



Alınış tarihi (Received): 18.06.2019
Kabul tarihi (Accepted): 29.12.2019

Güç Testleri ile Farklı Yıllara ait *Datura stramonium* L. Tohumlarının Canlılıklarının Belirlenmesi

Burcu Begüm, KENANOĞLU^{1,*}, Derya, ÖĞÜT YAVUZ², Ali Osman, LÖKÇÜ³

¹Uşak Üniversitesi, Ziraat ve Doğa Bilimleri Fakültesi, Bahçe Bitkileri Bölümü, Uşak, Türkiye

²Uşak Üniversitesi, Ziraat ve Doğa Bilimleri Fakültesi, Bitki Koruma Bölümü, Uşak, Türkiye

³Uşak Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü Tarım Bilimleri Anabilim dalı, Uşak, Türkiye

*Sorumlu yazar: burcu.kenanoglu@usak.edu.tr

ÖZET: Hızlandırılmış yaşlandırma testi birçok kültürü yapılan türün tohumlarında canlılığı belirlemek için kullanılan güç testlerinden biridir. Bu yöntemle tohumun su alımındaki fark, nemli bir ortama maruz kaldıklarında nem içeriğinde büyük bir değişikliğin meydana gelebilmesidir. Bu nedenle, tohumlarda hızlandırılmış yaşlandırma testi için tuz çözeltileri yerine su kullanımı gibi bazı alternatifler araştırılmıştır. Çalışma 2018 yılında Uşak Üniversitesi Ziraat ve Doğa Bilimleri Fakültesi Araştırma Laboratuvarı'nda (2006-2016) farklı yaşlardaki *Datura stramonium* L. türlerine ait 4 lot ile yürütülmüştür. Çalışmanın amacı, yabancı ot tohumlarının fizyolojik potansiyelini değerlendirmek için hızlandırılmış yaşlandırma testinin metodolojisini incelemek ve doymuş/doymamış NaCl çözeltilerinin tohumlardan su alımını kontrol etmenin alternatifi olarak kullanma olasılığını doğrulamaktır. Bu amaçla kullanılan testler; nem içeriği testi, çimlenme ve fide çıkış testleri (25 °C, 30 gün), hızlandırılmış yaşlandırma testi (kontrol/su), doymuş ve doymamış NaCl çözeltisi kullanılarak hızlandırılmış yaşlandırma (42 °C; 24, 48, 72 ve 96 saat) ve EC testleridir (24, 48 ve 72 saat). Tohum nem içeriği yaklaşık % 3-7 arasında bulunmuştur. Genel olarak, 2011 ve 2016 tohumları yaşlandırma testlerinde iyi sonuçlar vermiş olup, bu durum yaşayabilirlik performansının farklı şekillerde karşılaştırılmasına olanak sağlamıştır. Ancak, test süreleri arasında anlamlı bir fark gözlenmemiştir. Fide çıkış testinde ise 2016 tohumları sonuç vermiştir. Sebze tohumlarında uygulanan bu alternatif güç testlerinin yabancı ot tohumlarında da test edilebileceği gözlenmiştir.

Anahtar Kelimeler–*Datura stramonium* L., çimlenme kapasitesi, güç testleri, fide çıkışı, EC testi

Viability Determination of *Datura stramonium* L. Seeds of Different Years with Vigor Tests

ABSTRACT: Accelerated aging test is one of the vigor tests used to determine seed viability of many cultivated species. The difference in water intake of the seed by this method is that a large change in moisture content can occur when exposed to a humid environment. So some alternatives have been studied for the accelerated aging test with seeds, such as the use of water instead of salt solutions. The study was carried out with 4 lots belonging to *Datura stramonium* L. species of different ages (2006-2016) at Uşak University Faculty of Agriculture and Natural Sciences Research Laboratory in 2018. The objectives of research was, to study the methodology of the accelerated aging test to evaluate the physiological potential of this weed seeds, and to verify the possibility of the use of unsaturated and saturated solutions of NaCl as an alternative to control water uptake by seeds during testing. The tests are which we used for this aim; moisture content, germination and seedling emergence test (25 °C, 30 day), accelerated aging test, accelerated aging with the use of a non-saturated solution of NaCl, accelerated aging with the use of a saturated NaCl solution (42 °C for 24, 48, 72 and 96 h) and EC test (24, 48 and 72 h). Seed moisture content was about 3-7 %. In general, the seeds of 2011 and 2016 gave good results in the aging tests, which allowed the comparison of viability performance in different ways. However, there was no significant difference between tests hours. In the seedling emergence

test, the seeds of 2016 performed. It has been observed that these alternative vigor tests applied to vegetable seeds can also be tested in weed seeds.

Keywords–*Datura stramonium* L., germination capacity, vigor tests, seedling emergence, EC test

1. Giriş

Yabancı otlar su, besin elementleri ve ışıktan yararlanma açısından kültür bitkileri ile rekabet içerisindeyler. Ayrıca hastalık ve zararlılara konukçuluk yaparak enfeksiyon kaynağı olmaktadır. *Datura stramonium* L. Solanaceae familyasına ait olup tek yıllık, otsu tohumla çoğalan bir bitkidir. Gelişimi iyi olan bitkiler 30000 veya daha fazla tohum üretebilirken, daha zayıf büyüyen bitkiler 1300-1500 tohum verebilmektedir (Weaver ve Warwick, 1984). *D. stramonium* azotça zengin ve gevşek topraklarda gelişebilen azot göstergeci olan bir bitkidir. Bahçe ve tarla bitkileri ile yol kenarlarında sıkça rastlanan tek yıllık otsu bir bitki olan *D. stramonium* Haziran ve Ekim ayları arasında gelişim göstererek tohumla çoğalabilmektedir (Özer ve ark., 1999). *D. stramonium* Amerika orjinlidir ve birçok tropik, subtropikal ve hatta ılıman iklim bölgelerinde görülmektedir. *D. stramonium* ve *Datura metel* L., dünya çapında büyük ölçüde benzer tıbbi kullanımlara sahiptir. Tohum yaklaşık % 17 oranında yağ içerir. Tohumlar hemen hemen D şeklinde ve düz, koyu kahverengi-siyah renktir. İnce yapraklı kotiledonlara sahip olup, epigeal formda çimlenerek olgunlaştığında tepe kısmında ayrılarak çok sayıda tohum içerir. *D. stramonium*, genel olarak doğrudan tarlaya veya fideliğe ekilen tohumlardan elde edilir. Optimum çimlenme sıcaklığı 25-30°C arasındadır. Çok uzun bir süre olmamasına rağmen en az birkaç ay dormansi gösterebilmektedir.

Tarımda tohum esas ve temel unsur olup, yeni bitki oluşturabilecek potansiyele sahip olup, çimlenmenin başlaması ve devam etmesi, farklı tür tohumlarına göre değişmekle birlikte önemli çevre faktörleri (su, sıcaklık, oksijen ve ışık) optimum seviyede olmalıdır (Karakurt ve ark., 2010). Bitki yaşamının en önemli aşamalarından olan çimlenme potansiyeli; sıcaklık, ışık, besin, nem, patojenlerden arı olma durumu, tohum kalitesi ve dormansi varlığına bağlıdır (Otsamo ve ark., 1996). Çimlenme süresini düzenleyen en önemli faktörlerden birisi sıcaklıktır. Sıcaklığın, yabancı ot tohumlarının çimlenmesinde önemli bir rol oynadığı sonucuna varılabilir, çünkü dormansi gibi durumlarda çimlenmenin mümkün olduğu sıcaklık aralığı bellidir ve çimlenme sürecinde, hem çimlenme oranını hem de yüzdesini etkileyen çevresel faktörlerden biridir. *Taraxacum officinale*'nin tohumları ile yapılan bir çalışmada 5-35 °C'de çimlenme görülürken (Washitani, 1984), yüksek sıcaklıkta çimlenme oranının düştüğü belirtilmiştir (Martinkova ve Honek, 1997). Collins (2000) ise yaptığı çalışmada; 15 °C/5 °C 9 saat aydınlık, 25 °C/10 °C 14 saat aydınlık, 35 °C/20 °C 15 saat aydınlık, 25 °C/10 °C 24 saat karanlık gibi değişken sıcaklık uygulamaları ile tohumların % 85-94 çimlendiği belirlenmiştir. Ancak tamamen karanlık koşullarda çimlenme oranı azalmıştır. Yaş tohumlardaki maksimum çimlenme oranı alternatif değişken sıcaklıklarda 20 °C'de 16 saat ve 10 °C'de 8 saat sonunda elde edilirken, 30 gün depolanan tohumlarda ise en iyi çimlenme 20 °C/15 °C de belirlenmiştir (Mezynski ve Cole, 1974). Karanlık ortamda 15 °C'de sabit sıcaklıkta % 4 oranında çimlenirken, değişen ışık ve karanlık ortamda 15 °C'de % 16 oranında çimlenmişlerdir (Maguire ve Overland, 1959). Benzer yönde yapılan çalışmalar, tohum çimlenmesinin karanlık ortamda aydınlık ortamdaki daha fazla uniform, hızlı ve fazla olduğunu tespit etmişlerdir (Letchamo ve Gosselin, 1996). Tohumların 24 saat süresince su ile muamele (hidropriming) edilmesi sonucu çimlenme teşvik edilerek, yaklaşık 2 hafta sonra çimlenme başlar ve bir ay boyunca devam eder (Mairura, 2014). Tohum çimlenmesi periyodikliğinin ve türlerin dağılımının belirlenmesinde sıcaklık önemli bir rol oynar (Guan ve ark., 2009). Düşük sıcaklıkta

çimlenme oranı düşük olup dormansi ile doğrudan ilişkili olabilir. Çimlenme ve fide çıkışı, bitkilerin yaşam döngüsündeki en önemli iki aşama olup, besin ve su kaynaklarının verimli kullanımını sağlamaktadır (Gan ve ark., 1996; Forcella ve ark., 2000). Çimlenme oranı genellikle belli bir aralık dahilinde görülen sabit sıcaklık ile doğrusal olarak artarken, daha yüksek sıcaklıklarda keskin bir şekilde azalma gösterebilmektedir (Alvarado ve ark., 2002). Yabancı ot türüne bağlı olarak, tohumların belli bir nem seviyesine kadar kurutulması çimlenmeyi arttırabilir (Karssen ve ark., 1988) ya da çimlenme etkilenmezken, *Chenopodium album*, *Sisymbrium officinale*, *Spergula arvensis* ve *Polygonum lapathifolium* gibi türlerin tohumlarının çimlenmesinin uyarıldığı ifade edilmiştir. Bu stimülasyon, *C. album*, *S. officinale* ve *S. arvensis* için tohum nem içeriği ile orantılı bulunurken, tohumun geniş aralıklı (yavaş kurutma) kuruma düzeyi, *S. officinale* ve *S. arvensis*'in çimlenmesini, *C. album* tohumlarının çimlenmesinden daha fazla uyarmıştır. Türler arasındaki bu fark, tohumdaki depo maddelerinin bileşimi, embriyonun nispi büyüklüğü ve türler arasında farklılık gösteren diğer tohum özelliklerinden kaynaklanmaktadır (Bouwmeester, 1990). Tohum gücünü değerlendirmek için kullanılan testler, benzer çimlenme oranına sahip partilerin fizyolojik potansiyeldeki temel farklılıkların ortaya konulmasında kullanılmaktadır (AOSA, 2002; Vieira ve ark., 1999). Bu kapsamda en çok çalışılan testler; hücre zar bütünlüğünün kaybı (EC), solunum ve biyosentez işlemlerinin azaltılması gibi tohum bozulma süreci ile ilişkilidir (Tokushisa ve ark., 2009). Elektriksel iletkenlik (EC) testi, ilk olarak soya fasulyesinde tohum gücünü değerlendirmek için kullanılmıştır (Colete ve ark., 2004; Panobianco ve ark., 2007). Su içeriği, tohum hücresel membranlarının fonksiyonel seviyesi ve ıslatma solüsyonundaki sızıntıların miktarı arasındaki ilişki, EC testinin teorik temelidir. Böylece, çimlenme sürecinin başlangıcında ortaya çıkan hücre zarının geçirgenlik hızı arttıkça, ıslatma solüsyonuna salınan sızıntıların miktarı o kadar yüksek olur ve bu da düşük tohum canlılığının göstergesidir (Carvalho ve ark., 2009). Tohum büyüklüğü, sıcaklık, emilim süresi, başlangıçtaki tohum su içeriği ve depolama sıcaklığı gibi çeşitli faktörler EC test sonuçlarını etkilemektedir (Loeffler ve ark., 1988; Panobianco ve ark., 1996; Tao, 1978; Vieira ve ark., 2001; Vieira ve ark., 2002; Panobianco ve ark., 2007). Hızlı yaşlandırma testi, birçok kültürü yapılan türün tohumlarının canlılığı için bilinen en iyi yöntemlerden biridir. Bu test, yüksek derecede tutarlılık ile tohum hakkında bilgi sağlayabilmekte (Rodo ve ark., 2000; Rodo ve ark., 2003) ve tohumlar farklı sürelerde % 100 civarında nispi neme ve yüksek sıcaklığa maruz bırakıldıktan sonra çimlenme testinin sonucu karşılaştırılmalı olarak değerlendirilebilmektedir (Torres, 2005). Düşük canlılığa sahip birçok tohumda, yaşlanma gibi stres koşullarına maruz bırakılması canlılıkta büyük bir düşüşe sebep olmaktadır (Marcos-Filho ve ark., 1999). Bu nedenle bu tohum lotlarının fizyolojik potansiyel farklılıklarının belirlenmesi mümkündür (Panobianco ve ark., 2001). Hızlı yaşlandırma testinde dikkate alınması gereken en önemli unsur, tohumların su alımındaki farklılıklar olup, nemli bir ortama maruz kalındığında nem içeriğinde etkili bir değişiklik meydana gelebilmesidir. Küçük boyutlu tohumlara sahip türlerle yapılan bazı çalışmalar, yaşlanmadan sonra numunelerin nem içeriğini etkileyen değişimlere bağlı olarak tutarsız sonuçların ortaya çıkabileceği belirtilmiştir (Ramos ve ark., 2004). Bu nedenle özellikle küçük tohumlu türler için tuz çözeltisi yerine su kullanımı gibi hızlı yaşlandırma testinin yapılması için bazı alternatif yöntemler üzerinde çalışılmıştır. Kullanılan çözeltiliye bağlı olarak, spesifik bağlı nem seviyeleri ile su alım oranındaki azalma tohumların bozulma hızı ve sıklığına sebep olmaktadır (Jianhua ve ark., 1996). Tohum yaşlanma hızı, tohum depolamanın temel problemi olup enzim aktivitesindeki değişiklikler ve fide büyümesinin baskılanması ile tohumda bozulma süreci belirlenmektedir. Tohum bozulması, olumsuz çevresel faktörlerinin etkisi nedeniyle kalite ve canlılık kaybı olarak da tanımlanabilir. Yaşlanma nedeniyle tohumun kalite ve canlılık özellikleri uzun depolama koşulları süresince azalmakta böylece çimlenme ve çıkış

performansında düşüşler yaşanmaktadır (Soltani ve ark., 2008). Maksimum çimlenme yüzdesi hasattan hemen sonra belirlenirken, depolama süresi ile bu oranda azalma görülmektedir. Yaşlanma, özellikle sebzelerde bitki verim kayıpları bakımından temel faktörlerden biridir. Tohum yaşlanması, çimlenme, çıkışta ve gelişimde gecikme ayrıca çevresel streslere duyarlılığın artması gibi bazı parametreler ile doğrudan ilişkilidir (Walters, 1998). Çalışmada, yabancı ot tohumlarının fizyolojik potansiyelini değerlendirmek amacıyla hızlı yaşlandırma testinin etkisini ve test sırasında tohumların kontrollü su alımına alternatif olarak doymamış ve doymuş NaCl çözeltilerinin kullanılma olasılığının ortaya konulması amaçlanmıştır.

2. Materyal ve Yöntem

Çalışmada Manisa bağ alanlarından 2016, Aydın ili domates alanlarından 2006, mısır alanlarından 2011 ve pamuk alanlarından 2012 yılında toplanmış olan *Datura stramonium* L. tohumları kullanılmıştır. Laboratuvar koşullarında 2018 yılında yürütülmüştür. Söz konusu tohumlar cam kavanozlar içerisinde, ışık görmeyecek şekilde oda koşullarında (20-24 °C) kuru bir ortamda muhafaza edilmiştir.

a. Nem Tayini:

Her partinin tohum nemi (ISTA, 1993) kurallarına göre belirlenmiş, 1g'lık 2 tekerrürlü tohum örnekleri 105 °C 'de 17 saat (fırın metodu) bekletilmiştir. Elde edilen başlangıç ve son ağırlıkları aşağıdaki formül ile hesaplanarak, başlangıç nem miktarları (%) saptanmıştır.

Nem miktarı (%) = (BTA-STA) / BTA) x100

BTA: Başlangıç tohum ağırlığı

STA: Son tohum ağırlığı

b.Çimlendirme ve Çıkış Testleri:

laboratuvar koşullarında iklim kabininde 25 °C sıcaklıkta 3 tekerrürlü olarak ve her tekerrürde 20 tohum olacak şekilde toplam 60 tohumla (kontrol (yaşlandırma uygulanmamış) ve yaşlandırma testlerine tabi tutulan tohumlar) yürütülmüştür. Çimlendirme testi 9 cm çapındaki petri kaplarında, Whatman No.1 filtre kağıdı kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Her petriye 6 ml saf su verilmiştir. Fide çıkış testinde ise, plastik 45'lik viyollerde torf ortamına, her göze 4 adet tohum ile kendi boyutunun iki katı derinlik olacak şekilde ekilmiştir. Kökçüğün 2 mm'lik çıkışı çimlenme olarak kabul edilmiş ve çimlenen tohumlarda toplam çimlenme ve çıkış oranı (%) 30 gün süre ile kaydedilmiştir (ISTA, 1996). Günlük sayımlar yapılarak gerekli durumlarda her petri ve viyole eşit miktarda sulama yapılmıştır.

c. Hızlı Yaşlandırma Güç Testleri:

Geleneksel hızlı yaşlandırma: Stres testlerinden biri olan hızlı yaşlandırma testi tohumları yüksek sıcaklık (40-45 °C) ve oransal nemde (% 100), belirli bir süre bekleterek, canlılıklarını karşılaştırmak amacıyla yürütülmektedir (Delouche ve Baskin 1973). Çalışmada 2006, 2011, 2012, 2016 yıllarına ait tohumlar (3*20 tekrar/tohum) yaşlandırma kutuları içerisindeki elekler üzerine yerleştirilerek, 45 °C de 24, 48, 72, 96 saat süre bekletilmiştir.



Resim 1. Hızlı yaşlandırma test düzeneği
Figure 1. Rapid aging test assembly

Doymamış NaCl çözeltisinin kullanımı ile hızlı yaşlandırma; geleneksel hızlı (su ile) yaşlandırmaya benzer bir şekilde gerçekleştirilmiştir. Ancak saf su yerine 40 mL doymamış tuz çözeltisi (100 mL su içinde çözülmüş 11 g NaCl) yaşlandırma kutularına ilave edilerek, yaklaşık % 94 nispi nem ortamı oluşturulmuştur (Jianhua ve ark., 1996; Salisbury ve ark., 1992; Costa ve ark., 2008).

Doymuş NaCl çözeltisi kullanılarak uygulanan hızlı yaşlandırma; geleneksel hızlı yaşlandırma testinden farklı olarak, yaşlandırma kutularına 40 ml doymuş NaCl çözeltisi (100 ml su içinde çözülmüş 40 g NaCl), yaklaşık % 76 nispi neme sahip bir ortam oluşturulmuştur (Jianhua ve ark., 1996; Marcos-Filho 2015b).

Yapılan her üç uygulamanın ardından 25 °C'de 15 gün boyunca petri çimlendirme testine tabi tutulmuştur.

d. Elektriksel İletkenlik Testi (EC)

Tohum gücü kaybı ile ortaya çıkan biyokimyasal değişimler içerisinde, membran tahribatı (Matthews, 1980), enerji kaybı, ATP ve ADP' de yetersizlik, solunumda yavaşlama (Venter, 2000) en temel olgular olarak ifade edilmektedir. Elektriksel iletkenlik (kondaktivite) testi; membran yapısını, sağlamlığını, hücre zarından ortama sızan maddelerin ölçülmesini ortaya koyan, depolama ömrü ve çıkış ile ilişkilendirilen bir testtir (Matthews, 1980). Bu kapsamda farklı yıllara ait olan *D. stramonium* tohumlarının membran geçirgenliği ile çimlenme gücü arasındaki ilişkiyi belirlemek amacıyla, 20 °C'de 24, 48 ve 72 saatlik sürelerde 4 tekerrürlü olarak ve her tekerrürde 20 tohum olacak şekilde EC metrede ölçüm yapılmıştır ($\mu\text{S}/\text{cm}$).

e. Ortalama Çimlenme Zamanı (OÇZ)

-Ortalama çimlenme zamanı hesaplanması:

$$\text{OÇZ} = \frac{\sum n \cdot D}{\sum n}$$

Formülde;

OÇZ: Ortalama çimlenme zamanı

n: D. günde çimlenen tohum sayısı

D: Çimlenme başlangıcından itibaren geçen günü ifade etmektedir.

3. Bulgular ve Tartışma

Fide çıkış oranının yüksek olması ve tarlada istenen yoğunluğa ulaşılması, çimlenme süresince homojen olmayan çıkışın minimize edilebilmesi gibi konular tohum üreticisi için avantajdır (Ghasemi-Golezani ve ark., 1996). Yüksek sıcaklık, ortam bağıl ve tohum nem içeriği tohum depolama kapasitesini etkileyen başlıca faktörlerdendir (Abdul-Baki, 1980).

Hızlı yaşlandırma tekniğinin tohum kalitesini test etmek için yaygın olarak kullanılan bir araç olduğu belirtilmiştir (Pandey ve ark., 1990). Tohum yaşlandırma testi, sebze tohumları için olası çimlenme ve büyüme testlerinden daha iyi tarla belirteci olarak gösterilebilir. Bazı çalışmalar, doğal veya yapay yaşlanmanın tohum kalitesi ve performansını farklı oranlarda düşürdüğünü göstermektedir. Tohumlar, yüksek sıcaklık ve bağıl neme maruz bırakılarak yapay olarak yaşlandırılabilir (Copeland ve ark., 1995). Tohum yaşlandırma sürecinde meydana gelen fizyolojik değişiklikler tohum kalitesini etkileyebilir ve bu durum yetersiz fide oluşumuna neden olabilir (Maiti ve ark., 1989). Çalışmada, canlılık ve güç testleri sonuçları ayrı ayrı ele alındığında; farklı yıllara (2006, 2011, 2012, 2016) ait *D. stramonium* tohumlarında nem seviyeleri % 3-7 arasında değişmiş olup, tohumların yaşlandıkça nem kaybettikleri belirlenmiştir (Çizelge 1). Sadece 2011 yılına ait tohumların ortalama çimlenme oranı % 6 oranında belirlenmiş ancak herhangi bir fide çıkışı sağlanmamıştır. 24, 48 ve 72 sa'lik sürelerde ölçülen EC değerleri 303.5-376.2 $\mu\text{S}/\text{cm}$ arasında değişiklik göstermiştir. Kültür sebze tohumlarında yapılan ve değerlendirilen EC ölçümü ile yabancı ot tohumlarında elde edilen ölçüm değerlendirme ters ilişkili bulunmuştur.

Çizelge 1. Farklı yıllara ait *D. stramonium* tohumlarının nem kapsamı (NK, %), ortalama çimlenme ve çıkış oranları (OÇO, %), ortalama çimlenme ve çıkış zamanı (OÇZ, gün), elektriksel kondaktivite testi ölçümleri (EC, $\mu\text{S}/\text{cm}$)

Table 1. The moisture content (MC, %), mean germination and emergence rates (MGR, MER %), mean germination and emergence time (MGT, MET, day), electrical conductivity test (EC, $\mu\text{S} / \text{cm}$) measurements of the seeds of *D. stramonium* belonging to different years.

Yıllar	NK (%) (MC)	OÇO (%) (petri) MGR	OÇZ (gün)	OÇO (%) (viyol) MER	OÇZ (gün)	EC ($\mu\text{S}/\text{cm}$)		
						24 sa	48 sa	72 sa
2006	2.9	0	-	0	-	229.3	316.2	353.1
2011	4.4	13.3	6.2	0	-	269.5	280.3	305.6
2012	5.9	16.7	3.3	0	-	327.5	348.2	398.7
2016	6.9	6.7	9.5	13.3	8	387.5	411.5	447.4

Çalışmada kullanılan 2006 yılına (kontrol/yaşlandırma yapılmamış) ait *D. stramonium* tohumlarında herhangi bir çimlenme ve çıkış belirlenmemiştir. Tohumun muhafaza süresince nemi ve ortam koşulu canlılığını yani çimlenme kabiliyetini önemli ölçüde etkilemektedir. Bununla beraber bu süreçte tohum nem kapsamının (% 3) ciddi oranda azaldığı, iki yıllık tohumların ise % 7 nem seviyesinde olduğu görülmüştür (Çizelge 1). Bu durum tohumun toplandığı yıl içerisindeki iklim ve çevre koşulu da dahil olmak üzere ana bitkinin olgunluk, yetiştirme periyodu ve yapılan tarımsal faaliyetler ile doğrudan ilişkilidir. 2012 yılında elde edilen canlılık oranları diğer yıllara nazaran daha yüksek bulunmuş ve daha erken çimlenme göstermiştir (3.3 gün). 2016 yılı tohumları petri ortamında daha düşük oranda çimlenirken, fide çıkış oranlarına bakıldığında, sadece bu yıla ait tohumlarda çıkış belirlenmiştir. Bu durumun, toprak koşullarında kabuk (sert kabukluluk) kaynaklı dormansinin tıpkı sıcak ve soğuk katlama ile tohumun testa ve su alımı üzerine yapılan etkisi ile benzer yorumlanabilmektedir. Genel olarak, bu sonuçlar tohumun toplandığı dönem, iklim koşulları, ana bitkinin beslenme ve rekabet durumu, tohumun hangi kademedeyen (dal ve çiçek pozisyonu) toplandığı gibi faktörlere bağlı olarak değişiklik gösterebileceği düşünülmektedir. Zaten bu sonucun canlılık ile ilgili olduğunun en önemli

göstergesi EC ölçüm değerleridir. Yaşlanma sırasında tohumlarda çeşitli biyokimyasal ve fizyolojik değişiklikler gözlemlenerek, bu durumun tohum kalitesinde sürekli bir düşüş ve sonuç olarak canlılık kaybına neden olduğu belirtilmiştir (Marcos-Filho ve McDonald, 1998). Ayrıca yaşlanmaya maruz kalan tohumlarda çimlenme kabiliyetinin azaldığı ve düzensiz çimlenmenin gerçekleştiği görülmektedir. Yaşlı tohumlardaki hücre zarlarının bozulması tohumlarda daha fazla su tutulumuna neden olabilir (Koostra ve Harrington, 1969). Şekerler, inorganik iyonlar ve amino asitlerin salınımı, solunum ve enzimatik aktiviteleri doğrudan etkileyerek makromoleküler sentezi azaltmaktadır (Bewley ve Black, 1994). Zayıf membran yapısı ve hücrelerde bozulma, düşük tohum gücü ile doğrudan ilişkilidir (Ram ve Weisner, 1988). Yaşlı tohum zarlarının, su emilim sırasında fonksiyonel özelliklerini yeniden kazanma kabiliyetlerinin daha az olduğu öne sürülmüştür (Simon, 1984). Birçok araştırmacı tohumların tarla performanslarını tahmin etmek için tohum gücü testlerinin önemini vurgulamıştır (Vieira ve ark., 1999; Hampton ve Coolbear, 1990). Çimlendirme testi, tohumlar elverişsiz tarla koşullarında ekildiği zaman tohum performansını tahmin etmek için tek başına yetersiz kalmaktadır (Vieira ve ark., 1999). Tohum canlılığı testleri daha güvenilir ve tohum kalitesinin hassas bir göstergesidir ve standart çimlenme testine göre tarla performansı daha iyi öngörülebilir (Hampton ve Coolbear, 1990). Örneğin; soğuk test, hızlı yaşlandırma testi, elektriksel iletkenlik testi ve tarla çıkışı ile laboratuvar testleri arasında iyi bir ilişki kurulabilmektedir (Burris ve Navratil, 1979; Happ ve ark., 1993; Steiner ve ark., 1989). Çalışmada uygulanan EC ölçümü ile ilerleyen saatlerde hücre akıntısının fazla olduğu belirlenirken, daha yeni tohumlarda (2016) EC değeri daha yüksek ölçülmüştür. Bununla birlikte bu % 6'lık çimlenme değeri yaklaşık 9 gün süresince elde edilmiştir. Oysaki 2011 yılı tohumları daha yaşlı olmasına rağmen % 13'lük çimlenme değerini 6 günde tamamlamıştır. Bu durum tohumun daha yeni olmasının çimlenme kalitesinin daha yüksek olacağı anlamına gelmeyeceği göstermektedir. Çünkü daha önce ifade edildiği gibi primer yada sekonder dormansinin aşılması için özellikle de yabancı türlerde belirli bir süreye ihtiyaç duyulmaktadır. Elde edilen sonuçlar EC ölçüm değerleri ile de ilişkili bulunmuş olup; örneğin EC değeri daha düşük olan 2011 yılı tohumu daha yüksek tohum canlılığı ve çimlenme kalitesine sahiptir (Çizelge 1). Bu duruma kültür bitkisi tohumlarına nazaran yabancı ot tohumlarındaki daha yüksek derecede görülen gerek primer gerekse sekonder dormansinin neden olabileceği düşünülmektedir. Elde ettiğimiz tohum canlılık sonuçları ile EC değerleri örtüşmektedir. Çünkü canlılığı yüksek olan tohumların hücre zar geçirgenliği düşük olduğundan EC değeri düşük çıkmıştır. Denemede kullanılan tüm yıllara ait tohumlarda sadece farklı hızlı yaşlandırma testleri yapılmış olup herhangi bir ön çimlendirme uygulamasına (priming) tabi tutulmamıştır. Çalışmamızda; 24, 48, 72 ve 96 saatlik geleneksel hızlı yaşlandırma testi sonucunda ilk çimlenme oranlarına göre 96. saate yaklaşık % 2 oranında yüksek çimlenme olmuştur (Çizelge 2). Aynı periyotlarda uygulanan doymuş NaCl çözeltisi ile hızlı yaşlandırma testi sonucunda 2011 ve 2016 yıllarına ait tohumlarda sonuç, ilk çimlenme oranlarına göre yaklaşık % 3-4 oranında yükselmiştir. Bu durum yüksek oransal nem ortamında yapılan güç testinin priming etkisi oluşturabileceğini göstermiştir.

Çizelge 2. Farklı yıllara ait *D. stramonium* tohumlarının hızlı yaşlandırma (geleneksel/su, HY), doymuş (DTÇHY) ve doymamış (DMTÇHY) NaCl çözeltisi ile hızlı yaşlandırma testi sonrası çimlenme oranları (%)

Table 2. Germination rates (%) of the seeds of *D. stramonium* belonging to different years after accelerated aging test (traditional / water, AA), accelerated aging test with saturated (SSSAA) and unsaturated (USSSAA) NaCl solution.

Uyg	Saat	2006	2011	2012	2016
HY(AA)	24	0	28.3	16.7	36.7
	48	0	11.7	21.7	25
	72	0	31.7	10	28.3
	96	0	9	5	15
DTÇHY (SSSAA)	24	0	6.7	10	13.3
	48	0	3.3	0	21.7
	72	0	18.3	15	18.3
	96	0	11.7	3.3	11.7
DMTÇHY (USSSAA)	24	0	5	0	23.3
	48	0	10	10	12.5
	72	0	5	5	12.5
	96	0	10	0	8.3

Hızlı yaşlandırma test sonuçları karşılaştırıldığında her birinden farklı sonuçlar alınmıştır. Ancak genel olarak tüm solüsyon ve sürelerde 2016 tohumları en yüksek canlılığı göstermiştir. Özellikle, doymuş ve doymamış NaCl çözeltisindeki testlerde 24 ve 48 saat yaşlandırmaya maruz kalan tohumlarda en yüksek canlılık belirlenmiştir. 2016 yılına ait kontrol tohumlarında bulunan çimlenme oranının, yaşlandırma testi için oluşturulan farklı oransal nemdeki ortamlar sayesinde arttığı, kökçük çıkışının da teşvik edildiği düşünülmektedir (Çizelge 2). Ancak DMTÇHY testinde 96. saatten sonra kontrol çimlenme oranında (% 6.7) azalma olabileceği düşünülmektedir. Genel olarak her üç yaşlandırma koşulunda ve tüm sürelerde tohum canlılığında istikrarlı bir şekilde azalma görülmemiştir. Bu değişkenlik 2006 yılı tohumları hariç tüm gruplarda özellikle 48 ve 72 saatlerde belirlenmiştir. Tohumun test amacı gereği yaşlanma sürecine girmeden nem alımının ilerleyen saatlerde kökçük çıkışını teşvik ederken yüksek sıcaklık etkisi ile de strese giren tohumlarda canlılıkta azalma görülmüştür. Bu durum tohum partilerindeki gerek olgunluk gerek tohum yapısı yada dormansi derecesine bağlı olarak düşünüldüğünde homojen bir yapı yada durum olmadığı için kaçınılmazdır. Örneğin Anason tohumlarında doymuş tuz çözeltisi ile yapılan hızlı yaşlandırma testinin kullanılması ile benzer sonuçlar elde edilerek tohumların su emiliminin yavaşlatılması, belirgin olarak daha az bozulmaya ve geleneksel metot ile strese sokulan tohumlardan elde edilenlerden daha iyi sonuçlar alınmasına neden olunmuştur (Torres, 2004). Bu yöntem, *Cynodon dactylon* (Silva ve ark., 2010) ve *Coriandrum sativum* (Radke ve ark., 2016) tohumlarında da kullanılmıştır. Doymuş tuzlu su çözeltisinin kullanılması, yaşlandırma kabı içindeki bağıl nemi, su kullanılmasına (% 100) göre daha düşük (% 76) tutarak, tohumların hidrasyonunun yavaş olmasını sağlamaktadır. Ayrıca, tohumlar tarafından su emilim hızı ve yoğunluğu hızlandırılmış yaşlandırma test sonucunu etkileyebilmektedir (Marcos-Filho, 2015a). Tohum nemi içeriği, NaCl doymuş çözeltisiyle hızlandırılmış yaşlandırmaya tabi tutulan altı farklı chia tohum partisinin hepsinde de benzer sonuç alınmıştır (Radke, 2018).

Çizelge 3. Farklı yıllara ait *D. stramonium* tohumlarının hızlı yaşlandırma (geleneksel/su, HY), doymuş (DTÇHY) ve doymamış (DMTÇHY) NaCl çözeltisi ile hızlı yaşlandırma testi sonrası ortalama çimlenme zamanları (gün)

Table 2. Mean germination times (day) of the seeds of D. stramonium belonging to different years after accelerated aging test (traditional / water, AA), accelerated aging test with saturated (SSSAA) and unsaturated (USSSAA) NaCl solution.

Uyg	Saat	2006	2011	2012	2016
HY(AA)	24	-	5.7	3.3	4.8
	48	-	8.1	7.2	7
	72	-	5.1	4.9	7.6
	96	-	7.3	7	7
DTÇHY (SSSAA)	24	-	6.7	12	6.2
	48	-	6	-	6.8
	72	-	8	7	7.8
	96	-	9.1	5	7.7
DMTÇHY (USSSAA)	24	-	6	-	9.3
	48	-	9	10	4.7
	72	-	11	7	5.7
	96	-	9	-	7.2

Çalışmada farklı süre ve yoğunlukta uygulanan geleneksel (HY) ve alternatif (DTÇHY, DMTÇHY) hızlı yaşlandırma yöntemleri ile *D. stramonium* tohumlarının çimlenme ve çıkış zamanları karşılaştırıldığında; alternatif yaşlandırma testi sonucunda bu süre uzamıştır. Özellikle 2016 yılı tohumlarında yaşlandırma test süresi uzadıkça çimlenme sürelerinin de uzadığı görülmüştür (Çizelge 3).

Hızlandırılmış yaşlanma testlerinin önemli bir yönü de, bir numunedeki her tohumun su alım oranındaki farklılıktır. Bu durum nemli bir atmosfere maruz kaldığında tohumun nem içeriğinde yüksek değişim aralığından gerçekleşebilir. Bu sorunu çözmek için suyun doymuş tuz çözeltileri ile değiştirilmesi gibi alternatif teknikler değerlendirilmiştir. Bu prosedürle KCl, NaCl ve NaBr çözeltileri kullanıldığında nispi hava nemi yaklaşık % 87, % 76 ve % 55 olmaktadır, böylece tohum nem alımı ve bozulma hızı azalmaktadır (Jianhua ve McDonald, 1996). Bu prosedürün etkinliği sadece küçük tohumlar için değil (Ramos ve ark., 2004; Torres, 2005; Barbosa ve ark., 2012) aynı zamanda daha büyük olanlar içinde değerlendirilmiştir (Marcos-Filho ve ark., 2009; Wrasse ve ark., 2009). Elde edilen sonuçlara göre; doymamış ve doymuş NaCl çözeltisi ile uygulanan hızlı yaşlandırma metodu sonucunda tohumların çimlenme oranları, gerek kontrol grubundan gerekse geleneksel hızlı yaşlandırma testi uygulanan tohumların sonuçlarından daha yüksek olarak kaydedilmiştir (Çizelge 2).

4. Sonuç

Tohum çimlenmesi ve ortaya çıkması, otların ekolojik bir niş için rekabet edebilecekleri bitki gelişim sürecindeki en kritik aşamalardan biridir (Forcella ve ark., 2000) ve bu duruma sıcaklık, tuz stresi, ışık, pH, tohum derinliği ve toprak nemi gibi çeşitli çevresel değişkenler aracılık etmektedir (Chauhan ve ark., 2006). Sıcaklık ve ışık; çimlenme, tür dağılımı ve ekolojik etkileşimi düzenleyen en önemli çevresel faktör olarak kabul edilir (Chauhan ve

Jhonson, 2008). Çimlenme, embriyo büyümesinin yeniden başlaması olarak tanımlanabilir ki embriyonun etrafındaki zarlardan çıkması için yeterlidir. Diğer bir ifade ile çimlenme, birçok biyolojik adımdan oluşan ve yüksek sıcaklığa bağlı olan karmaşık bir süreçtir (Camper, 1986). Su, oksijen, sıcaklık ve ışık gibi çimlenmeyi kontrol eden başlıca faktörler uygun olmadığı sürece çimlenme gerçekleşmemektedir (Bidwell, 1979). Sıcaklık, çimlenmeyi özellikle, birincil veya ikincil dormansiyi gidererek, ikincil dormansiyi tetikleyerek çimlenme kapasitesi ve oranını etkileyebilir (Bewley ve Black, 1994). *D. stramonium* tohumlarında çimlenme ile ilgili yapılan çalışmada; endosperm ve testanın embriyo üzerinde yaptığı baskı ile kökçük büyümesini kısıtlanmaktadır. Testanın mekanik olarak çıkarılması tek başına çimlenme kabiliyetini iyileştirmiştir. Ancak, testa ile endospermde çıkarılması çimlenmeyi teşvik ederken, testası çıkarılmış tohumların Gibberellic asit veya benzyladenin ile muamele görmesi daha etkili olmuştur (Brown, 1987). Doğal koşullar altında çimlenmeyi teşvik edici rolü embriyoların hormon seviyeleri belirlemektedir.

Tohumların su alımındaki farklılık hızlı yaşlandırma testinde dikkate alınması gereken önemli bir konudur. Oransal nemi yüksek olan ortamda nem içeriği ciddi değişim gösterebilmektedir. Çalışmada yer alan tohumlar gibi küçük boyutlu tohumlarda nem kontrolü oldukça zordur. Güç testlerinde bu gibi sıkıntılara alternatif olabilecek bazı güncellemeler mevcuttur. Doymuş ve doymamış tuz çözeltilerini, su yerine kullanılarak (çözeltiye bağlı olarak), bağıl nem seviyeleri sayesinde su alım oranı daha yavaş ve kontrollü olmaktadır. Çalışmada yer alan tohumda çok belirgin (tohum yaşına ve dormansi derecesine bağlı olarak) sonuçlar görülmesi de geleneksel hızlı yaşlandırmaya göre fark elde edilmiştir. Yüksek veya düşük sıcaklık koşullarındaki tohumlar metabolik değişikliklere uğrayabilir ki bunlar çimlenme işleminden sorumlu olan enzimatik aktiviteyi etkilemektedir (Mertz ve ark., 2009). Kapalı ortamda yüksek sıcaklık ve nem ile radikül çıkışı priming (ön çimlendirme) etkisinde olduğu gibi teşvik edilmiştir. Özellikle yabancı tohumları ile güç testleri arasındaki ilişkinin daha net ve her açıdan değerlendirmeye açık bir şekilde yorumlanabilmesi için daha fazla çalışmaya ihtiyaç duyulmaktadır. Yapılan bu çalışma ve sonuçları ile bu alandaki açığa katkı sağlayabileceği düşünülmektedir.

5. Kaynaklar

- Abdul-Baki, A.A. 1980. Biochemical aspects of seed vigor. HortScience, 15, 765-771.
- Alvarado, V., Bradford, K.J.A. 2002. Hydrothermal time model explains the cardinal temperatures for seed germination. Plant Cell. Environ., v. 25, n. 8, p. 1061-1069.
- Association of Official Seed Analysts [AOSA] 2002. Seed Vigor Testing Handbook. AOSA, Lincoln, NE, USA.
- Barbosa, R.M.; Costa, D.S.; Sá, M.E. 2012. Envelhecimento acelerado em sementes de alface. Ciência Rural, v.41, n.11, p.1899-1902. [http:// dx.doi.org/10.1590/S0103-84782011005000138](http://dx.doi.org/10.1590/S0103-84782011005000138)
- Bewley, J.D., Black, A.M. 1994. Seeds-physiology of development and germination. New York, Plenum Press, 445.
- Bidwell, R.G.S. 1979. Plant physiology. 2ed. Edition. MacMillan Publishing Co., New York.
- Bouwmeester, H.J. 1990. The effect of environmental conditions on the seasonal dormancy pattern and germination of weed seeds. PhD thesis. Wageningen University, Wageningen.
- Brown, N.A.C., Bridglall, S.S. 1987. Preliminary studies of seed dormancy in *Datura stramonium*. S. Afr. J. Bot., 53(1).
- Burris, J.S., Navratil, R.J. 1979. Relationship between laboratory cold test methods and field emergence in maize inbreds. Agronomy Journal, 71, 985-988.
- Camper, N.D. 1986. Research methods in weed science. Southern Weed Science Society. 2nd edn. Plenum Press. New York.
- Carvalho, L.F., Sediya, C.S., Reis M.S., Dias, D.C.F.S., Moreira, M.A. 2009. Influence of soaking temperature of soybean seeds in the electrical conductivity test to evaluate physiological quality. Revista Brasileira de Sementes, 31, 9-17 (in Portuguese, with abstract in English).

- Chauhan, B.S., Gill, G., Preston, C. 2006. Factors affecting seed germination of threehorn bedstraw (*Galium tricornutum*) in Australia. *Weed Sci.*, v. 54, n. 3, p. 471-477.
- Chauhan, B.S., Jonhson, D.E. 2008. Germination ecology of two troublesome asteraceae species of rainfed rice: siam weed (*Chromolaena odorata*) and coat buttons (*Tridax procumbens*). *Weed Sci.*, v. 56, n. 4, p. 567-573.
- Colete, J.C.F., Vieira, R.D., Dutra, A.S. 2004. Electrical conductivity and soybean seedling emergence. *Scientia Agricola*, 61, 386- 391.
- Collins L.L., 2000. The effects of date of seed maturation and seed size on seed germination and seedling emergence of the dandelion, *Taraxacum officinale* Weber. MSc Thesis. London, ON, Canada: University of Western Ontario.
- Copeland, L.O., McDonald, M.B. 1995. Principles of Seed Science and Technology, 3rd ed.. Champan and Hall, United States of America, New York, 181-220.
- Costa, C.J., Trzeciak, M.B., Villela, F.A. 2008. Potencial fisiológico de sementes de brássicas com ênfase no teste de envelhecimento acelerado. *Horticultura Brasileira*, v.26, n.2, p.144- 148. <http://www.scielo.br/pdf/hb/v26n2/03.pdf>
- Delouche, J.C., Baskin, C.C. 1973. Accelerated aging techniques for predicting relative storability of seed lots. *Seed Science and Technology*, 1, 427-452.
- Forcella, F., Arnold, R.L.B., Sanchez, R., Ghersab, C.M. 2000. Modeling seedling emergence. *Field Crop Res.*, v. 67, n. 1, p. 123-139.
- Gan, Y., Stobbe, E.H., Njue, C. 1996. Evaluation of select nonlinear regression models in quantifying seedling emergence rate of spring wheat. *Crop Sci.*, v. 36, n. 1, p. 165-168.
- Ghasemi-Golezani, K., Salehian, H., Rahimzade-Khoei, F., Moghadam, M. 1996. The effect of seed vigor on seedling emergence and yield of wheat. *Natural Resources and Agricultural Sciences*, 3, 58-48.
- Guan, B., Zhou, D., Zhang, H., Tian, Y., Japhet, W., Wang, P. 2009. Germination responses of *Medicago ruthenica* seeds to salinity, alkalinity, and temperature. *J. Arid Environ.*, v. 73, n. 1, p. 135-138.
- Hampton, J.G., Coolbear, P. 1990. Potential versus actual seed performance- can vigor testing provide an answer? *Seed Science and Technology*, 18, 215-228.
- Happ, K., McDonald, M.B., Danneberger, T.K. 1993. Vigor testing in perennial ryegrass (*Lolium perenne* L.) seeds. *Seed Science and Technology*, 21, 375-381.
- ISTA 1993. International rules for seed testing. *Seed Science ve Technology 21: Supplement, Rules*.
- ISTA 1996. International Rules for Seed Testing. International. Seed Testing Association, Bassersdorf, Switzerland.
- Jianhua, Z., McDonald, M.B. 1996. The saturated salt accelerated aging test for small-seeded crops. *Seed Sci. Technol.*, 25, 123-131.
- Karakurt, H., Aslantaş, R., Eşitken, A. 2010. Tohum Çimlenmesi ve Bitki Büyümesi Üzerinde Etkili Olan Çevresel Faktörler ve Bazı ön Uygulamalar. *Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 24(2), 115-128.
- Karsen, C.M., Derkx & B.J. Pos, t M.P.M. 1988. Study of seasonal variation in dormancy of *Spergularvensis* L. seeds in a condensed annual temperature cycle. *Weed Research* 28: 449-457.
- Koostra, P.T., Harrington, J.F. 1969. Biochemical effects of age on membrane of *Cucumis sativus* L. seeds. *Proceedings of the International Seed Testing Association*, 34, 329-340.
- Letchamo, W., Gosselin, A. 1996. Light, Temperature and Duration of Storage Govern the Germination and Emergence of *Taraxacum officinale* Seed. *J. Hort. Sci.*, 71:373-377.
- Loeffler, T.M., TeKrony, D.M., Egli, D.B. 1988. The bulk conductivity test as an indicator of soybean seed quality. *Journal of Seed Technology*, 12, 37-53.
- Maguire, J.D., Overland, A. 1959. Laboratory Germination of Seeds of Weedy and Native Plants. Washington Agric. Exp. Sta. Circ., 349.15 pp.
- Mairura, F. 2014. *Datura stramonium* L. Protologue Sp. pl. 1: 179 (1753).
- Marcos-Filho, J., McDonald, M.B. 1998. Sensitivity of RAPD analysis, germination and vigor tests to detect the intensity of deterioration of naturally and artificially aged soybean seeds. *Seed Science and Technology*, 26, 141-157.
- Marcos-Filho, J. 1999. Testes de vigor: importância e utilização. In: Krzyzanowski, F.C.; Vieira, R.D.; França-Neto, J.B. (Ed.). *Vigor de sementes: conceitos e testes*. Londrina: Abrates, cap.3, p.1-24.
- Marcos-Filho, J., Kikuti, A.L., Lima, L.B. 2009. Métodos para avaliação do vigor de sementes de soja, incluindo a análise computadorizada de imagens. *Revista Brasileira de Sementes*, v.31, n.1, p.102-112. [http:// dx.doi.org/10.1590/S0101-31222009000100012](http://dx.doi.org/10.1590/S0101-31222009000100012)
- Marcos-Filho, J. 2015a. Seed vigor testing: an overview of the past, present and future perspective. *Scientia Agricola*, v.72, n.4, p.363-374.
- Marcos-Filho, J. 2015b. Avaliação do potencial fisiológico de sementes. In: Marcos-Filho, J. *Fisiologia de sementes de plantas cultivadas*. 2 ed. Londrina, PR: Abrates., p.615-659.

- Martinkova, Z., Honek, A. 1997. Germination and Seed Viability in a Dandelion, *Taraxacum officinale* Agg. Ochr. Rostl., 33:125-133.
- Maiti, R.K., De J. Carrillo Gutierrez, M. 1989. Effect of planting depth on seedling emergence and vigor in sorghum (*Sorghum bicolor* L. Moench). Seed Science and Technology, 17, 83-90.
- Matthews, S. 1980. Controlled deterioration test: a new vigor test for crop seeds. In Seed Production ed PD Hebblethwaite. Butterworths, London. Pp 647-660.
- Mertz, L.C., Henning, F.A., Soares, R.C., Baldiga, R.F., Peske, F., Moraes, D.M. 2009. Alterações fisiológicas em sementes de arroz expostas ao frio na fase de germinação. Revista Brasileira de Sementes, v.31, n.2, p.254-262.
- Mezynski, P.R., Cole, D.F. 1974. Germination of Dandelion Seed on a Thermogradient Plate. Weed Sci., 22:506-507.
- Otsamo, R., Adjers, G., Kuusipalo, J., Otsamo, A., Susilo, N., Tuomela, K. 1996. Effect of Nursey Practices on Seed Germination of Selected Dipterocarp Species. J. Trop. For. Sci., 9(1):23-24.
- Özer, Z., Önen, H., Tursun, N., Uygur, F.N. 1999. Türkiye'nin bazı önemli yabancı otları. Gazi Osmanpaşa Üniversitesi Ziraat Fakültesi yayınları, no:38.
- Pandey, P.K., Goyal, R.D., Parakash, V., Katiyar, R.P., Singh, C.B. 1990. Association between laboratory vigor tests and field emergence in cucurbits. Seed Sci Res, 18, 40-43.
- Panobianco, M., Vieira, R.D. 1996. Electrical conductivity of soybean soaked seeds. I. Effect of genotype. Pesquisa Agropecuária Brasileira, 31, 621-627.
- Panobianco, M., Filho, J.M. 2001. Accelerated aging and controlled deterioration of tomato seeds. Sci. Agric., 58, 525-531.
- Panobianco, M., Vieira, R.D., Percin, D. 2007. Electrical conductivity as an indicator of pea seed aging of stored at different temperatures. Scientia Agricola, 64, 119-124.
- Radke, A.K.; Reis, B.B.; Gewehr, E.; Almeida, A.S.; Tunes, L.M.; Villela, F.A. 2016. Alternativas metodológicas do teste de envelhecimento acelerado em sementes de coentro. Ciência Rural, v.46, n.1, p.95-99,
- Radke, A.K., Xavier, M.F., Eberhardt, P.E.R., Villela, A.F., Meneghello, G.E. 2018. Methodological adjustment of the accelerated aging test to evaluate the vigor of chia seeds. Journal of Seed Science 40(2):173-178.
- Ram, C., Weisner, L.E. 1988. Effect of artificial aging on physiological and biochemical parameters of seed quality in wheat. Seed Science and Technology, 16, 579-587.
- Ramos, N.P., Flor, E.P.O., Mendonça, E.A.F., Minami, K. 2004. Envelhecimento acelerado em sementes de rúcula (*Eruca sativa* L.). Revista Brasileira de Sementes, v.26, n.1, p.98-103. <http://dx.doi.org/10.1590/S0101-31222004000100015>
- Rodo, A.B., Panobianco, M., Marcos Filho, J. 2000. Alternative methodology for the accelerated aging test for carrot seeds. Sci. Agric., 57, 289-292.
- Rodo, A.B., Marcos-Filho, J. 2003. Onion seed vigor in relation to plant growth and yield. Hortic. Bras., 21, 220-226.
- Tao, K.L.J. 1978. Factors causing variations in the conductivity test for soybean. Journal of Seed Technology, 3, 10-18.
- Tokushisa, D., Sediya, C.A.Z., Hilst, P.C., Dias, D.C.F.S. 2009. Electrical conductivity test for physiological quality evaluation of papaya seeds (*Carica papaya* L.). Revista Brasileira de Sementes, 31, 137-145 (in Portuguese, with abstract in English).
- Torres, S.B. 2004. Accelerated aging test on anise seeds. Braz. J. Seeds, 26, 20-24.
- Torres, S.B. 2005. Envelhecimento acelerado em sementes de pepino com e sem solução salina saturada. Horticultura Brasileira, v.23, n.2, p.303-306.
- Salisbury, F.B., Ross, C.W. 1992. Plant physiology. 4th ed.. Wadsworth Inc., Belmont, CA.
- Silva, C. B.; Pivetta, K. F. L.; Oliveira, C. A. V. M.; Rodrigues, M. A.; Vieira, R. D. 2010. Teste de envelhecimento acelerado para avaliação do potencial fisiológico de sementes de grama-bermuda. Revista Brasileira de Sementes, v.32, n.2, p.102- 107,
- Simon, E.W. 1984. Early events in germination, In: Seed Physiology (ed. D. R. Murray), Germination and Reserve Mobilization. Academic Press, Florida, 2, 77-
- Soltani, E., Galeshi, S., Kamkar, B., Akramghaderi, F. 2008. Modeling Seed Aging Effects on the Response of Germination to Temperature in Wheat. Seed Science and Biotechnology, (1), 32-36.
- Steiner, J.J., Grabe, D.F., Tulo, M. 1989. Single and multiple vigor tests for predicting seedling emergence of wheat. Crop Science, 29, 782-786.
- Venter, A., 2000. What Is Seed Vigour? Journal of New Seeds 2(3):67-72
- Vieira, R.D., Krzyzanowski, F.C. 1999. Electrical conductivity test. chp. 4, p. 1-26. In: F.C. Krzyzanowski, Vieira, RD, França Neto, JB, eds. Seed vigor: concepts and tests. Abrates, Londrina, PR, Brazil (in Portuguese).

- Vieira, R.D., Paiva-Aguero, J.A., Perecin, D., Bittencourt, S. 1999. Correlation of electrical conductivity and other vigor tests with field emergence of soybean seedlings. *Seed Science and Technology*, 27, 67-75.
- Vieira, D.R., TeKrony, D.M., Egli, D.B., Rucher, M. 2001. Electrical conductivity of soybean seeds after storage in several environments. *Seed Science and Technology*, 9, 599-608.
- Vieira, D.R., Penariol, A.L., Perecin, D., Panobianco, M. 2002. Electrical conductivity and initial moisture content of soybean seeds. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 37, 1333-1338.
- Walters, C. 1998. Understanding the mechanisms and kinetics of seed aging. *Seed Sci Res*, 8,223-244.
- Wrasse, C.F., Menezes, N.L., Marchesan, E., Villela, F.A., Bortolotto, R.P. 2009. Testes de vigor para sementes de arroz e sua relação com o comportamento de hidratação de sementes e a emergência de plântulas. *Científica*, v.37, n.2, p.107-114.
- Washitani, I. 1984. Germination Responses of a Seed Population of *Taraxacum officinale* Weber to Constant Temperatures Including the Supra- Optimal Range. *Plant Cell Environ.*, 7:655-659.
- Weaver, S.E., Warwick, S.I. 1984. The Biology of Canadian Weeds *Datura stramonium*. *Canadian Journal of Plant Science*, 64(4), 979-991.