



Available at: <https://dergipark.org.tr/tjws>

Turkish Journal of Weed Science

© Turkish Weed Science Society



Araştırma Makale / Research Article

Bazı Fiziksel ve Kimyasal Dormansi Kırma Yöntemlerinin *Sinapis arvensis* L. (Yabani Hardal) Tohumlarına Karşı Etkinliğinin Belirlenmesi

Erdal ATEŞ^{*1}, İlhan ÜREMİŞ²

¹Diyarbakır Zirai Mücadele Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü, Diyarbakır

²Hatay Mustafa Kemal Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bitki Koruma Böl., Hatay

*Sorumlu yazar: erdal.ates@tarimorman.gov.tr

ÖZET

Sinapis arvensis gibi bazı yabancı ot tohumlarında görülen yüksek dormansi, yapılacak biyoloji çalışmalarını zorlaştırabilmektedir. Bu çalışmada yabancı hardal tohumlarında bulunan dormansinin kırılmasına yönelik çalışmalar laboratuvar koşullarında 2015-2016 yılları arasında gerçekleştirilmiştir. Denemelerde Şanlıurfa ilinden toplanmış olan 12 aylık ve 1 aylık, siyah renkli ve benzer boyutlardaki yabancı hardal tohumları kullanılmıştır. Tüm denemeler 20 °C ±1 sıcaklığa ayarlı inkübatörlerde 4 tekerrürlü olarak yürütülmüş ve çalışma 3 kez tekrarlanmıştır. Çalışmalar sonucunda *S. arvensis*'in tohumlarında uygulanan yöntemlerin her biri kendi içerisinde değerlendirildiğinde; kontrole göre en iyi çimlenme oranları 12 aylık ve 1 aylık tohumlarda sırasıyla; GA₃ (2000 ppm) % 100 ve %95.7; H₂SO₄ (60 s) % 91.9 ve % 91.7 (120 s.); sıvı azota daldırma (60 s) % 79.0 ve (90 s.) % 55.5; NaClO (% 15'lik ve 15 dk) % 78.9 ve (% 15'lik ve 30 dk) %93.1; mikrodalga (20 W ve 60 s) % 66.1; ve (40 W ve 60 s) %37.3; düşük sıcaklık (1h -80 °C ve 1 dk +80 °C) % 64.3 ve %73.8; tohumların 12 ay toprağa gömülü bekletmede ise % 45.8 olarak belirlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: *Sinapis arvensis*, Yabani hardal, Tohum, Dormansi, Çimlenme

Determination of The Effectiveness of Some Physical and Chemical Methods of Dormancy Breaking against *Sinapis arvensis* L. (Wild Mustard) Seeds

ABSTRACT

However, the high dormancy in weed seeds can make such studies hard. In this study, methods of breaking dormancy of seeds were investigated to germinate in the laboratory conditions of weed seeds in 2015-2016. In the experiments, black color, 12 months and similar size of *Sinapis arvensis* L. seeds, collected from Şanlıurfa province were used. All experiments were carried out in an incubator in 20 °C ± 1 °C as four replication and applied three times. As a result of the study, the best germination rates obtained from 1 month and 12 months old seeds of *S. arvensis* which applied breaking dormancy methods was determined as, GA₃ (2000 ppm) 100 % and 95.7 %; H₂SO₄ (60 sec.) 91.9 % and 91.7 % (120 sec); liquid nitrogen immersion (60 sec.) 79 % and (90 sec) 55.5 %; NaClO (15 % and 15 min.) 78.9 % and (15 % and 30 min.) 93.1 %; microwave (20 W and 60 sec) 66.1 % and (40 W and 60 sec) 37.3%; low temperature (1h, -80 °C and 1 min. +80 °C) 64.3 % and 73.8%; during 12 months bury in the soil 45.8 % respectively.

Keywords: *Sinapis arvensis*, Wild Mustard, Seed, Dormancy, Germination

GİRİŞ

Yabancı otlar, bulunduğu yerde istenmeyen, faydasından çok zararı bulunan, kültür bitkisinin suyuna besinine ortak olup onların gelişimini yavaşlatmak suretiyle, ekonomik ve ekolojik zarar yapabilen insan ve

hayvan sağlığını tehdit eden bitkilerdir (Zimdahl, 2018; WSSA, 2021). Yabancı ot türüne göre bu zarar oranı değişmekle birlikte canavar otu ve küsküt gibi parazit bitkiler kültür bitkisinin yetiştirildiği alanlarda kontrol

altına alınmadığı takdirde % 100'lere varan ürün kayıplarına yol açabilmektedir (Aksoy ve Pekcan, 2014).

Yabancı otların kontrol altında tutulmasına yönelik tarla ve laboratuvar koşullarında yoğun Ar-Ge çalışmaları yürütülmektedir. Özellikle laboratuvar koşullarında yürütülen çalışmalarda en sık karşılaşılan sorunlardan biri yabancı ot tohumlarında görülen dormansi faktörüdür.

Dormansi, tohumların çevre koşulları uygun olduğu halde iç (tohum kabuğunun su ve gaz geçirmemesi, tohumlarda bulunan kimyasal maddeler) ve dış (sıcaklık, oksijen, ışık) faktörlere bağlı olarak tohumların çimlenememesi olayı şeklinde tanımlanmaktadır (Günca, 1976; Baskin ve Baskin, 2014). Bu durum birçok yabancı ot türünde yapılan çalışmaları sektöre uğratabilmekte, zaman ve emek kayıplarına yol açabilmektedir.

Bitki tohumlarında görülen dormansinin kırılmasında: kimyasal aşındırma, fiziksel aşındırma, hormon uygulamaları, dalgalı ışık ve sıcaklık uygulamaları, morötesi ışın (ultraviyole: UV) uygulamaları gibi bir çok yöntem kullanılmaktadır (Günca, 1980; Uludağ ve Özer 1999; Obalı, 2009; Karaca, 2010; Serim ve Sözeri, 2011; Yazlık ve Üremiş, 2015; Özasan ve ark., 2017; Bozdoğan ve ark., 2019; Özkil ve Üremiş, 2019; Tursun, 2020). Ancak, bitki türüne göre tohumların dormansi kırma uygulamalarına verdiği tepkiler farklıdır. Yapılan bir çalışmada *Adonis aestivalis* L. (kandamlası) tohumları % 98.0 oranında canlı olmasına rağmen tohumların çimlenme sıcaklıklarının belirlenemediği bu durumun *A. aestivalis* tohumlarının sahip olduğu yüksek dormansiden kaynaklandığı bildirilmiştir (Taşkesen, 2007). Aynı çalışmada tohumlar üzerinde yapılan dormansi kırma işlemleri sonucunda en etkili metodun 150 ppm'lik GA₃ uygulamalarında çimlenme oranının % 20.0 olduğu belirtilmiştir. Başka bir çalışmada ise *Hippomarathrum microcarpum* (Bieb.) Fedtsch. (çağ otu) tohumlarına uygulanan 250 ve 300 ppm GA₃ çözeltilerinin çimlenme oranını % 50.0'nin üzerinde teşvik ettiği bildirilmiştir (Ertuş ve ark., 2011). Her iki çalışmada da tohumların uygulanan GA₃'e farklı tepkiler gösterdiği görülmektedir.

Bazı bitkilerde ise bir biyotipe ait tohumların rengi, tohum kabuğunun yapısı, dormansi düzeyi, çimlenme sıcaklıklarına tepkileri gibi birçok farklı özellik gösterebilmektedir. *Avena sterilis* L. (yabani yulaf) tohumları üzerinde yapılan bir çalışmaya göre bitkinin ilk olgunlaşan tohumları ile ikincil olgunlaşan tohumları arasında çimlenme sıcaklıklarına verdikleri tepkiler arasında fark olduğu belirlenmiştir (Mennan, 1993). Bir başka çalışmada ise yabani hardal bitkisinin yaşlı sürgünlerinden elde edilen tohumlarla genç sürgünlerinden

elde edilen tohumların testalarında biriken lipit oranlarının farklı olduğu ve bu durum, tohumun rengini etkilediği gibi aynı bitki tohumlarının dormansi açısından farklılık gösterdiği bildirilmiştir (Duran ve Retamal, 1989). Ayrıca, tohum yaşının dormansi üzerinde doğrudan etkisi bulunmaktadır. Farklı yaşlardaki *Lolium multiflorum* L. (delice) tohumları ile yapılan çalışmada dormansi kırma işleminden sonra kontrole (%14,0) göre çimlenmeler 60 günlük tohumlarda %99,0 iken, 180 günlük tohumlarda %76,0'ya düşmüştür (Martins ve ark., 2016).

Tohumlardaki dormansiyi kırma yöntemlerinin belirlenmesine yönelik yapılan çalışmalar, *in-vivo* ve *in-vitro* koşullarında çalışan araştırmacılara fayda sağladığı gibi çalışılan yabancı ot türünün mücadelesine yönelik de fikirler verebilmektedir. Üremiş ve Uygur (2007) tarafından bazı yabancı ot türlerinin Adana'da 15-30 cm toprak derinliğinde 10 yıl bekletildiğinde tohumların canlılık oranlarının önemli ölçüde düştüğü (*Abutilon theophrasti* Medik.; % 3.4; *Hibiscus trionum* L., % 14.9; *Portulaca oleracea* L., % 2.1; *Sinapis arvensis* L., % 23.1; *Solanum nigrum* L., % 0.5; *Sorghum halepense* (L.) Pers., % 1.1) bildirilirken, bazı türlerde ise (*Amaranthus retroflexus* L., *Avena sterilis* L., *Echinochloa colonum* (L.) Link. ve *Setaria verticillata* (L.) P. Beauv.) tohumların canlılıklarını tamamen kaybettiklerini bildirmişlerdir. Bu durum sorun oluşturan bazı yabancı ot türlerinin mücadelesinde derin sürümün uzun vadede önemini ortaya koyması açısından önemlidir. Çimlenme biyolojisiyle ilgili yapılan bir başka çalışma da ise *Sinapis arvensis* tohumlarının 45 °C sıcaklıkta çimlenemediği ve bu sıcaklıkta tohum kabuğunun zarar görmeye başlayarak tahrip olduğu bildirilmiştir (Ateş, 2017). Özellikle küçük tarımsal işletmelerde solarizasyon ile *S. arvensis* gibi lipit oranı yüksek yabancı ot tohumlarının kolaylıkla kontrol altına alınabileceğiyle ilgili fikir vermektedir.

Bu çalışmada *Sinapis arvensis* tohumlarında bulunan dormansinin kırılmasında bazı fiziksel ve kimyasal yöntemler uygulanarak belirlenen uygulamaların etkinliği araştırılmıştır.

MATERYAL ve METOT

Çalışmanın ana materyalini Şanlıurfa ilinde hasat olgunluğuna gelmiş bitkilerden toplanan ve laboratuvar koşullarında 12 ay bekletilen yabani hardal tohumları (12 aylık) ile aynı lokasyonlardan alınan yaklaşık 1 ay laboratuvar koşullarında bekletilmiş yabani hardal tohumları (1 aylık) oluşturmaktadır. Çalışmada kullanılan 1 aylık tohumlar her bir deneme için 15 Haziran, 15 Temmuz, 15 Ağustos 2016 tarihlerinde toplanmıştır.

Toplanan tohumlar laboratuvar koşullarında 30 gün bekletildikten sonra denemelerde kullanılmıştır. Ayrıca, inkübatör, otoklav, cam malzemeler gibi laboratuvar ekipmanları ve diğer sarf malzemeler çalışmada kullanılmıştır.

Dormansi kırma çalışmaları 1 Temmuz – 15 Eylül 2016 tarihleri arasında yürütülmüştür. Denemelerde Şanlıurfa ilinden toplanan 12 aylık ve 1 aylık tohumlar ayrı ayrı kendi içerisinde paçal yapılmıştır. Daha sonra farklı gözeneklere sahip elek sisteminden geçirilen tohumların eşit büyüklükte olması sağlanmıştır. Ayrıca elle ayıklama yöntemiyle fiziki olarak zarar görmüş, farklı renklere sahip tohumlar ortamdaki uzaklaştırılarak sadece siyah renkli tohumlar denemelerde kullanılmıştır (Akın, 2004). Tüm denemeler, otoklavda 1 atm. basınç altında 121 °C'de 15 dakika (dk) steril edilmiş ve tabanına steril Whatman 1 filtre kağıdından çift kat yerleştirilmiş 9 cm çapındaki petri kaplarında yapılmıştır. Yapılan dormansi kırma uygulamalarından sonra, tohumların yüzey sterilizasyonu, % 1'lik sodyum hipoklorit çözeltisinde 1 dakika bekletildikten sonra steril saf su ile yıkanılarak yapılmıştır. Tüm denemelerde her bir petriye 100 adet tohum konulmuştur. Kimyasal veya mekanik işlem gören tohumların bulunduğu petrilerin içerisine 6 ml steril saf su eklenmiştir. Diğer uygulamalarda ise 6 ml'lik çözeltiler petri ortamına eklenmiştir. Tüm denemeler 20 °C'ye ayarlı, 24 saat karanlık ortam olacak şekilde ayarlanmış inkübatörlerde tutulan petrilerin 1, 3, 5, 7, 9, 11 ve 14. günlerde kontrolleri yapılmıştır. Tohumların kökçük boyu en az 5 mm olanlar çimlenmiş kabul edilerek ortamdaki uzaklaştırılarak sonuçlar kaydedilmiştir (Üremiş ve Uygur (1999), Yazlık ve Üremiş (2015), Bozdoğan ve ark., 2019; Özkil ve Üremiş, 2019; Şin, 2021). Petrilere gerekli görüldükçe steril saf su ilavesi yapılmıştır. Dormansi kırma çalışmaları 14. günün sonunda petride kalan çimlenmemiş tohumların sayısı kaydedilerek denemeler sonlandırılmıştır. Çalışmada kontrol olarak ekim ortamına sadece saf su verilen petrilere işlem görmemiş tohumlar kullanılmıştır. Petri denemelerinde tüm işlemler steril kabinde ve oda sıcaklığında (24 °C ±2) yapılmıştır.

Saf su, Etanol ve Sodyum hipoklorit uygulamaları

Yabani hardalın 1 aylık tohumları;

Saf suda: 6, 24, 48, 72, 96 ve 120 saat (h) oda sıcaklığında bekletilmiştir.

Etanolde: tohumlar % 3'lük etanol çözeltisinde 24, 48, 72, 96 ve 120 saat bekletilmiştir. Bir diğer uygulamada ise tohumlar % 96'luk etanolde 30, 50, 60, 70, 90, 100 ve 120 dakika bekletilmiştir.

Sodyum hipoklorit (NaClO) 'te: tohumlar % 0.5'lik NaClO çözeltisinde 24, 48, 72, 96 ve 120 saat oda sıcaklığında bekletilmiştir. Bir diğer uygulamada ise yabancı hardalın 1 ve 12 aylık tohumları NaClO % 15'lik çözeltisinde 15, 20, 25, 30 ve 35 dakika bekletilmiştir (Hsiao, 1979).

Mikrodalga uygulaması

Bu yöntemde tohum içeriğinde bulunan suyun hareket kazanarak embriyonun uyarılması amaçlanmıştır. Bu doğrultuda Kumtel, Marka, KUM-1455 model, dijital kalibrasyon özelliklerine sahip mikrodalga fırın kullanılmıştır. Yabancı hardalın 1 ve 12 aylık tohumlarından 100'er adet cam petrilere konulan tohumlar, mikrodalga fırınında 10, 60, 90, 120 ve 180 saniye (s) boyunca ayrı ayrı 100 W (watt)'lık mikrodalga ışınlarına maruz bırakılmıştır. Bir diğer uygulamada ise 20, 40, 60, 80 ve 100 W'lık mikrodalga ışınlarına 60 saniye maruz bırakılmıştır (Amirnia ve ark., 2012).

Düşük sıcaklık uygulaması

Yabancı hardalın 1 ve 12 aylık tohumlarından 100'er adet Ependorf tüplerine aktarılmıştır. Tüpler numaralandırılarak – 80 °C'de 1, 6, 24, 48, 72, 96, 120, 168 ve 240 saat soğutma dolabında bekletilmiştir. Bir diğer uygulamada ependorf tüplerine aktarılan 100'er adet tohum – 80 °C'de 1, 6 ve 24 saat bekletildikten sonra tohumlar soğutucudan çıkarıldıktan hemen sonra cam petrilere aktarılıp +80 °C'de 1 dakika tutulmuştur.

Sıvı azot uygulamaları

Yabancı hardalın 1 ve 12 aylık tohumları sıvı azot (-196 °C) içerisine doğrudan daldırılarak 60, 90 ve 120 saniye boyunca tutulmuştur. Bir diğer uygulamada ise 1 ve 12 aylık tohumlar kapalı tel süzgeç içerisine konularak sıvı azot (-196 °C) tankına daldırılarak 30 saniye tutulmuştur. Bu sürenin sonunda azot tankından çıkarılan örneklerden ekim için 400 adet tohum alındıktan sonra kalan tohumlar tekrar sıvı azot tankına daldırılmıştır. Bu işlem 8 aşamalı olarak tekrar edilerek tamamlanmıştır (Salomão, 2002).

Sülfürik asit (H₂SO₄) uygulamaları

Yabani hardalın 1 ve 12 aylık tohumları 60, 90, 120, 300 saniye ve 30 dakika % 97'lik sülfürik asitte bekletildikten sonra tohumlar akan suda 1 dakika boyunca yıkanmıştır (Erciş ve ark., 1993).

Gibberellik asit uygulamaları

GA₃'ün farklı konsantrasyonlarından (250, 500, 750, 1000 ve 2000 ppm) hazırlanan çözeltiden 6 ml ilave edilen petrilere, yüzey sterilizasyonu yapılan yabani hardalın 1 ve 12 aylık tohumlarının ekimi gerçekleştirilmiştir (Akin, 2004; Şin ve Kadioğlu, 2021)

Toprak içerisinde bekletme

Yabani hardalın 2015 yılında toplanan tohumları gözenekli bez torbacıklara konulup 15 – 30 cm toprak derinliğine gömülerek toprak altında 12 ay bekletilmiştir. Bu sürenin sonunda çıkarılan tohumların yüzey sterilizasyonu yapılarak 6 ml saf su içeren petrilere ekimi gerçekleştirilmiştir. (Üremiş ve Uygur, 2007)

Nitrat kombinasyonu uygulamaları

Potasyum nitrat (KNO₃)'in farklı dozlarından oluşturulan çözeltilerden (% 0.5, % 1, % 3 ve % 4) her bir deneme için 6 ml ilave edilen petri ortamına yabani hardalın 1 ve 12 aylık tohumlarının ekimi gerçekleştirilmiştir.

Amonyum nitrat (NH₄NO₃)'in % 0.5'lik çözeltisinden 6 ml ilave edilen petri ortamına yabani hardalın 1 ve 12 aylık tohumlarının ekimi gerçekleştirilmiştir.

Yaprak gübresi olarak ticari amaçlı kullanılan (N P K 15 – 40 – 15 +TE) karışım [% 15 N (Azot), % 3 NH₄ (Amonyum Azotu), % 12 NH₂ (Üre Azotu), % 40 P₂O₅ (Fosfor) % 15 KO₂ (Potasyum) ve % 0,05 Fe (Demir), % 0.01 Cu (Bakır) % 0.02 Zn (Çinko), % 0,01 B (Bor), % 0.001 Mo (Molibden)] 'dan hazırlanan farklı dozlarda (% 0,1, % 0.25, % 0.5, % 1, % 2.5, % 4, % 5)'ki çözeltilerden 6 ml petri içerisine ilave edilmiştir. Daha sonra yüzey sterilizasyonu yapılan yabani hardalın 1 ve 12 aylık tohumlarının petrilere ekimi gerçekleştirilmiştir.

İstatistik Analizler

Dormansi kırma çalışmaları tesadüf parselleri deneme desenine göre 4 tekerrürlü olarak kurulmuştur. Tüm çalışmalar 3 kez tekrarlanmış olup veriler birleştirilerek kullanılmıştır (Uygur, 1985; Üremiş ve Uygur, 1999). Verilerin değerlendirilmesinde ANOVA varyans analizi uygulanmış olup elde edilen değerlerin standart sapmaları hesaplanmıştır. Uygulamalar arasında fark Duncan çoklu karşılaştırma testi (P ≤ 0.05) kullanılarak bulunmuştur. Tüm hesaplamalarda SPSS istatistik paket programı kullanılmıştır (Anonim, 2021).

BULGULAR ve TARTIŞMA

Yabani hardal tohumlarının dormansi kırma işlemlerinde Şanlıurfa ilinden 2015 yılında buğday tarlalarından toplanılan ve laboratuvar koşullarında 12 ay boyunca +4°C'de muhafaza edilen tohumlar ile 2016 yılında aynı lokasyonlardan toplanan ve laboratuvar koşullarında +4°C'de muhafaza edilmiş 1 aylık tohumlar kullanılmıştır. Yapılan ön çalışmalarda 12 aylık tohumlarda % 30.2 - 37.0 çimlenme oranı görülürken 1 aylık tohumlarda % 22.0 - 28.5 çimlenme oranları bulunmuştur. Genç tohumlarda yaşlı tohumlara nazaran dormansinin daha kuvvetli olduğu belirlenmiştir. Yabani hardal tohumlarında yeni tohumların eski tohumlara nazaran daha güçlü dormansiye sahip olduğu yapılan önceki çalışmalarda da (Colbach ve ark., 2002; Donald ve Hoerauf, 1985; Topuz, 2007) belirtilmiş olup, yapılan dormansi kırma çalışmalarında 1 ve 12 aylık tohumlar kullanılmıştır.

Saf su, Etanol ve Sodyum hipoklorit uygulamaları

Yabani hardalın 1 aylık tohumlarının oda sıcaklığında saf su (H₂O), % 3'lük ve % 96'luk etanol (C₂H₆O) ve % 0.5'lik sodyum hipoklorit (NaClO) çözeltilerinde farklı sürelerde bekletilen tohumların çimlenme oranları Çizelge 1'de verilmiştir.

Çizelge 1. Saf su, etanol ve sodyum hipoklorit çözeltilerinde bekletme sürelerinin 1 aylık yabancı hardal tohumlarının çimlenmesi üzerine etkileri

Uygulamalar ve Uygulama Süresi	Çimlenme Oranı (%)
Saf su	
6 sa	46.4 ±7.22b
24 sa	26.5 ±15.16a
48 sa	12.5 ±4.86c
72 sa	3.5 ±1.84c
96 sa	3.3 ±5.77c
120 sa	2.0 ±0.30c
Kontrol	28.2 ±2.12a
Sodyum hipoklorit (% 0.5)	
24 sa	63.9 ±26.47b
48 sa	66.1 ±17.57b
72 sa	83.6 ±2.41b
96 sa	73.9 ±6.07b
120 sa	65.5 ±7.83b
Kontrol	28.2 ±2.12a
Etanol (% 3)	
24 sa	6.1 ±1.92b
48 sa	4.9 ±1.15b
72 sa	3.6 ±3.15b
96 sa	0.0 ±0.00c
120 sa	0.0 ±0.00c
Kontrol	28.2 ±2.12a
Etanol (% 96)	
30 dk	17.4 ±2.13a
50 dk	24.4 ±21.08ab
60 dk	32.5 ±4.69abc
70 dk	33.1 ±8.40abc
90 dk	41.0 ±6.24bc
100 dk	49.3 ±10.57c
120 dk	41.3 ±13.11bc
Kontrol	28.2 ±2.12ab

*Her bir uygulama diğer uygulamalardan bağımsız olarak kendi içerisinde hesaplanmıştır (ANOVA).

**Aynı harfler uygulamalar arasındaki farkın istatistiksel olarak önemli olmadığını gösterir (Duncan $P>0.05$)

Çizelge 1’de suda bekletme işleminde % 46.4 ile en iyi çimlenme oranı 6 saat saf suda bekletilen tohumlarda görülmüştür. Bekleme süresi en fazla olan 120 saat uygulamasında tohumların çimlenme oranı % 2.0 ile en düşük olduğu ve bu yöntemin tohumlar üzerinde kontrole göre olumsuz etki yaptığı belirlenmiştir.

Tohumların suda bekletilmesinin geçirgen olmayan testanın yumuşatılarak dormansiye neden olan inhibitörlerin parçalanmasını veya tohumdan uzaklaşmasını sağlayarak çimlenmeyi teşvik ettiği bilinmektedir (Edwards, 1968; Günçan, 1980; Akın, 2004). Ancak, testanın yumuşamasıyla dormansi şartları tamamen veya kısmen kalkması sonucu tohum su alarak şişmekte ve oksijen ihtiyacı artmaktadır. Su altında oksijen ihtiyacını yeterince karşılayamayan tohumlarda biyolojik faaliyetlerin sekteye uğraması nedeniyle uzun

süre durgun suda bekletme işleminin tohumların çimlenmesi üzerinde olumsuz etki yaptığı düşünülmektedir.

Adi soda otu (*Salsola kali subsp. ruthenica* (Iljin) Soo.) ile yapılan dormansi kırma çalışmasında tohumlar farklı sürelerde su içerisinde bekletilerek çimlenme oranları test edilmiştir. Çalışmanın sonucunda 72 saate kadar suda bekletilen tohumlarda çimlenme oranları artarken; 72 saatten sonraki uygulamalarda çimlenme oranlarının azaldığı ve bu süreden sonraki uygulamalarda tohum için gerekli oksijenin ortamda yeterince bulunmadığından çimlenme oranlarının düştüğü belirtilmiştir (Obalı, 2009).

Kanyaş tohumlarında dormansi kırma işleminde 2 saat su içerisinde bekletilen tohumlarda çimlenme oranlarının 8 saat uygulamasına göre daha yüksek olduğu

belirtilmiştir. Bu durumun, tohum kabuğunda sadece su geçirgenliğinin tek başına yetmeyeceği aynı zamanda gaz geçirgenliği ve geçirgenlik hızının da önemli olduğunu bildirmiştir (Yazlık, 2015). Bu çalışmada 6 saat saf suda bekletilen yabancı hardal tohumlarında çimlenme oranı % 46.4 olduğu ve kontrole göre çimlenmeyi artırdığı ancak 6 saatten sonraki uygulamalarda çimlenme oranlarının azalmaya başladığı belirlenmiştir. Tohumların uzun süre durgun suda bekletilme işleminin çimlenme üzerinde olumsuz etki yaptığı; Obalı, (2009) ve Yazlık, (2015)'in çalışmalarıyla benzer sonuçlar elde edilmiştir.

Farklı sürelerde % 3'lük etanolde bekletilen tohumlarda en yüksek çimlenme oranı 24 saatte % 6.1 oranında kaydedilmiştir. Etanolde bekletme süresi arttıkça çimlenme oranlarının düştüğü, 96 ve 120 saat etanolde bekletilen tohumlarda çimlenmenin olmadığı belirlenmiştir.

Uygulamada % 96.0 yoğunluğundaki etanol içerisinde 30 ve 50 dakika bekletilen tohumların çimlenme oranı sırasıyla % 17.4 ve % 24.4 olup uygulamanın kontrole göre çimlenmeyi olumsuz

etkilediği belirlenmiştir. Etanolde 90 dakika ve üzerindeki bekleme sürelerinde ise uygulamanın kontrole göre farklı ve önemli olduğu bulunmuştur. En yüksek çimlenme oranı % 49.3 ile 100 dakika etanol uygulamasında olduğu; 100 dakikadan sonraki sürelerde ise çimlenme oranlarının azaldığı belirlenmiştir.

Çizelge 1'de verilen % 0.5'lik sodyum hipoklorit yönteminde, tüm uygulamalar kontrol grubundan farklı ve çimlenmeyi olumlu yönde etkilediği görülmektedir. En yüksek çimlenme oranı % 0.5'lik NaClO çözeltisinde 72 saat bekletilen tohumlarda % 83.6 olarak belirlenmiştir.

Yabancı hardal tohumlarının farklı sürelerde saf su, etanol ve sodyum hipoklorit uygulamalarında en iyi çimlenme % 0.5'lik NaClO çözeltisinde 72 saat bekletilen tohumlarda (% 83.6) görülmüştür. Bu veriler ışığında yabancı hardal tohumlarının NaClO ile muamelesinde bekleme süresini kısaltmak amacıyla % 15'lik NaClO çözeltisinde 1 ve 12 aylık tohumlar farklı sürelerde tutulmuştur (Çizelge 2.).

Çizelge 2. % 15'lik NaClO uygulamalarının farklı yaşlardaki yabancı hardal tohumlarının çimlenme oranına etkileri

Uygulama süresi	12 aylık tohumlar	1 aylık tohumlar
	Çimlenme Oranı (%)	Çimlenme Oranı (%)
15 dk	78.9 ±5.4b	82.2±7.8b
20 dk	76.3 ±6.1b	92.4 ±3.1b
30 dk	36.8±18.9a	93.1 ±0.4b
35 dk	24.3±3.3c	31.5 ±25.8a
Kontrol	34.8 ±4.58a	25.7 ±6.1a

*Aynı sütundaki harfler uygulamalar arasındaki farkın istatistiksel olarak önemli olmadığını gösterir (Duncan P>0.05)

Yapılan uygulama sonucunda Çizelge 2'ye göre 12 aylık tohumların % 15'lik NaClO'de en yüksek çimlenme oranı 15 dakika tutulan tohumlarda % 78.9 oranında olduğu; 15 ve 20 dakika uygulamalarında istatistiki olarak farkın önemli olmadığı belirlenmiştir. Bir aylık tohumlarda % 15'lik NaClO'de tutulan tohumlarda en yüksek çimlenme 30 dakika uygulamasında % 93.1, en düşük çimlenme oranı 35 dakika uygulamasında % 31.5 olarak belirlenmiştir.

Bu çalışmada NaClO uygulamalarının 1 aylık ve 12 aylık tohumların çimlenmesinde farklı etkiler oluşturduğu belirlenmiştir. Bu farklılığın 1 ve 12 aylık tohumların testalarıyla ilişkili olduğu düşünülmektedir. Yabancı hardal tohumlarının oldukça sert, geçirimsiz bir testaya sahip olduğu bilinmektedir. Tohum yaşı ilerledikçe sıcaklık, nem, ışık ve solunumun etkisiyle

testanın oksitlenerek tohum kabuğu daha geçirgen hale gelmektedir. Ancak bu geçirgenlik tohumların testalarında biriken kuru madde miktarına göre değişmektedir. (Debeaujon ve ark., 2000; Duran ve Retamal,1989). NaClO'un uygulama süresine ve testanın direncine göre değişmekle birlikte yaşlı tohumlara uygulanan NaClO'un eser miktarda tohum içerisine ulaşarak çimlenme üzerinde kısmen olumsuz etki yaptığı; yeni tohumlarda ise testanın daha sert ve geçirimsiz olması nedeniyle NaClO'un uygulama süresince tohum içerisine ulaşmadığı, aşındırmanın tohum kabuğuyla sınırlı kalmış olabileceği, bu nedenle yeni tohumların eski tohumlara nazaran çimlenme oranları daha yüksek bulunmuştur. Yabancı hardal tohumlarında NaClO'un dormansi kırma çalışmalarıyla ilgili Kanada'da yapılan bir çalışmada 8 aylık yabancı

hardal tohumlarının % 6'lık NaOCI çözeltisinde 15, 30, 60, 90, 120 dakika tutulan tohumlarda çimlenme oranları sırasıyla; % 84.0, 89.0, 87.0, 78.0 ve % 59.0 olduğu bildirilmiştir (Hsiao, 1979). Bu çalışmada ise % 0.5'lik ve % 15'lik NaClO çözeltileri kullanılmış olup % 0.5'lik uygulamada 72 saat tutulan 1 aylık tohumlarda çimlenme oranı % 83.6; % 15'lik çözeltide 30 dakika tutulan tohumlarda çimlenme oranı % 93.1 olarak belirlenmiştir. Bu çalışma ile Hsiao, (1979)'un çalışması arasında tohumların yaşı, NaClO'un uygulama dozu ve tohumların maruz kaldığı sıcaklık farklı olsa da yabancı hardal tohumlarının dormansi kırma işleminde NaClO'un etkinliğini ortaya koyması açısından her iki çalışma benzerlik göstermektedir.

Martins ve ark., (2016)'nın yaptığı çalışmada farklı yaşlardaki delice tohumlarının % 0.5'lik NaClO çözeltisinde 24 saat bekletilmesinde kontrole (% 14.0) göre 60 günlük tohumlarda % 99.0, 180 günlük

tohumlarda % 76.0 oranında çimlenme kaydedildiğini bildirmişlerdir. Bu çalışmada ise yabancı hardalın 1 ve 12 aylık tohumlarının %15'lik NaClO çözeltisinde 20 dakika tutulduğunda 1 aylık tohumlarda % 92.4; 12 aylık tohumlarda ise % 76.3 çimlenme olduğu belirlenmiştir. NaClO çözeltisinde tutulan genç tohumların çimlenme oranı yaşlı tohumlara göre daha yüksek olduğu dolayısıyla bu çalışma Martins ve ark. (2016)'nın çalışmasında elde ettiği bulgularla benzerlik göstermektedir.

Mikrodalga uygulamaları

Yabancı hardal tohumlarının dormansi kırma işlemlerinde 1 ve 12 aylık tohumların 100 Watt (W)'lık mikrodalga ışınlarına farklı sürelerde maruz bırakılarak uygulamanın çimlenme üzerine etkisi araştırılmıştır (Çizelge 3.).

Çizelge 3. Farklı sürelerde uygulanan 100 W'lık mikrodalga ışınlarının 1 ve 12 aylık yabancı hardal tohumlarının çimlenmesine etkisi

Uygulama süresi	12 aylık tohumlar Çimlenme Oranı (%)	1 aylık tohumlar Çimlenme Oranı (%)
10 s	64.6 ±10.93b	47.6 ±5.1b
60 s	57.4 ±13.62b	31.1 ±4.0a
90 s	61.7 ±10.47b	63.6 ±17.2c
120 s	63.3 ±7.95b	52.4 ±10.2bc
180 s	0.0 ±0.0 0c	0.0 ±0.0d
Kontrol	36.5 ±4.8a	28.2 ±2.1a

*Aynı stundaki harfler uygulamalar arasındaki farkın istatistiksel olarak önemli olmadığını gösterir (Duncan P>0.05)

Yapılan uygulamalar sonucuna göre 100 W'lık mikrodalga ışınlarına farklı sürelerde maruz bırakılan yabancı hardalın 12 aylık tohumlarında en yüksek çimlenme % 64.6 olarak 10 saniye mikroalgada tutulan tohumlarda kaydedilmiştir. Bir aylık yabancı hardal tohumlarında ise istatistiki olarak 60 saniye mikrodalga uygulaması dışında tüm uygulamalar kontrolden farklı bulunmuştur. En yüksek çimlenme oranı 90 saniye

mikroalgada tutulan tohumlarda % 63.6 olarak belirlenmiştir.

Ayrıca, 1 ve 12 aylık tohumlarda 180 saniye 100 W'lık mikrodalga uygulamasında çimlenme olmadığı tespit edilmiştir. Diğer bir uygulamada ise süre sabit (60 s) tutulmuş olup farklı güçteki mikrodalga ışınlarının 1 ve 12 aylık yabancı hardal tohumlarının çimlenmesine etkisi araştırılmıştır (Çizelge 4).

Çizelge 4. Farklı güçteki mikrodalga ışınlarının 60 s maruz bırakılan 1 ve 12 aylık yabancı hardal tohumlarının çimlenme oranlarına etkisi

Uygulama şiddeti	12 aylık tohumlar Çimlenme Oranı (%)	1 aylık tohumlar Çimlenme Oranı (%)
20 W	66.1 ±2.9b	26.8 ±8.2ab
40 W	58.3 ±4.3b	37.3 ±1.6b
60 W	56.0 ±10.1b	23.8 ±7.7a
80 W	61.1 ±0.4b	35.4 ±7.4b
100 W	59.1 ±10.1b	30.2 ±3.0ab
Kontrol	36.5 ±4.8a	28.2 ±2.1ab

*Aynı stundaki harfler uygulamalar arasındaki farkın istatistiksel olarak önemli olmadığını gösterir (Duncan P>0.05)

Çizelge 4'e göre yabancı hardalın 12 aylık tohumlarına yapılan tüm uygulamaların kontrol grubundan farklı ve önemli ($p<0.05$) bulunmuştur. En yüksek çimlenme oranı 80 W uygulamasında % 61.1 olarak belirlenmiştir. Ancak yapılan uygulamalar arasında çimlenme oranlarında düzensiz dalgalanmalar olduğu görülmektedir. Bu durumun tohumların nem tutma kapasitesinin birbirinden farklı olmasından kaynaklanabileceği düşünülmüştür. Tohumların nem oranlarındaki farkı en aza indirmek için 1 aylık tohumlar 6 saat saf suda bekletilmiştir. Daha sonra 1 saat oda sıcaklığında kurutma kâğıtlarında süzülme bırakılan tohumlar cam petri kaplarında 60 saniye

boyunca farklı güçteki mikrodalga ışınlarına maruz bırakılmıştır (Çizelge 5).

Çizelge 5 incelendiğinde tüm uygulamalarda çimlenme oranları kontrole göre farklı ve olumsuz olduğu belirlenmiştir. Ancak uygulamalar arasında çimlenme oranlarının daha düzenli dağılım sağladığı görülmektedir. Tohumların 6 saat suda bekletme işlemi, tohum kabuğunun yumuşamasını ve tohumun su almasını sağladığı ancak tohumların mikrodalga ışınlarına daha duyarlı hale gelmesine neden olduğu; bu durumun uygulama sonrası çimlenmeyi olumsuz etkilediği düşünülmektedir.

Çizelge 5. Farklı güçteki mikrodalga ışınlarının 6 saat saf suda bekletilen 1 aylık yabancı hardal tohumlarının çimlenme oranlarına etkisi

Uygulama Şiddeti	1 aylık tohumlar Çimlenme Oranı (%)
20 W	30.5 ±12.7b
40 W	31.4 ±1.5b
60 W	14.1 ±4.2c
80 W	7.1 ±3.9cd
100 W	0.0 ±0.0d
Kontrol (6h suda bekletme)	46.4 ±7.2a

*Aynı stundaki harfler uygulamalar arasındaki farkın istatistiksel olarak önemli olmadığını gösterir (Duncan P>0.05)

Yabancı hardalın dormansi kırma çalışmalarında mikrodalga uygulamasıyla ilgili daha önce yapılmış herhangi bir çalışmaya rastlanılmamıştır, ancak farklı yabancı ot tohumlarında dormansi kırma çalışmalarında mikrodalga uygulamaları bulunmaktadır. Sarı kantaron (*Hypericum perforatum* L.) tohumlarında dormansi kırma amacıyla yapılmış bir çalışmada, mikrodalga fırında 90 saniye ve 20 W şiddetinde tutulan tohumlarda uygulamanın çimlenme üzerinde etkili olmadığı bildirilmiştir (Amirnia ve ark., 2012). Başka bir çalışmada ise; yabancı enginar tohumları 6 saat saf suda bekletildikten sonra 60 saniye boyunca farklı güçteki mikrodalga ışınlarına tohumlar maruz bırakılmıştır. Çalışma

sonucunda 20 ve 30 W uygulamalarında sonuç önemli ve anlamlı bulunduğu bildirilmiştir (Ghiyasi ve ark., 2012). Bu çalışmada, yabancı hardal tohumlarının mikrodalga uygulamasında en yüksek çimlenme oranı 12 aylık tohumlarda 20 W şiddetine doğrudan 1 dakika süreyle maruz bırakılan tohumlarda (% 66.1) görülürken 1 aylık tohumlarda 100 W şiddetine 90 saniye maruz bırakılan tohumlarda en iyi çimlenme oranı (% 63.6) görülmüştür. Ancak 6 saat saf suda bekletilen 1 aylık tohumların tüm uygulamalarda kontrole göre farkın önemli ve olumsuz olduğu belirlenmiştir. Mikrodalga uygulamasının tohumların dormansi üzerinde etkisi açısından Ghiyasi ve ark., (2012) ile benzer şekilde bu yöntemin olumlu

olduğu; ancak tohumların 6 saat suda bekletilerek mikrodalga uygulamasından elde edilen sonuçların Ghiyasi ve ark., (2012) ile; 90 saniye mikrodalga uygulamasının etkisi ise Amirnia ve ark., (2012) ile farklı bulunmuştur.

Düşük sıcaklık uygulamaları

Yabani hardal tohumlarında dormansi kırma işlemlerinde düşük sıcaklık uygulamalarının etkileri araştırılmıştır. Bu uygulamada 1 ve 12 aylık tohumlar -80 °C'de farklı sürelerde tutulmuştur (Çizelge 6).

Çizelge 6. Düşük sıcaklık (-80 °C) uygulamalarının 1 ve 12 aylık yabani hardal tohumlarının çimlenme oranına etkileri

Uygulama Süresi	12 aylık tohumlar Çimlenme Oranı (%)	1 aylık tohumlar Çimlenme Oranı (%)
1 sa	43.7 ±2.0ab	43.7 ±2.0c
6 sa	45.8 ±8.4abc	34.0 ±5.2bc
24 sa	58.0 ±5.6c	32.8 ±10.6bc
48 sa	50.0 ±1.4bc	25.3 ±2.1ab
72 sa	58.0 ±5.8c	18.9 ±10.5a
96 sa	50.0 ±6.2bc	34.3 ±9.9bc
168 sa	55.7 ±3.7bc	44.8 ±2.3c
240 sa	54.0 ±15.2c	30.1 ±8.9ab
1sa -80 °C ve 1 dk +80 °C	64.3 ±2.5d	73.8 ±4.8d
24sa -80 °C ve 1 dk +80 °C	54.6 ±3.9e	65.8 ±13.7d
Kontrol	36.5 ±4.87a	26.7 ±3.7ab

*Aynı stundaki harfler uygulamalar arasındaki farkın istatistiksel olarak önemli olmadığını gösterir (Duncan P>0.05)

Çizelge 6 incelendiğinde, farklı sürelerde -80 °C'de tutulan 12 aylık tohumlarda tüm uygulamaların kontrolden farklı olduğu görülmektedir. En yüksek çimlenme oranı -80 °C'de 24 saat ve 72 saat bekletilen tohumlarda % 58.0 olduğu belirlenmiştir. Yüksek sıcaklık farklarının oluşturulduğu 12 aylık tohumlarda ise en yüksek çimlenme oranı -80 °C'de 1 saat ve +80 °C'de 1 dakika tutulan tohumlarda % 64.3 olarak bulunmuştur. Ayrıca -80 °C'de 1 saat ve +80 °C'de 1 dakika uygulamasının sadece -80 °C'de 1 saat uygulamasına göre çimlenme üzerinde daha etkili olduğu görülmektedir.

Bir aylık tohumlara uygulanan işlemlerde -80 °C'de 168 saat tutulan tohumlarda en yüksek çimlenme oranı % 44.8 olarak belirlenmiştir. Yüksek sıcaklık farklarının oluşturulduğu (-80 °C ve +80 °C) tohumlarda çimlenme oranı kontrole göre farklı ve önemli olduğu görülmektedir. En yüksek çimlenme oranı -80 °C'de 1 saat ve +80 °C'de 1 dakika tutulan tohumlarda % 73.8 olarak belirlenmiştir. Tohumların 1 saat -80 °C ve 1 dakika +80 °C tutma işlemi, sadece -80 °C 'de 1 saat tutulan tohumlara göre çimlenme üzerinde daha etkili olduğu görülmektedir. Ayrıca, yüksek sıcaklık farklarının dormansi üzerinde 12 aylık tohumlara göre 1 aylık tohumlarda daha etkili olduğu görülmektedir. Bu farklılığın 1 aylık tohumların dış kabuğunun 12 aylık tohumlara nazaran daha sert ve kırılabilir yapıya sahip olması nedeniyle yaklaşık 160 °C (-80 °C ve +80 °C)'lik bir sıcaklık farkının oluşturduğu gerilimde tohum kabuklarında çatlamaların eski tohumlara göre daha fazla

olacağı; bu nedenle genç tohumların bu uygulamada daha yüksek çimlenme gösterdiği düşünülmektedir.

Yapılan bir çalışmada nemlendirilmiş yabani hardal tohumları 1 ay +4 °C'de tutulduktan sonra petrolere ekimleri yapılan tohumlar 25 °C'de 14 gün tutulduğunda kontrol (% 23)'e göre çimlenme oranının % 30.0'a yükseldiği bildirilmiştir (Akın, 2004). Her ne kadar Akın (2004) yabani hardal tohumlarının 1 ay +4 °C de bekletse de "düşük sıcaklık" uygulamasının tohumların çimlenme oranını artırması yönüyle yaptığımız bu çalışmanın sonuçlarıyla benzerlik göstermektedir. Bitki tohumlarında dormansi kırma ile ilgili düşük sıcaklık (-80 °C) uygulamaları bulunurken yabani hardalın dormansi kırma yöntemlerinde -80 °C uygulamalarına rastlanmamıştır. Tiryaki ve Topu (2014) tarafından acı bakla (*Lupinus albus*) ve kırmızı bakla (*Trifolium pratense*) tohumlarının dormansilerini kırmak amacıyla -80 °C ve -80 °C ile +90 °C uygulamalarını yapmışlardır. Çalışma sonucunda -80 °C'de (1, 2, 4 ve 7 gün) tutulan acı bakla tohumlarının 4 gün uygulamasında % 19.8, kırmızı bakla tohumlarında ise 1 gün bekletilen tohumlarda % 37.7 ile en yüksek çimlenme olduğunu belirtmişlerdir. Ayrıca aynı çalışmada; -80 °C'de 1 gün ve +90 °C'de 5 saniye bekletilen tohumlarda çimlenme oranının acı bakla tohumlarında % 84.2'ye, kırmızı bakla tohumlarında ise % 74.5'e yükseldiğini bildirmişlerdir. Yaptığımız çalışmada yabani hardalın 1 aylık ve 12 aylık tohumları -80 °C ve -80 °C ile +80 °C'de farklı sürelerde tutulmuştur.

Çalışmanın sonucunda en yüksek çimlenme oranlarının -80 °C'de 168 saat (7 gün) uygulamalarında kaydedilmiştir. Yüksek sıcaklık farkına maruz bırakılan 1 ve 12 aylık tohumlarda ise en iyi çimlenme oranı 1 saat -80 °C ile 1 dakika +80 °C'de tutulan tohumlarda kaydedilmiştir. Düşük sıcaklık (-80 °C) ve yüksek sıcaklık farklarının (-80 °C ve +80 °C) uygulaması, tohumların dormansi kırma işlemlerinde etkili bir yöntem olduğu bu çalışma ile

Tiryaki ve Topu, (2014)'nın yaptıkları çalışmayla benzer sonuçlar yansıttığı görülmektedir.

Sıvı azot uygulamaları

Yabani hardal tohumlarında sıvı azot uygulamasının dormansiye etkisini belirlemek amacıyla yabancı hardalın 1 ve 12 aylık tohumları sıvı azot (-196 °C) içerisine doğrudan daldırılarak belli sürelerde tutulmuştur (Çizelge 7.).

Çizelge 7. Sıvı azot uygulamalarının 1 ve 12 aylık yabancı hardal tohumlarının çimlenme oranına etkileri

Uygulama süresi	12 aylık tohumlar Çimlenme Oranı (%)	1 aylık tohumlar Çimlenme Oranı (%)
60 s	79.0 ±0.8b	50.8 ±10.2b
90 s	67.7 ±14.5b	55.5 ±4.4b
120 s	70.1 ±2.3b	50.3 ±11.4b
Kontrol	32.2 ±6.1a	22.5 ±8.0a

*Aynı stundaki harfler uygulamalar arasındaki farkın istatistiksel olarak önemli olmadığını gösterir (Duncan P>0.05).

Denemeler sonucunda; sıvı azot tankında 60 saniye tutulan 12 aylık yabancı hardal tohumlarının en yüksek çimlenme oranı % 79.0 olarak belirlenmiştir. Bir aylık tohumlarda en yüksek çimlenme oranı 90 saniye uygulamasında % 55.5 olduğu; 60, 90 ve 120 saniye uygulamaları arasında istatistiki olarak fark bulunmadığı belirlenmiştir

Sıvı azot uygulamasında yapılan diğer bir uygulama aşamalı sıvı azot uygulamasıdır. Bu yöntemde amaç tohumların sıvı azot içerisinde (-196 °C) belli bir süre düşük sıcaklık ile yakıldıktan sonra çıkarılarak ortam sıcaklığının etkisiyle oluşan sıcaklık farkında tohum kabuklarının çatlamasını sağlamaktadır (Çizelge 8.).

Çizelge 8. Sıvı azot içerisinde farklı aşamalarda tutulan 1 ve 12 aylık yabancı hardal tohumlarının çimlenme oranları

Uygulanan Sayısı	12 aylık tohumlar Çimlenme Oranı (%)	1 aylık tohumlar Çimlenme Oranı (%)
1. uygulama	49.6 ±11.4ab	27.8 ±6.4ab
2. uygulama	44.2 ±19.4ab	22.5 ±1.8a
3. uygulama	55.3 ±10.2ab	36.7 ±9.9abc
4. uygulama	62.1 ±12.9b	35.3 ±4.0abc
5. uygulama	45.5 ±6.6ab	56.2 ±2.7c
6. uygulama	52.3 ±10.3ab	45.0 ±5.7cd
7. uygulama	66.3 ±23.6b	26.1 ±19.0ab
8. uygulama	48.5 ±25.0ab	41.7 ±7.2bcd
Kontrol	32.3 ±6.18a	28.2 ±2.1a

*Aynı stundaki harfler uygulamalar arasındaki farkın istatistiksel olarak önemli olmadığını gösterir (Duncan P>0.05)

Çizelge 8 incelendiğinde yabancı hardalın 12 aylık tohumlarının aşamalı sıvı azot uygulamasında en yüksek çimlenme oranı % 66.3 olarak 7. uygulamadan elde edilmiştir. Bir aylık tohumlarda ise çimlenme oranı en yüksek % 56.2 olarak 5. uygulamadan elde edilmiştir.

Tohumların dormansi kırma yöntemlerinde sıvı azot uygulamaları (Jordan, 1981; Wiesner ve ark., 1994; Salomão, 2002; Patané ve Gresta, 2006; Kholina ve Voronkova, 2012) bulunmaktadır. Ancak, yabancı hardal tohumlarının dormansi kırma

çalışmalarında sıvı azot uygulamalarına rastlanmamıştır. Jordan, (1981), darıcan (*Echilnochloa crus-galli*) tohumlarının 5 dakika doğrudan sıvı azota maruz bıraktıktan sonra tohumların ekimini yapmış, geriye kalan tohumlar tekrar sıvı azota daldırarak bu işlemi 10 defa tekrarlamıştır. Çalışmanın sonucunda 7. ve 9. uygulamada darıcan tohumlarının çimlenme oranını % 77 – 99 artırdığını bildirmiştir. Bu 12 aylık yabancı hardal tohumlarında en yüksek çimlenme oranı 7. uygulamadan, 1 aylık tohumlarda ise en yüksek çimlenme 5.

uygulamada olduğu belirlenmiştir. Her iki çalışmada sıvı azot içerisinde tohumların bekletilme süresinde farklılıklar olsa da yöntemin dormansi üzerinde etkili olması açısından elde edilen sonuçlar Jordan (1981)'nin çalışması ile benzerlik göstermektedir.

Yabani hardalın 1 ve 12 aylık tohumlarının sıvı azota farklı sürede maruz bırakıldığında çimlenme oranlarının homojen dağılmadığı, uygulamaların standart sapma payları diğer yöntemlere göre daha yüksek olduğu görülmektedir. Sıvı azota daldırılan tohumlarda uygulama sayısı arttıkça tohumların buruşarak küçüldüğü, çatlayarak parçalandığı bazı tohumlarda testanın kaybolarak embriyonun açığa çıktığı, 8. uygulama sonunda bazı tohumların yanmanın etkisiyle dağılarak toz halini aldığı ancak bu olumsuzluklara rağmen 8. uygulamada % 41.7 oranında çimlenme olduğu belirlenmiştir. Bu durum, yabancı hardal tohumlarının sert, geçirimsiz ve mumsu yapıdaki testaya sahip olması ve testanın kuru madde içeriğinin tohumlara göre değişkenlik gösterdiğinden tohumların sıvı azota gösterdikleri direncin birbirinden farklı olduğu, bu

nedenle uygulamalar arasında düzensiz verilerin elde edilmesine neden olduğu düşünülmektedir. İtalya'da yapılan bir çalışmada koçboynuzu (*Astragalus hamosus*) ve yonca (*Medicago orbicularis*) tohumları 5 dakika boyunca sıvı azot tankında bekletilmiştir. Çalışmanın sonucunda sıvı azot uygulamasının çimlenmeyi teşvik ettiği ancak tohumların çok küçük olması, şeklinin düzensiz olmasından dolayı istenilen başarının elde edilemediği belirtilmiştir (Patané ve Gresta, 2006).

Yürütülen bu çalışmada, yabancı hardal tohumlarında sıvı azot uygulamasında 1 aylık tohumlarının 90 saniye (% 55.5), 12 aylık tohumların ise 60 saniye (% 79.0) sıvı azota daldırılmasıyla bu yöntemde en iyi sonucun elde edildiği belirlenmiştir.

Sülfürik asit (H₂SO₄) uygulamaları

Yabancı hardalın 1 ve 12 aylık tohumları konsantre sülfürik asit (H₂SO₄) içerisine doğrudan daldırılarak belli sürelerde tutulmuştur. Bu sürelerin sonunda tohumların çimlendirme çalışmaları yapılmıştır (Çizelge 9.).

Çizelge 9. Farklı sürelerde sülfürik asit içerisinde bekletilen 1 ve 12 aylık yabancı hardal tohumlarının çimlenme oranları

Uygulama Süresi	12 aylık tohumlar Çimlenme Oranı (%)	1 aylık tohumlar Çimlenme Oranı (%)
60 s	91.9 ±1.71c	67.9 ±5.9b
90 s	85.4 ±4.78c	86.3 ±7.3c
120 s	75.5 ±7.33b	91.7 ±5.7c
300 s	1.8 ±3.50d	6.1±8.4d
Kontrol	32.3 ±6.18a	28.5 ±3.7a

*Aynı stundaki harfler uygulamalar arasındaki farkın istatistiksel olarak önemli olmadığını gösterir (Duncan P>0.05)

Denemeler sonucunda; yabancı hardalın 12 aylık tohumlarının farklı sürelerde H₂SO₄'te bekletildiğinde en yüksek çimlenme oranı 60 saniye uygulamasında % 91.9 olarak belirlenmiştir. Yabancı hardalın 1 aylık tohumlarının farklı sürelerde H₂SO₄'te tutulduğunda ise en yüksek çimlenme oranı 120 saniye uygulamasında % 91.7 olarak belirlenmiştir. Sülfürik asit uygulamasında tohumların bekleme süresi arttıkça siyah renkli testanın kızılılaşarak pembeye doğru renginin açıldığı gözlemlenmiştir. Bu durum 12 aylık tohumlarda 60 saniyede ulaşırlırken 1 aylık tohumlarda benzer renk tonuna 120 saniyede ulaşılmıştır. Bekleme süresi 30 dakikayı bulduğunda ise 1 ve 12 aylık tohumların tamamen yandığı, parçalanarak lapa haline geldiği gözlemlenmiştir. Bu nedenle yabancı hardalın 1 ve 12 aylık tohum testalarının sertlik derecesinin farklı

olduğu ve belli bir süreye kadar asit içerisinde dayanımlarının farklı olduğu düşünülmektedir.

Yabancı hardal tohumlarında dormansi kırma işlemlerinde sülfürik asit uygulamalarında önceki çalışmalarda; Erciş ve ark. (1993) 6 aylık yabancı hardal tohumlarını H₂SO₄ içerisinde 30 – 60 saniye tutarak 3 defa sudan geçirerek 20 °C sıcaklıkta petri denemelerinde çimlenme oranını % 3 olarak belirlemişlerdir. Araştırmacılar yaptıkları çalışmada sülfürik asitte daldırma şekliyle ilgili bilgi vermemişlerdir. Bu çalışmada tohumlar ilkin ependorf tüpüne konulduktan sonra üzerine H₂SO₄ ilavesi yapılmış ancak H₂SO₄'ün tohumların tamamına homojen olarak nüfus etmediği görülmüştür. Ayrıca tüpün alt kısmına çöken tohumların topaklaştığı ve yıkama aşamasında H₂SO₄'ün tohumlardan tamamen uzaklaştırılmasının vakit aldığı; bu nedenle tohumların

planlanan süreden daha fazla aside maruz kaldığı görülmüştür. Deneme iptal edilerek uygulama şekli değiştirilmiştir. Yeni deneme de kilitlenebilir tel süzgeç içerisine konulan tohumlar 250 ml'lik beherde bulunan H₂SO₄ içerisine daldırılmış ve planlanan sürenin sonunda beherden çıkarılan süzgeç akan suda 1 dakika boyunca yıkanmıştır. Yaptığımız çalışma sonucunda elde ettiğimiz bulgular Erciş ve Ark., (1993)'nın yaptığı çalışmayla farklı bulunmuştur. Bu farklılığın sebebi, tohumların yıkanma şekli ve süresiyle ilişkili olduğu düşünülmektedir.

Akın (2004) tarafından yapılan çalışmada yabancı hardal tohumları 3 dakika boyunca H₂SO₄ ile muamele edildikten sonra oda koşullarında tohumlar kurutulmuş olup 25 °C'de 16 saat ışık ve 18 °C'de 8 saat karanlığa ayarlanmış inkübatörde petri denemeleri sonucunda % 18.3 oranında çimlenme kaydedildiğini bildirmiştir. Bu çalışmada tüm denemeler 20 °C'ye ayarlı 24 saat karanlık periyotta ve H₂SO₄ uygulamasından sonra yüzey

sterilizasyonu yapılan tohumlar kurutulmadan ekimleri doğrudan yapılmıştır. H₂SO₄ yönteminde 12 aylık tohumlarda 120 saniye ve 300 saniye uygulamalarında sırasıyla % 75.5 ve % 1.8 çimlenme oranları kaydedilmiş olup H₂SO₄ içerisinde tohumların bekleme süresi arttıkça tohumlarda çimlenme oranlarının düştüğü belirlenmiştir. Dolayısıyla H₂SO₄'te tohumların muamele süresi arttıkça çimlenme oranlarının düştüğü göz önünde bulundurulduğunda H₂SO₄'ün dormansi kırma işleminde etkili bir yöntem olması açısından bu çalışma Akın (2004) ile paralel olduğu görülmektedir.

Gibberellik asit (GA₃) uygulamaları

Yabancı hardalın 1 ve 12 aylık tohumlarında görülen dormansinin kırılmasına yönelik Gibberellik asit (GA₃)'in etkisini belirlemek amacıyla GA₃'ün farklı dozları (250, 500, 750, 1000 ve 2000 ppm) petrilere ekim ortamına doğrudan uygulanmıştır (Çizelge 10).

Çizelge 10. GA₃ uygulamalarının 1 ve 12 aylık yabancı hardal tohumlarının çimlenme oranlarına etkileri

Uygulama dozu	12 aylık tohumlar Çimlenme Oranı (%)	1 aylık tohumlar Çimlenme Oranı (%)
250 ppm	72.4 ±3.47b	67.3 ±10.4b
500 ppm	83.2 ±1.31c	70.3 ±4.1b
750 ppm	86.1 ±5.35c	82.8 ±10.8Cc
1000 ppm	96.5 ±1.29d	90.0 ±1.8cd
2000 ppm	100.0 ±0.00d	95.7 ±3.0d
Kontrol	32.3 ±6.18a	28.5 ±3.6a

*Aynı stundaki harfler uygulamalar arasındaki farkın istatistiksel olarak önemli olmadığını gösterir (Duncan P>0.05)

Çizelge 10 incelendiğinde GA₃'ün uygulanan tüm dozları tohumlar üzerinde kontrole göre farklı ve önemli olduğu görülmektedir. 1 ve 12 aylık tohumlarda en yüksek çimlenme oranı 2000 ppm dozunda sırasıyla % 95.7 ve % 100 olarak kaydedilmiştir. En düşük çimlenme oranı ise 1 ve 12 aylık tohumlarda 250 ppm'lik doz uygulamasında olduğu görülmektedir.

Yabancı hardal tohumlarında dormansi kırma yöntemlerinde GA₃ uygulamalarıyla ilgili çalışmalar bulunmaktadır [Günçan (1982), Erciş ve ark. (1993), Akın (2004), Topuz (2007)].

Günçan (1982), yabancı hardal tohumlarında % 0.5'lik (500 ppm) GA₃ uygulamasında 15 °C'de 60 gün tutulan tohumların çimlenme oranı % 61.0 olduğunu bildirmiştir. Bu çalışmada ise denemeler 20 °C sıcaklıkta yürütülmüş ve 14. günde sonlandırılmış olup 500 ppm GA₃ uygulamasında 1 aylık tohumlarda % 70.3, 12 aylık

tohumlarda ise % 83.2 çimlenme oranı kaydedilmiştir. Günçan (1982)'nin yaptığı çalışmada tohumların yaşı belirtilmemiştir. Ayrıca, denemelerde uygulanan sıcaklıklar farklı olsa da her iki çalışmada da 500 ppm GA₃'ün yabancı hardal tohumlarının çimlenmesinde etkili olduğu görülmektedir.

Akın (2004), yabancı hardal tohumlarını 100 ppm'lik GA₃ ortamında 1 gün beklettikten sonra tohumlar kurularak 6 ml saf su ilavesi yapılan petrilere tohumların ekimi yapılmış olup % 70 nispi nem, 16 saat aydınlık ve 25 °C sıcaklık / 8 saat karanlık ve 18 °C sıcaklık koşullarında 14. günün sonunda % 86.6 çimlenme oranı kaydedildiğini bildirmiştir. Bu çalışmada ise GA₃ ilavesi yapılan petri ortamına tohumların ekimi doğrudan yapılmış olup petrilere 20 °C sıcaklık ve karanlık ortamda tutulmuştur. GA₃'ün 750 ppm dozunda 12 aylık tohumlarda % 86.1, 1 aylık tohumlarda ise % 82.8

çimlenme kaydedilmiştir. Ancak, Akın (2004)'ın çalışmasında kullanılan tohumların yaşıyla ilgili bir bulguya rastlanılmamış olmakla birlikte tohumlara uygulanan sıcaklık (18 – 25 °C), ışık faktörü ve GA₃'ün uygulama yöntemi farklı olsa da GA₃'ün dormansi üzerinde etkili olması yönüyle her iki çalışmada paralel sonuçlar elde edilmiştir.

Topuz (2007) yaklaşık 3 – 4 yıllık yabancı hardal tohumlarına GA₃'ün 0.1mM (≈ 35 ppm), 1mM (≈ 350 ppm), 5mM (≈ 1750 ppm), 10mM (≈ 3500 ppm) dozlarını uyguladığında kontrole göre (% 27.1–31.2) çimlenme oranı sırasıyla % 42.2, % 79.2, % 87.5 ve % 81.9 olduğunu bildirmiştir. Bu çalışmada 12 aylık yabancı hardal tohumlarına GA₃'ün 250, 500, 750, 1000 ve 2000 ppm dozları uygulanmış olup kontrole göre (% 32.3) çimlenme oranı sırasıyla % 72.4, % 83.2, % 86.1, % 96.5 ve % 100 olarak bulunmuştur. Her iki çalışmada kullanılan tohumların yaşı farklı olsa da kontrol grubunda çimlenme oranlarının birbirine yakın değerler olduğu, Topuz (2007)'un çalışmasında yaklaşık 350 ppm dozunda elde edilen çimlenme oranının (% 79.2) bu çalışmada 250

ppm (% 72.4) ve 500 ppm (% 83.2) dozları arasındaki değerlere tekabül ettiği ve benzer sonuçlar elde edildiği görülmektedir. Ancak bu çalışmada GA₃'ün 1000 ppm (% 96.5) ve 2000 ppm (% 100) dozları Topuz (2007)'un çalışmasında kullanılan 1750 ppm (87.5) dozuna göre çimlenme oranının yüksek çıktığı görülmektedir. Farklılığın nedeni Topuz (2007)'un uygulamalarda kullanılan sıcaklık (22 °C±2 °C) değerinin bu çalışmada kullanılan sıcaklık (20 °C±0.5) değerinden farklı olmasından kaynaklandığı düşünülmektedir. Bu veriler ışığında GA₃'ün yabancı hardal tohumlarının dormansi kırma yönteminde etkili bir uygulama olduğu ve bu çalışma ile Topuz (2007), Akın (2004) ve Güncan (1982) ile paralel sonuçlar elde edildiği görülmektedir.

Toprak içerisinde bekletme

Toplanan yabancı hardal tohumları gözenekli bez torbacılara konularak toprakta 15 – 30 cm derinliğinde 12 ay bekletildikten sonra uygulamanın tohumlar üzerindeki etkisi Çizelge 11'de verilmiştir.

Çizelge 11. Toprakta 15 – 30 cm derinliğinde 12 ay bekletilen yabancı hardal tohumlarının çimlenme oranları

Uygulanan Yöntem	12 aylık tohumlar Çimlenme Oranı (%)
Toprakta bekletme	45.8 ±6.6b
Kontrol (oda sıcaklığında 12 ay)	32.3 ±6.1a

*Aynı stundaki harfler uygulamalar arasındaki farkın istatistiksel olarak önemli olmadığını gösterir (Duncan P>0.05)

Yapılan uygulama sonucunda 12 ay toprakta bekletilen tohumların çimlenme oranı % 45.8 olduğu belirlenmiştir. Güncan (1982), yabancı hardalda dormansi kırma çalışmalarında tohumların 10 cm derinliğinde 6 ay toprakta depo edilmesinin oda sıcaklığında bekletilen tohumlar (% 0.5)'a göre çimlenme oranı % 4.6 olduğunu bildirmiştir. Bu çalışmada ise 15 – 30 cm derinlikte 12 ay tutulan tohumlarda çimlenme oranı % 45.8 bulunmuştur. Her iki çalışmada toprakta bekletilen tohumların oda sıcaklığında bekletilen tohumlara göre çimlenme oranını artırması açısından benzer olduğu görülmektedir.

Toprakta bekletilen tohumların oda sıcaklığında tutulan tohumlara nazaran çimlenme oranlarında artış olmakla birlikte yaptığımız çalışmada 15 - 30 santim toprak derinliğinde 12 ay tutulan tohumların bir kısmında çürümelerin olduğu görülmüştür. Tohumlar, petrolere ekilmeden önce fiziksel olarak zarar görenler ortamdaki uzaklaştırılmıştır. Tohumların toprakta bekleme süresi arttıkça tohumlarda canlılık oranlarının azalacağı

düşünülmektedir. Üremiş ve Uygur (2007) yabancı hardal tohumlarının Adana'da 15 – 30 cm toprak derinliğinde delikli torbalarda 10 yıl depo edildiğinde tohumların canlılık oranının % 26.6 olduğunu bildirmiştir. Bu durum *Sinapis arvensis*'in sorun olduğu tarım alanlarında uzun vadede derin sürüm ile topraktaki tohum bankasının azaltılması açısından önemli olabileceği düşünülmektedir.

Nitrat kombinasyonun uygulamaları

Yabancı hardalın 1 ve 12 aylık tohumlarında potasyum nitrat (KNO₃), amonyum nitrat (NH₄NO₃) ve tarım alanlarında kullanılan yaprak gübresinin dormansiye etkisini belirlemek amacıyla farklı dozlarda uygulamalar yapılmıştır (Çizelge 12).

Çizelge 12 incelendiğinde yabancı hardalın 1 ve aylık 12 aylık tohumlarında en yüksek çimlenme oranı % 0.5'lik KNO₃ uygulamasında sırasıyla % 74.1 ve % 47.8 olarak bulunmuştur. Ayrıca, 1 ve 12 aylık tohumların %

4'lük KNO₃ uygulamasında çimlenme olmadığı belirlenmiştir.

NH₄NO₃ uygulamalarında ise sadece % 0.5'lik NH₄NO₃ kullanılmıştır. Uygulamada 1 ve 12 aylık tohumlarda sırasıyla % 67.3 ve % 29.1 oranında çimlenme kaydedilmiştir. NH₄NO₃ uygulamasının 12 aylık tohumlarda görülen dormansiye etkisi önemli bulunurken 1 aylık tohumlarda etkisi önemsiz bulunmuştur.

Çizelge 12. Farklı dozlarda uygulanan KNO₃, NH₄NO₃ ve yaprak gübresi 1 ve 12 aylık yabancı hardal tohumlarının çimlenme oranlarına etkileri

Uygulama Dozu (%)	12 aylık tohumlar		1 aylık tohumlar	
	Çimlenme (%)	Oranı	Çimlenme (%)	Oranı
KNO₃				
0.5	74.1 ±3.6c		47.8 ±4.9b	
1	60.5 ±13.1b		31.5 ±6.2a	
3	3.0 ±4.2d		4.5 ±3.1c	
4	0.0 ±0.0d		0.0 ±1.3c	
Kontrol	32.3 ±6.18a		28.5 ±3.7a	
NH₄NO₃				
0.5	67.3 ±5.82b		29.1 ±6.4a	
Kontrol	32.3 ±6.18a		28.5 ±3.7a	
Yaprak gübresi				
0.01	42.3 ±7.46b		32.7 ±10.7ab	
0.1	88.0 ±3.92d		67.8 ±10.7d	
0.25	73.6 ±10.56c		47.5 ±3.8bc	
0.5	71.4 ±8.25c		63.1 ±10.6cd	
1	66.5 ±1.23c		60.5 ±20.6cd	
2.5	0.0 ±0.00e		0.0 ±0.0e	
Kontrol	32.3 ±6.18a		28.5 ±3.70a	

*Her bir uygulama diğer uygulamalardan bağımsız olarak kendi içerisinde hesaplanmıştır (ANOVA).

*Aynı stundaki harfler uygulamalar arasındaki farkın istatistiksel olarak önemli olmadığını gösterir (Duncan P>0.05)

Yaprak gübresinin farklı doz uygulamasında yabancı hardalın 1 ve 12 aylık tohumlarında en yüksek çimlenme oranı % 0.1'lik çözeltilde sırasıyla % 88.0 ve % 67.8 olarak belirlenmiştir. Ayrıca 1 ve 12 aylık tohumlarda % 2.5'lik çözeltilde çimlenme kaydedilmemiştir.

Goudey ve ark. (1987) yabancı hardal tohumlarının dormansi kırma çalışmalarında bir dizi uygulamalar denemişlerdir. Uygulamalarda nitratın farklı bileşiklerinden 10 mM'lık dozları 20 °C sıcaklık ve karanlık ortamda petri denemelerinde tohumların çimlenmesi üzerinde kontrol (% 1)'e göre KNO₃ (% 2), NH₄Cl (% 31) ve NH₄NO₃ (% 35), NH₂OH.HCl (% 4), CS(NH₂)₂ (% 12), KNO₂ (% 5), KCN (% 5), NaN₃ (% 3)'ün çok az etkili olduğu ancak, bunların kombinasyonunda çimlenme üzerinde oldukça etkili

olduğu; KNO₃ ve NH₄Cl kombinasyonuna ekilen tohumların 2 gün 5 °C'de tutulduktan sonra 20 °C'de inkübatöre alındığında % 90 çimlenme elde edildiği belirtilmiştir. Yürüttüğümüz bu çalışmada 12 aylık tohumların petri ortamına % 1'lik KNO₃ çözeltisi ilave edildiğinde % 60.5 çimlenme, % 0.5'lik NH₄NO₃ uygulamasında % 67.3 çimlenme kaydedilirken 1 aylık tohumların petri ortamına % 0.5'lik KNO₃ çözeltisi ilave edildiğinde % 47.8 çimlenme; % 0.5'lik NH₄NO₃ uygulamasında % 29.1 çimlenme kaydedilmiştir. Yaprak gübresi olarak bilinen nitratın farklı formlarını da içeren kombinasyonda 12 aylık tohumlarda % 0.01'lik çözeltilerin ilave edildiği petrilere çimlenme % 88.0 görülürken 1 aylık tohumlarda % 67.8 çimlenme kaydedilmiştir. Goudey ve ark. (1987)'nin yaptığı çalışmada 14 günlük tohumlar kullanılmıştır ve kontrolde % 1'lik çimlenme oranı kaydedilirken bu çalışmada 1 aylık tohumlarda kontrol grubunda % 28.5 çimlenme kaydedilmiştir. Bu nedenle her iki denemede kullanılan tohumların özellikleri birbirinden farklı olduğu düşünülmektedir. Ayrıca Goudey ve ark. (1987) tohumları (5 ve 20 °C) dalgalı sıcaklığa maruz bırakarak ön işlem uygulamıştır. İki çalışma arasında tohumların özelliği ve uygulanan işlemler farklı olsa da nitrat kombinasyonlarının yabancı hardal tohumlarında dormansinin kırılmasında etkili olduğu; dolayısıyla bu çalışma, Goudey ve ark. (1987)'nin yaptığı çalışmayla benzer olduğu görülmektedir.

SONUÇ ve ÖNERİLER

Farklı yaşlardaki yabancı hardal tohumlarıyla yapılan dormansi kırma çalışmaları sonucunda uygulanan yöntemler ve bu yöntemlere farklı yaşlardaki tohumların vermiş olduğu tepkiler belirlenmiştir. Elde edilen sonuçlara göre yabancı hardalın 1 aylık tohumlarında görülen dormansinin kırılması için uygulanan yöntemler içerisinde en iyi uygulama kontrole göre (% 22.0 - 28.5) çimlenme oranları sırasıyla GA₃ (2000 ppm) % 95.7; NaClO (% 15'lik ve 30 dk) % 93.1; H₂SO₄ (120 s) % 91.7; NaClO (% 0.5'lik ve 72 h) % 83.6; düşük sıcaklık (1h -80 °C ve 1 dk +80 °C) % 73.8; nitrat kombinasyonlarında (yaprak gübresi % 0.1) % 67.8; mikrodalga (100 W ve 90 sn) % 63.6; Sıvı azot (90 sn) % 55.5; C₂H₆O (% 96'lık ve 100 dk) % 49.3; H₂O (6 h) % 46.4 olarak belirlenmiştir. Yabancı hardalın 12 aylık tohumlarında uygulanan dormansi kırma yöntemleri içerisinde en iyi uygulama kontrole göre (% 30.2 - 37.0) çimlenme oranları sırasıyla GA₃ (2000 ppm) % 100;

H₂SO₄ (60 s) % 91.9; Nitrat Kombinasyonlarında (yaprak gübresi % 0.1) % 88.0; Sıvı azot (60 s) % 79; NaClO (% 15'lik ve 15dk) % 78.9; mikrodalga (20 W ve 60 s) % 66.1; düşük sıcaklık (1h -80 °C ve 1 dk +80 °C) % 64.3 ve toprağa gömme % 45.8 olarak belirlenmiştir.

Yabani hardalın dormansi kırma işleminde 1 aylık tohumlarda 6 saat saf suda bekletilen ve bir dakika süre ile 100 W mikrodalga ışınlarına maruz bırakma; ön işlem uygulamaksızın 100 W mikrodalga ışınlarına 180 saniye maruz bırakma, % 3'lük C₂H₆O da 96 saat ve sonraki uygulamalarda; 12 aylık tohumlarda ise 100 W'lık mikrodalga ışınlarına 180 saniye maruz bırakma, % 2.5'lik yaprak gübresi, sülfürik asitte 300 saniyeden daha uzun süreli uygulamalarının tohumlardaki çimlenmeyi tamamen engelledikleri belirlenmiştir.

Çalışmanın sonuçları arasında dikkat çeken nitrat kombinasyonlarından yaprak gübresi uygulamasıdır. Bölgede bazı üreticilerin pestisitlerle birlikte nitrat kompozisyonundan oluşan yaprak gübresini tank karışımı yaparak buğday alanlarına uyguladıkları bilinmektedir. Dormansi kırma çalışmalarında nitrat kompozisyonlarının farklı dozlarının yabani hardal tohumlarının çimlenmesini

% 88.0'lere kadar teşvik ettiği belirlenmiştir. Bu nedenle buğday alanlarında nitrat uygulamalarında ihtiyatlı davranılması gerektiği düşünülmektedir. Tarla koşullarında yapılacak denemelerle yaprak gübresi olarak uygulanan nitrat kompozisyonun yabancı ot tohumları üzerindeki etkisinin araştırılması önem arz etmektedir.

Çalışmanın sonuçları arasında dikkat çeken bir diğer unsur ise mikrodalga uygulamasıdır. Bu uygulamada 100 W şiddetinde ve 180 s uygulamalarında yabani hardal tohumlarının çimlenemediği belirlenmiştir. Ar-ge çalışmalarının özellikle laboratuvar uygulamaları aşamasında toprağın yabancı ot tohumlarından arındırılması için kullanılan otoklav uygulamasının toprağın fiziksel ve kimyasal yapısını bozduğu bilinmektedir. Bu çalışmada toprağın yabancı ot tohumlarından arındırılması amacıyla yapılan toprak sterilizasyon işlemlerinde mikrodalga uygulamasından yararlı bir şekilde faydalanabileceğimizi, zamandan ve enerjiden tasarruf edebileceğimize işaret etmektedir. Ancak, mikrodalga uygulamasında toprağın fiziksel ve kimyasal yapısına etkisi ne şekilde olacağıyla ilgili ayrıntılı çalışmaların yapılması gerekmektedir.

TEŞEKKÜR

Bu çalışma, Tarım ve Orman Bakanlığı, Tarımsal Araştırmalar ve Politikalar Genel Müdürlüğü tarafından "Batman ve Şanlıurfa Buğday Alanlarında Bulunan Yabancı Otlar İle Yabani Hardal (*Sinapis arvensis* L.) ve Kısır Yabani Yulaf (*Avena sterilis* L.)'ın Bazı Biyolojik Özelliklerinin Belirlenmesi" adlı Yüksek Lisans projesi kapsamında desteklenmiştir.

KAYNAKÇA

- Akın B. (2004). Dormansi kırıcı yöntemlerin yabancı ot tohumları üzerinde etkileri. Dumlupınar Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Kütahya
- Aksoy E., Pekcan V., (2014). Canavar Otları (*Orobanch* spp. ve *Phelipanche* spp.) ve Mucadelesi. Gıda, Tarım ve Hay. Bak., Tar. Araş. ve Politikalar Genel Müd. Yay., Ankara, 80s.
- Amirnia R., Tajbakhsh M., Ghiyasi M., Danesh YR. (2012). Farklı uygulamaların sarı kantaron (*Hypericum perforatum* L.) tohum dormansisine karşı olan etkileri üzerine bir araştırma. Tıbbi ve Aromatik Bitkiler Sempozyumu 13-15 Eylül 2012, Tokat 51 – 54.
- Anonim (2021). IBM Corp. Released 2013. IBM SPSS Statistics for Windows, Version 22.0. Armonk, NY: IBM Corp.
- Ateş E. (2017). Batman ve Şanlıurfa buğday alanlarında bulunan yabancı otlar ile yabani hardal (*Sinapis arvensis* L.) ve kısır yabani yulaf (*Avena sterilis* L.)'ın bazı biyolojik özelliklerinin belirlenmesi. Hatay Mustafa Kemal Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Hatay.
- Baskin J.M., Baskin C.C. (2014). What kind of seed dormancy might palms have? Seed Sci. Res., 24 (2014), pp. 17-22
- Bozdoğan O., Uyar F., Karaman Y., Demirtaş Ç., Uçar K., Tursun N. (2019). *Myragrum perfoliatum* L. (gönül hardalı) tohumlarında dormansi kırma üzerine araştırmalar. Turkish Journal of Weed Science 22 (1) , 45-52 .
- Colbach N., Chauvel B., Durr and Richard G. (2002). Effect of environmental conditions on almyosuroides germination. I. effect of temperature and light. Weed Research .42.210E221.
- Debeaujon I., Leon-Kloosterziel K.M., and Koornneef M. (2000). Influence of the testa on seed dormancy, germination, and longevity in Arabidopsis. Plant Physiol.122, 403–413.
- Durán MJ., Retamal N. (1989). Coat structure and regulation of dormancy in *Sinapis arvensis* L. Seeds. Journal of Plant Physiology, 135(2) 218-222
- Donald W.W. and Hoerauf, R, 1985, Enhanced germination and emergence of dormant wild mustard (*S.arvensis*) seed by two substituted phthalimides. Weed Science 33, 894E902.
- Edwards MM. (1968). Dormancy in seeds of charlock II. The influence of the seat coat. J. Exp.Bot. (19:583-600.

- Erciş A., Tastan B., Yıldırım A. (1993). Yabancı hardal (*S. arvensis*)'ın bazı biyolojik özellikleri üzerinde araştırmalar. Türkiye I. Herboloji Kongresi (3-5 Şubat 1993 Adana) 55-61.
- Ertuş MM., Yergin R., Tunçtürk M., Tepe I. (2011). *Hippomarathrum microcarpum* (Bieb.) Fedtsch. tohumlarının çimlenme biyolojisinin belirlenmesi. Yüzüncü Yıl Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi 16 (2) 34 – 39.
- Ghiyasi M., Tajbakhsh M., Amirnia R., Danesh YR. (2012). Yabancı enginar tohumunun çimlenme özelliklerinde mikrodalganın etkisi. Tıbbi ve Aromatik Bitkiler Sempozyumu (13-15 Eylül 2012, Tokat) 443 – 447.
- Günçan A. (1976). Erzurum çevresinde bulunan yabancı otlar ve önemlilerinden bazılarının yazlık hububatta mücadele imkanları üzerinde araştırmalar. Atatürk Üni. Yayınları No. 446. Erzurum.
- Günçan A. (1980). Anadolu'nun doğusunda buğday ürününe karışan yabancı ot tohumları, bunların yoğunlukları ve önemlilerinin oluşturdukları bitki toplulukları üzerinde bir araştırma. Atatürk Üniversitesi Yayınları, 48s., Erzurum.
- Günçan A. (1982). Erzurum yöresinde buğday ürününe karışan bazı yabancı ot tohumlarının çimlenme biyolojisi üzerine araştırmalar. Ankara Üniv. Zir. Fak. Yay. No: 270., 77s. Erzurum.
- Hsiao AI. (1979). The effect of sodium hypochlorite, gibberellic acid and light on seed dormancy and germination of stinkweed and wild mustard. Can. J. Plant Sci., 60: 643-649.
- Jordan JL. (1981). Barnyardgrass (*Echinochloa crus - galli* (L.) P. Beauv.) Seed dormancy and germination. Seed dormancy in Pennsylvania smartweed and barnyardgrass. Iowa State University. Retrospective Theses and Dissertations. pp. 71-80.
- Karaca M. (2010). Yatık gökbaş (*Centaurea depressa* Bieb.) ve kokarot (*Bifora radians* Bieb.)'un bazı biyolojik özellikleri ve Konya yöresinde buğdayda ekonomik zarar eşiklerinin tespiti. Doktora tezi, Selçuk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Konya.
- Kholina AB., Voronkova NM. (2012). Seed cryopreservation of some medicinal legumes. Journal of Botany. Volume 2012 (2012), Article ID 186891, 7 p.
- Martins ABN., Radke AK., Monterio MA., Dias LW., Tunes LVM., Meneghelo GE., Xavier FM., Brunet AP., Costa CJ. (2016). Methods for breaking seed dormancy of ryegrass during storage periods. African Journal of Agricultural Research, 11 (45) 4567-4570.
- Mennan H. (1993). Samsun ili buğday ekim alanlarında görülen yabancıot türlerinin belirlenmesi ve önemli türlerin çimlenme ve gelişme biyolojilerinin araştırılması. Ç.Ü. Fen Bil. Ens., Yüksek Lisans Tezi, Adana.
- Obalı A. (2009). Adi soda otu (*Salsola kali* subsp. *ruthenica* (Iljin) Soo.) tohumlarının çimlenme biyolojisi üzerinde araştırmalar. Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi, Konya.
- Ozaslan C., Farooq S., Onen H., Ozcan S., Bukun B., Gunal H. (2017). Germination biology of two invasive *Physalis* species and implications for their management in arid and semi-arid regions. Scientific Reports, 7(1) 1–12.
- Özkil M., Üremiş İ. (2019). Tarla sarmaşığı (*Convolvulus arvensis* L.) ve pembe çiçekli akşam sefası (*Ipomoea triloba* L.)'nın çimlenme biyolojisi üzerinde araştırmalar. Bitki Koruma Bülteni, 59(4) 3–10.
- Patané C., Gresta F. (2006). Germination of *Astragalus hamosus* and *Medicago orbicularis* as affected by seed-coat dormancy breaking techniques. Journal of Arid Environments, 67: 165–173.
- Salomão NA. (2002). Tropical seed species' responses to liquid nitrogen exposure. Braz. J. Plant Physiol., 14 2.
- Serim T., Sözeri S. (2011). Doğu hazerani [*Consolida orientalis* (Gay.) Schröd. (Ran.)] tohumlarının çimlenme biyolojisi üzerine araştırmalar. Türkiye IV. Bitki Koruma Kongresi (28-30 Haziran, Kahramanmaraş) 492.
- Şin, B., 2021. Amasya, Çorum, Tokat ve Yozgat illerinde buğday alanlarında bulunan yabancı hardal (*Sinapis arvensis* L.)'ın tribenuron-methyl'e karşı dayanıklılığının araştırılması. Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Bitki Koruma Ana Bilim Dalı, Doktora Tezi, Tokat.
- Şin, B., Kadioğlu, İ., 2021. A Study on Germination Biology of Wild Mustard (*Sinapis arvensis* L.), Turkish Journal of Agriculture - Food Science and Technology, 9(4): 728-732, 2021.
- Taşkesen M. (2007). Van ili'nde kan damlası (*Adonis aestivalis* L.)'nin fenolojik, morfolojik ve bazı çimlenme özelliklerinin belirlenmesi. Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Van
- Topuz M. (2007). Marmara Bölgesinde buğday tarlalarında bulunan *Sinapis arvensis* L. (yabancı hardal)'ın sulfonyllüre grubu herbisitlere karşı oluşturduğu dayanıklılık üzerinde araştırmalar. Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Doktora Tezi, İzmir.
- Tursun AÖ. (2020). *Salvia verticillata* L. (Dadırak)'nın tohum dormansisinin kırılmasında farklı uygulamaların etkileri. Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Tarım ve Doğa Dergisi 2 (Suppl 1), 30–37. <https://doi.org/10.18016/ksutarimdogavi.560605>
- Uludağ A., Özer Z. (1999). Farklı sıcaklıklarda bazı mekanik işlem ve kimyasal madde uygulamalarının boynuz otu (*Cerastium dichotomum* L.), boynuzlu yoğurt otu (*Galium tricorutum* Dandy), çoban tarağı (*Scandix pecten-veneris* L.) ve yapışkan otu (*Asperula arvensis* L.)'nin çimlenmelerine etkisi. Türkiye Herboloji Dergisi 2 (1) 6-16.
- Uygur FN. (1985). Untersuchungen zu art und bedeutung der verunkrautung in der Çukurova unterbesonderer berücksichtigung von *Cynodon dactylon* (L.) Pers. und *Sorghum halepense* (L.) Pers. PLITS 1985/3 (5) 169 p., Stuttgart.
- Üremiş İ., Uygur FN. (1999). Çukurova bölgesindeki önemli bazı yabancı ot tohumlarının minimum, optimum ve maksimum çimlenme sıcaklıkları. Türkiye Herb. Derg. (2 (2): 1-12.
- Üremiş İ., Uygur FN. (2007). Toprağın farklı derinliklerine gömülü bazı yabancı ot tohumlarının 10 yıl sonraki canlılık oranları. Türkiye II. Bitki Koruma Kongresi 27-29 Ağustos 2007, Isparta, 162.
- Wiesner LE., Laufmann JE., Stanwood PC. (1994). The effect of liquid nitrogen on alfalfa seed viability, emergence, and broken cotyledons. Seed Technology Journal 18 (1) 1-6.
- WSSA (2021). Weed-Science-Definitions, <http://wssa.net/wp-content/uploads/WSSA-Weed-Science-Definitions.pdf> (Son erişim; 12.08.2021).
- Yazlık A. (2015). Kanyaş [*Sorghum halepense* (L.) Pers.]'ın Marmara Bölgesindeki yaygınlığı, yoğunluğu, biyolojisi ve alternatif mücadele olanaklarının belirlenmesi. Mustafa Kemal Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, Hatay.

- Yazlık A., Üremiş İ. (2015). Kanyaş [*Sorghum halepense* (L.) Pers.]'in tohum ve rizom biyolojisine yönelik çalışmalar. Derim, 32:(1):11-30.
- Zimdahl R.L. (2018). Fundamentals of Weed Science, 5th Edition, Academic Press, UK. 758p.

©Türkiye Herboloji Derneği, 2021

Geliş Tarihi/ Received:August/, 2021
Kabul Tarihi/ Accepted: Ekim/October, 2021

To Cite : Ateş E. and Üremiş İ., (2021). Determination of The Effectiveness of Some Physical and Chemical Methods of DormancyBreaking against *Sinapis arvensis* L. (Wild Mustard) Seeds. Turk J Weed Sci, 24(2):91-107.

Alıntı İçin : Ateş E. ve Üremiş İ., (2021). Bazı Fiziksel ve Kimyasal Dormansi Kırma Yöntemlerinin *Sinapis arvensis* L. (Yabani Hardal) Tohumlarına Karşı Etkinliğinin Belirlenmesi . Turk J Weed Sci, 24(2):91-107.