



Tere (*Lepidium sativum* L.) Tohumlarının Farklı Kurşun Konsantrasyonu Stresi ve Vermikompost Uygulamalarında Çimlenme ve Bazı Erken Gelişim Parametrelerinin Belirlenmesi^A

Sultan DERE¹, Hayriye Yıldız DAŞGAN²

Öz: Bu çalışma, Bu-Ter tere (*Lepidium sativum* L.) tohumlarına uygulama olarak ağır metal kurşunun farklı konsantrasyonları ve vermikompost uygulamasının çimlenme ve fide gelişim parametrelerine etkisi belirlenmesi amacıyla tesadüf parselleri deneme desenine göre üç tekrarlamalı olarak yürütülmüştür. Çalışma Siirt Üniversitesi Bahçe Bitkileri Bölümü Laboratuvarında gerçekleştirilmiştir. Denemede kullanılan uygulamalar 0, 500, 1000, 1500 ppm, vermikompost, 500 ppm+vermikompost, 1000 ppm+vermikompost, 1500 ppm+vermikompost olarak belirlenmiştir. Petrilere tohumlar eklenmiş ve uygulamalar yapıldıktan sonra 22±1 °C sıcaklığa ayarlanmış etüve yerleştirilmiştir. Çalışma sonunda çimlenme yüzdesi (%), ortalama çimlenme zamanı (gün), çimlenme hızı (çimlenme indeksi), vigor indeksi gibi çimlenme parametreleri ile fide boyu (cm), hipokotil çapı (cm), kök uzunluğu (cm), yaş ağırlık ve kuru ağırlık (mg) parametreleri değerlendirilmiştir. Elde edilen sonuçlara göre, Pb konsantrasyonu arttıkça çimlenme yüzdesinin azaldığı belirlenmiştir. En düşük çimlenme yüzdesine 1500 ppm Pb uygulamasında %60.75 olduğu belirlenmiştir. Ortalama çimlenme süresi bakımından, vermikompost uygulamasının Pb ile birlikte uygulanmasının 500 ppm Pb ve 1500 ppm Pb uygulamasındaki ortalama çimlenme süresini düşürdüğü ancak 1000 ppm Pb uygulamasında ise negatif etki yaparak ortalama çimlenme süresini arttırdığı belirlenmiştir. Çimlenme indeksinin en düşük 1500 ppm Pb uygulamasında 9.900 olduğu görülmüştür. En yüksek çimlenme enerjisinin 93.333 ile vermikompost uygulamasında, en düşük ise 500

^A Yapılan bu çalışma etik kurul izni gerektirmemektedir. Makale araştırma ve yayın etiğine uygun olarak hazırlanmıştır.

* **Sorumlu yazar/Corresponding Author:** ¹Sultan DERE, Siirt Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bahçe Bitkileri Bölümü, Siirt, TÜRKİYE, sultan.dere@siirt.edu.tr, [OrcID 0000-0001-5928-1060](https://orcid.org/0000-0001-5928-1060)

² Hayriye Yıldız DAŞGAN, Çukurova Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bahçe Bitkileri Bölümü, Adana, Türkiye, dasgan@cu.edu.tr, [OrcID 0000-0002-0403-1627](https://orcid.org/0000-0002-0403-1627)

ppm kurşun uygulamasında 2.667 olarak belirlenmiştir. Vigor indeksi, boy uzunluğu, hipokotil çapı ve kök uzunluğunu en yüksek vermikompost uygulamasında olduğu görülmüştür. Fide yaş ve kuru ağırlığı bakımından uygulamalar arasındaki farklılığın istatistiksel olarak önemli olmadığı belirlenmiştir. Sonuç olarak Bu-Ter tere tohumunda uygulamaların belirli düzeylerde etkili olduğu ve elde edilen sonuçlar ışığında ileride tere genotip ve çeşitleri üzerine yapılacak olan daha geniş çaplı çalışmalara referans olacağı düşünülmektedir.

Anahtar Kelimeler: Tere, kurşun stresi, vermikompost, çimlenme, organik gübre, abiyotik stres.

Determination of Germination and Some Early Growth Parameters of Cress (*Lepidium sativum* L.) Seeds under Different Lead Concentration Stress and Vermicompost Applications

Abstract: This study was carried out in three replications according to the randomized plot design in order to determine the effects of different concentrations of heavy metal lead and vermicompost application on germination and seedling growth parameters as an application of Bu-Ter cress (*Lepidium sativum* L.) seeds. The study was carried out in laboratory of Siirt University Faculty of Agriculture, Department of Horticulture. The applications used in the experiment were determined as 0, 500, 1000, 1500 ppm, vermicompost, 500 ppm+vermicompost, 1000 ppm+vermicompost, 1500 ppm+vermicompost. Seeds were added to the petri dishes and after the applications were made, they were placed in an oven set at 22±1 °C. At the end of the study, germination parameters such as germination percentage (%), average germination time (day), germination rate (germination index), vigor index, and seedling length (cm), hypocotyl diameter (cm), root length (cm), fresh weight and dry weight (mg) parameters were evaluated. According to the results obtained, it was determined that the germination percentage decreased as the Pb concentration increased. It was determined that the lowest germination percentage was 60.75% in 1500 ppm Pb application. In terms of average germination time, it was determined that the application of vermicompost together with Pb decreased the average germination time in 500 ppm Pb and 1500 ppm Pb applications, but increased the average germination time by having a negative effect in 1000 ppm Pb application. The lowest germination index was found to be 9.900 in 1500 ppm Pb application. The highest germination energy was determined as 93.333 in vermicompost application, and the lowest in 500 ppm lead application was determined as 2.667. Vigor index, height, hypocotyl diameter and root length were found to be highest in vermicompost application. It was determined that the difference between the applications in terms of seedling fresh and dry weight was not statistically significant. As a result, it is thought that the applications in Bu-Ter cress seeds are effective at certain levels and in the light of the results obtained, it is thought that it will be a reference for wider studies on the cress genotype and varieties in the future.

Keywords: Cress, lead stress, vermicompost, germination, organic fertilizer, abiotic stress.

Giriş

Bitkiler yetiştirme ortamlarında, büyüme ve gelişmeleri için uygun olmayan veya stres oluşturabilen faktörlerle karşılaşabilmektedirler. Bu faktörler arasında biyotik ve abiyotik faktörler olabilmektedir. Abiyotik stresler arasında yer alan ağır metal stresi önemli stres faktörlerinden biridir (Peterson ve Higley, 2001; Dere, 2020). Ağır metaller ekolojik dengeyi bozmakta, canlı büyüme ve gelişmesini etkilemektedir (Ruiz-Jiménez ve ark., 2003; Dere, 2019). Primer üreticiler olan bitkiler ağır metal kirliliğinden öncelikle etkilenen gruptur. Ağır metallerin bitki doku ve organlarında aşırı birikimi vejetatif ve generatif organların gelişiminde sorunlara neden olmaktadır (Gür ve ark., 2004; Okcu ve ark., 2009). Ağır metallerin toksik etkileri özellikle tarımsal üretimin yoğun olarak yapıldığı bölgelerde önemlidir (Spona ve Baum, 1993; Terzi ve Yıldız, 2013; Dere, 2017). Bitki türlerinin ağır metal stresine tolerans düzeylerinin farklılık gösterdiği ve bunun tolerans mekanizmasıyla ilgili olduğu yapılan birçok çalışmada bildirilmiştir. Hiperakümülatör ve metal stresine toleranslı türlerin toksisite eşik değerlerinin birbirinden farklı olduğu ve her metal türüne karşı bitki türlerinin farklı tepkiler verdiği ve metal stresine toleranslı türlerin toksisite eşik değerinin toleransı düşük türlerden daha yüksek olduğu bilinmektedir (Kranner ve Colville, 2011; Doğru ve ark., 2021).

Ağır metallerden kurşun (Pb) bir iz metal olup, yeryüzünde doğal kaynaklarda farklı formlarda bulunmakta ve birçok alana dağılmış halde olduğu bilinmektedir (Nriagu, 1992; Özyazıcı ve ark., 2017; Dere, 2019). İçme suyunda tavsiye edilen kurşun sınırı Dünya Sağlık Örgütü (WHO) tarafından $10 \mu\text{g L}^{-1}$ olarak belirlenmiştir. Doğal sularda bulunan kurşun ise $2-10 \mu\text{g L}^{-1}$ aralığındadır (Maratta ve ark., 2016). Şehirleşmenin ve endüstriyel atıkların yoğun olduğu alanlarda, sularda Pb düzeyleri ciddi boyutlara ulaşmış (Singh ve ark., 1997; Keser, 2005; Dere, 2019) ve insan faaliyetleri sonucunda da biyosfere Pb ağır metali yayılmıştır (Henssler ve Gospage, 1987; Dere, 2019).

Kurşun bitkiler için kuvvetli toksik elementlerden biridir. Bitkilerde kurşunun toksik etkisi, çok düşük dozlarında bile ortaya çıkabilmektedir. Bu durum bitkide farklı etkilere neden olmaktadır. Kurşun ağır metali, yaşlı yapraklarda solmaya, mitozun inhibe olmasıyla gövde ve kök büyümesinin engellenmesine sebep olmaktadır. Kloroplastlarda ATP sentezinin bozulmasına, fotosentezin inhibe olmasına, solunum, CO₂ fiksasyonuna ve su metabolizmasının bozulmasına, hücrede stomaların kapanmasına, hücre çeperlerinin esnekliğinin azalmasına, elektron transfer reaksiyonlarının, enzim aktivitelerinin olumsuz etkilenmesine, mitokondri, nükleus ve nükleik asit yapısının bozulmasına ve elektrolit dengesinin olumsuz yönde etkilenmesine ve hasarlara yol açtığı bilinmektedir (Bayçu, 1992; Aydın, 2011). Ayrıca bitki dokularında Pb birikimi fazla olduğu durumlarda; tohum çimlenmesinde (Azmat ve ark., 2006), fide büyümesinde (Kıran ve Munzuroğlu, 2004), mineral besin alınımında (Kopittke ve ark., 2007), terlemede (Rolfé ve Bazzaz, 1975), membranlardaki hasarlarda (Kennedy ve Gonsalves, 1989; Braz, 2005; Batır, 2014), hormon dengesinin bozulmasında ve su ilişkisinin değişmesinde (Zengin ve Munzuroğlu, 2004; Asri ve Sönmez, 2006) ortaya çıkan sorunlar da kurşunun etkileri arasına eklenebilir.

Bitkilerin yaşam döngüsünde en önemli aşamayı tohumlarda çimlenme oluşturmaktadır (Turhan ve Şeniz, 2010; Khan ve ark., 2000; Bradford, 1995). Çimlenme aşamasında meydana gelen streslerin çimlenmeyi

etkilediği bilinmektedir. Bu nedenle Stres koşullarının varlığında çimlenmenin sorunsuz bir şekilde gerçekleşmesinde ekim öncesi tohum priming uygulamaları yapılmakta ve başarılı sonuçlar elde edilebilmektedir. Priming, bir örnek çimlenme, çimlenmenin ve çıkışın teşvikinde ticari olarak da kabul görmüş tohum uygulamalarının genel adıdır. Priming uygulamalarında KNO_3 , PEG, $CuSO_4$ ve GA_3 gibi farklı priming ajanları kullanılmaktadır (Mavi ve ark., 2006; Mavi ve ark., 2010; Patade ve ark., 2011). Günümüzde, tohum priming uygulamaları ile tohum ekimi ve fide çıkışı arasındaki dönemde karşılaşılan problemler azaltılabilmekte, çıkış süresi kısaltılabilmekte, uniform fide çıkışı sağlanabilmekte, düşük ve yüksek sıcaklık, termodormansi (Sung ve ark., 1998), tuzluluk gibi çeşitli abiyotik stres koşullarının çimlenme üzerine olumsuz etkileri azaltılabilmektedir (Khan, 1992). Ayrıca son yıllarda tarımsal üretimde ciddi sorunlara neden olan abiyotik streslerin etkin yöntemlerle kısa sürede çözülmesi, üretimde güvenilir ve uygulanabilir yöntem ve tekniklerin geliştirilmesi önemlidir (Daşgan ve ark., 2010). Bu nedenle tarımsal üretimde abiyotik stres kaynaklı yaşanan olumsuzlukları azaltmak için birçok farklı strateji geliştirilmiştir. Bu stratejilerden biri, organik madde kullanımıyla abiyotik streslerin olumsuz etkilerini azaltmaktır.

Organik maddelerin birçok özelliğinden dolayı son yıllarda abiyotik stres faktörlerine karşı kullanılmaktadır. Tarımsal üretimde abiyotik stres faktörlerine karşı kullanılan organik maddeler içerisinde yer alan sığır, koyun, keçi, at, tavuk, güvercin, yarasa, kaz, ördek, solucan, deniz yosunu gübresi, slampe, çay atığı, zeolit, leonardit, hümitik asit, fulvik asit, mikoriza ve bakteriler organik gübrelerin birçok özelliği vardır. Bu gübreler bitkisel üretimde verimliliğin ve sürdürülebilirliğin sağlanabilmesi için toprağın organik madde içeriğinin ve besin elementi içeriğinin yeterli düzeyde olması için gerekmektedir. Çünkü tarım arazilerinde düşük organik madde içeriği verim kayıplarına neden olmaktadır (Dere, 2020).

Ayrıca son yıllarda ülkemizde ve dünyada organik tarım bilincini artırma ve sürdürülebilir tarımsal üretimi teşvik etme çabaları da önemli bir noktaya gelmiştir. Bu yaklaşıma paralel olarak organik atıklar da kısa sürede kullanılmaya ve kaliteli ürünlere dönüştürülmeye başlanmıştır. Bu amaç doğrultusunda solucan gübresi son yıllarda oldukça yoğun olarak kullanılan gübreler arasına girmiştir. Solucan gübreleri, solucanlar kullanılarak organik atıkların kompostlaştırılarak solucan kompostları elde edilmesi sonucu üretilir. Solucanların sindirim sisteminden geçerek elde edilen ürünlere vermikompost, vermikest veya kest denir (Edwards ve Bohlen, 1996). Vermikompost üretimi, tarımsal üretimde sürdürülebilirliği destekleyen bir uygulamadır. Solucan gübresi, içeriğinde bulunan yaklaşık %40 organik maddeden dolayı kirlilik ve düşük organik madde içeriğini önlemekte etkilidir. Zararlı mikroorganizmalar içermeyen, ortalama %15-2 azot, %25-41 fosfor ve %14-92 potasyum içeren organik bir gübre olan vermikompost, tarımsal üretim potansiyelini artırmaktadır (Bellitürk, 2016). Vermikompostun toprağın fiziksel, kimyasal ve biyolojik özelliklerine olumlu etkisi olduğu ve bu etkisinden dolayı bitki yetiştiriciliğinde yüksek verim ve kalite sağladığı bilinmektedir (Jat ve Ahlawat, 2006; Alam ve ark., 2007; Ali ve ark., 2007; Singh ve ark., 2008; Rangarajan ve ark., 2008). Gözenekli yapısı, yüksek havalandırma ve su tutma kapasitesi gibi özelliklere sahiptir. Vermikompostlar, büyüyen ortamda besin içeriklerini daha uzun süre korur. İnsan sağlığına zararlı hiçbir patojen veya kimyasal madde içermez. Bir diğer önemli özelliği ise kendi ağırlığının 2-3 katı su tutma kapasitesine sahip olması nedeniyle su tasarrufu sağlamasıdır (Hosseinzadeh ve ark., 2016; Kıran, 2019; Teke ve ark., 2019).

Tere Brassicaceae (Cruciferae) familyasına aittir. Cruciferae familyasının topraktan ağır metal alımında yüksek oranda etkili olduğu ve ağır metal toksisitesine karşı toleranslı olduğu bilinmektedir. Hiperakümülatör olarak da isimlendirilmektedir (Cunningham ve Ow, 1996).

Cruciferae familyasına ait tere bitkisi (*Lepidium sativum*) yenilebilir bir ottur (Umesha ve Naidu, 2012; Kabak ve ark., 2016). Asya kıtası anavatanıdır ve tek yıllık sebzeler grubunda yer almaktadır. Ülkemizde yetiştiriciliği yapılan tereler iki tiptir. Bunlar uzun-oval (roka yaprak) yapraklı, maydanoz tipi parçalı ve düz, parçasız yapraklı olanlardır. Tere bitkisi kök ve tohumdan üretimi yapılan, keskin kokulu ve baharatlı bir bitkidir. Çoğunlukla bir sebze olarak Avrupa ve ABD’de tüketilmektedir. İnsan sağlığına olumlu fizyolojik etkilere sahip olduğu bilinmektedir. Terenin içeriğinde fenolik bileşiklerden Sinopoly glikoz (53.1 mg/100 g taze madde) bulunmaktadır. Fenolik bileşiklerin kardiyovasküler hastalıklar, diyabet ve prostat kanseri gibi bir çok hastalığa olumlu etkileri olduğu yapılan çalışmalarda bildirilmiştir (Dannehl ve ark., 2012; Kabak ve ark., 2016). Terenin, vücuttaki yağ yakımını hızlandırma, hazmı kolaylaştırma, idrar sökücü olma, iştah açma gibi özellikleri vardır, ayrıca safra kesesi ve karaciğer hastalıklarına faydalıdır (Aydın, 2011).

Standart laboratuvar çimlenme testleri, ekim ortamı uygun olduğunda partilerin fide çıkış kapasitesi hakkında bilgi alınabilen tohum kalitesi ölçüsünden biridir (ISTA, 2017). Açıkta üretim yapılan alanların yüksek ağır metal içermesi, düşük ve yüksek sıcaklıklar gibi çeşitli abiyotik stres faktörlerine maruz kalmaları bu alanlara tohum ekildiğinde ortaya çıkma potansiyelini belirlemek için tohumlara bu tür abiyotik streslerin uygulanması önem arz etmektedir. Bu çalışmada ağır metal kurşunun farklı konsantrasyonlarının ve sıvı vermikompostun tere tohumlarının çimlenmesi üzerine etkisinin belirlenmesinin yanında kurşun ağır metaliyle birlikte uygulanan sıvı vermikompost etkisinin ortaya çıkarılması amaçlanmıştır.

Materyal ve Yöntem

Yapılan çalışma Siirt Üniversitesi Bahçe Bitkileri Bölümü Laboratuvarında gerçekleştirilmiştir. Bitki materyali olarak Bu-Ter tere çeşidi kullanılmıştır. Bu çeşide ait tohumlar Bursa Tohumculuk firmasından temin edilmiştir. Bu-Ter tere çeşidinin tercih edilme nedeni ticari olarak kullanılıyor olmasıdır. Çalışmada farklı kurşun (Pb) konsantrasyonu one part per million (ppm) düzeyinde 0, 500, 1000, 1500 ppm olarak belirlenmiştir. Uygulama 0, 500, 1000, 1500 ppm, vermikompost, 500 ppm+vermikompost, 1000 ppm+vermikompost, 1500 ppm+vermikompost olarak düzenlenmiştir.

Yeşilvadi Tarım Organik Gübre Üretim Tesisi firmasından temin edilen sıvı vermikompostun içeriğinde(w/w-%) organik madde (%35), toplam azot (%0.26), organik azot (%0.15), toplam fosforpentaoksit (%1.5), suda çözünebilir potasyumoksit (%2.25), toplam humik+toplam fulvik asit (%4), maksimum EC 1.941 (µs/cm), pH 7-8 içeriğe sahiptir. Toprakdan, damlamadan ve yaprakdan uygulanabilen sıvı kompostun uygulama dozu olarak 1 dekar için önerilen gübre miktarı 300 cc olup, yaprakdan 150 litre suya, damlamadan ise 100 litre suya karıştırılarak uygulanması önerilmiştir. Bu uygulama dozu vermikompost konsantrasyonu olarak

hazırlanmıştır ve çalışmada uygulanmıştır. Kurşun konsantrasyonları detaylı literatür taraması ve ön denemeler yapılarak belirlenmiştir (İbrahim ve ark., 2011; Bafeel, 2010; Aydın, 2011; Özay, 2018).

Çalışma tesadüf parselleri deneme desenine göre 3 tekerrürlü ve her tekerrürde 25 adet tohum olacak şekilde düzenlenmiştir. Tere tohumlarının çimlendirilmesi için kullanılan petri kaplarının iç kısmının altına ve üstüne filtre kâğıdı yerleştirilmiştir. Petri kapları uygulamalara göre etiketlenmiştir. Tere tohumları filtre kâğıtlarının arasına konulduktan daha sonra uygulamalara göre her petri kapına 0, 500, 1000, 1500 ppm Pb, vermikompost, 500 ppm Pb+vermikompost, 1000 ppm Pb +vermikompost, 1500 ppm Pb+vermikompost olmak üzere 5 ml hazırlanan çözeltiler uygulanmıştır. Çözeltilerin uygulamadan sonra petri kapları kapalı olarak 22±1°C sıcaklık içeren karanlık koşullarda yetiştirme kabinine yerleştirilmiştir. Çalışmanın sonuna kadar petri kaplarına 24 saatte bir (petri kaplarındaki tohumların nem seviyelerine göre) 5 ml farklı konsantrasyonlardaki çözeltiler ilave edilmiştir.

Çalışma başladıktan 1 gün sonra sayım işlemine başlanmış ve her gün aynı saat ve aynı koşulda sayım işlemine devam edilmiştir. Çimlenen tohumların sayımları yapıldıktan sonra aynı ortamda tutulmuştur. Maksimum tohum çimlenmesinin gerçekleştiği 6. gün sayım işlemi yapılmış ve çalışma sonlandırılmıştır. Çimlenen tohumların yüzde oranları 6. günün sonunda sayım işlemi bitirildikten sonra hesaplanmıştır. Çimlenme kriteri olarak radikulanın belirgin olarak testadan çıkmış olması esas alınmıştır (İşlek ve ark., 2010).

Çalışma sonunda çimlenme yüzdesi (%), ortalama çimlenme zamanı (gün), çimlenme hızı (çimlenme indeksi), vigor indeksi gibi çimlenme parametreleri ile fide boyu (cm), hipokotil çapı (cm), kök uzunluğu(cm), yaş ağırlık (mg) ve kuru ağırlık (mg) parametreleri değerlendirilmiştir.

Çimlenme Yüzdesi Parametresi

Çimlenen tohumların belirlenebilmesi için 24 saatte bir kontroller yapılmış ve çıkış yapan tohumlar sayılmıştır.

Çimlenen tohumların yüzdesi Scott ve ark. (1984)'nın yöntemiyle tohum sayım işlemi yapıldıktan sonra belirlenmiştir. Çimlenme yüzdesi aşağıdaki formüle göre hesaplanmıştır.

$$\text{ÇY} = \frac{(\text{NÇS})}{(\text{TS})} * 100 \quad (1)$$

ÇY: Çimlenme yüzdesi

NÇS: Normal çimlenen tohum sayısı

TS: Toplam tohum sayısı

Ortalama Çimlenme Süresi Parametresi

Tohumların çimlenme gününü tespit edilebilmek için ortalama çimlenme süresi parametresi kullanılmaktadır. Bu parametre Ellis ve Roberts (1981)'in aşağıdaki formülü baz alınarak hesaplanmıştır.

$$O\check{C}S = \sum \frac{(SiGi)}{Gi} \quad (2)$$

OÇS: Ortalama çimlenme süresi

Si: Gi gününde çimlenen tohumların sayısıdır.

Gi: çimlenmenin başlangıcından itibaren geçen gün sayısını ifade eder.

Çimlenme Üniformitesi

Bewley ve Black, (1994)'ın belirlediği yönteme göre çimlenme üniformitesi hesaplanmıştır.

$$\check{C}\check{U} = \frac{\sum s}{\sum [(O\check{C}Z-g)^2 s]} \quad (3)$$

ÇÜ: Çimlenme üniformitesi

g: Ekim günü olan 0. günden başlayarak gün cinsinden süredir.

s: g gününde çimlenmeyi tamamlayan tohum sayısıdır.

Çimlenme Hızı/ İndeksi Parametresi

Çimlenme hızı Abazarian ve ark. (2011)'a göre aşağıdaki formülle hesaplanmıştır.

$$\check{C}H/I = \frac{S1}{G1} + \frac{S2}{G2} + \frac{S3}{G3} + \dots + \frac{Sn}{Gn} \quad (4)$$

ÇH/I: Çimlenme hızı

S: Çimlenen tohumların sayısıdır.

G: Çimlenme için gereken gün sayısıdır.

Vigor İndeksi

Vigor indeksi Hu ve ark. (2005) ve Prasad ve ark. (2012)'nin yöntemine göre aşağıdaki formüle hesaplanmıştır.

$$VI = \text{Çimlenme Oranı}(\%) * (\text{kök uzunluğu} + \text{gövde uzunluğu}) \quad (5)$$

VI: Vigor indeksi

Çimlenme Enerjisi

Çimlenme enerjisi Li ve ark.(2020)'nın yöntemine göre aşağıdaki formülle hesaplanmıştır.

$$\text{ÇE} = (T1/N) \times 100 \quad (6)$$

ÇE: Çimlenme enerjisidir.

T1: Birinci günde çimlenen tohum sayısıdır.

N: Toplam tohum sayısıdır.

Fidede Yapılan Ölçümler

Gözlemler için fidelerin boy, çap ve kök örnekleri renkli tarayıcı (Iscan Color Mini Portable Scanner) ile 300 DPI çözünürlükte taranmıştır. Fide boyu, hipokotil çapı ve kök parametrelerinin hassas ve detaylı ölçümleri için ImageJ yazılımı (Rueden ve ark., 2017) kullanılmıştır (Özyazıcı ve Açıkbaş, 2021). Fide yaş ağırlıkları hassas terazi ile belirlenmiştir. Fide kuru ağırlığının belirlenmesi için örnekler 70°C'de etüvde 48 saat kurutulmuş ve hassas terazide tartılmıştır.

İstatistiksel Analizler

Çalışmanın verilerinin istatistiksel analizi JMP5 paket programına göre yapılmıştır. Elde edilen veriler faktöriyel desende tesadüfi parsellere göre varyans analizine tabi tutulmuştur. Varyans analizinden önce yüzde ifade edilen verilere ArcSin dönüşümü uygulanmıştır. Ortalamalar arasındaki farklar TUKEY HSD çoklu karşılaştırma testi ile kontrol edilmiştir (Açıkgöz ve Açıkgöz, 2001).

Bulgular ve Tartışma

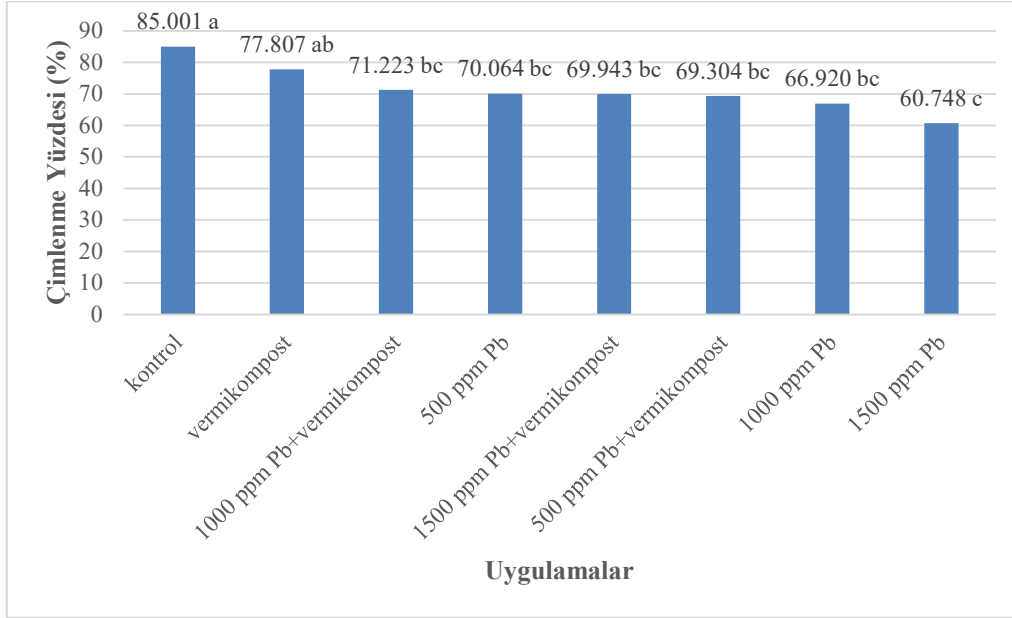
Tere yetiştiriciliğinde, ilkbahar ve yaz aylarında açık alan ekimlerinde, kış aylarında düşük plastik tünel ekimlerinde çıkış tahmininin değerlidir. Bunun yanında tohum gücü testleri de, standart çimlenme testlerine kıyasla elverişsiz ekim koşullarının tohum partilerinin nispi ortaya çıkma potansiyeli hakkında ek bilgi sağlamaktadır (TeKrony, 2003). Ayrıca tere gibi genç yaprakları tüketilen türlerin fide çıkış potansiyelinin belirlenmesi, hem tohum kalite değerlendirmesi hem de tarladaki verim potansiyeli hakkında bilgi vermektedir (Marcos-Filho, 2015). Bu nedenler ışığında bu çalışmada farklı Pb konsantrasyonları ve vermikompost uygulamasının Bu-Ter tere çeşidinin çimlenme yüzdesi (%), ortalama çimlenme zamanı, çimlenme hızı (çimlenme indeksi), çimlenme enerjisi gibi çimlenme parametreleri ile fide boyu, hipokotil çapı, kök uzunluğu,

yaş ağırlık ve kuru ağırlık parametreleri değerlendirilerek, kurşun ağır metali stresinde tohum çimlenme potansiyelinin ve vermikompostun kurşun ağır metalinin varlığında etkisi ortaya çıkarılmıştır.

Çimlenme Yüzdesi (%)

Farklı Pb metali konsantrasyonu ve vermikompost uygulamasında Bu-Ter tere çeşidi tohumlarının çimlenme yüzdesi Şekil 1’de verilmiştir. Çimlenme yüzdesi bakımından uygulamalar arasındaki farklılığın istatistiksel olarak önemli olduğu belirlenmiştir ($p < 0.05$). Sonuçlar değerlendirildiğinde Pb konsantrasyonu arttıkça çimlenme yüzdesinin azaldığı belirlenmiştir. En düşük çimlenme yüzdesinin %60.75 ile 1500 ppm Pb uygulamasında olduğu belirlenmiştir. Pb ağır metaliyle birlikte uygulanan vermikompostun 500 ppm Pb hariç diğer Pb konsantrasyonlarında çimlenme yüzdesini arttırdığı yani Pb ağır metalinin çimlenme yüzdesine olan olumsuz etkisini azaltmada vermikompost uygulamasının etkili olduğu belirlenmiştir. Uygulamalar arasında en yüksek çimlenme yüzdesinin kontrolde olduğu bunu vermikompost uygulamasının takip ettiği belirlenmiştir. Bezelyede tohum çimlenme yüzdesinin yüksek Pb konsantrasyonlarında etkilendiği ve düşük konsantrasyon Pb^{2+} (1 mM) uygulamasında sadece çimlenmede gecikme olduğu belirtilmiştir (Deswal ve Laura, 2018). *Lupinus luteus* (Wozny ve ark., 1982), *Sesamum indicum* (Kumar ve Singh, 1991), *Sinapis alba* (Fargasova, 1994), *Lens esculenta* (Ayaz ve Kadioğlu, 1997), *Raphanus sativus* ve *Lactuca sativa* (Nwosu ve ark., 1995)’da kontrole kıyasla düşük konsantrasyonlarda Pb^{++} uygulamasının çimlenmeyi önemli oranda etkilemediği ve belirgin bir fark oluşturmadığı ancak yüksek Pb^{++} konsantrasyonlarında çimlenmenin engellendiği bildirilmiştir. *Phaseolis vulgaris*, *Pisum sativum* ve *Brassica napus* var. Zerowy tohumlarına uygulanan $10.000 \text{ mg dm}^{-3} Pb^{++}$ konsantrasyonunun çimlenmeyi önemli oranda engellediği, *Pisum sativum*’da ise çimlenmenin tamamen durduğu bildirilmiştir (Wierzbička ve Obidzińska, 1998). Yapılan bir çalışmada ise mercimekte 0.125, 0.250, 0.500 ve 1.000 mM Pb^{+2} uygulamalarında tohum çimlenmesi ve tüm fide büyüme parametreleri incelendiğinde, düşük dozlu Pb uygulamasının tohumların çimlenmesinde önemli bir farklılığa neden olmadığı bildirilmiştir. Yüksek Pb konsantrasyonlarının çimlenmeyi engellediği belirtilmiştir. Ayrıca kontrole kıyasla tüm konsantrasyonlarda kök gelişiminin engellendiği bildirilmiştir (Kıran ve Şahin, 2005). Marulda en yüksek çimlenme oranı olan %60 çimlenme oranının $64 \text{ mg L}^{-1} Pb$ uygulamasında olduğu en düşük ise %23 ile $2 \text{ mg L}^{-1} Pb$ uygulamasında olduğu bildirilmiştir (Doğaroğlu, 2018). Kurşunun farklı konsantrasyonlarının (0, 0.05, 0.5, 5, 10 ve 20 mg L^{-1}) marul bitkisinin çimlenmesine ve bitki büyümesine etkisinin olmadığı rapor edilmiştir (Silva ve ark., 2017). Buğdayda 0, 20, 40, 60, 80, 100 ppm konsantrasyonlarda kurşun uygulamasının kontrole kıyaslanmasında, yüksek konsantrasyonda kurşun uygulamasında farklı tepki verdiği, 40-60 ppm kurşun muamelesinde buğdayın tohum çimlenmesindeki yüksek oranda azalma olduğu bildirilmiştir. Ayrıca 100 ppm kurşun uygulamasının tohum çimlenmesini tamamen engellediği rapor edilmiştir (Mehboob ve ark., 2018). Kurşunun (kontrol, 100, 200 ve 400 mg L^{-1}) farklı konsantrasyonlarının 11 farklı susam bitkisine etkilerinin araştırıldığı çalışmada, çimlenme yüzdesi artan kurşun konsantrasyonuyla birlikte azaldığı ve büyümeyi olumsuz etkilediği belirtilmiştir. Genotiplerin kurşun ağır metaline tepkileri farklılık gösterdiği rapor edilmiştir (Kaya ve ark., 2019). *Sesbania punicea* (Cav.) Benth bitkisinin çimlenme oranı üzerine farklı kurşun dozları ve farklı

bakteri uygulamalarının etkisinin belirlendiği çalışmada, kurşun uygulamasının olmadığı ancak KF3B bakterisinin uygulandığı ortamda en yüksek çimlenme oranı (%60), en düşük çimlenme oranına (%23.33) ise 10 ppm Pb ve KF63C bakterisi uygulamasında elde edildiği belirtilmiştir (Çığ, 2022).



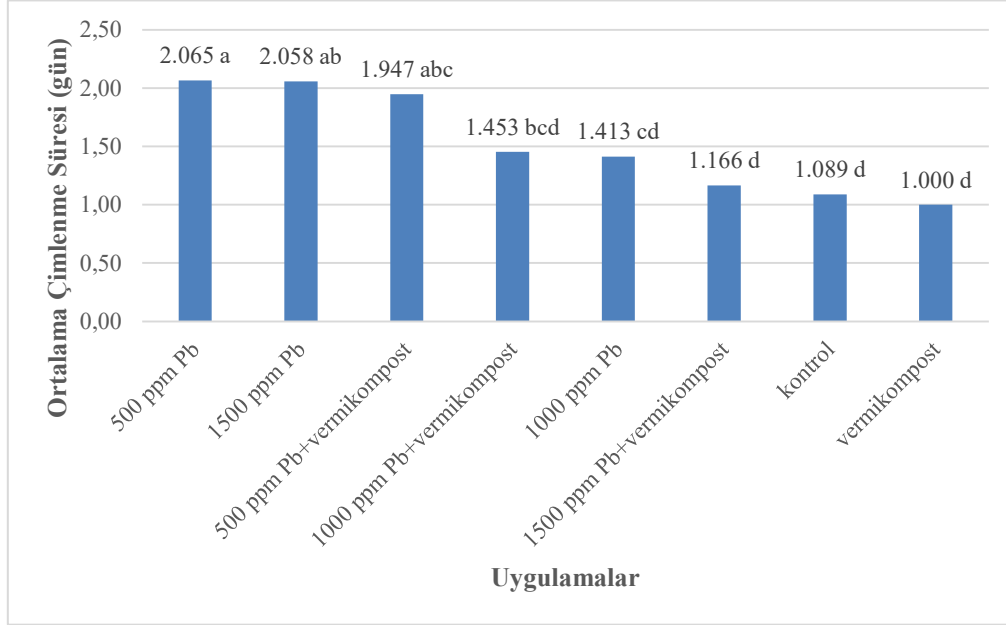
LSD: 12.931* p* < 0.05

Şekil 1. Bu-Ter tere çeşidinin çimlenme yüzdesine farklı uygulamaların etkisi

Ortalama Çimlenme Süresi (gün)

Ortalama çimlenme süresi bakımından uygulamalar arasındaki farklılığın istatistiksel olarak önemli olduğu belirlenmiştir ($p < 0.05$). Ortalama çimlenme süresi Şekil 2’de verilmiştir. En kısa çimlenme süresi vermikompost uygulamasındadır. Kontrole kıyasla en uzun ortalama çimlenme süresinin 500 ppm Pb uygulamasında olduğu bunu 1500 ppm Pb ve 1500 ppm Pb+vermikompost uygulaması takip etmiştir. Vermikompost uygulamasının Pb ile birlikte uygulanmasının 500 ppm Pb ve 1500 ppm Pb uygulamasındaki ortalama çimlenme süresini kısalttığı ancak 1000 ppm Pb uygulamasında negatif etki yaparak ortalama çimlenme süresini arttırdığı belirlenmiştir. Yapılan çalışmalarda çimlenme süresindeki artışın nedeni, tuz konsantrasyonundaki artışın ozmotik ve iyonik strese sebep olması ve bunun sonucunda tohumun su alımındaki azalma gösterilmektedir (Tabassum ve ark., 2017; Öner ve Kırılı, 2018). İki farklı domates çeşidine (Rio Grande ve H2274) farklı tuz konsantrasyonlarının uygulanması çalışmasında, kontrole kıyasla en yüksek ortalama çimlenme süresi yüzde değişimin Rio Grande çeşidinde 4 M tuz ön uygulamasında, H2274 çeşidinde ise 3 M tuz ön uygulamasında olduğu belirtilmiştir (Dere, 2021). Yaptığımız çalışma sonuçları ile Öz ve Karasu, 2007; Arın ve Aybaş, 2008; Çolak ve ark., 2008; Doğan ve ark., 2008; Turhan ve Şeniz 2010; Yokaş ve ark., 2008; Özyazıcı ve Açıkbaş, 2021’nin çalışma sonuçlarıyla paralellik göstermektedir. Ortalama çimlenme süresinin kısaltılması önemli bir durumdur çünkü tarlada çıkışın

gerçekleştiği süre ne kadar uzun olursa, bitki boyutu o kadar küçük olacağı (Matthews ve ark., 2012), bu durum sonucunda da daha düşük verim alınacağı bilinmektedir (Finch-Savage, 1995).

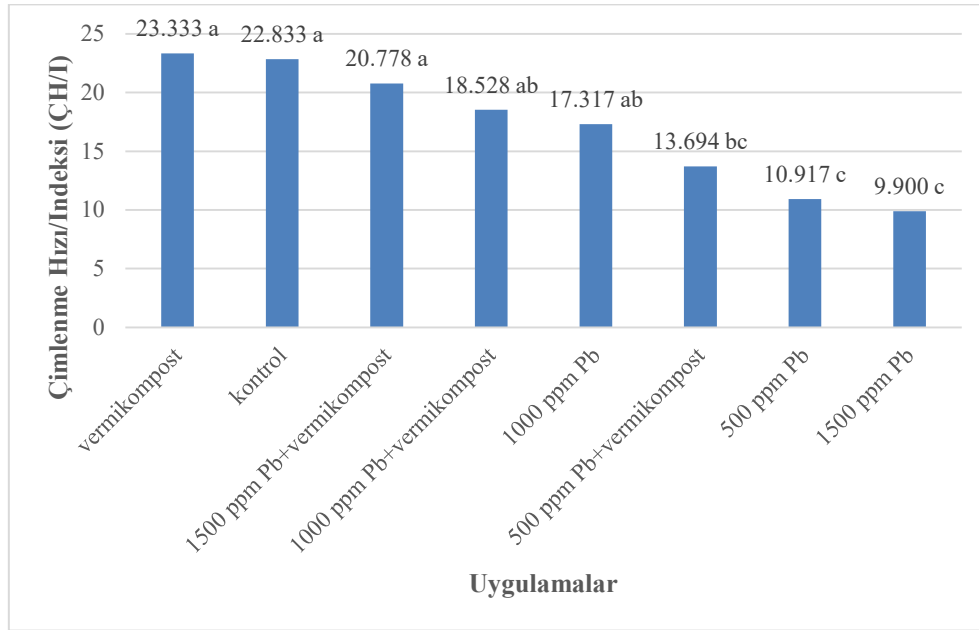


LSD: 0.607* p* < 0.05

Şekil 2. Bu-Ter tere çeşidinin ortalama çimlenme süresine farklı uygulamaların etkisi

Çimlenme Hızı/İndeksi (ÇH/I)

Çimlenme indeksi bakımından uygulamalar arasındaki farklılığın istatistiksel olarak önemli olduğu belirlenmiştir ($p < 0.01$). Çimlenme indeksinin en yüksek vermikompost uygulamasında, en düşük ise 1500 ppm Pb uygulamasında olduğu belirlenmiştir. En yüksek çimlenme indeksinin görüldüğü vermikompost uygulamasını kontrol uygulaması takip etmiştir. Vermikompost uygulamasının Pb ile birlikte uygulanmasının 500 ppm Pb, 1000 ppm Pb ve 1500 ppm Pb uygulamasında etkili olduğu ve çimlenme indeksini arttırdığı belirlenmiştir. *Sesbania punicea* (Cav.) Benth bitkisinde yapılan çalışmada, en düşük çimlenme hızının (8.33) 20 ppm Pb uygulamasında görüldüğü, aynı zamanda en düşük çimlenme oranının (%33.33) da yine bu uygulamada görüldüğü rapor edilmiştir. Çimlenme yüzdesindeki düşüklüğün çimlenme hızındaki düşüklükle bağlantılı olduğu bildirilmiştir (Çiğ, 2022).

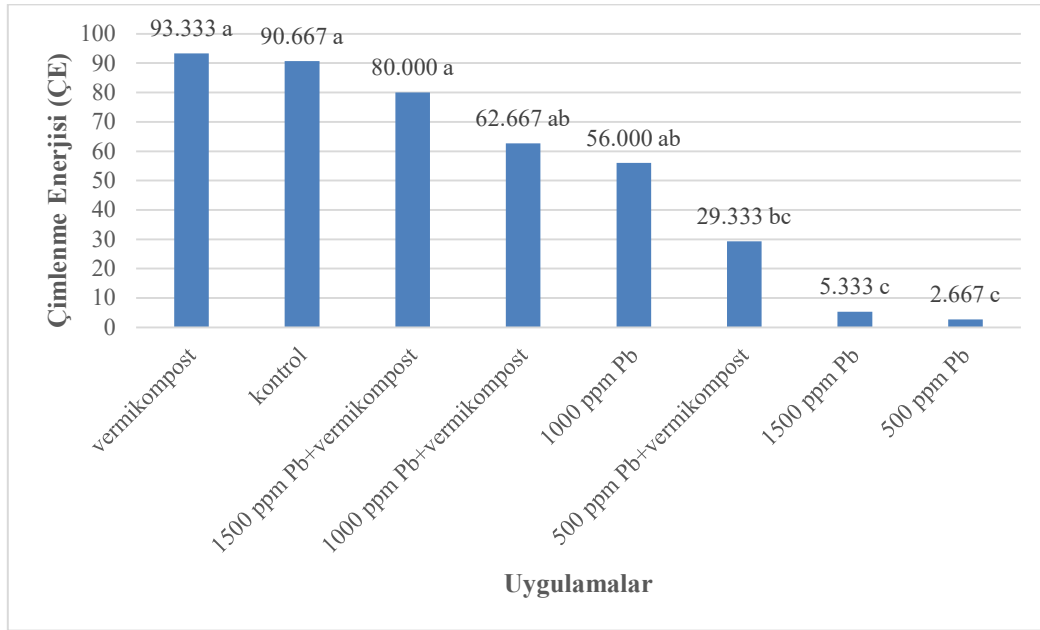


LSD: 6.304** p**<0.01

Şekil 3. Bu-Ter tere çeşidinin çimlenme hızına farklı uygulamaların etkisi

Çimlenme Enerjisi (ÇE)

Fide canlılık indeksi bitki türlerinin rekabet gücünü belirleyen önemli bir değişkendir (Kaya ve ark., 2019). Farklı Pb konsantrasyonları uygulamaları ve farklı Pb konsantrasyonları uygulamalarıyla birlikte vermikompost uygulamasının Bu-ter tere çeşidinin çimlenme enerjisi üzerine etkisi Şekil 4'de gösterilmiştir. Uygulamalar sonucu elde edilen çimlenme indeksi farklılıklarının istatistiksel olarak önemli olduğu belirlenmiştir ($p < 0.01$). Vermikompost uygulamasında en yüksek çimlenme enerjisi belirlenirken, en düşük çimlenme enerjisine 500 ppm Pb konsantrasyonunda belirlenmiştir. Diğer uygulamalara bakıldığında kontrol uygulamasında çimlenme enerjisi 90.667, 1500 ppm Pb+vermikompost uygulamasında 80.000, 1000 ppm Pb+vermikompost uygulamasında 62.667, 1000 ppm Pb uygulamasında 56.000, 500 ppm Pb+vermikompost uygulamasında 29.333 ve 1500 ppm Pb uygulamasında 5.333 olarak belirlenmiştir. Pb uygulamasıyla birlikte vermikompost uygulandığında çimlenme enerjisinin arttığı görülmüştür. Fide gücü, canlılıkta bir azalma ile birlikte biriken hasarın bir ölçüsüdür ve tohumlar çimlenene ve sonunda ölene kadar tohumlarda hasar birikir (Zhao ve ark., 2016). Buğdayda farklı konsantrasyonlarda (0, 20, 40, 60, 80, 100 ppm) kurşun uygulamasının yapıldığı çalışmada, fide canlılığının 80 ppm'de en düşük olduğu rapor edilmiştir (Mehboob ve ark., 2018). Kurşun dozları artışının kontrole kıyasla tohum canlılık indeksinde önemli derecede keskin ve sürekli bir azalmaya sebep olduğu bildirilmiştir (Kaya ve ark., 2019).

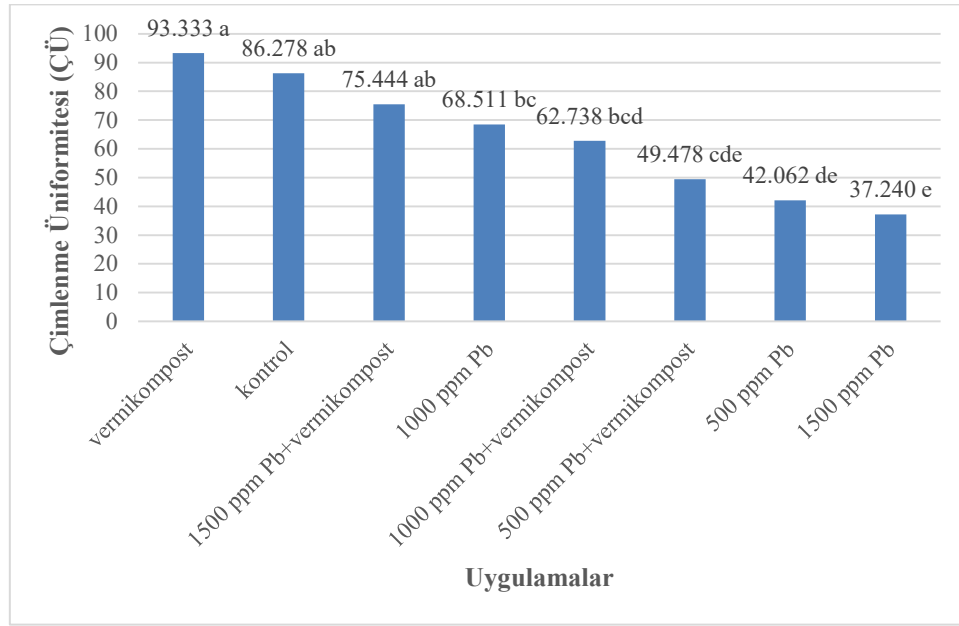


LSD: 41.820** p**<0.01

Şekil 4. Bu-Ter tere çeşidinin çimlenme enerjisine farklı uygulamaların etkisi

Çimlenme Üniformitesi (ÇÜ)

Sebzelerde bitki boyutunu hızlı ve homojen çıkış belirler (Demir ve ark., 2008). Düşük canlılığa sahip tohum yavaş yavaş çimlenir ve daha küçük boyutlu bitkiler üretir. Yaptığımız çalışmanın çimlenme üniformitesi sonuçları değerlendirildiğinde uygulamalar arasında farklılık olduğu ve bu farklılığın istatistiksel olarak önemli olduğu belirlenmiştir ($p<0.01$). Çimlenme üniformitesi en yüksek vermikompost uygulamasında, en düşük ise 1500 ppm Pb uygulamasında olduğu belirlenmiştir. Vermikompost uygulamasının Pb ile birlikte uygulanmasının 500 ppm Pb ve 1500 ppm Pb uygulamasında etkili olduğu ancak 1000 ppm Pb uygulamasında negatif etki yaptığı belirlenmiştir. Rio Grande çeşidinde yapılan tuz stresi çalışmasında, en yüksek çimlenme üniformitesinin kontrol uygulamasında olduğu bildirilmiştir. Ayrıca H2274 çeşidinde kontrole kıyasla farklı tuz konsantrasyonu ön uygulamalarında çimlenme üniformitesinin azaldığı ve bu azalışın tuz konsantrasyonu arttıkça şiddetlendiği rapor edilmiştir (Dere, 2021).

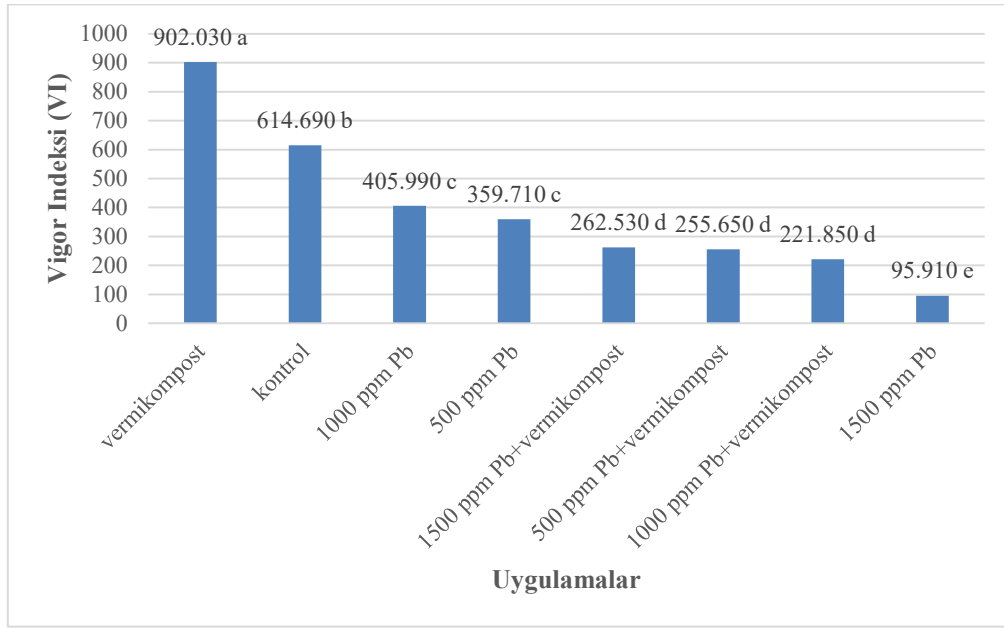


LSD: 24.183** p**<0.01

Şekil 5. Bu-Ter tere çeşidinin çimlenme üniformitesine farklı uygulamaların etkisi

Vigor İndeksi (VI)

Uygulamalar arasında vigor indeksinin farklılık gösterdiği ve istatistiksel olarak önemli olduğu belirlenmiştir ($p<0.001$). Vigor indeksi en yüksek vermikompost uygulamasında 902.03 en düşük ise 1500 ppm Pb uygulamasında 95.91 olduğu belirlenmiştir (Şekil 6). Vermikompost uygulamasının Pb ile birlikte uygulanmasının etkili olmadığı ve negatif etkilediği belirlenmiştir. Vigor indeksinin kontrole kıyasla Pb uygulamasının yüksek konsantrasyonlarında azaldığı bildirilmiştir. Marul bitkisine 4 mg L^{-1} Pb uygulamasının çimlenme ve gelişimine pozitif etki ettiği rapor edilmiştir (Doğaroğlu, 2018). Yüksek standartta laboratuvar çimlenmesine sahip tohum partilerinin tarla çıkış yüzdeleri ve oranlarındaki farklılıklar, kalitenin çeşitli yönlerini içeren ve tohum bozulma aşamasını gösteren tohum canlılığı parametreleri önemlidir (TeKrony, 2003; Marcos-Filho, 2015).

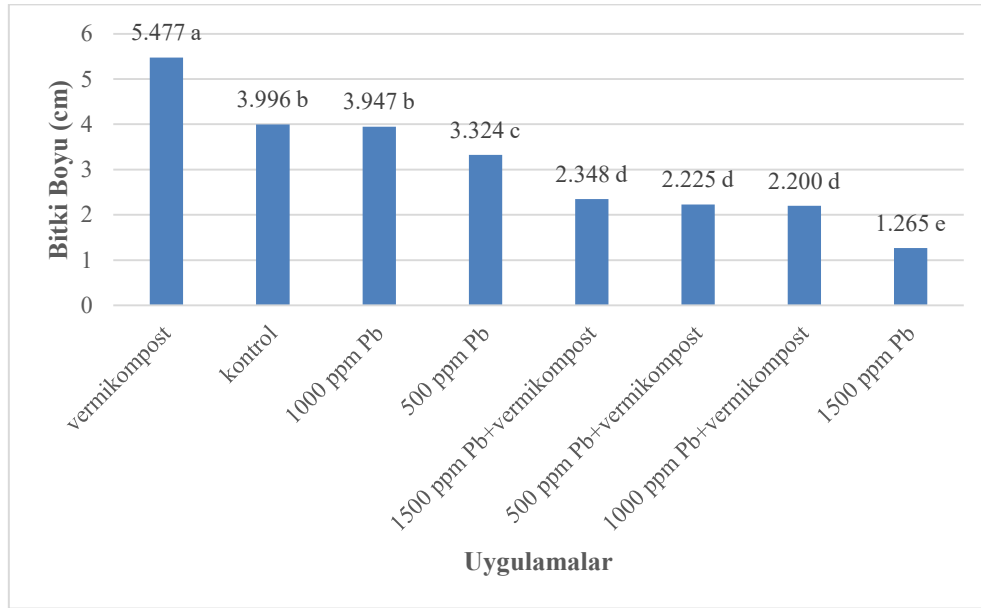


LSD: 69.086*** p***<0.001

Şekil 6. Bu-Ter tere çeşidinin vigor indeksine farklı uygulamaların etkisi

Bitki Boyu (cm)

Uygulamalar arasında bitki boyunun farklılık gösterdiği ve bu farklılığın istatistiksel olarak önemli olduğu belirlenmiştir ($p < 0.001$). Bitki boyuna farklı Pb konsantrasyonları uygulamaları ve farklı Pb konsantrasyonları uygulamalarıyla birlikte vermikompost uygulamasının etkisi değerlendirildiğinde, bitki boyunun vermikompost uygulamasında en yüksektir. Uygulamalara bakıldığında kontrole kıyasla vermikompost uygulaması hariç diğer uygulamaların olumsuz etki yaparak bitki boyunu azalttığı tespit edilmiştir. Farklı Pb konsantrasyonlarının bitki boyunu azalttığı ve en büyük azalışın 1500 ppm Pb uygulamasında olduğu belirlenmiştir. Ayrıca Pb uygulamasıyla birlikte uygulanan vermikompost uygulamasının 1500 ppm Pb uygulaması hariç diğer konsantrasyonlarda etkisiz kalmakla birlikte bitki boyu azalışını şiddetlendirdiği belirlenmiştir. Buğdayda 20 ppm kurşun uygulamasının kontrole kıyasla sürgün uzunluğunu önemli oranda azalttığı belirtilmiştir. Buğdayın fide büyümesi, kontrole kıyasla daha yüksek konsantrasyonda kurşun uygulamasında farklı tepki verdiği, 40-60 ppm kurşun muamelesinde buğdayın tohum çimlenmesindeki yüksek oranda azalma, fazla kurşun uygulamasının bitki büyümesi ve gelişimini engelleyebileceğine dair kanıt sağladığı bildirilmiştir (Mehboob ve ark., 2018). Kurşunun (kontrol, 100, 200 ve 400 mg L⁻¹) farklı konsantrasyonlarının 11 farklı susam bitkilerine etkilerinin araştırıldığı çalışmada, çimlenme plumula ve fide uzunluğunun artan kurşun konsantrasyonu ile birlikte azaldığı ve büyümeyi olumsuz etkilediği belirtilmiştir. Genotiplerin kurşun ağır metaline tepkilerinin farklılık gösterdiği rapor edilmiştir (Kaya ve ark., 2019).



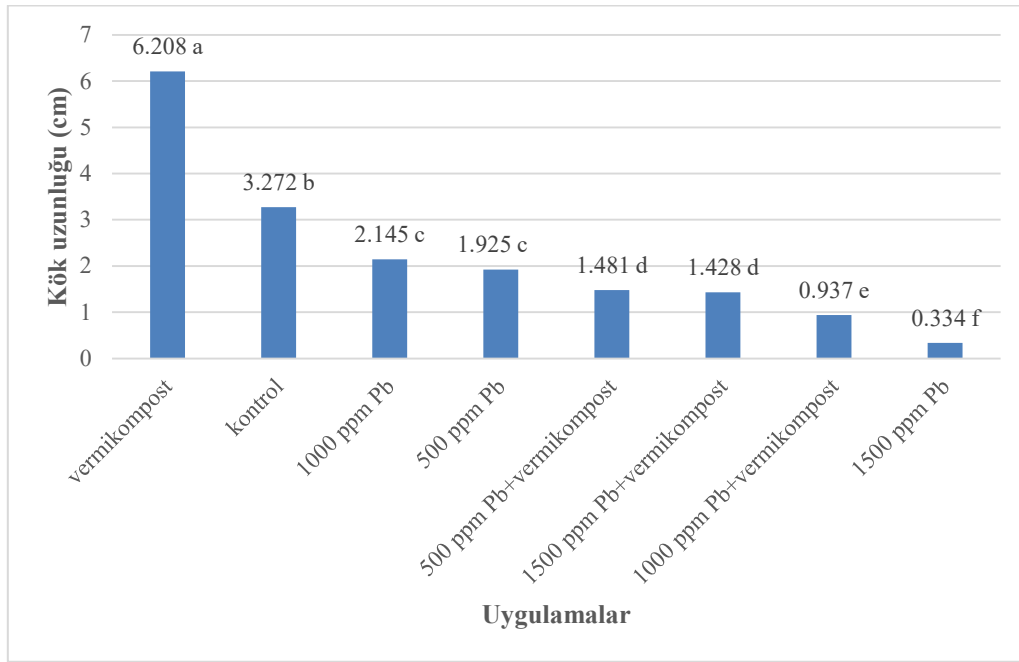
LSD: 0.327*** p***<0.001

Şekil 7. Bu-Ter tere çeşidinin bitki boyuna farklı uygulamaların etkisi

Kök Uzunluğu (cm)

Şekil 8'de uygulamalar arasında kök uzunluğunun farklılık gösterdiği ve bu farklılığın istatistiksel olarak önemli olduğu gösterilmiştir ($p < 0.001$). Uygulamalar arasında en yüksek kök uzunluğu vermikompost uygulamasında, en düşük kök uzunluğu 1500 ppm Pb uygulamasında görülmüştür. Pb uygulamasının kök uzunluğunu olumsuz etkilediği ve Pb uygulamasıyla birlikte uygulanan vermikompost uygulamasının bu olumsuz etkiyi azaltmada 1500 ppm Pb uygulaması hariç etkisiz kaldığı belirlenmiştir. Elde edilen sonuçlara bakıldığında vermikompostun kök boyunu uzatmakta yüksek Pb konsantrasyonunda etkili olduğu ve kontrole kıyasla kök uzunluğunu önemli derecede artırdığı belirlenmiştir. Ayrıca kök ve boy uzunluğu sonuçlarına bakıldığında vermikompostun çok yüksek dozlardaki Pb uygulamalarında etkili olabileceği fikri oluşmuştur. Börülcede (*Vigna unguiculata*) yapılan çalışmada, 1 μM Pb^{2+} uygulamasının sürgün ve kök uzunluğunu azalttığı belirtilmiştir. Pb^{2+} toksisitesinin birincil bölgesi köktü, kök büyümesinde ciddi düşümlere, apikal baskınlığın kaybolmasına, kök uçlarının arkasında lokalize şişliklerin oluşmasına (yan köklerin başlaması nedeniyle) ve bazı kök uçlarının bükülmesine neden olduğu rapor edilmiştir (Kopittke ve ark., 2007). Bitkilerin erken fide gelişim döneminde düşük Pb konsantrasyonuna bile oldukça hassas olduğu bildirilmiştir. Plumule ile karşılaştırıldığında, radikula büyümesinin Pb ağır metal stresinden etkilendiği belirtilmiştir. Kurşun ağır metalinin radikula uzaması üzerine belirgin bir etkisi olduğu rapor edilmiştir (Deswal ve Laura, 2018). Marul bitkisinin gövde uzamasına farklı konsantrasyonlarda kurşun uygulamasının etkisi önemli bulunmazken, kök oluşumunun 256 mg L^{-1} Pb uygulamasında gözlemlenmediği bildirilmiştir. Ayrıca 4 mg L^{-1} Pb konsantrasyonunda en yüksek gövde (1.5 cm) ve kök (1.67 cm) uzunluğunun görüldüğü belirtilmiştir (Doğaroğlu, 2018). Kök büyümesi önemli bir büyüme

değişkenidir ve farklı kurşun muamelesi konsantrasyonlarında büyük ölçüde azaldığı bulunmuştur (Mehboob ve ark., 2018). Kurşunun (kontrol, 100, 200 ve 400 mg L⁻¹) farklı konsantrasyonlarının 11 farklı susam bitkilerine etkilerinin araştırıldığı çalışmada, kök uzunluğunun artan kurşun konsantrasyonu ile birlikte azaldığı ve büyümeyi olumsuz etkilediği belirtilmiştir. Genotiplerin kurşun ağır metale tepkilerinin farklılık gösterdiği rapor edilmiştir (Kaya ve ark., 2019). *Sesbania punicea* (Cav.) Benth bitkisinde kurşun ve bakteri uygulanmasına kıyasla kontrol uygulamasında en yüksek kök uzunluğunun görüldüğü belirtilmiştir (Çığ, 2022).



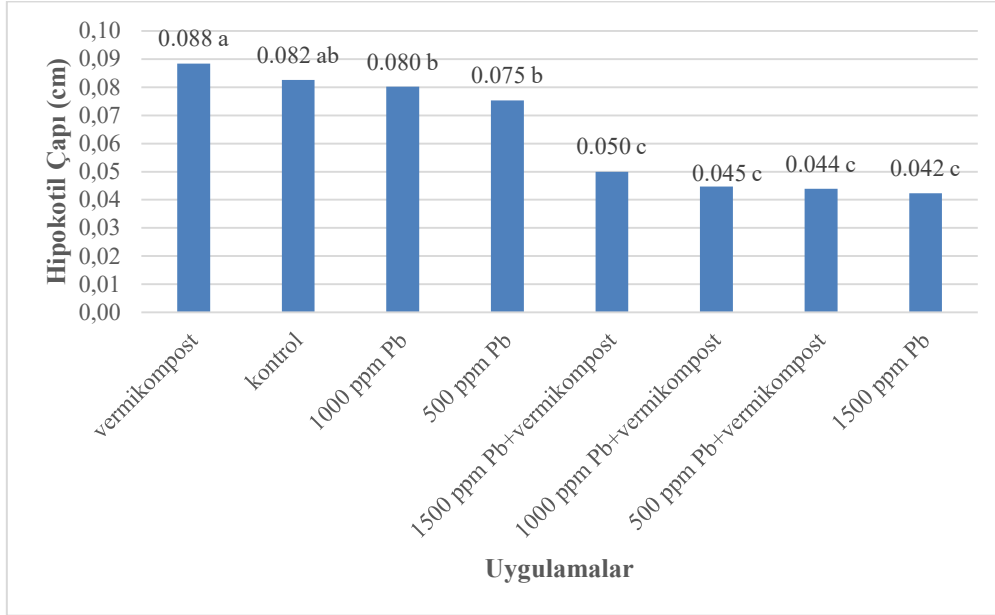
LSD: 0.377*** p***<0.001

Şekil 8. Bu-Ter tere çeşidinin kök uzunluğuna farklı uygulamaların etkisi

Hipokotil Çapı (cm)

Hipokotil çapının uygulamalar arasında farklılık gösterdiği ve bu farklılığın istatistiksel olarak önemli olduğu belirlenmiştir (p<0.001). En yüksek hipokotil çapı vermikompost uygulamasında iken, en düşük hipokotil çapı 1500 ppm Pb uygulamasındadır. Pb uygulamasının hipokotil çapını olumsuz etkilediği belirlenmiştir. Bu olumsuz etkiyi azaltma da Pb uygulamasıyla birlikte uygulanan vermikompostun 1500 ppm Pb uygulaması hariç etkisiz kaldığı belirlenmiştir. Kontrole kıyasla 1000 ppm Pb ve 500 ppm Pb uygulamalarının hipokotil çapına olumsuz etkilerinin çok az olduğu yani kontrole yakın hipokotil çapının olduğu görülmüştür. Yapılan bir çalışmada, Rio Grande domates çeşidinde 4 M tuz uygulamasında hipokotil çapının en yüksek olduğu, H2274 domates çeşidinde ise en düşük olduğu bildirilmiştir. Tuz uygulamalarının tüm konsantrasyonlarında H2274 domates çeşidinin hipokotil çapının azaldığı rapor edilmiştir (Dere, 2021). *Sesbania punicea* (Cav.) Benth

bitkisinde kurşun ve bakteri uygulanmasına kıyasla kontrol uygulamasında en yüksek sürgün kalınlığının görüldüğü belirtilmiştir (Çığ, 2022). Buna benzer sonuçların diğer araştırmacılar tarafından yapılan çalışmalarda da görülmüştür (Akdoğan ve Özkan, 2000; Erken, 2005; Okçu ve ark., 2005; Köşkeroğlu, 2006; Day ve ark., 2008).



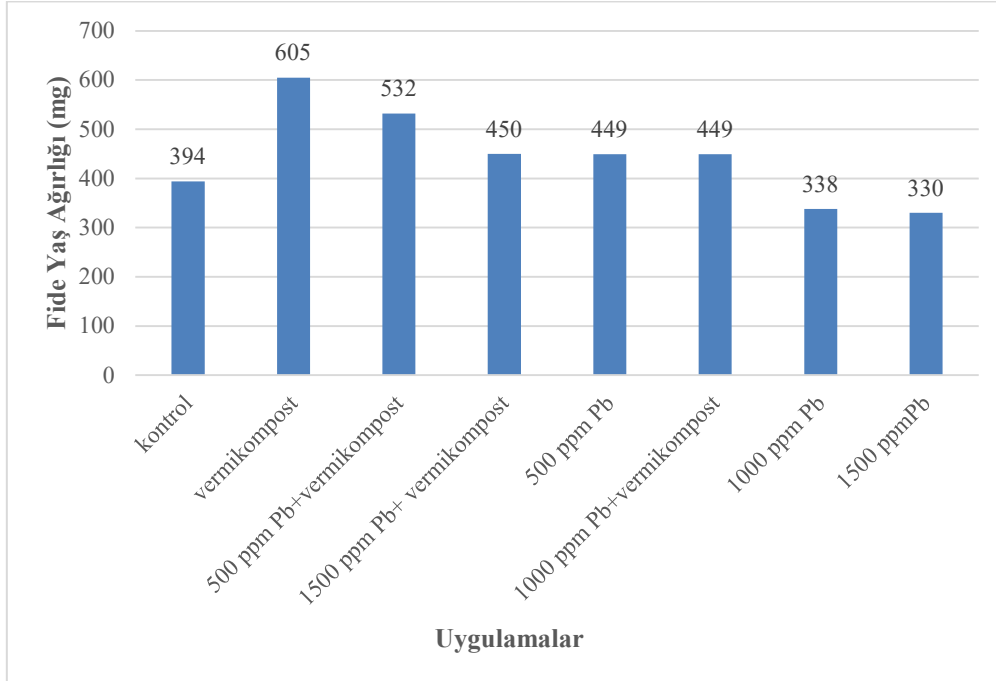
LSD: 0.00802*** p***<0.001

Şekil 9. Bu-Ter tere çeşidinin hipokotil çapına farklı uygulamaların etkisi

Fide Yaş Ağırlığı (mg)

Fide yaş ağırlığı bakımından uygulamalar arasındaki farklılığın istatistiksel olarak önemli olmadığı görülmüştür (Şekil 10). Fide yaş ağırlığının en düşük 1500 ppm Pb uygulamasında, en yüksek ise vermikompost uygulamasında olduğu belirlenmiştir. Pb uygulamasının fide yaş ağırlığını olumsuz etkileyerek düşürdüğü belirlenmiştir. Pb uygulamasıyla birlikte vermikompost uygulanmasının fide yaş ağırlığı üzerine Pb uygulamasının olumsuz etkisini hafifletmede etkili olduğu belirlenmiştir. Kurşun ağır metali ile muamele edilmiş bitkilerde farklı bitki organlarının yaş ve kuru ağırlıkları önemli ölçüde azalmış ve bu azalma, uygulanan ağır metal konsantrasyonu ile arttığı bildirilmiştir (Deswal ve Laura, 2018). Herhangi bir bitkinin genel büyümesi fide ağırlığıyla belirlenebilmektedir. Ayrıca kurşunun bitki türlerinin taze ve kuru biyokütle birikimine etkisi bitki türlerine, bitki çeşitlerine, bitki organlarına ve metabolik süreçlere göre değişmektedir. *Zea mays*'ın fide yaş ağırlığının kurşun uygulamasıyla azaldığı bildirilmiştir (Hussain ve ark., 2018). Kurşunun (kontrol, 100, 200 ve 400 mg L⁻¹) farklı konsantrasyonlarının 11 farklı susam bitkilerine etkilerinin araştırıldığı çalışmada, fide yaş ağırlığının artan kurşun konsantrasyonu ile birlikte azaldığı ve büyümeyi olumsuz etkilediği belirtilmiştir. Genotiplerin kurşun ağır metaline karşı tepkilerinin farklılık gösterdiği rapor edilmiştir. Farklı susam

genotiplerinin fide taze ağırlığı ile kurşun nitrat konsantrasyonları arasında negatif bir korelasyon olduğu bildirilmiştir. Tüm genotiplerin minimum fide taze ağırlıkları 400 mg L^{-1} konsantrasyon uygulamasında, maksimum fide taze ağırlıklarının ise kontrol parsellerinden elde edildiği belirtilmiştir (Kaya ve ark., 2019).



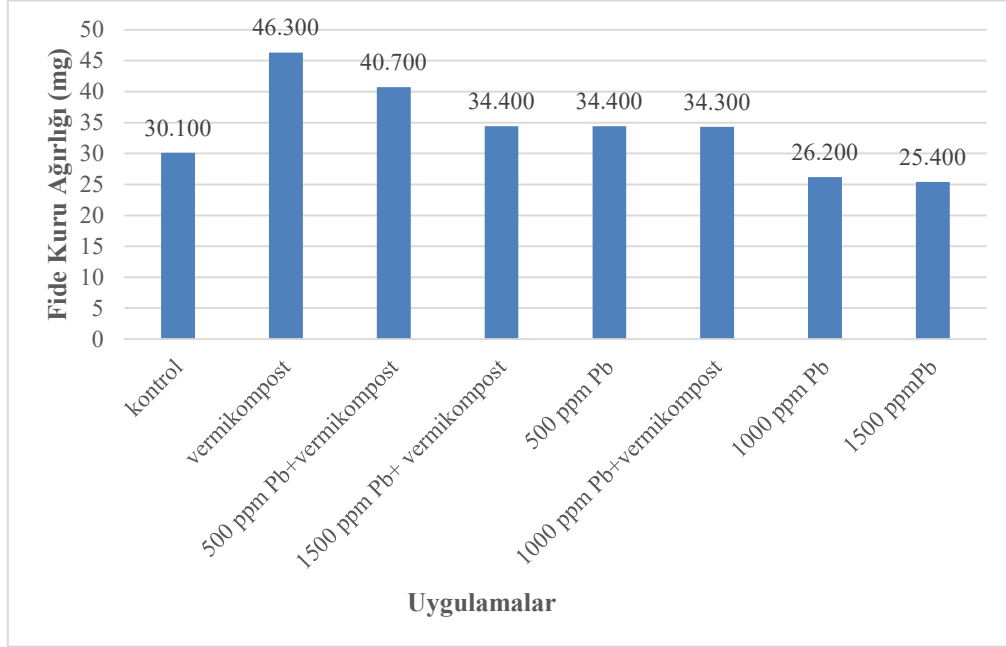
LSD: 380.06 p<Ö..D

Şekil 10. Bu-Ter tere çeşidinin fide yaş ağırlığına farklı uygulamaların etkisi

Fide Kuru Ağırlığı (mg)

Fide kuru ağırlığı bakımından uygulamalar arasındaki farklılığın istatistiksel olarak önemli olmadığı görülmüştür (Şekil 11). Fide kuru ağırlığının fide yaş ağırlığında olduğu gibi en düşük 1500 ppm Pb uygulamasında, en yüksek ise vermikompost uygulamasında olduğu belirlenmiştir. Pb uygulamasının fide kuru ağırlığını olumsuz etkilediği görülmüştür. En yüksek fide kuru ağırlığının 46.300 mg ile vermikompost uygulamasında olduğu bunu 40.700 mg ile 500 ppm Pb+vermikompost uygulamasının takip ettiği belirlenmiştir. Fide kuru ağırlığının kontrole kıyasla Pb ile vermikompostun birlikte uygulandığı uygulamalarda arttığı tespit edilmiştir. Ayrıca Pb uygulamasının fide kuru ağırlığını olumsuz etkilediği ve bu olumsuz etkiyi azaltmada vermikompost uygulamasının etkili olabileceği düşünülmektedir. Marul bitkisinin kuru ağırlığına kurşun uygulamasının etkisinin olmadığı bildirilmiştir (Doğaroğlu, 2018). Buğdayda 0, 20, 40, 60, 80, 100 ppm konsantrasyonlarda kurşun uygulamasının etkilerinin araştırıldığı çalışmada, 20 ppm kurşun uygulamasının fide kuru ağırlığını

önemli oranda azalttığı bildirilmiştir. Ayrıca kontrole kıyasla 80 ppm Pb uygulamasının fide kuru ağırlığını azaltmada büyük oranda etkili olduğu belirtilmiştir (Mehboob ve ark., 2018).



LSD: 29.065 p<Ö..D

Şekil 11. Bu-Ter tere çeşidinin fide kuru ağırlığına farklı uygulamaların etkisi

Sonuç ve Öneriler

Bu-Ter tere çeşidine farklı Pb konsantrasyonu uygulamalarıyla birlikte vermikompost uygulamasının sonuçları değerlendirildiğinde; çimlenme yüzdesi açısından 1000 ppm ve 1500 ppm Pb kurşun ile birlikte vermikompost uygulanmasının etkili olduğu görülmüştür. Ortalama çimlenme süresi bakımından Pb uygulamaları değerlendirildiğinde 1500 ppm Pb uygulamasında vermikompost uygulanmasının çimlenme süresini azalttığı belirlenmiştir. Çimlenme hızının ve çimlenme enerjisinin 1000 ppm ve 1500 ppm Pb uygulamasına kıyasla 1000 ppm Pb+vermikompost ve 1500 ppm Pb+vermikompost uygulamasında arttığı görülmüştür. Çimlenme üniformitesinin 500 ppm ve 1500 ppm Pb uygulamasına göre 500 ppm Pb+vermikompost ve 1500 ppm Pb+vermikompost uygulamasında arttığı belirlenmiştir. Vigor indeksi, bitki boyu, kök uzunluğu ve hipokotil çapı bakımından Pb uygulamalarıyla birlikte vermikompost uygulamasının sadece 1500 ppm Pb uygulamasında etkili olduğu görülmüştür. Fide yaş ve kuru ağırlığının kurşun uygulamalarıyla birlikte vermikompost uygulamasında arttığı belirlenmiştir. Vermikompost uygulamasının çimlenme yüzdesi dışında ortalama çimlenme zamanı, çimlenme hızı (çimlenme indeksi), vigor indeksi gibi çimlenme parametreleri ile fide boyu,

hipokotil çapı, kök uzunluğu, yaş ağırlık ve kuru ağırlık parametrelerinde diğer uygulamalara göre en iyi performansı göstermiştir.

Sonuç olarak Pb'nin farklı dozlarının Bu-Ter tere çeşidinde farklı etkilerinin olduğu belirlenmiştir. Pb'nin incelenen parametreleri üzerine olan olumsuz etkisinin hafifletilmesinde vermikompostun etkili olabileceği belirlenmiştir. Ancak bu etkilerin daha net bir şekilde ortaya çıkarılabilmesi için daha fazla tür ve çeşiti içeren ayrıca farklı Pb konsantrasyonlarının yanı sıra farklı vermikompost konsantrasyonlarını içeren daha geniş çaplı çalışmaların yapılması önem arz etmektedir.

Teşekkür Bilgi Notu

Yapılan çalışma herhangi bir kurum ya da firma tarafından desteklenmemiştir. Bu çalışmada etik kurul iznine gerek yoktur. Çalışma makaleye dönüştürülürken tüm araştırma ve yayın etiği kuralları göz önünde bulundurulmuş ve bu kurallara uygun olarak yayın hazırlanmıştır. Yayında 1. yazar % 70 oranında, 2. yazar ise % 30 oranında katkı sunmuştur. Makale yazarları arasında herhangi bir çıkar çatışmasının olmadığını beyan ederler.

Kaynakça

- Abbasdokht, H. 2011. The Effect of Hydropriming and Halopriming on Germination and Early Growth Stage of Wheat (*Triticum aestivum* L.). *Desert*, 16: 61- 68.
- Açıkgöz, N. ve Açıkgöz, N. 2001. Common Mistakes in The Statistical Analyzes of Agricultural Experiments I. Single factorials. *Anadolu Ege Tarımsal Araştırma Enstitüsü Dergisi*, 11: 135-147.
- Akdoğan, S. ve Özkan, I. 2000. Gelişmenin değişik dönemlerinde uygulanan su noksanlığı geriliminin biber bitkisi (*Capsicum annum* L)' nin tuza duyarlılığı üzerine etkisi. *Ankara Üniversitesi Tarım Bilimleri Dergisi*, 6: 1-8.
- Alam, M. N., Jahan, M. S., Ali, M. K., Ashraf, M. A. ve Islam, M. K. 2007. Effect of vermicompost and chemical fertilizers on growth, yield and yield components of potato in barind soils of Bangladesh. *Journal of Application Science Research*, 12: 1879-1888.
- Ali, M., Griffiths, A. J., Williams, K.P. ve Jones, D.L. 2007. Evaluating the growth characteristics of lettuce in vermicompost and green waste compost. *European Journal of Soil Biology*, 43: 316-319.
- Arın, L. ve Aybaş, H. 2008. Ekim öncesi farklı tuzlar uygulanmış karnabahar (*Brassica oleracea* var. *Botrytis*) tohumunun değişik tuzluluk seviyelerindeki çimlenmesi ve fide gelişimi. *Türkiye III. Tohumculuk Kongresi*, Nevşehir, p:30-33.
- Asri, F.Ö. ve Sönmez, S. 2006. Ağır metal toksisitesinin bitki metabolizması üzerine etkileri. *Derim*, 23 (2): 36-45.

- Ayaz, F. A. ve Kadioğlu, A. 1997. Ağır metallerin (Zn, Cd, Cu, Hg) çimlenen *Lens esculenta* L. tohumlarındaki çözüner protein bantları üzerine etkileri. *Turkish Journal of Botany*, 21 (2): 85-88.
- Aydın, M. 2011. Metallerle etkileştirilen tere bitkisinde (*Lepidium sativum*) bazı enzim aktivitelerinin incelenmesi. Yüksek lisans tezi, Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Sakarya.
- Azmat, R., Haider, S., Askari, S., 2006. Effect of Pb on germination, growth, morphology and histomorphology of *Phaseolus mungo* and *Lens culinaris*. *Pakistan Journal of Biological Sciences*, 9 (5): 979-984.
- Bafeel, S. 2010. Physiological and biochemical aspects of tolerance in *Lepidium sativum* (cress) to lead toxicity. *Catrina: The International Journal of Environmental Sciences*, 5 (1): 1-7.
- Batır, M.B., 2014. Kurşun (Pb) ve bakır (Cu) ağır metal stresi uygulanan enginar (*Cynara scolymus* L.) tohumlarının fidelerinde oluşan DNA değışikliklerinin belirlenmesi. Yüksek lisans tezi, Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Eskişehir.
- Bayçu, G. 1922. *Ailanthus Altissima* 'da kadmiyum, kurşun birikimi ve kadmiyumun bitki gelişmesine etkisi, Yüksek lisans tezi, İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Bellitürk, K., Kuzucu, M., Çelik, A. ve Baran, M. F. 2019. Antep Fıstığında (*Pistacia Vera* L.) Kuru Koşullarda Gübrelemenin Verim ve Kaliteye Etkileri. *Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi*, 16(2): 251-259.
- Bewley, J. ve Black, M. 1994. *Seeds: Physiology of Development and Germination*. Springer, New York, USA, pp: 4-5.
- Braz, J. 2005. Copper in plants. *Brazilian Journal of Plant Physiology*, 17: 145-146.
- Bradford, K.J. 1995. Water Relations in Seed Germination. In: Kigel, J. and Galili, G, Eds., *Seed Development and Germination*, Marcel Dekker, Inc, New York, 351-396.
- Cunningham, S. D. ve Ow, D. W. 1996. Promises and prospects of phytoremediation. *Plant Physiology*, 10: 15-719.
- Çığ, A. 2022. Determination of germination and some early development parameters of *Sesbania punicea* (Cav.) Benth. seeds by bacteria applications showing ACCD activity under lead stress. Conference: International Conference On Global Practice of Multidisciplinary Scientific Studies At: Turkish Republic of Northern Cyprus, 6-8 March, Cyprus, p:1617-1628.
- Çolak, G., Keser, Ö. ve Caner, N. 2008. *Lycopersicon Esculentum* Mill. ve *Raphanus sativus* L. bitkilerinde çimlenme ve sonrası büyüme aşamalarında Na₂SO₄ tipi tuz stresinin etkileri. *Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 24: 17-38.
- Dannehl, D., Huyskens-Keil, S., Wendorf, D., Ulrichs, C. ve Schmidt, U. 2012. Influence of intermittent-direct-electriccurrent (IDC) on phytochemical compounds in garden cress during growth. *Food Chemistry*, 131: 239-246.
- Daşgan, H. Y., Kuşvuran, Ş., Abak, L. ve Sarı, N. 2010. İklim Değişikliğinin Sebze Tarımına Etkileri, Kuraklığa ve Tuzluluğa Dayanıklı Yöresel Sebze Genotiplerinin Belirlenmesi ve Korunması. MDG-F 1980 Türkiye'nin

- İklim Değişikliğine Uyum Kapasitesinin Geliştirilmesi Birleşmiş Milletler Ortak Programı. Özel proje kitapçığı 39s.
- Day, S., Kaya, M. D. ve Kolsarıcı, Ö. 2008. Bazı çerezlik ayçiçeği (*Helianthus annuus* L.) genotiplerinin çimlenmesi üzerine NaCl konsantrasyonlarının etkileri. *Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarım Bilimleri Dergisi*, 14: 230-236.
- Demir, İ., Kılıç, G. ve Coşkun, M. 2008. Türkiye ve bölgesi için PRECIS bölgesel iklim modeli çalışmaları. In: Proceedings of I. Türkiye İklim Değişikliği Kongresi, TİKDEK 2007, İTÜ, İstanbul, Turkey, pp. 252-260.
- Dere, S. 2017. Kurşun kirliliğinin tarımsal üretim ve insan sağlığı üzerine etkileri. International Conference on Agriculture, Forest, Food Sciences and Technologies, 15-17 May, Nevşehir, p:127-127.
- Dere, S. 2019. Kurşun kirliliğinin tarımsal üretime etkileri. *International Journal on Mathematic, Engineering and Natural Sciences*, 3: 12.
- Dere, S., 2020. Abiyotik Stres Faktörlerinin Bitkilerdeki Etkilerine Genel Bir Bakış. Tarım ve Hayvancılıkta Yapılan Çalışmalar ve Güncel Değişimler. Iksad Publications, Türkiye, 217-262 s.
- Dere, S. 2021. Domateste (*Solanum lycopersicum*) farklı tuz konsantrasyonu ön uygulamalarının çimlenme ve fide gelişim parametrelerine etkileri. *Iğdır Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 11 (Özel Sayı): 3324-3335.
- Deswal, M. ve Laura, J. S. 2018. Effect of heavy metals cadmium, nickel and lead on the seed germination and early seedling growth of *Pisum sativum*. *Research Journal of Life Sciences, Bioinformatics, Pharmaceutical and Chemical Sciences*, 4: 368-383.
- Doğan, M., Avu, A., Can, E. N. ve Aktan, A. 2008. Farklı domates tohumlarının çimlenmesi üzerine tuz stresinin etkisi. *Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Edebiyat Fakültesi Fen Dergisi*, 3: 174-182.
- Doğaroğlu, Z. G. 2018. Kadmiyum, kurşun ve çinko metallerinin marul (*Lactuca sativa* L.) tohumlarının çimlenme özellikleri üzerine etkisi. *Uludağ Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Dergisi*, 23 (2).
- Doğru, A., Altundağ, H. ve DüNDAR, M. Ş. 2021. Bitkilerde Ağır Metal Hiperakümüasyonu ve Fitoremediasyon. *Journal of Agricultural Biotechnology*, 2 (2): 32-55.
- Edwards, C.A. ve Bohlen, P.J. 1996. Biology and Ecology of Earthworms. 3rd Edition, Chapman & Hall, London.
- Ellis RA, Roberts EH, 1981. The Quantification of Ageing and Survival in Orthodox Seeds. *Seed Science and Technology*, 9: 373-409.
- Erken, N. T. 2005. Soğanda (*Allium cepa* L.) Tuzluluğun bitki büyüme ve gelişimi üzerine etkileri. Yüksek Lisans Lisans, Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Çanakkale.
- Fargasova, A. 1994. Effect of Pb, Cd, Hg, As and Cr on germination and root growth of *Sinapis alba* seeds. *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology*, 52: 452-456.
- Finch-Savage, W. E. 1995. Influence of seed quality on crop establishment, growth and yield. In: Basra AS (Ed). Seed Quality, Basic Mechanisms and Agricultural Implications. Haworth Press, Inc., New York, pp 45- 80.

- Gür, N., Topdemir, A., Munzuroğlu, Ö., Çobanoğlu, D. 2004. Ağır metal iyonlarının (Cu²⁺, Pb²⁺, Hg²⁺, Cd²⁺) Clivia sp. bitkisi polenlerinin çimlenmesi ve tüp büyümesi üzerine etkileri. *Fırat Üniversitesi Fen ve Matematik Bilimleri Dergisi*, 16 (2): 177-182.
- Henssler, H. ve Gospage, S. 1987. The exhaust emission standards of the European community. *SAE Transactions*, 96(7): 69-83.
- Hosseinzadeh, S.R., Amiri, H. ve İsmaili, A. 2016. Effect of vermicompost fertilizer on photosynthetic characteristics of chickpea (*Cicer arietinum* L.) under drought stress. *Photosynthetica*, 54 (1): 87-92.
- Hu, J., Zhu, Z. Y., Song, W. J., Wang, J. C. ve Hu, W. M. 2005. Effects of sand priming on germination and field performance in direct-sown rice (*Oryza sativa* L.). *Seed Science and Technology*, 33: 243- 248.
- Hussain, A., Abbas, N., Arshad, F., Akram, M., Khan, Z.I., Ahmad, K., Mansha, M. ve Mirzaei, F. 2013. Effects of diverse doses of Lead (Pb) on different growth attributes of *Zea mays* L. *Agricultural Sciences*, 4: 262.
- İbrahim, M. M. ve Bafeel, S. O. 2011. Molecular and physiological aspects for *Lepidium sativum* tolerance in response to lead toxicity. *Fresenius Environmental Bulletin*, 20 (8): 1871-1879.
- İşlek C, Koç E, Üstün AS, 2010. Biber (*Capsicum annum* L.) tohumlarında bazı bitki büyüme düzenleyicilerinin in vitro çimlenme üzerine etkisi. *Balıkesir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 12: 42-49.
- Jat, R. S. ve Ahlawat, I. P.S. 2006. Direct and residual effect of vermicompost, biofertilizers phosphorus on soil nutrient dynamics and productivity of chickpea-fodder maize. *Journal of Sustainable Agriculture*, 28: 41-54.
- Kabak, B., Arslan, Y., Trak, D., Erdem, Y. ve Kendüzler, E. 2016. Tere bitkisindeki metallerin atomik absorpsiyon spektrometre ile tayini. *Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 7 (Ek Sayı 1): 240-247.
- Kaya, A. R., Eryigit, T., Uslu, Ö.S., Gedik, O. ve Tuncturk, M. 2019. Effects of lead on seed germination and seedling growth in different sesame (*Sesamum Indicum*) genotypes. *Fresenius Environmental Bulletin*, 28 (9):6574-6579.
- Kennedy, C.D. ve Gonsalves, F.A.N. 1989. The action of divalen Zn, Cd, Hg, Cu and Pb ions on the ATPase activity of a plasma membrane fraction isolated from roots of *Zea mays*. *Plant and Soil*, 117 (2): 167-175.
- Keser, G. 2005. *Nasturtium officinale* R. Br.'de kurşunun strese bağlı enzimlerin aktivitelere, gelişmeye, mineral ve klorofil içeriğine etkileri. Doktora tezi, Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana.
- Khan A.A. 1992. Preplant physiological seed conditioning. *Horticultural Reviews*, 14: 131-181.
- Khan, M. A. Ungar, I. A. ve Showalter, A. M. 2000. Effect of sodium chloride treatments on growth and ion accumulation of the halophyte *haloxylon recurvum*. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 31: 2763-2774.
- Kıran S 2019. Vermikompost uygulamalarının kuraklık stresi altındaki kıvrıkcık salatanın (*Lactuca sativa* var. *crispa*) mineral içerikleri üzerine etkisi. *Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Tarım ve Doğa Dergisi*, 22 (Ek Sayı 1): 133-140.

- Kıran, Y. ve Munzuroğlu, Ö. 2004. Mercimek (*Lens culinaris* Medik.) tohumlarının çimlenmesi ve fide büyümesi üzerine kurşunun etkileri. *Fırat Üniversitesi Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 16 (1): 1-9.
- Kıran, Y. ve Şahin, A. 2005. The effects of the lead on the seed germination, root growth, and root tip cell mitotic divisions of *Lens Culinaris* Medik. *Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, 18 (1): 17 -25.
- Kopittke, P. M., Asher, C. J., Kopittke, R. A. ve Menzies, N. W. 2007. Toxic effects of Pb^{2+} on growth of cowpea (*Vigna unguiculata*). *Environmental Pollution*, 150 (2): 280-287.
- Köşkeroğlu, S. 2006. Tuz ve su stresi altındaki mısır (*Zea mays* L.) bitkisinde prolin birikim düzeyleri ve stres parametrelerinin araştırılması. Yüksek Lisans Tezi, Muğla Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Muğla.
- Kranner, I. ve Colville, L. 2011. Metals and seeds: Biochemical and molecular implications and their significance for seed germination. *Environmental and Experimental Botany*, 72 (1): 93–105.
- Kumar, G. ve Singh R. P.1991. Sushila nitrate assimilation and biomass production in *Sesamum indicum* L seedlings in a lead enriched environment. *Water Air Soil Pollut*, 66: 163-171.
- Li, W., Zhang, H., Zeng, Y., Xiang, L., Lei, Z., Huang, Q., Li, T., Shen, F. ve Cheng, Q. 2020. A salt tolerance evaluation method for sunflower (*Helianthus annuus* L.) at the seed germination stage. *Scientific Reports*, 10 (1): 1-9.
- Maratta, A., Vázquez, S., López, A., Augusto, M. ve Pacheco, P. H. 2016. Lead preconcentration by solid phase extraction using oxidized carbon xerogel and spectrophotometric determination with dithizone. *Microchemical Journal*, 128: 166–171.
- Marcos-Filho, M. 2015. Seed vigour testing: an overview of the past, present and future perspectives. *Scientia Agricola*, 72 (4): 363-374.
- Matthews, S., Noli, E., Demir, I., Khajeh-Hosseini, M., Wagner, M. H. 2012. Evaluation of seed quality: from physiology to international standardisation. *Seed Science Research*, 22: 69-73.
- Mavi, K., Ermiş, S. ve Demir, İ. 2006 The Effect of Priming on Tomato Rootstock Seeds in Relation to Seedling Growth. *Asian Journal of Plant Sciences*, 5 (6): 940-947.
- Mavi, K., Karaca, F. ve Yetişir, H. 2010. Effects of Different Priming Techniques on Germination and Seedling Emergence in Naturally Aged Melon Seeds, VIII. Sebze Tarımı Sempozyumu Bildirileri, Haziran 2010, Van, Türkiye, s.273-277.
- Mehboob, S., Iqbal, M.Z., Shafiq, M., Kabir, M. ve Zia-Ur-Rehman Farooq, Z. 2018. Effects of lead on seed germination and seedling growth of wheat (*Triticum aestivum*) L. *GSI*, 6 (8): 8.
- Nriagu, O. J. 1992. Toxic metal pollution in Africa. *The Science of the Total Environment*, 121: 1-37.
- Nwosu, J. U., Harding, A. K. ve Linder, G. 1995. Cadmium and Lead uptake by edible crops grown in a silt loam soil. *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology*, 54: 570-578.
- Okcu, M., Tozlu, E., Kumlay, A.M., Pehlivan, M., 2009. Ağır metallerin bitkiler üzerine etkileri. *Alınleri*, 1(B): 14-26.

- Okçu, G., Kaya, M.D. ve Atak, M. 2005. Effects of salt and drought stresses on germination and seedling growth of pea (*Pisum sativum* L.). *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 29: 237-242.
- Öner, F. ve Kırılı, A. 2018. Effects of salt stress on germination and seedling growth of different bread wheat (*Triticum aestivum* L.) cultivars. *Akademik Ziraat Dergisi*, 7: 191-196.
- Öz, M. ve Karasu, A. 2007. Pamuğun çimlenmesi ve erken fide gelişimi üzerine tuz stresinin etkisi. *Bursa Uludag Üniv. Ziraat Fakültesi Dergisi*, 21: 9-21.
- Özay, C. 2018. Bazı ağır metallerin yem şalgamı'nda (*Brassica rapa* L. var. *rapa*) tohum çimlenmesi ve fide büyümesi üzerine etkisi. *Iğdır Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 8 (3): 71-76.
- Özyazıcı, M. A. ve Açıkbay, S. 2021. Effects of different salt concentrations on germination and seedling growth of some sweet sorghum [*Sorghum bicolor* var. *saccharatum* (L.) Mohlenbr.] cultivars. *Türkiye Tarımsal Araştırmalar Dergisi*, 8: 133-143.
- Özyazıcı, M.A., Dengiz, O. ve Özyazıcı, G. 2017. Spatial distribution of heavy metals density in cultivated soils of Central and East Parts of Black Sea Region in Turkey. *Eurasian Journal of Soil Science*, 6 (3): 197- 205.
- Patade, Y.V., Maya, K. ve Zakwan, A. 2011. Chemical Seed Priming as a Simple Technique to Impart Cold and Salt Stress Tolerance in *Capsicum*. *Journal of Crop Improvement*, 25: 497-503.
- Peterson, R. K. D. ve Higley, L.G. 2001. Illuminating the black box: the relationship between injury and yield. In: Peterson RKD, and Higley LG, eds. *Biotic Stress and Yield Loss*. New York: CRC Press, 1-12.
- Prasad, T., Sudhakar, P., Sreenivasulu, Y., Latha, P., Munaswamy, V., Reddy, K. R., Sreeprasad, T. S., Sajanlal, P. R. ve Pradeep T. 2012. Effect of nanoscale zinc oxide particles on the germination, growth and yield of peanut, *Journal of Plant Nutrition*, 35 (6): 905-927.
- Rangarajan, A., Leonard, B. ve Jack, A. 2008. Cabbage transplant production using organic media on farm. In: Proceedings of National Seminar on Sustainable Environment. N. Sukumaran (Ed). Bharathiar University, Coimbatore, pp. 45-53.
- Rolfe, G. L. ve Bazzaz, F.A. 1975. Effect of lead contamination on transpiration and photosynthesis of loblolly pine and Autumn olive. *Forest Science*, 21 (1): 33-35.
- Rueden, C. T., Schindelin, J., Hiner, M. C., DeZonia, B. E, Walter, A. E., Arena, E. T., Eliceiri, K. W. 2017. ImageJ2: Imagej for The Next Generation of Scientific Image Data. *BMC Bioinformatics*, 18: 529.
- Ruiz-Jiménez, J., Luque-Garcia, J.L. ve Luque De Castro, M.D. 2003. Dynamic ultrasound-assisted extraction of cadmium and lead from plants prior to electrothermal atomic absorption spectrometry. *Analytica Chimica Acta*, 480 (2): 231-237.
- Scott SJ, Jones RA, Williams WA, 1984. Review of Data Analysis Methods for Seed Germination. *Crop Science*, 24: 1192-1199.
- Silva S., Silva P., Oliveira H., Gaivao I., Matos M., Pinto-Carnide O. ve Santos C. 2017. Pb low doses induced genotoxicity in *Lactuca sativa* plants. *Plant Physiology and Biochemistry*, 112: 109-116.

- Singh, R., Sharma, R. R., Kumar, S., Gupta, R. K. ve Patil, R. T. 2008. Vermicompost substitution influences growth, physiological disorders, fruit yield and quality of strawberry (*Fragaria x ananassa* Duch). *Bioresource Technology*, 99: 8507-8511.
- Singh, R.P., Tripathi, R.D., Sinha, S.K., Maheshwari, R. ve Srivastava, H.S. 1997. Response of higher plants to lead contaminated environment. *Chemosphere*, 34(11): 2467-2493.
- Spona, K.D. ve Baum, B. 1993. Untersuchungen zur pflanzenverfolgbarkeit von blei, cadmium, kupfer und zink auf kontaminierten böden den in einem industriellen ballungsgebiet. In: U. Radtke (Ed.), *Schwermetalle, Dusseldorfer Geographische Schriften, Düsseldorf*, pp. 203-222.
- Sung, Y., Cantliffe, D.J. ve Nagata, R. 1998. Using a Puncture Test to Identify the Role of Seed Coverings on Thermotolerant Lettuce Seed Germination. *Journal of the American Society for Horticulture Science*, 123: 1102-1106.
- Tabassum, T., Farooq, M., Ahmad, R., Zohaib, A., Wahid, A. 2017. Seed priming and transgenerational drought memory improves tolerance against salt stress in bread wheat. *Plant Physiology and Biochemistry*, 118: 362-369.
- Teke, Ş., Coşkan, A. ve Aktaş, H. 2019. Vermikompostun domateste verim ve kalite parametreleri üzerine etkileri. *Türk Bilim ve Mühendislik Dergisi*, 1 (1): 23-27.
- TeKrony, D. M. 2003. Precision is an essential component in seed vigour testing. *Seed Science and Technology*, 31 (2): 435- 477.
- Terzi, H. ve Yıldız, M. 2013. Bitkilerde ağır metal toksisitesi: proteomik yaklaşım. *Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 13 (021001): 1-21.
- Turhan, A. ve Şeniz, V. 2010. Farklı tuz konsantrasyonlarının Türkiye’de yetiştirilen bazı domates genotiplerinin çimlenmesi üzerine etkileri. *Bursa Uludag Üniv. Ziraat Fak. Derg.* 24: 11-22.
- Umesha, S. S. ve Naidu, K. A. 2012. Vegetable oil blends with alinolenic acid rich Garden cress oil modulate lipid metabolism in experimental rats. *Food Chemistry*, 135: 2845–2851.
- Wierzbicka, M. ve Obidzinska, J. 1998. The effects of lead on seed imbibitions and germination in different plant species. *Plant Science*, 137: 155-171.
- Wozny, A., Zatorska, B. ve Mlodzianowski, F. 1982. Influence of the lead on the development of lupin seedlings and ultrastructural localization of this metal in the roots. *Acta Societatis Botanicorum Poloniae*, 51: 345-351.
- Yokaş, Ş., Tuna, A. L., Bürün, B., Altunlu, H., Altan, F. ve Kaya, C. 2008. Responses of the tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.) plant to exposure to different salt forms and rates. *Turkish Journal of Agriculture and Forestr*, 32: 319-329.
- Zengin, F. K. ve Munzuroğlu, Ö. 2004. Effects of lead (Pb⁺⁺) and copper (Cu⁺⁺) on the growth of root,shoot and leaf of bean (*Phaseolus vulgaris* L.) seedlings. *Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, 17 (3): 1-10.
- Zhao, X., Joo, J.C., Kim, D., Lee, J.-K. ve Kim, J. Y. 2016. Estimation of the Seedling Vigor Index of Sunflowers Treated with Various Heavy Metals. *Journal of Bioremediation & Biodegradation*, 7: 3.

