

Bitki Doku Kültüründe Tuz Stresi Uygulamaları

Muhammet DOĞAN^{1*}

¹ Beslenme ve Diyetetik Bölümü, Sağlık Bilimleri Fakültesi, Karamanoğlu Mehmetbey Üniversitesi, Karaman, Türkiye.

*(mtdogan1@gmail.com; ORCID: 0000-0003-3138-5903)

Özet –Tuzluluk, çimlenme, bitki gücü ve ürün verimi üzerinde olumsuz etkileri olan tarımsal ürünlerin üretkenliğini sınırlayan en ciddi faktörlerden biridir. Tuzlanma, çoğunlukla su kullanımını nedeniyle sulanan birçok alanı etkiler. Tuz stresi, bitki metabolizmasının ve yapısının farklı yönlerini etkiler. Tuzluluk, iyonik ve ozmotik etkilere bağlı olarak hücre yapısı ve metabolizmasında önemli bir yeniden düzenleme ile hücresel ayarlamaya neden olur. Son yıllarda doku kültürü teknikleri kullanılarak stress çalışmaları hız kazanmıştır. Doku kültürü, bitkideki stres faktörlerin etkilerini izlemede büyük avantajlar sunmaktadır. Ayrıca *in vitro* seleksiyon çalışmaları için de önemlidir. Doku kültürü teknikleri kullanılarak birçok stress faktörü üzerine çalışmalar gerçekleştirilmiştir. Bu derleme makale özellikle tuz/tuzluluk stresi ilgili doku kültürü çalışmalarını sunmaktadır.

Anahtar Kelimeler – Doku Kültürü, İn Vitro Çoğaltım, Sürgün Rejenerasyonu, Tuz Stresi

I. GİRİŞ

Tuz stresi, tohumların çimlenmesini, büyümesini ve gelişmesini, çiçeklenmesini ve meyve vermesini engelleyerek bitkileri olumsuz etkiler [1,2]. Tuzlu topraktaki yüksek sodyum konsantrasyonları, bitkide su alımını ve besinlerin emilimini sınırlar. Su eksikliği ve beslenme dengesizliği, ozmotik stres ve iyonik stres dahil olmak üzere birincil stresleri tetikler. Bu birincil stresler oksidatif stresle sonuçlanır ve bir dizi ikincil strese neden olabilir. Tuz stresi birlikte çeşitli fizyolojik ve moleküler değişikliklere yol açar ve fotosentezi engelleyerek bitki büyümesini engeller, böylece mevcut kaynakları azaltır ve hücre bölünmesini ve genişlemesini baskılar. Tuz stresi, hafif hasat kompleksi oluşumunu etkiler ve fotosentezin durum geçişini düzenler. Daha da önemlisi, ribuloz-1,5-bisfosfat karboksilaz/oksijenaz gibi fotosentezdeki anahtar enzimlerin enzim aktiviteleri veya protein stabiliteyi, tuz stresi koşulu altında glikasyonu modüle ederek etkilenir. Tuz stresi ayrıca şeker

sinyalini etkiler ve sükröz, fruktoz ve glikoliz gibi şeker seviyelerini değiştirir [3-6].

Tuzluluğa karşı bitki tepkileri iki ana aşamaya ayrılmıştır. Dakikalar ila günler içinde gerçekleşen iyondan bağımsız bir büyüme azalması, stomaların kapanmasına ve özellikle sürgünde hücre genişlemesinin engellenmesine neden olur. İkinci bir aşama günler hatta haftalar içinde gerçekleşir ve metabolik süreçleri yavaşlatan, erken yaşlanmaya ve nihayetinde hücre ölümüne neden olan sitotoksik iyon seviyelerinin birikmesiyle ilgilidir. Her iki stres türüne de tolerans, çok sayıda fizyolojik ve moleküler mekanizma tarafından yönetilir: ozmotik tolerans, iyonik tolerans ve doku toleransı. Ozmotik tolerans nispeten hızlı başlar ve suyu korumak için stoma iletkenliğinde hızlı bir düşüş içerir. NaCl, KCl tarafından oluşturulan ozmotik etkiler arasında büyük ölçüde ayırım yapmayan hızlı uzun mesafeli (kökten sürgüne) sinyal mekanizmalarını kullanır [7].

Tuz stresi ile ilgili çalışmalar *Triticum aestivum* L. [8], *Cucumis sativus* ve *Solanum lycopersicum* [9], *Moringa oleifera* Lam [10], *Ocimum basilicum* [11], *Vetiveria zizanioides* L. [12], *Pistacia vera* L. [13], *Cucumis melo* L. [14], *Thymus vulgaris* L. ve *Thymus daenensis* Celak [15], *Lupinus termis* [16], *Capsicum annuum* 'Bugwang' [17] ve *Glycine max* L. [18] gibi birçok bitki türünde yürütülmüştür. Doku kültürü koşullarında da çeşitli stres çalışmaları gerçekleştirilmiştir [19-24]. Bu derleme çalışmada özellikle tuz/tuzluluk stresi ile ilgili doku kültürü çalışmaları sunulmuştur.

II. TUZ STRESİ VE DOKU KÜLTÜRÜ UYGULAMALARI

Bu çalışmada, farklı NaCl konsantrasyonlarının (0-100 mM) *Lysimachia nummularia* L.'nin doku kültürü teknikleriyle büyümesi üzerindeki etkileri araştırılmıştır. Ayrıca Murashige ve Skoog (MS) besiyerlerine 0,25 mg/L 6-benzilaminopurin (BAP), Ki-netin (KIN) ve Thidiazuron (TDZ) ilave edilerek NaCl toksisitesi ve hormon etkileşimleri değerlendirilmiştir. NaCl toksisitesi ile rejenere olan sürgünlerin yapraklarında sararma ve kahverengileşme gözlenmiştir. Eksplantlardaki sürgünlerin rejenerasyonu, kültür ortamındaki NaCl konsantrasyonlarındaki artıştan olumsuz etkilenmiştir. BAP, KIN ve TDZ içeren kültür ortamında eksplant başına maksimum sürgün sayısı 25 mM NaCl uygulamasında sırasıyla 3.66, 4.16 ve 11.22 sürgün/eksplant olarak kaydedilmiştir. BAP (4,27 cm) ve TDZ (1,49 cm) kültür ortamında en yüksek sürgün uzunlukları kontrol grubunda, KIN ilaveli kültür ortamında (4,73 cm) 25 mM NaCl uygulamasında elde edilmiştir. Üç hormon türünde 100 mM NaCl uygulamasında minimum sürgün sayıları ve sürgün uzunlukları belirlenmiştir [25]

Bu çalışma, ticari olarak yaygın olarak kullanılan domates çeşitlerinden bir veya birkaçının tuza dayanıklı domates çeşitlerinden seçilmesini amaçlamaktadır. Altı domates çeşidi tohumu (Pethlanna, Puangphaka, Seeda, Beefeater, Seeda chompoo ve TE VF 1-3-4), 0, 5, 10, 25 ve 50 mM NaCl ile sağlanan MS ortamında ve MS ortamında doku kültürü tekniği ile büyütülmüştür. Puangphaka çeşidi tüm test NaCl konsantrasyonlarında diğer

çeşit tohumlarına göre en iyi çimlenme süresi ile gelişebildiği ve kontrol grubuna göre %80-90 oranında daha fazla gelişme gösterdiği için seçilmiştir. Fideler, kök ve kök süperoksit dismutaz (SOD), katalaz (CAT) ve glutatyon peroksidaz (GPx) aktiviteleri ile klorofil miktarını belirlemek için yapılmadan önce 7, 14 ve 21 gün boyunca aynı ortamda daha fazla kültüre alınmıştır. SOD, CAT ve GPx'in tuzluluk tepkilerinde hemen hemen aynı örüntüde, ancak farklı aktivite seviyelerinde artış ve azalma eğilimleri sergilediği bulunmuştur. Besin alımının engellenmesi de sonuçlardan görülebilir. Gövde SOD, gövde CAT, kök CAT, gövde GPx ve kök GPx için maksimum aktiviteler sırasıyla 5, 0.18, 0.08, 2 ve 3 U/mg protein olmuştur. Ayrıca, klorofil A ve B seviyeleri, önemli ölçüde düşüş gösteren 21 günlük bitkiler dışında, hafif düşüş göstermiştir [26].

Bu çalışma, Trescantos ve super Regina adlı iki domates (*Lycopersicon esculentum* Mill.) çeşidinin farklı eksplantlarından doku kültürü tekniği ve kimyasal mutajen olarak Sodyum azit konsantrasyonlarında varyasyonlar oluşturmak ve kallus indüksiyonunu, bitki rejenerasyonunu teşvik etmek amacıyla yürütülmüştür. Farklı bitki büyüme düzenleyicileri kallus uyarma potansiyelleri açısından test edilmiştir. Sonuçlar, (2.0) mM konsantrasyonunda SA (sodyum azit) ile işlenmiş tohumların, kontrol uygulamasına kıyasla tohum çimlenme yüzdesini, fide yüksekliğini ve kök uzunluğunu artırdığını ortaya çıkarmıştır. Kallus indüksiyonu ile ilgili olarak, her iki kültür, değişen konsantrasyonlarda bitki büyüme düzenleyicileri ile farklı test edilen ortamlara karşı farklı bir tepki gösterdi ve test edilen tüm ortamlara değişken yanıtlarına rağmen, Kinetin (KIN) ve Indol asetik asitten (IAA) 2.0 mg kombinasyonu diğer tedavilere kıyasla en etkili olduğu bulunmuştur. Ayrıca, kallus stresli bir ortama aktarıldığında, eksplantların taze ağırlığında değişim gözlenmiş ve tuz seviyesinin artmasıyla yüksek azalma kaydedilmiştir. Benzer şekilde, stresli kalustan rejenerasyon verimliliği 3.0 ve 6.0 dS/m seviyelerinde gözlenirken, 9.0 dS/m

kallus her iki domates çeşidinin üç eksplantında da bitkileri rejenera olmamıştır [27]

N. tabacum'un kallus kültürleri, çeşitli konsantrasyonlarda deniz suyu tuzları (SWP), NaCl ve manitol içeren ortamlar üzerinde büyütülmüştür. Oluşan stresler kallusların büyümesini engellemiş, yeşil renk oluşumunu engellemiş, nekroz ve ölüme neden olmuştur. Kinetik çalışmalar, iyonların çoğunun kültürde ilk 24 saat içinde dokularda biriktiğini, büyümenin ancak 7 günden fazla bir süre sonra başladığını göstermiştir. Dokularda ortamla karşılaştırıldığında Na/K⁺ oranları, SWP içeren ortama kıyasla NaCl içeren ortamda daha güçlü olan K⁺ alımını tercih ettiğini göstermiştir. Ortamın tuzluluğunun artması dokuların kuru madde yüzdesinin artmasına neden olmuştur [28].

Tuzluluk stresinin doku kültürü koşullarında *Solanum nigrum* tarafından solasodine üretimi üzerindeki etkisi araştırılmıştır. Solasodine, steroidal ilaçların ticari üretimi için bir öncü olarak kullanılan diosgenin'e alternatif olan steroidal alkaloiddir. MS kültür ortamına NaCl eklenerek tuzluluk stresi uygulanmıştır. 8 hafta boyunca 0.0 (kontrol), 50, 100, 150 ve 200 mM olmak üzere beş konsantrasyon uygulanmıştır. Elde edilen sonuçlar, tuzluluk stresi altında solasodin seviyesi üretimini arttırma olasılığını göstermektedir. Ancak en yüksek tuzluluk stres konsantrasyonu (200 mM NaCl) konsantrasyonu (150 mM NaCl) ile karşılaştırıldığında anlamlı değildir. *Solanum nigrum* calli'de NaCl düzeyleri ile solasodine içeriği birikimi, prolin içeriği ve solasodine birikimi arasında pozitif korelasyonlar gözlenmiştir. Solasodine üretimi, NaCl konsantrasyonlarının artması sonucunda önemli ölçüde artmıştır. Ancak 150 mM ile 200 mM NaCl arasında solasodin birikiminde anlamlı olmayan farklar gözlenmiştir [29].

Bu çalışmada, *in vitro* tarama kullanarak patates çeşitlerinin tuzluluk stresi toleransındaki değişkenliği ortaya çıkarılmak istenmiştir. Farklı çeşitlerden tek bir boğumdan oluşan gövde çelikleri, farklı konsantrasyonlarda sodyum klorür (NaCl) (0,

50, 100 ve 150 mM) ile desteklenmiş MS ortamında kültürlenmiştir. Tüm çeşitlerin bitkicik uzunluğu, dal sayısı, boğum sayısı, yaprakçık sayısı, yaprakçık genişliği, yaprakçık uzunluğu, kök uzunluğu, kök sayısı, taze bitki ağırlığı, kuru bitki ağırlığı arasındaki farklılıklar tüm NaCl'den olumsuz etkilenmiştir. Çeşitlerin mikrotüberizasyonu ve stolon büyümesi de yüksek konsantrasyonlarda (100-150 mM) tamamen inhibe edilmiştir. Patates çeşitlerinin veri matrisine (15 morfolojik özellik x 12 patates çeşidi) temel bileşenler analizi (PCA) uygulanmıştır. Ayrıca, patates çeşitlerinin analiz edilen tüm morfolojik özelliklerinin olası en yakın ve benzerliğini belirlemek için bir hiyerarşik küme analizi (HCA) kullanılmıştır. Patates çeşitlerinin gruplandırılmasında HCA ve PCA sonuçları benzer bulunmuştur. Patates çeşitlerinin morfolojik benzerliklerinin tuz stresine karşı tepkileri hakkında spekülasyon yapabiliriz. Sırasıyla Innovator ve Kennebec'in tuza en dayanıklı çeşitler olduğu sonucuna varılmıştır [30]

Bu araştırma, Luem Pua pirinç çeşidinde kallus indüksiyonu ve bitkicik rejenerasyonu için uygun bir ortam araştırmayı hedeflemiştir. Tuz stresinin fide büyümesi üzerindeki etkisi, *in vitro* kültür ve toprak koşulları kullanılarak belirlenmiştir. Kallus indüksiyonu için etkili bir protokol, 1 mg/l 2,4-diklorofenoksiasetik asit (2,4-D) ile 0,5 mg/l benziladenin (BA) içeren MS ortamında kültürle sterilize edilmiş tohumlar tarafından geliştirilmiştir. 4 hafta sonra 0,5 mg/l NAA ile 4 mg/l BA içeren MS ortamında bitkicik rejenerasyon yüzdesi %49 olarak kaydedilmiştir. Tuz stresi incelemesi için kalluslar, çeşitli konsantrasyonlarda NaCl (0, 50, 100, 150 ve 200 mM) içeren bir indüksiyon ortamında muamele edilirken, iki haftalık pirinç fideleri toprağa ekilmiş ve aynı konsantrasyonla muamele edilmiştir. *In vitro* kültür, toprak kültürüne benzer şekilde, NaCl konsantrasyonu arttığında kallus hayatta kalma yüzdesinin azaldığını ortaya koymuştur. Tuzluluk uygulaması altındaki fide büyümesi de NaCl konsantrasyonu arttığında azalırken, toplam klorofil, klorofil *a*, klorofil *b*, yeşil yoğunluk ve ışık

koşullarında klorofil floresansı gibi diğer fizyolojik parametreler tuzluluk stresi altında artmıştır [31].

Paulownia tomentosa'nin tuzluluk stresi altında *in vitro* çoğaltma yeteneğini incelenmiştir. Bu deney, farklı bitki büyüme düzenleyicileri (BA, Kin ve IBA) ve iki prolin konsantrasyonu (0.2 ve 0.4 g/l) kullanarak tuzluluk seviyelerinin (500, 1000, 2000 ve 4000 ppm) etkisi altında bitkinin *in vitro* çoğalma yeteneğini değerlendirilmiştir. *In vitro* çoğaltma davranışı için, hem sürgün verme hem de köklenme davranışları için en iyi sonuçlar, MS kültür ortamına 0,2 mg/L'de BA ve 0,1 mg/L'de Kin ve IBA eklendiğinde elde edilmiştir. Tuzluluk stresi altında *in vitro* çoğaltma kabiliyetinin iyileştirilmesi için, *Paulownia* sürgünleri 0,5 g NaCl artı 0,2 veya 0,4 g/L prolin ve 1 g NaCl artı 0,2 g/L ile desteklenmiş MS kültür ortamında büyütüldüğünde hayatta kalma oranı %100 çıkmıştır. *P. tomentosa*'nın tuzluluk stresi altındaki mikro çoğaltma yeteneği, eksplantlar 0,2 g/L'de prolin kullanılarak 0,2 mg/L'de BA ve 0,1 mg/L'de Kin ve IBA ile desteklenmiş MS ortamında kültürlendiğinde optimize edilmiştir [32].

III. SONUÇLAR

Tuzluluk stresi bitki büyümesini olumsuz etkiler ve tahıl ürünlerinde önemli kayıplara neden olur. Tuzluluk stresi toleransı, çeşitli biyokimyasal ve fizyolojik süreçlerde yer alan bileşiklerin etkileşimi ile ortaya çıkan karmaşık bir olgudur. Tuz stresi toleransı için geleneksel yetiştirme sınırlı bir başarıya sahip olmuştur. Doku kültürü teknikleri ile tuz stresi üzerine çalışmalar son yıllarda ivme kazanmıştır. Bu derleme çalışma doku kültürü teknikleri ile tuz stresi üzerine yürütülen bazı çalışmaları sunmuştur. Tuz stresinin bitki doku ve hücreleri üzerindeki etkilerinin izlenebilmesi açısından da doku kültürü teknikleri önemli bir yer tutmaktadır.

KAYNAKLAR

- [1] Miraj, Zhao, S., Zhang, Q., Liu, M., Zhou, H., Ma, C., & Wang, P. (2021). Regulation of plant responses to salt stress. *International Journal of Molecular Sciences*, 22(9), 4609.
- [2] Park, H. J., Kim, W. Y., & Yun, D. J. (2016). A new insight of salt stress signaling in plant. *Molecules and cells*, 39(6), 447.
- [3] Gong, Z. (2021). Plant abiotic stress: New insights into the factors that activate and modulate plant responses. *Journal of Integrative Plant Biology*, 63(3), 429.
- [4] Cuartero, J., & Fernández-Muñoz, R. (1998). Tomato and salinity. *Scientia horticulturae*, 78(1-4), 83-125.
- [5] Talaat, N. B., Ghoniem, A. E., Abdelhamid, M. T., & Shawky, B. T. (2015). Effective microorganisms improve growth performance, alter nutrients acquisition and induce compatible solutes accumulation in common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) plants subjected to salinity stress. *Plant Growth Regulation*, 75, 281-295.
- [6] Aslam, R., Bostan, N., Nabgha-e-Amen, M. M., & Safdar, W. (2011). A critical review on halophytes: salt tolerant plants. *Journal of Medicinal Plants Research*, 5(33), 7108-7118.
- [7] Isayenkov, S. V., & Maathuis, F. J. (2019). Plant salinity stress: many unanswered questions remain. *Frontiers in plant science*, 10, 80.
- [8] EL Sabagh, A., Islam, M. S., Skalicky, M., Ali Raza, M., Singh, K., Anwar Hossain, M., ... & Arshad, A. (2021). Salinity stress in wheat (*Triticum aestivum* L.) in the changing climate: Adaptation and management strategies. *Frontiers in Agronomy*, 3, 661932.
- [9] Abdel-Farid, I. B., Marghany, M. R., Rowezek, M. M., & Sheded, M. G. (2020). Effect of Salinity Stress on Growth and Metabolomic Profiling of *Cucumis sativus* and *Solanum lycopersicum*. *Plants*, 9(11), 1626.
- [10] Azeem, M., Pirjan, K., Qasim, M., Mahmood, A., Javed, T., Muhammad, H., ... & Rahimi, M. (2023). Salinity stress improves antioxidant potential by modulating physio-biochemical responses in *Moringa oleifera* Lam. *Scientific Reports*, 13(1), 2895.
- [11] Kalteh, M., Alipour, Z. T., Ashraf, S., Marashi Aliabadi, M., & Falah Nosratabadi, A. (2018). Effect of silica nanoparticles on basil (*Ocimum basilicum*) under salinity stress. *Journal of Chemical Health Risks*, 4(3).
- [12] Novita, A., Julia, H., Cemda, A. R., & Susanti, R. (2018). Response on Growth of *Vetiveria Zizanioides*

- L. on Gibberellin Under Salinity Stress Conditions. In *International Conference of Sustainable Agriculture (ICoSA)* (Vol. 2, No. 01).
- [13] Rahmehsan, Z., Nasibi, F., & Moghadam, A. A. (2018). Effects of salinity stress on some growth, physiological, biochemical parameters and nutrients in two pistachio (*Pistacia vera* L.) rootstocks. *Journal of plant interactions*, 13(1), 73-82.
- [14] Akrami, M., & Arzani, A. (2018). Physiological alterations due to field salinity stress in melon (*Cucumis melo* L.). *Acta Physiologiae Plantarum*, 40, 1-14.
- [15] Bistgani, Z. E., Hashemi, M., DaCosta, M., Craker, L., Maggi, F., & Morshedloo, M. R. (2019). Effect of salinity stress on the physiological characteristics, phenolic compounds and antioxidant activity of *Thymus vulgaris* L. and *Thymus daenensis* Celak. *Industrial Crops and Products*, 135, 311-320.
- [16] Abdel Latef, A. A. H., Abu Alhmad, M. F., & Abdelfattah, K. E. (2017). The possible roles of priming with ZnO nanoparticles in mitigation of salinity stress in lupine (*Lupinus termis*) plants. *Journal of plant growth regulation*, 36, 60-70.
- [17] Manivannan, A., Soundararajan, P., Muneer, S., Ko, C. H., & Jeong, B. R. (2016). Silicon mitigates salinity stress by regulating the physiology, antioxidant enzyme activities, and protein expression in *Capsicum annuum* 'Bugwang'. *BioMed Research International*, 2016.
- [18] Jabeen, Z., Fayyaz, H. A., Irshad, F., Hussain, N., Hassan, M. N., Li, J., ... & Alsubeie, M. S. (2021). Sodium nitroprusside application improves morphological and physiological attributes of soybean (*Glycine max* L.) under salinity stress. *PLoS One*, 16(4), e0248207.
- [19] Dogan, M. (2019). Farklı Sıcaklık ve pH'ın *Rotala rotundifolia* (Buch-Ham. ex Roxb) Koehne'nın Aksilllar Sürgün Rejenerasyonu Üzerine Etkisi. *Türk Tarım ve Doğa Bilimleri Dergisi*, 6(4), 826-834.
- [20] Ikeda-Iwai, M., Umehara, M., Satoh, S., & Kamada, H. (2003). Stress-induced somatic embryogenesis in vegetative tissues of *Arabidopsis thaliana*. *The Plant Journal*, 34(1), 107-114.
- [21] Perveen, S., Anis, M., & Aref, I. M. (2012). In vitro morphogenic response and metal accumulation in *Albizia lebbek* (L.) cultures grown under metal stress. *European Journal of Forest Research*, 131, 669-681.
- [22] Naik, P. M., Godbole, M., Praveen, N., & Murthy, H. N. (2015). The effects of heavy metals on in vitro adventitious shoot production and bacoside A content in *Bacopa monnieri* (L.). *Mapana Journal of Sciences*, 14(4), 1-10.
- [23] Doğan, M., Karataş, M., Aasim, M. (2018). Investigation of chromium (III) accumulation of *ceratophyllum demersum* l. under in vitro conditions. *Ksu Tarım ve Doğa Dergisi-Ksu Journal of Agriculture and Nature*, 21, 3, 277-285.
- [24] Chaitanya, G., Pavani, C., & Shastree, T. (2022). Effect of heavy metals on in vitro growth and development of the *Momordica cymbalaria* Fenzl. *International Journal of Environmental Science and Technology*, 1-8.
- [25] Dogan, M. (2019). In vitro multiplication performance of *Lysimachia nummularia* L. under salinity stress. *Fresenius Environmental Bulletin*, 28(12), 9097-9104.
- [26] Srinieeng, K., Saisavoey, T., & Karnchanatat, A. (2015). Effect of salinity stress on antioxidative enzyme activities in tomato cultured in vitro. *Pak. J. Bot*, 47(1), 1-10.
- [27] Abdulrazaq, A., & Ammar, K. (2015). Effect of the chemical mutagens sodium azide on plant regeneration of two tomato cultivars under salinity stress condition in vitro. *Journal of Life Sciences*, 9, 27-33.
- [28] Chen, Y., Zahavi, E., Barak, P., & Umiel, N. (1980). Effects of Salinity Stresses on Tobacco: I. The Growth of *Nicotiana tabacum* Callus Cultures under Seawater, NaCl, and Mannitol Stresses. *Zeitschrift für Pflanzenphysiologie*, 98(2), 141-153.
- [29] Šutković, J., Ler, D., & Gawwad, M. R. A. (2011). Vitro production of Solasodine alkaloid in *Solanum nigrum* under salinity stress. *Journal of Phytology*, 3(1).
- [30] Ahmed, H. A. A., Şahin, N. K., Akdoğan, G., Yaman, C., Köm, D., & Uranbey, S. (2020). Variability in salinity stress tolerance of potato (*Solanum tuberosum* L.) varieties using in vitro screening. *Ciência e Agrotecnologia*, 44.
- [31] Taratima, W., Chomarsa, T., & Maneerattanarungroj, P. (2022). Salinity stress response of rice (*Oryza sativa* L. cv. Luem Pua) calli and seedlings. *Scientifica*, 2022.
- [32] Youssef, N. M., Hashish, K. I., & Taha, L. S. (2020). Salinity tolerance improvement of in vitro propagated *Paulownia tomentosa* using proline. *Bulletin of the National Research Centre*, 44(1), 1-7.