

Atıf İçin: Gökpinar B, Balkaya A, Şahin GT, 2021. *Capsicum chinense* Türüne Ait Biber Genotiplerinde Sıcaklığın Tohum Çimlenmesi Üzerine Etkisi. İğdır Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 11(Özel Sayı): 3336-3346.

To Cite: Gökpinar B, Balkaya A, Şahin GT, 2021. The Effect of Temperature on Seed Germination in *Capsicum chinense* Genotypes. Journal of the Institute of Science and Technology, 11(Special Issue): 3336-3346.

Capsicum chinense Türüne Ait Biber Genotiplerinde Sıcaklığın Tohum Çimlenmesi Üzerine Etkisi

Bircan GÖKPİNAR¹, Ahmet BALKAYA^{2*}, G. Tuğba ŞAHİN³

ÖZET: Bitkisel üretimde tohum çimlenmesi ve çıkış için gerekli olan optimum sıcaklık değerleri, bitki tür ya da çeşitlerine göre farklılıklar göstermektedir. Sıcaklık, çimlenme ve çıkış sürecini etkileyen önemli bir çevresel faktördür. *Capsicum chinense* biber türü; tohum canlılığı, tohum iriliği, tohum şekli, tohum rengi yönünden yüksek düzeyde varyasyon göstermektedir. Bu çalışmada, *C. chinense* türüne ait biber tohumlarında sıcaklık faktörünün çimlenme kapasiteleri üzerine olan etkileri incelenmiştir. Araştırmada; *C. chinense* türüne ait 10 biber genotipinin tohumlarının çimlenme performansları, 11 farklı sıcaklık uygulamasında (9 °C, 12 °C, 15 °C, 18 °C, 21 °C, 24 °C, 27 °C, 30 °C, 33 °C, 36 °C, 39 °C) belirlenmiştir. Araştırma sonucunda; 9 °C ve 15 °C arasında çimlenmenin olmadığı, 21 °C ve 33 °C sıcaklık aralıklarında ise çimlenme hızı ve çimlenme oranlarının yükselen sıcaklıklara bağlı olarak artışlar gösterdiği saptanmıştır. Biber genotiplerinde, 24 °C ve 27 °C sıcaklık uygulamalarında en yüksek çimlenme oranlarına ulaşılmıştır. Çimlenme oranı değerleri yönünden CC-51 ve CC-63 genotiplerinin diğer genotiplere göre daha yüksek olduğu belirlenmiştir. Ayrıca tohumların çimlenmesi üzerine, sıcaklık esas alınarak geliştirilen matematiksel modelleme ile, çimlenme oranın tahmin edilmesi olanağı da araştırılmıştır. Bu amaçla; çimlenme potansiyellerinin tahmini için Uzun ve ark. (2001) tarafından önceden türetilmiş model tarafımızdan geliştirilerek $[D= a+(b \times T) +(c \times T^2)]$ şeklinde kullanılmıştır. Her bir genotip için üretilen denklemlerin regresyon katsayılarının (R^2), çimlenme oranı değerleri için 0.33 ile 0.95 arasında değiştiği belirlenmiştir. Çimlenme performans özellikleri yönünden öne çıkan *C. chinense* genotiplerinin gelecekte biber ıslah programında değerlendirilmesi planlanmaktadır.

Anahtar Kelimeler: Biber, *C. chinense*, tohum, sıcaklık, çimlenme, modelleme

The Effect of Temperature on Seed Germination in *Capsicum chinense* Genotypes

ABSTRACT: Optimum temperature values required for seed germination and emergence in plant propagation differ according to species or varieties. Temperature is an important environmental factor affecting the germination and emergence occurrence. *Capsicum chinense* genotypes shows a high level of variation in terms of seed viability, seed size, seed shape and seed colour. In this study, it was aimed to determine the effects of temperature on germination capacity of *C. chinense* seeds. In the research; germination performances of seeds were determined at 11 different temperatures (9 °C, 12 °C, 15 °C, 18 °C, 21 °C, 24 °C, 27 °C, 30 °C, 33 °C, 36 °C, 39 °C). As a result of the research; it was determined that there was no germination between 9 °C and 15 °C, and the germination speed and germination ratios increased depending on the rising temperatures at 21 °C and 33 °C temperature ranges. In *C. chinense* seeds, the highest germination rates were determined at 24 °C and 27 °C temperature. It was found that CC-63 and CC-51 genotypes were higher than other genotypes in terms of germination ratios. In addition, the possibility of predicting the germination rate by mathematical modelling based on temperature was also investigated. For this purpose, for the prediction of germination and emergence potentials, the previously derived model by Uzun et al. (2001) was developed by us and used as $[D= a+(b \times T) +(c \times T^2)]$. The regression coefficients (R^2) of the equations produced for each genotype were changed between 0.33 and 0.95 for the germination rate values. The promising *C. chinense* genotypes, in terms of germination performance are planned to be evaluated in the pepper breeding programs in the future.

Keywords: Pepper, *C. chinense*, seed, temperature, germination, modelling

¹Bircan GÖKPİNAR ([Orcid ID: 0000-0002-0746-6861](https://orcid.org/0000-0002-0746-6861)), Antalya Tarım Islah Departmanı, Antalya, Türkiye

²Ahmet BALKAYA ([Orcid ID: 0000-0001-9114-615X](https://orcid.org/0000-0001-9114-615X)), Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bahçe Bitkileri Bölümü, Samsun, Türkiye

³G. Tuğba ŞAHİN ([Orcid ID: 0000-0002-3409-4282](https://orcid.org/0000-0002-3409-4282)), Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Bahçe Bitkileri Ana Bilim Dalı, Samsun, Türkiye

***Sorumlu Yazar/Corresponding Author:** Ahmet BALKAYA, e-mail: abalkaya@omu.edu.tr

Bu araştırma, Bircan GÖKPİNAR'ın Yüksek Lisans tezinden üretilmiştir. Makale 16 Kasım 2021 tarihinde Türkiye 7. Tohumculuk Kongresinde Sözlü Bildiri olarak sunulmuştur.

GİRİŞ

Biber, dünyanın birçok bölgesinde yaygın olarak yetiştirilen önemli bir sebze türüdür. Günümüzde farklı şekillerde tüketime sunulmakta ve fonksiyonel gıda ürünleri şeklinde de değerlendirilmektedir. Biber, *Solanaceae* familyasında *Capsicum* cinsi içerisinde yer almaktadır (Greenleaf, 1986; Eshbaugh, 2012). Bu cins içerisinde toplam 43 tür bulunmaktadır (Barboza ve ark., 2019; Mavi, 2020). Bu türler içerisinde günümüzde kültüre alınmış olan beş tür bulunmaktadır. Bunlar; sırasıyla *Capsicum annuum* L., *Capsicum baccatum* L. var. *pendulum*, *Capsicum chinense* Jacq., *Capsicum frutescens* L. ve *C. pubescens*. türleridir (Eshbaugh, 2012; Barboza ve ark., 2019).

C. chinense biber türü en fazla Orta Amerika ve Güney Amerika ülkelerinde yayılış göstermektedir (Eshbaugh, 2012). Brezilya'da en çok yetiştirilen biber türüdür. Bilimsel kaynaklarda, *C. chinense* ve *C. frutescens* biber türlerinin gen merkezlerinin Amazon havzası olduğu bildirilmektedir (Ramchiary ve ark., 2014; Khoury ve ark., 2020). Meyve şekli, meyve rengi, meyve büyüklükleri ve acılık seviyeleri yönünden *C. chinense* türü yüksek oranda fenotipik çeşitliliğe sahiptir.

Tohumların yüksek çimlenme oranı ve çıkış hızına sahip olması, bitkilerin optimum büyüme ve gelişmesi, yüksek verim ve üstün kaliteli ürün elde edilmesinde aranan temel kriterlerdir. Kültür sebzelerinin yetiştiriciliğinde tohum kalitesi; tohumun sağlıklı olmasını, çimlenme-çıkış süresinin kısalmasını ve çimlenme ile çıkış performansının yüksek olmasını olumlu yönde etkilemektedir (Sivritepe ve Şentürk, 2011). Tohum kalitesini belirleyen en önemli faktörler; ana bitkinin beslenme durumu, hasat dönemi, hastalık ve zararlılar ile hasat sırasındaki mekanik zararlanmalar olarak sıralanabilir. Ekim sonrasında fungus, bakteri, böcek gibi biyotik etmenler ve kaymak tabakası, su stresi gibi abiyotik stres faktörlerinin etkisi sonucunda tohum çimlenme kapasitesi ve fide gelişimi olumsuz yönde etkilenmektedir (Sağsöz, 1990; Şehirli, 1997). Biber tohumunun kaliteli olması, üretimde birim alandan elde edilecek olan verim ve ürün kalitesinin artırılması yönünden büyük bir önem taşır. Ekilen biber tohumlarında ortaya çıkan çimlenme sorunları; teknik uygulamalar, ekolojik unsurlar ve tohum kalitesinin düşük olmasından kaynaklanabilir (Kaymak, 2014). Bunun sonucunda, biber üretiminde ciddi düzeyde verim ve kalite kayıpları söz konusu olmaktadır.

Tohum çimlenmesi, her biri sıcaklık tarafından etkilenen birçok reaksiyon ve devrelerini içeren oldukça kompleks bir süreç olarak tanımlanmaktadır (Sağsöz, 1990; Kevseroğlu ve Çalışkan, 1995). Bitkisel üretimde tohum çimlenmesi için gerekli olan sıcaklık değerlerinin bilinmesi önemlidir. Bu sıcaklıklar, bitki tür ya da çeşitlerine göre büyük oranda değişkenlikler göstermektedir (Günay, 1992; Uzun ve ark., 2001; Cengiz, 2017). Sıcaklık, çimlenmenin farklı aşamalarında ortaya çıkan reaksiyonların oluşum hızını etkileyen önemli bir çevresel faktördür (Kevseroğlu ve Çalışkan, 1995; Balkaya, 2004). Sıcaklık değişimleri; tohumlarda membran geçirgenliği, membran proteinlerin aktivitesi vb. gibi çimlenme olayını teşvik eden birçok biyokimyasal olayı olumlu veya olumsuz düzeyde etkilemektedir. Başarılı bir tohum çimlenmesi için sıcaklığa ek olarak oksijen ve yeterli tohum neminin de optimum düzeyde sağlanmış olması gereklidir.

Sebze tohumlarının çimlenmeleri için gerekli olan minimum, optimum ve maksimum sıcaklık değerleri, sebze türlerine ve çeşitlere göre belirgin farklılıklar göstermektedir (Günay, 1992; Cengiz, 2017). Çimlenme sıcaklığı aralıkları; kışlık sebze türlerinde 0-4°C'de minimum, 10-20°C'de optimum ve 30-35°C'de ise maksimumdur. Literatürde, yazlık sebze türlerinde ise sıcaklık değerleri 10-16°C'de minimum, 20-30°C'de optimum ve 40-45°C'de maksimum sıcaklık değerleri olarak bildirilmiştir (Günay, 1992). Yüksek sıcaklık değerleri, birçok sebze tohumunda çimlenme oranlarının azalmasına neden olmaktadır. Yüksek sıcaklıklarda çimlenmenin çok düşük olması, türlerin ve bazen de çeşitlerin

tohumlarının genetik yapılarından da kaynaklanabilmektedir (Watkins ve Cantliffe, 1983). Tohumlarda çimlenme bazı türlerde çok düşük sıcaklıklarda da meydana gelebilmektedir. Ancak, düşük sıcaklıklarda çimlenme için geçen süre optimum sıcaklıklara göre daha uzun sürelerde gerçekleşmektedir (Baskin ve Baskin, 1998). Bu durum üretim planlamasını olumsuz yönde etkilemektedir.

Biber tohumlarında minimum çimlenme sıcaklığı literatürde 9-10°C ve maksimum çimlenme sıcaklığı ise 35-36°C olarak bildirilmiştir (Vural ve ark., 2000; Günay, 2005). Biber tohumlarında düşük sıcaklıklarda yavaş gelişen ve uniform olmayan çimlenme sonucunda kademeli çıkışlar görülmektedir. Ayrıca, biber tohumları birçok sebze türünün tohumlarıyla karşılaştırıldığında tohum depolama ömrü oldukça kısadır. Uygun olmayan depolama koşullarında biber tohumlarında canlılık hızlı bir şekilde azalış göstermektedir (Demir ve Okçu, 2004; Khan ve ark., 2009, Yadav ve ark., 2011).

C. annuum türüne ait biber çeşitlerinde çimlenme sıcaklıklarının belirlenmesine yönelik araştırmalar bulunmasına rağmen, *C. chinense* türünde tohum canlılığı ve tohum gücü değerlerinin belirlenmesine yönelik yürütülmüş araştırma sayısı oldukça az sayıda ve sınırlı düzeydedir. Ülkemizde ise *C. annuum* türü dışında sadece *C. baccatum* var. *pendulum* türüne ait biber genotipinde tohum çimlenmesi için en uygun sıcaklıkların belirlenmesine yönelik bir çalışma yürütülmüştür (Mavi ve Mavi, 2012). Bu araştırma sonucunda; 25°C ve 30°C sıcaklık aralığının çimlenme için en iyi sonuçları veren optimum sıcaklık değerleri olduğu belirlenmiştir. Bu çalışma ile ülkemizde ilk defa *C. chinense* türüne ait biber tohumlarında minimum, optimum ve maksimum sıcaklık değerlerinin belirlenmesi ve sıcaklık faktörünün çimlenme unsurları üzerine olan tüm etkilerinin ayrıntılı olarak ortaya konulması amaçlanmıştır.

Tarımda gelişmiş ülkelerde, bitki büyüme ve gelişme düzeylerinin belirlenmesinde regresyon modelleri yardımı ile matematiksel olarak ifade edilmesi konusunda çok sayıda araştırmalar yapılmıştır. Çevresel faktörler (ışık, sıcaklık, su ve toprak sıcaklığı vb.) sonucunda bitki büyümesinde oluşan farklılıklar, bitki büyüme modelleri (ürün modeli) ile simülasyon yapılarak ifade edilmektedir (Kandemir ve Uzun, 2019; Özkaplan ve Balkaya, 2020). Bu modeller, bitkisel üretimde özellikle birçok sebze türlerinde fide üretiminin yapıldığı fide işletmelerinde üretim dönemlerinin planlanması amacıyla da kullanılmaktadır (Finch-Savage ve Phelps, 1993; Cengiz, 2017). Ülkemizde son yıllarda farklı bitki türlerinde, tohum çimlenmesi, fide çıkış süreleri ve çıkış oranlarının belirlenmesi amacıyla matematiksel modellerin kullanılmasına yönelik bazı çalışmalar yürütülmüştür (Kevseroğlu ve Çalışkan, 1995; Balkaya, 2004; Kurtar ve ark., 2004; Odabaş ve Mut, 2007; Balkaya ve ark., 2008; Kurtar, 2010; Kandemir ve ark., 2012; Cengiz, 2017). Bu çalışmada ise *C. chinense* türüne ait biber genotiplerinde 11 farklı sıcaklık değerinde (9°C-39°C arasında linear artan sıcaklıklarda) çimlenme potansiyellerinin belirlenmesi ve bunun sonucunda elde edilen verilerin regresyon analizleri kullanılarak bir simülasyon modelinin oluşturulması amaçlanmıştır.

MATERYAL VE METOT

Araştırma, Antalya Tarım Ar-Ge Laboratuvarında ve Ondokuz Mayıs Üniversitesi Ziraat Fakültesi Bahçe Bitkileri Bölümü tohum uygulama laboratuvarında kademeli olarak yürütülmüştür. Çalışmada; Güney Amerika'nın farklı yerlerinden toplanmış olan *C. chinense* biber türünde morfolojik ve moleküler karakterizasyonu yapılmış, meyve özellikleri yönünden seçilen 10 genotipe ait tohumlar kullanılmıştır (Taş, 2020). Denemeye alınan *C. chinense* türüne ait biber genotiplerinin kayıt bilgileri, Çizelge 1'de verilmiştir. Seçilen genotipler, *C. chinense* biber popülasyonundan seleksiyon ıslahı yöntemi ile seçilen ve S4 kademesinde kendilenmiş olan genetik materyallerden oluşmaktadır.

Çizelge 1. Denemeye alınan *C. chinense* türüne ait biber genotiplerine ait aksesyon kayıt bilgileri

Genotip Kodu	Aksesyon kayıt numaraları	Orijini
CC-47	PI 238053 02	Porto Riko
CC-51	PI 241669 01	Ekvador
CC-61	PI 593925 02	Ekvador
CC-63	PI 241668 01	Ekvador
CC-65	PI 257064 01	Kolombiya
CC-68	PI 439419 01	Meksika
CC-72	PI 441635 01	Brezilya
CC-76	PI 260465 02	Arjantin
CC-79	PI 666547 01	Guatemala
CC-82	PI 260477 01	Peru

Çimlendirme testi analizi denemelerinde, 100 mm'lik petri kaplarında kâğıt arası yöntemi ile biber tohumları çimlendirme testlerine tabi tutulmuştur (ISTA, 1999). Çimlenme testlerinde, uniformitenin sağlanması için kullanılan tohumların aynı tohum partisinden olmalarına dikkat edilmiştir. Çimlendirme testi denemelerinde, Nüve FN 120 isimli çimlendirme dolabı kullanılmıştır. Çimlendirme dolabının sıcaklık aralıkları, +5/50°C arasındadır. Denemede uygulanan sıcaklıklarda sapma değeri, $\pm 1^\circ\text{C}$ olacak şekilde ayarlanmıştır.

C. chinense türüne ait biber genotiplerinde tüm tohum partilerinde, genotiplerde stok tohum sayısının az olması nedeniyle her bir sıcaklık uygulamasında toplam 90 tohumda (her bir tekerrürde 30 tohum olmak üzere 3 tekerrürlü olarak) çimlendirme testleri gerçekleştirilmiştir. Literatürde, biber tohumlarının minimum çimlenme sıcaklığı 9-10°C ve maksimum çimlenme sıcaklığı ise 35-36°C, arasında bildirilmektedir (Vural ve ark., 2000; Günay, 2005). Bu nedenle araştırmada çimlendirme testleri, 11 farklı sıcaklıkta (9, 12, 15, 18, 21, 24, 27, 30, 33, 36, 39 °C) yürütülmüş ve yaklaşık olarak 4 aylık sürede tamamlanmıştır. Çimlenme denemesinde, *C. chinense* tohumlarında her bir sıcaklık uygulaması için ISTA kurallarına uygun olarak son sayım günü olan 14. günün sonuna kadar çimlendirme testine tabi tutulmuştur. Bu süre sonunda çimlenmiş tohum sayıları tespit edilmiş ve bu değerler % olarak ifade edilmiştir. ISTA (Uluslararası Tohum Test Birliği) kurallarına göre yürütülen testte 2 mm'lik kökçük çıkışı, (radisil) çimlenme kriteri olarak değerlendirilmiştir (ISTA, 2007). Çimlendirme analizlerinin sonucunda, her bir sıcaklık uygulaması için *C. chinense* genotiplerine ait biber tohumlarında çimlenme hızı ve toplam çimlenme oranı parametreleri belirlenmiştir (Şehirli, 1997).

a. Çimlenme Hızı (%): İlk sayım (7. gün) gününde, çimlenen tohum sayısının/toplam tohum sayısına oranlanmasıyla çimlenme hızı (%) değerleri yüzde olarak belirlenmiştir.

b. Çimlenme Oranı (%): Denemede 14'inci günün sonunda son sayımda çimlenen tohum sayısının, toplam tohum sayısına oranı, çimlenme oranı değeri (%) olarak hesaplanmıştır.

$$\text{ÇO} = \left[\frac{\text{Çimlenen tohum sayısı}}{\text{Toplam tohum sayısı}} \right] \times 100 \quad (1)$$

İstatistiksel Analizler

Deneme, tesadüf parsellerinde faktöriyel deneme desenine (sıcaklık, genotip, sıcaklık x genotip) göre kurulmuş ve varyans analizi uygulanmıştır. Bazı kriterler % değerler olması nedeniyle JMP- SAS 5.01 istatistik paket programında arcsin \sqrt{x} transformasyonu yapıldıktan sonra varyans analizine tabi tutulmuştur. Daha sonra, ortalama veriler LSD çoklu karşılaştırma testiyle istatistiksel olarak analiz edilerek farklılıklar ortaya konulmuştur.

C. chinense türüne ait biber genotipleri için farklı sıcaklık uygulamalarında meydana gelecek çimlenme oranlarının tahmin edilmesinde Uzun ve ark. (2001) tarafından regresyon analizleri kullanılarak elde edilmiş olan [$D = a - (b \times T) + (c \times T^2)$] modeli, tarafımızdan modifiye edilmiştir.

D: Tohum ekiminden çimlenmeye kadar geçen süre

T: Çimlenme için istenen sıcaklık değeri

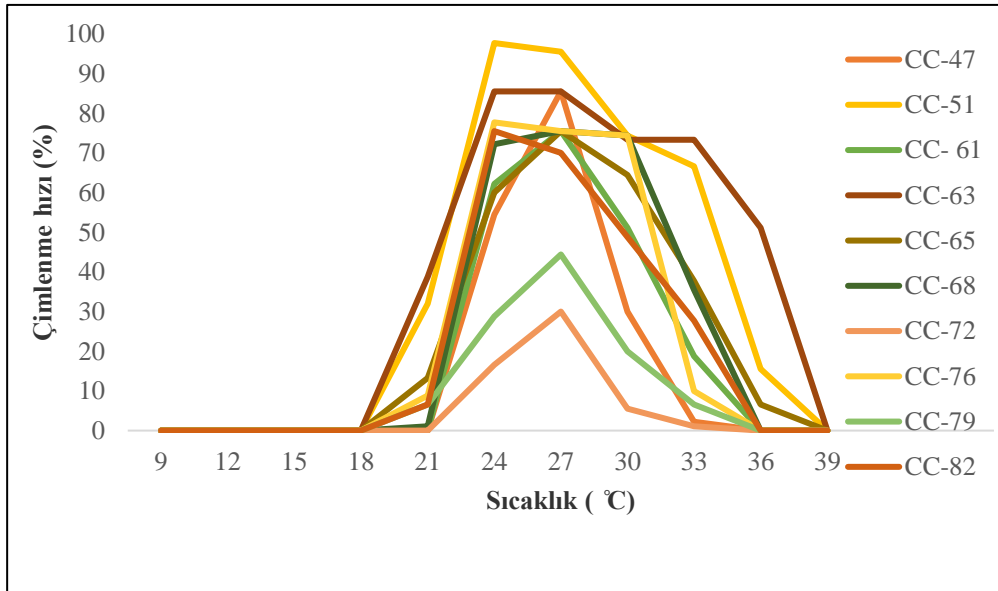
a, b, c katsayıları: Her bir genotip için ayrı ayrı belirlenen çimlenme katsayıları

Araştırma sonucunda elde edilen veriler, modelin değerlendirmesi için doğrusal olmayan kuadratik regresyon analizi yöntemi kullanılarak analiz edilmiştir. Çimlenme oranı için belirtilen modelin *C. chinense* türüne adapte edilmesinde bağımlı değişken olarak çimlenme oranı ve bağımsız değişkenin yerine sıcaklık faktörü seçilmiş olup, eşitlikler JMP- SAS 5.01 programı kullanılarak yapılmıştır.

BULGULAR VE TARTIŞMA

Capsicum chinense Tohumlarında Farklı Sıcaklıkların (9 °C – 39 °C) Çimlenme Hızı Üzerine Etkisinin İncelenmesi

Çimlendirme analizi sonucunda elde edilen çimlenme hızı değerleri (%); tüm biber genotiplerinde sıcaklık artışına bağlı olarak belirgin oranlarda artışlar göstermiştir (Şekil 1).



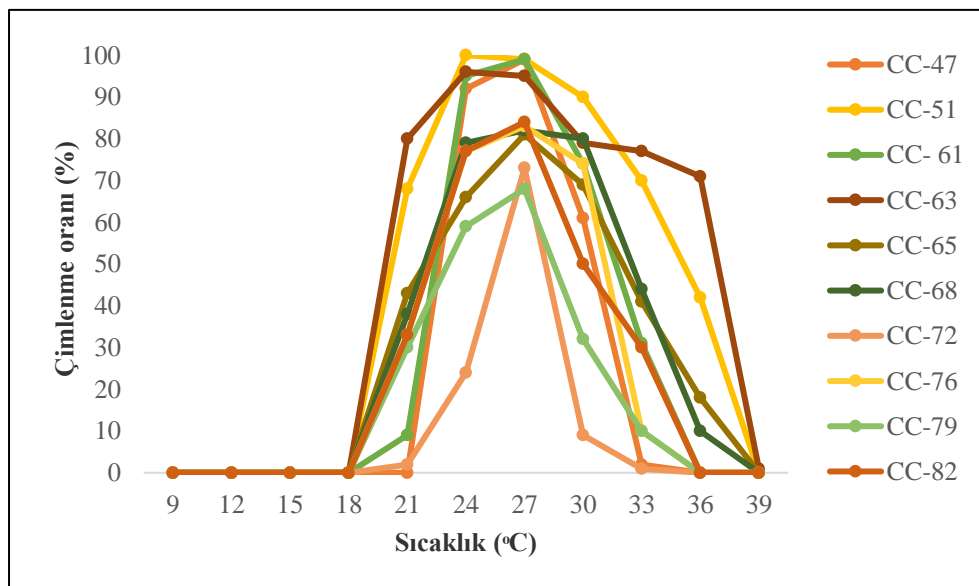
Şekil 1. *C. chinense* türüne ait genotiplerin farklı sıcaklık uygulamalarındaki çimlenme hızı (%) değerlerinin değişimi

Araştırma sonucunda; 9°C, 12°C, 15°C, 18°C ve 39°C’de sıcaklık testlemeleri sonucunda tüm *C. chinense* biber genotiplerinde ilk sayım tarihinde (7. gün) çimlenmenin gerçekleşmediği bulunmuştur (Şekil 1). Ayrıca, 36°C sıcaklık uygulamasında CC-47, CC-61, CC-68, CC-72, CC-76 ve CC-82 biber genotiplerinde çimlenmenin hiç meydana gelmediği saptanmıştır. Çalışmada, 21°C’de yapılan sıcaklık testleme uygulamasında ise ilk sayım tarihi olan 7. günde CC-47, CC-61, CC-72 nolu biber genotiplerinde çimlenmenin meydana gelmediği tespit edilmiştir. Araştırmada, 21°C yapılan sıcaklık uygulamasında *C. chinense* biber genotiplerinin çimlenme hızı değerleri yönünden performansları birlikte karşılaştırıldığında; %0-%38.8 oranları arasında değişim gösterdikleri saptanmıştır (Şekil 1). Belirtilen bu sıcaklık uygulamasında, en yüksek çimlenme hızı değerinin %38.8 oranı ile CC-63 nolu biber genotipinde olduğu tespit edilmiştir. Araştırma sonuçlarına göre; 21°C ile 33°C arasındaki sıcaklık değerlerinde genel olarak artan sıcaklıklara bağlı olarak *C. chinense* türüne ait tüm biber genotiplerinde tohum çimlenme hızı performanslarının belirgin düzeylerde artışlar gösterdikleri saptanmıştır. Ayrıca, 24°C sıcaklık

testlemede en yüksek çimlenme hızı performansının, CC-51 genotipinde %97.7 oranında gerçekleştiği belirlenmiştir. Biber tohumlarında çimlenme sıcaklığı değerleri literatürlerde minimum 9-10 °C ve maksimum sıcaklığın ise 35-36 °C, arasında olduğu bildirilmektedir (Vural ve ark., 2000; Günay, 2005). Çimlenme hızı değerleri; *C. chinense* türüne ait tüm biber genotipleri için birlikte değerlendirildiğinde en yüksek değerler 24°C ve 27°C arasındaki sıcaklıklarda meydana gelmiştir. Çimlenme sırasındaki sıcaklıkların yükselmesi, tohumlarda meydana gelen kimyasal reaksiyonların daha hızlı olmasını teşvik etmektedir (Şehirali, 1997). Araştırma sonuçları, *C. chinense* türüne ait biber genotiplerinde düşük sıcaklıkların ve artan yüksek sıcaklık değerlerinin tohumların çimlenme hızı kapasitesi üzerine olumsuz yönde etkilerinin olduğunu göstermektedir. Ayrıca, biber genotiplerinde 33 °C sıcaklık uygulamalarında tüm genotiplerin çimlenme hızı değerlerinin genotiplere göre değişen düzeylerde azalışlar gösterdikleri tespit edilmiştir. Bu sıcaklık uygulamasında (33 °C); biber genotiplerinde, %1.1 (CC-72), %73.3 (CC-63) arasında çimlenme hızı değerleri olduğu bulunmuştur. Araştırma sonuçlarına göre, 39 °C sıcaklık uygulamasında tüm tohumlarda çimlenmenin hiç meydana gelmediği belirlenmiştir.

Farklı Sıcaklık Değerlerinin (9°C - 39°C) *C. chinense* Türüne ait Biber Tohumlarında Çimlenme Oranı Üzerine Etkilerinin İncelenmesi

Araştırmada, *C. chinense* türüne ait biber genotiplerinde 9°C-39°C arasındaki sıcaklık testleme uygulamaları sonucunda elde edilen toplam çimlenme oranlarına ait değerler; Şekil 2’de ayrıntılı olarak sunulmuştur. Genotip bazında yapılan varyans analizi sonuçlarına göre; sıcaklık faktörünün tüm genotiplerin çimlenme oranı değerlerine etkisinin istatistiksel olarak anlamlı ve önemli düzeyde olduğu bulunmuştur. Tüm sıcaklık uygulamalarında çimlendirme testi analizlerinde; sıcaklık artışına bağlı olarak *C. chinense* biber genotiplerinin tamamında çimlenme oranlarının belirgin ve değişen düzeylerde artmaya başladığı belirlenmiştir (Şekil 2). Özellikle 24 °C ve 27 °C sıcaklık uygulamalarında; CC-47, CC-51, CC-61 ve CC-63 genotiplerinin %90 oranının üzerinde çimlenme oranlarına sahip oldukları saptanmıştır. Denemede yer alan CC-51 genotipinin, 24 °C de %100 ve 27 °C sıcaklıkta %99 oranı ile en yüksek çimlenme oranına ulaşan biber genotipi olduğu tespit edilmiştir. Bunu sırasıyla; CC-61 genotipi 24 °C de %95, 27 °C sıcaklıkta %99 oranı, CC-63 genotipi 24 °C de %96, 27 °C sıcaklıkta da %95 ve CC-47 genotipi, 24 °C de %92, 27 °C sıcaklıkta %99 oranı ile izlemişlerdir.



Şekil 2. *C. chinense* türüne ait tüm biber genotiplerinin çimlenme oranı (%) ile sıcaklık (°C) uygulamaları arasındaki değerlerinin değişimleri

Araştırma sonucunda, 36°C sıcaklık uygulamasında, bazı *C. chinense* genotiplerinde çimlenme oranlarının belirgin ve değişen düzeylerde azalış gösterdikleri ve bazılarında ise tohumların hiç çimlenmediği tespit edilmiştir. Ayrıca 39°C sıcaklık uygulamasında ise tüm biber genotiplerinde çimlenmenin hiç gerçekleşmediği saptanmıştır.

Farklı sıcaklık uygulamalarının genotiplerin ortalama çimlenme oranı değerleri üzerine istatistiksel olarak önemli düzeyde etkili olduğu bulunmuştur (Çizelge 2). Araştırma sonucunda; 27°C sıcaklık uygulaması, % 86.1 çimlenme oranı ile en uygun sıcaklık değeri olarak tespit edilmiştir. Ardından 24 °C sıcaklık değerinde ortalama % 76.7 çimlenme oranı ile ikinci en uygun sıcaklık değeri olarak tespit edilmiştir. En düşük ortalama çimlenme oranı ise 9°C, 12°C, 15°C, 18°C, 39°C sıcaklıklar da belirlenmiştir.

Çizelge 2. Farklı sıcaklık uygulamalarının genotiplerin ortalama çimlenme oranı değerleri üzerine etkisinin incelenmesi (P<0.01)

Sıcaklıklar (°C)	Çimlenme Oranı (%)
9	0 f
12	0 f
15	0 f
18	0 f
21	33.6 d
24	76.7 b
27	86.1 a
30	62.0 c
33	31.9 d
36	13.9 e
39	0.1 f

Araştırmada, farklı *C. chinense* genotiplerinin denemede yer alan farklı sıcaklık değerlerinin ortalamasına göre gösterdiği performanslar varyans analizi ile karşılaştırılmıştır. Tüm sıcaklık değerlerinde en yüksek çimlenme performansı CC-63 (%45.3) ve CC-51 (%42.6) genotiplerinde belirlenmiştir (Çizelge 3). Bu genotipler ekstrem sıcaklık şartlarında diğer genotiplere oranla daha iyi bir çimlenme oranı göstermişlerdir. En düşük çimlenme oranı değeri ise CC-72 biber genotipinde saptanmıştır.

Çizelge 3. Genotiplerin çimlenme oranına etkisinin incelenmesi (P<0.01)

Genotip	Çimlenme Oranı (%)
CC-47	23.1 d
CC-51	42.6 a
CC-61	28.0 bc
CC-63	45.3 a
CC-65	29.1 b
CC-68	30.1 b
CC-72	10.0 f
CC-76	25.4 cd
CC-79	18.1 e
CC-82	24.9 cd

Araştırmada çimlenme oranları değerleri yönünden; Genotip x Sıcaklık interaksyonunun da istatistiksel olarak önemli olduğu bulunmuştur (Çizelge 4). Bu durum, genotiplere göre sıcaklık değeri etkinliğinin değişebildiğini göstermektedir. Tüm genotipler için en iyi değerler 27°C'de bulunmuşken, ikinci en iyi değerler ise diğer farklı sıcaklık uygulamalarında elde edilmiştir. Örneğin CC-65, CC-68 ve CC-76 genotipleri 30 °C'de, CC-51 genotipi ise 24 °C'de en yüksek çimlenme oranı değerleri tespit edilmiştir.

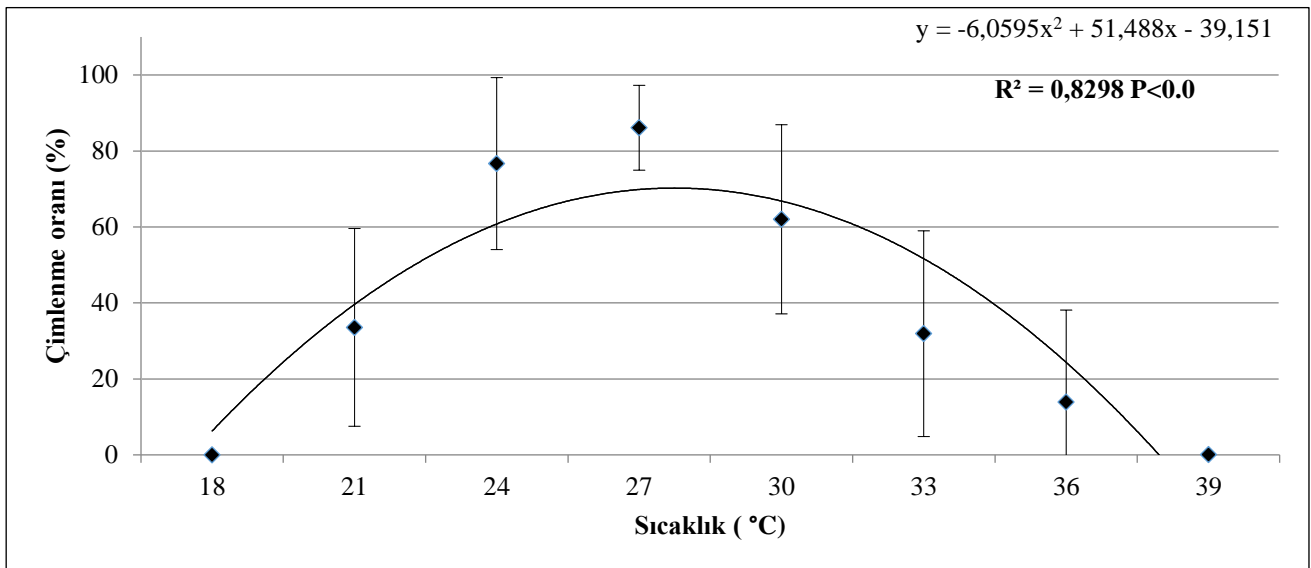
Çizelge 4. Genotip x Sıcaklık interaksiyonunun çimlenme oranına etkisi (P<0.01)

	CC-47	CC-51	CC-61	CC-63	CC-65	CC-68	CC-72	CC-76	CC-79	CC-82
9	0 t	0 t	0 t	0 t	0 t	0 t	0 t	0 t	0 t	0 t
12	0 t	0 t	0 t	0 t	0 t	0 t	0 t	0 t	0 t	0 t
15	0 t	0 t	0 t	0 t	0 t	0 t	0 t	0 t	0 t	0 t
18	0 t	0 t	0 t	0 t	0 t	0 t	0 t	0 t	0 t	0 t
21	0 t	68 h-j	9 st	80 c-e	43 l-n	38 m-p	2 t	33 n-q	30 pq	33 n-q
24	92 ab	100 a	95 a	96 a	66 h-j	79 d-f	24 qr	77 d-g	59 jk	77 d-g
27	99 a	99 a	99 a	95 a	81 c-e	82 b-d	73 d-h	83 b-d	68 g-j	84 b-d
30	61 i-k	90 a-c	74 d-h	79 d-f	69 f-j	80 c-e	9 st	74 d-h	32 o-q	50 kl
33	2 t	70 e-i	31 pq	77 d-h	41 l-o	44 lm	1 t	10 st	10 st	30 pq
36	0 t	42 l-o	0 t	71 e-i	18 rs	10 st	0 t	0 t	0 t	0 t
39	0 t	0 t	0 t	1 t	0 t	0 t	0 t	0 t	0 t	0 t

Sıcak iklim sebzelerinden biri olan biber bitkisinin 13-15°C'den daha düşük sıcaklık değerlerine çimlenme açısından duyarlı bir tür olduğu bilinmektedir. Biberde optimum çimlenme ve çıkışın 20-25°C'de gerçekleştiği, 0°C ve altındaki sıcaklıklarda ise bitki ölümlerinin olduğu, fakat 5°C'ye kadar canlılığın devam edebildiği bildirilmiştir (Vural ve ark., 2000). Ülkemizde yapılan bir çalışmada, *C. baccatum* var. *pendulum* biber türüne ait bir hatta tohumların 25°C'de 35°C'ye göre daha yüksek çimlenme oranına sahip olduğu belirlenmiştir (Mavi ve Mavi, 2012). Türlerin tohumlarının morfolojik yapılarının geçirimsiz olması, daha yüksek bir sıcaklıklarda çimlenme oranlarının düşük olmasından kaynaklanmaktadır. Yazlık sebze türlerinde çeşitlere göre maksimum çimlenme sıcaklıklarının değişmesiyle birlikte 40°C ile 45°C sıcaklıklara da ulaşabildiği bildirilmiştir Günay (1992). Bu araştırma sonucunda; *C. chinense* türüne ait biber genotiplerinin maksimum çimlenme sıcaklığının 36°C'ye ulaştığı, ancak 39°C sıcaklıkta ise tüm genotiplerde çimlenme gerçekleşmediği belirlenmiştir.

Capsicum chinense Türüne ait Biber Genotiplerinde Çimlenme Oranı Üzerine Sıcaklığın Etkisinin Regresyon Analizi ile Matematiksel Modellenmesi

C. chinense türüne ait biber genotiplerinde çimlenme oranlarının sıcaklığa olan tepkisinden elde edilen mevcut veriler, türetilen doğrusal olmayan kuadratik regresyon modeli yardımıyla [$D = a + (b \times T) + (c \times T^2)$] tahmini olarak hesaplandığında elde edilen regresyon katsayısı (R^2), 0.8298 olarak belirlenmiştir (Şekil 3).



Şekil 3. *Capsicum chinense* biber türünde tüm genotiplerin gerçek çimlenme oranı (%) ile [$D = a + (b \times T) + (c \times T^2)$] modeli ile tahmin edilen çimlenme oranı arasındaki regresyon ilişkisi

Araştırma sonuçları, tüm genotiplerin 9-15 °C arasında çimlenme göstermediğini göstermiştir. En yüksek regresyon katsayısı değeri, R^2 0.95 değeri ile CC-51 biber genotipinde tespit edilmiştir. Ayrıca, CC-65 biber genotipinde regresyon katsayısının 0.92, CC-68 biber genotipinde elde edilen regresyon katsayısının 0.88 ve CC-63 biber genotipinin ise regresyon katsayısının 0.84 olduğu saptanmıştır (Şekil 3). Araştırmada, CC-47, CC-61, CC-76, CC-79, CC-82 nolu genotiplerde istatistiki açıdan sıcaklığın çimlenme oranı üzerinde R^2 katsayısının %1 olasılık düzeyine göre önemli düzeyde bir ilişkinin olduğu tespit edilmiştir. CC-51, CC-63, CC-65, CC-68, nolu genotiplerde istatistiki açıdan sıcaklığın çimlenme oranı üzerinde R^2 katsayısının %1 olasılık düzeyine göre yüksek ve çok önemli düzeyde olduğu saptanmıştır. Şekil 3 incelendiğinde, sıcaklık ile çimlenme oranı arasında parabolik ilişkilerin olduğu tespit edilmiştir. Buna göre, sıcaklık değeri 27°C'ye kadar arttığında çimlenme değeri pik değerine ulaşmış, sıcaklık değeri 27°C' den daha fazla arttığında ise çimlenme oranlarının parabolik olarak azalış gösterdiği belirlenmiştir.

SONUÇ

Günümüzde *Capsicum* cinsi içerisinde yer alan ve kültüre alınmış olan önemli biber türlerinden birisi de *C. chinense* türüdür. Bu tür, en fazla Orta Amerika ve Güney Amerika ülkelerinde yayılış göstermektedir. Ülkemizde ise *C. chinense* türü çok fazla tanınan ve yetiştirilen bir biber türü değildir. Ancak, *C. chinense* türü özellikle biyotik ve abiyotik stres koşullarına dayanıklılık yönünden çeşit ıslah programlarında önemli bir genetik kaynaktır. Bu nedenle, ülkemizde gerek aşılı biber fidesi üretiminde anaç olarak kullanımı veya stres koşullarına dayanıklı (düşük sıcaklık, tuzluluk vb.) yeni biber çeşitlerinin geliştirilmesinde önemli bir genetik kaynak olarak değerlendirilmesi büyük bir önem taşımaktadır.

Bu araştırmada *C. chinense* türüne ait biber genotiplerinde yüksek ve düşük sıcaklık uygulamaları ile optimum çimlenme sıcaklık performansları birlikte değerlendirilmiş ve tohum fizyolojisi alanında pratik değeri olan önemli kazanımlar sağlanmıştır. Çalışmada tüm çimlendirme testi analizlerinde; sıcaklık artışına bağlı olarak *C. chinense* biber genotiplerinin tamamında çimlenme hızı ve çimlenme oranlarının belirgin düzeylerde artışlar gösterdiği tespit edilmiştir. Özellikle 24 °C ve 27 °C sıcaklık uygulamalarında; CC-47, CC-51, CC-61 ve CC-63 genotiplerinde %90 oranının üzerinde çimlenme oranlarına sahip oldukları saptanmıştır. CC-51 genotipi, 24 °C de %100 ve 27 °C sıcaklıkta %99 oranı ile en yüksek çimlenme oranına ulaşan genotip olduğu belirlenmiştir. Ayrıca 36 °C sıcaklık uygulamasında, bazı biber genotiplerinde çimlenme oranlarının belirgin düzeylerde azalışlar gösterdikleri ve CC-47, CC-61, CC-72, CC-76, CC-79, CC-82 genotiplerinde ise tohumların hiç çimlenmediği belirlenmiştir. *C. chinense* türüne ait biber genotiplerinde çimlenme oranlarının sıcaklığa olan tepkisinden elde edilen mevcut veriler, $[D = a + (b \times T) + (c \times T^2)]$ matematiksel model yardımıyla tahmini olarak hesaplandığında elde edilen regresyon katsayılarının (R^2), 0.33-0.95 arasında değiştikleri saptanmıştır. Araştırma sonucunda, tüm biber genotiplerinin 9 °C-15°C arasındaki sıcaklık aralığında tohumların çimlenme göstermedikleri tespit edilmiştir. En yüksek regresyon katsayısı değeri, 0.95 katsayısı ile CC-51 biber genotipinde hesaplanmıştır. Bu araştırma sonrasında çimlenme performansı yüksek olan *C. chinense* genotiplerinin aşılı biber fidesi üretiminde anaç ıslahında değerlendirilmesi amaçlanmaktadır. Böylece *C. annuum* x *C. chinense* melezlerinde ortaya çıkan düşük çimlenme sorunun çözümünde tohum canlılık performansı yönünden seçilen *C. chinense* genotiplerinin kullanılması planlanmaktadır.

Çıkar Çatışması

Makaleye yazarları arasında herhangi bir yazar çatışması olmadığı beyan olunur.

Yazar Katkısı

Makaleye yazarlar eşit oranda katkı sağlamıştır.

KAYNAKLAR

- Balkaya A, 2004. Modelling the Effect of Temperature on the Germination Speed in Some Legume Crops. *Journal of Agronomy*, 3 (3): 179-183.
- Balkaya A, Kurtar E, Cemek B, 2008. Bazı Lahana Türlerinde Tohumların Çimlenme Gücü Üzerine Sıcaklığın Etkisinin Modellenmesi. Türkiye III. Tohumculuk Kongresi. Bildiri Kitabı. 37-41. 25-28 Haziran, Kapadokya
- Barboza GE, Garcia CC, Gonzalez SL, Scaldaferrero M, Reyes X, 2019. Four New Species of *Capsicum* (*Solanaceae*) from the Tropical and an Update on the Phylogeny of the Genus. *PLoS One*, 14(1).
- Baskin CC, Baskin JM, 1998. *Seeds: Ecology, Biogeography, and Evolution of Dormancy and Germination*. Academic press, San Diego, CA, USA.
- Cengiz E, 2017. Bazı Kabak Anaçlarında Tohumların Çimlenmesi ve Çıkış Üzerine Sıcaklığın Etkisinin Modellenmesi. Yüksek Lisans Tezi, 76s. OMÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Samsun.
- Demir I, Okçu G, 2004. Aerated Hydration Treatment for Improved Germination and Seedling Growth in Aubergine (*Solanum melongena*) and Pepper (*Capsicum annuum*), *Annals Applied Biology*, 144: 121-123.
- Eshbaugh WH, 2012. The taxonomy of the Genus *Capsicum*. In: *Peppers Botany Production and Uses*. CAB International, 14-28.
- Finch-Savage WE, Phelps K, 1993. Onion (*Allium cepa* L.) Seedling Emergence Patterns can be Explained by the Influence of Soil Temperature and Water Potential on Seed Germination. *Journal of Experimental Botany*, 44: 407-414.
- Greenleaf WH, 1986. *Pepper breeding. Breeding Vegetable Crops*. CAP International. The Cambridge University Press, United Kingdom, 76-82.
- Günay A, 1992. Özel Sebze Yetiştiriciliği.1 (2): 14-15, Ankara.
- Günay A, 2005. Sebze Yetiştiriciliği. Baskı (1), 502s, Türkiye.
- ISTA, 1999. *International Rules for Testing Seeds*. *Seed Science and Technology* 27: 155-175.
- ISTA, 2007. *International Rules for Seed Testing*. Edition 2007. International Seed Testing Association. Bassersdorf, Switzerland.
- Kandemir D, Özkaraman F, Özer H, Yücel HŞ, Tarım G, Saka A.K, Uzun S, 2012. Bazı Baklagil Tohumlarının Çimlenme Zamanları Üzerine Sıcaklığın Etkisinin Modellenmesi. 9. Ulusal Sebze Tarımı Sempozyumu Bildiri Kitabı, 81-92, Konya.
- Kandemir D, Uzun S, 2019. Farklı Işık ve Sıcaklık Şartlarının Sera Biber Yetiştiriciliğinde Büyüme Parametreleri Üzerine Kantitatif Etkilerinin Modellenmesi. *Anadolu Tarım Bilimleri Dergisi*. 34: 1308-8750.
- Kaymak HÇ, 2014. Potential Effect of Seed Fatty Acid Profile of Pepper (*Capsicum annuum* L.) Cultivars on Germination at Various Temperatures. *Zemdirbyste-Agriculture*, vol.101, no.3, pp.321-326,
- Kevseroğlu K, Çalışkan Ö, 1995. Farklı Sıcaklık Derecelerinin Bazı Endüstri Bitkileri Tohumlarının Çimlenmesine Etkisi, *Ondokuz Mayıs Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 10:23-31.
- Khan HA, Ayub CM, Pervez MA, Bilal RM, Shadid MA, Ziaf K, 2009. Effect of Seed Priming with Nacl on Salinity Tolerance of Hot Pepper (*Capsicum annuum* L.) at Seedling Stage. *Soil & Environment*, 28:1, 81-87.

- Khoury CK, Carver D, Barchenger DW, Barboza GE, Zonneveld M, Jarret R, Bohs L, Kantar M, Uchanski M, Mercer K, Nabhan GP, Bosland PW, Greene SL, 2020. Modelled Distributions and Conservation Status of the Wild Relatives of Chile Peppers (*Capsicum* L.) Diversity and Distributions. 26:209-225.
- Kurtar ES, 2010. Modelling the effect of Temperature on Seed Germination in Some Cucurbits. African Journal of Biotechnology, 9 (9): 1343-1353.
- Kurtar ES, Balkaya A, Uzun S, 2004. Modelling the Effect of Temperature on the Germination Power in Some Legume Crops. Journal of Agronomy, 3 (4): 311-314.
- Mavi K, Mavi F, 2012. *Capsicum baccatum* var. *pendulum* Türüne Ait Biber Hattının Tohumlarında Çimlenme İçin Uygun Sıcaklığın Belirlenmesi. MKU Ziraat Fakültesi Dergisi 17 (2): 79-86.
- Mavi K. 2020. Biberlerde Türler Arası Melezleme. International Journal of Life Sciences and Biotechnology, 3(3):386-406.
- Odabaş MS, Mut, Z, 2007. Modelling the Effect of Temperature on Percentage and Duration of Seed Germination in Grain Legumes and Cereals. American Journal of Plant Physiology, 2 (5): 303-310.
- Özkaplan M, Balkaya A, 2020. Topraksız Tarımda Domates Yetiştiriciliğinde Bitki Gelişme Parametreleri İle Sıcaklık Ve Işık Arasındaki İlişkilerin Modellenmesi. Mediterranean Agricultural Sciences, 33(2), 181-187.
- Ramchiary N, Kehie M, Brahma V, Kumaria S, Tandon P, 2014. Application of Genetics and Genomics Towards Capsicum Translational Research. Plant Biotechnology Reports, 8, 101-123.
- Sağsöz S, 1990. Tohumluk Bilimi. Atatürk Üniversitesi Yayınları. No:677. Ziraat Fakültesi Yayınları. No:302, Ders Kitapları Serisi. No:54, 273.
- Sivritepe Ö, Şentürk B, 2011. Biber Tohumlarının Fizyolojik Olarak İyileştirilmesi İçin Su Ve Tuz Çözeltileri İle Yapılan Priming ve Kurutma Uygulamalarının Karşılaştırılması. Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 25:1, 53-64.
- Şehirali S, 1997. Tohumluk ve Teknolojisi. Fakülteler Matbaası. 422s, İstanbul.
- Taş K, 2020. *Capsicum chinense* türüne Ait Biber Genotiplerinin Morfolojik Ve Moleküler Karakterizasyonu. Yüksek lisans tezi. Ondokuz Mayıs Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Bahçe Bitkileri Anabilim Dalı, 95s. Samsun.
- Uzun S, Marangoz D, Özkaraman F, 2001. Modelling the Time Elapsing from Seed Sowing to Emergence in Some Vegetable Crops. Pakistan Journal of Biological Sciences, 4 (4): 442-445.
- Vural H, Eşiyok D, Duman İ, 2000. Kültür Sebzeleri (Sebze Yetiştirme). Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları, 331-338, İzmir.
- Watkins JT, Cantliffe DJ, 1983. Hormonal Control of Pepper Seed Germination, Hort science, 18: 342-343.
- Yadav PV, Kumari M, Ahmed Z, 2011. Chemical Seed Priming as simple Technique to Impart Cold and salt Stress Tolerance in Capsicum. Journal of Crop Improvement, 25: 497-503.