4.5 ^b
	HP+Duman	41.8 ^a	68.6 ^a	98.7 ^a	165.1 ^a	3.4 ^{ab}
	KAR ₁	43.2 ^a	68.4 ^a	96.3 ^a	167.2 ^a	3.0 ^a

Aynı sütunda ve kalite sınıfında farklı harflere sahip değerler istatistiksel olarak anlamlıdır ($P \leq 0.05$).

Elektriksel iletkenlik ölçümlerinde olduğu gibi düşük ve yüksek kaliteli lahana tohumlarının potasyum akıntısı, HP+duman ve KAR₁ uygulamaları ile azalmıştır. Potasyum akıntısı yüksek kaliteli lahana tohumlarında kontrole kıyasla 4.4 mg/kg^{-1} 'den KAR₁ uygulaması ile 2.1'e, düşük kaliteli tohumlarda bu uygulama ile birlikte 6.5 mg/kg^{-1} 'den 3.0'e düşmüş, bunu HP+duman uygulaması izlemiş ve bu uygulama ile yüksek ve düşük kaliteli tohumlarda sırasıyla 2.2 ve 3.4 mg/kg^{-1} olarak bulunmuştur (Çizelge 4.6).

4.1.2 Fide kalitesi üzerine uygulamaların etkisi

Yüksek ve düşük kalitedeki kabak tohumlarının sürgün yaş ağırlığı HP, HP+duman ve KAR₁ uygulamaları artış göstermiştir ($p \leq 0.05$). Düşük kalitedeki kabak tohumlarının KAR₁ ile muamele edilmesinin bir sonucu olarak, sürgünlerin taze ağırlığı fide başına 516 mg'dan 899 mg'a, HP+duman ile 625 mg'a ve HP uygulaması ile 614 mg'a çıkmıştır. Düşük kaliteli tohumlara uygulama yapılmadığında elde edilen fidelerin sürgün yaş

ağırlığı 515 mg iken KAR₁ (633 mg), HP+duman (628 mg) ve HP (590 mg) uygulamaları ile sürgün yaş ağırlığında artış sağlanmıştır (Çizelge 4.7).

Çizelge 4.7 Yüksek ve düşük kalitedeki kabak tohumlarında duman, karrikinolid (KAR₁) ve hidropriming (HP) uygulamalarının sürgün yaş ağırlığı (SYA, mg/fide), sürgün kuru ağırlığı (SKA, mg/fide), kök yaş ağırlığı (KYA, mg/fide) ve kök kuru ağırlığı (KKA, mg/fide) üzerine etkisi

	Uygulama	SYA	SKA	KYA	KKA
Yüksek Kalite	Kontrol	516 ^c	75 ^b	114 ^c	7 ^b
	Duman	577 ^{bc}	85 ^a	126 ^b	8 ^b
	HP	614 ^b	82 ^{ab}	129 ^b	9 ^b
	HP+Duman	625 ^b	82 ^{ab}	211 ^a	12 ^a
	KAR ₁	899 ^a	81 ^{ab}	224 ^a	13 ^a
Düşük Kalite	Kontrol	515 ^c	70 ^c	116 ^c	7.3 ^b
	Duman	544 ^{bc}	82 ^b	129 ^{bc}	7.2 ^b
	HP	590 ^{ab}	78 ^b	150 ^{ab}	8.2 ^b
	HP+Duman	628 ^a	79 ^b	156 ^a	9.6 ^a
	KAR ₁	633 ^a	92 ^a	157 ^a	9.5 ^a

Aynı sütunda ve kalite sınıfında farklı harflere sahip değerler istatistiksel olarak anlamlıdır ($P \leq 0.05$).

Yüksek kaliteli kabak tohumlarında kök yaş ağırlığında tüm uygulamalar ile önemli bir artış sağlanmıştır ($p \leq 0.05$). Hiçbir uygulama yapılmamış yüksek kaliteli kontrol tohumlarından elde edilen sürgünlerin kök yaş ağırlığı ile karşılaştırıldığında KAR₁ uygulaması ile 114 mg'dan 224 mg'a, HP+duman uygulaması ile 211 mg'a HP ile 129 mg ve duman uygulaması ile 126 mg'a çıkmıştır. Düşük kaliteli kabak tohumlarında ise kök yaş ağırlığı HP, HP+duman ve KAR₁ uygulamaları ile önemli bir artış sağlamıştır ($p \leq 0.05$). Bu tohumlarda kök yaş ağırlığı 116 mg'dan KAR₁ ile 157 mg, HP+duman uygulaması ile 156 mg'a ve HP uygulaması ile 150 mg'a artmıştır. Kök kuru ağırlıklarında ise hem yüksek hem düşük kaliteli kabak tohumlarında HP+duman ve KAR₁ uygulamaları sonucunda en yüksek değerler elde edilmiştir (Çizelge 4.7).

Yüksek ve düşük kaliteli biber tohumlarına yapılan uygulamalar sonucunda fidelerin sürgün yaş ve kuru ağırlıklarının, hiçbir uygulama yapılmayan tohumlardan elde edilen fideleri ile kıyaslandığında özellikle HP uygulaması ile önemli bir artış sağladığı tespit edilmiştir ($P \leq 0.05$). Düşük kaliteli lahana tohumlarında sürgün yaş ağırlığı kontrol tohumlarının fidelerinde 26.3 mg bulunurken, duman uygulaması ile bu değer 30.3, KAR₁ uygulaması ile ise 31.6 olarak tespit edilmiştir Düşük kaliteli biber tohumlarından elde edilen fidelerin sürgün kuru ağırlığı ise HP uygulamasının yanı sıra KAR₁ uygulaması ile de tespit edilen en yüksek değerine ulaşmıştır (Çizelge 4.8).

Çizelge 4.8 Yüksek ve düşük kalitedeki biber tohumlarında duman, karrikinolid (KAR₁) ve hidropriming (HP) uygulamalarının sürgün yaş ağırlığı (SYA, mg/fide), sürgün kuru ağırlığı (SKA, mg/fide), kök yaş ağırlığı (KYA, mg/fide) ve kök kuru ağırlığı (KKA, mg/fide) üzerine etkisi

	Uygulama	SYA	SKA	KYA	KKA
Yüksek Kalite	Kontrol	26.3 ^b	1.7 ^b	5.5 ^b	0.6 ^a
	Duman	30.8 ^{ab}	1.9 ^{ab}	8.1 ^{ab}	0.6 ^a
	HP	33.2 ^a	2.1 ^a	8 ^{ab}	0.6 ^a
	HP+Duman	28.9 ^{ab}	1.9 ^{ab}	6.3 ^{ab}	1.4 ^a
	KAR₁	29.1 ^{ab}	2 ^{ab}	8.8 ^a	0.6 ^a
Düşük Kalite	Kontrol	26.3 ^b	1.9 ^b	6.6 ^b	0.6 ^a
	Duman	30.3 ^a	2 ^{ab}	6.9 ^{ab}	0.6 ^a
	HP	29.1 ^{ab}	2.1 ^a	7.4 ^{ab}	0.6 ^a
	HP+Duman	25.9 ^{ab}	1.9 ^{ab}	8.4 ^a	0.6 ^a
	KAR₁	31.6 ^a	2.2 ^a	7.8 ^{ab}	0.6 ^a

Aynı sütunda ve kalite sınıfında farklı harflere sahip değerler istatistiksel olarak anlamlıdır ($P \leq 0.05$).

Hem yüksek kaliteli hem düşük kaliteli biber tohumlarının kök kuru ağırlığında ise bu uygulamalar istatistiksel olarak anlamlı bir fark yaratmamıştır. Yüksek kaliteli biber tohumlarına yapılan uygulamalar arasında, KAR₁ uygulaması kök yaş ağırlığını 5.5 mg'dan 8.8 mg'a artırırken, düşük kaliteli biber tohumlarında HP+duman uygulaması en yüksek kök yaş ağırlığını sağlamıştır (Çizelge 4.8).

Sürgün yaş ağırlığı yüksek kaliteli lahana tohumlarında HP+duman uygulaması ile önemli bir artış sağlamış, kontrol tohumlarında bu değer 34.2 mg iken HP+duman uygulaması sonrasında 41.5 mg'a çıkmıştır. Düşük kaliteli lahana tohumlarında ise en yüksek artışı duman uygulaması sağlamış düşük kaliteli lahana tohumlarında sürgün ağırlığı 29.2 mg'dan duman uygulaması ile 40.5 mg'a yükselmiştir. Yüksek ve düşük kaliteli lahana tohumlarında yapılan tüm uygulamalar kök yaş ağırlığında istatistiksel olarak önemli bir artışa ($P \leq 0.05$) neden olmuştur. Yüksek kaliteli lahana tohumlarında kök yaş ağırlığı kontrole kıyasla 1.4 mg'dan HP uygulaması ile 3.3 mg'a, duman ve KAR₁ uygulamaları ile 3.1 mg'a ve HP+duman uygulaması ise 2.1 mg'a yükselmiştir (Çizelge 4.9).

Çizelge 4.9 Yüksek ve düşük kalitedeki lahana tohumlarında duman, karrikinolid (KAR₁) ve hidropriming (HP) uygulamalarının sürgün yaş ağırlığı (SYA, mg/fide), sürgün kuru ağırlığı (SKA, mg/fide), kök yaş ağırlığı (KYA, mg/fide) ve kök kuru ağırlığı (KKA, mg/fide) üzerine etkisi

	Uygulama	SYA	SKA	KYA	KKA
Yüksek Kalite	Kontrol	34.2 ^b	1.2 ^c	1.4 ^c	0.32 ^c
	Duman	35.6 ^{ab}	1.5 ^a	3.1 ^{ab}	0.42 ^{ab}
	HP	37.3 ^{ab}	1.3 ^{bc}	3.3 ^a	0.34 ^{bc}
	HP+Duman	41.5 ^a	1.6 ^a	2.1 ^b	0.44 ^a
	KAR₁	37.3 ^{ab}	1.4 ^{ab}	3.1 ^{ab}	0.36 ^{bc}
Düşük Kalite	Kontrol	29.2 ^b	1.4 ^c	2.1 ^c	0.25 ^b
	Duman	40.5 ^a	1.8 ^a	5.1 ^a	0.42 ^a
	HP	35.6 ^b	1.9 ^a	3.5 ^b	0.35 ^b
	HP+Duman	34.9 ^b	1.6 ^b	3.6 ^b	0.37 ^b
	KAR₁	32.2 ^b	1.6 ^b	3.5 ^b	0.34 ^b

Aynı sütunda ve kalite sınıfında farklı harflere sahip değerler istatistiksel olarak anlamlıdır ($P \leq 0.05$).

4.1.3 Enzim aktivitesi üzerine duman, karrikinolid ve hidropriming uygulamalarının etkisi

Katalaz enzim aktivitesi, düşük ve yüksek kaliteli biber, kabak ve lahana tohumlarına yapılan hidropriming, duman ve karrikinolid uygulamaları sonucunda değişiklik göstermiştir. Yüksek kaliteli kabak tohumlarının katalaz enzim aktivitesi duman uygulaması ile önemli bir artış sağlamış, düşük kaliteli kabak tohumlarında ise bu değer dumanın yanı sıra KAR₁ ve HP uygulaması ile de önemli bir artış göstermiştir ($p \leq 0.05$). Hiçbir uygulama yapılmayan yüksek kaliteli kabak tohumlarının katalaz aktivitesi 0.827 iken bu değer duman uygulaması sonucu 1.319'a yükselmiş, düşük kaliteli kabak tohumlarında ise 0.594'ten KAR₁ ile 1.152'ye, duman ile 0.924'e ve HP ile 0.956'ya yükselmiştir (Çizelge 4.10).

Çizelge 4.10 Yüksek ve düşük kalitedeki kabak, lahana ve biber tohumlarının katalaz (CAT) enzim aktivitesine duman, karrikinolid (KAR₁) ve hidropriming (HP) uygulamalarının etkisi

		CAT (U/mg)	
Türler	Uygulamalar	Yüksek kalite	Düşük kalite
Kabak	Kontrol	0.827±0.15 ^b	0.594±0.02 ^c
	HP	0.844±0.06 ^b	0.956±0.02 ^b
	Duman	1.319±0.05 ^a	0.924±0.09 ^b
	KAR ₁	1.142±0.12 ^{ab}	1.152±0.03 ^a
Lahana	Kontrol	1.551±0.17 ^b	1.998±0.20 ^a
	HP	1.802±0.33 ^{ab}	2.355±0.01 ^a
	Duman	2.016±0.09 ^{ab}	2.144±0.24 ^a
	KAR ₁	2.271±0.13 ^a	2.382±0.07 ^a
Biber	Kontrol	0.441±0.01 ^c	0.342±0.003 ^c
	HP	0.518±0.03 ^b	0.446±0.01 ^a
	Duman	0.435±0.001 ^c	0.408±0.02 ^{ab}
	KAR ₁	0.646±0.03 ^a	0.368±0.03 ^{bc}

Her türde ve aynı kalite sınıfında bulunan farklı harfler, ortalamalar arasındaki istatistiksel farklılığı göstermektedir ($p \leq 0.05$). Ortalamalar ($\pm$) standart hata değerleri ile sunulmuştur.

Lahana tohumlarının düşük kaliteli olanlarının katalaz aktivitesinde, yapılan uygulamalar sonucu önemli bir farklılık gözlenmezken yüksek kaliteli lahana tohumlarına KAR₁ uygulanması sonucu bu değer 1.551'den 2.271'e çıkmıştır. Yüksek kaliteli biber tohumlarının katalaz enzim aktivitesi ise kontrol tohumlarına (0.441) göre sırasıyla KAR₁ (0.646) ve HP (0.518) uygulamaları ile artmış, düşük kaliteli biber tohumlarında bu değer HP ve duman uygulamaları ile önemli bir artış göstermiştir (Çizelge 4.10).

Askorbat peroksidaz (APX) enzim aktivitesi hem yüksek hem de düşük kaliteli kabak tohumlarında yapılan bütün uygulamalar sonucu önemli derecede artmıştır ($p \leq 0.05$). Yüksek kaliteli kabak tohumlarında kontrol tohumlarına kıyasla 2.43'den duman, HP ve KAR₁ uygulamaları ile sırasıyla 4.64, 4.18 ve 3.85'e yükselmiştir. Düşük kaliteli kabak tohumlarında ise kontrol tohumlarının APX aktivitesi 3.61 iken KAR₁ ile 4.43, duman ile 4.40 ve HP ile 4.26 değerlerine ulaşmıştır (Çizelge 4.11).

Çizelge 4.11 Yüksek ve düşük kalitedeki kabak, lahana ve biber tohumlarının askorbat peroksidaz (APX) enzim aktivitesine duman, karrikinolid (KAR₁) ve hidropriming (HP) uygulamalarının etkisi

Türler	Uygulamalar	APX (U/mg)	
		Yüksek kalite	Düşük kalite
Kabak	Kontrol	2.43±0.50 ^b	3.61±0.03 ^b
	HP	4.18±0.16 ^a	4.26±0.07 ^a
	Duman	4.64±0.20 ^a	4.40±0.14 ^a
	KAR ₁	3.85±0.54 ^a	4.43±0.10 ^a
Lahana	Kontrol	9.87±0.5 ^a	8.75±0.22 ^b
	HP	9.41±0.02 ^a	9.72±0.12 ^a
	Duman	9.74±0.45 ^a	9.73±0.39 ^a
	KAR ₁	9.54±0.03 ^a	7.93±0.04 ^c
Biber	Kontrol	2.55±0.07 ^b	2.11±0.04 ^b
	HP	3.15±0.01 ^a	2.56±0.05 ^a
	Duman	3.06±0.08 ^a	2.59±0.07 ^a
	KAR ₁	3.18±0.26 ^a	2.47±0.05 ^a

Her türde ve aynı kalite sınıfında bulunan farklı harfler, ortalamalar arasındaki istatistiksel farklılığı göstermektedir ($p \leq 0.05$). Ortalamalar (±) standart hata değerleri ile sunulmuştur.

Yüksek kaliteli lahana tohumlarında yapılan herhangi bir uygulama sonucundan APX aktivitesinde önemli bir farklılık gözlenmemiştir ($p>0.05$). Düşük kaliteli lahana tohumlarının kontrol tohumlarında 8.75 olan APX aktivitesi ise duman uygulaması ile 9.73'e HP uygulaması ile 9.72'ye yükselmiş ancak ve KAR₁ uygulaması ile 7.93'e düşmüştür. Yüksek ve düşük kaliteli biber tohumlarında HP, duman ve KAR₁ uygulamaları kontrole kıyasla askorbat peroksidaz enzim aktivitesini önemli derecede arttırmıştır. APX aktivitesi yüksek kaliteli biber tohumlarında KAR₁, HP ve duman uygulamaları ile sırasıyla 2.55'den 3.18, 3.15 ve 3.08'e, yükselirken düşük kaliteli biber tohumlarında ise bu sıralama duman (2.59), HP (2.56) ve KAR₁ (2.47) şeklinde ilerlemiştir (Çizelge 4.11).

Çizelge 4.12 Yüksek ve düşük kalitedeki kabak, lahana ve biber tohumlarının süperoksit dismutaz (SOD) enzim aktivitesine duman, karrikinolid (KAR₁) ve hidropriming (HP) uygulamalarının etkisi

SOD (U/mg)			
Türler	Uygulamalar	Yüksek kalite	Düşük kalite
Kabak	Kontrol	18.1±0.45 ^c	11.4±0.43 ^c
	HP	11.8±0.40 ^b	12.6±0.05 ^c
	Duman	8.8±0.21 ^a	4.2±0.40 ^a
	KAR ₁	8.0±0.70 ^a	7.4±0.67 ^b
Lahana	Kontrol	30.4±0.11 ^a	21.0±2.19 ^{bc}
	HP	31.7±0.47 ^b	17.2±0.41 ^{ab}
	Duman	32.0±0.05 ^b	15.6±1.27 ^a
	KAR ₁	38.9±0.04 ^c	24.8±0.42 ^c
Biber	Kontrol	14.3±0.66 ^b	21.5±0.58 ^c
	HP	14.3±0.62 ^b	15.9±0.19 ^b
	Duman	11.6±0.05 ^a	14.3±0.01 ^a
	KAR ₁	11.6±0.03 ^a	15.3±0.29 ^{ab}

Her türde ve kalite sınıfında bulunan farklı harfler, ortalamalar arasındaki istatistiksel farklılığı göstermektedir ($p\leq 0.05$). Ortalamalar ($\pm$) standart hata değerleri ile sunulmuştur.

Süperoksit dismutaz (SOD) enzim aktivitesi, yüksek kaliteli kabak tohumlarında başta karrikinolid ile olmak üzere yapılan tüm uygulamalar sonucu önemli ölçüde düşüş göstermiştir ($p \leq 0.05$). Düşük kaliteli kabak tohumlarında ise sadece duman ve karrikinolid uygulamaları aynı etkiyi sağlamıştır. Yüksek kalitedeki lahana tohumlarında ise en düşük değer kontrol tohumlarında gözlenmiş, hidropriming ve duman uygulamaları SOD aktivitesini arttırırken karrikinolid en yüksek artışı sağlamıştır. Düşük kaliteli lahana tohumlarında ise karrikinolid yine bu enzimin aktivitesini arttırmış ancak hidropriming ve duman uygulaması sonucunda azalma meydana gelmiştir. Yüksek kalitedeki biber tohumlarına uygulanan duman ve karrikinolid SOD aktivitesini azaltmış, düşük kaliteli biber tohumlarında bu uygulamaların yanı sıra hidropriming uygulaması da aynı etkiyi sağlamıştır (Çizelge 4.12).

4.2 Ispanak ve Mısır Tohumlarında Duman, Karrikinolid (KAR₁) ve Hidropriming Uygulamalarının Farklı Sıcaklıklarda Fide Çıkışı ve Gelişimine Etkisi

4.2.1 Fide çıkış oranı ve fide çıkış zamanı üzerinde uygulamaların etkisi

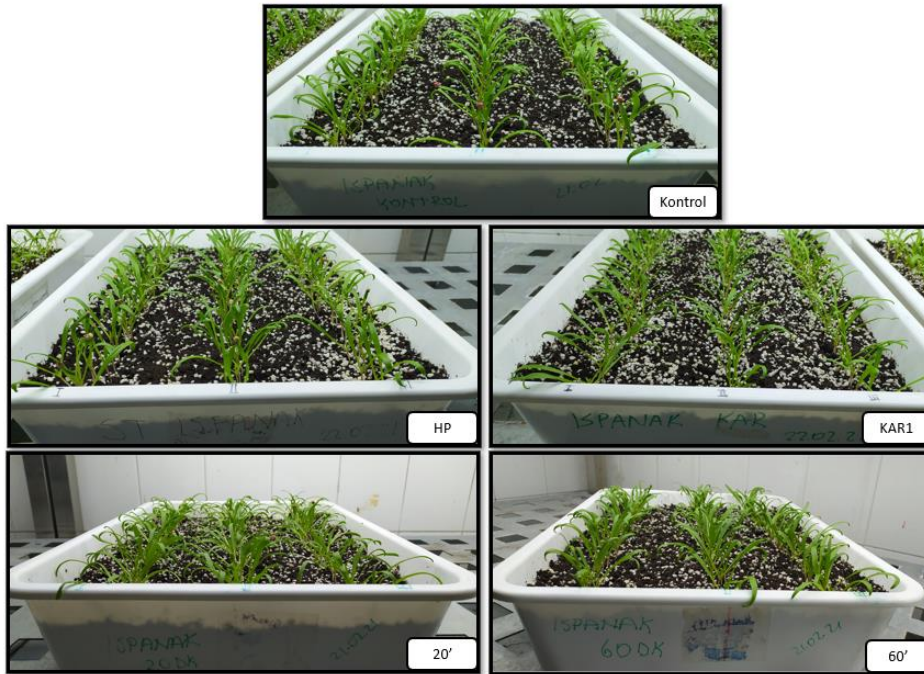
Ispanak tohumlarına yapılan iki farklı sürede (20 dakika ve 60 dakika) duman uygulaması, karrikinolid ve hidropriming uygulaması sonrası farklı sıcaklıklarda (18, 24 ve 30°C) yetiştirilen fidelerin toplam çıkış (TFÇO), normal çimlenme (NFÇO) ve ortalama çimlenme zamanı (OFÇZ) verileri Çizelge 4.13’de yer almaktadır.

Yapılan uygulamalar sonrasında 18°C’de çimlendirilen ıspanak tohumlarının toplam çıkış, normal çıkış ve fide çıkış hızında bir artış gözlenmemiştir. 24°C’de yapılan çıkış testlerinde ıspanak tohumlarında ise yapılan uygulamalar TFÇO ve NFÇO değerlerinde önemli etki yaratmazken, ortalama çıkış zamanı bakımından en hızlı çıkış karrikinolid uygulandıktan sonra ekilen tohumlarda olmuştur. 30°C’de ise hiçbir uygulama yapılmayan tohumlar %90 oranında çıkış gösterirken 20 dakika duman uygulaması sonucunda bu oran %98’e çıkmıştır. Aynı şekilde hiçbir uygulama yapılmayan kontrol tohumlarında normal çıkış oranı %87 iken bu uygulama ile %98 olmuştur. Ortalama çimlenme zamanının ise karrikinolid ve hidropriming uygulanmış tohumlarda en kısa olduğu gözlemlenmiştir (Çizelge 4.13).

Çizelge 4.13 Ispanak tohumlarının farklı sıcaklıklarda toplam fide çıkış oranı (TFÇO, %), normal fide çıkış oranı (NFÇO, %) ve ortalama fide çıkış zamanı (OFÇZ, gün) üzerine duman (20 ve 60 dk), karrikinolid (KAR₁) ve hidropriming (HP) uygulamalarının etkisi

Sıcaklık	Uygulama	Kontrol	HP	Duman (20dk)	Duman (60dk)	KAR ₁
18°C	TFÇO	98±1.2 ^a	94±1.2 ^{ab}	89.3±2.4 ^b	95±1.8 ^a	93±0.7 ^{ab}
	NFÇO	97±0.7 ^a	89±0.7 ^c	88.7±1.8 ^c	95±1.8 ^{ab}	92±1.2 ^{bc}
	OFÇZ	6.3±0.2 ^a	5.8±0.1 ^{ab}	5.40±0.2 ^{ab}	5.5±0.1 ^b	5±0.5 ^b
24°C	TFÇO	93±0.7 ^a	89±1.8 ^a	93±2.9 ^a	92±2.0 ^a	93±1.8 ^a
	NFÇO	90±0.1 ^a	84±3.1 ^a	91±4.7 ^a	89±2.9 ^a	92±2.3 ^a
	OFÇZ	7.4±0.3 ^d	5.9±0.05 ^b	6.7±0.1 ^c	6.4±0.3 ^{bc}	4.6±0.1 ^a
30°C	TFÇO	90±4.2 ^{bc}	93±0.7 ^{ab}	98±2 ^a	89±1.8 ^{bc}	83±1.3 ^c
	NFÇO	87±5.7 ^b	91±0.7 ^{ab}	98±2 ^a	86±2.3 ^b	83±1.3 ^b
	OFÇZ	6.5±0.2 ^c	5.3±0.1 ^a	5.7±0.1 ^{ab}	6±0.2 ^{bc}	5.4±0.2 ^a

Ortalamalar (±) standart hata ile sunulmuştur. Aynı satır ve sıcaklıkta benzer ölçüm değerinde farklı harflere sahip değerler istatistiksel olarak anlamlıdır (P≤0.05).



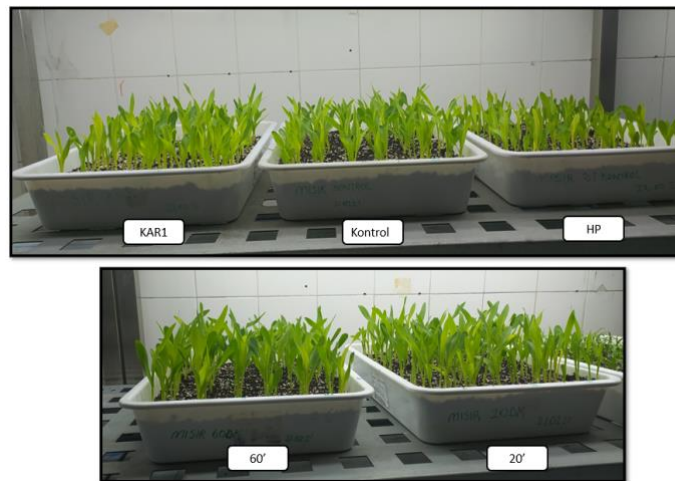
Şekil 4.1 Ispanakta fide çıkış testlerinden görüntüler

Mısırdaki yapılan duman, karrikinolid ve hidropriming uygulamaları sonrasında 18, 24 ve 30 °C’de yapılan çıkış testlerinde herhangi bir sıcaklıkta toplam çıkış ve normal çıkış değerlerinde önemli bir değişim gözlenmemiştir. Ancak karrikinolid (KAR₁) uygulaması 18 ve 24°C’de çıkış yapan mısır tohumlarının ortalama çıkış zamanını azaltmıştır. Ayrıca hidropriming yapılmış tohumlar 24°C’de daha kısa sürede çimlenmiştir (Çizelge 4.14).

Çizelge 4.14 Mısır tohumlarının farklı sıcaklıklarda toplam fide çıkış oranı (TFÇO, %), normal fide çıkış oranı (NFÇO, %) ve ortalama fide çıkış zamanı (OFÇZ, gün) üzerine duman uygulaması (20 ve 60 dk), karrikinolid (KAR₁) ve hidropriming (HP) uygulamalarının etkisi

Sıcaklık	Uygulama	Kontrol	HP	Duman (20dk)	Duman (60dk)	KAR ₁
18°C	TFÇO	94±1.2 ^a	95±3.5 ^a	91±1.3 ^a	89±4.8 ^a	86±0.1 ^a
	NFÇO	87±0.7 ^a	80±4.6 ^a	85±0.7 ^a	82±5.3 ^a	83±2.4 ^a
	OFÇZ	4.9±0.1 ^c	4.5±0.1 ^b	4.9±0.1 ^c	4.8±0.1 ^c	3.8±0.1 ^a
24°C	TFÇO	94±0.7 ^a	95±1.2 ^a	95±4.4 ^a	97±0.7 ^a	90±3.3 ^a
	NFÇO	87±1.3 ^a	80±0.7 ^a	87±4.4 ^a	92±1.2 ^a	87±4.4 ^a
	OFÇZ	4.3±0.2 ^b	3.6±0.1 ^a	4.9±0.3 ^c	4.2±0.1 ^b	3.4±0.1 ^a
30°C	TFÇO	95±0.7 ^a	90±2 ^{ab}	91±2.9 ^{ab}	91±0.7 ^{ab}	86±3.1 ^b
	NFÇO	89±0.7 ^a	83±2.7 ^a	84±5 ^a	89±1.8 ^a	81±5.8 ^a
	OFÇZ	3.7±0.04 ^a	3.7±0.1 ^a	3.7±0.1 ^a	3.8±0.1 ^a	3.7±0.1 ^a

Ortalamalar (±) standart hata ile sunulmuştur. Aynı satır ve sıcaklıkta benzer ölçüm değerinde farklı harflere sahip değerler istatistiksel olarak anlamlıdır (P≤0.05).



Şekil 4.2 Mısırdaki fide çıkış testlerinden görüntüler

4.2.2 Fide yaş ve kuru ağırlıkları üzerine uygulamaların etkisi

Mısırın fide yaş ağırlığı karrikinolid (KAR₁) uygulaması ile iki farklı sürede (20 dakika ve 60 dakika) yapılan duman uygulaması sonrası ve 18°C’de yetiştirildiklerinde önemli bir artış göstermiştir ($p \leq 0.05$). Hidropriming uygulaması ise bu sıcaklıklarda yetiştirilen fidelerin yaş ağırlığına önemli bir etkide bulunmamıştır ($p > 0.05$). Hiçbir uygulama yapılmayan ve 18°C’de yetiştirilen mısır fidelerinin yaş ağırlığı 352 mg’dan 60 dakikalık duman uygulaması ile 587 mg’a, 20 dakikalık duman uygulaması ile 580 mg’a ve KAR₁ uygulaması ile 540 mg’a yükselmiştir (Çizelge 4.15).

Çizelge 4. 15 Duman, karrikinolid (KAR₁) ve hidropriming (HP) uygulamalarının farklı sıcaklıklarda (18, 24 ve 30 °C’de) yetiştirilen mısır tohumlarının fide yaş ağırlığı (mg/fide)’na etkisi

Uygulama	Sıcaklık/ Fide yaş ağırlığı		
	18°C	24°C	30°C
Kontrol	352 ± 11.3 ^b	374 ± 22.5 ^c	749 ± 55.5 ^{ab}
HP	289 ± 32.2 ^b	415 ± 21.3 ^c	652 ± 56 ^b
Duman (20dk)	580 ± 22.4 ^a	484 ± 11.7 ^b	809 ± 49.3 ^{ab}
Duman (60dk)	587 ± 47.2 ^a	597 ± 23.7 ^a	816 ± 33.5 ^a
KAR ₁	540 ± 26.8 ^a	570 ± 20.6 ^a	779 ± 59.4 ^{ab}

Ortalamalar (±) standart hata ile sunulmuştur. Aynı sütun ve sıcaklıkta farklı harflere sahip değerler istatistiksel olarak anlamlıdır ($P \leq 0.05$).

24°C’de yetiştirilen mısır fidelerinin yaş ağırlığı da aynı şekilde HP uygulamasından etkilenmezken 60 dk duman uygulaması ile 374 mg’dan 597 mg’a, KAR₁ uygulaması ile 570 mg’a ve 20 dk duman uygulaması ile ise 484 mg’a yükselmiştir. 30°C’de yetiştirilen mısır fidelerinin fide yaş ağırlığını ise sadece duman uygulaması önemli derecede ise artırmıştır ($p \leq 0.05$). Bu sıcaklıkta yetişen ve hiçbir uygulamaya maruz kalmayan mısır fidelerinin yaş ağırlığı 749 mg olarak bulunurken 60 dakika duman uygulaması sonucu bu değer 816 mg’a çıkmıştır (Çizelge 4.15).

Mısır fidelerinin kuru ağırlığı 18°C’de yetiştirildiklerinde 20 dakika duman uygulaması sonucu önemli derece artmıştır ($P \leq 0.05$). Bu sıcaklıkta yetiştirilen fidelerin kuru ağırlığı fide başına 25.8 mg iken 20 dk duman uygulanmış tohumlardan elde edilen fidelerin kuru ağırlığı 41.4 mg olarak bulunmuştur (Çizelge 4.16).

Çizelge 4.16 Duman, karrikinolid (KAR₁) ve hidropriming (HP) uygulamalarının farklı sıcaklıklarda (18, 24 ve 30 °C’de) yetiştirilen mısır tohumlarının fide kuru ağırlığı (mg/fide)’na etkisi

Uygulama	Sıcaklık/ Fide kuru ağırlığı		
	18°C	24°C	30°C
Kontrol	25.8 ± 2 ^b	26.9 ± 1.6 ^c	53.2 ± 4 ^a
HP	37.0 ± 10 ^{ab}	29.6 ± 1.6 ^c	66.7 ± 16 ^a
Duman(20dk)	41.4 ± 2.2 ^a	35.4 ± 1 ^b	58.2 ± 3.3 ^a
Duman(60dk)	40.1 ± 2.2 ^{ab}	43.4 ± 1.7 ^a	60.6 ± 2.5 ^a
KAR ₁	39.5 ± 2 ^{ab}	41.4 ± 1.5 ^a	54.5 ± 3.3 ^a

Ortalamalar (±) standart hata ile sunulmuştur. Aynı sütun ve sıcaklıkta farklı harflere sahip değerler istatistiksel olarak anlamlıdır ($P \leq 0.05$).

24°C’de yetiştirilen mısır fidelerinde ise kontrol fidelerine kıyasla en yüksek artışı 60 dakika duman uygulaması ve KAR₁ sağlarken bunu fide başına 8.5 mg artış ile hidropriming uygulaması izlemiştir. 60 dk duman uygulanmış mısırların fide kuru ağırlığı kontrole kıyasla 26.9 mg’dan 43.4 mg’a artarken, bu değer KAR₁ ile 41.4 mg’a ulaşmıştır. 30°C’de yetiştirilen mısır fidelerinde ise yapılan uygulamaların fide kuru ağırlığına herhangi bir etkisi olmamıştır ($P > 0.05$) (Çizelge 4.16).

İspanak tohumlarına uygulanan duman ve KAR₁ uygulamaları 18°C’de yetiştirilen ıspanak fidelerinin yaş ağırlığını önemli derecede artırmıştır ($P \leq 0.05$). Kontrol grubunun fideleri 127 mg yaş ağırlığına sahip olurken, 20 dakika duman uygulanmış tohumlardan elde edilen fidelerin yağ ağırlığı 263 mg’a yükselmiş bunu 160 mg ile KAR₁ ve 154 mg ile 60 dk duman uygulaması izlemiştir (Çizelge 4.17).

Çizelge 4.17 Duman, karrikinolid (KAR₁) ve hidropriming (HP) uygulamalarının farklı sıcaklıklarda (18, 24 ve 30 °C’de) yetiştirilen ıspanak tohumlarının fide yaş ağırlığı (mg/fide)’na etkisi

Uygulamalar	Sıcaklık/ Fide yaş ağırlığı		
	18°C	24°C	30°C
Kontrol	127 ± 8.0 ^c	125 ± 5.7 ^c	120 ± 4.8 ^c
HP	145 ± 7.8 ^{bc}	162 ± 6.4 ^b	152 ± 5.2 ^b
Duman(20dk)	263 ± 7.3 ^a	172 ± 5.6 ^b	167 ± 6.2 ^a
Duman(60dk)	154 ± 5.4 ^b	155 ± 7.2 ^b	141 ± 4.6 ^b
KAR ₁	160 ± 8.3 ^b	203 ± 4.6 ^a	155 ± 3.2 ^{ab}

Ortalamalar (±) standart hata ile sunulmuştur. Aynı sütun ve sıcaklıkta farklı harflere sahip değerler istatistiksel olarak anlamlıdır (P≤0.05).

Uygulama yapıldıktan sonra torflara ekilerek 24°C sıcaklıkta yetiştirilen ıspanak tohumlarının fide yaş ağırlığı en çok karrikinolid uygulamasından etkilenmiş, bunu duman uygulamaları ve HP uygulaması izlemiştir. Kontrol grubunda 125 mg olan fide yaş ağırlığı KAR₁ uygulaması ile 203 mg’a yükselmiştir. Hidropriming uygulaması, 20 dk ve 60 dk duman uygulamaları ile sırasıyla 162, 172 ve 155 mg olarak tartılmıştır. 30°C’de ise fide yaş ağırlığındaki en yüksek artışın 20 dakika duman uygulaması sonucunda olduğu gözlemlenmiştir. Ayrıca 60 dk duman uygulaması, karrikinolid ve hidropriming uygulaması da ıspanağın fide yaş ağırlığında önemli derece bir artış sağlamıştır (p≤0.05) (Çizelge 4.17).

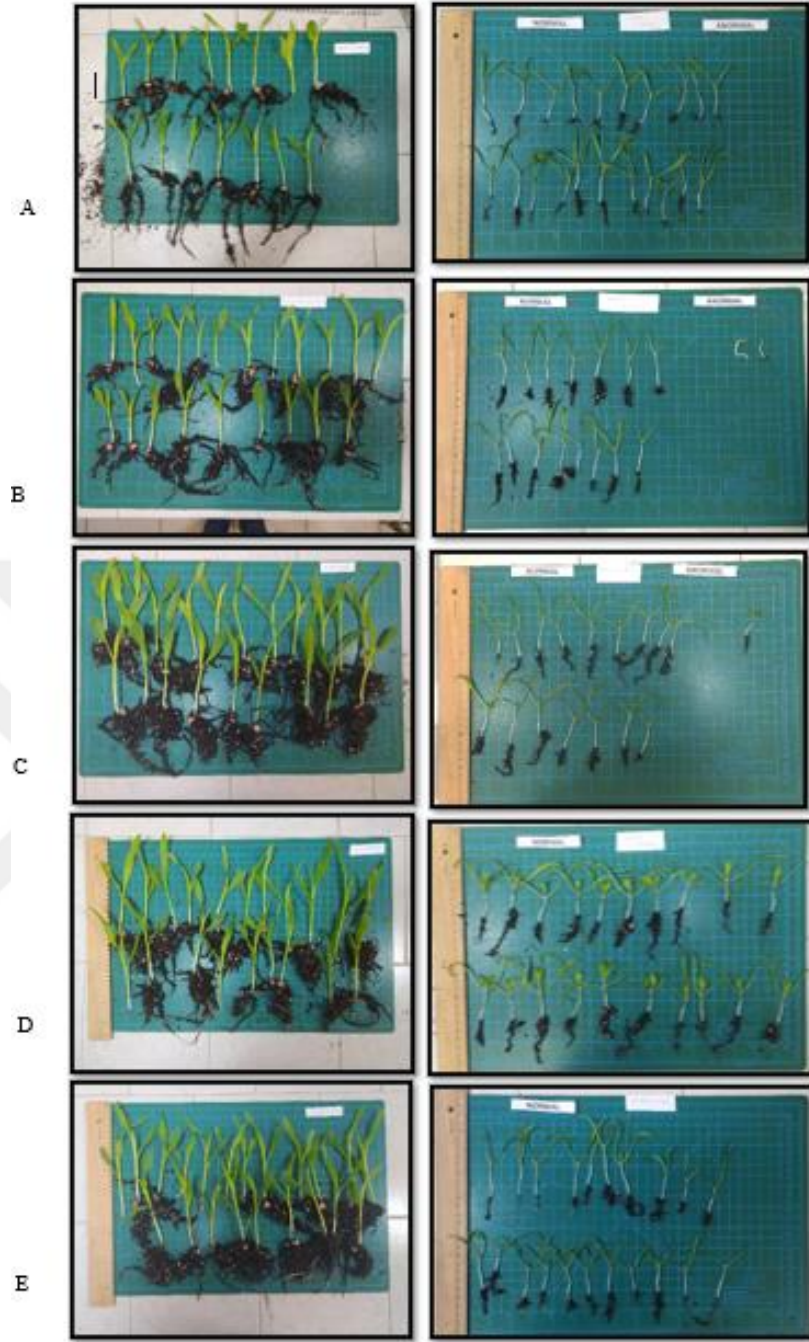
Değişik sıcaklıklarda yetiştirilen ıspanak fidelerinin kuru ağırlığına bakıldığında yapılan tüm uygulamalar kontrole kıyasla tüm sıcaklıklarda etkili olmuştur (p≤0.05). Örneğin 18°C’de yetiştirilmiş ıspanak fidelerin kuru ağırlığı 20 dk duman uygulaması ile en yüksek değeri vermiş, kontrol grubunda ortalama 7.2 mg olan fidelerin kuru ağırlığı bu uygulama ile 14.4 mg’a yükselmiştir. 24°C’de yetiştirildiklerinde ise karrikinolid en yüksek fide kuru ağırlığını sağlamış, kontrol grubunda fide başına 7.2 mg olan bu değer, KAR₁ uygulaması ile 12.3 mg olarak tartılmıştır (Çizelge 4.18).

Çizelge 4.18 Duman, karrikinolid (KAR₁) ve hidropriming (HP) uygulamalarının farklı sıcaklıklarda (18, 24 ve 30 °C’de) yetiştirilen ıspanak tohumlarının fide kuru ağırlığı (mg/fide)’na etkisi

Uygulama	Sıcaklık/ Fide kuru ağırlığı		
	18°C	24°C	30°C
Kontrol	7.2 ± 0.44 ^c	7.2 ± 0.28 ^c	7.0 ± 0.3 ^d
HP	8.4 ± 0.43 ^b	9.0 ± 0.35 ^b	8.2 ± 0.18 ^{bc}
Duman (20dk)	14.4 ± 0.36 ^a	10.3 ± 0.3 ^b	9.2 ± 0.32 ^a
Duman (60dk)	8.5 ± 0.33 ^b	9.1 ± 0.38 ^b	7.8 ± 0.26 ^c
KAR ₁	8.9 ± 0.33 ^b	12.3 ± 0.34 ^a	8.6 ± 0.22 ^{ab}

Ortalamalar (±) standart hata ile sunulmuştur. Aynı sütun ve sıcaklıkta farklı harflere sahip değerler istatistiksel olarak anlamlıdır (P≤0.05).

30°C’de yetiştirilen ıspanak fidelerinin kuru ağırlıkları ise tohuma uygulanan 20 dk duman uygulaması ile en yüksek bulunmuş, diğer uygulamalar da kontrole kıyasla önemli bir artış sağlamışlardır (p≤0.05). Kontrol grubunda 7.0 mg olan fide kuru ağırlığı 20 dk duman uygulaması ile 9.2 mg’a yükselmiştir. Yetiştirilen tüm sıcaklıklar ve yapılan uygulamalar arasında en yüksek fide kuru ağırlığının, 20 dk duman uygulaması ile 18°C’de yetiştirilen fidelerde görüldüğü tespit edilmiştir (Çizelge 4.18).



Şekil 4.3 Mısır ve ıspanak tohumlarında yapılan uygulamaların fide kalitesine etkisinden görüntüler

(A: Kontrol, B: Hidropriming, C: Karrikinolid (KAR_1), D: 20 dakika duman uygulaması, E: 60 dakika duman uygulaması)

4.3 Biber, Kabak ve Lahana Tohumlarının Ekim Ortamına Yapılan Duman Uygulamasının Fide Çıkış Oranı ve Gelişimine Etkisi

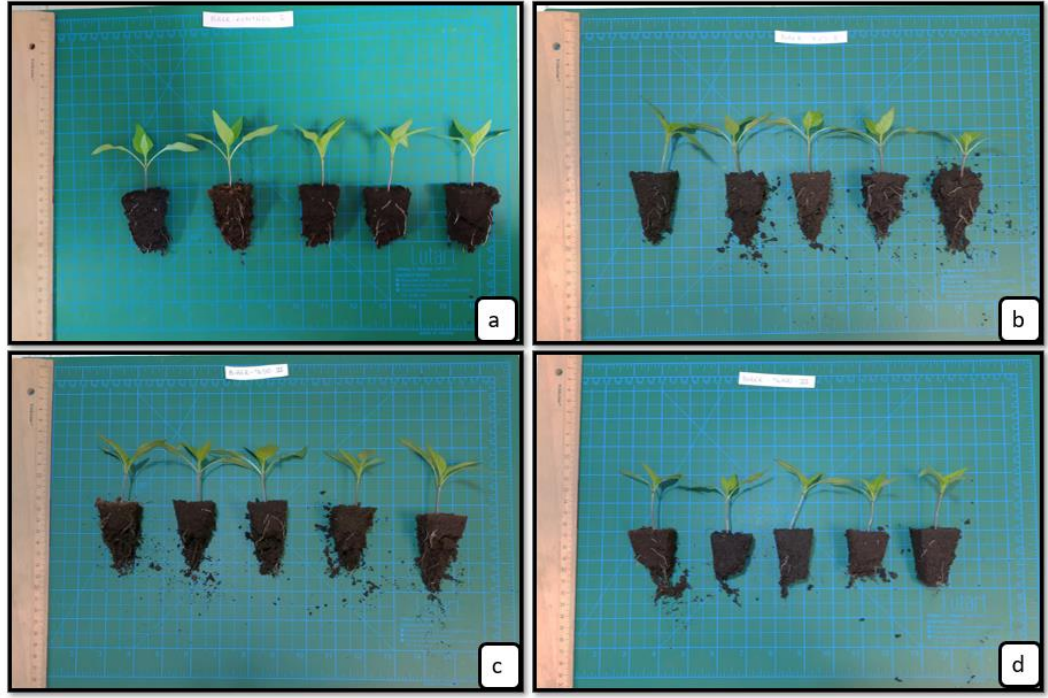
Duman emdirilmiş torfa ekilen biber tohumlarının fide çıkış oranında (FÇO), uygulama yapılmamış torfa ekilen biber tohumlarına kıyasla istatistiksel olarak önemli bir fark görülmemiştir ($p>0.05$). Dumanlı torfun %50 seyreltilmesinde ortalama fide çıkış zamanında (OFÇZ) bir düşüş kaydedilmiş ancak duman konsantrasyonu arttıkça (%100) OFÇZ'nı olumsuz etkilemiştir (Çizelge 4.19).

Çizelge 4. 19 Torfa farklı konsantrasyonlarda duman uygulamasının biber tohumlarında fide çıkış oranı (FÇO), ortalama fide çıkış zamanı (OFÇZ), fide yaş ağırlığı (FYA) ve fide kuru ağırlığı (FKA) üzerine etkisi

Uygulamalar	FÇO (%)	OFÇZ (gün)	FYA (mg)	FKA (mg)
Kontrol	80.0±2.3 ^a	9.1±0.1 ^{ab}	29±1 ^a	2.4±0.1 ^a
%25	74.0±4.6 ^a	9.3±0.1 ^a	29±0.8 ^a	2.3±0.1 ^a
%50	75.3±1.8 ^a	8.4±0.1 ^c	31±0.9 ^a	2.6±0.1 ^a
%100	77.3±5.2 ^a	9.0±0.1 ^b	21±0.4 ^b	1.7±0.1 ^b

Ortalamalar ($\pm$) standart hata ile sunulmuştur. Aynı sütunda farklı harflere sahip değerler istatistiksel olarak anlamlıdır ($P\leq 0.05$).

Fide kuru ve yaş ağırlıkları da yüksek konsantrasyonda duman uygulanmış torftan olumsuz etkilenmiştir. Seyreltilme yapılmadan kullanılan dumanlı torfta yetiştirilen biber tohumlarının fide yaş ağırlığı kontrol (29 mg) fidelerine kıyasla daha düşük (21 mg) olarak tartılmış aynı şekilde fide kuru ağırlığı da kontrol fidelerinde 2.4 mg iken, %100 oranında kullanılan dumanlı torfta yetiştirildiğinde 1.7 mg olarak tespit edilmiştir (Çizelge 4.19).



Şekil 4.4 Farklı konsantrasyonlarda seyreltilmiş duman emdirilen torfta yetiştirilen biber fideleri (a; kontrol, b; %25, c; %50, d; %100)

Kabak tohumlarının herhangi bir konsantrasyonda duman emdirilmiş torf ortamında yetiştirilmesinin fide çıkış oranına ve ortalama fide çıkış zamanına herhangi bir etkisi gözlenmemiştir ($p > 0.05$). Buna karşılık fide yaş ağırlığı yüksek konsantrasyonda duman uygulanmış torfta yetiştirilen kabak fidelerinde daha yüksek bulunmuştur (Çizelge 4.20).

Çizelge 4.20 Torfa farklı konsantrasyonlarda duman uygulamasının kabak tohumlarında fide çıkış oranı (FÇO), ortalama fide çıkış zamanı (OFÇZ), fide yaş ağırlığı (FYA) ve fide kuru ağırlığı (FKA) üzerine etkisi

Uygulamalar	FÇO (%)	OFÇZ (gün)	FYA (g)	FKA (g)
Kontrol	90.7±1.8 ^a	4.9±0.2 ^a	3.21±0.13 ^{ab}	0.16±0.01 ^a
%25	88.7±1.8 ^a	5.0±0 ^a	3.00±0.1 ^b	0.14±0.01 ^b
%50	88.0±2 ^a	5.5±0.3 ^a	3.11±0.09 ^{ab}	0.15±0.01 ^{ab}
%100	92.0±1.2 ^a	5.2±0.3 ^a	3.42±0.14 ^a	0.16±0.01 ^a

Ortalamalar (±) standart hata ile sunulmuştur. Aynı sütunda farklı harflere sahip değerler istatistiksel olarak anlamlıdır ($P \leq 0.05$).



Şekil 4.5 Farklı konsantrasyonlarda seyreltilmiş duman emdirilen torfta yetiştirilen kabak fideleri (a; kontrol, b; %25, c; %50, d; %100)

Lahana fidelerinin fide çıkış oranı ve ortalama fide çıkış zamanında duman uygulanmış torfta yetiştirildiğinde hiçbir uygulama yapılmamış torfta yetiştirilen lahana tohumlarına göre önemli bir farklılık gözlenmemiştir ($p > 0.05$). Duman uygulamasından sonra %50 oranında seyreltilmiş torfta yetiştirilen lahana fidelerinin ise fide yaş ve kuru ağırlığı kontrol fidelerine göre daha yüksek bulunmuştur (Çizelge 4.21).

Çizelge 4.21 Torfa farklı konsantrasyonlarda duman uygulamasının lahana tohumlarında fide çıkış oranı (FÇO), ortalama fide çıkış zamanı (OFÇZ), fide yaş ağırlığı (FYA) ve fide kuru ağırlığı (FKA) üzerine etkisi

Uygulamalar	FÇO (%)	OFÇZ (gün)	FYA (mg)	FKA (mg)
Kontrol	87.3±1.3 ^a	3.4±0.1 ^a	51±0.1 ^c	3.7±0.2 ^b
%25	80.0±4.6 ^a	3.5±0 ^a	58±0.2 ^{ab}	4.4±0.2 ^{ab}
%50	82.7±5.7 ^a	3.4±0.3 ^a	64±0.2 ^a	6.0±0.1 ^a
%100	87.3±2.4 ^a	3.3±0.1 ^a	56±0.2 ^{bc}	4.0±0.2 ^{ab}

Ortalamalar (±) standart hata ile sunulmuştur. Aynı sütunda farklı harflere sahip değerler istatistiksel olarak anlamlıdır ($P \leq 0.05$).



Şekil 4.6 Farklı konsantrasyonlarda seyreltilmiş duman emdirilen torfta yetiştirilen lahana fideleri (a; kontrol, b; %25, c; %50, d; %100)

5. TARTIŞMA

5.1 Kabak, Lahana ve Biber Tohumlarının Çimlenmesi, Fide Kalitesi ve Enzim Aktivitesi Üzerine Duman, Karrikinolid (KAR₁) ve Hidropriming uygulamalarının Etkisi

Bu deneme, aerosol formdaki duman ve karrikinolid (KAR₁) ve hidropriming (HP) ve HP+Duman kombinasyonu uygulamalarının çimlenme ve fide kalitesi, elektriksel iletkenliği, potasyum sızıntısı ve ROS enzim aktivitesi üzerine etkisini, düşük kaliteli ve yüksek kaliteli kabak, lahana ve biber tohumu partilerinde araştırmak amacıyla yapılmıştır. Sonuçlar uygulamaların düşük kaliteli tohum partilerinde daha etkin olduğunu ve özellikle KAR₁ uygulamasının öne çıktığını göstermiştir (Çizelge 4.1, 4.2, 4.3). KAR₁ uygulamasının tohum çimlenmesi ve fide gelişimine olan olumlu etkisi, daha önce bu konuda yapılmış çalışma sonuçları ile özdeş sonuçlar vermiştir (Kulkarni vd. 2007b, Ghebrehiwot vd. 2013, Gupta vd. 2019).

Bu çalışmada düşük kalitedeki tohumlar oluşturmak için tohumlar hızlı yaşlandırma uygulamasına tabii tutulmuşlardır. Tohumların yaşlanması hücre zarlarının yapısının bozularak emilim sırasında fizyolojik hasara daya duyarlı hale gelmesine sebep olmaktadır (Powell ve Matthews 2012). Bu çalışmada yaşlandırılan kabak, biber ve lahana tohumları düşük kaliteli tohumlar olarak ifade edilmiştir. Yaşlanmanın tamir mekanizması sadece çimlendirmenin iyileştirilmesi ile değil, farklı güç testleri ile de ortaya konmuştur. Bunlardan ikisi elektriksel iletkenlik ve potasyum sızıntı miktarının belirlenmesidir. Tohumlar yaşlandıklarında hücre zarının tahribatı nedeniyle inorganik iyonlar, proteinler, amino asitler, şekerler ve organik asitler tohumdan ortama sızma eğilimi gösterirler. Bu fizyolojik fenomene dayanarak, çözünen sızıntının elektriksel iletkenlik ölçümleri özellikle bezelye, fasulye ve soya fasulyesi gibi baklagillerde elektriksel iletkenlik testi bilinen bir tohum gücü testi olarak kabul edilmiştir (ISTA 2011). Elektriksel iletkenlik okumaları yalnızca tohum partilerinin canlılık sıralamasıyla değil, aynı zamanda tohum teknolojisinde kolay ve hızlı kalite testi olarak kullanılmış ve tarla çıkışıyla da önemli ölçüde ilişkili olduğu bulunmuştur (Powell ve Mavi 2016). Potasyum (K) ise, hücre zarları tarafından özellikle hücre yapılarını oluşturan fosfolipitler tarafından gerekli olan temel bir elementtir (Marcos Filho 2015). Bu denemede yapılan

uygulamalar sonrasında tohumların farklı sürelerde (1, 3, 6 ve 18sa) bekletildikleri suyun elektriksel iletkenliği (Eİ) ve potasyum akıntısı (PA) ölçülmüş ve kabak, biber ve lahana tohumlarında bu süre arttıkça Eİ ve PA değerinin de arttığı ayrıca düşük kalitedeki tohumlarda yüksek kaliteli tohumlara göre daha yüksek değerler elde edildiği tespit edilmiştir. Ayrıca kullanılan türlerde yapılan tüm uygulamalar hem düşük hem de yüksek kalitedeki biber tohumlarında Eİ ve PA değerlerini düşürmüştür ($P \leq 0.05$). Uygulanmış tohumlarda bu azalma hücre zarının tamirini, yaşlanma sonrası iyileştiğini gösteren bir parametredir (Powell ve Matthews 2012). Hidropriming, aerosol formda duman ve bu ikisinin kombinasyonu, ayrıca karrikinolid uygulamalarının daha düşük elektriksel iletkenlik okumaları ve daha az K sızıntısı sağlaması, bu tür uygulamaların tohum bozulmasının onarımında muhtemelen etkili olduğunu ve yaşlanmanın etkilerinin ortadan kaldırdığını göstermektedir. Yaşlanmanın tersine çevrilmesinin arkasındaki mekanizma muhtemelen hücre altı bileşenleri ve plazma zarlarını içermesi ile metabolik onarım olarak kabul edilmiştir (Lanteri vd. 1994). Benzer olarak, Basra vd. (1994) yaşlı tohumlara priming (ön uygulamalar) yapılmasının elektrolit sızıntısında belirgin bir azalma ile sonuçlandığını bildirmiştir.

Tohum yaşlanmasının neden olduğu oksidatif hasara karşı koruma amacıyla yapılan priming uygulamalarının bir sonucu olarak katalaz (CAT), Askorbat peroksidaz (APX) ve süperoksit dismutaz (SOD) gibi antioksidan enzimlerin aktivitesinde artış olduğu çeşitli çalışmalarda bildirilmiştir (Demir vd. 2012, Anjum vd. 2016). Bu çalışmalarda yapılan uygulamalar ile antioksidan enzimler üzerinde etki gözlenmiş ve bu etkinin türlere yapılan uygulamalara göre değiştiği tespit edilmiştir. Örneğin duman ve karrikinolid uygulamaları düşük kaliteli kabak ve biber tohumlarının da katalaz aktivitesini artmış ancak düşük kaliteli lahana tohumlarının katalaz aktivitesi üzerinde herhangi bir uygulama etki göstermemiştir. Daha önce yapılan çalışmalarda da duman kaynaklı karrikinolid'in katalaz aktivitesini arttırdığı bildirilmiştir. Örneğin Mavi vd. (2010) butenolide-priming uygulamasının kontrol ve hidropriming'e göre kavun tohumlarında katalaz aktivitesini arttırdığını tespit etmişlerdir. Yine bir başka çalışmada butenolid ile priming sonucunda biber ve adaçayı tohumları, kontrollerden daha yüksek katalaz aktivitesine sahip olmuştur (Demir vd. 2012). Belirtilen sonuçlar ROS

enzimlerinin antioksidatif bozulmayı önleyici şekilde uygulamalar tarafından arttırıldığını ortaya koymuştur.

Askorbat peroksidaz aktivitesi düşük kaliteli kabak ve biber tohumlarında hidropriming, duman ve karrikinolid uygulamaları ile kontrole kıyasla artış sağlamıştır. Düşük kaliteli lahana tohumlarında ise hidropriming ve duman uygulaması APX enziminin aktivitesini arttırırken, karrikinolid bu enzim aktivitesinde azalmaya neden olmuştur. Daha önce yapılan bir çalışmada KAR₁ uygulaması *Avena fatua* bitkisinde bir askorbat peroksidaz (APX) izoenzimini tetiklemiş (Cembrowska-Lech ve Kępczyński 2016), ancak mısırdaki yapılan bir başka çalışmada bitki kaynaklı dumanın askorbat peroksidaz aktivitelerini önemli ölçüde etkilemediği tespit edilmiştir (Aslam vd. 2019). Bu, sonuçların duman uygulama metodu, türün tepkisi, uygulama dozu, yaşlanma süresi ve seviyesi gibi faktörlerle bağlantılı olduğunu göstermektedir.

Süperoksit dismutaz enzim aktivitesi ise düşük kaliteli kabak tohumlarında duman ve karrikinolid uygulamaları ile düşüş göstermiş, düşük kaliteli lahana tohumlarında ise karrikinolid bu enzimin aktivitesini arttırmış ancak hidropriming ve duman uygulaması sonucunda azalma meydana gelmiştir. Düşük kaliteli biber tohumlarında bu uygulamaların yanı sıra hidropriming uygulaması da aynı etkiyi sağlamıştır. Sonuçlarımız daha önce Küçükakyüz ve Çatav (2021)'in yaptıkları çalışma ile uyumludur. Çalışmada bor (B) stresine maruz kalan buğday (*Triticum aestivum* L.) fidelerinin artan süperoksit dismutaz aktivitesinin dumanlı su ve KAR₁ uygulandığında neredeyse kontrol seviyelerine döndüğü tespit edilmiştir. Sonuçlarımız tohumda yaşlanmanın olumsuz etkilerini azaltmak için duman ve KAR₁'in tohum kalitesini arttırmada kullanılma potansiyeline sahip olduğunu göstermektedir. Nitekim benzer uygulamalar biber (Demir vd. 2012), mısır (Sparg vd. 2006), marul (Soós vd. 2009) ve tef (Ghebrehiwot vd. 2013) gibi türlerde de başarılı sonuçlar vermiştir.

Karrikinolidler tohum çimlenmesini teşvik edicilerdir ve diğer fitohormonlarla etkileşim halindedirler (Meng vd. 2017). KAR₁ uygulamalarının fizyolojik temelleri konusundaki son veriler karrikinolidin, *A. fatua* tohumlarında dormansiyi kırmak ve ABA'yı fazık aside parçalamak için GA₃ ile senkronizasyon içinde çalıştığını ortaya koymuştur (Kępczyński 2018). Ancak soya fasulyesi tohumlarında yapılan bir başka çalışma, KAR

uygulamasının ABA üretimini indükleyerek GA biyogenezisini inhibe ettiğini ortaya koymuştur (Meng vd. 2016) 2016). Böylece, KAR'ın GA ve stres hormonu ABA ile ilişkisi türe özgü bir şekilde çelişkili olarak öne çıkmaktadır. Başka bir çalışmada, KAR uygulaması bir IAA yanıt geni olan IAA'nın transkripsiyonunu baskılamıştır (Meng vd., 2016). KAR₁ uygulamalarının dozunun da bu olumsuzlukta etkisinin olduğu söylenebilir. KAR₁ 10⁻⁷ M gibi çok düşük dozlarda etkin olan bir büyümeyi düzenleyicidir. Böylece Arabidopsis'te KAR, endojen IAA seviyelerini azaltarak tohum çimlenmesini desteklemiştir. IAA'nın ABA'ya bağlı yolları uyararak tohum dormansisini ve çimlenmesini sağladığı anlaşılmaktadır (Nagpal vd. 2000). Bununla birlikte KAR, IAA ve ABA arasındaki karmaşık üçlü etkileşimler Arabidopsis'te henüz çözülmemiştir. Etilen ve KAR₁ arasındaki etkileşimler de benzer olarak henüz net olarak ortaya konulamamıştır. Bununla birlikte bazı yayınlanmış çalışmalar *A. fatua* tohumlarının çimlenmesi sırasında bu büyüme uyarıcıları arasındaki yakın ilişkiye işaret etmektedir (Kępczyński ve Van Staden 2012).

KAR'ler, bitki sistemi tarafından oksidatif stres, kuraklık ve düşük ışık yoğunlukları gibi farklı abiyotik faktör kombinasyonlarına karşı koruma sağlamak için kullanılmaktadır. Yaşlanma, çimlenmeyi geciktirir ve uniform olmayan çıkışa neden olarak düşük kaliteli fidelerin üretilmesine neden olur. Çalışmamızda kullanılan karrikinolid yaşlandırılmış, düşük kalitede kabak tohumlarının toplam çimlenme ve normal çimlenme oranını arttırmıştır. Hızlı tohum çimlenmesi, kabak, lahana ve biber gibi bahçe bitkilerinde başarılı transplant üretiminde ilk adımdır. Karrikinolid uygulaması düşük ve yüksek kalitedeki kabak tohumların ortalama çimlenme zamanı üzerinde olumlu etki yaparak daha hızlı çimlenme sağlamıştır. Ortalama çimlenme ve çıkış zamanını kısaltmıştır. Yüksek kaliteli lahana tohumlarda hidropirimig uygulaması çimlenme zamanını kısaltmada etkili olmamış, duman ile birlikte uygulaması, KAR₁ ve sadece duman uygulamaları ile ortalama çimlenme zamanında önemli bir azalma (P≤0.05) sağlamıştır. Sonuçlarımız, aerosol dumanı ve KAR₁ uygulamasının sadece yaşlanmayı onarmak için değil, aynı zamanda belirtilen çimlenme yüzdeleri ve ortalama çimlenme süresi gibi hızlı çimlenme için de iyi bir metot olduğunu göstermiştir. Sonuçlarımız daha önce yapılan çalışmalar ile uyumludur (Commander vd. 2008, Downes vd. 2010, Long vd. 2010, Singh vd. 2014, Zhou vd. 2014, Tavşanoğlu vd. 2017, Akeel vd. 2020, Çatav ve Akbaş 2021,

Moyo vd. 2022). Bu tip kalite artırıcı uygulamaların en bariz etkisinin çimlenme hızı ve fide çıkış hızı olduğu belirtilmektedir.

Çalışmamızın sonuçlarına göre, yüksek kalitedeki kabak tohumlarına duman, hidropriming (HP) ve karrikinolid (KAR₁) uygulandığında tohumların toplam çimlenme oranında hiçbir uygulama yapılmamış kontrol tohumlarına kıyasla istatistiksel olarak önemli bir fark görülmemiştir ($p>0.05$). Ayrıca yüksek kaliteli lahana ve biber tohumlarının normal çimlenme oranı üzerinde yapılan uygulamalar sonucunda önemli bir değişim olmamıştır. Yapılan uygulamaların yüksek kalitedeki tohumlarda etkili olmamasının nedeni bu uygulamalar sonrasındaki gelişmenin yaşlanmanın onarımından kaynaklandığını bu nedenle yaşlandırma yapılmış düşük kaliteli tohumlarda görülen etkinin yüksek kalitedeki tohumlarda gerçekleşmediği sonucunu göstermektedir. Çeşitli türlerde priming uygulamalarının yaşlanma tamir mekanizmasını teşvik ettiği sonucuyla örtüşen başka bulgular da vardır (Burgass ve Powell 1984, Demir vd. 2018). Bu durum bir önceki üretim yılında üretilen ve depolanması gereken artık tohumların kalitesinin yeniden kazanılması için değerlidir. Tohum üretim firmalarının ürettikleri tohum partilerini aynı yılda tamamını satamadıkları durumda gelecek yıl için depolamaları gerekebilir. Böyle bir durumda ideal ortamlarda depolama yapılsa da tohum kalitesinde düşüşler gözlenebilir. Bu tip tohum partilerinin tohum uygulamaları ile kalitelerinin artırılması olanaklıdır.

Hem yüksek hem de düşük kaliteli kabak tohumlarında kök yaş ağırlığında en iyi artış HP+duman ve KAR₁ uygulamaları ile sağlanmıştır. Aynı şekilde kök kuru ağırlıkları olarak da HP+duman ve KAR₁ uygulamaları sonucunda en yüksek değerler bulunmuştur. Yüksek kaliteli biber tohumlarına yapılan uygulamalar arasında, KAR₁ uygulaması kök yaş ağırlığını artırırken, düşük kaliteli biber tohumlarında HP+duman uygulaması en yüksek kök yaş ağırlığını sağlamıştır. Hem yüksek kaliteli hem düşük kaliteli biber tohumlarının kök kuru ağırlığında ise bu uygulamalar istatistiksel olarak anlamlı bir fark yaratmamıştır. Bununla birlikte, sürgün yaş ağırlığı yüksek kaliteli biber tohumlarında HP uygulaması ile önemli bir artış ($P\leq 0.05$) sağlarken, düşük kaliteli biber tohumlarında HP ve KAR₁ uygulaması ile en yüksek değerler elde edilmiştir. Yüksek ve düşük kaliteli lahana tohumlarında yapılan tüm uygulamalar kök yaş ağırlığında istatistiksel olarak önemli bir artışa ($P\leq 0.05$) neden olmuştur. Düşük kaliteli lahana tohumlarında ise en

yüksek artışı duman uygulaması sağlamış, diğer uygulamalar kök yaş ağırlığını benzer oranlarda arttırmıştır. Sürgün yaş ağırlığı ise yüksek kaliteli lahana tohumlarında HP+duman uygulaması ise önemli bir artış sağlamıştır.

Sonuçlarımız daha önce yapılan çalışmaların sonuçları ile uyumludur. Yapılan bir çalışmada dumanlı su (1:500 v/v), karrikinolid (10^{-8} M) solüsyonları ve aerosol-duman (10dk) uygulanan tef tohumlarına uygulandığında bitki boyunu önemli ölçüde iyileştirdiği, dumanla ilgili tüm uygulamaların gövde kalınlığını önemli ölçüde artırırken tane ağırlığı ve kuru biyokütlenin, aerosol-duman ve duman-su uygulamalarına olumlu yanıt verdiği tespit edilmiştir (Ghebrehiwot vd. 2013). Bir başka çalışmada ise dumanlı su (1:500 v/v), karrikinolid (10^{-6} M) ve bazı doğal biyostimülantların *Amaranthus hybridus*'un çimlenmesi ve fide gelişimi üzerindeki etkisi araştırılmış ve KAR₁ uygulamasının su kontrolü ve GA₃'e kıyasla bitki boyunu ve yaş/kuru ağırlığı önemli ölçüde artırdığı tespit edilmiştir (Ngoroyemoto vd. 2019). Fide boyutu ve ağırlığı sağlıklı fide üretimi için avantaj sağlayan bir özelliktir. Bu bakımdan uygulamaların fide boyutuna olan etkisi, fidecilik sektörü için kullanılabilir sonuçlar sunmaktadır.

5.2 Ispanak ve Mısır Tohumlarında Duman, Karrikinolid (KAR₁) ve Hidropriming Uygulamalarının Farklı Sıcaklıklarda Fide Çıkışı ve Gelişimine Etkisi

Ispanak ve mısırdaki yapılan iki farklı (20 ve 60 dakika) süre boyunca duman uygulaması, karrikinolid ve hidropriming uygulaması sonrası farklı sıcaklıklarda (18, 24 ve 30°C) yetiştirilen fidelerin toplam çıkış (TFÇ), normal çimlenme (NFÇ) ve ortalama çimlenme zamanı (OFÇZ) incelenmiş mısırdaki herhangi bir sıcaklıkta toplam çimlenme ve normal çimlenme değerlerinde önemli bir değişim gözlenmemiştir ($p>0.05$). Ancak karrikinolid uygulaması 18 ve 24 °C'de çimlenen mısırların ortalama çimlenme zamanını kısaltmıştır. Ayrıca hidropriming yapılmış tohumlar 24°C'de daha kısa sürede çimlenmiştir (Çizelge 4.14)

Ispanak tohumlarına yapılan uygulamalar sonrasında 18°C'de çimlendirilen ıspanak tohumlarının toplam çimlenme, normal çimlenme ve çimlenme hızında bir artış gözlenmemiştir. 24°C'de çimlendirilen ıspanak tohumlarında ise yapılan uygulamalar TFÇ ve NFÇ değerlerinde önemli etki yaratmazken, ortalama çimlenme zamanı

bakımından en hızlı çıkış karrikinolid uygulandıktan sonra ekilen tohumlarda olmuştur. 30 °C’de OÇZ karrikinolid ve hidropriming uygulanmış tohumlarda en kısa olduğu gözlemlenmiş, bu sıcaklıkta hiçbir uygulama yapılmayan tohumlar %90 oranında çimlenirken 20 dakika duman uygulaması sonucunda bu oran %98’e çıkmıştır. Bu da soğuk iklim sebzesi olan ıspanakta düşük sıcaklık stresinde 20 dakika duman uygulamasının olumlu sonuç verdiğini göstermektedir. Aynı şekilde hiçbir uygulama yapılmayan kontrol tohumlarında normal çimlenme oranı %87 iken bu uygulama ile %98 olmuştur. Daha önce yapılan farklı çalışmalarda da dumanın aerosol formda uygulanmasında benzer etkiler gözlemlenmiştir. Örneğin Sparg vd. (2005) *A. pachyklamys*, *T. violacea* ve *M. natalensis* tohumlarını eleklerle yerleştirerek ve 30 dakika süreyle soğuk aerosol dumanına (*Heteropogon contortus* L.) maruz bırakmanın üç türün de fide canlılığını arttırdığını tespit etmiştir. Ayrıca aerosol dumanına maruz kalan *A. pachyklamys* ve *T. violacea* tohumları, duman uygulanmamış tohumlara göre daha yüksek fide çıkış yüzdeleri sergilerken, *M. natalensis* fideleri için önemli bir etki gözlenmemiştir. Sparg vd. (2006), yaptıkları bir çalışmada mısır tohumlarını eleklerle yerleştirerek 30, 60 ve 90 dakika süreyle soğutulmuş (~28°C) aerosol dumanına maruz bırakmış ve bu dumanı yavaş yavaş yanan yarı kuru ot *Heteropogon contortus* (L.) Roem’in üzerine 1.5 m’lik bir baca üzerine yerleştirilmesiyle sağlamıştır. 30 dakika boyunca aerosol dumanına maruz bırakıldıktan sonra durulama, kontrole (%72) kıyasla önemli ölçüde daha yüksek çimlenme (%90) ile sonuçlanmıştır. Bu muamele kontrolün üç katından daha fazla olan en yüksek fide çıkış oranını vermiştir. Aerosol dumanına maruz kalma süresinin artması ve uygulamadan sonra durulama yapılmaması çimlenme yüzdesi üzerinde olumsuz bir etkiye sahip olmuştur. Bir başka çalışmada ise aerosol-duman (10dk) uygulanan *Eragrostis tef* tohumları kontrol ile karşılaştırıldığında aerosol-duman uygulamasının bitki boyunu ve gövde kalınlığını önemli ölçüde arttırdığı, tane ağırlığı ve kuru biyokütlenin de aerosol-duman uygulamasına olumlu yanıt verdiği tespit edilmiştir (Ghebrehiwot vd. 2013). Diğer bir çalışmada ise yine aerosol formundaki duman (yaprak, saman vb.) bitki materyallerinin özel tasarlanmış bir fırında yakılmasıyla oluşturulan) 1 saat boyunca buğday tohumlarına uygulanmış, çimlenme yüzdesi, çimlenme indeksi, fide canlılık indeksi ve kök sürgün uzunluğu bakımından en iyi sonuçlar bitki kaynaklı duman ile muamele edilmiş tohumlarda gözlenmiştir (Iqbal vd. 2016). Dumanın aerosol olarak kullanımı büyük miktarlardaki tohumların uygulamasında

yarar sağlayabilir, ayrıca tohum nemli olmadığı için kurutma gereksinimi olmayacaktır (Sparg vd. 2006). Ancak süresinin uzatılması halinde toksik etki yapması ve sıcaklık etkisini tohumlarda olumsuz etki yapabilmesi gibi nedenler uygulamanın olumsuz yönlerini oluşturmaktadır (Iqbal vd. 2016). Bunlara ek olarak yakılan materyalin hangi bitkiden elde edildiği de sağlanacak yararı etkilemektedir (Ghebrehiwot vd. 2013). Ispanak ve mısır doğrudan ekilen türlerdir. Bu bakımdan arazi koşullarının çıkışa etkisinin olabileceği de dikkate alınmalıdır. Bizim çalışmamızda çıkış testleri iklim odasında yürütülmüştür. Ekim ortamı olarak torf ideal bir çıkış koşulu sağlamaktadır. Halbuki arazi koşulları torfa göre daha olumsuz koşulları taşımaktadır. Bu açıdan mevcut uygulamaların etkisinin arazi koşullarında denenmesinin gerekliliği ortadadır. Tohum gücü kavramının da farklı stres koşullarında test edilmesinin ardında yatan neden bunlardır.

5.3 Biber, Kabak ve Lahana Tohumlarının Ekim Ortamına Yapılan Aerosol Duman Uygulamasının Fide Çıkışı ve Gelişimine Etkisi

Farklı konsantrasyonlarda (%25, %50, %100) duman emdirilmiş torfa ekilen biber kabak ve lahana tohumlarının çimlenme ve fide kalitesi incelenmiştir. Dumanlı torfun %50 seyreltilmesinde ortalama fide çıkış zamanında (OFÇZ) bir düşüş kaydedilmiş ancak duman konsantrasyonunun artması (%100) OFÇZ'nı olumsuz etkilemiştir. Fide kuru ve yaş ağırlıkları da yüksek konsantrasyonda duman uygulanmış toftan olumsuz etkilenmiş ancak %50 oranında seyreltilmiş dumanlı torfta yetiştirilen biber tohumlarının fide yaş ve kuru ağırlığı daha yüksek bulunmuştur. Daha önce yapılan çalışmalarda da dumanın ve dumandan elde edilen solüsyonların yüksek konsantrasyonlarının engelleyici etkisi çeşitli türlerde tespit edilmiştir. Örneğin marul tohumlarına çeşitli konsantrasyonlarda duman ekstraktları ile priming yapılmış ve yüksek konsantrasyonunun (1:50) çimlenmeyi azalttığı, 1:100, 1:500, 1:1000 gibi düşük konsantrasyonlarının ise çimlenmeyi artırdığını saptamıştır (Drewes vd. 1995). İki farklı bitkiden elde edilen duman solüsyonlarının farklı konsantrasyonları maş fasulyesi üzerinde denenmiş ve *T. triandra* 'dan elde edilen dumanlı suyun 1:100 ve 1:50 konsantrasyonları, su kontrollerinden önemli ölçüde daha fazla sayıda kök üretmesini teşvik etmiş, *P. vulgaris* 'in yakılmasıyla elde edilen dumanlı su ise daha yüksek konsantrasyonlarda (1:25) etkili iken, *T. triandra* 'dan elde edilen dumanlı suyun en yüksek iki konsantrasyonunda (1:10, 1:5) olumsuz bir etki gözlenmiştir

(Taylor ve Van Staden 1996). Roche vd. (1997a)'de aynı şekilde bitki kaynaklı dumanda bulunan maddelerin özellikle hassas türler için yüksek konsantrasyonlarda engelleyici olabileceğine dair daha önce ortaya konulan sonuçları doğrulamıştır. Son zamanlarda yapılan bir başka çalışmada ise buğday samanı veya çayır samanından hazırlanan sulu duman çözeltilerinin çeşitli konsantrasyonları ile 8 ot ve 2 baklagil tohumuna priming yapılmış, çalışılan tüm türler için yüksek konsantrasyonlarda sulu duman çözeltileri ya çimlenmede önemli değişikliklere neden olmamış ya da çimlenmenin azalmasına neden olmuştur (Abu vd. 2016).

Fide yaş ağırlığı yüksek konsantrasyonda duman uygulanmış torfta yetiştirilen kabak fidelerinde ise daha yüksek bulunurken duman uygulamasından sonra %50 oranında seyreltilmiş torfta yetiştirilen lahanada fidelerinin ise fide yaş ve kuru ağırlığı kontrol fidelerine göre daha yüksek bulunmuştur. Daha önce yapılan çalışmalar arasında yüksek konsantrasyonda duman uygulamalarının olumlu sonuç verdiği de rastlanmaktadır. Örneğin *Avena fatua* tohumlarına farklı sıcaklıklarda dumanlı su (1:10000, 1:1000, 1:1000 v/v), ve butenolid (10^{-7} , 10^{-8} , 10^{-9} , 10^{-10} M) uygulanmış, butenolid'in en etkili konsantrasyonu 10^{-8} M olarak bulunurken, her iki uygulamanın da 20 ve 25°C'de dumanlı su veya butenolidin en yüksek konsantrasyonunun canlılık indeksini arttırdığı saptanmıştır (Kępczyński vd. 2010). Bir başka çalışmada ise dumanlı suyun papaya fidanlarında *Pythium sp.*'nin neden olduğu çökerten hastalığı üzerindeki anti-fungal etkinliği değerlendirilmiş bunun sonucunda %1.5 veya daha yüksek konsantrasyonlarda dumanlı su uygulanan saksılarda herhangi bir çökerten hastalığı belirtisi gözlenmemiştir. Maksimum bitki boyu ise %1 veya daha yüksek konsantrasyonlarda dumanlı su uygulanmasıyla elde edilmiştir (Lin vd. 2012).

Herhangi bir konsantrasyonda duman emdirilmiş torfa ekilen biber, kabak ve lahanada tohumlarının fide çıkış oranında (FÇO) ve kabak ve lahanada ayrıca ortalama fide çıkış zamanında ise uygulama yapılmamış torfa ekilen tohumlara kıyasla istatistiksel olarak önemli bir fark görülmemiştir. Bu sonuçlar daha önce yapılan çalışmalarla örtüşmemektedir. Yapılan bir çalışmada *Silybum marianum* L.' un tohumları doğrudan duman çözeltileri ile doyurulmuş ekim ortamına (perlite ve hindistancevizi turba karışımı) ekilmiş, dumanla doymuş perlite hindistancevizi turba karışımına yapılan ekim, tohumların doğrudan dumanlı su uygulanmasına kıyasla. *Silybum marianum*'un

çimlenme yüzdesi, çimlenme hızı, fide uzunluğu ve canlılık indeksi dahil çimlenme ve fide büyüme parametrelerini önemli ölçüde arttırmıştır. Dumanlı su uygulamasında, yalnızca düşük konsantrasyonda sulu duman özütü (1:250) belirtilen tüm özellikleri önemli ölçüde desteklemiştir (Abdollahi vd. 2011). Bir başka çalışmada Butenolid priming uygulamasının tohumların ekildiği turba yosununa ekim sonrası uygulandığında biber (*Capsicum annuum* L.) ve ada çayı (*Salvia sp.*) tohumlarının fide çıkışı ve gelişimi üzerindeki etkisini araştırmışlar ve biber ile ada çayı fide performansını artırmak için ekim ortamı yoluyla butenolid priming yönteminin kullanılabilirliğini tespit etmişlerdir. Butenolid (10^{-7} M) ile muamele edilmiş ortama ekilen tohumlar daha hızlı çimlenmiş her iki tür için de su ile sulanmış ortalama ekilen tohumlara kıyasla daha yüksek taze ve kuru ağırlıklı fideler elde edilmiştir (Demir vd. 2012). Bu çalışmanın sonuçlarına göre ise dumanla doyurulmuş torfa ekilen türlerin çimlenme oranında beklenen etkinin görülmemesi türe özgü olabileceği gibi uygulama farklılıklarından da kaynaklanmış olabilir. Bu sonuç mevcut çalışma sisteminin geliştirilerek çalışılması gerektiğini işaret etmektedir. Dumanı torfa yedirmek için kullanılan torf materyali, kullanılan dumanın yoğunluğu ve kullanım hızı, yakılan materyal tipi gibi unsurların göz önüne alınması gerekebilir. Daha önce yapılan çalışmalarda ekim ortamı dumanlı su ile doyurulmuştur veya torfa bulaştırılan materyaller (butenolid ya da KAR₁) dumanlı sıvıdan ekstrakt olarak temin edilmiş saf materyallerdir; bu çalışmada ise aerosol formda duman kullanılmıştır. Bu da çimlenme üzerinde etkinin azalmasına sebep olmuş olabilir ancak bu çalışmanın sonuçlarına göre, bu uygulama ile çimlenme süresinde azalma ve bazı konsantrasyonlarda fide yaş ve kuru ağırlığında artış sağlanmıştır. Toplam çıkışta etki olmasa da fide boyutu ve ağırlığındaki bu olumlu etki bizim için fide kalitesini artırma bakımından dumanın etkisini göstermektedir.

6. SONUÇ

Bu araştırmada ortaya konulan sonuçlar aşağıdaki gibi özetlenebilir.

- A. KAR₁ ya da aerosol duman formunda olsun duman ekstraktlarının kabak, lahana ve biber tohumlarında yaşlanmayı tamir mekanizmasını devreye sokarak çimlenme ve fide kalitesi arttırdığını ortaya koymuştur.
- B. Ispanak ve mısır tohumlarında 18, 24 ve 30 °C’de çıkış oranı istatistiksel olarak etkilenmemekle birlikte fide boyutu ve kalitesini arttırdığı ortaya konmuştur.
- C. Torfa duman bulaştırarak yapılan uygulamaların kabak, biber ve lahana tohumlarında, düşük konsantrasyonlarda çıkış oranına olmasa da fide kalitesi bakımından artış sağlayacak potansiyele sahip olduğu ortaya konmuştur. Yüksek dozların negatif etki yaptığı ve doz ayarlamasının bu bağlamda önemli olduğu belirtilmelidir.
- D. Duman teknolojiler fide ile üretilen kabak, biber ve lahana türlerinde kullanım yeri bulunabileceği ıspanak ve mısır için ise yeni denemelerin yapılması gerektiği ortaya konmuştur.

KAYNAKLAR

- Abdollahi M., Mehrshad B., Moosavi S., 2011. Effect of method of seed treatment with plant derived smoke solutions on germination and seedling growth of milk thistle (*Silybum marianum* L.). *Seed Science and Technology*, 39 (1): 225-229.
- Abu Y., Romo J., Bai Y., Coulman B., 2016. Priming seeds in aqueous smoke solutions to improve seed germination and biomass production of perennial forage species. *Canadian Journal of Plant Science*, 96 (4): 551-563.
- Adkins S., Peters N., 2001. Smoke derived from burnt vegetation stimulates germination of arable weeds. *Seed Science Research*, 11 (3): 213.
- Ahmed A., Johnson K., Burchett M., Kenny B., 2006. The effects of heat, smoke, leaching, scarification, temperature and NaCl salinity on the germination of *Solanum centrale* (the Australian bush tomato). *Seed Science and technology*, 34 (1): 33-45.
- Akeel A., Khan M. M. A., Jaleel H., Uddin M., 2020. Smoke-saturated Water and Karrikinolide Modulate Germination, Growth, Photosynthesis and Nutritional Values of Carrot (*Daucus carota* L.). *Journal of Plant Growth Regulation*, 38 (2): 1387–1401.
- Anjum N. A., Sharma P., Gill S. S., Hasanuzzaman M., Khan E. A., Kachhap K., . . . Vasudhevan P., 2016. Catalase and ascorbate peroxidase—representative H₂O₂-detoxifying heme enzymes in plants. *Environmental science and pollution research*, 23 (19): 19002-19029.
- Ashraf M., Akram N. A., 2009. Improving salinity tolerance of plants through conventional breeding and genetic engineering: an analytical comparison. *Biotechnology advances*, 27 (6): 744-752.
- Aslam M. M., Rehman S., Khatoon A., Jamil M., Yamaguchi H., Hitachi K., . . . Komatsu S., 2019. Molecular Responses of Maize Shoot to a Plant Derived Smoke Solution. *Int J Mol Sci*, 20 (6).
- Baldwin I. T., Staszak-Kozinski L., Davidson R., 1994. Up in smoke: I. Smoke-derived germination cues for postfire annual, *Nicotiana attenuata* torr. Ex. Watson. *Journal of Chemical Ecology*, 20 (9): 2345-2371.
- Banerjee A., Tripathi D. K., Roychoudhury A., 2019. The karrikin ‘calisthenics’: Can compounds derived from smoke help in stress tolerance? *Physiologia plantarum*, 165 (2): 290-302.
- Basra A., Singh B., Malik C., 1994. Amelioration of the effects of ageing in onion seeds by osmotic priming and associated changes in oxidative metabolism. *Biologia Plantarum*, 36 (3): 365-371.

- Baxter B., Granger J., Van Staden J., 1995. Plant-derived smoke and seed germination: is all smoke good smoke? That is the burning question. *South African Journal of Botany*, 61 (5): 275-277.
- Baxter B., Van Staden J., 1994. Plant-derived smoke: an effective seed pre-treatment. *Plant Growth Regulation*, 14 (3): 279-282.
- Baxter B., Van Staden J., Granger J., Brown N., 1994. Plant-derived smoke and smoke extracts stimulate seed germination of the fire-climax grass *Themeda triandra*. *Environmental and Experimental Botany*, 34 (2): 217-223.
- Bond P., Goldblatt P., 1984. Plants of the Cape Flora: a descriptive catalogue. Plants of the Cape Flora: a descriptive catalogue. (Suppl. 13).
- Brown N., 1993a. Promotion of germination of fynbos seeds by plant-derived smoke. *New Phytologist*, 123 (3): 575-583.
- Brown N., 1993b. Seed germination in the fynbos fire ephemeral, *Syncarpha vestita* (L) B-Nord is promoted by smoke, aqueous extracts of smoke and charred wood derived from burning the ericoid-leaved shrub, *Passerina vulgaris* Thoday. *International Journal of Wildland Fire*, 3 (4): 203-206.
- Brown N., Van Staden J., Daws M., Johnson T., 2003. Patterns in the seed germination response to smoke in plants from the Cape Floristic Region, South Africa. *South African Journal of Botany*, 69 (4): 514-525.
- Burgass R., Powell A. A., 1984. Evidence for repair processes in the invigoration of seeds by hydration. *Annals of botany*, 53 (5): 753-757.
- Cakmak I., Marschner H., 1992. Magnesium deficiency and high light intensity enhance activities of superoxide dismutase, ascorbate peroxidase, and glutathione reductase in bean leaves. *Plant physiology*, 98 (4): 1222-1227.
- Cembrowska-Lech D., Kępczyński J., 2016. Gibberellin-like effects of KAR 1 on dormancy release of *Avena fatua* caryopses include participation of non-enzymatic antioxidants and cell cycle activation in embryos. *Planta*, 243 (2): 531-548.
- Chou Y.-F., Cox R. D., Wester D. B., 2012. Smoke water and heat shock influence germination of shortgrass prairie species. *Rangeland Ecology & Management*, 65 (3): 260-267.
- Commander L., Merritt D., Rokich D., Flematti G., Dixon K., 2008. Seed germination of *Solanum* spp.(Solanaceae) for use in rehabilitation and commercial industries. *Australian Journal of Botany*, 56 (4): 333-341.
- Crosti R., Ladd P., Dixon K., Piotto B., 2006. Post-fire germination: the effect of smoke on seeds of selected species from the central Mediterranean basin. *Forest Ecology and Management*, 221 (1-3): 306-312.

- Çatav Ş. S., Akbaş K., 2021. Yedi Akdeniz *Lamiaceae* Türünün Duman ve Duman Kökenli Bileşiklere Olan Çimlenme Tepkisi. *Journal of Advanced Research in Natural and Applied Sciences*, 7 (4): 478-485.
- Çatav Ş. S., Küçükakyüz K., Tavşanoğlu Ç., Akbaş K., 2015. Effects of aqueous smoke and nitrate treatments on germination of 12 eastern Mediterranean Basin plants. *Annales Botanici Fennici*. 93-100.
- Çatav Ş. S., Surgun-Acar Y., Zemheri-Navruz F., 2021. Physiological, biochemical, and molecular responses of wheat seedlings to salinity and plant-derived smoke. *South African Journal of Botany*, 139: 148-157.
- Daws M. I., Davies J., Pritchard H. W., Brown N. A., Van Staden J., 2007. Butenolide from plant-derived smoke enhances germination and seedling growth of arable weed species. *Plant Growth Regulation*, 51 (1): 73-82.
- De Lange J., Boucher C., 1990. Autecological studies on *Audouinia capitata* (Bruniaceae). I. Plant-derived smoke as a seed germination cue. *South African Journal of Botany*, 56 (6): 700-703.
- Demir I., Light M. E., Van Staden J., Kenanoglu B. B., Celikkol T., 2009. Improving seedling growth of unaged and aged aubergine seeds with smoke-derived butenolide. *Seed Science and Technology*, 37 (1): 255-260.
- Demir I., Ozcoba M., 2007. Dry and ultra-dry storage of pepper, aubergine, winter squash, summer squash, bean, cowpea, okra, onion, leek, cabbage, radish, lettuce and melon seeds at -20° C and 20° C over five years. *Seed Science and Technology*, 35 (1): 165-175.
- Demir I., Ozden E., Yıldırım K. C., Sahin O., Van Staden J., 2018. Priming with smoke-derived karrikinolide enhances germination and transplant quality of immature and mature pepper seed lots. *South African Journal of Botany*, 115: 264-268.
- Demir I., Ozuaydın I., Yasar F., Van Staden J., 2012. Effect of smoke-derived butenolide priming treatment on pepper and salvia seeds in relation to transplant quality and catalase activity. *South African Journal of Botany*, 78: 83-87.
- Dixon K. W., Roche S., Pate J. S., 1995. The Promotive Effect of Smoke Derived from Burnt Native Vegetation on Seed-Germination of Western-Australian Plants. *Oecologia*, 101 (2): 185-192.
- Dogrusoz M., 2022. Can plant derived smoke solutions support the plant growth and forage quality in the hydroponic system? *International Journal of Environmental Science and Technology*, 19 (1): 299-306.
- Doherty L. C., Cohn M. A., 2000. Seed dormancy in red rice (*Oryza sativa*). XI. Commercial liquid smoke elicits germination. *Seed Science Research*, 10 (4): 415-421.

- Downes K. S., Lamont B. B., Light M. E., van Staden J., 2010. The fire ephemeral *Tersonia cyathiflora* (Gyrostemonaceae) germinates in response to smoke but not the butenolide 3-methyl-2 H-furo [2, 3-c] pyran-2-one. *Annals of Botany*, 106 (2): 381-384.
- Drewes F., Smith M., Van Staden J., 1995. The effect of a plant-derived smoke extract on the germination of light-sensitive lettuce seed. *Plant Growth Regulation*, 16 (2): 205-209.
- Elsadek M. A., Yousef E. A., 2019. Smoke-water enhances germination and seedling growth of four horticultural crops. *Plants*, 8 (4): 104.
- Flematti G. R., Ghisalberti E. L., Dixon K. W., Trengove R. D., 2004. A compound from smoke that promotes seed germination. *Science*, 305 (5686): 977-977.
- Flematti G. R., Waters M. T., Scaffidi A., Merritt D. J., Ghisalberti E. L., Dixon K. W., Smith S. M., 2013. Karrikin and cyanohydrin smoke signals provide clues to new endogenous plant signaling compounds. *Molecular Plant*, 6 (1): 29-37.
- Gardner M., Dalling K., Light M., Jäger A., Van Staden J., 2001. Does smoke substitute for red light in the germination of light-sensitive lettuce seeds by affecting gibberellin metabolism? *South African Journal of Botany*, 67 (4): 636-640.
- Ghebrehiwot H. M., Kulkarni M., Bairu M., Van Staden J., 2013. Plant-Derived Aerosol-Smoke and Smoke Solutions Influence Agronomic Performance of a Traditional Cereal Crop, Tef. *Experimental Agriculture*, 49 (2): 244-255.
- Ghebrehiwot H. M., Kulkarni. M. G., Kirkman. K. P., Van Staden. J., 2008. Smoke-Water and a Smoke-Isolated Butenolide Improve Germination and Seedling Vigour of *Eragrostis tef* (Zucc.) Trotter under High Temperature and Low Osmotic Potential. *Journal of Agronomy and Crop Science*, 194 (4): 270-277.
- Ghebrehiwot H. M., Kulkarni. M. G., Light. M. E., Kirkman. K. P., Van Staden. J., 2011. Germination activity of smoke residues in soils following a fire. *South African Journal of Botany*, 77 (3): 718-724.
- Gill S. S., Tuteja N., 2010. Reactive oxygen species and antioxidant machinery in abiotic stress tolerance in crop plants. *Plant physiology and biochemistry*, 48 (12): 909-930.
- Gómez-González S., Sierra-Almeida A., Cavieres L., 2008. Does plant-derived smoke affect seed germination in dominant woody species of the Mediterranean matorral of central Chile? *Forest Ecology and Management*, 255 (5-6): 1510-1515.
- Gupta S., Hrdlička J., Ngoroyemoto N., Nemahunguni N. K., Gucký T., Novák O., . . . Van Staden J., 2019. Preparation and Standardisation of Smoke-Water for Seed Germination and Plant Growth Stimulation. *Journal of Plant Growth Regulation*, 39 (1): 338-345.

- Hideg É., 2004. Detection of free radicals and reactive oxygen species. Springer. Number of 249-260. 249-260.
- Hrdlička J., Gucký T., Novák O., Kulkarni M., Gupta S., van Staden J., Doležal K., 2019. Quantification of karrikins in smoke water using ultra-high performance liquid chromatography–tandem mass spectrometry. *Plant methods*, 15 (1): 1-12.
- Iqbal M., Asif S., Ilyas N., Raja N. I., Hussain M., Shabir S., . . . Rauf A., 2016. Effect of Plant Derived Smoke on Germination and Post Germination Expression of Wheat (&i>*Triticum aestivum*&i> L.). *American Journal of Plant Sciences*, 07 (06): 806-813.
- Jäger A., Light M., Van Staden J., 1996a. Effects of source of plant material and temperature on the production of smoke extracts that promote germination of light-sensitive lettuce seeds. *Environmental and Experimental Botany*, 36 (4): 421-429.
- Jäger A., Rabe T., Van Staden J., 1996b. Food-flavouring smoke extracts promote seed germination. *South African Journal of Botany*, 62 (5): 282-284.
- Jain N., Ascough G. D., Van Staden J., 2008. A smoke-derived butenolide alleviates HgCl₂ and ZnCl₂ inhibition of water uptake during germination and subsequent growth of tomato–Possible involvement of aquaporins. *Journal of plant physiology*, 165 (13): 1422-1427.
- Jain N., Kulkarni M., Van Staden J., 2006. A butenolide, isolated from smoke, can overcome the detrimental effects of extreme temperatures during tomato seed germination. *Plant Growth Regulation*, 49 (2-3): 263-267.
- Jain N., Van Staden J., 2006. A smoke-derived butenolide improves early growth of tomato seedlings. *Plant Growth Regulation*, 50 (2-3): 139-148.
- Jain N., Van Staden J., 2007. The potential of the smoke-derived compound 3-methyl-2H-furo[2,3-c]pyran-2-one as a priming agent for tomato seeds. *Seed Science Research*, 17 (3): 175-181.
- Jamil M., Kanwal M., Aslam M. M., Khan S. U., Malook I., Tu J., ur Rehman S., 2014. Effect of plant-derived smoke priming on physiological and biochemical characteristics of rice under salt stress condition. *Australian Journal of Crop Science*, 8 (2): 159-170.
- Keeley J. E., Fotheringham C., 1998. Smoke-induced seed germination in California chaparral. *Ecology*, 79 (7): 2320-2336.
- Kępczyński J., 2018. Induction of agricultural weed seed germination by smoke and smoke-derived karrikin (KAR1), with a particular reference to *Avena fatua* L. *Acta Physiologiae Plantarum*, 40 (5): 1-10.

- Kępczyński J., Białecka B., Light M., Van Staden J., 2006. Regulation of *Avena fatua* seed germination by smoke solutions, gibberellin A3 and ethylene. *Plant growth regulation*, 49 (1): 9-16.
- Kępczyński J., Cembrowska D., Van Staden J., 2010. Releasing primary dormancy in *Avena fatua* L. caryopses by smoke-derived butenolide. *Plant Growth Regulation*, 62 (1): 85-91.
- Kruger F., Bigalke R., 1984. Fire in fynbos. Springer. Number of 67-114. 67-114.
- Kulkarni M., Ascough G., Van Staden J., 2007a. Effects of Foliar Applications of Smoke-Water and a Smoke-isolated Butenolide on Seedling Growth of Okra and Tomato. *HORTSCIENCE*, 42(1): 179–182.
- Kulkarni M., Ascough G., Verschaeve L., Baeten K., Arruda M., Van Staden J., 2010. Effect of smoke-water and a smoke-isolated butenolide on the growth and genotoxicity of commercial onion. *Scientia Horticulturae*, 124 (4): 434-439.
- Kulkarni M., Ascough. G. D., Van Staden. J., 2008. Smoke-water and a smoke-isolated butenolide improve growth and yield of tomatoes under greenhouse conditions. *HortTechnology*, 18 (3): 449-454.
- Kulkarni M., Rengasamy K. R., Pendota S. C., Gruz J., Plačková L., Novák O., . . . Van Staden J., 2019. Bioactive molecules derived from smoke and seaweed *Ecklonia maxima* showing phytohormone-like activity in *Spinacia oleracea* L. *New biotechnology*, 48: 83-89.
- Kulkarni M., Sparg S., Light M., Van Staden J., 2006. Stimulation of rice (*Oryza sativa* L.) seedling vigour by smoke-water and butenolide. *Journal of Agronomy and Crop Science*, 192 (5): 395-398.
- Kulkarni M., Sparg S. G., Van Staden J., 2007b. Germination and post-germination response of Acacia seeds to smoke-water and butenolide, a smoke-derived compound. *Journal of Arid Environments*, 69 (1): 177-187.
- Küçükakyüz K., Çatav Ş. S., 2021. Physiological effects of smoke-water and karrikinolide on wheat seedlings grown under boron stress. *Russian Journal of Plant Physiology*, 68 (3): 552-558.
- Lanteri S., Saracco F., Kraak H., Bino R., 1994. The effects of priming on nuclear replication activity and germination of pepper (*Capsicum annuum*) and tomato (*Lycopersicon esculentum*) seeds. *Seed Science Research*, 4 (2): 81-87.
- Lin H.-L., Chumpookam J., Shiesh C.-C., Chung W.-H., 2012. Smoke-water controls Pythium damping-off in papaya seedling. *HortScience*, 47 (10): 1453-1456.
- Long R. L., Williams K., Griffiths E. M., Flematti G. R., Merritt D. J., Stevens J. C., . . . Dixon K. W., 2010. Prior hydration of *Brassica tournefortii* seeds reduces the stimulatory effect of karrikinolide on germination and increases seed sensitivity to abscisic acid. *Annals of Botany*, 105 (6): 1063-1070.

- Mackenzie D. D., Naeth M. A., 2019. Effect of plant-derived smoke water and potassium nitrate on germination of understory boreal forest plants. *Canadian Journal of Forest Research*, 49 (12): 1540-1547.
- Marcos Filho J., 2015. Seed vigor testing: an overview of the past, present and future perspective. *Scientia agricola*, 72: 363-374.
- Mavi K., Light M., Demir I., Van Staden J., Yasar F., 2010. Positive effect of smoke-derived butenolide priming on melon seedling emergence and growth. *New Zealand Journal of Crop and Horticultural Science*, 38 (2): 147-155.
- Meng Y., Chen F., Shuai H., Luo X., Ding J., Tang S., . . . Du J., 2016. Karrikins delay soybean seed germination by mediating abscisic acid and gibberellin biogenesis under shaded conditions. *Scientific reports*, 6 (1): 1-12.
- Meng Y., Shuai H., Luo X., Chen F., Zhou W., Yang W., Shu K., 2017. Karrikins: regulators involved in phytohormone signaling networks during seed germination and seedling development. *Frontiers in plant science*, 7: 2021.
- Modi A., Bornman C., 2004. Short-term preservation of maize landrace seed and taro propagules using indigenous storage methods. *South African Journal of Botany*, 70 (1): 16-23.
- Moreira B., Tormo J., Estrelles E., Pausas J., 2010. Disentangling the role of heat and smoke as germination cues in Mediterranean Basin flora. *Annals of botany*, 105 (4): 627-635.
- Moyo M., Amoo S. O., Van Staden J., 2022. Aqueous smoke and karrikin influence seed germination of *Amaranthus dubius* in varying light, temperature and osmotic stress conditions. *South African Journal of Botany*, 148: 704-709.
- Nagpal P., Walker L. M., Young J. C., Sonawala A., Timpte C., Estelle M., Reed J. W., 2000. AXR2 encodes a member of the Aux/IAA protein family. *Plant physiology*, 123 (2): 563-574.
- Nelson D. C., Flematti G. R., Ghisalberti E. L., Dixon K. W., Smith S. M., 2012. Regulation of seed germination and seedling growth by chemical signals from burning vegetation. *Annual review of plant biology*, 63: 107-130.
- Ngoroyemoto N., Gupta S., Kulkarni M. G., Finnie J. F., Van Staden J., 2019. Effect of organic biostimulants on the growth and biochemical composition of *Amaranthus hybridus* L. *South African Journal of Botany*, 124: 87-93.
- Noroozi Shahri F., Jalali Honarmand S., Saeidi M., Mondani F., 2020. Evaluation of growth phytohormones and different concentrations of plant derived smoke applications on growth characteristics and biological yield of medicinal plants Lemon balm (*Melissa officinalis*) and Basil (*Ocimum basilicam*). *Journal of Crops Improvement*, 22 (1): 89-102.

- Paasonen M., Hannukkala A., Rämö S., Haapala H., Hietaniemi V., 2003. Smoke-a novel application of a traditional means to improve grain quality. Proceedings of the NJF's 22nd Congress' Nordic Agriculture in Global Perspective', July 1-4, 2003, Turku, Finland/Oiva Niemeläinen and Mari Topi-Hulmi (eds.).
- Powell A., Matthews S., 2012. Seed aging/repair hypothesis leads to new testing methods. *Seed Technology*: 15-25.
- Powell A., Mavi K., 2016. Application of Electrical Conductivity Test to Radish Seed (*Raphanus sativus*). 31st ISTA Congress, Tallinn, Estonia.
- Ren L., Bai Y., 2016. Smoke originating from different plants has various effects on germination and seedling growth of species in Fescue Prairie. *Botany*, 94 (12): 1141-1150.
- Roche S., Dixon K. W., Pate J. S., 1997a. Seed ageing and smoke: Partner Cues in the amelioration of seed Dormancy in selected Australian native species. *Australian Journal of Botany*, 45 (5): 783-815.
- Roche S., Koch J. M., Dixon K. W., 1997b. Smoke enhanced seed germination for mine rehabilitation in the southwest of Western Australia. *Restoration Ecology*, 5 (3): 191-203.
- Singh S., Kulkarni M. G., Van Staden J., 2014. Biochemical changes associated with gibberellic acid-like activity of smoke-water, karrikinolide and vermicompost leachate during seedling development of *Phaseolus vulgaris* L. *Seed Science Research*, 24 (1): 63-70.
- Soós V., Juhász A., Light M. E., Van Staden J., Balázs E., 2009. Smoke-water-induced changes of expression pattern in Grand Rapids lettuce achenes. *Seed Science Research*, 19 (1): 37-49.
- Sparg S., Kulkarni M., Light M., Van Staden J., 2005. Improving seedling vigour of indigenous medicinal plants with smoke. *Bioresource technology*, 96 (12): 1323-1330.
- Sparg S., Kulkarni M., van Staden J., 2006. Aerosol Smoke and Smoke-Water Stimulation of Seedling Vigor of a Commercial Maize Cultivar. *Crop Science*, 46 (3): 1336-1340.
- Stevens J., Merritt D., Flematti G., Ghisalberti E., Dixon K., 2007. Seed germination of agricultural weeds is promoted by the butenolide 3-methyl-2 H-furo [2, 3-c] pyran-2-one under laboratory and field conditions. *Plant and Soil*, 298 (1): 113-124.
- Tavsanoğlu C., 2011. Fire-related cues (heat shock and smoke) and seed germination in a *Cistus creticus* population in southwestern Turkey. *Ekoloji*, 20 (79): 99-104.

- Tavşanoğlu Ç., Çatav Ş. S., Özüdoğru B., 2015. Fire-related germination and early seedling growth in 21 herbaceous species in Central Anatolian steppe. *Journal of Arid Environments*, 122: 109-116.
- Tavşanoğlu Ç., Ergan G., Çatav Ş. S., Zare G., Küçükakyüz K., Özüdoğru B., 2017. Multiple fire-related cues stimulate germination in *Chaenorhinum rubrifolium* (Plantaginaceae), a rare annual in the Mediterranean Basin. *Seed Science Research*, 27 (1): 26-38.
- Taylor J., Van Staden J., 1996. Root initiation in *Vigna radiata* (L.) Wilczek hypocotyl cuttings is stimulated by smoke-derived extracts. *Plant Growth Regulation*, 18 (3): 165-168.
- Thomas T., Van Staden J., 1995. Dormancy break of celery (*Apium graveolens* L.) seeds by plant derived smoke extract. *Plant Growth Regulation*, 17 (3): 195-198.
- Tigabu M., Fjellström J., Odén P. C., Teketay D., 2007. Germination of *Juniperus procera* seeds in response to stratification and smoke treatments, and detection of insect-damaged seeds with VIS+ NIR spectroscopy. *New Forests*, 33 (2): 155-169.
- Todorović S., Giba Z., Živković S., Grubišić D., Konjević R., 2005. Stimulation of empress tree seed germination by liquid smoke. *Plant Growth Regulation*, 47 (2): 141-148.
- TÜİK. 2021 yılı bitkisel üretim istatistikleri. <https://biruni.tuik.gov.tr/medas/?locale=tr>.
- Van Staden J., Jäger A., Strydom A., 1995. Interaction between a plant-derived smoke extract, light and phytohormones on the germination of light-sensitive lettuce seeds. *Plant Growth Regulation*, 17 (3): 213-218.
- Van Staden J., Sparg S. G., Kulkarni M. G., Light M. E., 2006. Post-germination effects of the smoke-derived compound 3-methyl-2H-furo[2,3-c]pyran-2-one, and its potential as a preconditioning agent. *Field Crops Research*, 98 (2-3): 98-105.
- Van Staden. J., Drewes F., Brown N., 1995. Some chromatographic characteristics of germination stimulants in plant-derived smoke extracts. *Plant Growth Regulation*, 17 (3): 241-249.
- Van Staden. J., Jager A., Light M., Burger B., 2004. Isolation of the major germination cue from plant-derived smoke.
- Zhou J., da Silva J. A. T., Ma G., 2014. Effects of smoke water and karrikin on seed germination of 13 species growing in China. *Central European Journal of Biology*, 9 (11): 1108-1116.
- Zhou J., Van Staden. J., Guo. L. P., Huang. L. Q., 2011. Smoke-water improves shoot growth and indigo accumulation in shoots of *Isatis indigotica* seedlings. *South African Journal of Botany*, 77 (3): 787-789.