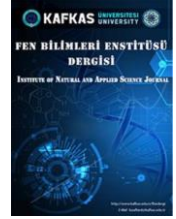




## Kafkas Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi Institute of Natural and Applied Science Journal

Dergi ana sayfası/ Journal home page: <https://dergipark.org.tr/tr/pub/kujs>



E-ISSN: 2587-2389

# Kuşburnu (*Rosa canina* L.) Çeliklerinin Kambiyum Faaliyeti Üzerinde Kobalt Stresine Karşı İndol-3-Asetik Asit, Gibberellik Asit ve Kinetin Karışımlarının Etkileri

Ahmet Oğuzhan ARICA<sup>1\*</sup> , Bekir TİLEKLİOĞLU<sup>2</sup> 

<sup>1</sup>Kafkas Üniversitesi, Kağızman Meslek Yüksekokulu, Eczane Hizmetleri Bölümü, 36700, Kars, Türkiye

<sup>2</sup>Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Fen Fakültesi, Biyoloji Bölümü, 65080, Van, Türkiye

<sup>1</sup>Kafkas University, Kağızman Vocational School, Department of Pharmacy Services, 36700, Kars, Turkey

<sup>2</sup>Van Yuzuncu Yil University, Faculty of Science, Department of Biology, 65080, Van, Turkey

(İlk Gönderim / Received: 15.03.2021, Kabul / Accepted: 23.06.2022, Online Yayın / Published Online: 26. 10. 2022)

### Anahtar Kelimeler:

Kambiyum faaliyeti,  
Bitki büyüme regülatörleri,  
Ağır metal,  
Kobalt,  
*Rosa canina* L.

**Özet:** Bu çalışmada, bir ağır metal olan kobaltın kuşburnu (*Rosa canina* L.) çeliklerinin kambiyal aktivitesi üzerindeki olumsuz etkileri ve bu olumsuz etkilerin bitki hormonları tarafından ne ölçüde ortadan kaldırılabileceği araştırıldı. Kuşburnu çeliklerine indol-3-asetik asit, gibberellik asit, kinetin 10, 20, 30 mg L<sup>-1</sup> ve kobalt (Co) 0.1, 0.3, 0.5, 0.7, 0.9 mg L<sup>-1</sup> konsantrasyonlarında tek başına ve karışım halinde uygulandı. Elde edilen anatomik bulgulara göre kambiyum hücre sırası, kambiyal zon kalınlığı ve kambiyum hücrelerinin radyal uzunluğu hormon karışımı konsantrasyonunun artmasına paralel olarak artarken, kambiyum hücrelerinin radyal ve teğetsel çeper kalınlığı azaldı. Kobalt muamelesi kambiyum hücre sırası, kambiyal zon kalınlığı ve kambiyum hücrelerinin radyal uzunluğunu azaltırken, kambiyum hücrelerinin radyal ve teğetsel çeper kalınlığını artırdı. Hormon+Co karışımlarında, hormon kobaltın olumsuz etkilerini azalttı. Kambiyum hücrelerinin teğetsel uzunluğu hiçbir denemeden etkilenmedi. Sonuç olarak artan hormon karışımı konsantrasyonları, artan kobalt konsantrasyonlarının kuşburnu çeliklerine zararlı etkilerini önemli derecede azalttı.

## Effects of Indole-3-Acetic Acid, Gibberellic Acid and Kinetin Mixtures on the Cambial Activity of *Rosa canina* L. Cuttings Exposed to Cobalt Stress

### Keywords:

Cambial activity,  
Plant growth regulators, Heavy  
metal,  
Cobalt,  
*Rosa canina* L.

**Abstract:** In the present study, the negative effects of cobalt, a heavy metal, on the cambial activity of rosehip (*Rosa canina* L.) cuttings and the extent to which this negative effects could be eliminated by plant hormones were investigated. Indole-3-acetic acid, gibberellic acid, kinetin at 10, 20, 30 mg L<sup>-1</sup> and cobalt (Co) at 0.1, 0.3, 0.5, 0.7, 0.9 mg L<sup>-1</sup> concentrations alone and as a mixture were applied to rosehip cuttings. According to anatomical findings, cambial zone thickness, cambium cell row and radial length of cambium cells increased with increasing mixture of plant hormones concentrations, whereas radial and tangential wall thickness of cambium cells decreased. Cambial zone thickness, cambium cell row and radial length of cambium cells decreased in cobalt treatment, whereas radial and tangential wall thickness of cambium cells increased. Hormone mixtures application reduced the negative effects of cobalt in hormone+Co solutions. Tangential length of cambium cells was not affected by hormone mixtures, cobalt and hormone+Co mixtures treatments. As a result, increasing concentrations of hormone mixtures markedly reduced the harmful effects of increasing concentrations of cobalt on rosehip cuttings.

\*İlgiliyazar: aoguzhan81@hotmail.com

## 1. GİRİŞ

Çevre kirliliği hava, su ve toprak kirliliği biçimlerinde acilen çözülmesi gereken bir sorun olarak insanlığın karşısına çıkmakta ve bütün canlıları etkilemektedir. Birbirleri ile ilişkili olan bu kirlenme biçimlerinden toprak kirliliği, doğada giderilemeyen ve dönüşümü olmayan bir kirliliktir. Özellikle su ve toprak kirliliği olmak üzere bu üç kirlenme biçiminde de ağır metal birikimi önemli rol oynamaktadır. Kontrolsüz sanayileşme ve bilinçsiz tarım uygulamaları ağır metal kirliliğinin başlıca sebepleridir (Kahvecioğlu ve ark., 2003; Çağlarırnak ve Hepçimen, 2010). Gerçekte ağır metal tanımı fiziksel özellik açısından yoğunluğu 5 g/cm<sup>3</sup>'ten daha yüksek olan metaller için kullanılır. Bu gruba kurşun, kadmiyum, krom, demir, kobalt, bakır, nikel, civa ve çinko olmak üzere 60'tan fazla metal girmektedir. Bununla birlikte, "nispeten yüksek yoğunluğa sahip ve düşük konsantrasyonlarda bile toksik veya zehirleyici olan metal" şeklinde de tanımlanmaktadır. Bu yaygın kanıya, ağır metallerin belirli bir zaman aralığında canlı organizmada diğer metallere kıyasla birikiminin fazla olması ve bunun sonucu negatif etkinin giderek artması yol açmaktadır (Kahvecioğlu ve ark., 2003; Rahman ve Singh, 2019). Ağır metallerden kobaltın yüksek dozlarının bitkilerde solunum, fotosentez, klorofil sentezi, hücre bölünmesi, kromozom ve nükleik asitler, enzimler, büyüme, ürün, çimlenme, hücre duvarı ve hücre zarı üzerine negatif etkilerinin olduğu günümüzde bilinmektedir (Palit ve Sharma, 1994; Sridhar ve ark., 2020). Genel olarak topraktaki yüksek Co seviyesi, ekstra reaktif oksijen türü (ROS) molekülleri üreterek, lipid peroksidasyonuna ve metabolik yolların bozulmasına, hatta bitki hücresi ölümüne yol açarak bitki hücre fonksiyonu üzerinde olumsuz etkilere neden olur (Karuppanapandian ve Kim, 2013).

Bitkilerde büyüme, gelişme ve metabolizmayı negatif etkileyen ya da engelleyen durumlara stres adı verilmektedir (Gürel ve Avcıoğlu, 2001). Ağır metal kirliliğinden kaynaklanan ağır metal stresi bitkiler için önemli stres faktörleri arasındadır. Bitkilerde ağır metal birikiminden olumsuz etkilenen dokulardan birisi sekonder bir meristem olan kambiyumdur. Ağır metallerin aksine bitki büyüme uyarıcılarının pozitif yönde etkilediği kambiyum, bitkilerde gerçekleştirdiği bölünmelerle ksilem ve floem oluşumunu sağlayan, bitki için hayati öneme sahip bir dokudur. Farklı zamanlarda,

farklı bilim insanları tarafından yapılmış birçok çalışma bitki büyüme düzenleyicilerinin kambiyumda hücre bölünmesini teşvik ettiğini, kambiyum farklılaşmasını etkilediğini, kambiyum hücre sıra sayısını ve kambiyal zon genişliğini artırdığını ortaya koymuştur (Philipson ve Coutts, 1979; Zakrzewski, 1983; Tileklioğlu ve Algan, 1992; Fatima ve Chaudhry, 2004; Hassan ve Chaudhry, 2004; Khan ve Chaudhry, 2006; Yüce ve Tileklioğlu, 2019). Bitki büyüme düzenleyicileri [bitki hormonları (oksinler, gibberellinler, sitokininler, absisik asit, jasmonik asit, etilen ve salisilik asit), nitrik oksit (gaz halinde bir sinyal molekülü), brassinosteroidler (steroid fitohormonlar) ve poliaminler (alifatik nitrojen yapılı fitohormon benzeri alifatik amin doğal bileşikler grubu)] çeşitli biyolojik süreçlerin düzenlenmesinde yer alır, bitki gelişimi ve büyüme süreçlerini düzenlemek için birlikte hareket ederler (Asgher ve ark., 2015; Fang ve ark., 2019).

Oksinler sitokininlerle birlikte gövde, kök ve meyvelerin büyümesini kontrol ederler. Hücre duvarı plastisitesini değiştirerek hücre uzamasını etkilerler. Kambiyumu bölünmeye teşvik ederler ve gövdelerde sekonder ksilemin farklılaşmasına neden olurlar. Oksinler, apikal dominansı sağlarlar ayrıca yanal ve adventif kök gelişimini ve büyümesini teşvik ederler. Deneyle, oksinlerin transkripsiyon hızını artırdığını, belirli enzimlerin aktivitesini kontrol ettiğini ve zar içindeki iyon pompaları üzerinde bir etkiye sahip olduğunu göstermektedir (Walz ve ark., 2002; Agboola ve ark., 2014; Kumlay ve Eryiğit, 2011). Sitokininler, hücre bölünmesini teşvik eden ve kinetin ile benzer işlevleri olan adenin benzeri bir yapıya sahip bileşiklerdir, kök uçlarında sentezlenirler. Kinetin, keşfedilen ilk sitokininidir ve sitokinezi teşvik etme yeteneği nedeniyle bu şekilde adlandırılmıştır. Günümüzde bitkilerde doğal olarak bulunan sitokininlerin en yaygın biçimi mısırdan (*Zea mays*) izole edilen zeatindir. Sitokinin konsantrasyonları, kökler, genç yapraklar, gelişmekte olan meyveler ve tohumlar gibi meristematik bölgelerde ve sürekli büyüme potansiyeli olan alanlarda en yüksektir. Dokuların yaşlanmasını geciktirmeye yardımcı olurlar, bitki boyunca oksin taşınmasına aracılık etmekten sorumludurlar ve internodal uzunluğu ve yaprak büyümesini etkilerler. Oksinlerle uyum içinde oldukça sinerjik bir etkiye sahiptirler ve bu iki bitki hormonu grubunun oranları, bir bitkinin ömrü boyunca en önemli büyüme dönemlerini etkiler. Tomurcukların gelişiminin yanı sıra tohum

çimlenmesini de uyarırlar (Salisbury ve Ross, 1978; Agboola ve ark., 2014; Kumlay ve Eryiğit, 2011). Gibberellinler sürgün ve gelişen tohumların genç dokularında sentezlenirler, tohum çimlenmesinde önemli rol üstlenirler. Suyun tohum tarafından emilmesi gibberellik asit (GA<sub>3</sub>) üretimine neden olur. GA<sub>3</sub> de tohum rezervlerinin mobilizasyonu için çimlenen tahıl tanelerinde enzim üretimini (amilaz) uyarır. Bu enzim tarafından parçalanmış besindokusu embriyonun gelişimi için kullanılır. Gibberellinler hücre bölünmesi ve gelişimini, çimlenmeden sonra sürgün büyümesini teşvik ederler. Absisik asit tarafından indüklenen sürgün büyümesinin ve dormansinin inhibisyonunu tersine çevirirler. Ayrıca yapraklarda yaşlanmayı geciktirir ve bitkide çiçeklenmeyi teşvik ederler (Agboola ve ark., 2014; Kumlay ve Eryiğit, 2011). Bitki büyüme uyarıcılarının (oksinler, gibberellinler ve stokininler) hücre bölünmesine etkisi çeper yapısı üzerine olan etkileri ile ilgilidir. Bitki büyüme uyarıcıları hücre çeper yapısında mikrotübüllerin yeniden düzenlenmesini sağlar ayrıca oksinler hücre zarındaki ATPaz-H<sup>+</sup> proteinlerini aktive ederek apoplast bölgenin asidifikasyonuna sebep olur ve oluşan asidik ortam da çeper yapısını gevşeterek hücreyi bölünmeye hazırlar (Shibaoka, 1994; Majda ve Robert, 2018). Bu çalışmanın amacı, kuşburnu (*Rosa canina L.*) çeliklerinin morfolojilerinin yanı sıra kambiyum faaliyeti üzerinde kobalt stresine karşı indol-3-asetik asit, gibberellik asit ve kinetin hormonu karışımlarının etkilerini incelemektir.

## 2. MATERYAL VE METOT

Çalışmamızda materyal olarak aynı bitkiden alınan kuşburnu (*Rosa canina L.*) çelikleri kullanıldı. Kuşburnu çelikleri 02.07.2012 tarihinde Yüzüncü Yıl Üniversitesi Kampüsü'nden temin edildi.

### 2.1. Stok çözeltilerin hazırlanması

Bitkilere uygulanan kobalt, CoCl<sub>2</sub>·6H<sub>2</sub>O (kobalt (II) klorit heksahidrat) olarak kullanıldı ve uygulanan dozlar kobalt içeriğine göre hesaplandı (The Merck Index, 102539). Kobalt ana stok çözeltisi distile su ile 1.8 mg L<sup>-1</sup> konsantrasyonunda hazırlandı. Her bir hormondan 120 mg tartıldı. IAA ve GA<sub>3</sub> etil alkolde, kinetin ise hidroklorik asitte çözüldü (Khurshid ve ark., 2012). Daha sonra aynı kaptan toplanan hormonlar distile su ile 6 litreye tamamlanarak 60 mg L<sup>-1</sup>'lik IAA+GA<sub>3</sub>+kinetin karışımı ana stok çözeltisi hazırlandı (The Merck Index, 100353, 814464, 124807). Stok çözeltilerin pH'sı, %5'lik

NaOH ile 25 °C'de, 6.6 olarak ayarlandı. Ph ayarlaması için (NaOH) ve çözücü olarak kullanılan maddelerin (C H OH, HCl) stok çözeltilerdeki oranı %0.1'i geçmedi. Daha sonra da bu ana stok çözeltilerinden uygun seyreltmeler ve karışımlarla uygulama çözeltileri hazırlandı. Distile su kullanımı ile kobalt ve diğer elementler arasındaki antagonistik ve sinerjistik etkilerin bertaraf edilmesi ve sadece kobalt etkisinin gözlemlenmesi amaçlandı.

### 2.2. Bitkilerin gruplandırılması

120 adet yaklaşık aynı boy ve kalınlıkta olan kuşburnu dalları beşerli olarak 24 adet kavanozdaki çözeltilere konuldu.

**Tablo 1.** Uygulama grupları ve uygulama çözeltilerinin içerikleri.

Uygulama Grupları	Uygulama Çözeltilerinin İçerikleri
1. grup	Kontrol (Bidistile su)
2. grup	10 mg L <sup>-1</sup> HK (Hormon karışımı)
3. grup	20 mg L <sup>-1</sup> HK
4. grup	30 mg L <sup>-1</sup> HK
5. grup	0.1 mg L <sup>-1</sup> Co
6. grup	0.1 mg L <sup>-1</sup> Co+10 mg L <sup>-1</sup> HK
7. grup	0.1 mg L <sup>-1</sup> Co+20 mg L <sup>-1</sup> HK
8. grup	0.1 mg L <sup>-1</sup> Co+30 mg L <sup>-1</sup> HK
9. grup	0.3 mg L <sup>-1</sup> Co
10. grup	0.3 mg L <sup>-1</sup> Co+10 mg L <sup>-1</sup> HK
11. grup	0.3 mg L <sup>-1</sup> Co+20 mg L <sup>-1</sup> HK
12. grup	0.3 mg L <sup>-1</sup> Co+30 mg L <sup>-1</sup> HK
13. grup	0.5 mg L <sup>-1</sup> Co
14. grup	0.5 mg L <sup>-1</sup> Co+10 mg L <sup>-1</sup> HK
15. grup	0.5 mg L <sup>-1</sup> Co+20 mg L <sup>-1</sup> HK
16. grup	0.5 mg L <sup>-1</sup> Co+30 mg L <sup>-1</sup> HK
17. grup	0.7 mg L <sup>-1</sup> Co
18. grup	0.7 mg L <sup>-1</sup> Co+10 mg L <sup>-1</sup> HK
19. grup	0.7 mg L <sup>-1</sup> Co+20 mg L <sup>-1</sup> HK
20. grup	0.7 mg L <sup>-1</sup> Co+30 mg L <sup>-1</sup> HK
21. grup	0.9 mg L <sup>-1</sup> Co
22. grup	0.9 mg L <sup>-1</sup> Co+10 mg L <sup>-1</sup> HK
23. grup	0.9 mg L <sup>-1</sup> Co+20 mg L <sup>-1</sup> HK
24. grup	0.9 mg L <sup>-1</sup> Co+30 mg L <sup>-1</sup> HK

\*10 mg L<sup>-1</sup> HK (3.33 mg L<sup>-1</sup> IAA+3.33 mg L<sup>-1</sup> GA<sub>3</sub>+3.33 mg L<sup>-1</sup> Kinetin)

\*20 mg L<sup>-1</sup> HK (6.66 mg L<sup>-1</sup> IAA + 6.66 mg L<sup>-1</sup> GA<sub>3</sub> + 6.66 mg L<sup>-1</sup> Kinetin)

\*30 mg L<sup>-1</sup> HK (10 mg L<sup>-1</sup> IAA + 10 mg L<sup>-1</sup> GA<sub>3</sub> + 10 mg L<sup>-1</sup> Kinetin)

### 2.3. Bitki yetiştirme yöntemi

Haftada bir kez uygulama çözeltileri yenilendiler. Ksileme çözelti iletiminin devam etmesi için haftada bir kez çelikler alt uçlarından 45 derecelik açı ile birer mm uzunluğunda kesildiler. Bitki büyüme odasının sıcaklığı  $28 \pm 2^\circ\text{C}$ , nemi  $52.7 \pm 2$  olarak belirlendi. Bitkiler 2600 lüks/m<sup>2</sup> beyaz ışık altında 14 saat aydınlatılırken 10 saat karanlıkta bırakıldılar. Her hafta bitkilerin gelişme durumları ve morfolojik özellikleri düzenli biçimde takip edilerek kaydedildi. 4. hafta bitiminde deneme sonlandırıldı.

### 2.4. Örnek alma ve analiz işlemleri

4 hafta sonunda bitkilerin alttan 1. internodları kesilerek %70'lik alkole alındı. Fiksasyon işlemi sonrasında internodlar orta noktalarından ikiye bölündü ve el ile enine kesitler alındı. Kesitler, safranin-fast green ikili boyama yöntemiyle boyandı (Elmalı, 2017; Urgan, 2012). Boyama işlemi tamamlanan kesitler gliserin-jelatin karışımı ile kapatıldı. Her bir kesitte kambiyal zonun fotoğrafı Nikon marka (Eclipse E600) mikroskoba bağlı Nikon marka (Coolpix E500) dijital fotoğraf makinesi ile 100'lük objektifte çekildi. Kambiyum hücre sıraları, kambiyal zon kalınlıkları, kambiyum hücrelerinin radyal ve teğetsel uzunlukları, kambiyum hücrelerinin radyal ve teğetsel çeper kalınlıkları fotoğraflar üzerinden imagej (versiyon 1.43/Nih) bilgisayar programı kullanılarak ölçüldü. Elde edilen anatomik inceleme sonuçları SPSS istatistikî analiz programı ile varyans analizi ve Duncan testine göre değerlendirildi.

## 3. BULGULAR VE TARTIŞMA

Morfolojik incelemelerde sadece hormon içeren çözeltilerdeki bitkilerin yaprakları deney süresince yeşil renkteydi ve kıvrılarak kurudular. Sadece kobalt içeren çözeltilerdeki bitkilerin yaprakları sarararak kurudular. Kobalt ve hormon karışımını bir arada içeren çözeltilerdeki bitkilerde ise sararan yaprak sayısı kobalt konsantrasyonu arttıkça fazlalaştı. Sadece kobalt uygulaması adventif kök oluşumuna sebep oldu (veri belirtilmemiştir). Anatomik incelemelerde artan kobalt konsantrasyonunun etkisi ile kambiyum hücre sıraları azaldı buna karşılık HK konsantrasyonunun artışına paralel olarak kambiyum hücre sıraları arttı. Co+HK gruplarında ise HK konsantrasyonundaki

artış kobaltın kambiyum hücre sırası üzerine olan olumsuz etkisini azalttı (Tablo 2.).

**Tablo 2.** Kambiyum hücre sırası.

Grup	Kambiyum Hücre Sırası
Kontrol	2.33 ± 0.04 <sup>efgh</sup>
10 mg L <sup>-1</sup> HK	2.40 ± 0.05 <sup>fghi</sup>
20 mg L <sup>-1</sup> HK	2.49 ± 0.05 <sup>i</sup>
30 mg L <sup>-1</sup> HK	2.65 ± 0.05 <sup>i</sup>
0.1 mg L <sup>-1</sup> Co	2.31 ± 0.04 <sup>efg</sup>
0.1 mg L <sup>-1</sup> Co+10 mg L <sup>-1</sup> HK	2.38 ± 0.04 <sup>fghi</sup>
0.1 mg L <sup>-1</sup> Co+20 mg L <sup>-1</sup> HK	2.47 ± 0.05 <sup>hi</sup>
0.1 mg L <sup>-1</sup> Co+30 mg L <sup>-1</sup> HK	2.64 ± 0.05 <sup>i</sup>
0.3 mg L <sup>-1</sup> Co	2.20 ± 0.03 <sup>de</sup>
0.3 mg L <sup>-1</sup> Co+10 mg L <sup>-1</sup> HK	2.27 ± 0.03 <sup>ef</sup>
0.3 mg L <sup>-1</sup> Co+20 mg L <sup>-1</sup> HK	2.40 ± 0.04 <sup>fghi</sup>
0.3 mg L <sup>-1</sup> Co+30 mg L <sup>-1</sup> HK	2.52 ± 0.05 <sup>i</sup>
0.5 mg L <sup>-1</sup> Co	2.07 ± 0.03 <sup>cd</sup>
0.5 mg L <sup>-1</sup> Co+10 mg L <sup>-1</sup> HK	2.12 ± 0.03 <sup>cd</sup>
0.5 mg L <sup>-1</sup> Co+20 mg L <sup>-1</sup> HK	2.30 ± 0.04 <sup>ef</sup>
0.5 mg L <sup>-1</sup> Co+30 mg L <sup>-1</sup> HK	2.45 ± 0.04 <sup>ghi</sup>
0.7 mg L <sup>-1</sup> Co	1.91 ± 0.04 <sup>b</sup>
0.7 mg L <sup>-1</sup> Co+10 mg L <sup>-1</sup> HK	1.92 ± 0.04 <sup>b</sup>
0.7 mg L <sup>-1</sup> Co+20 mg L <sup>-1</sup> HK	2.04 ± 0.04 <sup>c</sup>
0.7 mg L <sup>-1</sup> Co+30 mg L <sup>-1</sup> HK	2.34 ± 0.04 <sup>efgh</sup>
0.9 mg L <sup>-1</sup> Co	1.60 ± 0.04 <sup>a</sup>
0.9 mg L <sup>-1</sup> Co+10 mg L <sup>-1</sup> HK	1.62 ± 0.04 <sup>a</sup>
0.9 mg L <sup>-1</sup> Co+20 mg L <sup>-1</sup> HK	1.72 ± 0.05 <sup>a</sup>
0.9 mg L <sup>-1</sup> Co+30 mg L <sup>-1</sup> HK	2.08 ± 0.03 <sup>cd</sup>

a, b, c, d, e, f, g, h, i, j: Aynı sütündeki farklı harfleri içeren grup ortalamaları arasındaki fark önemlidir (p < 0.05)

Artan kobalt konsantrasyonunun etkisi ile kambiyal zon kalınlığı azaldı buna karşılık HK konsantrasyonunun artışına paralel olarak kambiyal zon kalınlığı arttı. Co+HK gruplarında ise HK konsantrasyonundaki artış kobaltın kambiyal zon kalınlığı üzerine olan olumsuz etkisini azalttı (Tablo 3.).

Artan kobalt konsantrasyonunun etkisi ile kambiyum hücrelerinin radyal uzunluğu azaldı buna karşılık HK konsantrasyonunun artışına paralel olarak kambiyum hücrelerinin radyal uzunluğu arttı. Co+HK gruplarında ise HK konsantrasyonundaki artış kobaltın kambiyum hücrelerinin radyal uzunluğu üzerine olan olumsuz etkisini azalttı (Tablo 4.).

Kambiyum hücrelerinin teğetsel uzunluğu hiçbir uygulamadan önem arz edecek düzeyde etkilenmedi (Tablo 5.).

**Tablo 3.** Kambiyal zon kalınlığı.

Grup	Kambiyal Zon Kalınlığı ( $\mu\text{m}$ )
Kontrol	10.16 $\pm$ 0.30 <sup>hij</sup>
10 mg L <sup>-1</sup> HK	11.15 $\pm$ 0.34 <sup>klm</sup>
20 mg L <sup>-1</sup> HK	12.19 $\pm$ 0.34 <sup>mn</sup>
30 mg L <sup>-1</sup> HK	13.16 $\pm$ 0.43 <sup>n</sup>
0.1 mg L <sup>-1</sup> Co	10.00 $\pm$ 0.33 <sup>hu</sup>
0.1 mg L <sup>-1</sup> Co+10 mg L <sup>-1</sup> HK	11.09 $\pm$ 0.32 <sup>ijkl</sup>
0.1 mg L <sup>-1</sup> Co+20 mg L <sup>-1</sup> HK	12.14 $\pm$ 0.33 <sup>lmn</sup>
0.1 mg L <sup>-1</sup> Co+30 mg L <sup>-1</sup> HK	13.07 $\pm$ 0.42 <sup>n</sup>
0.3 mg L <sup>-1</sup> Co	9.46 $\pm$ 0.32 <sup>gh</sup>
0.3 mg L <sup>-1</sup> Co+10 mg L <sup>-1</sup> HK	9.98 $\pm$ 0.29 <sup>hu</sup>
0.3 mg L <sup>-1</sup> Co+20 mg L <sup>-1</sup> HK	11.33 $\pm$ 0.30 <sup>klm</sup>
0.3 mg L <sup>-1</sup> Co+30 mg L <sup>-1</sup> HK	12.71 $\pm$ 0.40 <sup>n</sup>
0.5 mg L <sup>-1</sup> Co	8.12 $\pm$ 0.40 <sup>def</sup>
0.5 mg L <sup>-1</sup> Co+10 mg L <sup>-1</sup> HK	9.14 $\pm$ 0.37 <sup>fgh</sup>
0.5 mg L <sup>-1</sup> Co+20 mg L <sup>-1</sup> HK	10.06 $\pm$ 0.29 <sup>hij</sup>
0.5 mg L <sup>-1</sup> Co+30 mg L <sup>-1</sup> HK	11.65 $\pm$ 0.32 <sup>lm</sup>
0.7 mg L <sup>-1</sup> Co	7.41 $\pm$ 0.34 <sup>bcd</sup>
0.7 mg L <sup>-1</sup> Co+10 mg L <sup>-1</sup> HK	7.81 $\pm$ 0.33 <sup>cde</sup>
0.7 mg L <sup>-1</sup> Co+20 mg L <sup>-1</sup> HK	8.79 $\pm$ 0.27 <sup>efg</sup>
0.7 mg L <sup>-1</sup> Co+30 mg L <sup>-1</sup> HK	10.47 $\pm$ 0.33 <sup>ijkl</sup>
0.9 mg L <sup>-1</sup> Co	6.13 $\pm$ 0.28 <sup>a</sup>
0.9 mg L <sup>-1</sup> Co+10 mg L <sup>-1</sup> HK	6.60 $\pm$ 0.32 <sup>ab</sup>
0.9 mg L <sup>-1</sup> Co+20 mg L <sup>-1</sup> HK	7.03 $\pm$ 0.30 <sup>abc</sup>
0.9 mg L <sup>-1</sup> Co+30 mg L <sup>-1</sup> HK	8.24 $\pm$ 0.36 <sup>def</sup>

a, b, c, d, e, f, g, h, i, j, k, l, m, n: Aynı sütundaki farklı harfleri içeren grup ortalamaları arasındaki fark önemlidir ( $p < 0.05$ )

**Tablo 4.** Kambiyum hücrelerinin radyal uzunlukları.

Grup	Kambiyum Hücrelerinin Radyal Uzunluğu ( $\mu\text{m}$ )
Kontrol	4.40 $\pm$ 0.07 <sup>cdefg</sup>
10 mg L <sup>-1</sup> HK	4.64 $\pm$ 0.08 <sup>fghi</sup>
20 mg L <sup>-1</sup> HK	4.99 $\pm$ 0.14 <sup>ij</sup>
30 mg L <sup>-1</sup> HK	5.09 $\pm$ 0.13 <sup>j</sup>
0.1 mg L <sup>-1</sup> Co	4.36 $\pm$ 0.10 <sup>cdef</sup>
0.1 mg L <sup>-1</sup> Co+10 mg L <sup>-1</sup> HK	4.58 $\pm$ 0.08 <sup>efgh</sup>
0.1 mg L <sup>-1</sup> Co+20 mg L <sup>-1</sup> HK	4.87 $\pm$ 0.14 <sup>hij</sup>
0.1 mg L <sup>-1</sup> Co+30 mg L <sup>-1</sup> HK	5.06 $\pm$ 0.14 <sup>j</sup>
0.3 mg L <sup>-1</sup> Co	4.27 $\pm$ 0.10 <sup>bcd</sup>
0.3 mg L <sup>-1</sup> Co+10 mg L <sup>-1</sup> HK	4.36 $\pm$ 0.09 <sup>cdef</sup>
0.3 mg L <sup>-1</sup> Co+20 mg L <sup>-1</sup> HK	4.71 $\pm$ 0.13 <sup>fghi</sup>
0.3 mg L <sup>-1</sup> Co+30 mg L <sup>-1</sup> HK	4.96 $\pm$ 0.13 <sup>ij</sup>
0.5 mg L <sup>-1</sup> Co	3.96 $\pm$ 0.12 <sup>ab</sup>
0.5 mg L <sup>-1</sup> Co+10 mg L <sup>-1</sup> HK	4.07 $\pm$ 0.09 <sup>abcd</sup>
0.5 mg L <sup>-1</sup> Co+20 mg L <sup>-1</sup> HK	4.43 $\pm$ 0.09 <sup>defg</sup>
0.5 mg L <sup>-1</sup> Co+30 mg L <sup>-1</sup> HK	4.74 $\pm$ 0.12 <sup>ghij</sup>
0.7 mg L <sup>-1</sup> Co	3.82 $\pm$ 0.11 <sup>a</sup>
0.7 mg L <sup>-1</sup> Co+10 mg L <sup>-1</sup> HK	3.87 $\pm$ 0.10 <sup>a</sup>
0.7 mg L <sup>-1</sup> Co+20 mg L <sup>-1</sup> HK	4.05 $\pm$ 0.08 <sup>abc</sup>
0.7 mg L <sup>-1</sup> Co+30 mg L <sup>-1</sup> HK	4.46 $\pm$ 0.11 <sup>efg</sup>
0.9 mg L <sup>-1</sup> Co	3.79 $\pm$ 0.13 <sup>a</sup>

**Tablo 4**'ün devamı

0.9 mg L <sup>-1</sup> Co+10 mg L <sup>-1</sup> HK	3.80 $\pm$ 0.10 <sup>a</sup>
0.9 mg L <sup>-1</sup> Co+20 mg L <sup>-1</sup> HK	3.83 $\pm$ 0.09 <sup>a</sup>
0.9 mg L <sup>-1</sup> Co+30 mg L <sup>-1</sup> HK	4.08 $\pm$ 0.08 <sup>abcd</sup>

Kambiyum hücrelerinin radyal uzunluğu için a, b, c, d, e, f, g, h, i, j: Aynı sütundaki farklı harfleri içeren grup ortalamaları arasındaki fark önemlidir ( $p < 0.05$ )

**Tablo 5.** Kambiyum hücrelerinin teğetsel uzunlukları.

Grup	Kambiyum Hücrelerinin Teğetsel Uzunluğu (µm)
Kontrol	10.12 ± 0.20 <sup>a</sup>
10 mg L <sup>-1</sup> HK	10.21 ± 0.21 <sup>a</sup>
20 mg L <sup>-1</sup> HK	10.23 ± 0.36 <sup>a</sup>
30 mg L <sup>-1</sup> HK	10.65 ± 0.34 <sup>a</sup>
0.1 mg L <sup>-1</sup> Co	10.10 ± 0.32 <sup>a</sup>
0.1 mg L <sup>-1</sup> Co+10 mg L <sup>-1</sup> HK	10.20 ± 0.29 <sup>a</sup>
0.1 mg L <sup>-1</sup> Co+20 mg L <sup>-1</sup> HK	10.20 ± 0.38 <sup>a</sup>
0.1 mg L <sup>-1</sup> Co+30 mg L <sup>-1</sup> HK	10.57 ± 0.31 <sup>a</sup>
0.3 mg L <sup>-1</sup> Co	10.02 ± 0.29 <sup>a</sup>
0.3 mg L <sup>-1</sup> Co+10 mg L <sup>-1</sup> HK	10.08 ± 0.31 <sup>a</sup>
0.3 mg L <sup>-1</sup> Co+20 mg L <sup>-1</sup> HK	10.43 ± 0.35 <sup>a</sup>
0.3 mg L <sup>-1</sup> Co+30 mg L <sup>-1</sup> HK	10.51 ± 0.28 <sup>a</sup>
0.5 mg L <sup>-1</sup> Co	9.58 ± 0.27 <sup>a</sup>
0.5 mg L <sup>-1</sup> Co+10 mg L <sup>-1</sup> HK	9.90 ± 0.33 <sup>a</sup>
0.5 mg L <sup>-1</sup> Co+20 mg L <sup>-1</sup> HK	10.42 ± 0.38 <sup>a</sup>
0.5 mg L <sup>-1</sup> Co+30 mg L <sup>-1</sup> HK	10.50 ± 0.31 <sup>a</sup>
0.7 mg L <sup>-1</sup> Co	9.48 ± 0.27 <sup>a</sup>
0.7 mg L <sup>-1</sup> Co+10 mg L <sup>-1</sup> HK	9.75 ± 0.29 <sup>a</sup>
0.7 mg L <sup>-1</sup> Co+20 mg L <sup>-1</sup> HK	10.07 ± 0.32 <sup>a</sup>
0.7 mg L <sup>-1</sup> Co+30 mg L <sup>-1</sup> HK	10.25 ± 0.22 <sup>a</sup>
0.9 mg L <sup>-1</sup> Co	9.41 ± 0.29 <sup>a</sup>
0.9 mg L <sup>-1</sup> Co+10 mg L <sup>-1</sup> HK	9.47 ± 0.30 <sup>a</sup>
0.9 mg L <sup>-1</sup> Co+20 mg L <sup>-1</sup> HK	9.68 ± 0.31 <sup>a</sup>
0.9 mg L <sup>-1</sup> Co+30 mg L <sup>-1</sup> HK	9.80 ± 0.30 <sup>a</sup>

Kambiyum hücrelerinin teğetsel uzunluğu için a: Aynı sütundaki farklı harfleri içeren grup ortalamaları arasındaki fark önemlidir (p < 0.05)

**Tablo 6.** Kambiyum hücrelerinin radyal çeper kalınlıkları

Grup	Kambiyum Hücrelerinin Radyal Çeper Kalınlığı (µm)
Kontrol	0.52 ± 0.01 <sup>def</sup>
10 mg L <sup>-1</sup> HK	0.47 ± 0.01 <sup>c</sup>
20 mg L <sup>-1</sup> HK	0.35 ± 0.01 <sup>b</sup>
30 mg L <sup>-1</sup> HK	0.27 ± 0.00 <sup>a</sup>
0.1 mg L <sup>-1</sup> Co	0.52 ± 0.01 <sup>def</sup>
0.1 mg L <sup>-1</sup> Co+10 mg L <sup>-1</sup> HK	0.47 ± 0.01 <sup>c</sup>
0.1 mg L <sup>-1</sup> Co+20 mg L <sup>-1</sup> HK	0.35 ± 0.01 <sup>b</sup>
0.1 mg L <sup>-1</sup> Co+30 mg L <sup>-1</sup> HK	0.27 ± 0.00 <sup>a</sup>
0.3 mg L <sup>-1</sup> Co	0.53 ± 0.01 <sup>def</sup>
0.3 mg L <sup>-1</sup> Co+10 mg L <sup>-1</sup> HK	0.48 ± 0.01 <sup>cd</sup>
0.3 mg L <sup>-1</sup> Co+20 mg L <sup>-1</sup> HK	0.38 ± 0.01 <sup>b</sup>
0.3 mg L <sup>-1</sup> Co+30 mg L <sup>-1</sup> HK	0.28 ± 0.00 <sup>a</sup>
0.5 mg L <sup>-1</sup> Co	0.55 ± 0.01 <sup>fgh</sup>
0.5 mg L <sup>-1</sup> Co+10 mg L <sup>-1</sup> HK	0.54 ± 0.01 <sup>fg</sup>
0.5 mg L <sup>-1</sup> Co+20 mg L <sup>-1</sup> HK	0.49 ± 0.01 <sup>cde</sup>
0.5 mg L <sup>-1</sup> Co+30 mg L <sup>-1</sup> HK	0.40 ± 0.01 <sup>b</sup>
0.7 mg L <sup>-1</sup> Co	0.58 ± 0.01 <sup>hi</sup>
0.7 mg L <sup>-1</sup> Co+10 mg L <sup>-1</sup> HK	0.57 ± 0.01 <sup>ghi</sup>
0.7 mg L <sup>-1</sup> Co+20 mg L <sup>-1</sup> HK	0.53 ± 0.01 <sup>ef</sup>
0.7 mg L <sup>-1</sup> Co+30 mg L <sup>-1</sup> HK	0.52 ± 0.01 <sup>cdef</sup>
0.9 mg L <sup>-1</sup> Co	0.60 ± 0.01 <sup>i</sup>
0.9 mg L <sup>-1</sup> Co+10 mg L <sup>-1</sup> HK	0.60 ± 0.01 <sup>i</sup>
0.9 mg L <sup>-1</sup> Co+20 mg L <sup>-1</sup> HK	0.55 ± 0.01 <sup>fgh</sup>
0.9 mg L <sup>-1</sup> Co+30 mg L <sup>-1</sup> HK	0.53 ± 0.01 <sup>ef</sup>

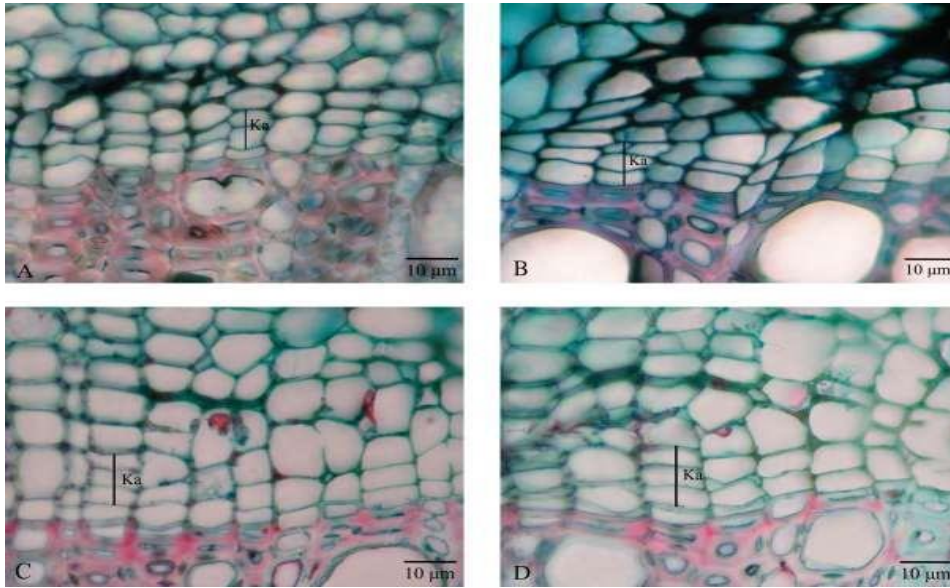
a, b, c, d, e, f, g, h, i: Aynı sütundaki farklı harfleri içeren grup ortalamaları arasındaki fark önemlidir (p < 0.05)

Artan kobalt konsantrasyonunun etkisi ile kambiyum hücrelerinin radyal çeper kalınlığı arttı buna karşılık HK konsantrasyonunun artışına paralel olarak kambiyum hücrelerinin radyal çeper kalınlığı azaldı. Co+HK gruplarında ise HK konsantrasyonundaki artış kobaltın kambiyum hücrelerinin radyal çeper kalınlığı üzerine olan olumsuz etkisini (kalınlaşma) azalttı (Tablo 6.).

**Tablo 7.** Kambiyum hücrelerinin teğetsel çeper kalınlıkları.

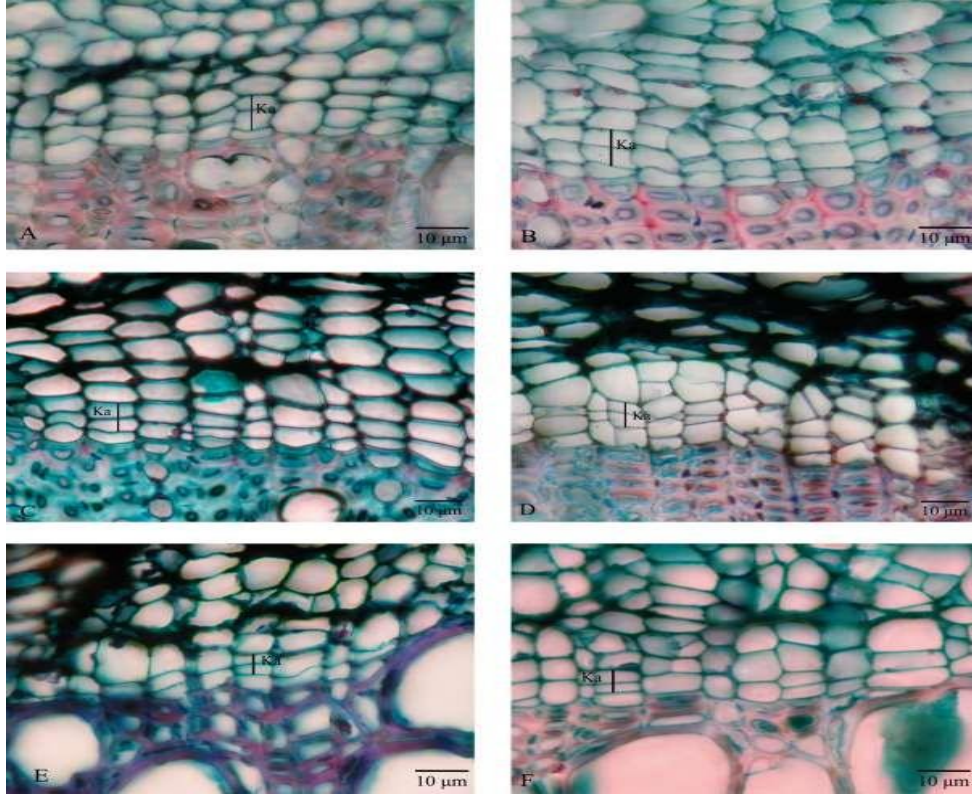
Grup	Kambiyum Hücrelerinin Teğetsel Çeper Kalınlığı ( $\mu\text{m}$ )
Kontrol	$0.35 \pm 0.01^c$
10 mg L <sup>-1</sup> HK	$0.34 \pm 0.01^{bc}$
20 mg L <sup>-1</sup> HK	$0.30 \pm 0.00^a$
30 mg L <sup>-1</sup> HK	$0.29 \pm 0.00^a$
0.1 mg L <sup>-1</sup> Co	$0.35 \pm 0.01^c$
0.1 mg L <sup>-1</sup> Co+10 mg L <sup>-1</sup> HK	$0.35 \pm 0.01^{bc}$
0.1 mg L <sup>-1</sup> Co+20 mg L <sup>-1</sup> HK	$0.30 \pm 0.00^a$
0.1 mg L <sup>-1</sup> Co+30 mg L <sup>-1</sup> HK	$0.30 \pm 0.00^a$
0.3 mg L <sup>-1</sup> Co	$0.36 \pm 0.01^c$
0.3 mg L <sup>-1</sup> Co+10 mg L <sup>-1</sup> HK	$0.35 \pm 0.01^c$
0.3 mg L <sup>-1</sup> Co+20 mg L <sup>-1</sup> HK	$0.31 \pm 0.00^a$
0.3 mg L <sup>-1</sup> Co+30 mg L <sup>-1</sup> HK	$0.30 \pm 0.00^a$
0.5 mg L <sup>-1</sup> Co	$0.36 \pm 0.01^c$
0.5 mg L <sup>-1</sup> Co+10 mg L <sup>-1</sup> HK	$0.36 \pm 0.01^c$
0.5 mg L <sup>-1</sup> Co+20 mg L <sup>-1</sup> HK	$0.34 \pm 0.00^{bc}$
0.5 mg L <sup>-1</sup> Co+30 mg L <sup>-1</sup> HK	$0.32 \pm 0.00^{ab}$
0.7 mg L <sup>-1</sup> Co	$0.37 \pm 0.01^c$
0.7 mg L <sup>-1</sup> Co+10 mg L <sup>-1</sup> HK	$0.36 \pm 0.01^c$
0.7 mg L <sup>-1</sup> Co+20 mg L <sup>-1</sup> HK	$0.36 \pm 0.01^c$
0.7 mg L <sup>-1</sup> Co+30 mg L <sup>-1</sup> HK	$0.35 \pm 0.01^{bc}$
0.9 mg L <sup>-1</sup> Co	$0.38 \pm 0.01^c$
0.9 mg L <sup>-1</sup> Co+10 mg L <sup>-1</sup> HK	$0.37 \pm 0.01^c$
0.9 mg L <sup>-1</sup> Co+20 mg L <sup>-1</sup> HK	$0.36 \pm 0.01^c$
0.9 mg L <sup>-1</sup> Co+30 mg L <sup>-1</sup> HK	$0.36 \pm 0.01^c$

a, b, c: Aynı sütundaki farklı harfleri içeren grup ortalamaları arasındaki fark önemlidir ( $p < 0.05$ )

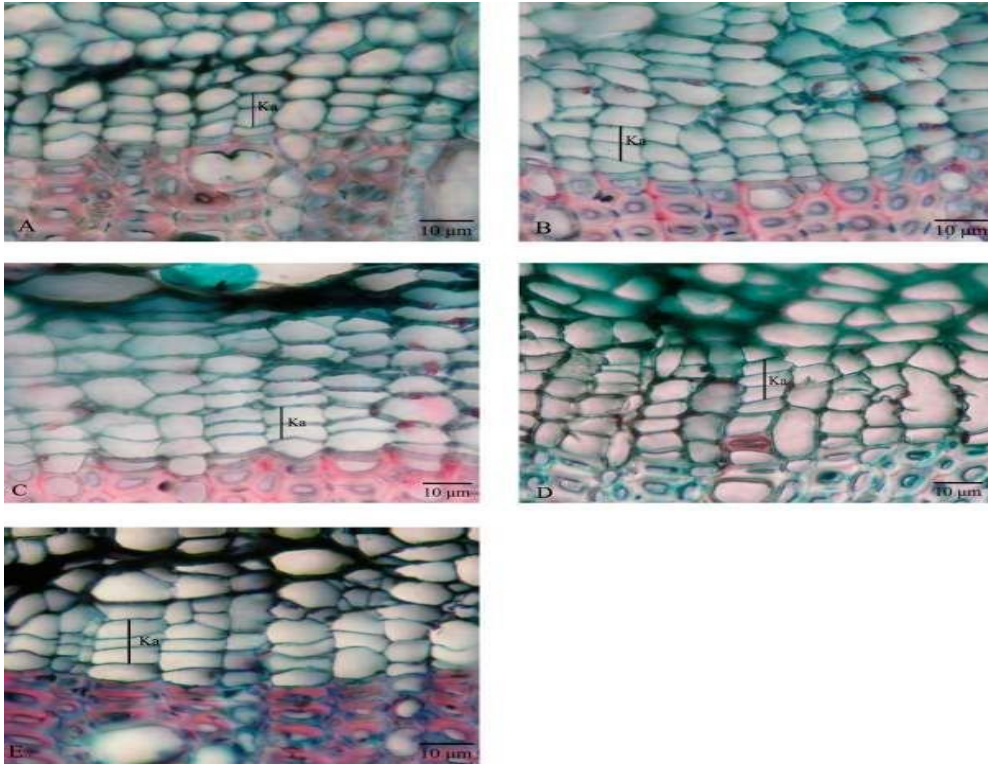


**Şekil 1.** Farklı hormon konsantrasyonları uygulanan *Rosa canina L.* çeliklerinde kambiyumun genel durumu. A: Kontrol, B: 10 mg L<sup>-1</sup> HK, C: 20 mg L<sup>-1</sup> HK, D: 30 mg L<sup>-1</sup> HK, Ka: Kambiyum.



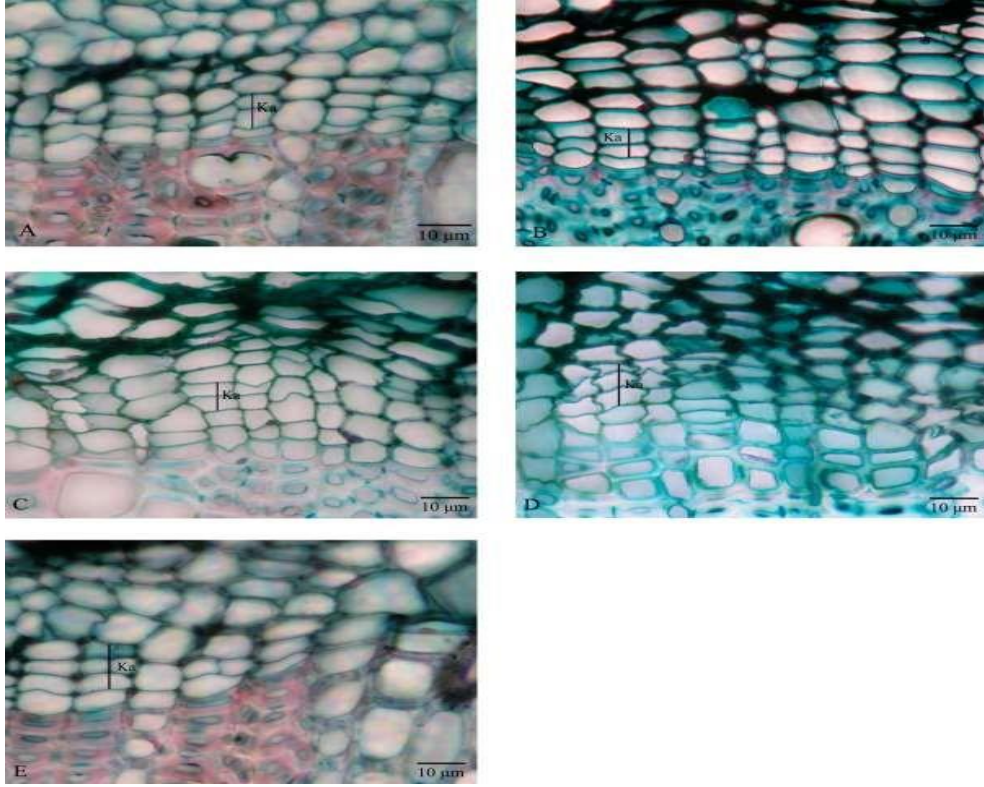


Şekil 2. Farklı kobalt konsantrasyonları uygulanan *Rosa canina L.* çeliklerinde kambiyumun genel durumu. A: Kontrol, B: 0.1 mg L<sup>-1</sup> Co, C: 0.3 mg L<sup>-1</sup> Co, D: 0.5 mg L<sup>-1</sup> Co, E: 0.7 mg L<sup>-1</sup> Co, F: 0.9 mg L<sup>-1</sup> Co, Ka: Kambiyum.

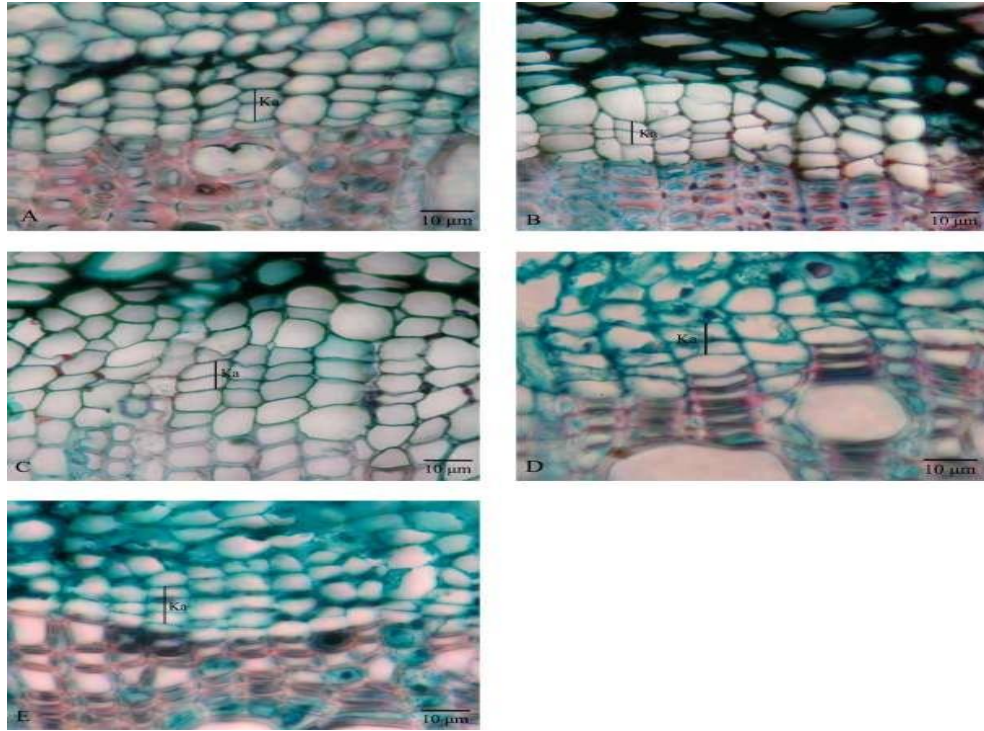


Şekil 3. 0.1 mg L<sup>-1</sup> Co ve farklı hormon konsantrasyonları uygulanan *Rosa canina L.* çeliklerinde kambiyumun genel durumu. A: Kontrol, B: 0.1 mg L<sup>-1</sup> Co, C: 0.1 mg L<sup>-1</sup> Co+10 mg L<sup>-1</sup> HK, D: 0.1 mg L<sup>-1</sup> Co+20 mg L<sup>-1</sup> HK, E: 0.1 mg L<sup>-1</sup> Co+30 mg L<sup>-1</sup> HK, Ka: Kambiyum.

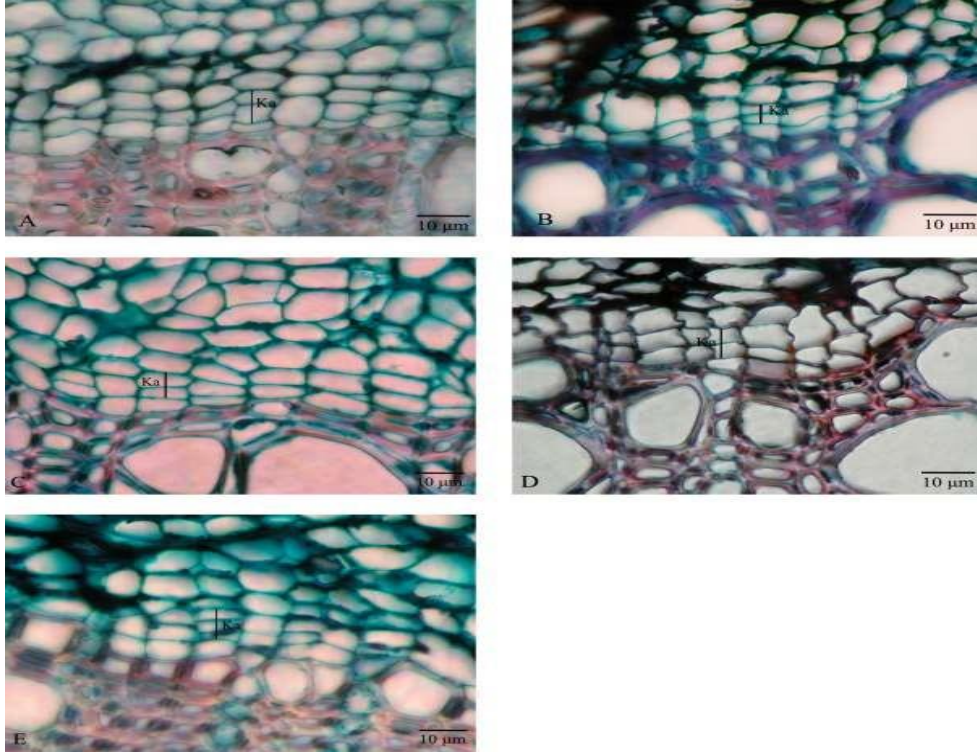




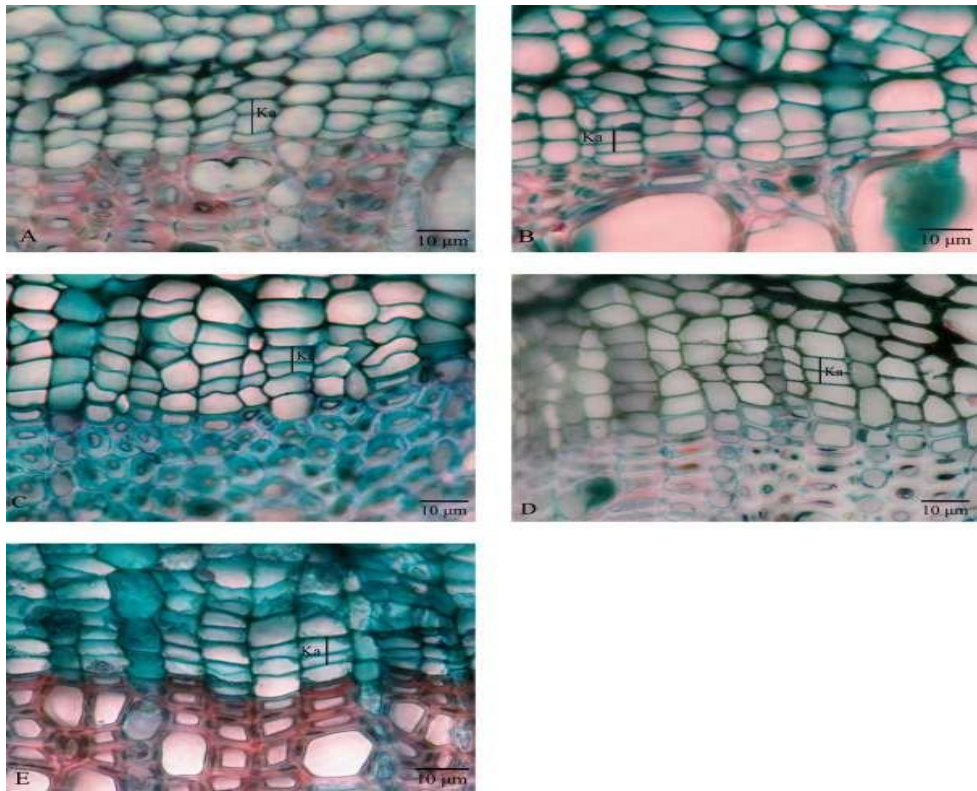
**Şekil 4.**  $0.3 \text{ mg L}^{-1} \text{ Co}$  ve farklı hormon konsantrasyonları uygulanan *Rosa canina* L. çeliklerinde kambiyumun genel durumu. A: Kontrol, B:  $0.3 \text{ mg L}^{-1} \text{ Co}$ , C:  $0.3 \text{ mg L}^{-1} \text{ Co} + 10 \text{ mg L}^{-1} \text{ HK}$ , D:  $0.3 \text{ mg L}^{-1} \text{ Co} + 20 \text{ mg L}^{-1} \text{ HK}$ , E:  $0.3 \text{ mg L}^{-1} \text{ Co} + 30 \text{ mg L}^{-1} \text{ HK}$ , Ka: Kambiyum.



**Şekil 5.**  $0.5 \text{ mg L}^{-1} \text{ Co}$  ve farklı hormon konsantrasyonları uygulanan *Rosa canina* L. çeliklerinde kambiyumun genel durumu. A: Kontrol, B:  $0.5 \text{ mg L}^{-1} \text{ Co}$ , C:  $0.5 \text{ mg L}^{-1} \text{ Co} + 10 \text{ mg L}^{-1} \text{ HK}$ , D:  $0.5 \text{ mg L}^{-1} \text{ Co} + 20 \text{ mg L}^{-1} \text{ HK}$ , E:  $0.5 \text{ mg L}^{-1} \text{ Co} + 30 \text{ mg L}^{-1} \text{ HK}$ , Ka: Kambiyum.



**Şekil 6.** 0.7 mg L<sup>-1</sup> Co ve farklı hormon konsantrasyonları uygulanan *Rosa canina* L. çeliklerinde kambiyumun genel durumu. A: Kontrol, B: 0.7 mg L<sup>-1</sup> Co, C: 0.7 mg L<sup>-1</sup> Co+10 mg L<sup>-1</sup> HK, D: 0.7 mg L<sup>-1</sup> Co+20 mg L<sup>-1</sup> HK, E: 0.7 mg L<sup>-1</sup> Co+30 mg L<sup>-1</sup> HK, Ka: Kambiyum.



**Şekil 7.** 0.9 mg L<sup>-1</sup> Co ve farklı hormon konsantrasyonları uygulanan *Rosa canina* L. çeliklerinde kambiyumun genel durumu. A: Kontrol, B: 0.9 mg L<sup>-1</sup> Co, C: 0.9 mg L<sup>-1</sup> Co+10 mg L<sup>-1</sup> HK, D: 0.9 mg L<sup>-1</sup> Co+20 mg L<sup>-1</sup> HK, E: 0.9 mg L<sup>-1</sup> Co+30 mg L<sup>-1</sup> HK, Ka: Kambiyum.



Artan kobalt konsantrasyonunun etkisi ile kambiyum hücrelerinin teğetsel çeper kalınlığı arttı buna karşılık HK konsantrasyonunun artışına paralel olarak kambiyum hücrelerinin teğetsel çeper kalınlığı azaldı. Co<sup>+</sup>HK gruplarında ise HK konsantrasyonundaki artış kobaltın kambiyum hücrelerinin teğetsel çeper kalınlığı üzerine olan olumsuz etkisini (kalınlaşma) azalttı (Tablo 7). Çalışmamızda elde edilen sonuçlara ilişkin anatomik fotoğraflar yukarıda sunulmuştur (Şekil 1; Şekil 2; Şekil 3; Şekil 4; Şekil 5; Şekil 6; Şekil 7).

Bu çalışmada elde edilen sonuçlar IAA, GA<sub>3</sub>, kinetin karışımının kuşburnu bitkisinin kambiyum faaliyeti üzerine pozitif etki yaptığını ortaya koydu. Bitki bünyesinde üretilmeleri halinde bitki hormonu adını alan bu organik bileşikler sentetik olarak uygulandıklarında bitki büyüme regülatörleri olarak isimlendirilirler ve stres altında bitkinin fizyolojik performansını artırmaktadırlar (Rostami ve Azhdarpoor, 2019). Bu fizyolojik performans artışı kambiyum dokusunda farklılaşmanın hızlanmasına ve oluşan ksilem elemanı ve floem hücresi miktarının artmasına sebep olmaktadır. Bu konuda Robards ve ark. (1969), söğüt (*Salix fragilis L.*) bitkisinde IAA, GA<sub>3</sub>, kinetin karışım halinde uygulanmasının sinerjik bir etki gösterdiğini, ksilem hücrelerini ve ksilem hücrelerinin farklılaşmasını belirgin bir şekilde etkilediğini bildirmişlerdir. Philipson ve Coutts (1979), sitka ladini (*Picea sitchensis Bong.*) bitkisinde indol asetik asit, gibberellik asit ve benzilaminopürin karışımlarının hem floemde hem de ksilemde önemli artışlar meydana getirdiğini belirtmişlerdir. Bitki büyüme regülatörlerinin kambiyal aktiviteye bir diğer etki ölçütü ise doğrudan kambiyal zon parametreleridir. Bu parametreler kambiyal zon hücre sıra sayısı, kambiyal zon kalınlığı, kambiyal hücrelerin boyutları olarak sayılabilir. Bu konuda Tileklioğlu ve Algan (1992), *Coleus sp.* bitkisinde IAA+GA<sub>3</sub>+kinetin karışımlarının kambiyal zon kalınlığı, kambiyal zon hücrelerinin radyal eksen uzunluğu, kambiyal zon+yeni oluşan floem ve ksilem kalınlıklarının konsantrasyona bağlı olarak arttığını belirtmişlerdir. Yüce ve Tileklioğlu (2019), *Cerasus vulgaris* Miller bitkisinde IAA, GA<sub>3</sub> ve kinetin karışımlarının kambiyal tabaka hücre sıra sayısında, kambiyal zon kalınlığında, kambiyum hücrelerinin radyal ve teğetsel uzunluklarında artışa sebep olduğunu belirtmişlerdir.

Hüresel düzeyde oksin, gibberellik asit ve sitokininlerin oluşturduğu pozitif etkinin temelinde

çeper yapısını etkilemeleri yer almaktadır. Shibaoka (1994), oksin, gibberellik asit ve sitokininlerin çeper mikrotübüllerinin yeniden düzenlenmesini sağlayarak bölünme üzerine etki ettiklerini bildirmiştir. Majda ve Robert (2018), ise oksinlerin hücre zarındaki ATPaz-H<sup>+</sup> proteinlerini aktive ederek apoplast bölgenin asidifikasyonuna sebep olduğunu ve oluşan asidik ortamın da çeper yapısında gevşeme meydana getirdiğini bildirmişlerdir. Kobaltın bitkiler üzerine zararlı etkilerinin temelinde ise hücre bölünmesi üzerine olan negatif etkileri yer almaktadır. Bu konuda Herich (1965), Co<sup>+</sup> uygulamasının bakla (*Vicia faba L.*) bitkisinde mitotik katsayıyı azalttığını ve interfaz hücrelerinin mitoz geçişini inhibe ederek bir erken profaz zehri gibi davrandığını ifade etmiştir. Bobak (1974), yüksek bitkilerde Co<sup>+</sup>'nin karyokinez ve sitokinez safhalarını geciktirdiğini, Co<sup>+</sup> uygulamasının devam ettirilmesi ile sitokinezin tamamen durduğunu bildirmiştir. Ayrıca %0.001'den %0.2'ye kadar uygulanan Co<sup>+</sup>'nin bakla (*Vicia faba L.*) meristem hücrelerinde profaz kromozomlarının despiralizasyonuna neden olduğunu ifade etmiştir. Macar ve ark. (2020), soğan (*Allium cepa L.*) bitkisine üç gün boyunca uygulanan kobaltın (5.5 mg/kg Cobalt(II) nitrat heksahidrat) kök mitotik indeksini ve kök uzunluğunu önemli ölçüde azalttığını, kök ucu epidermis hücrelerinde deformasyona ve korteks hücrelerinde çeper kalınlaşmasına sebep olduğunu ifade etmişlerdir.

Kobaltın organ ve verim düzeyindeki etkisi de yine hücre bölünmesi üzerine olan negatif etkisinin sonucu niteliğindedir. Bu konuda Caselles ve ark. (1997), besin çözeltilisinde Co<sup>+</sup> varlığının, özellikle yüksek konsantrasyonlarda domates (*Lycopersicon esculentum M. cv. Romy*) bitkisinde yaprak oluşumu ve uzamasını azalttığını ifade etmişlerdir. Munzuroğlu ve Gür (1999), kobaltın elma (*Malus sylvestris cv. Golden*)'da polen çimlenmesini ve tüp büyümesini önemli oranlarda azalttığını belirtmişlerdir. Burhan ve ark. (2001), kobaltın inci darı (*Pennisetum americanum L.*) ve isadiken (*Parkinsonia aculeata L.*) bitkilerinde çimlenme, kök ve sürgün büyümesi üzerine negatif etki yaptığını belirtmişlerdir. Zengin ve Munzuroğlu (2005), fasulye (*Phaseolus vulgaris L. cv. Strike*) fidelerinde kobaltın kök, gövde ve yaprak büyümesini önemli oranlarda engellendiğini ifade etmişlerdir. Jayakumar ve ark. (2007), turp (*Raphanus sativus L.*) bitkisinde kobalt stresinin fide canlılığı, fotosentetik pigment içeriği, biyokimyasal bileşenler, mineral durumu ve antioksidan

enzimlerin aktivitesi üzerine etkilerini incelemişler ve (50, 100, 150, 200 ve 250 mg/kg<sup>-1</sup> toprakta) 50 mg/kg-1 üzerindeki bütün konsantrasyonlarda çalışılan tüm parametrelerin negatif etkilendiğini bildirmişlerdir. Sridhar ve ark.(2020), su kekiği (*Hydrilla verticillata L.f. Royle*) bitkisine yedi gün boyunca uygulanan kobaltın (1, 25, 50, 75 ve 100 µM) 50 µM ve üzerindeki konsantrasyonlarda bitkide fide büyümesini, klorofil a, klorofil b ve toplam klorofil miktarını, 75 ve 100 µM ve konsantrasyonlarda da protein içeriğini önemli ölçüde azalttığını ifade etmişlerdir. Azalan klorofil ve protein içeriğinin bitkinin fotosentetik aktivitesini de negatif etkilediğini belirtmişlerdir. Al-Rashedy (2020), toprağa ekilen nane (*Mentha spicata L.*) tohumlarına 6 gün boyunca uygulanan kobaltın (30 ve 60 mg kg<sup>-1</sup>) 60 mg kg<sup>-1</sup> konsantrasyonda sürgün ve kök uzunluğunu, yaprak alanını, yaprak su içeriğini, klorofil a ve b miktarlarını önemli ölçüde azalttığını ifade etmiştir. Lwalaba ve ark. (2019), iki farklı nane genotipinin bir haftalık fidelerine üç gün süre ile uygulanan kobaltın (100 µM CoCl<sub>2</sub>.6H<sub>2</sub>O) sürgün ve kök uzunluğunu, sürgün ve kök kuru ağırlığını, klorofil a ve b miktarlarını önemli ölçüde azaltırken sürgün ve köklerde enzimatik ve enzimatik olmayan antioksidan aktivitesini (Süperoksit dismutaz, katalaz ve glutatyon, okside glutatyon) önemli ölçüde artırdığını belirtmişlerdir.

Ağır metallerin ve hormon karışımlarının, ayrı ayrı ve birlikte uygulandığı bitkilerin kambiyum faaliyetleri ve diğer dokuları üzerine etkileri konusunda çeşitli çalışmalar yapılmıştır. Bu çalışmalarda genellikle toksisite düzeyi yüksek olduğu bilinen cıva, kurşun gibi ağır metallerin etkileri araştırılmıştır. Bu konuda, Hassan ve Chaudhry (2004), kinetin, gibberellik asit ve kurşun nitratı ayrı ayrı ve karışım halinde hıyar (*Cucumis sativus L.*) bitkisine uygulamışlardır. Korteks tabaka sırasının kinetin ile artarken, kurşun, kinetin+kurşun ve GA<sub>3</sub>+kurşun ile azaldığını ifade etmişlerdir. Kambiyal zon kalınlığının kinetin ve kinetin+kurşun karışımları ile arttığını tespit etmişlerdir. Fatima ve Chaudhry (2004), tarafından benzer bir çalışma yapılmıştır. Nohut (*Cicer arietinum L.*) bitkisi üzerine IAA, GA<sub>3</sub> ve kurşun nitrat etkisini incelemişlerdir. Vasküler kambiyumun tabaka sayısının IAA, IAA+GA<sub>3</sub> ve IAA+GA<sub>3</sub>+kurşun ile artarken GA<sub>3</sub>+kurşun ile azaldığını belirtmişlerdir. Vasküler kambiyumun genişliğinin IAA, kurşun, IAA+GA<sub>3</sub>, IAA+kurşun, IAA+GA<sub>3</sub>+kurşun ile artarken, GA<sub>3</sub> ve GA<sub>3</sub>+kurşun ile azaldığını ortaya

koymuşlardır. Khan ve Chaudhry (2006), lif kabağı (*Luffa cylindrica L.*) bitkisine IAA ve HgCl<sub>2</sub> uygulamışlardır. HgCl<sub>2</sub> uygulamasının internod çapını azaltarak korteks, sklerenkima, kambiyal ve öz bölgelerinin inhibisyonuna neden olduğunu, buna karşılık IAA muamelesinin ise korteks ve kambiyal bölgeyi artırdığını belirtmişlerdir. IAA ve HgCl<sub>2</sub>'nin beraber uygulanmasında ise IAA'nın HgCl<sub>2</sub>'nin inhibisyon etkisini bütün parametrelerde azalttığını ifade etmişlerdir.

#### 4. SONUÇ

Sonuç olarak, hormon karışımı kambiyum faaliyeti üzerinde konsantrasyon artışına paralel olarak olumlu yönde etki gösterdi. Kobalt ise konsantrasyon artışına paralel olarak olumsuz yönde etki gösterdi. Hormon ve kobalt karışımlarında ise hormon karışımı kobaltın zararlı etkilerini önemli derecede azalttı. Böylece bitkilerde kambiyum hücre sırası, kambiyal zon kalınlığı ve kambiyum hücrelerinin radyal eksen uzunluğu hormonun kobalta baskın olduğu düzeylerde artarken, kobaltın hormona baskın olduğu düzeylerde ise azaldı. Bu sonuçlar hormonların hücre bölünmesi ve hücre genişlemesi üzerindeki olumlu etkileri ile kobaltın olumsuz etkilerinin ortak bir neticesi olarak ortaya çıkmaktadır. Kobalt çözeltileri ile muamele edilen bitkilerde kambiyal zondaki hücre sıralarının azalmasının, hücre bölünmesinin durup, hücre farklılaşmanın devam etmesinden kaynaklandığı ileri sürülebilir. Hormon karışımı uygulanan bitkilerde kambiyum hücrelerinin radyal ve teğetsel çeper kalınlıklarındaki azalmanın nedeni, hormonların çeper yapısını gevşetip, hücreyi bölünmeye hazırlamasında rol oynamasıdır. Çeperlerin kalınlıklarının artması ise kobaltın bölünmeyi engellemesi ile hücrenin farklılaşmaya geçmesinden ileri gelebilir. Yaptığımız çalışmada tüm bitkilerde kambiyal zondan farklılaşan hücrelerin floeme ve/veya ksileme ilave olduklarını belirlemek oldukça zordur. Bu konuda daha detaylı bilgiler ancak hücrenin ince yapısı incelenerek elde edilebilecektir.

#### KAYNAKLAR

Agboola, D. A., Ogunyale, O. G., Fawibe, O. O., Ajiboye, A. A. (2014). A Review of Plant Growth Substances: Their Forms, Structures, Synthesis and Functions. Journal of Advanced

- Laboratory Research in Biology, 5(4), 152-168.
- Al-Rashedy, H. S. M. (2020). Effect of Cobalt and Nickel on Growth and Some Physiological Aspects of Mint (*Mentha spicata*). *Plant Cell Biotechnol. Mol. Biol*, 21(71&72), 163-171.
- Asgher, M., Khan, M. I. R., Anjum, N. A., Khan, N. A. (2015). Minimising Toxicity of Cadmium in plants—Role of Plant Growth Regulators. *Protoplasma*, 252(2), 399-413.
- Bobak, M. (1974). Influence of Exogenous Added Cobalt Upon The Submicroscopic Structure and The Chromosomes of Meristematic Cells of The Horse Bean (*Vicia faba* L. cv. Zborovicky). *Acta Facultatis Rerum Naturalium Universitatis Comenianae, Physiology*, 8, 17-24.
- Burhan, N., Shaukat, S. S., Tahira, A. (2001). Effects of Zinc and Cobalt on Germination and Seedling Growth of *Pennisetum americanum* (L.) Schumann and *Parkinsonia aculeata* L. *Pakistan Journal of Biological Sciences*, 4(5), 575-580.
- Caselles, J. M., Espinosa, P. A., Murcia, M. D. P., Moral, R., Gómez, I. (1997). Effect of Increased Cobalt Treatments on Cobalt Concentration and Growth of Tomato Plants. *Journal of Plant Nutrition*, 20(7-8), 805-811.
- Çağlarırnak, N., Hepçimen, A. Z. (2010). Ağır Metal Toprak Kirliliğinin Gıda Zinciri ve İnsan Sağlığına Etkisi. *Akademik Gıda*, 8(2), 31-35.
- Elmalı, N. (2017). *Salvia candidissima* Vahl (Labiatae) Alt Türlerinin Morfolojik ve Anatomik Özelliklerinin İncelenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Selçuk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Konya.
- Fang, S., Gao, K., Hu, W., Wang, S., Chen, B., Zhou, Z. (2019). Foliar and Seed Application of Plant Growth Regulators Affects Cotton Yield by Altering Leaf Physiology and Floral Bud Carbohydrate Accumulation. *Field Crops Research*, 231, 105-114.
- Fatima, T., Chaudhry, N. Y. (2004). Morphogenetic Effect of Growth Hormones i.e., Indole-3-Acetic Acid, Gibberellic Acid and Heavy Metal i.e., Lead Nitrate on The External and Internal Morphology of Seedlings of *Cicer arietinum* L. *Pakistan Journal of Biological Sciences*, 7(8), 1443-1452.
- Gürel, A., Avcıoğlu, R. (2001). Bitki Biyoteknolojisi II, Genetik Mühendisliği ve Uygulamaları, Selçuk Üniversitesi Vakfı Yayınları, Konya, 456.
- Hassan, A., Chaudhry, N. Y. (2004). Effect of Growth Hormones i.e., GA3 and Kinetin and Heavy Metal i.e., Pb(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub> on the Seedling of *Cucumis sativus* L. *Pakistan Journal of Biological Sciences*, 7(8), 1453-1462.
- Herich, R. (1965). The Effect of Cobalt on The Structure of Chromosomes and on The Mitosis. *Chromosoma*, 17, 194-198.
- Jayakumar, K., Jaleel, C. A., Vijayarengan, P. (2007). Changes in Growth, Biochemical Constituents, and Antioxidant Potentials in Radish (*Raphanus sativus* L.) Under Cobalt Stress. *Turkish Journal of Biology*, 31, 127-136.
- Kahvecioğlu, Ö., Kartal, G., Güven A., Timur, S. (2003). Metallerin Çevresel Etkileri-I, Metalurji Dergisi, 136, 47-53.
- Karuppanapandian, T., Kim, W. (2013). Cobalt-Induced Oxidative Stress Causes Growth Inhibition Associated with Enhanced Lipid Peroxidation and Activates Antioxidant Responses in Indian Mustard (*Brassica juncea* L.) leaves. *Acta physiologiae plantarum*, 35(8), 2429-2443.
- Khan, A., Chaudhry, N. (2006). Auxins Partially Restore The Cambial Activity in *Luffa cylindrical* L. (Cucurbitaceae) Under Mercury Stress. *Agriculture & Environment*, 4(1), 276-281.
- Khurshid, I., Jackson, D. L., Rowe R. N. (2012). Effect of Plant Growth Regulators on Flower Development in Grapevine (*Vitis vinifera* L.) cv. Cabernet Sauvignon. *New Zealand Journal of Crop and Horticultural Science*, 20(3), 351-356.
- Kumlay, A. M., Eryiğit, T. (2011). Bitkilerde Büyüme ve Gelişmeyi Düzenleyici Maddeler: Bitki Hormonları. *Journal of the Institute of*



- Science and Technology, 1(2), 47-56.
- Lwalaba, J. L. W., Louis, L. T., Zvobgo, G., Fu, L., Mwamba, T. M., Mundende, R. P. M., Zhang, G. (2019). Copper Alleviates Cobalt Toxicity in Barley by Antagonistic Interaction of the Two Metals. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 180, 234-241.
- Macar, O., Kalefetoğlu Macar, T., Çavuşoğlu, K., Yalçın, E. (2020). Determination of Protective Effect of Carob (*Ceratonia siliqua* L.) Extract against Cobalt (II) Nitrate-Induced Toxicity. *Environmental Science and Pollution Research*, 27(32), 40253-40261.
- Majda, M., Robert, S. (2018). The Role of Auxin in Cell Wall Expansion. *International Journal of Molecular Sciences*, 19(4), 951.
- Munzuroğlu, Ö., Gür, N. (1999). Ağır Metallerin Elma (*Malus sylvestris* Mille cv. Golden)'da Polen Çimlenmesi ve Polen Tüpü Gelişimi Üzerine Etkileri. *Turkish Journal of Biology*, 24, 677-684.
- Palit, S., Sharma, A. (1994). Effects of Cobalt on Plants. *The Botanical Review*, 60(2), 149-181.
- Philipson, J. J., Coutts, M. P. (1979). Effects of Growth Hormone Application on The Secondary Growth of Root and Steams in *Picea sitchensis* (Bong) Carr. *Annals of Botany*, 46(6), 747-755.
- Rahman, Z., Singh, V. P. (2019). The Relative Impact of Toxic Heavy Metals (THMs) (Arsenic (As), Cadmium (Cd), Chromium (Cr)(VI), Mercury (Hg), and Lead (Pb)) on the Total Environment: An Overview. *Environmental Monitoring and Assessment*, 191(7), 1-21.
- Robards, A. W., Davidson, E., Kidwai, P. (1969). Short-term Effects of Some Chemicals on Cambial Activity. *Journal of Experimental Botany*, 20 (65), 912-921.
- Rostami, S., Azhdarpoor, A. (2019). The Application of Plant Growth Regulators to Improve Phytoremediation of Contaminated Soils: A Review. *Chemosphere*, 220, 818-827.
- Salisbury, F. B., Ross, C. W. (1978). *Plant Physiology*. Second Edition, Wadsworth Publishing Company, Inc, Belmont, 442.
- Shibaoka, H. (1994). Plant Hormone-Induced Changes in The Orientation of Cortical Microtubules: Alterations in The Cross-Linking Between Microtubules and The Plasma Membrane. *Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology*, 45, 527-544.
- Sridhar, A., Khader, P. A., Ramasamy, T. (2020). Assessment of Cobalt Accumulation Effect on Growth and Antioxidant Responses in Aquatic Macrophyte *Hydrilla verticillata* (Lf) Royle. *Biologia*, 75(11), 2001-2008.
- Tileklioğlu, B., Algan, G. (1992). *Coleus* sp. Bitkisinde GA3+IAA+K Karışımlarının Kambiyal Aktiviteye Etkisi. *Yüzüncü Yıl Üniversitesi Ziraat Fak. Dergisi*, 2(2), 169-175.
- Urgan, E. K. (2012). Endemik *Silene Caramanica* Boiss. & Heldr. ve *Silene Kucukodukı* Bağcı & Uysal Türlerinin Anatomik Ve Morfolojik Özelliklerinin İncelenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Selçuk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Konya.
- Walz, A., Park, S., Slovin, J. P., Ludwig-Müller, J., Momonoki, Y. S., Cohen, J. D. (2002). A Gene Encoding a Protein Modified by the Phytohormone Indoleacetic Acid. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 99(3), 1718- 1723.
- Yuce, K., Tileklioglu, B. (2019). Effect of Plant Hormones on the Cambial Activity of *Cerasus vulgaris* Miller Under Stress Conditions with Zn. *Journal of Plant Protection Research*, 59(3), 304-323.
- Zakrzewski, J. (1983). Hormonal Control of Cambial Activity and Vessel Differentiation in *Quercus robur*. *Physiologia Plantarum*, 57(4), 537-547.
- Zengin, F. K., Munzuroğlu, Ö. (2005). Kobalt (Co+2) ve Çinko (Zn+2)' nun Fasulye Fidelerinin (*Phaseolus vulgaris* L. cv. Strike) Kök, Gövde ve Yaprak Büyümesi Üzerine Etkileri. *Fırat Üniversitesi Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 17(1), 97-106.