

EDITORIAL BOARD

EDITOR-in-CHIEF

Taki DEMİR, Sakarya University of Applied Sciences, Faculty of Agriculture (Turkey)

ASSISTANT EDITOR-in-CHIEF:

Mustafa YILMAZ, Sakarya University of Applied Sciences, Faculty of Agriculture (Turkey)

TECHNICAL EDITOR:

Bahadır ŞİN, Sakarya University of Applied Sciences, Faculty of Agriculture (Turkey)

SECRETARIAT (*):

Melike KÖSE, Sakarya University of Applied Sciences, Faculty of Agriculture (Turkey)

Neslihan BABALI, Sakarya University of Applied Sciences, Faculty of Agriculture (Turkey)

Yasin YAMAN, Sakarya University of Applied Sciences, Faculty of Agriculture (Turkey)

AREA/SECTION EDITORS: (*)

Adem YAĞCI, Horticulture Department, Tokat Gaziosmanpaşa University, Faculty of Agriculture (Turkey)

Alireza TARİNEJAD, Agricultural Biotechnology Department, Azarbaijan Shahid Madani University, Faculty of Agriculture, (Iran)

Altijana Hromic JAHJEFENDIĆ, Department Genetics and Bioengineering, International University of Sarajevo, Faculty of Engineering and Natural Sciences (Bosnia and Herzegovina)

Bilge Hilal ÇADIRCI, Genetics and Bioengineering Department, Tokat Gaziosmanpaşa University, Faculty of Engineering and Architecture, (Turkey)

Elisa Azura Azman , Department of Crop Science, Putra University, Faculty of Agriculture (Malaysia)

Esmail Ebrahimie, Animal and Veterinary Science Department, The University of Adelaide, Faculty of Sciences (Australia)

Ferzat TURAN, Field Crops Department, Sakarya University of Applied Sciences, Faculty of Agriculture (Turkey)

Ghizan Bin SALEH, Department of Crop Science, Putra University, Faculty of Agriculture (Malaysia)

Gülay ZÜLKADİR, Organic Farming Management Department, , Mersin University, Silifke Applied Technology and Management Vocational School, (Turkey)

Hüseyin İrfan BALIK, Horticulture Department, Sakarya University of Applied Sciences, Faculty of Agriculture (Turkey)

İsmail Oğuz ÖZDEMİR, Plant Protection Department, Sakarya University of Applied Sciences, Faculty of Agriculture (Turkey)

Joseph Yakubu, Biometry Department, University of Maiduguri, Faculty of Science (Nigeria)

Mehmet Ali SAKİN, Field Crops Department, Tokat Gaziosmanpaşa University (Turkey)

Mehmet KOYUNCU, Food Engineering Department, Karamanoğlu Mehmetbey University, Engineering Faculty (Turkey)

Mehmet ÖTEN, Field Crops Department, Sakarya University of Applied Sciences, Faculty of Agriculture (Turkey)

Melih YILAR, Plant Protection Department, Ahi Evran University, Faculty of Agriculture (Turkey)

Mohamed Ragab ABDELGAWWAD, Department Genetics and Bioengineering, International University of Sarajevo, Faculty of Engineering and Natural Sciences (Bosnia and Herzegovina)

Muhammad ASLAM, Plant Breeding and Genetics Department, University of Agriculture (Pakistan)

Orhan KARAKAYA, Horticulture Department, Sakarya University of Applied Sciences, Faculty of Agriculture (Turkey)

Ömer BEYHAN, Horticulture Department, Sakarya University of Applied Sciences, Faculty of Agriculture (Turkey)

Ömer Faruk UZUN, Landscape Architecture Department, Sakarya University of Applied Sciences, Faculty of Agriculture (Turkey)

Rahime CENGİZ, Field Crops Department, Sakarya University of Applied Sciences, Faculty of Agriculture (Turkey)

Saim ÖZDEMİR, Environmental Engineering Department, Sakarya University, Engineering Faculty (Turkey)

(*): The list is based on name of the editors in alphabetical order.

Journal of Agricultural Biotechnology

VOL. 3 NO. 1 (2022): JUNE TABLE OF CONTENTS

Research Articles

Kuraklık Stresinin Bazı Serin İklim Çim Alan Buğdaygillerinin Çimlenmesi ve Sürgün Gelişimi Üzerine Etkileri

Mustafa YILMAZ, Ali DOĞRU, Yasemin KOZAN 1-10

Nutrition Media Optimization Study in Micropropagation: Phormium tenax (New Zealand Flax)

Neslihan BABALI, Taki DEMİR 25-30

Sorgum (Sorghum bicolor L.) Bitkisinin Tohum ve Yapraklarından Elde Edilen Ekstraktların Bazı Bitkilerin Çimlenme Parametreleri Üzerine Etkilerinin Belirlenmesi

Mehmet ÖTEN, Bahadır ŞİN, Semiha KİREMİTÇİ 40-52

Review Articles

The Future of Phage-Mediated Biocontrol of Tomato Bacterial Diseases

Duygu Bekircan ESKİ, Ardahan ESKİ, Cihan DARCAN 11-24

İklim Değişikliğinin Fitopatoloji Açısından İncelenmesi

Bahadır ŞİN, Ömer Ümit OKÇU 31-39

Kuraklık Stresinin Bazı Serin İklim Çim Alan Buğdaygillerinin Çimlenmesi ve Sürgün Gelişimi Üzerine Etkileri

Mustafa YILMAZ^{1*} 

Ali DOĞRU² 

Yasemin KOZAN³ 

¹Sakarya Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarla Bitkileri Bölümü, Sakarya

²Sakarya Üniversitesi, Fen Edebiyat Fakültesi, Biyoloji Bölümü, Sakarya

³Sakarya Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Biyoloji Anabilim Dalı, Sakarya

ÖZ

Bu çalışma, serin iklim çim alan buğdaygillerinden; *Lolium*, *Poa*, *Agrostis* ve *Festuca* cinslerine ait 10 çeşidin çimlenme döneminde kuraklık stresine dayanıklılığının belirlenmesi amacıyla Eylül 2020 tarihinde Sakarya Uygulamalı Bilimler Üniversitesi Pamukova Meslek Yüksekokulu laboratuvarlarında yürütülmüştür. Kuraklık stresini oluşturmak için farklı PEG-6000 (Polietilen glikol) konsantrasyonları (0, -2, -4, -6,-8, -10 bar) kullanılmıştır. Araştırma tesadüf parselleri deneme deseninde 2 faktörlü ve 3 tekrarlamalı olarak yürütülmüştür. Araştırmada; çimlenme oranı, sapçık uzunluğu, kökçük uzunluğu, vigor indeksi, sapçık/kökçük oranı, sapçık yaş ağırlığı, kökçük yaş ağırlığı, sapçık kuru ağırlığı, kökçük kuru ağırlığı ve kuraklığa tolerans indeksi özellikleri incelenmiştir. Araştırmada PEG konsantrasyonlarının artmasıyla çimlenme oranlarının düştüğü belirlenmiştir. İncelenen türler arasında *Festuca arundinacea* Starlett ve *Festuca arundinacea* Titan RX Rizomlu çeşitlerinin diğer çeşitlere göre kuraklığa daha toleranslı olduğu belirlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Kuraklık stresi, PEG-6000 (Polyethylene glycol), Çimlenme, Sürgün gelişimi, Serin iklim çim bitkileri.

Effects of Drought Stress on the Germination and Shoot Development in Some Cool Climate Turfgrass

ABSTRACT

This study was carried out in order to determine the resistance of 10 varieties belonging to the species *Lolium*, *Poa*, *Agrostis* and *Festuca*, which have a cool climate turfgrass drought stress during germination, in the laboratories of Sakarya Applied Sciences University, Pamukova Vocational School in September 2020. PEG-6000 (Polyethylene glycol) concentrations (0, -2, -4, -6,-8, -10 bar) were used to create different levels of drought stress. The study was established in a "Randomized Plot Design" with 2 factors and 3 replications. In this study; germination rate, stem length, root length, vigor index, stem/root ratio, stem wet weight, root wet weight, stem dry weight, root dry weight and drought tolerance index were investigated. In the study, it was determined that the germination rates decreased with the increase of PEG concentrations. According to the findings obtained in the study, it was observed that as the drought stress increased. *Festuca arundinacea* Starlett and *Festuca arundinacea* Titan RX Rhizome varieties were found to be more drought stress than other varieties in terms of the characteristics examined.

Keywords: Drought stress, PEG-6000 (Polyethylene glycol), Germination, Shoot development, Cool climate turfgrass.

* Corresponding Author's e-mail: mustafayilmaz@subu.edu.tr

1 Giriş

Tarım alanlarının stres faktörleri incelendiğinde, kuraklığın %26 oranıyla başı çektiği görülmekte ve tüm Dünya’da etkili olan iklim değişiklikleri, ülkemizin de dahil olduğu büyük alanları kuraklık riskiyle karşı karşıya bırakmaktadır [1]. Kuraklık, sadece bitkileri değil yavaş ve sinsi geliştiği için su kaynaklarını, tüm tarım ürünlerini ve canlıları etkileyerek çok kapsamlı sosyoekonomik zararlara sebep olan bir afettir. Bu doğal afet diğer doğal olaylar gibi değişik büyüklükte gerçekleşebilir [2].

Tüm Dünya’da nüfusun hızla artması nedeniyle, geçtiğimiz yüzyılın finans ve gelişme kaynağı olan sanayileşme ve kentleşme, yaşam kalitesinde yaygın ve yoğun sorunlara neden olmuştur. Buna karşın, aynı nüfusun ihtiyaçları için gerekli olan tarım arazileri bozulmakta ve azalmaktadır. Ormanların azalması, bitki ve hayvan türlerinin giderek yok olması, yeraltı su kaynaklarının azalması ve rezervlerin düşmesi ile atmosfere bırakılan sera gazlarının sıcaklığı artırması, bu anlamda gelişen küresel sorunlar, insan ırkının geleceğini tehdit etmeye başlamış olup bu etmenler kuraklığa yol açmaktadır [3]. Türkiye’de kuru tarım yapma zorunluluğu, yaklaşık 4,5-5 milyon hektar tarım alanının yıllık 400 mm’den daha az yağış almasından kaynaklanmaktadır. Bu nedenle uzun kuraklıkların olduğu dönemlerde hem üretim miktarında azalma hem de kalitede yoğun düşüşler gözlenmektedir. Dolayısıyla, kuru tarım yapmak zorunda kalınan kurak alanlarda bu duruma karşı toleransı yüksek türlerle çalışmak ekonomik ve etkili bir tercih olacaktır [4,5].

Ülkemizde değişen imar yasaları gereği artık şehir planlamalarında yeşil alan olması bir zorunluluk haline geldiği gibi insanımızda yeşil alan kültürü değişmiş; insanlar artık spor yapmak için daha kaliteli yeşil alanları tercih etmeye başlamıştır [6]. Yeşil alanlar oluşturulurken genel olarak; yumak, stolon ve rizom oluşturabilme özelliklerine sahip olan buğdaygil çim bitkileri kullanılmaktadır. Bitkiler için; kullanılacağı bölgenin ekolojik şartları, bu şartlarda bitkinin göstereceği tepki, hangi amaçla kullanılacağına bilinmesi ve bitki çeşitlerinden hangilerinin seçiminin uygun olacağını belirlemek önemlidir. Bu nedenle kullanılacak türlerin ve çeşitlerinin ayrıntılı olarak incelenmesi gerekmektedir [7]. Hem doğal vejetasyon hem de yetiştiricilik açısından incelendiğinde, çim alanlarını oluşturacak serin iklim buğdaygillerinden *Lolium*, *Poa*, *Agrostis* ve *Festuca* cinslerinin çoğu ülkemiz ekolojik koşullarına oldukça uygun olduğu bilinmektedir [8].

Çevremizdeki yeşil alanları incelediğimizde birçok farklı tür ve çeşitten meydana geldiğini görürüz. Yaşam alanlarımızı güzelleştiren bu elemanlar; ağaçlar, çalılar ve yer örtücü bitkiler olup, peyzaj çalışmalarında yer örtücü bitkiler olarak en çok buğdaygil çim bitkileri kullanılmaktadır. Parklar, bahçeler, spor alanları, havalimanları, mezarlıklar, karayolu şevleri, baraj koruma alanları gibi birçok alanda değerlendirilen yeşil alan buğdaygil bitkileri, kullanıldıkları alanda hem işlevsel hem de estetik olmaktadır. Bu buğdaygiller renkleri ile gözü ve ruhu dinlendirip insanın içini ferahlatmakta, mekâna; derinlik, huzur, berraklık, temizlik ve düzen getirerek insanda hayata bağlayıcı etkiler oluşturmaktadır. Çim alanlardan üst düzeyde yararlanmak için seçilecek çim bitkisinin türünün, tarımsal özelliklerinin ve bulunduğu bölgeye uyumlu olup olmadığının çok iyi bilinmesi ve yapılacak seçimin bu kriterlere uygun olması gerekmektedir. Kurulumu iyi yapılmış 1 m²’lik bir çimenlik alanda 4000’e yakın çim bitkisi enerjiyi absorbe ederek bir klima gibi çalışabilir, hâlbuki aynı yüzey betonla kaplanmaya kalkılırsa sıcaklık farkı 20-25 °C artabilmektedir [7].

PEG ile oluşturulan kuraklık stresi çalışmalarında bazı araştırmacılar [9,10] çimlenme oranlarının düştüğünü, sap uzunluğunun azaldığını, kök uzunluğunun ise önce arttığını daha yüksek kuraklık streslerinde ise azaldığını bildirmişlerdir. Yine artan PEG konsantrasyonlarının erken fide gelişimini negatif etkilediği [10,11,12,13] sapçık [13,14], kökçük [13,14,15] uzunluklarında ve vigor indeksinde [11,16,17] önemli azalmalara neden olduğu bildirilmektedir. Ayrıca kuraklık seviyesi arttıkça sapçık [18] ve kökçük yaş ağırlığının da azaldığı [17-21] bilgisi verilmektedir.

Bu araştırmanın amacı, küresel ısınmayla birlikte artan kuraklık şartlarına toleranslı serin iklim çim buğdaygillerini belirlemek, kurak alanlarda bu türlerin kullanılmasıyla gittikçe artan kurak alanlardan optimum fayda sağlamakla birlikte ülkemizde yetiştiriciliği yapılan ve piyasada yoğun olarak satışı yapılan çim alan bitkilerinin erken dönemde farklı PEG-6000 konsantrasyonları ile oluşturulan kuraklık stresi koşullarında verdikleri tepkileri belirlemek ve hassas/tolerant çeşit ayrımını yapıp kuraklık problemi ile karşı karşıya kalmış topraklarda öneride bulunabilmektir.

2. Materyal ve Yöntem

2.1. Materyal

Araştırma, Eylül 2020 tarihinde Sakarya Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Pamukova Meslek Yüksekokulu laboratuvarında yürütülmüştür. Bitki materyali olarak; *Lolium perenne* L. “Esquire”, *Poa pratensis* L. “Evora”, *Agrostis stolonifera* L. “Emerald”, *Agrostis tenuis* Sibth. “Denso”, *Festuca arundinacea* Schreb. “Titan RX Rizomlu”, *Festuca arundinacea* Schreb. “Starlett”, *Festuca rubra commutate* Gaudin. “Casanova”, *Festuca rubra rubra* L. “Maxima”, *Festuca rubra trichophylla* L. “Samanta” ve *Festuca ovina* L. “Ridu” çeşitleri kullanılmıştır.

Çalışmada kuraklık oluşturacak materyal olarak polietilen glikol (PEG-6000) solüsyonları kullanılmıştır. Oluşturulması istenen su stresi ortamının stres derecesi ile (su potansiyeli ile) saf suya eklenecek PEG-6000 miktarı arasında bir parabolik ilişki aşağıdaki formüle göre geliştirilmiştir: $0,00010122 \times c^2 + 0,00646 \times c = -\Psi$ Buradaki Ψ yerine oluşturulması istenen stres derecesinin bar olarak değeri (örneğin 2, 4 vb) yazılıp parabolün c değişkenleri belirlendiğinde pozitif c değeri 1 kg saf suya konulacak PEG 6000 miktarını gram cinsinden vermektedir [22].

2.2. Yöntem

Bu çalışma, “Tesadüf Parselleri Deneme Deseni”ne göre 2 faktörlü ve 3 tekerrürlü olarak kurulmuştur. Osmotik potansiyel -2, -4, -6, -8 ve -10 bar olarak ayarlanmıştır. 9 cm çapında petri kaplarına kurutma kâğıdı konularak tohumlar üzerine serpilmiş ve üzerlerine sırasıyla 10 ml PEG-6000 kimyasalının -2, -4, -6, -8 ve -10 konsantrasyonlarını içeren solüsyon uygulanmıştır. Daha sonra 23 °C sıcaklıktaki etüvde 15 gün bekletilmiştir. Etüvde bekleme sürecinde herhangi bir besin maddesi eklenmemiş yalnızca kuruyan petrilere ilave solüsyon uygulaması yapılmış ve aşağıdaki karakterler incelenmiştir;

- ✓ Çimlenme Oranı (%): 15 günün sonunda çimlenen tohumlar sayılıp, (çimlenen tohum/toplam tohum) $\times 100$ formülüyle hesaplanmıştır [23,24].
- ✓ Sapçık ve Kökçük Uzunluğu (mm): Çimlenme gerçekleşikten sonra tesadüfen seçilen 10 bitki milimetrik cetvelle ölçülmüş, 2 mm’yi geçen tohumlar çimlenmiş olarak kabul edilmiştir [25].
- ✓ Vigor İndeksi: Kökçük uzunluğu + sapçık uzunluğu \times çimlenme oranıyla hesaplanmıştır [26,27].
- ✓ Sapçık/Kökçük Oranı: Sapçık ve kökçük verilerinin oranlanmasıyla elde edilmiştir.
- ✓ Sapçık ve Kökçük Yaş Ağırlığı (mg): Çimlenme gerçekleşikten sonra tesadüfen seçilen 30 bitkinin yaş ağırlıkları hassas terazide tartılarak bulunmuştur.
- ✓ Sapçık ve Kökçük Kuru Ağırlığı (mg): Örneklerin 70 °C’de 48 saat kurutma dolabında kurutulup tartılması ile belirlenmiştir.
- ✓ Kuraklığa Tolerans İndeksi (TKA/KKA) $\times 100$: Elde edilen kuru ağırlıklar üzerinden yapılan hesaplamalarla bulunmuştur. (TKA: toplam kuru ağırlık, KKA: kontrol uygulamasındaki kuru ağırlık) [26].

Araştırmadan elde edilen veriler, tesadüf parselleri deneme deseninde 2 faktöriyel düzene göre 3 tekerrürlü olarak varyans analizine tabi tutulmuştur. Varyans analizleri JMP istatistik paket programı kullanılarak yapılmış ve ortalamalar arasındaki farklılıklar %5 EÖF (en küçük önemli fark) testiyle hesaplanarak tabloların altlarında verilmiştir.

3. Bulgular ve Tartışma

3.1. Çimlenme oranı

Araştırmada kullanılan çeşitlerin farklı PEG-6000 konsantrasyonlarındaki ortalama çimlenme oranları Tablo 1’de verilmiştir.

Tablo 1. Araştırmada elde edilen ortalama çimlenme oranı değerleri (%)

Çeşitler	PEG Konsantrasyonları (Bar)						Çeşit Ortalama
	0	-2	-4	-6	-8	-10	
<i>L. perenne</i> Esquire	96,50	91,37	80,57	48,23	0,00	0,00	52,78 e
<i>P. pratensis</i> Evora	90,47 b	86,47	71,50	44,43	0,00	0,00	48,81 f
<i>A. stolonifera</i> Emerald	88,37	75,47	61,40	34,40	0,00	0,00	43,27 j
<i>A. tenuis</i> Denso	91,43	76,47	62,47	35,47	0,00	0,00	44,31 ı
<i>F. arundinacea</i> Titan RX	98,37 a	96,43 b	92,47	82,47	46,33	0,00	69,34 a
<i>F. arundinacea</i> Starlett	94,43 c	92,43	88,37	71,50	41,37	0,00	64,68 b
<i>F. r. commutata</i> Casanova	69,23	67,37	61,30	51,43	38,40	0,00	47,96 g
<i>F. r. rubra</i> Maxima	80,37	77,33	73,50	51,53	47,37	0,00	55,02 d
<i>F. r. trichophylla</i> Samanta.	67,37	64,40	59,33	51,47	34,33 z	0,00	46,15 h
<i>F. ovina</i> Ridu.	86,47	84,33	78,53	55,33	41,37	0,00	57,67 c
PEG Ortalaması	86,30 a	81,21 b	72,94 c	52,63 d	24,92 e	0,00 f	----
(E.Ö.F.) %5	Çeşit: 0,153		PEG: 0,118		Çeşit × PEG: 0,374		

Çeşitler arasında en yüksek çimlenme oranı %69,34 ile *Festuca arundinacea* Rizomlu çeşidinde ortaya çıkmıştır. Kontrol grubu hariç, PEG konsantrasyonlarının en yüksek çimlenme oranı -2 barda, çeşit×PEG konsantrasyonu etkileşimlerinde ise %96,43 ile -2 bar konsantrasyonunda *Festuca arundinacea* çeşidinde gerçekleşmiştir.

PEG konsantrasyonlarına bakıldığında, -8 barda bazı çeşitlerde çimlenme görülmezken, -10 barda hiç bir çeşit çimlenmemiştir. Kullanılan PEG-6000 konsantrasyonu arttıkça çimlenme oranı düştüğü belirlenmiştir. Yapılan çalışma diğer araştırmacıların [9,10] bulgularıyla paralellik göstermektedir.

3.2. Sapçık uzunluğu

Araştırmada kullanılan çeşitlerin ortalama değerleri Tablo 2’de verilmiştir.

Tablo 2. Araştırmada elde edilen ortalama sapçık uzunluğu değerleri (mm)

Çeşitler	PEG Konsantrasyonları (Bar)						Çeşit Ortalama
	0	-2	-4	-6	-8	-10	
<i>L. perenne</i> Esquire	67,77	62,43	48,77	31,10	00,00	00,00	34,51 d
<i>P. pratensis</i> Evora	43,47	41,83	31,27	21,27	00,00	00,00	22,97 g
<i>A. stolonifera</i> Emerald	20,60	20,13	17,27	15,20 z	00,00	00,00	12,20 j
<i>A. tenuis</i> Denso	21,43	20,94	18,47	16,20	00,00	00,00	12,83 ı
<i>F. arundinacea</i> Titan RX	79,40 b	67,47	54,47	46,36	23,27	00,00	45,16 b
<i>F. arundinacea</i> Starlett	82,47 a	77,53 c	58,47	47,40	25,50	00,00	48,56 a
<i>F. r. commutata</i> Casanova	35,37	31,37	29,30	21,27	17,33	00,00	22,43 h
<i>F. r. rubra</i> Maxima	42,37	41,20	37,37	29,47	24,40	00,00	29,13 f
<i>F. r. trichophylla</i> Samanta.	43,47	42,20	41,13	38,40	29,27	00,00	32,41 e
<i>F. ovina</i> Ridu.	49,43	44,47	42,70	41,47	38,80	00,00	36,14 c
PEG Ortalaması	48,27 a	44,95 b	37,92 c	30,81 d	15,85 e	00,00 f	----
(E.Ö.F.) %5	Çeşit: 0,121		PEG: 0,094		Çeşit × PEG: 0,296		

Farklı PEG konsantrasyonlarının sapçık uzunluğuna etkisi incelendiğinde çeşitler arasında en yüksek sapçık uzunluğu 48,56 mm ile *Festuca arundinacea* Rizomlu çeşidinde ortaya çıkmıştır. Kontrol grubu hariç, PEG konsantrasyonlarının en yüksek sapçık uzunluğu -2 barda, çeşit×PEG konsantrasyonu etkileşimlerinde ise 77,53 mm ile -2 barda konsantrasyonunda *Festuca arundinacea* çeşidinde gerçekleşmiştir.

Kuraklık stresi arttırıldıkça sapçık uzunluklarının azaldığı gözlenmiştir. Çalışmanın bulguları kuraklık stresinin erken fide gelişimini negatif etkilediği ve sapçık uzunluklarının azalmasına neden olduğunu gösteren farklı araştırmalarla [10,11,12,13,14] benzerdir.

3.3. Kökçük uzunluğu

Araştırmada elde edilen ortalama kökçük değerleri Tablo 3'te verilmiştir.

Tablo 3. Araştırmada elde edilen ortalama kökçük uzunluğu değerleri (mm)

Çeşitler	PEG Konsantrasyonları (Bar)						Çeşit Ortalama
	0	-2	-4	-6	-8	-10	
<i>L. perenne</i> Esquire	39,43	27,53	18,27	16,33	0,00	0,00	16,93 d
<i>P. pratensis</i> Evora	16,67	14,50	11,17	8,50	0,00	0,00	8,47 g
<i>A. stolonifera</i> Emerald	6,20	5,33	4,33	3,33 z	0,00	0,00	3,20 j
<i>A. tenuis</i> Denso	8,40	6,40	5,30	4,37	0,00	0,00	4,07 ı
<i>F. arundinacea</i> Titan RX	46,40 c	43,47	40,57	35,40	21,40	0,00	31,21 b
<i>F. arundinacea</i> Starlett	58,63 a	51,57 b	42,40	33,57	21,40	0,00	34,59 a
<i>F. r. commutata</i> Casanova	14,40	11,67	10,67	7,57	3,63	0,00	7,99 h
<i>F. r. rubra</i> Maxima	21,53	18,30	14,53	8,63	4,50	0,00	11,25 f
<i>F. r. trichophylla</i> Samanta.	22,67	19,50	17,60	16,57	5,57	0,00	13,65 e
<i>F. ovina</i> Ridu.	27,50	24,60	21,40	16,37	14,30	0,00	17,36 c
PEG Ortalaması	26,18 a	22,29 b	18,62 c	15,06 d	7,08 e	0,00 f	----
(E.Ö.F.) %5	Çeşit: 0,119		PEG: 0,093		Çeşit × PEG: 0,293		

Çalışmada kullanılan çeşitler arasında en yüksek kökçük uzunluğu 34,59 mm ile *Festuca arundinacea* çeşidinde ortaya çıkmıştır. Kontrol grubu hariç, PEG konsantrasyonlarının en yüksek kökçük uzunluğu -2 barda, çeşit×PEG konsantrasyonu etkileşimlerinde ise 51,57 mm -2 bar konsantrasyonunda *Festuca arundinacea* çeşidinde gerçekleşmiştir.

Araştırmada elde edilen sonuçlara göre kökçük uzunluğunun kuraklık stresi arttıkça azaldığı görülmüştür. Diğer araştırmacılar da [13,14,15] paralel sonuçlara rastlanmaktadır.

3.4. Vigor İndeksi

Araştırmada kullanılan çeşitlerin ortalama değerleri Tablo 4'te verilmiştir.

Tablo 4. Araştırmada elde edilen ortalama vigor indeksi değerleri

Çeşitler	PEG Konsantrasyonları (Bar)						Çeşit Ortalama
	0	-2	-4	-6	-8	-10	
<i>L. perenne</i> Esquire	1005,5	822,0	540,1	228,8	0,0	0,0	432,7 c
<i>P. pratensis</i> Evora	544,0	487,1	303,4	132,3	0,0	0,0	244,5 g
<i>A. stolonifera</i> Emerald	236,8	192,2	132,6	63,8 z	0,0	0,0	104,2 j
<i>A. tenuis</i> Denso	272,8	209,0	148,5	73,0	0,0	0,0	117,2 ı
<i>F. arundinacea</i> Titan RX	1237,4 b	1069,8	878,7	674,3	207,0	0,0	677,9 b
<i>F. arundinacea</i> Starlett	1332,5 a	1193,3 c	891,3	578,9	194,3	0,0	698,3 a
<i>F. r. commutata</i> Casanova	344,5	289,9	245,0	148,3	80,5	0,0	184,7 h
<i>F. r. rubra</i> Maxima	513,5	460,1	381,5	196,3	136,9	0,0	281,4 e
<i>F. r. trichophylla</i> Samanta.	445,5	397,3	348,5	282,9	119,6	0,0	265,6 f
<i>F. ovina</i> Ridu.	665,2	582,4	503,4	320,0	219,6	0,0	381,8 d
PEG Ortalaması	659,8 a	570,3 b	437,3 c	269,9 d	95,8 e	0,0 f	----
(E.Ö.F.) %5	Çeşit: 1,487		PEG: 1,152		Çeşit × PEG: 3,641		

Çalışmada kullanılan çeşitlerin farklı PEG konsantrasyonlarındaki en yüksek vigor indeksi 698,3 ile *Festuca arundinacea* çeşidinde ortaya çıkmıştır. Kontrol grubu hariç, PEG konsantrasyonlarının en yüksek vigor indeksi -2 barda, çeşit×PEG konsantrasyonu etkileşimlerinde ise 1193,3 ile -2 bar konsantrasyonunda *Festuca arundinacea* çeşidinde gerçekleşmiştir.

Genel olarak -4 bar seviyesinde ortaya çıkan kuraklık stresi tüm çeşitlerde vigor indeksinde önemli azalmalara neden olduğu gözlenmiştir. Vigor indeksi değeri çimlenme yüzdeleri kullanılarak

hesaplandığı için çimlenme yüzdesinde öne çıkan çeşitlerin vigor indeksinde de öne çıkması beklenen bir durumdur. Buna benzer bulgular bazı araştırmacılar [11,16,17] tarafından da elde edilmiştir.

3.5. Sapçık-kökçük oranı

Araştırmada kullanılan çeşitlerin farklı PEG-6000 konsantrasyonlarındaki elde edilen ortalama değerleri Tablo 5'te verilmiştir.

Tablo 5. Araştırmada elde edilen ortalama sapçık-kökçük oranı değerleri

Çeşitler	PEG Konsantrasyonları (Bar)						Çeşit Ortalama
	0	-2	-4	-6	-8	-10	
<i>L. perenne</i> Esquire	1,64	2,27	2,67	1,90	00,00	00,00	1,41 e
<i>P. pratensis</i> Evora	2,61	2,88	2,80	2,50	00,00	00,00	1,80 d
<i>A. stolonifera</i> Emerald	3,32	3,77	3,99	4,56	00,00	00,00	2,61 a
<i>A. tenuis</i> Denso	2,55	3,27	3,49	3,71	00,00	00,00	2,17 c
<i>F. arundinacea</i> Titan RX	1,71	1,55	1,34	1,31	1,08 z	00,00	1,17 f
<i>F. arundinacea</i> Starlett	1,41	1,50	1,38	1,41	1,19	00,00	1,15 f
<i>F. r. commutata</i> Casanova	2,46	2,69	2,75	2,81	4,78 c	00,00	2,58 a
<i>F. r. rubra</i> Maxima	1,97	2,25	2,57	3,41	5,42 a	00,00	2,60 a
<i>F. r. trichophylla</i> Samanta.	1,92	2,17	2,34	2,32	5,26 b	00,00	2,33 b
<i>F. ovina</i> Ridu.	1,81	1,81	1,99	2,53	2,71	00,00	1,81 d
PEG Ortalaması	2,14 d	2,42 c	2,53 b	2,65 a	2,04 e	00,00 f	----
(E.Ö.F.) %5	Çeşit: 0,040		PEG: 0,031		Çeşit × PEG: 0,099		

Çeşitler arasında en yüksek sapçık/kökçük oranı sırasıyla 2,61, 2,60 ve 2,58 ile *Agrostis stolonifera*, *Festuca rubra rubra* ve *Festuca rubra commutata* çeşitlerinde ortaya çıkmıştır. PEG konsantrasyonlarının en yüksek sapçık/kökçük oranı -6 barda, çeşit×PEG konsantrasyonu etkileşimlerinde ise 5,42 ile -8 bar konsantrasyonunda *Festuca rubra rubra* çeşidinde gerçekleşmiştir.

3.6. Sapçık yaş ağırlığı

Araştırmada kullanılan çeşitlerin farklı PEG-6000 konsantrasyonlarındaki ortalama değerleri Tablo 6'da verilmiştir.

Tablo 6. Araştırmada elde edilen ortalama sapçık yaş ağırlık değerleri (mg)

Çeşitler	PEG Konsantrasyonları (Bar)						Çeşit Ortalama
	0	-2	-4	-6	-8	-10	
<i>L. perenne</i> Esquire	462,00 c	396,53	333,93	275,17	00,00	00,00	244,61 d
<i>P. pratensis</i> Evora	178,17	143,37	95,43	56,50	00,00	00,00	78,91 h
<i>A. stolonifera</i> Emerald	61,47	52,27	41,20	31,50 z	00,00	00,00	31,07 j
<i>A. tenuis</i> Denso	76,77	62,17	54,53	43,40	00,00	00,00	39,48 ı
<i>F. arundinacea</i> Titan RX	512,80 a	462,10 c	405,13	364,50	314,37	00,00	343,15 a
<i>F. arundinacea</i> Starlett	472,13 b	422,80	375,07	316,07	264,60	00,00	308,44 b
<i>F. r. commutata</i> Casanova	206,97	186,43	161,70	144,47	124,50	00,00	137,34 g
<i>F. r. rubra</i> Maxima	262,33	243,90	225,40	203,20	174,43	00,00	184,88 f
<i>F. r. trichophylla</i> Samanta.	278,37	264,47	242,60	227,50	212,70	00,00	204,27 e
<i>F. ovina</i> Ridu.	378,37	362,33	339,03	314,77	295,50	00,00	281,67 c
PEG Ortalaması	288,94 a	259,64 b	227,40 c	197,71 d	138,61 e	00,0 f	----
(E.Ö.F.) %5	Çeşit: 0,427		PEG: 0,331		Çeşit × PEG: 1,046		

Çeşitlerin farklı PEG konsantrasyonlarında çimlendirilmesi sonucu elde edilen veriler arasında en yüksek sapçık yaş ağırlık 343,15 mg ile *Festuca arundinacea* Rizomlu çeşidinde ortaya çıkmıştır. Kontrol grubu hariç, PEG konsantrasyonlarının en yüksek sapçık yaş ağırlığı -2 barda, çeşit×PEG konsantrasyonu etkileşimlerinde ise 462,10 mg ile -2 bar konsantrasyonunda *Festuca arundinacea* Rizomlu çeşidinde gerçekleşmiştir.

Bu çalışmada kuraklık stresinin artmasıyla sapçık yaş ağırlığının azaldığı görülmektedir. Benzer bir sonucu elde eden farklı bir çalışmada [18] bulunmaktadır.

3.7. Kökçük yaş ağırlığı

Araştırmada kullanılan çeşitlerin farklı PEG-6000 konsantrasyonlarındaki ortalama değerleri Tablo 7’de verilmiştir.

Tablo 7. Araştırmada elde edilen ortalama kökçük yaş ağırlık değerleri (mg)

Çeşitler	PEG Konsantrasyonları (Bar)						Çeşit Ortalama
	0	-2	-4	-6	-8	-10	
<i>L. perenne</i> Esquire	162,07 b	132,40	102,13	75,43	00,00	00,00	78,67 c
<i>P. pratensis</i> Evora	62,07	43,23	24,07	12,50	00,00	00,00	23,64 h
<i>A. stolonifera</i> Emerald	21,53	15,37	11,20	6,13 z	00,00	00,00	9,04 j
<i>A. tenuis</i> Denso	24,93	17,43	14,37	8,20	00,00	00,00	10,82 ı
<i>F. arundinacea</i> Titan RX	168,87 a	152,27 c	134,87	118,50	102,33	00,00	112,81 a
<i>F. arundinacea</i> Starlett	162,60 b	135,33	112,67	85,10	67,67	00,00	93,89 b
<i>F. r. commutata</i> Casanova	68,07	52,50	39,03	25,83	13,17	00,00	33,10 g
<i>F. r. rubra</i> Maxima	86,10	68,87	54,93	35,87	29,03	00,00	45,80 f
<i>F. r. trichophylla</i> Samanta.	94,60	82,50	65,37	51,90	32,20	00,00	54,43 e
<i>F. ovina</i> Ridu.	122,53	105,50	88,60	73,67	57,70	00,00	74,67 d
PEG Ortalaması	97,34 a	80,54 b	64,72 c	49,31 d	30,21 e	00,00 f	----
(E.Ö.F.) %5	Çeşit: 0,283		PEG: 0,219		Çeşit × PEG: 0,693		

Farklı PEG konsantrasyonları altında çimlenen çeşitler arasında en yüksek kökçük yaş ağırlık 112,81 mg ile *Festuca arundinacea* Rizomlu çeşidinde ortaya çıkmıştır. Kontrol grubu hariç, PEG konsantrasyonlarının en yüksek kökçük yaş ağırlığı -2 barda, çeşit×PEG konsantrasyonu etkileşimlerinde ise 152,27 mg ile -2 barda konsantrasyonunda *Festuca arundinacea* Rizomlu çeşidinde gerçekleşmiştir.

Kuraklık seviyesi arttıkça kökçük yaş ağırlığının da gittikçe azaldığı gözlemlenmiştir. Bulgulardaki benzer sonuçlar diğer araştırmacıların [17-21] verilerini desteklemektedir.

3.8. Sapçık kuru ağırlık

Araştırmada kullanılan çeşitlerin farklı PEG-6000 konsantrasyonlarındaki ortalama değerleri Tablo 8’de verilmiştir.

Tablo 8. Araştırmada elde edilen ortalama sapçık kuru ağırlık değerleri (mg)

Çeşitler	PEG Konsantrasyonları (Bar)						Çeşit Ortalama
	0	-2	-4	-6	-8	-10	
<i>L. perenne</i> Esquire	129,37 c	111,00	93,50	77,03	00,00	00,00	68,48 d
<i>P. pratensis</i> Evora	49,90	40,17	26,73	15,83	00,00	00,00	22,11 h
<i>A. stolonifera</i> Emerald	17,20	14,60	11,53	8,80 z	00,00	00,00	8,69 j
<i>A. tenuis</i> Denso	21,50	17,40	15,30	12,13	00,00	00,00	11,06 ı
<i>F. arundinacea</i> Titan RX	143,60 a	129,40 c	113,47	102,07	88,03	00,00	96,09 a
<i>F. arundinacea</i> Starlett	132,20 b	118,40	105,00	88,50	74,07	00,00	86,36 b
<i>F. r. commutata</i> Casanova	57,97	52,20	45,27	40,47	34,83	00,00	38,46 g
<i>F. r. rubra</i> Maxima	73,47	68,30	63,13	56,90	48,83	00,00	51,77 f
<i>F. r. trichophylla</i> Samanta.	77,93	74,03	67,90	63,70	59,57	00,00	57,19 e
<i>F. ovina</i> Ridu.	105,93	101,43	94,93	88,13	82,73	00,00	78,86 c
PEG Ortalaması	80,91 a	72,69 b	63,68 c	55,36 d	38,81 e	00,00 f	----
(E.Ö.F.) %5	Çeşit: 0,283		PEG: 0,219		Çeşit × PEG: 0,693		

Çim çeşitlerinde farklı PEG konsantrasyonlarında en yüksek sapçık kuru ağırlığı 96,09 mg ile *Festuca arundinacea* Rizomlu çeşidinde ortaya çıkmıştır. Kontrol grubu hariç, PEG konsantrasyonlarının en yüksek sapçık kuru ağırlığı -2 barda, çeşit×PEG konsantrasyonu etkileşimlerinde ise 129,40 mg ile -2 bar konsantrasyonunda *Festuca arundinacea* Rizomlu çeşidinde gerçekleşmiştir.

Sapçık kuru ağırlığının kuraklık stresi arttıkça azaldığı belirlenmiştir. Araştırmada elde edilen sonuçlar bazı araştırmacıların [17,21,29] verileriyle paralellik göstermektedir.

3.9. Kökçük kuru ağırlık

Araştırmada elde edilen kökçük kuru ağırlığı ortalama değerleri Tablo 9’da verilmiştir.

Tablo 9. Araştırmada elde edilen ortalama kökçük kuru ağırlık değerleri (mg)

Çeşitler	PEG Konsantrasyonları (Bar)						Çeşit Ortalama
	0	-2	-4	-6	-8	-10	
<i>L. perenne</i> Esquire	48,60 b	39,70	30,63	22,60	00,00	00,00	23,59 c
<i>P. pratensis</i> Evora	18,63	13,00	7,20	3,77	00,00	00,00	7,10 h
<i>A. stolonifera</i> Emerald	6,37	4,63	3,37	1,83 z	00,00	00,00	2,70 j
<i>A. tenuis</i> Denso	7,47	5,27	4,33	2,47	00,00	00,00	3,26 ı
<i>F. arundinacea</i> Titan RX	50,63 a	45,67 c	40,43	35,57	30,67	00,00	33,83 a
<i>F. arundinacea</i> Starlett	48,77 b	40,57	33,70	25,57	20,33	00,00	28,16 b
<i>F. r. commutata</i> Casanova	20,43	15,77	11,73	7,77	3,97	00,00	9,94 g
<i>F. r. rubra</i> Maxima	25,83	20,63	16,50	10,77	8,70	00,00	13,74 f
<i>F. r. trichophylla</i> Samanta.	28,37	24,73	19,63	15,57	9,67	00,00	16,33 e
<i>F. ovina</i> Ridu.	36,77	31,67	26,57	22,07	17,30	00,00	22,39 d
PEG Ortalaması	29,19 a	24,16 b	19,41 c	14,80 d	9,06 e	00,00 f	----
(E.Ö.F.) %5	Çeşit: 0,087		PEG: 0,067		Çeşit × PEG: 0,213		

Çeşitler arasında en yüksek kökçük kuru ağırlığı 33,83 mg ile *Festuca arundinacea* Rizomlu çeşidinde ortaya çıkmıştır. Kontrol grubu hariç, PEG konsantrasyonlarının en yüksek kökçük kuru ağırlığı -2 barda, çeşit×PEG konsantrasyonu etkileşimlerinde ise 45,67 mg ile -2 bar konsantrasyonunda *Festuca arundinacea* Rizomlu çeşidinde gerçekleşmiştir.

Kuraklık stresi arttıkça kökçük kuru ağırlık azalmıştır. Bu sonuçlar bazı araştırmalarla [17,21,29] paralellik göstermektedir.

3.10. Kuraklığa tolerans indeksi

Araştırmada elde edilen ortalama değerler Tablo 10’da verilmiştir. Çeşitler arasında en yüksek kuraklığa tolerans 71,13 ile *Festuca ovina* çeşidinde ortaya çıkmıştır.

Tablo 10. Araştırmada elde edilen ortalama kuraklığa tolerans indeksi değerleri

Çeşitler	PEG Konsantrasyonları (Bar)						Çeşit Ortalama
	0	-2	-4	-6	-8	-10	
<i>L. perenne</i> Esquire	100,00	84,77	69,87	56,17	00,00	00,00	51,80 g
<i>P. pratensis</i> Evora	100,00	77,70	49,77	28,73 z	00,00	00,00	42,70 j
<i>A. stolonifera</i> Emerald	100,00	81,80	63,40	45,57	00,00	00,00	48,46 ı
<i>A. tenuis</i> Denso	100,00	78,27	67,73	50,73	00,00	00,00	49,46 h
<i>F. arundinacea</i> Titan RX	100,00	90,10 b	79,23	70,83	61,13	00,00	66,88 c
<i>F. arundinacea</i> Starlett	100,00	87,93 c	76,80	63,20	52,33	00,00	63,38 e
<i>F. r. commutata</i> Casanova	100,00	86,87	73,00	61,93	50,03	00,00	61,97 f
<i>F. r. rubra</i> Maxima	100,00	89,77 b	80,43	68,60	58,37	00,00	66,19 d
<i>F. r. trichophylla</i> Samanta.	100,00	93,02 a	82,57	74,90	65,67	00,00	69,36 b
<i>F. ovina</i> Ridu.	100,00	93,40 a	85,37	77,53	70,50	00,00	71,13 a
PEG Ortalaması	100,00	86,36 a	72,82 b	59,82 c	35,80 d	00,00 e	----
(E.Ö.F.) %5	Çeşit: 0,201		PEG: 0,156		Çeşit × PEG: 0,492		

Kontrol grubu hariç, PEG konsantrasyonlarının en yüksek kuraklığa tolerans -2 barda, çeşit×PEG konsantrasyonu etkileşimlerinde ise sırasıyla 93,40-93,02 ile -2 bar konsantrasyonunda *Festuca ovina*-*Festuca rubra trichophylla* çeşidinde gerçekleşmiştir.

Diğer pek çok gözlemde olduğu gibi -8 barda bazı çeşitlerde çimlenme görülmezken, -10 barda hiçbir çeşit çimlenmediği için sonuçlar sıfır çıkmıştır.

Uygulanan PEG-6000 konsantrasyonları ile artan kuraklık seviyeleri ile türlerin kuraklığa tolerans indekslerinin doğal olarak düştüğü gözlenmiştir.

4. SONUÇ ve ÖNERİLER

Araştırma sonuçlarına göre, değerlendirilen bütün özellikler üstünde PEG konsantrasyonlarının istatistiksel olarak çok etkili olduğu görülmüş olup, PEG konsantrasyonu ile tüm özellikler arasında bir ters orantı olduğu belirlenmiştir. İncelenen çeşitler içinde değerlendirilen özellikler açısından, *Festuca arundinacea* ve *Festuca arundinacea* Rizomlu çeşitlerinin diğer çeşitlere göre kuraklığa daha toleranslı olduğu tespit edilmiştir. PEG konsantrasyonları -8 bar'dan itibaren çok olumsuz sonuçlara neden olmuş -10 bar dozunda ise çoğu türde gelişme gözlenmemiştir.

İncelenen *Festuca* türleri diğer türlere göre hem çeşit ortalaması olarak öne çıkmış hem de diğer türlerin aksine -8 bar şiddetine kadar dayanabilmiştir. Böylece kuraklık şiddetinin arttığı alanlarda bu türlere önem verilmesi ya da karışım tercihlerinde bu alanlarda tercih ve oranlarının artırılmasının yararlı olabileceği varsayımında bulunulabileceği kanısı hakimdir.

Kaynakça

- [1] T. Kalefetoğlu ve Y. Ekmekçi. "The Effects of Drought on Plants and Tolerance Mechanisms", *Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, 18 (4), 723-740, (2005).
- [2] M. Kadioğlu, "Kuraklık Kıranı", *Güncel Yayınevi*, 125, İstanbul, (2001).
- [3] A. E. Silay ve A. Tomar, "Kuraklığın Etkileri ve Su Kaynakları Yatırımlarının İzmir Ölçeğinde İrdelenmesi", *TMMOB İzmir Kent Sempozyumu*, 08-10/01/2009, 299-313, İzmir, (2009).
- [4] S. Safi, H. Şimşek ve A. Ünlükara, "Su ve Tuzluluk Stresinin Mürdümük'te (*Lathyrus sativus* L.) Bitki Büyüme, Gelişme, Verim ve Su Tüketimi Üzerine Etkilerinin Belirlenmesi", *Gaziosmanpaşa Üniversitesi, Ziraat Fakültesi Dergisi*, 30(1): 1-12, (2013).
- [5] M. Arslan, "Fattyacidcharacteristics of Grasspea (*Lathyrus sativus*) in an East Mediterranean Environment", *Cogent Chemistry*, 3: 1296748, (2017).
- [6] M. Yılmaz, R. Avcıoğlu, A. Salman ve A. C. Cevheri, "Ülkemiz Yeşil Alan Uygulamalarında Karşılaşılan Sorunlar ve Çözüm Önerileri". *Türk Bilimsel Derlemeler Dergisi* 5(2): 60-63, (2012).
- [7] R. Avcıoğlu, "Çim Ekimi Dikimi Bakımı", *Ege Üniversitesi Yayınları, Ziraat Fakültesi Yayın No: 574, Bornova-İzmir*, 332 s, (2014).
- [8] E. Açıkgöz, "Yem Bitkileri", Yenilenmiş Baskı. *Uludağ Ün. Güçlendirme Vakfı Yayın No: 182, 584 p*, (2001).
- [9] L. Van den Berg and Y. J. Zeng, "Response of South African Indigenous Grass Species to Drought Stress Induced by Polyethylene Glycol (PEG) 6000", *South African Journal of Botany* 72: 284-286, (2006).
- [10] M. Farooq, A. Wahid, N. Kobayashi, D. Fujita and S. M. A. Basra, "Plant Drought Stress: Effects, Mechanisms and Management", *Agronomy Sustain. Development*, 29: 185-212, (2009).
- [11] E. B. Çarpıcı ve B. Erdel, "Bazı Yonca Çeşitlerinde (*Medicago sativa* L.) Kuraklık Stresinin Çimlenme Özellikleri Üzerine Etkisi", *Derim*, 32(2): 201-210, (2015).
- [12] M. Özkurt, İ. Saygılı ve K. Dirik Özdemir, "Bazı Yonca Çeşitlerinin Erken Gelişme Dönemindeki Kuraklık Toleransının Belirlenmesi", *KSÜ Tarım ve Doğa Dergisi*, 22(4):557-562, (2019).
- [13] A. Castroluna, O. M. Ruiz, A. M. Quiroga and H. E. Pedranzani, "Effects of Salinity and Drought Stress on Germination, Biomass and Growth in Three Varieties of *Medicago sativa* L.", *Avances en Investigación Agropecuaria*. 18(1): 39-50, (2014).
- [14] H. Hamidi and A.Safarnejad, "Effect of Drought Stress on Alfalfa Cultivars (*Medicago sativa* L.) in Germination Stage", *American-Eurasian Journal of Agricultural & Environmental Sciences*, 8 (6): 705-709, (2010).
- [15] D. Carmen and G.Nedelea, "The Effect of Genotype and Water Stress on Germination Ability of Seeds in Some Alfalfa Varieties", *Journal of Horticulture, Forestry and Biotechnology*, 16(1):153-156, (2012).

- [16] J. Feng, D. Wang, C. Shao, L. Zhang and X. Tang, "Effects of Cold Plasma Treatment on Alfalfa Seed Growth under Simulated Drought Stress", *Plasma Science and Technology*, 20 (3): 35-50, (2018).
- [17] M. Yılmaz ve G. Bayram, "Farklı PEG (Polyethyleneglychol) Konsantrasyonlarının Bazı Yonca Çeşitlerinin Çimlenme Özelliklerine Etkileri", *International Agricultural Congress of Muş Plain*, Muş, 105-119, (2019).
- [18] A. Safarnejad, "Morphological and Biochemical Response to Osmotic Stress in Alfalfa (*Medicago sativa* L.)". *Pakistan Journal of Botany*, 40(2), 735-746, (2008).
- [19] T. Kipnis, I Vaisman and I. Granoth, "Drought Stress and Alfalfa Production in a Mediterranean Environment", *Irrigation Science* (1989) 10: 113-125, (1989).
- [20] M. Tucak, S. Popovic, T. Cupic and G. Krizmanic, "Drought Stress Responses of Alfalfa (*Medicago sativa* L.) Breeding Populations", *Romanian Agricultural Research*, No: 34,s: 25-30, (2017).
- [21] L. M. Gonzalez, L. Argente, N. Zaldivar and R. Ramirez, "Effects of Simulated Drought Induced by PEG-6000 on the Germination and Growth of Two Wheat Varieties", *Cultivos Tropicales*, 26 (4): 49-52, (2005).
- [22] B. E. Michel and M. R. Kaufman, "The Osmotic Potential of Polyethylene Glycol 6000", *Plant Physiology*. 5/: 914-916, (1973).
- [23] S. J. Scott, R. A. Jones and W. A. "Williams, Review of Data Analysis Methods for Seed Germination", *Crop Science*, 24: 1192-1199, (1984).
- [24] İ. E. Akıncı ve Ü. Çalışkan, "Kurşunun Bazı Yazlık Sebzeerde Tohum Çimlenmesi ve Tolerans Düzeyleri Üzerine Etkisi", *Ekoloji*, 19(74), 164-172, (2010).
- [25] A. Soltani, Z. Khodarahmpour, A. A. Jafar and S. Nakhjavan, "Selection of Alfalfa (*Medicago sativa* L.) Cultivars for Salt Stress Tolerance Using Germination Indices", *African Journal of Biotechnology*, 11(31):7899-7905, (2012).
- [26] A. A. Abdul-baki and J. D. Anderson, "Viability and Leaching of Sugars from Germinating Barely", *Crop Science*, 10: 31-34, (1970).
- [27] J. Hu, Z. Y. Zhu, W. J. Song, J. C. Wang and W. M. Hu, "Effects of Sand Priming on Germination and Field Performance in Direct-Sown Rice (*Oryza sativa* L.)", *Seed Science Technology*, 33: 243- 248, (2005).



© 2020 by the authors. Submitted for possible open access publication under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).



Review Article



Journal of Agricultural Biotechnology (JOINABT) 3(1), 11-24, 2022

Received: 01-Apr-2022 Accepted: 27-May-2022



SAKARYA UNIVERSITY
OF APPLIED SCIENCES

The Future of Phage-Mediated Biocontrol of Tomato Bacterial Diseases

¹Duygu Bekircan ESKİ* , ²Ardahan ESKİ , ³Cihan DARCAN 

¹Department of Biotechnology, Bilecik Şeyh Edebali University, Bilecik, Turkey

²Program of Biomedical Equipment Technology, Vocational School, Bilecik Şeyh Edebali University, Bilecik, Turkey

³Department of Molecular Biology and Genetics, Bilecik Şeyh Edebali University, Bilecik, Turkey

ABSTRACT

Phytopathogenic bacteria cause significant economic losses in tomato production. Tomato bacterial spot, speck, wilt and cancer disease agents are the most important phytopathogens that cause damage to tomatoes. Chemical methods have been generally used to control these diseases. However, the disadvantages of chemicals like development of resistance in bacterial strains, damage to non-target microorganisms and undesirable effects on the environment have increased the interest in alternative control strategies for sustainable agriculture. The use of bacteriophages, virus infecting bacteria, provides a remarkable alternative in controlling bacterial diseases of tomato. On the other hand, phage-mediated control strategies have three main limitations which are emergence of resistance in bacteria, stability during storage and persistence in the environment. The development of resistance can be mitigated or prevented using phage cocktails. In addition, encapsulation methods such as lyophilization (freeze-drying), emulsification and spray drying can be used for prolonging shelf life and increase the efficacy in field conditions. Studies on the use of phages against tomato bacterial diseases remained mostly as laboratory experiments, and except AgriPhage, a commercialized product, there is no product that can be used to treat diseases under field conditions. The use of eco-friendly products based on bacteriophages is very important for sustainable agriculture. This review compiled information on useful formulation of phage and phages identified in combating four tomato bacterial diseases which was determined as bacterial canker, bacterial speck, bacterial wilt and bacterial spot.

Keywords: Phytopathogenic bacteria, Bacteriophage, Formulation, Biocontrol, Tomato diseases

1 Introduction

Tomato, *Solanum lycopersicum* L. (Solanaceae), is one of the most widely grown vegetables in the world with an annual production of over 180 million tonnes [1]. China alone realizes 31% of the total tomato production, followed by America, India and Turkey are other important producing countries. The huge proportion of production can be adversely affected by biotic and abiotic stress that cause damage on all parts of the plant [2].

Microorganisms, which cause diseases during plant growth and post-harvest storage, are important biotic factors that cause economic losses. More than 60 pathogens including bacteria, fungi, viruses, and

* Corresponding Author's email: d_bekircan@hotmail.com

nematodes that cause disease in tomatoes have been reported [3].

Bacterial speck (caused by *Pseudomonas syringae* pv. *tomato*), spots (caused by *Xanthomonas perforans*, *X. gardneri*, *X. vesicatoria*, *X. euvesicatoria*), wilt (caused by *Ralstonia solanacearum*, *Clavibacter michiganensis* subsp. *michiganensis*) in tomatoes are the most common diseases. Tomato production is influenced by stress, pests and disease negatively and diseases affect both root system and fruit. So, the diseases can suppress the plant growth and decrease the fruit yields and quality.

Antibiotics and copper-based compounds have been commonly used to combat diseases. Although the use of antibiotics is more limited than the copper-based compounds, they are also part of control strategies [4]. The excessive use of chemicals resulted in the emergence of resistant strains over time. Some countries have restricted or prohibited the use of copper-based compounds [5]. Instead of conventional methods, the use of bacteriophages is promising tools for bacterial plant diseases [6]. In agricultural applications, the development of protective formulations that will significantly reduce the adverse effects of environmental factors on phages is important for the stability and effectiveness of phages under field conditions. In addition, applications should be performed in the early morning or late evening hours for increasing the efficacy [7].

In this review, we present the current knowledge on the use of available control methods and bacteriophages in the management of tomato bacterial diseases. In addition, information is provided on how to increase the potential for the use of phages against plant pathogens and their formulation.

2 Bacterial Diseases of Tomato

Tomato, which is an economically important food crop, suffers from bacterial diseases that cause serious yield losses. The most common pathogens that cause disease in tomatoes are bacteria belonging to the genus *Pseudomonas*, *Ralstonia*, *Clavibacter* and *Xanthomonas*.

2.1 Bacterial Canker and Wilt Disease

Clavibacter michiganensis subsp. *michiganensis* (*Cmm*) is a pathogenic bacterium that causes bacterial canker and wilt in tomatoes. *Cmm* is an encapsulated, non-motile, gram-positive and aerobic bacterium which infects not only tomato plant but also pepper, corn, peas, beans and onions. The disease was firstly reported in Michigan, USA in 1909 [8]. Even less than 1% of infected seeds may cause about 60-70% of crop loss in the field. Plant debris, tissues of plants and contaminated seeds allow bacteria to spread over long distances [9]. The pathogen can remain viable in the soil for 2-3 years. White, small and superficial spots that approximately 1-3 mm in diameter appears surface of green tomato fruit. Disease is transmitted by seeds and cause wilting, stunting, reduced fruit yield and premature plant death [10,11].

2.1 Bacterial Wilt

Ralstonia solanacearum (*Rs*) is a plant pathogenic bacterium that causes bacterial wilt disease in tomatoes. The pathogen is a gram-negative, rod-shaped, non-encapsulated bacterium [12]. In the early stage of the disease, symptoms such as wilting and drying appear on the young leaves, while as the disease progresses, the infection may spread to the whole plant and cause death. These symptoms can sometimes occur during plant development and cause sudden wilting in healthy-looking plants. Also, among the common symptoms of this disease is stunting of plants. This soil and water borne pathogen penetrates the host via root and causes wilting [13,14].

2.2 Bacterial Speck

Pseudomonas syringae pv. *tomato* (*Pst*) is a gram-negative, pathogenic bacterium that causes bacterial speck disease, and it is one of the foliar diseases that cause serious economic losses in rainy weather. The disease was firstly reported in Taiwan by Okabe [15]. Small brown spots 1-2 mm in diameter are surrounded by yellow rings on the leaves. As the disease progresses, the lesions coalesce and burns occur, especially on the leaf margins. *Pst* reaches the intercellular spaces of leaves through natural openings such as stomata then it multiplies asymptotically, infects the green tomato fruit, leaves and stems. Finally creating necrotic spots and delaying ripening [16].

2.3 Bacterial Spot

Initially, bacterial spot disease pathogen was defined as *Bacterium vesicatoria*. Later, the bacteria reclassified as *X. vesicatoria* according to their biochemical and physical properties [17]. *Pseudomonas gardneri* was the first bacterial spot disease pathogen in tomatoes [18]. Considering its physical and biochemical properties, *P. gardneri* was named *X. gardneri*, which is a synonym for *X. vesicatoria* [19]. Young et al. [20] named the causative agent *X. campestris vesicatoria* according to DNA homology, *X. campestris* pv. *vesicatoria* divided into two groups (*X. vesicatoria* and *X. axonopodis* pv. *vesicatoria*) [21]. As a result, Jones [22] reclassified the disease agents as four species according to serological and pathological tests. The causal agent of tomato bacterial spot is a complex of at least four species of Xanthomonas (*X. euvesicatoria*, *X. vesicatoria*, *X. perforans*, and *X. gardneri*) [22] though recent studies suggest that *X. euvesicatoria* and *X. perforans* may be considered as a single species [23, 24]. Based on their virulence on a set of differential genotypes, four races (T1 in *X. euvesicatoria*, T2 in *X. vesicatoria*, T3 and T4 in *X. perforans*) have been identified [25].

3 Management of Bacterial Diseases in Tomato

To overcome the tomato bacterial diseases, several strategies such as field sanitation, using resistant species, crop rotation, using pathogen-free seeds and removal of infected plant debris have been used. However, these applications are not sufficient for disease management. Although using pathogen-free seeds is one of the most effective strategies, pathogen contamination during harvesting and planting is another significant problem. For example, seed coated with 1% hydrochloric acid and soil treatment with formaldehyde, decrease both the bacterial titer and symptom development, but are partially efficient against bacterial canker [26,27,28]. The application of chemical pesticides such as copper compounds, copper hydroxide and copper sulfate is the main method used to combat the bacterial tomato disease. Their usage gave successful results at the beginning, but the excessive use of copper and copper-based compounds has caused pathogens to develop resistant strains. Although the application of copper-based formulations before or after *Pst* infection reduced disease severity, the emergence of copper-resistant *Pst* strains has been observed [29,30]. In addition, chemical application does not reduce the symptoms of some diseases such as bacterial wilt (BW) Therefore, it is difficult to combat BW disease. However, validamycin A and validoxylamine which are plant activators that create systemic resistance on tomatoes have been used for management of BW disease. In addition to the development of resistant pathogens, the use of chemical pesticides creates environmental pollution and residue problems, so their use raises concerns. The unregulated and excessive uses of chemicals reduce biodiversity by destroying non-target microflora [31]. Also, accumulation of copper in the soil causes decrease in growth and fruit yield [32,33]. As a result, it is obvious that the use of chemicals in the management of tomato bacterial diseases does not sufficiently protect the plant. Thus, integrated control methods that will eliminate or reduce the effect of the diseases should be applied for a sustainable agriculture.

Some metabolites of microorganisms, alternative to conventional chemicals, can be used as biological control agents against soil-borne pathogens. Antimicrobial peptides such as hexapeptide KCM21 are effective against *Cmm* and *Pst* infections [34]. Metabolites of some beneficial *Pseudomonas* spp. protect the tomato plants from soil-borne pathogen *Pst* [35]. In addition, *Pseudomonas*, *Azotobacter*, *Azospirillum*, *Klebsiella*, *Alcaligenes*, *Enterobacter*, *Arthrobacter*, *Burkholderia*, *Bacillus*, and *Serratia* which are plant promoting bacteria not only promote plant growth but also decrease the disease level in tomato [36,37,38,39]. *Bacillus* and *Pseudomonas* treated seeds reduced the *Cmm* infection in the field [26,40]. Organic substances such as essential oil and extracts are also used to control plant pathogens on tomatoes. Pomegranate peel extract shows an antibacterial effect against *Pst* [41]. Similarly, *Albizia lebbek* extract has protective properties on tomato plants against bacterial speck disease [42]. Also, seed coating with *Origanum vulgare* (oregano) essential oil protects the tomato plants against *Cmm* infection [43]. Another perspective is the use of phages which are a fast-expanding area with great potential to replace the chemical control.

4 Bacteriophages

Bacteriophage, also known as phage, are the viruses that specifically infect bacteria. These microorganisms, which are abundant in nature, have the potential to be used against plant pathogenic bacteria that cause damage to products with high economic value [44]. An important aspect is that phages are species and strain-specific, have rapid multiplication and effect in a short time, and are harmless to non-target organisms [45].

4.1. Bacteriophage Life Cycle

Phage propagations are classified lytic and lysogenic (temperate) for their life strategy. Life cycle of phages have four basic steps: transfer of nucleic acids into the host cell, expression and replication, assembly of virions, and release and transmission of new progeny phages. After their nucleic acid transfer to the host cell, the phage follows either the lytic or lysogenic pathway and completes its life cycle [46]. Lytic phages create phage components using host metabolism, lyses the cell and release new virions. Then released virions similarly infect other bacteria and the life cycle continues. Lysogenic phages infect the host cell, form an episome or integrate their nucleic acid into the bacterial genome and prophage is formed. The prophage replicates with the cell without lysis of the cell [47,48]. If the lysogenic cycle is induced by physical or chemical means, it can switch to the lytic cycle [49].

4.2. Bacteriophage-Based Biocontrol

The first trials of using phages as plant protection agents started in 1924. However, the easy and safe use of chemicals at that time reduced the interest in phage biocontrol. At the beginning of the 21st century, developments of biotechnology and notice the side effects of chemicals have increased the interest in phage biocontrol again [50]. The use of phages against plant pathogens are promising the future. The most important step in selecting phages to be used as biocontrol agents is whether is lytic or lysogenic. Phages to be used as biocontrol agents should be able to multiply lytically by infecting all strains of the target pathogen species [30]. Lysogenic phages are not suitable for use as biocontrol agents, as they are less effective, do not lyse the host cell, and have virulence genes that can make the pathogen more virulent [48,51].

4.3. Host Resistance Mechanisms

The most important point to be considered in bacteriophage applications is the resistant development of the bacterial hosts. Host bacteria have developed several strategies to prevent phage proliferation at various stages of the infection cycle. For example, the exopolysaccharide produced by *Erwinia amylovora* acts as a physical barrier, preventing the phage from recognizing the host receptor and protecting the bacteria against phage infection [52]. In addition, restriction modifications, CRISPR-CAS systems and abortive infection (Abi) defense systems exist among the strategies developed against phage invasion [53,54]. On the other hand, phages also develop strategies to continue their life cycle and overcome bacterial resistance development. Some phages specifically recognize extracellular polymers and degrade them with hydrolase or lyase enzymes [55]. Recently, the use of phage cocktails is another significant strategy to prevent bacterial resistance [56].

4.4. Phage Cocktails

Phage cocktails are used against various plant diseases as well as combat tomato bacterial diseases. Single point mutations in different receptors will not occur simultaneously, using more than one phage targeting different receptors can prevent the resistance problem [57,58, 59, 60]. Flathery et al. [61], tested four different *Xanthomonas campestris* pv. *vesicatoria* phages (at 10^8 pfu/mL concentration) in greenhouses and observed that disease symptoms were 40.5% in control (non-treated) and 0.9% in bacteriophage-treated plants. Balogh et al. [62] reported that the use of phage cocktails in the control of *Xanthomonas campestris* pv. *vesicatoria* prevented the progression of the disease in greenhouse and field conditions. However, one phage can increase the lytic capacity of the other phage by showing a synergistic effect, or it can decrease it by showing an antagonistic effect. For example, in the study conducted by Fujiwara et al. [63], the effectiveness of *R. solanacearum* phages was tested separately and in cocktail form, and it was seen that the phage applied alone was more effective than the cocktail.

4.5. Bacteriophage Formulation

For the successful application of the phages as a biocontrol agent, they need to be protected from the various factors that reduced their effectiveness in the fields. Phages are susceptible to adverse environmental factors like UV radiation, pH, temperature, low humidity, heavy rain and therefore decrease or disappear the efficacy can be observed when applied on aerial surfaces of the plants. Study performed on tomato leaves indicated that the UV irradiation drastically reduced the phage population [64]. Bacteriophage viability declines at day hours due to ultraviolet irradiation and low humidity on leaf surface [62]. The use of protective formulations increases bacteriophage persistence on tomato leaves surface, thus provides increasing stability and efficacy.

In these techniques, which include lyophilization, emulsification, spray drying and liposome encapsulation, phages are coated with certain stabilizing agents and protected from adverse environmental factors [65]. Also, the coating agent should allow the phage to separate from the complex for recognizing the host cell receptor.

Emulsification can be considered as an encapsulation method that can be used in phage formulations, but the difficulty of large-scale storage, prone to bacterial contamination and stored in a stable only in the refrigerator are the factors limiting its use. Spray drying is the conversion of a liquid substance into dried particle form by evaporation. During the drying process, factors such as air flow rate, drying temperature, initial concentration may affect the titer of the phage obtained. A low inlet air temperature (85°C at 300 liters per minute) seem to be the best parameters for phage survival. Also, at least 1010

pfu/ml of phage must be used in the processes because phage titer decreases during drying [66]. As with other encapsulation methods, excipients (trehalose, leucine,) contribute to phage stabilization [67,68]. After the lipids are dissolved in an organic solvent such as chloroform, the solvent is evaporated, and a dry lipid layer remains. The phage suspension is added to the dry lipid film, causing the dry lipid aggregates to swell and become fluid. With agitation, the lipid layers form heterogeneous multilayer liposomes [68]. The inability to control the encapsulation efficiency of the phages in liposomes may limit the use of liposome encapsulation. Among some encapsulation methods, lyophilization (freeze-drying) is an effective method that can increase bacteriophage stability up to 21 years [69]. Lyophilization provides facilitate of storage by bringing cultures into powder form to preserve the viability of microorganisms. It can be easily grown again in culture medium after long-term storage. The coating material to be selected in the lyophilization of phages should preserve the morphological structure of the phages and be biocompatible. Substances such as skim milk, gelatin, peptone, sodium glutamate, polyethylene glycol (PEG), glycerol and sugars (mannitol, sucrose and trehalose) can be used as coating material. The use of sugars is thought to be the most suitable material for the phage stability in lyophilization [70]. Alvarez et al., [71] the stability of phages that can be used against the *Ralstonia solanacearum* after lyophilization was evaluated. Glucose, sucrose and trehalose were used as cryoprotectants in different concentrations. As a result of the study, the use of a high concentration of trehalose showed the most effective result in maintaining phage stability. Uses of formulation strategy, increase the potential of phages to be used as a biological control agent against tomato bacterial diseases. Balong et al. [62] tried unformulated and casecrete (protein polymer) formulated (mixed application only) phages against *Xanthomonas campestris* pv. *vesicatoria* in field condition. Phage formulated with casecrete reduced disease development by 43%. OmniLytics is the first company in USA to receive approval from the environmental protection agency (EPA) for the use of bacteriophages in agriculture. AgriPhage, a phage-based product, is a bactericide prepared for combating bacterial canker, speck and spot diseases in tomatoes and peppers [72]. Table also presents an overview of the most recent phage biocontrol studies about the bacterial tomato diseases under laboratory and field conditions.

Table 1: Some important publications on bacteriophages application against bacterial disease of tomato (Since, 2000).

Pathogen	Bacteriophage(s)	Strategy	Result	Reference
<i>Ralstonia solanacearum</i>	PE226 filamentous bacteriophage	Plaque assays	High efficacy on a wide range of plant pathogenic <i>Ralstonia solanacearum</i> strains.	[73]
	PE204	Simultaneous treatment of phage PE204 on tomato rhizosphere at 10^8 pfu mL ⁻¹	Complete inhibition of bacterial wilt disease	[74]
	<i>vRsoP-WF2</i> , <i>vRsoP-WM2</i> <i>vRsoP-WR</i>	Two applications with an irrigation system. Application at 10^9 , 10^6 pfu/ml and its ten-fold dilution	Remarkable reduction of disease symptoms	[71]
	not specified	Phages application to soil in greenhouse at 10^6 pfu mL ⁻¹ and field application at 10^9 pfu mL ⁻¹	Decrease in the incidence of disease by up to 80%	[75]
	φRSL1	<i>In planta</i> application at 10^{10} pfu per pot)	Rapid decrease in the host bacterial cell density	[63]
	φsp1	Plant bioassay on tomato seedlings at 10^8 pfu per pot	Highly host specific and effective in biofilm prevention	[76]
	φRSM3 filamentous phages	<i>In planta</i> application	Several cultural and physiological changes in host cells, especially loss of virulence.	[77]
	RsPod1EGY	Under greenhouse condition, soil treatment at 10^{11} pfu mL ⁻¹	Completely suppression in disease symptoms	[78]
	J2 J2 + φRSB2	Soil application at 10^{10} pfu mL ⁻¹	Reduction in the amount of the pathogen in contaminated soil and prevention wilting of infected tomato plants	[79]

	Six different phages	Application to the rhizosphere at 2.86×10^6 pfu mL ⁻¹ under planthouse conditions	Reduction in wilt incidence up to 20%.	[80]
<i>Xanthomonas campestris</i> pv. <i>vesicatoria</i>	Phage mixture	Greenhouse and field application with pregelatinized corn flour, skim milk and cassette formulation at 10^9 pfu mL ⁻¹ .	In greenhouse experiments, reduction in disease severity up to 30–62%. In field experiments, reduction in disease severity up to 12–43%.	[62]
	Phage cocktails (six different phage)	In field application, Combinations of the harpin protein, acibenzolar-S-methyl, and bacteriophages (application at 10^{10} pfu mL ⁻¹).	Remarkable decrease in disease progression and improvement of fruit yield	[81]
	Four phage cocktails	Field and greenhouse treatment (application at 10^8 pfu mL ⁻¹).	In field trials, phage application reduced disease severity by ~17% In greenhouse-grown plants disease incidence reduced in two trials from 40.5% (control) to 0.9% and from 17.4% to 2.7%	[61]
	<i>Xanthomonas euvesicatoria</i>	Kφ1, Kφ2, Kφ3, Kφ4, Kφ5, Kφ6, Kφ7, Kφ8, Kφ9	Plaque assays	Clear plaque formation on 59 <i>X. euvesicatoria</i> strains
<i>Xanthomonas vesicatoria</i>	SfXv124t/1, SfXv124t/2, SfXv124t/3	Plaque assays on different strains of <i>X. vesicatoria</i> at 10^6 pfu mL ⁻¹	Clear plaque formation on some strain and no plaque on some strain	[83]
<i>Clavibacter michiganensis</i> subsp. <i>michiganensis</i>	CMP1 and CN77	Endolysin activity of phages in <i>Cmm</i>	High efficacy by endolysin on <i>Cmm</i> cells.	[84]

5 Conclusion

Sustainable strategies are needed to control bacterial diseases in agriculture. Bacteriophages have great potential to prevent these infections. However, the use of phages under field conditions is limited due to UV radiation, pH, temperature, low humidity, and heavy rain. Formulation studies need to be developed to overcome these limitations. Future studies should focus on the possibility of encapsulating bacteriophages, which has not yet been investigated, and on optimising process technology. In addition, long-term stability tests are needed to evaluate satisfactory microencapsulation efficiency. Consequently, bacteriophages have the potential to be an effective biocontrol agent in the fight against bacterial tomato diseases and other phytopathogens.

6 Declarations

6.1 Study Limitations

None.

6.2 Funding Source

None.

6.3 Competing Interests

There is no conflict of interest in this study.

6.4 Authors' Contributions

Conceptualization, D.B.E. and C.D.; writing-original draft preparation, D.B.E. and A.E.; writing-review and editing, C.D. and A.E.; All authors contributed sections to the manuscript and approved the final version of the text.

References

- [1] FAO (2021) FAOSTAT. Available Online: <https://www.fao.org/faostat/en/#data/QC/visualize> Accessed 25 January 2022.
- [2] S. Elnaggar, A.M. Mohamed, A. Bakeer and T.A. Osman, "Current Status of Bacterial Wilt (*Ralstonia solanacearum*) Disease in Major Tomato (*Solanum lycopersicum* L.) Growing Areas in Egypt", *Arch. Agric. Environ. Sci*, vol. 3, pp. 399-406, 2018.
- [3] J.B. Jones, T.A. Zitter, T.M. Momol and S.A. Miller, "Compendium of Tomato Diseases and Pests. Minnesota: American Phytopathological Society Publications, 2014.
- [4] P.L. Thayer and R.E. Stall, "A Survey of *Xanthomonas vesicatoria* Resistance to Streptomycin", *Proc. Annu. Meet Fla. State Hort. Soc.*, vol. 75, pp. 163-165, 1961.
- [5] A.L. Torre, V. Lovino and F. Caradonia, "Copper in Plant Protection: Current Situation and Prospects", *Phytopathol. Mediterr*, vol. 57, pp. 201-236, 2018.
- [6] A. Svircev, D. Roach and A. Castle, "Framing The Future with Bacteriophages in Agriculture", *Viruses*, vol. 10, pp. 218, 2018.

- [7] B. Balogh, "Strategies for Improving The Efficacy of Bacteriophages for Controlling Bacterial Spot of Tomato", Dissertation, University of Florida, 2002.
- [8] E.F. Smith, "A New Tomato Disease of Economic Importance", *Science (New Series)*, vol. 31, pp. 794-796, 1910.
- [9] G.A. Shaker, "Identification of the Bacterium Tomato Stem Canker", *Am. J. Infect. Dis.*, vol. 10, pp. 44-49, 2014.
- [10] M.L. Gleason, E.J. Braun, W.M. Cariton and R.H. Peterson, "Survival and Dissemination of *Clavibacter michiganensis* subsp. *michiganensis* in Tomato", *Phytopathology*, vol. 81, pp. 1519-23, 1991.
- [11] M.L. Gleason, R.D. Gitaitis and M.D. Ricker, "Recent Progress in Understanding and Controlling Bacterial Canker of Tomato in Eastern North America", *Plant Dis*, vol. 77, pp. 1069-76, 1993.
- [12] A. Kelman and J.H. Jensen, "Maintaining Virulence in Isolates of *Pseudomonas solanacearum*", *Phytopathology*, vol. 41, pp. 185-187, 1951.
- [13] E.F. Smith, "The Brown Rot of Solanaceae. Bacterial Diseases of Plants", U.S.A. Saunders Company, pp.177, 1920.
- [14] A. Kelman, "The Bacterial Wilt Caused by *Pseudomonas solanacearum*. A Literature Review and Bibliography", Raleigh, N.C.: North Carolina State College, 1953.
- [15] N. Okabe, "Bacterial Diseases of Plants Occurring in Formosa: II. Bacterial Leaf Spot of Tomato", *J. Soc. Trop. Agric.*, vol. 5, pp. 26-36, 1933.
- [16] G.M. Preston, "*Pseudomonas syringae* pv. tomato: the Right Pathogen, of the Right Plant, at the Right Time", *Mol. Plant Pathol.*, vol. 1, pp. 263-275, 2000.
- [17] E.M. Doidge, "A Tomato Cankers", *Ann. Appl. Biol.*, vol. 7, pp. 407-430, 1921.
- [18] D. Šutic, "Bakterioze Crvenog Patlidzana [Tomato Bacteriosis]", *Posebna Izd Inst Zasht Bilja Beograd*, vol. 6, pp. 1-65, 1957.
- [19] D.W. Dye, "Cultural and Biochemical Reaction of Additional *Xanthomonas* Species", *New Zeal. J. Sci.*, vol. 9, pp. 913-19, 1966.
- [20] J.M. Young, D.W. Dye, J.F. Bradbury, C.G. Panagopoulos and C.F. Robbs, "A Proposed Nomenclature and Classification for Plant Pathogenic Bacteria", *New Zeal. J. Agr. Res.*, vol. 21, pp. 153-177, 1978.
- [21] L. Vaulterin, B. Hoste, K. Kersters and J. Swings, "Reclassification of *Xanthomonas*", *Int. J. Syst. Evol.*, vol. 45, pp. 472-489, 1995.
- [22] J.B. Jones, G.H. Lacy, H. Bouzar, R.E. Stall and N.W. Schaad, "Reclassification of the *Xanthomonads* Associated with Bacterial Spot Disease of Tomato and Pepper", *Syst Appl Microbiol.*, vol. 27, pp. 755-62, 2004.
- [23] J.D. Barak, T. Vancheva, P. Lefeuvre, J.B. Jones, S. Timilsina, G.V. Minsavage, G.E. Vallad and R. Koebnik, "Whole-Genome Sequences of *Xanthomonas euvesicatoria* Strains Clarify Taxonomy and Reveal a Stepwise Erosion of Type 3 Effectors", *Front Plant Sci.*, vol. 7, pp. 1805, 2016.
- [24] Z. Cui, M.R. Ojaghian, Z. Tao, K.U. Kakar, J. Zeng, W. Zhao, Y. Duan, C.M. Vera Cruz, B. Li, B. Zhu and G. Xie, "Multiplex PCR Assay for Simultaneous Detection of Six Major Bacterial Pathogens of Rice", *J. Appl. Microbiol.* 2016; 120:1357-1367
- [25] J.B. Jones, G.H. Lacy, H. Bouzar, G.V. Minsavage, R.E. Stall, N.W. Schaad, "Bacterial Spot - Worldwide Distribution, Importance and Review", *Acta Horticult*, vol. 695, pp. 27-36, 2005.
- [26] A.M. Kasselaki, D. Goumas, L. Tamm, J. Fuchs, J. Cooper and C. Leifert, "Effect of Effective Strategies for the Disinfection of Tomato Seed Infected with Bacterial Canker (*Clavibacter michiganensis* subsp. *michiganensis*). NJAS-Wagen", *J. Life Sci.*, vol. 58, pp. 145-147, 2011.

- [27] P.M. Pradhanang and Colier, G. “How Effective is Hydrochloric Acid Treatment to Control *Clavibacter michiganensis* subsp. *michiganensis* Contamination in Tomato Seed”, *Acta Hort.*, vol. 808, pp. 81-85, 2009.
- [28] J.P. and Kumar, S. “Management of *Ralstonia* Wilt through Soil Disinfectant, Mulch, Lime and Cakes in Tomato (*Lycopersicon esculentum*)”, *Indian J. Agric. Sci.*, vol. 70, pp. 17-19, 2000.
- [29] C.L. Bender and D.A. Cooksey, “Indigenous Plasmids in *Pseudomonas syringae* pv. tomato: Conjugative Transfer and Role on Copper Resistance”, *J. Bacteriol. Res.*, vol. 165, pp. 534-541, 1986.
- [30] C. Buttimer, O. McAuliffe, R.P. Ross, C. Hill, J. O’Mahony and A. Coffey, “Bacteriophages and Bacterial Plant Diseases”, *Front. Microbiol.* vol. 8, pp. 34, 2017.
- [31] Y.A. Nion and K. Toyota, “Recent Trends in Control Methods for Bacterial Wilt Diseases Caused by *Ralstonia solanacearum*”, *Microbes Environ.* pp.141-44, 2015.
- [32] F.M. Rhoads, S.M. Olson and A. Manning, “Copper Toxicity in Tomato Plants”, *J. Environ. Qual.*, vol. 18, pp. 195-197, 1989.
- [33] S. Sonmez, M. Kaplan, K.N. Sonmez, H. Kaya and I. Uz, “High level of Copper Application to Soil and Leaves Reduce the Growth and Yield of Tomato Plants”, *Sci. Agric.*, vol. 63, pp. 213-218, 2006.
- [34] J. Choi, K.H. Baek and E. Moon, “Antimicrobial Effects of a Hexapeptide KCM21 Against *Pseudomonas syringae* pv. tomato DC3000 and *Clavibacter michiganensis* subsp. *michiganensis*”, *Plant Pathol. J.*, vol. 30, pp. 245-253, 2014.
- [35] J. Mercado-Blanco and P.A.H.M. Bakker, “Interactions between Plants and Beneficial *Pseudomonas* spp. Exploiting Bacterial Traits for Crop Protection”, *Antonie Leeuwenhoek.*, vol. 92, pp. 367-389, 2007.
- [36] A.N. Babu, S. Jogaiah, S. Ito, A.K. Nagaraj and L.P. Tran, “Improvement of Growth, Fruit Weight and early Blight Disease Protection of Tomato Plants by Rhizosphere Bacteria is Correlated with Their Beneficial Traits and Induced Biosynthesis of Antioxidant Peroxidase and Polyphenol Oxidase”, *Plant Sci.*, vol. 231, pp. 62-73, 2015.
- [37] I. Hammami, A.B. Hsouna, N. Hamdi, R. Gdoura and M.A. Triki, “Isolation and Characterization of Rhizosphere Bacteria for the Biocontrol of the Damping-off Disease of Tomatoes in Tunisia”, *C. R. Biol.*, vol. 336, pp. 557-564, 2013.
- [38] P. Martinez-Hidalgo, J.M. Garcia and M.J. Pozo, “Induced Systemic Resistance against *Botrytis cinerea* by Micromonospora Strains Isolated from Root Nodules”, *Front. Microbiol.*, vol. 6, pp. 922, 2015.
- [39] N. Pastor, E. Carlier, J. Andrés, S.B. Rosas and M. Rovera, “Characterization of Rhizosphere Bacteria for Control of Phytopathogenic Fungi of Tomato”, *J. Environ. Manage.*, vol. 95, pp. 33-337, 2012.
- [40] S. Umesha, “Occurrence of Bacterial Canker in Tomato Fields of Karnataka and Effect of Biological Seed Treatment on Disease Incidence”, *J. Crop Prot.*, vol. 25, pp. 375-381, 2006.
- [41] A. Quattrucci, E. Ovidi, A. Tiezzi, V. Vinciguerra and G.M. Balestra, “Biological Control of Tomato Bacterial Speck Using *Punica granatum* Fruit Peel Extract”, *Crop. Prot.*, vol. 46, pp. 18-22, 2012.
- [42] M.V. Arasu, N.A. Al-Dhabi, K.C. Choi, A.D.V. Bensey and J. Rajaselvam, “Bioactive Potential of *Albizia lebbek* Extract against Phytopathogens and Protective Properties on Tomato Plant against Speck Disease in Greenhouse”, *Physiol. Mol. Plant Pathol.*, vol. 117, pp. 101750, 2022.
- [43] M. Yılmaz, Ö. Baysal and R.S. Silme, “The effect of a seed coating with *Origanum vulgare* Essential Oil on *Clavibacter michiganensis* subsp. *michiganensis*”, *Plant Prot. Sci.*, vol. 57, pp. 217–225, 2021.
- [44] B. Balogh, J.B. Jones, F.B. Iriarte and M.T. Momol, “Phage therapy for plant disease control”, *Curr. Pharm. Biotechnol.*, vol. 11, pp. 48–57, 2010.

- [45] N. Liu, C. Lewis, W. Zheng and Z.Q. Fu, "Phage cocktail therapy: multiple ways to suppress pathogenicity", *Trends Plant Sci.*, vol. 25, pp. 315-317, 2020.
- [46] S.T. Abedon, Phage ecology. In: R. Calender and S.T. Abedon (Eds.), *The Bacteriophages* (pp. 37-46). Oxford: Oxford University Press, 2006.
- [47] A. Campbell, "General Aspects of Lysogeny. in: R. Calender and S.T. Abedon (eds.), *The Bacteriophages*", Oxford: Oxford University Press, pp. 66-73, 2006.
- [48] C. Howard-Varona, K.R. Hargreaves, S.T. Abedon and M.B. Sullivan, "Lysogeny in Nature Mechanisms, Impact and Ecology of Temperate Phages", *ISME*, vol. 11, pp. 1511-1520, 2017.
- [49] I. Müller, R. Lurz and K. Geider, "Tasmancin and Lysogenic Bacteriophages Induced from *Erwinia tasmaniensis* Strains", *Microbiol. Res.*, vol. 167, pp. 381-387, 2012.
- [50] D. Holtappels, R. Lavigne, I. Huys and J. Wagemans, "Protection of Phage Applications in Crop Production: a Patent Landscape", *Viruses*, vol. 11, pp. 1-16, 2019.
- [51] V.L. Taylor, A.D. Fitzpatrick, Z. Islam and K.L. Maxwell, "The Diverse Impacts of Phage Morons on Bacterial Fitness and Virulence", *Adv. Virus Res.*, vol. 103, pp. 1-31, 2019.
- [52] P. Hyman and S.T. Abedon, "Bacteriophage Host Range and Bacterial Resistance", *Adv. Appl. Microbiol.*, vol. 70, pp. 217-248, 2010.
- [53] B. Koskella, D.M. Lin, A. Buckling and J.N. Thompson, "The Costs of Evolving Resistance in Heterogeneous Parasite Environments", *Proc. Royal Soc.*, vol. 279, pp. 1896-1903, 2012.
- [54] P.J. Looijesteijn, L. Trapet, E. de Vries, T. Abee and J. Hugenholtz, "Physiological Function of Exopolysaccharides Produced by *Lactococcus lactis*", *Int. J. Food Microbiol.*, vol. 64, pp. 71-80, 2001.
- [55] S.J. Labrie, J.E. Samson and S. Moineau, "Bacteriophage Resistance Mechanisms", *Nat. Rev. Microbiol.*, vol. 8, pp. 317-327, 2010.
- [56] J. Li, F. Zhao, W. Zhan, Z. Li, L. Zou and Q. Zhaod, "Challenges for the Application of Bacteriophages as Effective Antibacterial Agents in the Food Industry", *J. Sci. Food Agric.*, vol. 102, pp. 461-471, 2020.
- [57] J.B. Jones, L.E. Jackson, B. Balogh, A. Obradovic, F.B. Iriarte and M.T. Momol, "Bacteriophages for Plant Disease Control", *Annu. Rev. Phytopathol.*, vol. 45, pp. 245-262, 2007.
- [58] M.D. Lang and K. Evans, "Epidemiology and Status of Walnut Blight in Australia", *J. Plant Pathol.*, vol. 92, pp. 49-55, 2010.
- [59] A. Ross, S. Ward and P. Hyman, "More is Better: Selecting for Broad Host Range Bacteriophages", *Front. Microbiol.*, vol. 7 pp. 1352, 2016.
- [60] F.I. Tovkach, "A Study of *Erwinia carotovora* Phage Resistance with the Use of Temperate Bacteriophage", *Microbiology*, vol. 71, pp. 72-78, 2002.
- [61] J.E. Flatherty, J.B. Jones, B.K. Harbaugh, G.C. Somodi and L.E. Jackson, "Control of Bacterial Spot on Tomato in the Greenhouse and Field with H-Mutant Bacteriophages", *Hortscience*, vol. 35, pp. 882-884, 2000.
- [62] B. Balogh, J.B. Jones, M.T. Momol, S.M. Olson, A. Obradovic and P. King, "Improved Efficacy of Newly Formulated Bacteriophages for Management of Bacterial Spot on Tomato. *Plant Dis.*, vol. 87, pp. 949-54, 2003.
- [63] A. Fujiwara, M. Fujisawa, R. Hamasaki, T. Kawasaki, M. Fujie and T. Yamada, "Biocontrol of *Ralstonia solanacearum* by Treatment with Lytic Bacteriophages", *App. Environ. Microbiol.*, vol. 77, pp. 4155-4162, 2011.

- [64] F.B. Iriarte, A. Obradovic, M.H. Wernsing, L.E. Jackson, B. Balogh, J.A. Hong, M.T. Momol, J.B. Jones and G.E. Vallad, "Soil-Based Systemic Delivery and Phyllosphere in vivo Propagation of Bacteriophages: Two Possible Strategies for Improving Bacteriophage Persistence for Plant Disease Control", *Bacteriophage*, vol. 2, pp. 215-224, 2012.
- [65] D. Rosner and J. Clark, "Formulations for Bacteriophage Therapy and the Potential Uses of Immobilization", *Pharmaceuticals*, vol. 14, pp.359, 2021.
- [66] D. Vandenheuvel, A. Singh, K. Vandersteegen, J. Klumpp, R. Lavigne, G. Van den Mooter, "Feasibility of Spray Drying Bacteriophages into Respirable Powders to Combat Pulmonary Bacterial Infections", *Eur. J. Pharm. Biopharm.*, vol. 84, pp. 578-582, 2013.
- [67] N.B. Carrigy, L. Liang, H. Wang, S. Kariuki, T.E. Nagel, I.F. Connerton and R. Vehring, "Trileucine and Pullulan Improve Anti-Campylobacter Bacteriophage Stability in Engineered Spray-Dried Microparticles", *Annu. Rev. Biomed. Eng.*, vol.48, pp.1169-1180, 2020.
- [68] S.S.Y. Leung, T. Parumasivam, F.G. Gao, E.A. Carter, N.B. Carrigy, R. Vehring, W.H. Finlay, S. Morales, W.J. Britton and E. Kutter, "Effects of Storage Conditions on the Stability of Spray Dried Inhalable Bacteriophage Powders", *Int. J. Pharm.*, vol. 521, pp. 141-149, 2017.
- [69] J. Colom, M. Cano-Sarabia, J. Otero, P. Cortés, D. Maspoch and M. Llagostera, "Liposome Encapsulated Bacteriophages for Enhanced Oral Phage Therapy against *Salmonella* spp.", *Appl. Environ. Microbiol.*, vol. 81, pp.4841-4849, 2015.
- [70] H. Ackermann, D. Tremblay and S. Moineau, "Long-Term Bacteriophage Preservation", *WFCC Newsl.*, vol. 38, pp. 35-40, 2004.
- [71] U. Puapermpoonsiri, S.J. Ford and C.F. van der Walle, "Stabilization of Bacteriophage during Freeze Drying", *Int. J. Pharm.*, vol. 389, pp. 168-175, 2010.
- [72] B. Álvarez, L. Gadea-Pallás, A. Rodríguez, B. Vicedo, A. Figàs-Segura and E.G. Biosca, "Viability, stability and Biocontrol Activity in Planta of Specific *Ralstonia solanacearum* Bacteriophages after Their Conservation prior to Commercialization and Use", *Viruses*, vol. 14, pp. 183, 2022.
- [73] OmniLytics., "Agriphage Product Info. Available at: <https://www.agriphage.com/product-info/> ", 2006.
- [74] S. Murugaiyan, J.Y. Bae, J. Wu, S.D. Lee, H.Y. Um, H.K. Choi, E. Chung, H.L. Lee and S.W. Lee, "Characterization of Filamentous Bacteriophage PE226 Infecting *Ralstonia solanacearum* Strains". *J. Appl. Microbiol.*, vol. 110, pp. 296-30, 2010.
- [75] X. Wang, Z. Wei, K. Yang, J. Wang, A. Jousset, Y. Xu, Q, V.P. Shen Friman, "Phage Combination Therapies for Bacterial Wilt Disease in Tomato", *Nat. Biotechnol.*, vol. 37, pp. 1513-1520, 2019.
- [76] P.D. Umrao, V. Kumar and S.D. Kaistha "Biocontrol Potential of Bacteriophage ϕ sp1 against Bacterial Wilt-Causing *Ralstonia solanacearum* in Solanaceae Crops", *Egypt. J. Biol. Pest Control*, vol. 31, pp.1-12, 2021.
- [77] H.S. Addy, A. Askora, T. Kawasaki, M. Fujie and T. Yamada, "The Filamentous Phage Φ rss1 Enhances Virulence of Phytopathogenic *Ralstonia solanacearum* on Tomato," *Phytopathology*, vol.102, pp. 244-251, 2012.
- [78] K. Elhalag, M. Nasr-Eldin, A. Hussien and A. Ahmad, "Potential use of Soilborne Lytic Podoviridae Phage as a Biocontrol Agent against *Ralstonia solanacearum*", *J. Basic Microbiol.*, vol. 58, pp.658-669, 2018.
- [79] A. Bhunchoth, N. Phironrit, C. Leksomboon, O. Chatchawankanphanich, S. Kotera, E. Narulita, T. Kawasaki, M. Fujie and T. Yamada, "Isolation of *Ralstonia solanacearum*-Infecting Bacteriophages From Tomato Fields in Chiang Mai, Thailand, and Their Experimental use as Biocontrol Agents", *J. Appl. Microbiol.*, vol.118, pp. 1023-1033, 2015.

- [80] M.D. Kalpage and D.M. De Costa, "Isolation of Bacteriophages and Determination of Their Efficiency in Controlling *Ralstonia solanacearum* Causing Bacterial Wilt of Tomato", *Tropical Agricultural Research* vol. 26, pp. 140-151, 2014.
- [81] A. Obradovic, J.B. Jones, M.T. Momol, B., Balogh and S.M. Olson, "Management of Tomato Bacterial Spot in the Field by Foliar Applications of Bacteriophages and SAR Inducers", *Plant Dis.*, vol. 88, pp. 736-740, 2004.
- [82] K. Gašić, M.M. Ivanović, M. Ignjatov, A. Calić and A. Obradović, "Isolation and Characterization of *Xanthomonas euvesicatoria* Bacteriophages", *Plant Pathol.*, pp. 415-423, 2011.
- [83] Y. Kizheva, M. Eftimova, R. Rangelov, N. Micheva, Z. Urshev, I. Rasheva and P. Hristova, "Broad Host Range Bacteriophages Found in Rhizosphere Soil of a Healthy Tomato Plant in Bulgaria", *Heliyon*, vol. 7, pp. 07084, 2021.
- [84] J. Wittmann, R. Eichenlaub and B. Dreiseikelmann, "The Endolysins of Bacteriophages CMP1 and CN77 are Specific for The Lysis of *Clavibacter michiganensis* Strains", *Microbiology*, vol. 156, pp. 2366-2373, 2010.



© 2020 by the authors. Submitted for possible open access publication under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).

Nutrition Media Optimization Study in Micropropagation: *Phormium tenax* (New Zealand Flax)

Neslihan BABALI^{1*}  Taki DEMİR² 

¹Department of Horticulture, Faculty of Agriculture, Sakarya University of Applied Sciences, Arifiye, Sakarya
²Faculty of Agriculture, Sakarya University of Applied Sciences, Arifiye, Sakarya

ABSTRACT

Phormium tenax (New Zealand Flax) is a plant used in many sectors such as the flax industry, paper, medicine, cosmetics, landscaping and even recently the food industry, thanks to its fibrous structure. It has been aimed to determine the environments that can be used in micropropagation of *Phormium tenax* (New Zealand Flax), which is one of the most imported ornamental plants, which is frequently used in landscapes in Turkey and the world in recent years. For this purpose, widely used MS, DKW, WPM, GAMBORG B5 and MS-Mod nutrient media prepared considering the soil requirements of the plant were used. In *Phormium tenax* media trials, the number of shoots per explant (1.53 shoots/explant) was seen in MS-Mod media with 1,00 mg L⁻¹ BAP, 0,01 mg L⁻¹ IBA. In addition, since MS-Mod medium gave better results in other parameters, it was determined that it was suitable for micropropagation. According to the results obtained in the research, it has been determined that the MS-Mod medium with lower nitrogen content for the *Phormium tenax* (New Zealand Flax) plant is both economical and environmentally friendly.

Keywords: *Phormium tenax*, New Zealand Flax, micropropagation, Tissue Culture, clonal propagation, plant media.

Mikroçoğaltımda *Phormium Tenax* (Yeni Zelanda Keteni) Besi Ortamı Optimizasyon Çalışması

ÖZET

Phormium tenax (Yeni Zelanda Keteni) lifli yapısı sayesinde keten endüstrisi başta olmak üzere, kağıt, ilaç, kozmetik, peyzaj ve hatta yakın zamanda gıda endüstrisi gibi bir çok sektörde kullanılan bir bitkidir. Son yıllarda Türkiye'de ve Dünya'da dış mekânda sık kullanılan ve bu nedenle en çok ithal edilen süs bitkilerinden biri olan *Phormium tenax* (Yeni Zelanda Keteni) bitkisinin mikroçoğaltımda kullanılacak ortamların belirlenmesi hedeflenmiştir. Bu amaçla yaygın olarak kullanılan MS, DKW, WPM, GAMBORG B5 ve bitkinin toprak istekleri dikkate alınarak hazırlanan MS-Mod besin ortamları kullanılmıştır. *Phormium tenax* ortam denemelerinde, eksplant başına sürgün sayısı (1,53 sürgün/eksplant) 1,00 mg L⁻¹ BAP, 0,01 mg L⁻¹ IBA ile MS-Mod ortamında görülmüştür. Ayrıca diğer parametrelerde de MS-Mod ortamı daha iyi sonuçlar verdiği için mikroçoğaltım için uygun olduğu belirlenmiştir. Araştırmada elde edilen sonuçlara göre *Phormium tenax* (Yeni Zelanda Keteni) bitkisi için daha düşük azot içeriğine sahip MS-Mod ortamının hem ekonomik hem de çevreci olduğu tespit edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: *Phormium tenax*, Yeni Zelanda Keteni, mikroçoğaltım, doku kültürü, klonal çoğaltım, besi ortamı.

* Corresponding Author's email: neslihanb@subu.edu.tr

1 Introduction

Phormium tenax (New Zealand Flax) is an important evergreen fiber plant belonging to the *Hemerocallidaceae* family. It is native to New Zealand and Norfolk Island. Adaptable to all kinds of terrain conditions, *P. tenax* naturally spreads up to 1,200 m above sea level. It generally adapts to equatorial, oceanic, subtropical and tropical climates (Furtado, 2022). With the presence of more than one color in its leaves, it provides a striking and colorful visual appearance among seasonal flowers and flowering shrub species (Rouinsard, 2021).

New Zealand flax was first used by the natives for hunting and fishing, and later as medicine. It has been reported that the gel and nectar obtained from the plant are used in the treatment of boils, skin wounds and even toothache. It is known that the root juice of the plant is used as a disinfectant, and the leaves are used to bind broken bones. It is an excellent adhesive and also a very good antiseptic. Studies have also been conducted on the use of flax gel as a standard thickener for cosmetic products. *Phormium tenax* is widely used in the flax industry due to its fibrous structure.

P. tenax seed has a very rich oil content (5-16% oleic acid, 75-89% linoleic acid, 3-11% palmitic acid and 1-3% stearic acid). Unlike other flaxseeds, *Phormium tenax* seed oil is rich in omega-6 fatty acid linoleic acid. It has been stated that the oil from linseed is rich enough to be compared with sunflower and safflower, and the first class of edible vegetable oil compared to oil from rapeseed and soybean (Jebrell, 2021). In addition, the amount of 57.5% holocellulose in *Phormium tenax* is very close to the amount of pine (68%) and eucalyptus (59.8%) used in the paper industry. For this reason, it has a high potential for use in paper production. When *Phormium tenax* is processed as linen in the industry, ornaments made from materials produced from by-products, hard packaging, small containers, and furniture such as chairs and tables used in cafes and patisseries can also be used as anti-mildew thanks to its antioxidant feature. (Furtado, 2022) The most widely used method in ornamental plant production is vegetative production (Düzer, 2010). Tissue culture techniques are used for faster, disease-free and standard plant production compared to traditional methods. (Hamidi Birecikli, 2018). This technique is useful for the rapid propagation of a wide variety of ornamental plants. (Rouinsard, 2021). The production of a new plant, tissue or various secondary metabolites from a cell, tissue or organ taken from the plant in aseptic and controlled conditions in an artificial nutrient medium is called tissue culture (Babaoğlu, 2001).

Phormium tenax is difficult to grow by vegetative methods outside of its natural distribution area. In recent years, it is one of the most imported ornamental plants, which is frequently used in outdoor rock gardens and pool garden designs in Turkey and the world. It is used as a background plant in the landscape, especially because of its variegated leaves (Jebrell, 2021). This study, it was aimed to develop tissue culture and micropropagation protocols for *Phormium tenax* plant. For this purpose, the effect of the number of shoots per explant and the average growth performance of growing shoots on plant reproduction were investigated in different nutrient media.

2 Research Methodology

In this study, *Phormium tenax* plant in the Sakarya University of Applied Science, Faculty of Agriculture Plant Tissue Culture Laboratory was used. Differently preferred nutrient media and their contents in the study are given in Table 1. The media to be used were sterilized in an autoclave at 121°C for 20 minutes (1 atm) with liquid steam pressure.

The nutrient media were selected according to the plant and soil requirements. In order to create micropropagation, 1,00 mg L⁻¹ BAP and 0,01 mg L⁻¹ IBA were added to each medium, taking into

account the literature. Explants from the donor plant were first washed in running water for 30 minutes and treated with antifungals for 15 minutes, followed by surface sterilization with 25% volume of sodium hypochlorite (ACE) for 20 minutes. Finally, it was washed with sterile distilled water for 5 minutes and 3 times and inoculated in the determined nutrient media. It was cultured at $24 \pm 20^\circ\text{C}$ for a period of 30 days with a photoperiod of 16 hours. At the end of the regeneration period, the number of shoots per explant (shoot/explant), stem length (mm), shoot length (mm), stem diameter (mm) and the number of leaves per explant (leaf/explant) were determined. The effects of media on these characteristics were determined statistically. All plant trials were subjected to Duncan multiple comparison and analysis of variance in SPSS statistical program. All plant trials were subjected to Duncan multiple comparison and analysis of variance in SPSS 20,0 statistical program.

Table 1: *Nutrient media and ingredients (mg L⁻¹).*

Ingredients	MS (Murashige, 1962)	MS-modified (Babali, 2020)	DKW (Driver, 1984)	WPM (Lloyd, 1981)	GAMBORG- B5 (Gamborg, 1968)
NH ₄ NO ₃	1650	500	1416	400	150
KNO ₃	1900	2000	-	-	-
Ca(NO ₃ .4H ₂ O)	-	1200	1968	386	-
K ₂ SO ₄	-	-	1559	990	2885
MgSO ₄	181	370	740	180	122
CaCl ₂	333	-	147	72	113
KH ₂ PO ₄	170	170	259	170	150
FeSO ₄ .7H ₂ O	27,8	33,80	42,25	27,8	27,8
Na ₂ EDTA	37,26	45,40	56,75	37,26	37,26
Na ₂ MoO ₄	0,25	0,39	0,40	0,25	0,20
CuSO ₄ .5H ₂ O	0,25	0,25	0,25	0,25	0,12
H ₃ BO ₃	6,2	4,8	12,4	6,2	3,1
Zn(NO ₃) ₇ H ₂ O	16,9	17	26,7	8,6	6,6
MnSO ₄ .2H ₂ O	8,6	33,5	33,8	22,3	8,45
NiSO ₄ .6H ₂ O	5	5	5	5	-
Glycine	2	2	2	2	1
Nikotinik acid	0,5	1	1	0,5	0,5
Thiamine HCl	0,1	2	2	1	1
My-inositol	1	1	1	1	1
L-glutamine	1	-	1	-	-

3 Results and Discussion

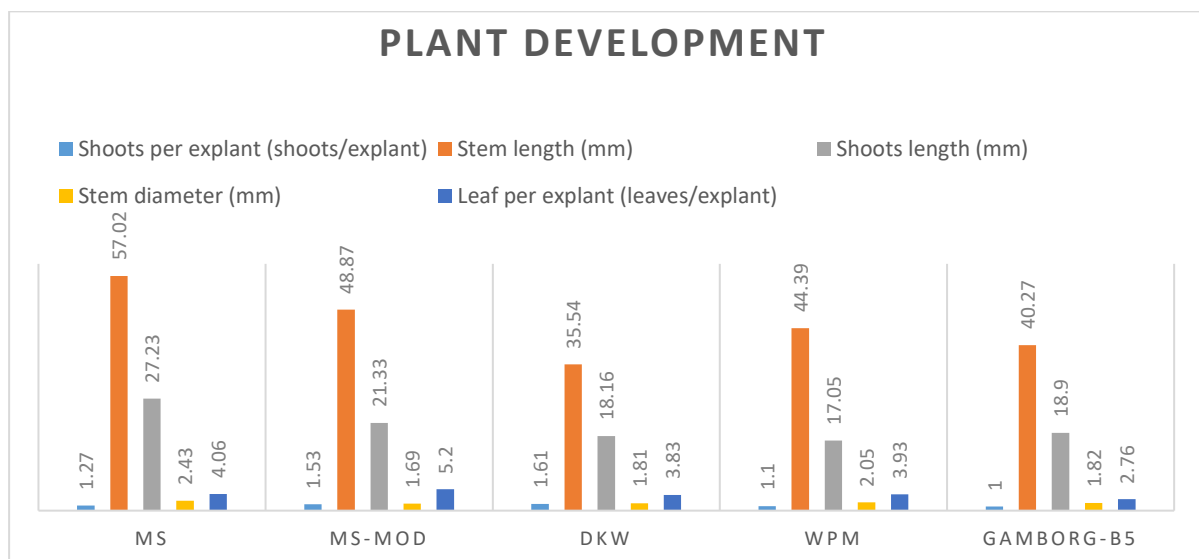
In this study, MS-Mod nutrient medium modified according to the soil requirements of the plants was used, taking into account the MS medium components that are generally used in the literature. In addition, 1,00 mg L⁻¹ BAP and 0,01 mg L⁻¹ IBA plant growth regulators were added to the nutrient medium for plant propagate.

Table 2: *Phormium tenax* shoot per explant development.

Plant media	Shoots per explant (shoots/explant)	Stem length (mm)	Shoot length (mm)	Stem diameter (mm)	Leaf per explant (leaves/explant)
MS	1,27 ^{ab}	57,02 ^a	27,23	2,43	4,06 ^{ab}
MS-Mod	1,53 ^a	48,87 ^{ab}	21,33	1,69	5,20 ^a
DKW	1,61 ^a	35,54 ^c	18,16	1,81	3,83 ^{bc}
WPM	1,10 ^{ab}	44,39 ^{bc}	17,05	2,05	3,93 ^{abc}
GAMBORG-B5	1,00 ^b	40,27 ^{bc}	18,90	1,82	2,76 ^c
	*	*	N.S.	N.S.	*

a-c: The difference between the samples in the same column is statistically significant ($P < 0,05$). NS: not significant. There is no statistical difference between the ones denoted by the same letter.

In Table 2, shoots per explant differed between 1,00 and 1,61 mm. The maximum number of shoots per explant was obtained from DKW, MS-Mod, MS and WPM media (1,61 mm, 1,53 mm, 1,27 mm, 1,10 mm, respectively). It was determined that the lowest results in terms of shoot number per explant were obtained from GAMBORG-B5 medium (1,00 mm). The highest stem length per explant was 57,02 mm from MS medium. MS and MS-Mod medium gave the same results for stem length per explant (57,02 and 48,87 mm, respectively). In this study, shoot lengths varied between 17,05 mm and 27,23 mm. Detected from 1,81 mm to 2,43 mm. It has been determined that there is no statistical difference in these two characters. Leaf per explant has been measured between 2,76 and 5,20. There was no difference in the number of leaves per explant between MS-Mod, MS and WPM media. There was no statistically significant difference between media in terms of shoot length and stem diameter. It was determined that there was no significant difference in the number of leaves between the MS-Mod medium and the DKW medium, with a maximum of 6,25 pieces of plant leaves from the DKW medium. The most suitable growth medium for *Phormium tenax* was determined as MS-Mod medium.



Rigg and Watson (1945), in their study with *Phormium tenax*, determined that the plant grows better in an environment with low nitrogen content and high potassium and sulfur content. The most suitable MS-Mod medium in this study has low nitrogen content and high potassium content. In this respect, it can be thought that nitrogen used at low rates contributes to development. According to Battistini et al.

(2003) stated that the best growth in *P. tenax in vitro* liquid culture was MS medium containing 4.00 mg L⁻¹ BAP. A high amount of BAP was not used in our study. Plant growth was also observed at low bap amount. Zhu et al. (2009) observed in their micropropagation study that the most ideal growth was achieved in MS+6-BA 0.50 mg/L+KT 2.00 mg/L+NAA 0.20 mg/L medium. In our study, only BAP was used as cytokinin and IBA was used as auxin. Vegetative growth was also observed in the presence of bap only. In addition, it was determined that the MS-Mod medium with low nitrogen content was more efficient than the MS medium with the amount of cytokinin and auxin used.

4 Conclusion

It was concluded that the nutrients needed for the development of the plant were determined and the environments prepared accordingly were more successful. In *Phormium tenax* media trials, the best results were obtained in MS-Mod media containing 1,00 mg L⁻¹ BAP, 0.01 mg L⁻¹ IBA, including all parameters examined. Thus, it shows that it is important to meet the natural requirements of the plant in tissue culture. Accordingly, the media prepared specifically for the plant species in micropropagation provide a great advantage in obtaining both economic and environmentally friendly and more successful results.

5 Declarations

There is no conflict of competing interest in this study.

6 Author contributions

Neslihan BABALI provided laboratory studies, analyzes and writing of the article. The planning, execution and evaluation of the research were provided by Taki DEMİR. The authors have read and approved the final version of the article.

7 Acknowledgements

All studies in this research were carried out in the Sakarya University of Applied Science, Faculty of Agriculture Plant Tissue Culture Laboratory was used.

References

- Babalı, N. ve Demir, T. (2020). A Research on Micropropagation of *Loropetalum chinense*. JOINABT, 1(1).
- Babaoğlu, M. (2001). Bitki Biyoteknolojisi 1 Doku Kültürü ve Uygulamaları. Selçuk Üniversitesi Vakfı Yayınları.
- Battistini, A. Masini, M. & Paoli, G. M. (2003). Micropropagation of Bamboo and *Phormium*- ornamental plants with variegated leaves. *Italus Hortus*, 10(4), 165-167.
- Driver, J. A. & Kuniyuki, A. H. (1984). *In vitro* propagation of Paradox walnut rootstock. *HortScience*, 19, 507-509.
- Düzer, E. (2010). Origanum Onites Ve Origanum Majorana Bitkileri İle Meristem Kültürü Kullanılarak Stres Fizyolojisi Çalışması. Eskişehir: Anadolu Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Furtado, F., Flores-Sahagun, T. H. & Franco, T.S. (2022). Analysis of Polymeric Composites of *Phormium Tenax*. *Biointerface Research in Applied Chemistry*, 13(2), 1-16. doi:10.33263/BRIAC132.124.

- Gamborg, O. L. (1968). Nutrient Requirements of suspension cultures of soybean root cells. *Exp. Cell Research*, 50, 151-158.
- Hamidi Birecikli, A. (2018). Balcı Aspir (*Carthamus tinctorius L.*) Çeşidinin Mikroçoğaltımı. Yüksek Lisans Tezi. Batman: Batman Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Jebrell, M. (2021). Assessing the potential of Flax (*Phormium tenax*; Harakeke) for utilisation by dairy cow. Yüksek Lisans Tezi. Yeni Zelanda: Massey Üniversitesi.
- Lloyd, G. & McCown, B. H. (1981). Commercially-feasible micropropagation of Mountain Laurel, *Kalmia latifolia*, by shoot tip culture. *Proc. Int. Plant Prop. Soc.*, 30, 421-427.
- Murashige, T. & Skoog, F. (1962). A revised medium for rapid growth and bio-assays with tobacco tissue cultures. *Physiologia Plantarum*, 15, 473-497.
- Rigg, T. W. (1945). Phormium tenax manurial and cultural experiments at Westport. *New Zealand Journal of Science and Technology*, 27, 336-342.
- Rouinsard, A. H. (2021). Effects of the in vitro behavior of micropropagated plants on the stability of variegation in *Yucca gloriosa*, *Phormium tenax*, and *Cordylinaustralis* cultivars. *Scientia Horticulturae*, 287, 110-115. doi:10.1016/j.scienta.2021.110115
- Zhu, Q., Qian, X. & Li, P. (2009). Study on rapid propagation in vitro of phormium. *Acta Agriculturae Shanghai*, 25(1), 101-104.



© 2020 by the authors. Submitted for possible open access publication under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).

İklim Değişikliğinin Fitopatoloji Açısından İncelenmesi

Bahadır ŞİN^{1*} , Ömer Ümit OKÇU² 

¹ Bitki Koruma, Ziraat Fakültesi, Sakarya Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Arifiye, Sakarya, Türkiye.

² Ziraat Fakültesi, Sakarya Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Arifiye, Sakarya, Türkiye.

ÖZ

Günümüz ve geleceğimizin en büyük sorunlarından biri olan küresel iklim değişikliği gün geçtikçe etkisini daha da şiddetli bir şekilde hissettirmektedir. Mevsimlerde yaşanan olağan dışı farklılıklar tarımsal üretimde belli başlı sorunları da beraberinde getirmektedir. Daha önce ülkemizde görülmeyen bitki hastalıklarının ülkemiz için sorun teşkil etmesi ya da yabancı otların iklim değişikliğine, kültür bitkilerinden daha fazla uyum sağlayarak üretimde düşüslere yol açması bu sorunlardan sadece birkaçıdır. Bu çalışmada iklim değişikliğinin bitki hastalıkları ve yabancı otlara olan olumlu ya da olumsuz etkileri incelenmiş, gelecekte ne gibi sorunlarla karşı karşıya kalınacağına değinilmiş ve iklim değişikliğinin fitopatoloji açısından önemi vurgulanmıştır. İklimde yaşanan değişimlerin bitkisel üretim üzerinde direkt ya da dolaylı etkilerine dikkat çekilerek, gerekli adımların atılması hedeflenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Bitki koruma, hastalık, yabancı ot.

Examination of Climate Change in Terms of Phytopathology

ABSTRACT

Global climate change, which is one of the biggest problems of our day and future, is being felt more and more severely day by day. Unusual differences in seasons bring along certain problems in agricultural production. Plant diseases that have not been seen in our country before, posing a problem for our country or weeds adapting to climate change more than cultivated plants, causing decreases in production are just a few of these problems. In this study, the positive or negative effects of climate change on and weeds were examined, it was mentioned what kind of problems to be faced in the future and the importance of climate change in terms of phytopathology was emphasized. It is aimed to take necessary steps for this by drawing attention to the direct or indirect effects of changes in the climate on crop production.

Keywords: Plant protection, disease, weed.

1 Giriş

Günümüzde insanoğlunun karşılaştığı en büyük çevresel sorunların başında iklim değişikliği gelmektedir. Oluşan bu değişiklik sonucunda karasal ve su ekosistemlerinde geri dönüşü mümkün

* Sorumlu yazarın e-posta adresi: bahadirsin@subu.edu.tr

olmayan bozulmalar gerçekleşmektedir. İklim değişikliği pek çok nedenin bir araya gelmesi sonucu ortaya çıkmaktadır. Bunlar doğal nedenlerden kaynaklanabileceği gibi büyük bir kısmı insanoğlunun doğa üzerinde hakimiyet kurmaya çalışmasından kaynaklanmaktadır. Doğal nedenler yüzyıllar öncesinde, çok uzun sürede gerçekleşmiştir. Jeolojik devirlerde gerçekleşmiş olan bu değişimler hem dünya coğrafyasını hem de ekolojiyi kalıcı olarak değiştirmiştir. Ancak sanayi devriminin başlamasıyla birlikte ilk kez insan faaliyetlerinin de iklimde değişimlere yol açabileceği görülmüştür [1]. Sanayi devrimi öncesi insan faaliyetlerinin ortalama olarak sadece 1°C'lik ısı artışına sebep olduğu düşünülmektedir [2]. Herhangi bir önlem alınmadığı takdirde önümüzdeki yüzyılda küresel sıcaklık ortalamasının 5°C'lik artışa uğrayabileceği öngörülmektedir [3].

İklim değişikliğinin atmosferdeki CO₂ miktarında yaşanan değişikliklerden kaynaklandığı bilinmektedir. İklim Değişikliği ve Arazi Özel Raporu verilerine göre tarım, ormancılık ve farklı şekilde toprak kullanımının insan faaliyetlerinden kaynaklanan sera gazı emisyon oranının %23'lük dilimini oluşturduğu bildirilmektedir [4]. İklim değişikliğinin sonuçlarını her geçen gün daha da şiddetli hissetmekteyiz. Bunları yüksek sıcaklık, orman yangınları, kuraklık, deniz seviyesinde yükselme, asit yağmurları, fırtınalar ve kasırgalar olarak sıralamak mümkündür [2].

Yeryüzünde tarımsal üretim iklim koşullarıyla bağlantılı olarak yürütülmektedir. Sıcaklık, yağış rejiminde meydana gelen değişimler hem bitkisel üretimi hem de hayvancılığı olumsuz etkilemektedir. Sıcaklık, atmosferik karbondioksit (CO₂), yağış sıklığı ve yoğunluğundaki değişikliklerin mahsul verimi üzerinde önemli etkileri olabilmektedir. Örneğin, yüksek CO₂ seviyelerinin bitki büyümesini artırabileceği bazı literatürlerde yer almaktadır. Sıcaklık, bir mahsulün optimal gelişim seviyesini aşar ise ve yetiştiricilik yapılan alanda yeterli su ve besin maddesi mevcut değilse verimde azalma görülebilmektedir. Nitekim yüksek CO₂, yonca ve soya fasulyesi bitkilerinde protein ve nitrojen içeriğinde azalma meydana getirerek kalite kaybına neden olmaktadır. Azalan tahıl ve yem kalitesi, mera ve merada otlayan çiftlik hayvanlarının beslenme rejimini olumsuz etkilemektedir [1].

İklimdeki bu değişiklikler, bitkisel üretimde bitki koruma açısından önemli bir yere sahip olan fitopatogenlerin ve yabancı otların farklı lokasyonlara dağılmasına, görülme sıklığının artmasına, epidemilere ve bitkisel üretimde ürün alınamayacak boyutlara ulaşmasına neden olmaktadır. Sıcaklık ve atmosferik karbondioksit seviyelerindeki artış, bitkilerde bitki hastalıklarının yoğunluğunun artmasına neden olan fizyolojik değişikliklere neden olmaktadır. Küresel ısınma ve iklim değişikliği, patojen gelişimini değiştirebileceği, konukçu-patojen etkileşimlerinde farklılıklara neden olabileceği gibi bitki dayanıklılığını kıran yeni patojen ırklarının ortaya çıkmasını kolaylaştırabilmektedir.

2 İklim Değişikliğinin Fitopatogenler Üzerine Etkisi

Dünya çapında 50.000 bitki patojeni ve 8000 yabancı ot türü olduğunu bildirmektedir [7]. Tarımsal üretim açısından bu türlerin bir çoğunun doğrudan ya da dolaylı olarak ürün kayıpları üzerine olumsuz etkisi bulunmaktadır. İklim değişikliği bu türlerin dinamiğini etkileyerek fitopatogenlerin hastalık döngülerini hızlanmasına veya yavaşlamasına neden olabilir. Bu bağlamda iklim değişikliğinin fitopatogenlerin etkinliği üzerine az sayıda çalışma yapılmıştır.

Bitki hastalıkları ile bölgesel iklim ve flora arasında dinamik bir ilişkisi söz konusudur. Bu nedenle fitopatogenlerin çoğalıp yayılabilmesi için çevre, konukçu ve patojenin uygun şartlarda bir arada bulunması gerekmektedir. İklim değişikliği ile birlikte hava sıcaklıklarındaki, mevsim ekstremelerindeki değişiklikler patojenin yayılmasını etkileyecek yeni patojenlerin farklı lokasyonlara dağılmasına neden olacak ve birçok fitopatogenin epidemiyolojisi üzerinde değişimlere yol açacaktır [5, 6].

İklim faktörleri, özellikle de sıcaklık fungal patojenlerin gelişimi için önem arz etmekte ve patojenin gelişim evrelerinde sıcaklıktaki herhangi bir değişiklik; fungus üremesini, enfeksiyon şiddetini, patojenin toprakta canlılığını koruyabilme süresini etkilemektedir. Örneğin; yulafta *Septoria* yaprak lekesi (*Septoria lycopersici*) ve gövde pasının (*Puccinia graminis*) hastalık şiddeti sıcaklığa bağlı olarak değişmektedir. Yine yüksek sıcaklıklar *Puccinia substriata* fungusunun spor çimlenmesini engellemektedir [44].

Fungal, bakteriyel ve viral etmenlerin iklim koşullarına bağlı olarak kültür bitkileri üzerinde hastalık oluşturma şekli oldukça değişkenlik göstermektedir [8]. Virüsler ve fitoplazmalar böcekler aracılığıyla da yayılmaktadır. Kışların ılık geçmesi böceklerin döl sayısını ve buna bağlı olarak da vektör böcekler aracılığı ile taşınan virüs ya da fitoplazma hastalıklarının yayılım alan ve hızını da artıracaktır [9]. Ayrıca vektör böcek ve akarlarla taşınan *Wheat streak virus* (WSMV), *Weat Dwarf Virüs* (WDV) ve *Barley Yellow Dwarf Virüs* (BYDV) viral etmenlerin gelecekte Ülkemiz tahıl ekiliş alanlarında etkisini göstereceği öngörülmektedir [49]. BYDV (*Barley Yellow Dwarf Virüs*) etmeni afitlerin farklı türleriyle çeşitli şekillerde taşınabilmektedir. Özellikle virüsün bir ırkı mısır (*Zea mays*) bitkisinde oldukça yaygın olup *Rhopalosiphum maidis* (Hom.: Aphididae) ile taşınmaktadır. İngiltere’de mısır alanlarının yaygınlaşması ve kışların ılık geçmesi ile birlikte afidin hayatta kalma oranı da artmaktadır. Ekim alanlarındaki bu artış ve iklim değişikliğinin doğurduğu sonuçlar virüsün yayılmasını teşvik etmektedir. Ayrıca BYDV’nin mısır ırkının arpa (*Hordeum vulgare*) ve buğdayda (*Triticum aestivum*) diğer afit türleri tarafından taşınabilir hale gelmesi mümkün olacaktır [48].

CO₂ seviyesi de fungal patojenlerin gelişimine etki etmektedir. Yüksek CO₂ seviyelerinin (780 ppm), buğday çeşidi Remus'un *Fusarium* spp. ve *Septoria tritici* yaprak lekesi hastalığına duyarlılığını arttırdığı gösterilmiştir [45]. *Peronospora manshurica* gibi bazı patojenlerde ise CO₂ ve O₃ konsantrasyonları hastalık şiddetinde azalmaya neden olurken soya fasulyesinde (*Glycine max*) *Septoria glycines* şiddetini artmaktadır [46]. Arpada (*Hordeum vulgare*) da külleme hastalık etmenine (*Blumeria graminis*) karşı dayanıklılık yüksek sıcaklıkta daha fazla olmaktadır [47].

Sıcaklık, nem, yağış ve diğer faktörler etmenlerin yayılmasını etkilemektedir [10]. Artan karbondioksit miktarı bitkilerde vejetatif gelişmeyi teşvik edecek; yapraklar arasındaki nem yoğunluğunu artıracak ve bu durum pas, külleme, yaprak lekesi ve yaprak yanıklıkları hastalıklarına neden olacaktır [11]. Japonya’da yapılan bir araştırmaya göre, karbondioksit miktarındaki artışın çeltik yanıklığı etmeninin görülme sıklığını da arttırmıştır [12]. İklim değişikliğine bağlı olarak artan yağışlar, funguslar için uygun nemli bir ortam oluşturacağından bitki patojeni fungusların görülme sıklığını da artıracaktır [13]. Ayrıca okyanus sıcaklıklarında yaşanan artışlar farklı iklimsel durumları, kasırga ve fırtınaların görülme sıklığında artışlara neden olmuştur. Yaşanan bu değişim kasırgaların geniş alanda etkili olmasına ve görülme sıklıklarının artmasına neden olmaktadır [14]. Bu bağlamda Uganda’da ilk kez 1999 yılında varlığı saptanan buğdayın en önemli hastalık etmenlerinden biri olan kara pas (*Puccinia graminis* f. sp. *tritici*)’ın Ug99 ırkı şu an tüm dünyada özellikle buğday alanlarında ciddi tehlikeler arz etmektedir. Ara konukçusu olan *Berberis* sp. bitkisi ezidium yataklarında oluşan ezidiosporların rüzgarlar yardımıyla buğday bitkisine taşınarak enfeksiyon gerçekleştirdiği bilinmektedir. Ayrıca şiddetli rüzgarlarla birlikte ülkeler arasında etmenin yayılması söz konusu olmuştur [15].

Yumuşak çekirdekli meyve ağaçlarında önemli bir hastalık etmeni olan Ateş Yanıklığı (*Erwinia amylovora*) dünyada karantinaya tabi bakteriyel bir hastalıktır [16]. Ülkemizde armut (*Pirus communis*) başta olmak üzere elma (*Malus domestica*) ve ayvada (*Cydonia oblonga*) sorun teşkil ettiği belirlenmiştir [17]. Etmen, ağaç üzerindeki kanserlerden yağmur damlalarının sıçratması ile dağılabilmektedir. Ayrıca havanın kuru olduğu şartlarda nektarın yoğunluğu yüksektir ve bakteri

çoğalamaz. Yağmurun etkisiyle, yoğunluğu yüksek olan nektar seyrelecek, bakteri çoğalacak ve enfeksiyonu teşvik edecektir. Etmenin bakteri hücreleride rüzgar ile uzak mesafelere yayılabilmekte ve hatta rüzgar yardımıyla bulutlara erişerek daha da uzak mesafelere ulaşabilmekte, yağmurun da etkisiyle konukçusunu enfekte edebildiği bildirilmiştir [18].

Küresel ısınmayla birlikte artan CO₂ miktarının *Arpa sarı cücelik virüsü (BYDV)* üzerindeki etkilerini ortaya koymak adına yapılan bir araştırmada, arpa (*Hordeum vulgare*) bitkisine etmen enfekte edilmiş ve daha sonra 700 ppm CO₂ altında deneme kurulmuştur. Deneme sonuçlarına göre hastalıklı bitkide, sağlıklı bitkiye oranla fotosentez miktarının arttığı ve suyu daha iyi kullandığı tespit edilmiştir [19].

İklim değişikliğiyle birlikte bitkilerin yayılım gösterdiği alanların farklı lokasyonlara taşınması konukçusu oldukları fitopatojenlerin de beraberinde taşınmasına yol açmaktadır [20]. Yağış rejimlerinde yaşanan düzensizlikler hasat tarihinin gecikmesine, çiçeklenme ve tozlanma dönemine denk gelmesiyle birlikte tozlanmada sorunlar yaşanmasına neden olmaktadır. Uzun süren yağışlar nedeniyle yapraklarda ve toprakta nem oranı artarak bitki patojenleri için uygun ortam oluşmaktadır. Vejetasyon sürecinde nem miktarının yüksek olması özellikle de mildiyö gibi fungal hastalık etmenlerinin yayılmasına yol açmaktadır. Yapraktaki yüksek nem fungusun çimlenmesi için uygun ortam sağlamaktadır [16].

Kuru tarım için uygun alanlara suya ihtiyaç duyan bitkilerin ekilmesiyle birlikte bilinçsiz yapılan sulama sonucunda yaprak ve topraktaki nem oranı artmakta ve antraknoz, mildiyö, *Fusarium*, *Alternaria* vb. nem ile ilişkili hastalıklarda artış görülmesine neden olmaktadır Şeker pancarı (*Beta vulgaris*), gece gündüz sıcaklık farkının yüksek olduğu, gece sıcaklarının 20°C'nin üzerinde olmadığı ve yüksekliğin 1000 m olduğu yerlerde ekonomik ve kaliteli olarak yetişir. Sulanarak yetiştiriciliği yapılan Orta Anadolu koşullarında, ihtiyaç fazlası sulama fitopatojenlerin de yaygınlaşmasına neden olmuştur. Bunlar kök çürüklüğü etmeni *Fusarium* sp. ve yaprak lekesi etmeni *Cercopora* sp.'dir. Endüstri bitkilerinden pamuk (*Gossypium hirsutum*) ve patates (*Solanum tuberosum*) için de aynı durum söz konusu olmaktadır. Aşırı sıcaklık ve sulama, hastalıkların artmasına neden olmaktadır [21]. Sıcaklıklarda yaşanan artışın patates mildiyösü etmeninin daha fazla görülmesine neden olacağı bildirilmiştir [22]

3 İklim Değişikliğinin Yabancı Otlar Üzerine Etkisi

Kültür bitkisi yetiştiriciliğinde yabancı otların verim üzerine %40'lık bir olumsuz etkisinin olduğu bildirilmiştir [23]. Fakat son yıllarda iklim değişikliğinin etkisinin artmasıyla birlikte yabancı ot mücadelesinde bir takım olumsuzluklar söz konusu olmaktadır.

Yetiştiriciliği yapılan kültür bitkisini birçok abiyotik ve biyotik faktörler etkilemektedir. Bunlara ışık, nem, sıcaklık, besin örnek olarak verilebilir. Ancak kültür bitkisine arız olan yabancı otlar, kaliteli ürün alınması için gerekli olan bazı faktörlere ortak olarak ürün kalite ve kantitesinde düşüşlere yol açmakta hatta ürün alınmayacak boyutlara getirmektedir. Bu bağlamda yabancı ot ve kültür bitkisi arasında kaçınılmaz bir rekabet bulunmakta ve iklim değişikliğinin de bu rekabeti olumlu ya da olumsuz etkilemesi söz konusu olmaktadır [24].

Güney Asya'da yaşanan su kısıtı ve kuraklık; ekstansif işletmelerde çeltik, nohut ve buğday üretiminde %9 civarında bir verim kaybına neden olmuştur [25]. Ayrıca yabancı otların kültür bitkilerine oranla olumsuz çevresel koşullarına karşı adaptasyonunun daha kolay olduğu bilinmektedir. Yabancı otların sahip oldukları bu özellikler sayesinde iklim değişikliklerine karşı kültür bitkilerine oranla daha toleranslı olacakları ve mevcut olan kıt kaynakları kültür bitkilerinden daha fazla tüketebilecekleri tamin edilmektedir. [26; 40-43].

Artan sıcaklıklarla birlikte yabancı otların kuzeye doğru daha serin enlem ve yükseltileri işgal edeceği düşünülmektedir [27]. Artan CO₂ konsantrasyonu kültür bitkisi ve yabancı ot rekabetine de etki edecek ve bu rekabet bazen kültür bitkisinin bazen de yabancı otun lehine olacaktır [30]. Karbondioksit konsantrasyonu yabancı ot gelişimini arttırdığında, mücadele amacıyla kullanılacak herbisitler dayanıklılık gelişimini teşvik edecek ve bu da kimyasal kullanımında yaşanacak artış nedeniyle toprak ve bitkide kalıntı riskini artırarak çeşitli olumsuzluklara neden olacaktır [31]. Özellikle sıcak bölgelerde herbisitlerin kullanımı, etken maddelerinin hızla bozunmasına ve bitkilerde fitotoksisiteye neden olacaktır [28].

C₄ yabancı ot türlerinden olan kırmızı köklü horoz ibiği (*Amaranthus retroflexus*) ile C₃ yabancı ot türlerinden sirken (*Chenopodium album*) karbondioksitin yüksek olduğu seviyelerde glifosat herbisitine karşı tolerans gözlemlenmiştir. Köygöçüren (*Cirsium arvense*) ile yapılan bir diğer çalışmada ise artan karbondioksit seviyesinin yabancı ot biyomasında artışa neden olduğu görülmüştür [32].

CO₂ miktarında yaşanan artışlar C₃ yabancı otlarında fotosentezi artırmakta ve buna bağlı olarak da gelişme olumlu yönde etkilenmektedir. Bitkilerde bulunan stoma açıklıklarının hem C₄ hem de C₃ yabancı otlarının su kullanım kapasitelerinde artışa neden olacağı bildirilmektedir [33]. Bununla birlikte artan sıcaklıklar yabancı ot tohumlarının çimlenme oranlarını da artırarak, çimlenme zamanını düşürmekte ve fide gelişimini pozitif yönde etkilemektedir [34]. Yapılan bir çalışmada köygöçürenin (*Cirsium arvense*) artan karbondioksit miktarıyla oluşturduğu biyomas ve yaprak alanının da arttığı tespit edilmiştir [35].

İklim değişikliğinin yağışlar üzerindeki etkisiyle su stresine maruz kalan kaz çimi (*Eleusine indica*), darıcan (*Echinochloa crus-galli*) ve kirpikli çatalotu (*Digitaria ciliaris*) gibi C₄ yabancı otların yaprak alanları ve biyomasında artış olduğu görülmektedir. Güneş çiçeği (*Centaurea solstitialis*) ve püsküllü çayır (*Bromus tectorum*) gibi kuraklığa toleransı yüksek olan türler, topraktaki nem seviyesi yükseldiğinde tohum üretimini de arttırmaktadır [30].

Yabancı otlar yaşanan iklim değişikliğini 3 farklı şekilde tolere edebilecekler. Bunlar; gelişimlerini devam ettirebilmek adına farklı alanlara göç, fenotipik çeşitliliklerinden yararlanarak değişen iklime ve çevreye alışma veya değişen koşullara kalıtsal olarak uyum sağlama şeklindedir [36]. Bunların neticesinde yabancı otların iklim değişikliğine uyumu daha fazla olacağından dolayı kültür bitkileri üzerinde oluşturacağı zarar artacaktır [37].

Düzensiz yağışlar, yağışların sürekliliği ya da yağışsız geçen gün sayısının fazla olmasına bağlı olarak yabancı otlara uygulanacak olan herbisitler ya toprakta nem yetersizliğinden dolayı çok çabuk bozunacak ya da yüksek nem ve sıcaklık koşulları nedeniyle herbisit kalıcılığında kısaltmalar meydana gelebilecektir. Ayrıca toprak nemine bağlı olarak mikroorganizmaların canlılığında azalma meydana gelecek ve bu da herbisitlerin topraktaki kalıntı sürelerinde uzamalara yol açacaktır [37, 38]. Yabancı otların mücadelesinde sosyo-ekonomik ve çevresel konular bir arada değerlendirilerek uygun mücadele stratejisine karar verilmelidir [24].

4 Sonuç

Literatür araştırmaları neticesinde iklim değişikliğinin fitopatoloji açısından hem olumlu hem de olumsuz etkilerinin olacağı öngörülmektedir. Şüphesiz ki iklimde yaşanan değişimler tarımsal ürünlerin kalite ve kantitesini, dolaylı olarak küresel gıda güvenliğini de etkilemektedir. Yaşanan iklim değişikliği; sıcaklık artışı, düzensiz yağış rejimi, kuraklık, hortum, sel, fırtına gibi istenmeyen doğa olaylarının etkisini fazlaca hissettirmektedir. Hava durumunun mevsim normallerinin dışında seyir

göstermesi bitkiler için stres faktörleri arasında olup zayıf düşmüş bitkiler hastalıklar ve yabancı otlara karşı oldukça hassas duruma gelmektedir. İklim değişikliğinin bitki hastalıkları üzerine olan etkisini belirlemek adına tür bazında çalışmalar yapılmalıdır. Örneğin ülkemiz tahıl alanları için tehdit oluşturan *Arpa sarı cücelik virüsü (BYDV)*'nin iklim değişikliği ile bağlantısı oldukça önem arz etmektedir bu nedenle etmene karşı dayanıklı çeşitlerin geliştirilmesi gerekmektedir. Ülkemizde bulunmayıp farklı ülkelerde ciddi sorunlar teşkil eden bitki hastalıkları ekstrem hava olayları ile ülkemize giriş yapmaktadır. Bu nedenle önümüzdeki dönemlerde sorun teşkil eden ve edebilecek olan fitopatojenlerle karşı yeni mücadele yolları geliştirilmeli, hastalık ve olumsuz çevre şartlarına toleranslı kültür bitkileri ıslah edilmelidir. Doğanın öz evladı olarak tanımlanan yabancı otların genetik ve fizyolojik yapıları gereği iklim değişikliğine uyum sağlayacağı ve kültür bitkileri üzerinde baskı oluşturacağı öngörülmektedir. Gelecek yüzyılda ülkemizi ve dünyayı tehdit eden iklim değişikliğinden en az zarar görmek için bölgesel modeller oluşturulmalı ve uygulanmalıdır. İklim değişikliğine karşı geri dönüşün yakın zamanda mümkün olmamasından dolayı bu değişime uyum sağlayacak uygulamalar artırılmalı ve yol haritaları çizilmelidir. Ayrıca kullanılacak pestisitlerin bu değişimle beraber etkinliklerinde sorunlar yaşanacaktır. Sorunların önüne geçmek adına bu alanda gerekli alt yapı oluşturulmalı ve araştırmalar desteklenmelidir. Gelişen ve değişen teknolojiyle birlikte tarımın farklı alanlarında doğaya en az zarar veren uygulamaların desteklenmesi sağlanmalıdır.

5 Beyanname

5.1 Çıkar Çatışması

Bu yayında herhangi bir potansiyel çıkar çatışması olup olmadığını beyan edin. Herhangi bir çatışma yoksa lütfen "Bu çalışmada yazarlar arasında herhangi bir çıkar çatışması yoktur.

5.2 Yazarların Katkıları

Sorumlu Yazar Bahadır ŞİN : Makalenin planlanması, düzenlenmesi yazılması ve sonuçlandırması hakkında gerekli araştırmaları yaparak yazımda katkıda bulunmuştur.

2. Yazar Ömer Ümit OKÇU: Literatür taramasının yapılması, makalenin düzenlenmesi ve yazımında katkıda bulunmuştur.

6 Kaynakça

- [1] Türkeş, M., (2006). "Küresel iklimin geleceği ve Kyoto Protokolü" Jeopolitik, 29, s.3.
- [2] Aydoğdu G. (2020). İklim Değişikliği ve Tarımsal Uygulamalar Etkileşimi Ondokuz Mayıs Üniversitesi *İnsan Bilimleri Dergisi Journal of Humanities* 1/1, Haziran – June 2020 ss. 43 – 61
- [3] Bozoğlu, M., Başer, U., Eroğlu, N. A., Topuz, B.K. (2019). Impacts of Climate Change on Turkish Agriculture. *Journal of International Environmental Application and Science*, 14 (3), 97-103
- [4] IPCC Basın Bülteni, İklim Değişikliği ve Arazi, Cenova, 2019, s. 13.
- [5] Chakraborty, S. and Newton A.C. (2011) Climate change, plant diseases and food security; an overview. *Plant Pathology*, 60, 2-14
- [6] Garret K.A. et al. (2011). Complexity in climate change impacts an analytical frame work for effects mediated by plant disease. *Plant Pathology*.60 (1). 15-30.

- [7] Pimentel, (2009). Pesticides and pest control. In: Peshin, R., Dhawan, A.K. (Eds.), Integrated Pest Management: Innovation—Development Process, Vol. 1. Springer, Netherlands, pp. 83–89.
- [8] Wheeler, T.R., Craufurd, P.Q., Ellis, R.H., Porter, J.R., Prasad, P.V.V., (2000). Temperature variability and the annual yield of crops. *Agric. Ecosyst. Environ.* 82, 159–167.
- [9] Weintraub, P.G., Beanland, L., (2006). Insect vectors of phytoplasmas. *Annu. Rev. Entomol.* 51, 91–111.
- [10] Patterson, D.T., Westbrook, J.K., Joyce, R.J.V., Rogasik, J., (1999). Weeds, insects, and diseases. *Climatic Change* 43, 711–727.
- [11] Manning, W.J., von Tiedemann, A., (1995). Climate change: potential effects of increased atmospheric carbon dioxide (CO₂) & ozone and ultraviolet-B (UV-B). *Environ. Pollut.* 88, 219–245.
- [12] Neumeister, L., (2010). *Climate Change and Crop Protection: Anything Can Happen*. Published by PAN Asia and the Pacific, pp. 42.
- [13] Babu, T.R., (2011). Changing insect pest scenario in field crops. In: *Souvenir-Indian Seed Congress, Feb. 22nd–23rd, Hyderabad*. pp. 87–90.
- [14] Saraçoğlu, H., (2007). "Kuzey Afrika ve Asya Ülkelerinin Gelecekte Karşılaşabileceği Sorunlar Üzerine Bir Deneme."
- [15] Agrios G.N., (2005). *Plant Pathology*. 5th Edition. Academic Press, San Diego, CA ,USA.
- [16] Anonim (2008). *Zirai Mücadele Teknik Talimatları*, Cilt 4, Sayfa 69-74, Ankara
- [17] Demir G. & Gündoğdu M. (1993). Fireblight of pome fruit trees in Turkey: Distribution of the disease, chemical control of blossom infections and susceptibility of some cultivars, *Acta Horticulture*, 338, 67-74.
- [18] Gök, G. (2016) Iğdır ili elma ağaçlarında ateş yanıklığı hastalığına neden olan *Erwinia amylovora* (burr.) winslow et al. etmeninin biyokimyasal ve moleküler (mıs) yöntemlerle tanısı (Master's thesis, Fen Bilimleri Enstitüsü).
- [19] Malmström C.M. & Field CB (1997): Virus induced differences in the response of oat plants to elevated carbon dioxide. *Plant, Cell & Environment* 20 (2): 178 – 188.
- [20] Cammel, M.E. and Knight, J.D., (1992). Effects of climatic change on the population dynamics of crop pests. *Adv. Ecol. Res.*, 22, 117- 162.
- [21] Akınerdem, F., (2013.) Türkiye Şeker Pancarı Tarımı ve Şeker Sanayi'nin Son Durumu. *Agrotime Uluslararası Bitkisel ve Hayvansal Üretim Dergisi*. Yıl:1, Sayı:3, Sayfa: 9-11.
- [22] Chakraborty, S., Tiedemann, A.V., Tieng, P.S. (2000) Climate change: potential impact on plant diseases. *Environmental Pollution*. 108, 3, 317-326.
- [23] Işık, D. & Akça, A. (2018). Assessment of weed competition critical period in sugar beet. *Journal of Agricultural Sciences*, 24(1), 82-89.
- [24] Radicetti, E. & Mancinelli, R. (2021). Sustainable Weed Control in the AgroEcosystems. Radicetti, E., & Mancinelli, R. (2021). Sustainable Weed Control in the AgroEcosystems.
- [25] Li, X., Waddington, S. R., Dixon, J., Joshi, A. K., & De Vicente, M. C. (2011). The relative importance of drought and other water-related constraints for major food crops in South Asian farming systems. *Food Security*, 3(1), 19-33.
- [26] Grime, J.P. (1979). *Plant strategies and vegetation processes*. John Wiley and Sons, Chichester, 1979, chap. 1&2.
- [27] Kriticos, D. J., Sutherst, R. W., Brown, J. R., Adkins, S. W. & Maywald, G. F. (2003). Climate change and biotic invasions: a case history of a tropical woody vine. *Biological Invasions*, 5(3), 147-165.

- [28] Bailey, S. W. (2004). Climate change and decreasing herbicide persistence. *Pest Management Science: formerly Pesticide Science*, 60(2), 158-162.
- [29] Özer, Z., Kadioğlu, İ., Önen, H. ve Tursun, N., (2001). *Herboloji (Yabancı ot bilimi)*. Gaziosmanpaşa Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Yayınları, No:10, 409 s. Tokat.
- [30] Patterson, D.T., (1995). Weeds in a changing climate. *Weed Science*, 43(4), 685-701.
- [31] Ziska, L.H., (2008). Climate Change and Invasive Weeds. Powerpoint sunu, Northeastern Weed Science Society Meetings, Philadelphia, Pennsylvania.
- [32] Ziska, L. H., Faulkner, S. & Lydon, J. (2004). Changes in biomass and root: shoot ratio of field-grown Canada thistle (*Cirsium arvense*), a noxious, invasive weed, with elevated CO₂: implications for control with glyphosate. *Weed Science*, 52(4), 584-588.
- [33] Prior, S. A., Runion, G. B., Marble, S. C., Rogers, H. H., Gilliam, C. H. & Torbert, H. A. (2011). A review of elevated atmospheric CO₂ effects on plant growth and water relations: implications for horticulture. *HortScience*, 46(2), 158-162.
- [34] Jabran, K., Dogan, M. N. & Eren, Ö. (2015). Effect of ambient and simulated CO₂ on the growth invasive weed *Potentilla recta* L. *Poljoprivreda i Sumarstvo*, 61(1), 107.
- [35] Ziska, L. H. (2003). Evaluation of the growth response of six invasive species to past, present and future atmospheric carbon dioxide. *Journal of Experimental Botany*, 54(381), 395-404.
- [36] Pautasso, M., Dehnen-Schmutz, K., Holdenrieder, O., Pietravalle, S., Salama, N., Jeger, M. J., Lange, E., & Hehl-Lange, S. (2010). Plant health and global change—some implications for landscape management. *Biological Reviews*, 85(4), 729-755.
- [37] Vilà, M., Beaury, E. M., Blumenthal, D. M., Bradley, B. A., Early, R., Laginhas, B. B., ... & Ibáñez, I. (2021). Understanding the combined impacts of weeds and climate change on crops. *Environmental Research Letters*, 16(3), 034043.
- [38] Bailey, S. W. (2004). Climate change and decreasing herbicide persistence. *Pest Management Science: formerly Pesticide Science*, 60(2), 158-162.
- [39] Singh, M.K.; Singh, R.K. (2010). Alien Invasive Weeds—An Emerging Threat to Agricultural Biodiversity in India. Souvenir-Cum-Abstract, SAARC Workshop on Biodiversity Conservation; Department of Plant Physiology, Institute of Agricultural Sciences, BHU: Varanasi, India, p. 91.
- [40] Black, C.C., Chen, T.M., Brown, R.H. (1969). The biochemical basis for plant competition. *Weed Science*, 17, 338.
- [41] Baker, H.G. (1965). Characteristics and modes of origin of weeds. in the *Genetics of Colonizing Species*, Academic Press, New York, 147.
- [42] Hill, T.A. (1977). *The biology of weeds*. Edward Arnold, London, chap., 3,4.
- [43] Patterson, D.T. (1982). Effects of light and temperature on weed/crop growth and competition, in *Biometeorology in integrated Pest Management*, Hatfield, J.L. and Thomason I.J. Eds., Academic Press, New York, 407.
- [44] Hunjan, M. S. & Lore, J. S. (2020). Climate Change: Impact on Plant Pathogens, Diseases, and Their Management. *Crop Protection Under Changing Climate*, 85–100. doi:10.1007/978-3-030-46111-9_4
- [45] Vary Z, Mullins E, Mc Elwain C, Doohan FM (2015) The severity of wheat diseases increases when plants and pathogens are acclimatized to elevated carbon dioxide. *Glob Chang Biol* 21:2661–2669
- [46] Eastburn DM, Degennaro MM, Delucia EH, Dermody O, Mc Elrone AJ (2010) Elevated atmospheric carbon dioxide and ozone alter soybean diseases at SoyFACE. *Glob Chang Biol* 16:320–330

- [47] Chakraborty S, Datta S (2003) How will plant pathogens adapt to host plant resistance at elevated CO2 under a changing climate? *New Phytol* 159:733–742.
- [48] Harrington, R., Fleming, R.A., Woiwod, P.(2001). Climate change impacts on insect management and conservation in temperate regions: can they be predicted?. *Agricultural and Forest Entomology*. 3: 233-240.
- [49] Akbaş B., Morca A.F., Coşkan S. (2021). İklim Değişikliğinin Tahıl Virüs Hastalıkları Üzerine Etkisi. *Ziraat Mühendisliği* (374), 4-14 DOI: 10.33724/zm.972677.



© 2020 by the authors. Submitted for possible open access publication under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).



Research Article




Journal of Agricultural Biotechnology (JOINABT) 3(1), 40-52, 2022

Received: 21-Jun-2022 Accepted: 27-Jun-2022



SAKARYA UNIVERSITY
OF APPLIED SCIENCES

Sorgum (*Sorghum bicolor* L.) Bitkisinin Tohum ve Yapraklarından Elde Edilen Ekstraktların Bazı Bitkilerin Çimlenme Parametreleri Üzerine Etkilerinin Belirlenmesi

Mehmet ÖTEN^{1*} , Bahadır ŞİN² , Semiha KİREMİTÇİ³ 

¹ Tarla Bitkileri, Ziraat Fakültesi Sakarya Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Türkiye. mehmetoten@subu.edu.tr

² Bitki Koruma, Ziraat Fakültesi Sakarya Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Türkiye. bahadirsin@subu.edu.tr

³ Tarla Bitkileri, Batı Akdeniz Tarımsal Araştırma Enstitüsü, Türkiye. semiha.kiremitci@tarimorman.gov.tr

ÖZ

Bitkisel üretimin yapıldığı alanlarda görülen hastalık, zararlı ve yabancı otlar önemli düzeyde ürün kayıplarına sebep olmaktadır. Tüm Dünyada artan çevre bilinci sebebiyle tarımsal mücadelede kullanılan sentetik ilaçların insan sağlığı ve çevreye olan olumsuz etkilerini gidermek için yabancı otlarla kimyasal mücadele yerine, alternatif uygulamaların devreye sokulması önem kazanmıştır. Bu alternatif yöntemlerden biri yabancı otlar üzerinde allelopatik etkiye sahip, doğal kaynaklı bileşiklerin kullanılmasıdır. Sorgumun, içerdiği ikincil metabolit bileşikler sayesinde yabancı otların mücadelesinde kullanılabilme potansiyeli olduğu bilinmektedir. Sorgumun su ekstraktının hem yabancı ot hem de kültür bitkisi gelişimi üzerine etkilerini belirlemek amacıyla yapılan bu çalışmada; Gözde 80, Erdurmuş ve Aldarı sorgum çeşitleri kullanılmıştır. Sorgum çeşitlerinin, üzerine allelopatik etkisinin belirleneceği kültür bitkisi olarak; buğday, çim, mısır, yem bezelyesi, yabancı ot olarak ise; semizotu ve kırmızı köklü horozibiği bitkileri kullanılmıştır. Sorgum çeşitlerinden elde edilen %3 ve 5'lik su çözeltileri, belirlenen kültür bitkisi ve yabancı otlar üzerine uygulanmış ve çimlenme oranı, kök ve sürgün boyu, yaş ve kuru ağırlık gözlemleri alınmıştır. Sonuç olarak; özellikle Erdurmuş çeşidinin bitkisel su ekstraktlarının buğday, kırmızı köklü horozibiği ve semizotunda çimlenmeyi kontrol grubuna göre önemli düzeyde düşürdüğü, ayrıca mısır bitkisinin çimlenme parametrelerinden kök ve sürgün uzunluğunu önemli derecede geriletliği belirlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Sorgum, sorgoleone, allelopati, yabancı ot

Determination of the Effects of Extracts Obtained from Seeds and Leaves of Sorghum (*Sorghum bicolor* L.) Plant on Germination Parameters of Some Plants

ABSTRACT

Diseases, pests and weeds are seen in the areas where crop production is carried out causing significant crop losses. Due to the increasing environmental awareness all over the world, it has become important to use alternative practices instead of chemical control against weeds in order to eliminate the negative effects of synthetic drugs used in agricultural struggle on human health and the environment. One of these alternative methods is the use of naturally sourced compounds with

^{1*} Sorumlu yazarın e-posta adresi: mehmetoten@subu.edu.tr

allelopathic effects on weeds. It is known that sorghum has the potential to be used in the control of weeds thanks to its secondary metabolite compounds. Gözde 80, Erdurmuş and Aldarı sorghum cultivars were used in this study to determine the effects of sorghum water extract on both weed and cultivated plant growth. Wheat, grass, corn, fodder peas were used as cultivars and purslane and red-rooted cockscomb plants as weeds were used to determine the allelopathic effects of sorghum cultivars. 3 and 5% water solutions obtained from sorghum cultivars were applied on some cultivated plants and weeds and germination rate, root and shoot length, fresh and dry weight observations were taken. As a result, it was determined that especially the herbal water extracts of Erdurmuş cultivar significantly reduced the germination of wheat, red-rooted cockscomb and purslane compared to the control group, and also significantly regressed the root and shoot length, one of the germination parameters of corn plant.

Keywords: Sorghum, sorgoleone, allelopathy, weed

1 Giriş

İnsanoğlu yaşamını sürdürebilmesi için besin maddelerine ihtiyaç duymaktadır. Nüfusun devamlı olarak artması ve tarım alanlarının azalması sebebiyle, birim alandan en iyi şekilde yararlanmak, aynı alandan birden fazla ve yüksek verim almak büyük önem kazanmıştır. Bu süreçte karşılaşılan bitki koruma sorunları, önemli kayıplara sebep olmaktadır. Bitkisel üretimin yapıldığı alanlarda görülen zararlı organizmalar, hastalıklar ve yabancı otlar önemli düzeyde ürün kayıplarına sebep olmakta, şayet zamanında mücadele edilmez ise yüzde yüze varan ürün kayıplarının yaşanabileceği de yapılan çeşitli çalışmalarla ortaya konulmuştur [1-2]. Bitkisel üretimde bitki gelişimini ve verimi etkileyen birçok faktör vardır ve yabancı otlar bu faktörlerin en önemlilerinden biri olarak kabul edilmektedir. Yabancı otlar, kültür bitkileriyle su ve besin maddeleri için rekabete girmekte, derine giden kökleri sayesinde kültür bitkilerinden daha hızlı büyümekte bu sebeple de aynı ortamdaki diğer bitkilerin güneş ışığını engellemekte ve kültür bitkilerinin ihtiyaç duyduğu alanı da azaltmaktadır [3]. Yabancı otlar, verim kaybına sebep olmak dışında hasat ve diğer tarımsal uygulamaları da zorlaştırmaktadır. Ülkemizde özellikle yüksek nem ve yüksek sıcaklığa sahip bölgelerde yabancı otlar önemli bir sorun teşkil etmektedir. Aynı bölgede bile iklim, kültürel uygulamalar ve ekim sistemi gibi çeşitli faktörlerdeki oluşan değişiklikler yabancı ot türlerinde ve populasyon yoğunluklarında değişime sebep olmaktadır.

Tüm Dünya’da olduğu gibi ülkemizde de yabancı ot mücadelesi için toprak işleme ve herbisit uygulamaları yapılmaktadır. Ancak her iki yöntemin de etkinliği sınırlıdır. Toprak işleme yabancı otlar mücadelesi açısından kısa ömürlü bir uygulamadır. Traktörden hareket alan toprak işleme makineleri ile yapılan toprak işleme sırasında bitkinin kök ve gövdesine hasar riski de oldukça fazladır. Öte yandan herbisit kullanımı açısından bakıldığında ise herbisitlerin büyük çoğunluğunun seçici olması ve her bir herbisit ancak belirli türde yabancı otları kontrol altına alabilmesi kullanımlarını sınırlayan faktörlerdir. Ayrıca yabancı ot türlerinin kültür bitkileri ile olan rekabeti, büyüme periyoduna bağlı olarak ta değişmekte, bu yüzden de ekonomik zarar eşiği dönemleri farklı olabilmektedir. Bu nedenle yabancı ot populasyonunda bulunan bitki türlerine göre farklı dönemlerde mücadeleye gereksinim duyulmaktadır [4]. Esas büyük problem Dünya’da tarımsal üretimde hastalık, zararlılar ve yabancı otlara karşı kimyasal mücadelede kullanılan aktif maddelerden birçoğunun insan ve çevre sağlığına olumsuz etkiler göstermesi ve bu yüzden ya kullanımları kısıtlanmakta ya da tamamen yasaklanmasıdır. Ayrıca kimyasal mücadelede kullanılan herbisitler doğal ortamda bulunan birçok faydalı böceğin de yok olmasına sebebiyet verebilmektedir. Kimyasal mücadelenin diğer bir dezavantajı da hedef alınan zararlılarda dayanıklılık oluşması ya da önemli olmayan bazı zararlıları ana zararlı konumuna geçirmesidir.

Kültür bitkisi olarak yetiştirilen veya ortamda bulunan bazı bitkilerin salgıladıkları maddeler sonucunda (sekonder metabolitler) diğer bitkilerin büyüme ve gelişmeleri engellenebilmektedir [5-8].

Allelokimyasal olarak isimlendirilen bu maddelere maruz kalan tohumlarda; çimlenmenin engellenmesi, tohumlarda kararma, şişme, kök sürgün ve kleoptilin gelişmeyerek kısa kalması, kök uçlarında lezyonların oluşması, kök tüylerinin oluşmaması, kök ucunda kıvrılma meydana gelmesi, kuru ağırlıkta azalma ve bitkide üreme kapasitesinde azalma görülmesi gibi semptomlar ortaya çıkmaktadır [9-11]. Bitkisel kaynaklı allelokimyasallar; yaprak, çiçek, meyve, gövde, kök, rizom, tohum ve polen dahil olmak üzere bitkinin hemen hemen tüm kısımlarında bulunabilmektedir. Bu kimyasalların çevreye salınması; kök eksüdasyonu, bitki artıklarının parçalanması, bitkilerden salınma ve uçucu hale gelmesi yoluyla gerçekleşmektedir [12]. Tüm Dünya’da artan çevre bilinci doğrultusunda tarımsal mücadelede kullanılan sentetik ilaçların insan sağlığı ve çevreye olan olumsuz etkileri nedeniyle yabancı otlarla kimyasal mücadele yerine, alternatif uygulamaların devreye sokulması büyük önem kazanmıştır. Bu alternatif yöntemlerden biri de yabancı otlar üzerinde allelopatik etkiye sahip olan doğal kaynaklı bileşiklerin kullanılmasıdır [13]. Bitkilerin fitotoksik özellikte 10.000’den fazla allelokimyasal salgıladığı bilinmektedir. Sorgum, ayçiçeği, ökalıptus, tütün gibi birçok kültür bitkisinin su ekstraktları yabancı ot kontrolünde başarıyla kullanılabilir allelokimyasallar içermektedir. Bu bitkilerden biri olan Sorgum [*Sorghum bicolor* (L.) Moench], hızlı büyümesi ve yabancı otları baskılama özelliği nedeniyle, yazlık örtü bitkisi olarak yetiştirilen önemli bir sıcak iklim tahılıdır [14]. Sorgumun içerdiği ikincil metabolit bileşiklerden suda çözünebilir sorgoleon, cyanogenic glycosides-dhurrin gibi allelokimyasal maddeler mevcuttur. Bu allelokimyasalların her biri yüksek selektiftir ve yabancı ot mücadelesinde kullanılabilir potansiyeli olduğu bilinmektedir [15-17]. Sorgum yetiştirilen alanlarda münavebeye giren bitkilerin bir sonraki yıl gerçek performansını gösteremediği, verim kayıplarının yaşandığı dünyada yapılmış çalışmalarla ortaya konulmuştur [18-24].

Ayrıca unutulmamalıdır ki etkili bir tarım ilacının geliştirilebilmesi için en az 15 yıllık bir süreye ve milyarlarca dolar yatırıma ihtiyaç vardır [24]. Gerek zaman gerek para ve gerekse de emek yönünden düşünüldüğünde “allelopati” kaynaklı doğal ot öldürücü kullanmak son derece önem arz etmektedir [25].

Bu çalışma *Sorghum bicolor* çeşitlerine ait su ekstraktlarının bazı yabancı ot ve bazı kültür bitkilerinin gelişimleri üzerine etkilerinin belirlenmesi amacıyla yapılmıştır.

2. Materyal ve Yöntem

2. 1. Materyal

2.1.1. *Sorghum* bitki örneklerinin hazırlanması:

Çalışmada allelopatik etkisi belirlenecek kültür bitkisi olarak; Gözde 80, Erdurmuş ve Aldarı sorgum çeşitleri kullanılmıştır. Çalışmanın bitkisel materyali Batı Akdeniz Tarımsal Araştırma Enstitüsü’nce geliştirilmiş çeşitler olup, Gözde 80 çeşidi sudan otu (*Sorghum sudanence*), Erdurmuş çeşidi şeker tipi sorgum (*Sorghum bicolor*) ve Aldarı (*Sorghum bicolor*) ise tane tipi sorgum çeşitleridir. Batı Akdeniz Tarımsal Araştırma Enstitüsü deneme alanlarında toprak sıcaklığı 18-20°C’ye geldiği 15.04.2021 tarihinde deneme yeri hazırlıkları yapılarak, çeşitlerin ekimi yapılmıştır. Ekimden önce dekara 6 kg saf azot (N), 6-8 kg saf fosfor (P₂O₅) uygulanmıştır. Bitki boyu 40-50 cm olduğunda ikinci defa dekara 6 kg (N) saf azot verilmiştir. Yabancı ot kontrolü kültürel yöntemlerle yapılmıştır. Deneme Tesadüf Blokları Deneme Deseninde, 3 tekerrürlü olarak gerçekleştirilmiştir. Deneme parsel alanı 14 m², sıra arası 0.7 m, sıra uzunluğu 5.0 m ve her parselde 4 sıra olacak şekilde düzenlenmiştir. Bitkiler tohum bağlayıp tohumlar hasat olgunluğuna geldiğinde bitkiler hasat edilmiştir. Hasat sonrası her

parselden rastgele seçilen 5 bitkiden alınan yaprak ve tohum örnekleri 70°C’de 48 saat bekletilerek kurutulmuş ve kurutulan bu bitki kısımları öğütücüden geçirilmek sureti ile ayrı ayrı öğütülmüştür [26].

2.1.2. Denemede kullanılan diğer kültür bitkilerin temini:

Denemede allelopatik etkinin belirlenmesi amacıyla kültür bitkilerinden; buğday (*Triticum* sp.), çim (*Lolium* sp.), mısır (*Zea mays*) ve yem bezelyesi (*Pisum sativum*)’ne ait tohumlar ticari olarak piyasadan satın alınmıştır.

2.1.3. Denemede kullanılan yabancı ot tohumlarının temini:

Sorgum bitkisinin allelopatik etkisinin belirlenmesi amacıyla seçilen yabancı otlardan olan; semizotu (*Portulaca oleracea*) ve kırmızı köklü horozibiği (*Amaranthus retroflexus*) bitkilerinin tohumları Sakarya ili tarım arazilerinden toplanarak temin edilmiştir. Seçilen bu bitkiler Sakarya ilindeki kültür bitkisi yetiştirilen alanlarda (sebze, tarla ve meyve yetiştiriciliği yapılan alanlar) önemli derecede sorun teşkil etmektedir [27].

2.2. Yöntem

2.2.1. Sorgum çözeltilisinin hazırlanması:

Çalışmada; sorgum bitkisinin tohum ve yaprak kısımlarından kurutulup öğütülerek hazırlanan bitki materyalleri 50’şer gram tartılarak, üzerlerine saf su ilave edilip, %10’luk ana stok çözeltisi hazırlanmıştır. Hazırlanan %10’luk ana stok çözelti orbital çalkalayıcıda 180 rpm’de 48 saat boyunca çalkalanmıştır [28]. Çalkalama süresi sonucunda çözelti farklı boyutta süzgeçlerden ve son olarak da filtre kâğıdından geçirilerek, içerisinde bulunan katı maddelerden arındırılmıştır. Deneme sırasında Gözde 80, Erdurmuş ve Aldarı çeşitlerine ait %10’luk ana stok çözeltiden %3 ve 5’lik doz ayarlaması yapılmıştır.

2.2.2. Petride kültür bitkisi ve yabancı otların yetiştirilmesi:

Çapları 90 mm olan petri kapları içerisine 2’şer adet whatman kurutma kâğıdı konulmuştur. Petri içindeki kurutma kâğıtları arasına yabancı ot ve kültür bitkisinin her birisinden 10’ar adet tohum yerleştirilmiştir. Daha sonra petri başına 6 ml sorgum ekstraktı ilave edilmiştir. Deneme tesadüf parselleri deneme deseninde 4 tekerrürlü olarak kurulmuştur. Kurulan denemeler 22°C ($\pm 2^\circ\text{C}$)’de kontrollü koşullar altında 15 gün boyunca sürdürülmüştür. Denemede çimlenme oranı, kök ve sürgün boyu, yaş ve kuru ağırlık gözlemleri alınmıştır. Çimlenme oranı gün aşırı sayım yapılarak belirlenmiştir. Kök ve sürgün boyu 15. gün dijital kumpas kullanılarak, cm cinsinden tespit edilmiştir. Yaş ve kuru ağırlık gözlemleri 15. gün bitki örneklerinin 0.0001 hassasiyette hassas terazide tartılması yoluyla gram cinsinden belirlenmiştir [29].

2.2.3. İstatistik analizlerinin yapılması:

Denemeden elde edilen veriler, SPSS (20.0) paket programı kullanılarak varyans analizine tabi tutulmuş, oluşan farklılıklar Duncan testine göre gruplandırılmıştır [30].

1. 3. Bulgular ve Tartışma

Farklı çeşit ve kullanım özelliklerine sahip sorgum bitkilerinin tohum ve yapraklarından elde edilen %3'lük ve %5'lik su ekstraktları; kültür bitkilerinden buğday, çim, mısır ve yem bezelyesine, yabancı otlardan ise semizotu ve kırmızı köklü horozibiğine uygulanmıştır. Daha sonra uygulamaların, çimlenme yüzdesi, kök ve sürgün boyu, yaş ve kuru ağırlıkları üzerine etkilerini belirlemek amacıyla 15 gün boyunca gözlemlenmiştir. Yapılan gözlem ve ölçümler sonucunda elde edilen toplam çimlenme yüzdesi değerleri Çizelge 1'de verilmiştir.

Çizelge 1. Farklı sorgum su ekstraktının bazı kültür bitkisi (Buğday, Çim, Mısır ve Yem Bezelyesi) ve yabancı otlarda (Kırmızı köklü horozibiği, Semizotu) çimlenme üzerine etkisi (%).

Uygulamalar	Buğday	Çim	Mısır	Yem Bezelyesi	K.K. Horozibiği	Semizotu
Gözde 80 tohum %3	97.5a	95.0	100.0a	97.5	75.0cd	57.5e
Gözde 80 tohum %5	100.0a	97.5	97.5ab	97.5	92.5ab	67.5c-e
Gözde 80 yaprak %3	95.0a	97.5	100.0a	97.5	82.5a-d	80.0b
Gözde 80 yaprak %5	100.0a	97.5	100a	97.5	97.5a	77.5bc
Aldarı yaprak %3	97.5a	95.0	97.5ab	100.0	85.0a-c	65.0de
Aldarı yaprak %5	100.0a	97.5	100.0a	100.0	92.5ab	67.5c-e
Aldarı tohum %3	97.5a	95.0	97.5ab	100.0	82.5a-d	65.0de
Aldarı tohum %5	100.0a	97.5	100a	100.0	90.0a-c	67.5c-e
Erdurmuş yaprak %3	72.5b	97.5	95.0ab	100.0	80.0b-d	65.0de
Erdurmuş yaprak %5	27.5c	97.5	87.5c	97.5	70.5d	62.5e
Erdurmuş tohum %3	97.5a	95.0	100.0a	100.0	95.0ab	75.0b-d
Erdurmuş tohum %5	95.0a	100.0	97.5ab	100.0	75.0cd	75.0b-d
Kontrol saf su	100.0a	100.0	92.5bc	97.5	95.0ab	90.0a

Çimlenme yüzdesi verileri incelendiğinde; buğday bitkisinde kontrol grubunda %100 oranında çimlenme gerçekleştiği görülmektedir. Buna karşılık Erdurmuş yaprak %3'lük su ekstraktı uygulamasında bu oranın %72.5'ye, Erdurmuş yaprak %5'lik su ekstraktı uygulamasında ise %27.5'e kadar düştüğü tespit edilmiştir. Erdurmuş tohum %3-%5'lik su ekstraktlarında ise buğday bitkisinde çimlenme oranı üzerine etkisi kontrol grubuyla aynı istatistiksel değere sahip olduğu belirlenmiştir. Yine mısır bitkisinde Erdurmuş yaprak %5'lik su ekstraktında %87.5'lik çimlenme oranıyla en düşük çimlenme tespit edilmiştir. Çim ve yem bezelyesi bitkilerinde çimlenme üzerine yapılan sorgum ekstraktı uygulamaları arasında bir farklılık tespit edilememiştir. Yabancı otlarda ise kırmızı köklü horozibiği bitkisinde %70.5 ile en düşük çimlenme oranı yine Erdurmuş yaprak %5'lik su ekstraktında gözlemlenmiştir. Semizotu bitkisinde ise en düşük çimlenme oranı %57.5 ile Gözde 80 tohum %3 su ekstraktında elde edilmesine karşılık yine Erdurmuş yaprak %5'lik su ekstraktında %62.5'lik bir çimlenme oranı elde edilmiştir.

Çizelge 2. Farklı sorgum su ekstraktlarının bazı kültür bitkileri (Buğday, Çim, Mısır ve Yem Bezelyesi) ve yabancı otların (Kırmızı köklü horozibiği, Semizotu) kök (cm) gelişimi üzerine etkisi.

Uygulamalar	Buğday	Çim	Mısır	Yem Bezelyesi	K.K.Horozibiği	Semizotu
Gözde 80 tohum %3	9.67 ^a	10.73 ^{ac}	9.98 ^{b-d}	4.83	0.81 ^{a-c}	2.54 ^{b-d}
Gözde 80 tohum %5	10.87 ^a	10.96 ^{a-c}	14.47 ^a	4.81	0.85 ^{a-c}	2.91 ^{a-c}
Gözde 80 yaprak %3	10.35 ^a	9.87 ^{bc}	14.48 ^a	5.39	0.94 ^{ab}	2.77 ^{a-c}
Gözde 80 yaprak %5	8.08 ^{ab}	9.24 ^c	13.37 ^{ab}	5.19	1.04 ^a	2.49 ^{b-d}
Aldarı yaprak %3	8.62 ^{ab}	12.01 ^a	16.07 ^a	4.89	0.95 ^a	3.58 ^{ab}
Aldarı yaprak %5	5.64 ^{bc}	10.36 ^{a-c}	10.85 ^{bc}	4.11	1.09 ^a	3.33 ^{ab}
Aldarı tohum %3	8.64 ^{ab}	11.60 ^{ab}	7.76 ^{c-e}	3.66	0.89 ^{a-c}	3.70 ^a
Aldarı tohum %5	8.94 ^{ab}	11.37 ^{ab}	7.18 ^{d-f}	3.37	0.82 ^{a-c}	3.22 ^{a-c}
Erdurmuş yaprak %3	3.65 ^{cd}	6.44 ^{de}	3.82 ^{fg}	3.90	0.50 ^{e-d}	2.15 ^{c-e}
Erdurmuş yaprak %5	1.63 ^d	4.55 ^e	3.39 ^g	3.68	0.34 ^e	1.15 ^e
Erdurmuş tohum %3	8.08 ^{ab}	9.91 ^{bc}	7.49 ^{c-e}	4.67	0.66 ^{b-d}	2.95 ^{a-c}
Erdurmuş tohum %5	9.89 ^a	10.80 ^{a-c}	7.37 ^{c-f}	3.69	0.65 ^{cd}	2.89 ^{a-c}
Kontrol saf su	7.89 ^{ab}	6.56 ^d	5.35 ^{e-g}	4.54	0.51 ^{de}	1.57 ^{de}

Çizelge 2 incelendiğinde, yapılan sorgum ekstraktı uygulamalarının yem bezelyesinde kök uzunluğu üzerine etkisinin istatistiksel olarak önemli olmadığı görülmektedir. Buğday bitkisinde en yüksek kök uzunluğu oranı Gözde 80 tohum %3'lük su ekstraktı uygulamasında (10.35 cm) tespit edilirken, en düşük kök uzunluğu Erdurmuş yaprak %5'lik su ekstraktı uygulamasında (1.63 cm) tespit edilmiştir. Yem bezelyesi hariç diğer uygulamalarda istatistiksel olarak kontrol grubuna göre daha etkin sonuçlar tespit edilirken, bazı sorgum ekstraktlarının özellikle buğdayda kök gelişimi üzerine olumlu etkisi olduğu tespit edilmiştir. Erdurmuş yaprak %5'lik su ekstraktının denemede kullanılan kültür bitkisi ve yabancı otların kök gelişimi üzerinde olumsuz etki yarattığı görülmüştür.

Çim bitkisinde kök gelişimine bakıldığında Aldarı yaprak %3 su ekstraktı uygulaması sonucunda en yüksek kök gelişimi sağlanırken, ekstraktların birçoğu kontrol grubuna göre çim bitkisinin kök gelişimine olumlu etki yaptığı görülmüştür. Çim bitkisinde Erdurmuş yaprak %5'lik su ekstraktı uygulamasında ise diğer uygulamaların tersine kök gelişimi üzerine olumsuz bir etkinin olduğu görülmüştür.

Mısır bitkisinin kök gelişimi üzerine yapılan inceleme sonucunda birçok ekstrakt uygulamasının kontrol grubuna göre kök gelişimini arttırmış olduğu görülmektedir. Buna karşılık Erdurmuş yaprak %5'lik su ekstraktı uygulamasında 3.39 cm ile en düşük değer elde edilirken, kontrol grubunda 5.35 cm'lik kök gelişimi olduğu tespit edilmiştir.

Denemede kullanılan yabancı otlardan kırmızı köklü horozibiği bitkisinde en yüksek kök gelişimi Aldarı yaprak %5'lik su ekstraktı dozunda (1.09 cm) gözlemlenirken, en düşük kök gelişimi ise Erdurmuş yaprak %5'lik su ekstraktı (0.34 cm) gözükmemektedir. Deneme de kullanılan diğer bir yabancı ot olan semizotu bitkisinde ise en yüksek kök gelişimi Aldarı tohum %3'lük su ekstraktı dozunda (3.70 cm) gözlemlenirken, en düşük kök gelişimi ise benzer şekilde Erdurmuş yaprak %5'lik su ekstraktında (1.15 cm) gözükmemektedir.

Kök gelişimi açısından denemede kullanılan yem bezelyesi hariç hemen hemen bütün bitkilerde (Buğday, Çim, Mısır, Kırmızı köklü horozibiği, Semizotu) Erdurmuş yaprak %5'lik su ekstraktı

uygulamasının kök gelişimini baskıladığı ve Aldarı yaprak %5'lik su ekstraktının ise genel olarak kök gelişimini teşvik edici ekstrakt olduğu sonucu ortaya çıkmıştır.

Çizelge 3. Farklı sorgum su ekstraktlarının bazı kültür bitkisi (Buğday, Çim, Mısır ve Yem Bezelyesi) ve yabancı otlarda (Kırmızı köklü horozibiği, Semizotu) sürgün boyu (cm) üzerine etkisi.

Uygulamalar	Buğday	Çim	Mısır	Yem Bezelyesi	K.K.Horozibiği	Semizotu
Gözde 80 tohum %3	4.90 ^{a-c}	9.77 ^a	2.91 ^{a-d}	1.54 ^{a-c}	4.18 ^a	3.16 ^{c-e}
Gözde 80 tohum %5	5.87 ^{ab}	9.10 ^{ab}	4.09 ^a	1.41 ^{a-c}	4.19 ^a	3.85 ^{ab}
Gözde 80 yaprak %3	6.14 ^a	9.25 ^{ab}	3.46 ^{a-c}	1.64 ^{ab}	3.76 ^{a-c}	3.70 ^{a-c}
Gözde 80 yaprak %5	4.86 ^{a-c}	8.67 ^{ab}	3.55 ^{ab}	1.33 ^{a-c}	3.78 ^{a-c}	3.90 ^{ab}
Aldarı yaprak %3	4.61 ^{bc}	9.64 ^a	4.05 ^a	1.78 ^a	4.07 ^{ab}	4.01 ^a
Aldarı yaprak %5	1.97 ^d	8.89 ^{ab}	1.87 ^{d-f}	1.79 ^{a-c}	3.93 ^{ab}	3.96 ^a
Aldarı tohum %3	4.21 ^c	8.94 ^{ab}	2.14 ^{c-e}	0.67 ^{bc}	3.75 ^{a-d}	3.68 ^{a-c}
Aldarı tohum %5	4.45 ^c	8.71 ^{ab}	2.82 ^{a-d}	0.65 ^{bc}	3.63 ^{a-d}	3.43 ^{a-d}
Erdurmuş yaprak %3	1.61 ^{de}	8.27 ^{ab}	0.59 ^f	0.72 ^{a-c}	3.18 ^{c-d}	3.13 ^{c-e}
Erdurmuş yaprak %5	0.42 ^e	7.33 ^b	1.23 ^{ef}	0.51 ^c	3.06 ^d	1.95 ^f
Erdurmuş tohum %3	4.40 ^c	8.77 ^{ab}	1.68 ^{d-f}	1.29 ^{a-c}	3.73 ^{a-d}	3.21 ^{b-e}
Erdurmuş tohum %5	4.49 ^c	9.60 ^a	2.59 ^{b-e}	0.68 ^{a-c}	3.45 ^{b-d}	2.94 ^{de}
Kontrol saf su	4.45 ^c	7.78 ^{ab}	1.66 ^{d-f}	1.01 ^{a-c}	2.07 ^e	2.51 ^{ef}

Farklı sorgum çeşitlerinin yaprak ve tohumlarından elde edilen ekstraktların bazı kültür bitkisi ve yabancı otların sürgün boyu üzerine etkisini gösteren Çizelge 3 incelendiğinde buğday bitkisinde en uzun sürgün uzunluğu Gözde 80 yaprak %3'lük su ekstraktı uygulamasından (6.14 cm) elde edilirken, Erdurmuş yaprak %5'lik su ekstraktı uygulamasında ise en düşük sürgün uzunluğu (0.42 cm) tespit edilmiştir. Çim bitkisinde Erdurmuş yaprak %5'lik su ekstraktı uygulaması haricindeki kontrol grubu dahil tüm uygulamalar aynı istatistiksel grupta yer almıştır. Mısır bitkisinde Erdurmuş yaprak %3'lük su ekstraktı uygulaması 0.59 cm ile en düşük sürgün uzunluğu olarak belirlenmiştir. Yem bezelyesinde Erdurmuş yaprak %5'lik su ekstraktı uygulaması 0.51 cm ile en düşük sürgün uzunluğu değerine sahipken, en yüksek sürgün uzunluğu Aldarı yaprak %3'lük su ekstraktı uygulamasından (1.78 cm) elde edilmiştir. Genel olarak denemede kullanılan yabancı otlara ait sürgün uzunluğu değerleri istatistiksel olarak önemli bulunurken, Erdurmuş yaprak %5'lik ekstrakt uygulaması hem kırmızı köklü horozibiği bitkisi hemde semizotunda sürgün uzunluğunu kısıtlayıcı uygulama olarak göze çarpmaktadır.

Farklı dozlarda sorgum yaprak ve tohum ekstraktlarının denemede kullanılan kültür bitkilerinden buğday ve çim bitkisinin yaş ağırlıkları üzerine etkisi istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur (Çizelge 4). Mısır bitkisinde Aldarı yaprak %3'lük su ekstraktı uygulaması (8232 mg) en yüksek yaş ağırlık değerine sahip olurken, Erdurmuş yaprak %3-5'lik uygulamalar (5170-5060 mg) en düşük değere sahip olmuştur. Yem bezelyesi bitkisinde ise en düşük Aldarı tohum %5'lik su ekstraktı uygulamasından elde edilirken, en yüksek değer Gözde 80 tohum %5'lik uygulamasında gözlemlenmiştir. Semizotu bitkisinde Erdurmuş yaprak %5'lik ekstrakt uygulamasında en düşük sonuç elde edilirken, Kırmızı köklü horozibiğinde ise en düşük yaş ağırlık değeri kontrol grubunda gözlemlenmiştir.

Çizelge 4. Farklı sorgum su ekstraktlarının bazı kültür bitkileri (Buğday, Çim, Mısır ve Yem Bezelyesi) ve yabancı otlarda (Kırmızı köklü horozibiği, Semizotu) yaş ağırlık (mg) üzerine etkisi.

Uygulamalar	Buğday	Çim	Mısır	Yem Bezelyesi	K.K.Horoz İbiği	Semizotu
Gözde 80 tohum %3	620	240	6970 ^{a-d}	4810 ^{a-c}	8.0 ^{cb}	19.8 ^{ab}
Gözde 80tohum %5	740	240	7740 ^{a-c}	5320 ^a	22.3 ^a	27.5 ^{ab}
Gözde 80yaprak %3	630	250	8090 ^{ab}	4990 ^{a-c}	13.8 ^{a-c}	39.0 ^a
Gözde 80yaprak %5	710	230	7080 ^{a-d}	5100 ^{ab}	21.3 ^{ab}	34.2 ^{ab}
Aldarı yaprak %3	690	270	8230 ^a	5080 ^{ab}	21.0 ^{ab}	36.3 ^{ab}
Aldarı yaprak %5	610	220	6380 ^{b-e}	4310 ^{bc}	20.5 ^{ab}	36.0 ^{ab}
Aldarı tohum %3	740	230	5580 ^{de}	4480 ^{a-c}	17.5 ^{a-c}	32.8 ^{ab}
Aldarı tohum %5	700	240	5980 ^{c-e}	4160 ^c	11.8 ^{a-c}	34.5 ^{ab}
Erdurmuş yaprak %3	630	240	5170 ^e	4230 ^{bc}	12.8 ^{ac}	24.3 ^{ab}
Erdurmuş yaprak %5	690	230	5060 ^e	4290 ^{bc}	10.0 ^{a-c}	17.0 ^b
Erdurmuş tohum %3	770	230	5700 ^{de}	4240 ^{bc}	20.0 ^{a-c}	26.5 ^{ab}
Erdurmuş tohum %5	750	290	5410 ^{de}	4490 ^{a-c}	20.0 ^{a-c}	33.0 ^{ab}
Kontrol saf su	620	230	5850 ^{de}	4430 ^{a-c}	10.0 ^c	35.0 ^{ab}

Çizelge 5. Farklı sorgum su ekstraktlarının bazı kültür bitkisi (Buğday, Çim, Mısır ve Yem Bezelyesi) ve yabancı otlarda (Kırmızı köklü horozibiği, Semizotu) kuru ağırlıklar (mg) üzerine etkisi.

Uygulamalar	Buğday	Çim	Mısır	Yem Bezelyesi	K.K.Horozibiği	Semizotu
Gözde 80 tohum %3	520	30	3940 ^{a-d}	3350 ^{a-c}	1.0	1.0 ^b
Gözde 80 tohum %5	490	30	4790 ^{ab}	3680 ^a	1.0	1.0 ^b
Gözde 80 yaprak %3	480	30	5080 ^a	3460 ^{ab}	1.0	1.5 ^{ab}
Gözde 80 yaprak %5	480	30	4710 ^{ab}	3580 ^{ab}	1.0	1.5 ^{ab}
Aldarı yaprak %3	470	10	4840 ^{ab}	3450 ^{ab}	1.0	1.5 ^{ab}
Aldarı yaprak %5	530	30	2850 ^{cd}	2560 ^d	1.0	2.0 ^a
Aldarı tohum %3	490	10	2860 ^{cd}	2900 ^{b-d}	1.0	1.3 ^{ab}
Aldarı tohum %5	510	10	2720 ^d	2610 ^{cd}	1.0	1.5 ^{ab}
Erdurmuş yaprak %3	530	30	3480 ^{b-d}	2560 ^d	1.0	1.0 ^b
Erdurmuş yaprak %5	550	40	3020 ^{cd}	2380 ^d	1.0	1.0 ^b
Erdurmuş tohum %3	480	30	2770 ^{cd}	2540 ^d	1.0	1.0 ^b
Erdurmuş tohum %5	510	30	2660 ^d	2940 ^{a-d}	1.0	1.0 ^b
Kontrol saf su	490	30	4120 ^{a-c}	2870 ^{b-d}	1.0	1.8 ^{ab}

Yapılan çalışmada bitkilerin kuru ağırlıklarına ait değerler Çizelge 5'te verilmiştir. Çizelge 5 incelendiğinde buğday, çim ve kırmızı köklü horozibiği bitkilerinde tüm uygulamaların istatistiksel olarak önemli olmadığı görülmektedir. İstatistiksel olarak önemli olmamakla birlikte ortalama kuru ağırlık değeri her üç bitkide de Aldarı yaprak %3'lük su ekstraktı uygulamasında en düşük değer olarak tespit edilmiştir. Mısır ve yem bezelyesi bitkilerinde kuru ağırlık değerleri yönünden yapılan uygulamalar istatistiksel olarak önemli olup, en düşük kuru ağırlık mısır bitkisinde Aldarı tohum %5'lik su ekstraktı uygulamasından, yem bezelyesi bitkisinde ise Aldarı yaprak %5'lik, Erdurmuş yaprak %5'lik, Erdurmuş yaprak %3'lük ve Erdurmuş tohum %3'lük su ekstraktı uygulamalarında tespit edilmiştir. Kırmızı köklü horozibiği bitkisinde tüm ekstrakt uygulamalarında kuru ağırlık 1 mg düzeyinde çıkmıştır.

4. Tartışma ve Sonuç

Günümüz ekonomik koşullarında bitkisel üretimde birim alandan maksimum gelir elde edebilmek için tek bir ürün değil, iki hatta bazı bölgelerde aynı yıl içinde üçüncü ürün yetiştiriciliği bile yapılmaktadır. Rantabl bir yetiştiricilik için özellikle yetiştirilen bu ürünlerin birbirine karşı herhangi bir allelopatik etkisinin olup olmadığının bilinmesi son derece önem arz etmektedir. Sorgum bitkisi bu yönüyle dikkat

edilmesi gereken bir bitkidir çünkü içerdiği allelopatik maddeler kendisinden sonra gelecek olan kültür bitkilerinin hem çimlenme problemi yaşamalarına hem de düşük verim vermelerine sebep olmaktadır. Benzer şekilde aynı durum kendisinden sonra o alanda çıkan bazı yabancı otlar içinde geçerli olmaktadır. Bu özelliği sayesinde yabancı otların kontrolü içinde kullanılabilir. Yani entegre bir yabancı ot kontrolü için sorgum bitkisi, etkili kullanılabilen bitkilerden birisi olarak karşımıza çıkmaktadır [31]. Özellikle *Sorghum bicolor*'un içerdiği sorgoleone maddesi sayesinde yabancı ot kontrolü için önemli bitkilerden birisi olduğu çeşitli araştırmalarda da bildirilmiştir. Sorgoleone maddesi geniş yapraklı ve dar yapraklı birçok bitkiye karşı herbisidal potansiyele sahiptir [32]. Bu konuda araştırmalar yapan Yabancı Ot Bilimi Allelopati Laboratuvarı ve Faisalabad Üniveristesesi Ziraat Fakültesinden bilim adamları çevreye zarar vermeden yabancı otu kontrol etmek için sorgum su ekstraktlarını tek başına veya diğer su ekstraktları ile birlikte kullanmayı başarmışlardır. [33]'nın yaptıkları çalışmada sorgum su ekstraktı ve ayçiçeği su ekstraktının birlikte kullanılması ile yabancı ot ağırlığı %33-53 oranında azalmış, buğday veriminde ise %7-11'lik bir artış olmuştur. Yine [34]'nin yaptıkları çalışma sonucunda sorgum bitkisinin sap artıklarının allelopatik etkilerinin olduğu ve bu nedenle yabancı otların gelişmesinde gerilemeye ve kültür bitkilerinde ise üründe azalmaya sebep oldukları ayrıca yabancı otların yoğunluğunu %35-49 oranında düşürdüğünü bildirmişlerdir.

Yapılan bu çalışmada özellikle Edurmuş çeşidinin bitkisel su ekstraktlarının buğdayda ve denemede kullanılan yabancı otlarda (kırmızı köklü horozibiği ve semizotu) çimlenmeyi kontrol grubuna göre önemli düzeyde düşürdüğü görülmektedir. Ayrıca mısır bitkisinin çimlenme parametrelerinden kök ve sürgün uzunluğu değerlerini Edurmuş çeşidinin bitkisel su ekstraktlarının istatistiksel olarak önemli derecede geriletği tespit edilmiştir.

Bazı araştırmacılar farklı bitki türleri ile yaptıkları çalışmalarda bitki ekstraktlarının çeşitli bitkilerin çimlenme faktörleri üzerine etkileri üzerine araştırmalar yapmışlardır. [35]'nin yapmış oldukları bir çalışmada, kaldirik (*Trachystemon orientalis* (L.) G. Don) bitkisinin herbisidal potansiyelini araştırdıkları çalışmada imam pamuğu (*Abutilon theoprasti* Medik) ve tere (*Lepidium sativum* L.) bitkisinin çimlenme yüzdesi, kök ve sürgün uzunluğuna olan etkilerine bakmışlar, sonuç olarak çimlenmeyi sırasıyla %44.6 ve %70.6 oranında azalttığını ve herbisidal potansiyelinin olduğunu tespit etmişlerdir.

[36] tarafından ısırgan, karalahana, mor ve sarıçiçekli ormangülü bitkilerinden elde edilen ekstraktların ayçiçeği, mısır ve soya bitkilerinde çimlenme ve fide gelişimi üzerine etkileri araştırılmıştır. Laboratuvar koşullarında yapılan denemeler sonucunda farklı dozlarda kurulan (0, %5, %10 ve %20) deneme sonucunda kullanılan tüm bitkilerin allelopatik etkisinin olduğu, Isırgan ve karalahana bitkilerinin %20'lik dozlarında ise ayçiçeği ve soya bitkisinde çimlenme ve fide gelişimini tamamen durdurduğu sonucu ortaya koymuşlardır.

Yapılan bu çalışma göstermiştir ki farklı familya ve özelliklere sahip olan bitkilerde sorgum bitkisinin vermiş olduğu allelopatik tepkiler de farklılıklar göstermektedir. Sorgum üzerine çalışma yapan birçok araştırmacı, çalışmamıza paralel olarak, sorgum bitkisinin bünyesindeki allelopatik maddeler sebebiyle diğer bitkilere karşı oluşturmuş oldukları fitotoksik etkileri, maruz kalan bitkinin organına, yaşına, çevresel faktörlere, genotipine ve yabancı otun türüne göre değişiklik gösterdiğini [34; 37-41] bildirmişlerdir. Bu çalışmadan elde edilen sonuçlar doğrultusunda farklı bitkilerde çimlenme oranlarında kontrol uygulamalarına göre farklılıklar tespit edilmiştir. Her ne kadar mısır bitkisinde sorgumun su ekstraktlarının kullanımından kaynaklanan çimlenme parametrelerinde azalma olduğu çeşitli çalışmalar ile bildirilse de, sorgum suyu özütü ile yapılan başka bir çalışmada mısırın tane veriminde %44'lük bir artışa neden olduğunu, buna karşılık bazı yabancı otların ağırlıklarını ise %50'ye varan oranda kaybetmesine neden olduğunu bildirilmiştir. Bu sonuçlarda göstermektedir ki özellikle farklı sorgum çeşitleri ve farklı bitkisel kısımlarının, farklı kültür bitkisi ve yabancı otlarda fitotoksik ya da verim arttırıcı nitelikte farklı sonuçlara sebebiyet vermektedir. [42] tarafından bazı yabancı otlara karşı (*Aeschynomene indica*, *Amaranthus retroflexus*, *Galium spurium* ve *Rumex japonicus*) farklı şekilde hazırlanmış olan bitkisel ekstraktların, bitki çimlenmesi ve gelişmesini engellediğini rapor edilmiştir. Benzer şekilde yapılan bu çalışmada da ortak bitki olarak *Amaranthus retroflexus* kullanılmış

ve bazı sorgum su ekstraktı seviyelerinde çimlenme değerlerinde kontrole göre düşüşlerin olduğu tespit edilmiştir.

[43] tarafından Çeti (*Prosopis frakta* (Banks & Sol.) J.F.Mac.) bitkisinin meyvelerinin %1, 3 ve 5'lik su, ethanol ve methanol ekstraktlarının yabancı hardal (*Sinapis arvensis*) ve kırmızı köklü horozibiği (*Amaranthus retroflexus*) bitkisinin çimlenme ve fide gelişimi parametreleri üzerine etkilerini araştırmış ve çalışmada doz artışlarının çimlenmeler üzerinde durdurucu etkisinin olduğu, ayrıca fide gelişim parametrelerine bakıldığı zaman ise kırmızı köklü horozibiği bitkisinde doz artışı ile birlikte fide gelişim parametrelerinin (kök ve sürgün uzunlukları, yaş ve kuru ağırlıkları) düştüğü sonucu ortaya koymuştur. Yapılan bu çalışmada da kırmızı köklü horozibiği bitkisinde de özellikle doz artışlarının tohumların çimlenme parametrelerindeki değişimlerin benzer olduğu sonucu ortaya çıkmıştır.

Sonuç olarak; Sorgum tüm dünyada yetiştiriciliği yapılan kültür bitkileri içerisinde en önemlilerinden birisi olarak karşımıza çıkmaktadır. Bitki hakkında yapılan çeşitli araştırmalar göstermiştir ki sorgumun salgılamış olduğu çeşitli allelopatik sekonder metabolitler sayesinde farklı bitkilere yararlı veya fitotoksik etkileri bulunmaktadır. Yapılan bu çalışma ile farklı özelliklere sahip olan sorgum çeşitlerinin yaprak ve tohumlarından elde edilen su ekstraktlarının kültür bitkisi ve yabancı otlar üzerine etkileri laboratuvar ortamında kısmen tespit edilmiştir. İlerleyen zamanlarda farklı metotlar kullanılarak, gerek farklı ekstraksiyon metodları gerekse bitkisel materyalin direk yada farklı kısımlarını kullanarak yapılacak çalışmalarla sorgumun allelopatik etkisine dair bu tespitler daha da güçlendirilecektir. Elde edilecek sonuçlarla sorgum yetiştiriciliğinden sonra yapılacak kültür bitkisi yetiştiriciliğinde iyi bir münavebe programının oluşturulması sağlanacak ayrıca kültür bitkilerinde sorun olan bazı majör yabancı otlara karşı savaşım yöntemlerinden birisi olarakta sorgumun fitotoksik etkilerinden yararlanarak doğa dostu daha sağlıklı ve güvenilir mücadele yöntemleri geliştirilebilecektir.

Çıkar Çatışması

"Bu çalışmada herhangi bir çıkar çatışması yoktur"

Yazarların Katkıları

1. Sorumlu Yazar Mehmet ÖTEN: Araştırma ve makale için fikir oluşturulması, materyal ve metodun planlanması, deneylerin yapılması, verilerin düzenlenmesi ve bildirilmesi için sorumluluk almak, bulguların mantıklı açıklanması ve sunumu için sorumluluk almak, araştırma sırasında literatür taraması ile ilgili sorumluluk almak, yazının tümü için sorumluluk almak

2. Bahadır ŞİN: Araştırma ve makale için fikir oluşturulması, materyal ve metodun planlanması, deneylerin yapılması, verilerin düzenlenmesi ve bildirilmesi için sorumluluk almak, bulguların mantıklı açıklanması ve sunumu için sorumluluk almak, araştırma sırasında literatür taraması ile ilgili sorumluluk almak, yazının tümü için sorumluluk almak

3. Semiha KİREMİTÇİ: Araştırmada kullanılan materyalin tarla denemelerinin yapılması ve materyal

Kaynakça

- [1] Cramer H.H. (1967). Pflanzenschutz und Welternte. Pflanzenschutz-Nachrichten "Bayer" 20:1-523, Leverkusen.
- [2] Özer Z., Kadioğlu İ., Önen H., Tursun N. (2003). Herboloji (Yabancı Ot Bilimi). Gaziosmanpaşa Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları No:20 Kitaplar Serisi No:10, Genişletilmiş 3. Baskı 409 s., Tokat.
- [3] Wisler, G.C., Norris, R.F., (2005). Interactions between weeds and cultivated plants as related to management of plant pathogens. Sym. Weed Sci. 53:914-917.
- [4] Nasr, N., Hajar, B., Miyandeh B.H., (2013). Weeds identification in west of Mazandaran Province Citrus Orchards (Iran). American Journal of Research Communication, 1(6):27-38.

- [5] Putnam, A.R. (1994). Phytotoxicity of Plant Residues. In P.W. Unger (ed.), *Managing Agricultural Residues*, Lewis Publishers, Boca Raton, 285-314.
- [6] Fateh, E., Samaneh, S., Gerami, F. (2012). Evaluation the allelopathic effect of bindweed (*Convolvulus arvensis* L.) on germination and seedling growth of millet and basil. *Advances in Environmental Biology*, 6: 940-950.
- [7] Zeng, R.S. (2014). Allelopathy-the solution is indirect. *Journal of Chemical Ecology*, 40: 515-516.
- [8] Özbay, N. (2018). Bazı tıbbi bitkiler ve yabancı ot ekstraktlarının biberin çimlenme ve fide gelişimi üzerine etkisi. *Türk Tarım ve Doğa Bilimleri Dergisi* 5(1): 81-85.
- [9] Rice, E.L., (1984). *Allelopathy*, Academic Press, New York.
- [10] Khalid, S., Shad, R. (1991). Potential advantage of recent allelochemical discoveries in agroecosystems. *Progressive Farming*, 11: 30-35.
- [11] Callaway, R.M. (2002). The detection of neighbors by plants. *Trends Ecol. Evol.*, 17: 104-105.
- [12] Halbrendt, J. M., (1996). Allelopathy in the management of plant-parasitic nematodes. *Journal of Nematology*, 28 (1): 8-14.
- [13] Uludağ A (2006). Türkiye’de allelopati araştırmaları ve uygulamaları üzerine genel bir bakış. *Allelopati Çalıştayı*, 13-15 Haziran, Yalova.
- [14] Forney, D.R. and Foy, C.L. (1985). Phytotoxicity of products from rhizospheres of a sorghum-sudangrass hybrid (*Sorghum bicolor* × *Sorghum Sudanese*). *Weed Sci.* 33:597–604.
- [15] Weston, L.A., Harmon, R., Mueller, S. (1989) Allelopathic potential of sorghum-sudangrass hybrid (Sudex). *J. Chem. Ecol.* 15, 1855–1865.
- [16] Shahid, M., Ahmad, B., Khattak, R.A., Arif, M. (2007). “Integration of herbicides with aqueous allelopathic extracts for weeds control in wheat”, *African Crop Science Conference Proceedings* Vol. 8. pp. 209-212.
- [17] Cheema, Z.A., Khaliq, A., Farooq, M. (2008). Sorghum Allelopathy for Weed Management in Wheat. In: Zeng, R.S., Mallik, A.U., Luo, S.M. (eds) *Allelopathy in Sustainable Agriculture and Forestry*. Springer, New York, NY. https://doi.org/10.1007/978-0-387-77337-7_13
- [18] Kandhro, M. N., Memon, H.R., Laghari, M., Baloch, A. W., Ansari, M. A. (2016). “Allelopathic impact of sorghum and sunflower on germinability and seedling growth of cotton (*Gossypium hirsutum* L.)” *Journal of Basic & Applied Sciences*, 12, 98-102.
- [19] Nouri, H., Talab, Z.A., Tavassoli, A. (2012). “Effect of weed allelopathic of sorghum (*Sorghum halepense*) on germination and seedling growth of wheat, Alvand cultivar” *Annals of Biological Research* 3(3): 1283-1293. *Journal of Basic & Applied Sciences*, 2016, Volume 12 Kandhro et al.
- [20] Khaliq, A., Matloob, A., Cheema, Z.A., Farooq, M. (2011). “Allelopathic activity of crop residue incorporation alone or mixed against rice and its associated grass weed jungle rice (*Echinochloa colonum* L.). *Chilean J Agri Res* 71(3): 418-423. <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-58392011000300012>
- [21] Hozayn, M., Monem, A.A.A., Lateef, E.M.A. (2011). “Crop residues, an effective tool for improving growth of wheat and suppression of some associated weeds”, *Journal of Allelopathy*. 27(2): 237-344.
- [22] Iqbal, J., Cheema, Z.A. (2015) “Purple nutsedge (*Cyperus rotundus* L.) management in cotton with combined application of Sorgaab and S-metolachlor. *Pak J Bot* 2008; 40(6): 2383-2391.
- [23] Duke, S.O., Baerson, S.R., Rimando, A.M., Pan, Z., Dayan, F.E., Belz, R.G. (2007). “Biocontrol of weeds with allelopathy: conventional and transgenic approaches”, *Outlook Pest Manage*; 18: 54-58. http://dx.doi.org/10.1007/978-1-4020-5799-1_4.

- [24] Narwal, S.S., Palaniraj, R., Sati, S.C. (2005). "Role of allelopathy in crop production", *Herbologia* 6(2): 1-69.
- [25] Francisco, A.M., Molinillo, J.M.G., Galindo, J.C.G., Varela, R.M., Simonet A.M., Castellano, D. (2001). The use of allelopathic studies in the search for natural herbicides. *Journal of Crop Production*. 4, 237–255.
- [26] Kacar, B., İnal. A. (2008). *Bitki Analizleri*. Nobel yayımları. No: 1241, Ankara, 892s.
- [27] Mennan H., Kutbay G., Işık, D. (1999). Karadeniz Bölgesi Fındık Bahçelerinde Sorun Olan Yabancı Ot Türlerinin Saptanması. *Türkiye Herboloji Dergisi*, 2(2): 13-21.
- [28] Onaran A., Yılar M. (2012). Antifungal activity of *Trachystemon orientalis* L. aqueous extracts against plant pathogens. *Journal of Food, Agriculture & Environment* Vol.10 (3&4): 287-291. 2012.
- [29] Şin, B., Kadioğlu, İ., Onaran, A. (2017). Antifungal activity of parasitic plant (*Orobancha ramosa* L. *Cuscuta campestris* Yunck. and *Viscum album* L.) extracts against some plant pathogenic fungi. *Turkish Journal of Weed Science*, 20 (1), 61-69.
- [30] Düzgüneş, O., Kesici, T., Kavuncu, O., Gürbüz, F., (1987). *Araştırma ve Deneme Metodları (İstatistik Metodları II)*. Ankara Üniversitesi, Ziraat Fakültesi Yayınları: 1021, Ders Kitabı, 295, 1987.
- [31] Jabran, K., Mahajan, G., Sardana, V., Chauhan, B.S. (2015). Allelopathy for weed control in agricultural systems. *Crop. Prot.*, 72, 57–65.
- [32] Dayan, F.E., Rimando, A.M., Pan, Z., Baerson, S.R., Gimsing, A.L., Duke, S.O. (2010). Sorgoleone. *Phytochemistry*, 71, 1032–1039.
- [33] Cheema Z.A., Luqman M., Khaliq A. (1997). Use of allelopathic extracts of sorghum and sunflower herbage for weed control in wheat. *J. Anim. Plant Sci.* 7 (3–4): 91–93.
- [34] Cheema, Z.A., Khaliq, A. (2000). Use of sorghum allelopathic properties to control weeds in irrigated wheat in a semi-arid region of Punjab. *Agri. Ecosyst. Environ.* 2000, 79, 105–112.
- [35] Yılar M., Onaran A., Yanar Y., Belgüzar S., Kadioğlu İ. (2014). *Trachystemon orientalis* (L.) G. Don (Kaldırık)'ın herbisidal ve antifungal potansiyeli. *Iğdır Üni. Fen Bilimleri Enst. Der. / Iğdır Univ. J. Inst. Sci. & Tech.* 4(4): 19-27.
- [36] Yıldız E., Özcan M.M., Kara Ş.M. (2020). Bazı tıbbi bitki ekstraktlarının mısır, soya ve ayçiçeği tohumlarının çimlenmesi ve fide gelişimi üzerine allelopatik etkisi. *Türk Tarım ve Doğa Bilimleri Dergisi*, 7(4): 1218–1226.
- [37] Cheema, Z., Sadiq, H., Khaliq, A. (2000). Efficacy of sorgaab (Sorghum Water Extract) as a natural weed inhibitor in wheat. *Intl J AgricBiol.* 2(2).
- [38] Narwal, S.S. (2000). Weed management in rice: Wheat rotation by allelopathy. *Crit. Rev. Plant Sci.*, 19, 249–266.
- [39] Ahmad, S.; Rehman, A.; Cheema, Z.A.; Tanveer, A.; Khaliq, A. (1995). Evaluation of some crop residues for their allelopathic effects on germination and growth of cotton and cotton weeds. In *Proceedings of the 4th Pakistan Weed Science Conference Faisalabad, Faisalabad, Pakistan, 26–27 March 1994*; pp. 63–71.
- [40] Narwal, S.S.; Sarmah, M.K. (1996) Effect of wheat residues and forage crops on the germination and growth of weeds. *Allelop. J.*, 3, 229–240.
- [41] Kondap, S.M., Rao, A.R., Reddy, G.V. (1990) Studies on the effect of planting patterns and weeding intervals in sorghum based intercropping system on weed infestation and yield. *Madras Agri. J.*, 77, 64–69.
- [42] Uddin, M.R., Park, S.U., Dayan, F.E., Pyon, J.Y. (2014) Herbicidal activity of formulated sorgoleone, a natural product of sorghum root exudate. *Pest. Manag. Sci.*, 70, 252–257.

- [43] Şin B. (2022). Çeti (*Prosopis farcta* (Banks & Sol.) J.F.Mac.) Bitkisinin Ethanol, Methanol ve Su Ekstraktlarının Bazı Yabancı Ot Tohum Çimlenmesine Karşı Etkinliğinin Belirlenmesi. International Conference On Global Practice Of Multidisciplinary Scientific Studies 1377-1385.



© 2020 by the authors. Submitted for possible open access publication under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).

