

Bazı Süs Bitkilerine Ait Gövde Çeliklerinin Köklendirilmesinde Farklı Borik Asit Konsantrasyonlarının Etkisi

Ayşegül AKPINAR^{1*}, Hatice MEHMETCİK²

¹Bursa Uludağ Üniversitesi, Teknik Bilimler Meslek Yüksekokulu, Park ve Bahçe Bitkileri Böl., Bursa; ORCID: 0000-0002-4606-0645

²Bursa Uludağ Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Bursa; ORCID: 0009-0008-7896-464X

Gönderilme Tarihi: 29 Ağustos 2024

Kabul Tarihi: 5 Aralık 2024

ÖZ

Bu çalışmada, *Rosmarinus officinalis*, *Ligustrum vulgare* ve *Euonymus japonicus* olmak üzere 3 farklı süs bitkisine ait yapraklı, 10-15 cm'lik gövde çeliklerine büyüme düzenleyicisi IBA ile birlikte farklı yüzdelerde (%1-4) borik asit uygulanarak borik asit çözeltilerinin çelik köklendirmesi üzerindeki etkisi araştırılmıştır. İstatistiksel tasarım, tesadüf bloklarına göre yapılmış olup 5 uygulama ve 3 tekrarlı ile her biri 8 gövde çeliği bulunan bloklardan oluşmuştur. Çelikler paper-potlara dikilerek 20 gün boyunca kontrollü koşullar altında serada muhafaza edilmiştir. Mevcut çalışmada büyüme düzenleyici IBA ile birlikte %1 borik asit uygulamasının çelik köklenme oranı (%), çeliğin hayatta kalması (gün) ve kök büyümesini teşvik etmede en etkili sonucu verdiği belirlenmiştir. Aynı zamanda %1'lik borik asit uygulanmasının kök oluşumu üzerinde teşvik edici etkisi bulunurken, kök gelişimini destekleyen biyodüzenleyicilerin varlığına rağmen %3 ve 4 oranlarında borik asit uygulamalarının çelik köklenmesi, hayatta kalması ve kök gelişimi üzerinde olumsuz etki göstererek toksik olduğu bulunmuştur. Borik asitin %2'lik uygulaması ise çelik köklenmesini uyarmış, çeliğin hayatta kalmasını sağlamış ancak kök gelişimi üzerinde %1 oranında borik asit uygulamasında olduğu kadar etkili olamamıştır. Bununla birlikte, borik asit hücre yenilenmesi, hasar gören mekanizmaların onarılması ve hasar etkilerinin giderilmesi üzerinde iyileştirici bir etkiye sahip olsa da bitki türüne ve uygulama yöntemine bağlı olarak farklı konsantrasyonlarda toksik etki gösterebileceği unutulmamalıdır.

Anahtar Kelimeler: Borik asit, bitki büyüme düzenleyicileri, kök büyüme ve gelişimi, vejetatif üretim

Effect of Different Boric Acid Concentrations on Rooting of Stem Cutting Belong to Some Ornamental Plants

ABSTRACT

In this study, the effects of boric acid solutions on rooting of 10-15 cm stem cuttings of *Rosmarinus officinalis*, *Ligustrum vulgare*, *Euonymus japonicus* were investigated by applying different percentages (1-4%) boric acid together with growth regulators. The statistical design was made according to randomized blocks and consisted of blocks each containing 8 stem cuttings with 5 applications and 3 replications. Cuttings were planted in paper pots and kept in the greenhouse under controlled conditions for 20 days. In the present study, it was determined that 1% boric acid application gave the most effective results in promoting cutting rooting rate (%), cutting survival (days) and root growth. While 1% boric acid application had a stimulating effect on root formation, despite the presence of bioregulators, 3-4% boric acid applications were found to be toxic by showing negative effects. Application of 2% boric acid stimulated the rooting of the cuttings and ensured the survival of the cuttings, but it was not as effective on root development as 1% boric acid application. Although boric acid has a healing effect on cell renewal, correction of damaged mechanisms and elimination of damage effects, it should not be forgotten that it can have a toxic effect at varying concentrations depending on the plant type and application method.

Keywords: Boric acid, plant growth regulators, root growth and development, vegetative propagation

GİRİŞ

Vejetatif çoğaltma yöntemi genel olarak, tohum tutma oranının az, çimlenme oranının düşük olması ve yabancı dölleme nedeniyle açılma problemlerinin görüldüğü bitkilerde tercih edilmektedir [1, 2]. Çelikle çoğaltım yöntemi, daha ucuz, hızlı, verimli ve pratik bir yöntem olması nedeniyle vejetatif üretim metotları arasında en popüleridir [3, 4]. Ekonomik

öneme sahip ilgili özellikleri koruyan klonları, ekotipleri veya çeşitleri geliştirmek için bitkisel üretim süreçlerinde sıklıkla kullanılmaktadır. Çelikle üretimde bitkinin türü, çelik alma zamanı, çelik uzunluğu ve kalınlığı, çelik tipi, köklendirme ortamı gibi kök oluşumunu ve gelişimini etkileyen hem endojen hem de eksojen nitelikte birçok faktör bulunmaktadır [5]. Bununla birlikte dokudaki hormonal dengenin köklenme açısından büyük önem

*Sorumlu yazar / Corresponding author: aysegulakpinar@uludag.edu.tr

taşıdığı belirtilmektedir [6]. Bu nedenle çelikle üretim sürecinde kullanılan köklendirme promotörlerinin kısa sürede kaliteli fide üretiminin gerçekleştirilmesinde etkisi büyüktür. Bu hormonların kullanım amacı; köklenmeye yardımcı olmak, köklenmenin hızlı olmasını sağlamak, bitkideki kök ve sap sayısını arttırmaktır [7, 8]. Kök oluşumunda doğrudan etkili olan bitki büyüme düzenleyicisi, bitkinin meristematik bölgelerinden gelen oksindir. Oksin, çeliklerin köklenmesini destekleyen bir bitki düzenleyici sınıfıdır [9]. İndol bütirik asit (IBA), daha fazla kararlılığı nedeniyle en yaygın kullanılan köklendirme promotörü olan bir sentetik oksindir [10, 11]. Ancak yapılan çalışmalar, çeliklerde kök oluşumunun IBA gibi köklendirme promotörleri tarafından başlatıldığını ancak yönlendirilmiş hücre bölünmeleri ve hücre genişlemesinin ardından kök apeksinin, kök başlığının ve kök korteksinin oluştuğunu, bu bakımdan kök primordiumlarının meydana gelmesinde bor kaynağının gerekli olduğunu belirtmektedir [12].

Bor, önemli bir mikro besin elementidir ve kök taslaklarının indüksiyonu ve gelişimi ve daha sonraki büyüme aşamalarında etkin rol oynadığı bilinmektedir [13]. Oksinin gövde çeliklerinin köklenme sürecindeki tetikleyici rolü, borun indol asetik asit (IAA) oksidaz aktivitesi üzerindeki dolaylı etkisi ile oksin hormonunun konsantrasyonlarının kontrol altında tutulmasını ve beraberinde protein ve nükleik asitlerin sentezini, şekerlerin taşınmasını, membran bütünlüğünün sağlanmasını, enzimatik reaksiyonların düzenlenmesini ve doku farklılaşmasını sağlar [12]. Bu nedenle bor, köklenmenin yardımcı bir faktörü olarak kabul edilir [14, 15]. Yapılan araştırmalarda borun, bitkinin ya da bitki kısmının dikildiği yetiştirme ortamından alındığı ancak farklı bitki türlerinin farklı bor toleranslarına sahip olduğu, türden türe borik asit toksisitesinin değiştiği gösterilmektedir [16, 17, 18]. Bu yüzden çelik köklendirmede oksin ile birlikte uygulanacak bor konsantrasyonunun eksikliği ya da yüksek konsantrasyonda olması durumunda gövde çeliklerinde kök oluşumunun olumsuz etkilenebileceği düşünülmektedir.

Bitkilerin çelikle çoğaltılmasında kullanılacak kimyasal maddelerin ve yardımcı bileşenlerin köklendirme kapasitelerini test etmek için genellikle *Ligustrum* ve *Euonymus* bitkilerine ait çeliklerin kullanıldığı literatürde geçmektedir [19]. Bunun nedeni olarak, her iki bitki türünün çeliklerinin kolay bulunabilmesi, odunsu çelik olmaları ve ayrıca yaz çeliklerinin kolay tepki vermesi gösterilmiştir. Benzer şekilde *Rosmarinus officinalis*'inde genellikle köklendirilmiş sürgün çelikleri ile üretiminin

yapıldığı ve oksinin kök oluşumuna etkili sonuç verdiği belirtilmiştir [20].

Bu amaçla çalışmamızda, süs bitkisi olarak kullanılan *Rosmarinus officinalis*, *Ligustrum vulgare* ve *Euonymus japonicus* bitki türlerinden alınan yapraklı gövde çeliklerine büyüme düzenleyicisi IBA ile birlikte farklı konsantrasyonlarda (%1-4) borik asit uygulanmış ve borik asitin çelik köklendirme üzerindeki etkisi araştırılmıştır.

MATERYAL VE METOT

Bu çalışmada bitkisel materyal olarak *Rosmarinus officinalis*, *Ligustrum vulgare* ve *Euonymus japonicus* süs bitkisi türlerine ait yapraklı, 10-15 cm'lik gövde çelikleri kullanılmıştır. Köklendirme işlemleri, Bursa Uludağ Üniversitesi Teknik Bilimler Meslek Yüksekokulu Peyzaj ve Süs Bitkileri Yetiştiriciliği Programı serasında yapılmıştır. Haziran ayında alınan çelikler 3 tekrarlı ve her tekerrürde her bir bitki türünden 8 adet çelik bulunacak şekilde deneme deseni oluşturulmuştur. Alınan çeliklerin alt kısmındaki yapraklar sıyrılmış ve yaklaşık 3-4 cm'lik dip kısımları ve 3000 ppm IBA köklendirme solüsyonuna çabuk daldırma yöntemine göre 5 saniye süreyle daldırıldıktan sonra paper-potlara dikilmiştir. *Rosmarinus officinalis*, *Ligustrum vulgare* ve *Euonymus japonicus* çelikleri için en yüksek köklenmenin 3000 ppm IBA dozlarında sağlandığı çeşitli çalışmalarda belirtilmiştir [19, 20]. Borik asit, bitkinin yetiştirilme ortamından alındığı için uygulamanın devamında farklı oranlarda (%1-4) borik asit içeren sulu çözeltiler hazırlanarak sulama suyu olarak çeliklere verilmiştir. Çalışmanın yürütüldüğü sera koşullarında 20 gün boyunca ortam sıcaklığı 22-24°C olmuş, nispi nem otomatik sisleme sistemi ile sağlanmıştır. Serada bakım işlerine düzenli bir şekilde devam edilmiş ve çalışmanın devam ettiği sürece herhangi bir hastalık ve zararlı sorunu ile karşılaşmamıştır. Çelik köklendirme oranlarının ortalamaları, yüzde (%) olarak verilmiştir. Çeliklerin hayatta kalma süreleri gün, kök uzunlukları cm cinsinden sunulmuştur.

İstatistiksel tasarım tesadüf bloklarına göre yapılmış olup 5 uygulama ve 3 tekrarlama ile her biri 8 gövde çeliği bulunan bloklardan oluşmuştur. Elde edilen verilerin istatistiki analizleri SPSS programı kullanılarak yapılmış ve $p < 0.05$ önem derecelerine göre ortalamalar arasındaki farklılığın belirlenmesinde LSD testi uygulanmıştır.

BULGULAR VE TARTIŞMA

Rosmarinus officinalis, *Ligustrum vulgare* ve *Euonymus japonicus* çeliklerine uygulanan 3000 ppm

IBA'nın tek ve borik asitin dört farklı konsantrasyonuyla (%1-4) kombinasyonlarının köklenme oranı üzerine etkisi Çizelge 1'de verilmiştir. Mevcut çalışmada büyüme düzenleyici ile birlikte %1 borik asit uygulamasının *Rosmarinus officinalis* çeliklerinde köklenme oranı %83.33, *Ligustrum vulgare* çeliklerinde %75.00 ve *Euonymus japonicus* çeliklerinde de %75.00 ile en etkili sonucu verdiği belirlenmiştir ($p<0.05$). Büyüme düzenleyici ile birlikte %2 borik asit uygulaması yapıldığında *Rosmarinus officinalis* çeliklerinde köklenme oranı %58.33'e, *Ligustrum vulgare* çeliklerinde %54.17'ye ve *Euonymus japonicus* çeliklerinde ise %41.67'ye düşmüştür ($p<0.05$). Büyüme düzenleyici ile birlikte %3 ve %4 borik asit uygulaması ise tüm bitki türlerine ait çeliklerde olumsuz sonuçlanmıştır.

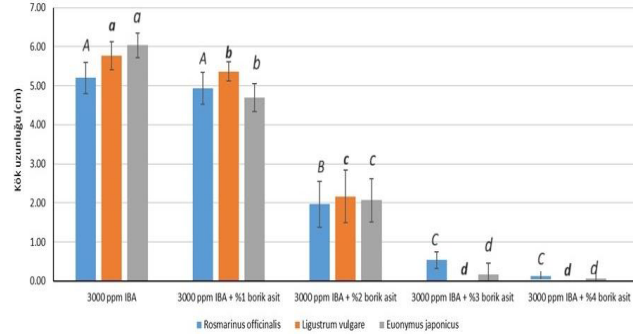
Çizelge 1. *Rosmarinus officinalis*, *Ligustrum vulgare* ve *Euonymus japonicus* çeliklerine uygulanan 3000 ppm IBA'nın tek ve dört farklı borik asit konsantrasyonuyla %1-4 kombinasyonlarının köklenme oranı üzerine etkisi

Köklenme Oranı (%)	<i>Rosmarinus officinalis</i>	<i>Ligustrum vulgare</i>	<i>Euonymus japonicus</i>
3000 ppm IBA	91.67a	87.50a	83.33a
3000 ppm IBA + %1 borik asit	83.33b	75.00b	75.00b
3000 ppm IBA + %2 borik asit	58.33c	54.17c	41.67c
3000 ppm IBA + %3 borik asit	20.83d	0.00d	4.17d
3000 ppm IBA + %4 borik asit	0.00e	0.00d	0.00e
LSD	df=4, F=112.75, p<0.001	df=4, F=122.87, p<0.001	df=4, F=71.83, p<0.001

Çizelge 2. *Rosmarinus officinalis*, *Ligustrum vulgare* ve *Euonymus japonicus* çeliklerine uygulanan 3000 ppm IBA'nın tek ve dört farklı borik asit konsantrasyonuyla %1-4 kombinasyonlarının hayatta kalma süresi üzerine etkileri

Hayatta Kalma Süresi (gün)	<i>Rosmarinus officinalis</i>	<i>Ligustrum vulgare</i>	<i>Euonymus japonicus</i>
3000 ppm IBA	20a	20a	20a
3000 ppm IBA + %1 borik asit	20a	20a	20a
3000 ppm IBA + %2 borik asit	20a	20a	20a
3000 ppm IBA + %3 borik asit	3b	4b	4b
3000 ppm IBA + %4 borik asit	3b	3b	3b

Rosmarinus officinalis, *Ligustrum vulgare* ve *Euonymus japonicus* çeliklerine uygulanan 3000 ppm IBA'nın tek ve dört farklı borik asit kombinasyonlarıyla (%1-4) kombinasyonlarının hayatta kalma süresi üzerine etkisi Çizelge 2'de verilmiştir. Buna göre büyüme düzenleyici ile birlikte uygulanan %1 ve %2 borik asit, çalışmamızda kullanılan tüm bitki çelikleri için çalışma süresince bitkilerin hayatta kalmasını sağlamıştır ($p<0.05$). Büyüme düzenleyici ile birlikte %3 ve %4 borik asit uygulamaları ise tüm bitki çeliklerinin sadece ilk 3-4 gün hayatta kalmasına neden olmuştur ($p<0.05$).



Şekil 1. *Rosmarinus officinalis*, *Ligustrum vulgare* ve *Euonymus japonicus* çeliklerine uygulanan 3000 ppm IBA'nın tek ve dört farklı borik asit konsantrasyonuyla %1-4 kombinasyonlarının kök uzunlukları üzerine etkisi (df=4 sırasıyla F=124.70, F=186.74, F=209.59, Duncan testi, $p<0.05$)

Şekil 1'de *Rosmarinus officinalis*, *Ligustrum vulgare* ve *Euonymus japonicus* çeliklerine uygulanan 3000 ppm IBA'nın tek ve dört farklı borik asit konsantrasyonuyla (%1-4) kombinasyonlarının kök uzunlukları üzerine etkisi verilmiştir. Buna göre 3000 ppm IBA büyüme hormonu ile birlikte gerçekleştirilen %1 borik asit uygulaması diğer borik asit konsantrasyonlarına göre istatistiksel olarak anlamlı sonuçlar vermiştir ($p<0.05$).

Mevcut çalışmada çelik köklenmesi, çeliğin hayatta kalması ve kök büyümesi gibi tüm parametreler değerlendirildiğinde IBA ile birlikte en düşük doz olan %1 borik asit uygulamasının en etkili sonucu verdiği belirlenmiştir. Borik asitin çelik köklendirme üzerindeki etkisinin araştırılması amacıyla yapılan bu çalışmada, %1 borik asit konsantrasyonunun kök gelişimi üzerinde en fazla etkiye sahip olduğu bulunmuştur. Kumar vd. [21] tarafından yapılan çalışmada da nar bitkisinde 2000 ppm IBA ve %1'lik borik asit konsantrasyonunda en etkili sonucun gözlemlenmesi çalışmamızdaki elde edilen bulguları destekler niteliktedir. Gülümser vd. [22] yaptığı çalışmada, fasulye bitkisine (*Phaseolus vulgaris* L.) farklı bor dozları (0, 0.5, 1.0, 1.5 ve 2.0 kg.ha⁻¹) topraktan ve yapraktan uygulanmış buna bağlı verim ve verim unsurlarının etkileri araştırılmıştır. Borun uygulama şekli bir farklılık yaratmazken bor konsantrasyonlarındaki fark, verim üzerinde etkili olmuştur. En verimli bor konsantrasyonu 1.11 kg.ha⁻¹ olarak gözlemlenmiştir.

Çalışmamızda %1'lik borik asit uygulanmasının kök oluşumu üzerinde teşvik edici etkisi bulunurken, kök gelişimini destekleyen biyodüzenleyicilerin varlığına rağmen %3 ve %4 oranlarında borik asit uygulamalarının çelik köklenmesi, hayatta kalması ve kök gelişimi üzerinde olumsuz etki göstererek toksik etkide bulunduğu belirlenmiştir. Büyüme

düzenleyiciler ile birlikte uygulanan %2'lik borik asit ise çelik köklenmesini uyarmış, çeliğin hayatta kalmasını sağlamış ancak kök gelişimi üzerinde %1 oranında borik asit uygulamasında olduğu kadar etkili olamamıştır. Akçam-Oluk ve Demiray [23]'ın yaptığı çalışmada ayçiçeği (*Helianthus annuus* L.) bitkisinin bor içermeyen ve farkı konsantrasyonlarda bor içeren uygulamalara verdiği tepkiler araştırılmıştır. Elde edilen sonuçlarda bitki gövdeleri ve pigment miktarı bor eksikliğinde azalmış, fazlalığında ise artış gözlemlenmiştir; öte yandan kök ise bor eksikliğinde uzamış, bor fazlalığında kısalmıştır. Çalışmada elde edilen bulgular da bor konsantrasyonu arttıkça kök uzunluğu azalmıştır (Şekil 1). Elde edilen sonuçlar, bitkinin borik asiti bulunduğu ortamdan aldığı ve eksikliği ya da fazlalığı durumunda kök gelişimi başta olmak üzere vejetatif büyümeyi etkilediğini göstermektedir. Genel olarak baktığımızda her bitki türünün borik asit uygulamalarına karşı gösterdiği tepki de farklıdır. Buna bağlı olarak etkili bor konsantrasyonları da bitki türüne göre değişiklik göstermektedir. Bor, hücre yenilenmesi, hasarlanan mekanizmaların düzeltilmesi ve hasar etkilerinin ortadan kaldırılmasında etkili rol oynamaktadır. Ancak, sayısız biyokimyasal süreçlerde yer alan borik asidin bitki türüne ve uygulama yöntemine göre değişen konsantrasyonlarda toksik etki gösterebileceği de unutulmamalıdır.

SONUÇ

Çelik ile üretimi yaygın olan *Rosmarinus officinalis*, *Ligustrum vulgare* ve *Euonymus japonicus* süs bitkilerine ait çeliklerin köklendirilmesinde bir bitki büyüme düzenleyicisi olan IBA ile birlikte farklı konsantrasyonlarda bor kullanılmasının meydana getirdiği sonuçlar verilmiştir. Buna göre *R.officinalis*, *L.vulgare* ve *E.japonicus* süs bitkisi çeliklerinin köklendirilmesinde borun etkili ve toksik olduğu dozlar belirlenmiştir.

Bu bulgular, çelik köklendirme ortamlarının hazırlanmasında büyüme düzenleyiciler ile birlikte borun uygulanması gerekliliğini tekrar sorgulamamızı sağlamıştır. Nitekim süs bitkileri sektöründe çelikle üretim oldukça yaygındır. Borik asitin, çelik ile oluşan doku hasarının ortadan kaldırılarak hücre yenilenmesini teşvik edeceği bilinmesine rağmen, çelik köklendirmesinde etkili dozunun belirlenmesinde bir sınır değerinin olduğu çalışmamızda da görülmektedir. Bu nedenle, mevcut çalışma güncel bir konuyu aydınlatmak için literatüre önemli bilgiler sunmaktadır. Çelikle üretimi yaygın bu süs bitkilerinde gerçekleştirilen IBA ile borik asit uygulamalarının köklendirme süresi uzun ve

köklenmesi zor, değerli süs bitkilerinde de çalışılarak ideal köklendirme ortamlarının araştırılması bundan sonra yapılacak çalışmalar için tavsiye edilmektedir. Bu konuda elde edilecek bulgular süs bitkisi üretim sektöründeki uygulamalar için anlamlı olacağı düşünülmektedir.

KAYNAKLAR

1. Parađiković, N., Zeljković, S., Tkalec, M., Vinković, T., Dervić, I., Milica, M. 2013. Influence of rooting powder on propagation of sage (*Salvia officinalis* L.) and rosemary (*Rosmarinus officinalis* L.) with green cuttings. Poljoprivreda 19(2):10-15.
2. Baydar, H. 2019. Tıbbi ve aromatik bitkiler bilimi ve teknolojisi. Nobel Yayınevi, Ankara, s:2328.
3. Damar, D., Barholia, A.K., Lekhi, R., Haldar, A. 2014. Effect of growth regulators and biofertilizers on survival of pomegranate (*Punica granatum* L.) stem cuttings. Plant Archives 14(1):347-350.
4. Ausari, P.K., Soni, N., Kanpure, R.N., Meena, K.C., Haldar, A. 2023. Effect of indole-3-butyric acid (IBA) and different growing media on hardwood cutting of grapes (*Vitis vinifera* L.) cv. *pusa navrang*. Biological Forum 15(9):168-175.
5. Taşkın, O.G., Mavi, K. 2015. Pepino çoğaltmada çelik alma zamanı, çelik boyu ve söküm zamanının köklenme üzerine etkisi. Mustafa Kemal Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi 20(1):1-6.
6. Rosa, G.G., Zanandrea, I., Mayer, N.A., Biancha, V.J.O. 2017. Estado nutricional das plantas matrizes e o uso de AIB interferem no enraizamento de estacas de *Prunus* spp. Revista de Ciências Agrônômicas 26(2):174-190.
7. Parlak, S. 2008. Defne (*Laurus nobilis* L.)'nin çelikle üretilmesi. Ege Ormancılık Araştırma Müdürlüğü, Ankara, s:71.
8. Boyer, N.Z., Graves, W.R. 2009. NAA is more effective than IBA for rooting stem cuttings of two *Nyssa* spp. J. Environ. Hort. 27(3):183-187.
9. Pégo, R.G., Fiorini, C.V.A., Machado, A.F.L., Gomes, M.V.S. 2019. *Streptosolen jamesonii* (Benth.) Miers'in farklı substratlarda IBA ile muamele edilmiş gövde çelikleriyle çoğaltılması. Süs Bahçeciliği 25(1):26-33.
10. Figueiredo, L.S., Bonfim, F.P.G., Ferraz, E.O., Castro, C.E., Souza, M.F., Martins, E.R. 2009. Indolbutiric asiti, kontrol altında tutularak alecrim-pimenta (*Lippia sidoides* Cham.) ile ilgili bir sorun yaratmaz. Revista Brasileira de Plantas Medicinai 11:33-36.

11. Grunewald, W., Noorden, G.V., Isterdael, G.V., Beeckman, T., Gheysen, G., Mathesius, U. 2009. Manipulation of auxin transport in plant roots during rhizobium symbiosis and nematode parasitism. *Plant Cell* 21:2553-2562.
12. Jarvis, B.C., Yasmin, S., Ali, A.H., Hunt, R. 1984. The interaction between auxin and boron in adventitious root development. *New Phytol.* 97:197-204.
13. Cunha, A.C.M.C.M., Paiva, H.N., Xavier, A., Otoni, W.C. 2009. Papel da nutrição mineral na formação de raízes adventícias em plantas lenhosas. *Pesquisa Florestal Brasileira* (58):35-49.
14. Herrera, T.I., Ono, E.O., Leal, F.P. 2004. Efeitos de auxina e boro no enraizamento adventício de estacas caulinares de louro (*Laurus nobilis* L.). *Biotemas* 17(1):65-77.
15. Gunes, A., Gezgin, S., Kalınbacak, K., Özcan, H., Çakmak, I. 2017. Bor elementinin bitkiler için önemi. *Bor Dergisi* 2(3):168-174.
16. Ahmad, W., Zia, M.H. 2012. Boron deficiency in soils and crops: a review. In: *Crop Plant*, Goyal A. (ed.), ISBN:978-953-51-0527-5, Intechopen Limited, United Kingdom.
17. Özkutlu, F., Ete, Ö., Akgün, M., Akdin, F., Tutuş, Y., Özcan, B. 2017. Çilekte bor gübrelemesinin bozuk şekilli meyve oluşumunun önlenmesi ve yaprak mineral içerikleri üzerine etkisi. *Akademik Ziraat Dergisi* 6(2):153-160.
18. Brdar-Jokanović, M. 2020. Boron toxicity and deficiency in agricultural plants. *Int J. Mol. Sci.* 21(4):1424.
19. Blythe, G., Sibley, J.L. 2003. Novel methods of applying rooting hormone in cutting propagation. *Combined Proceeding International Plant Propagators Society (IPPS), USA*, 53:406-410.
20. Sarı, Y., Kaçar, O. 2019. Biberiye (*Rosmarinus officinalis* L.) çeliklerinde köklenme üzerine farklı köklendirme ortamları ve IBA dozlarının etkileri. *Bahçe* 48(1):27-37
21. Kumar, S., Prakash, S., Prasad, Y., Kumar, A., Chand, P., Dhyani, B.P. 2020. Effect of IBA and boric acid treatments on rooting and growth of stem cutting in pomegranate (*Punica granatum* L.). *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry* 9(5):2714-2716.
22. Gülümser, A., Odabaş, M.S., Özturan, Y. 2005. Fasulyede (*Phaseolus vulgaris* L.) yapraktan ve topraktan uygulanan farklı bor dozlarının verim ve verim unsurlarının etkisi. https://www.biotechstudies.org/uploads/pdf_344.pdf.
23. Akçam Oluk, E., Demiray, H. 2004. Bor elementinin Sambro no.3 ayçiçeği (*Helianthus annuus* L.) çeşidinin büyümesi üzerine etkileri. *Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi* 41(1):181-190.