

Allium Cepa L. (Amaryllidaceae) Kök Ucu Hücrelerinde 1,4 Dioksan Tarafından Teşvik Edilen Sitotoksitenin Belirlenmesi

Deniz TEKER¹ Kültiğin ÇAVUŞOĞLU¹

ÖZET: Bu çalışmada günlük yaşamımızda sıkça kullandığımız temizlik ve kozmetik ürünlerinin yapısında bulunan, 1,4 Dioksanın *Allium cepa* L. kök ucu hücrelerinde meydana getirdiği fizyolojik ve sitogenetik etkiler araştırılmıştır. Test materyali olarak *A. cepa* tohumları kullanılmıştır. Çimlenme yüzdesi, kök uzunluğu ve ağırlık artışı fizyolojik parametreler olarak; kromozomal hasarlar, mikronukleus (MN) sıklığı ve mitotik indeks (MI) ise sitotoksitenin indikatörleri olarak kullanılmış ve bu veriler istatistiksel parametreler ile ilişkilendirilmiştir. *A. cepa* tohumları kontrol (Grup I) ve 1,4 Dioksan uygulama grupları olarak üç gruba ayrıldı. 72 saat süresince II. Gruba 50 ppm 1,4 Dioksan, III. Gruba 100 ppm dozunda 1,4 Dioksan uygulanmıştır. Sonuçta, 1,4 Dioksanın tüm uygulama gruplarında doza bağlı olarak çimlenme yüzdesi, kök uzunluğu ve ağırlık kazanımını azalttığı, kromozomal anormallikler ve MN oranını ise arttırdığı tespit edilmiştir. Sonuç olarak, elde edilen veriler 1,4 Dioksanın *A. cepa* kök ucu hücreleri üzerinde doza bağlı sitotoksik bir etkiye sahip olduğunu göstermiştir.

Anahtar kelimeler: 1,4 Dioksan, sitotoksiten, kromozomal hasarlar, mikronukleus, tohum çimlenmesi, *Allium cepa* L.



Determination Of Cytotoxicity Induced By 1,4 Dioxane In Root Tip Cells Of Allium Cepa L. (Amaryllidaceae)

ABSTRACT: In this study physiological and cytogenetic effects of 1,4 Dioxane used in daily lives frequently in the composition of cleaning and cosmetic products on *Allium cepa* L. root tip cells were investigated. *A. cepa* seeds were used as test material. Germination percentage, root length and weight gain was used as physiological indicators and chromosomal damage, micronucleus (MN) frequency, mitotic index (MI) was used as cytotoxicity indicators and these data were correlated with statistical parameters. The seeds of *A. cepa* were divided into three groups: control (Group I) and 1,4 Dioxane treatment groups. Group II and Group III were treated with 50 ppm and 100 ppm 1,4 Dioxane, respectively for 72 hours. As a result, it was determined that Dioxane fairly decreased the germination percentage, root length and weight gain depending on dose in seeds all treatment groups, whereas chromosomal damage and MN rate was increased. In conclusion, data obtained in this study indicated that 1,4 Dioxane has a dose dependent cytotoxic effects on root tip cells of *A. cepa*.

Key words: 1,4 Dioxane, cytotoxicity, chromosomal damage, micronucleus, seed germination, *Allium cepa* L.

¹Giresun Üniversitesi, Fen Edebiyat Fakültesi, Biyoloji, Giresun, Türkiye

Sorumlu yazar/Corresponding Author: Kültiğin ÇAVUŞOĞLU, kultigincavusoglu@mynet.com.tr

GİRİŞ

1,4 Dioksan “polietilen”, “polietilenglikol” ve “polioksietilen” ticari isimleriyle de bilinen (Gıdaraporu, 2012) organik formülü $C_4H_8O_2$ olan halkalı bir bileşiktir (Nuveforum, 2012). Uçucu ve renksiz bir sıvıdır (Hawley and Lewis, 2001; Lewis, 2000). Etilen glikolün derişik sülfürik asit veya derişik fosforik asitle ısıtılması sonucunda elde edilir (T.C. Millî Eğitim Bakanlığı MEGEP, 2009). Molekül ağırlığı 88.1, kaynama noktası $101^{\circ}C$, erime noktası $12^{\circ}C$, $25^{\circ}C$ 'deki buhar basıncı 37 mmHg ve $20^{\circ}C$ 'deki yoğunluğu ise 1.033 gm L^{-1} olan kimyasal bir maddedir (Department of Health and Human Services, 2011). Günümüzde organik ürünler, cilalar, boyalar, vernikler, lakeli ürünler, boya ve yağlı boya sökücüler, reçineler, yağlar, mumlar, boya, çimento, dezenfektanlar, fumigantlar, emülsiyonlar ve parlatma kompozisyonlarının çözücüsü olarak kullanılmaktadır (Hawley and Lewis, 2001; International Agency for Research on Cancer: IARC. 1999; O'Neil et al., 2001). Ayrıca boya, yapıştırıcı ve mürekkeplerin formülasyonunda ve insektisitler, herbisitler, plastikleştiriciler ve monomerlerin ise imalatında kullanılmaktadır (Surprenant, 2002). Bununla birlikte birçok çamaşır deterjanı da 1,4 Dioksan içermektedir. 1,4 Dioksanın gerek bitkilerde gerekse insanlarda sebep olduğu toksite ile ilgili veriler çok sınırlıdır. Fakat 1,4 Dioksanın emilimi, dağılımı ve metabolizması deney hayvanlarında oldukça fazla çalışılmıştır. 1,4 Dioksan özellikle ratlarda fazla miktarda emilim göstermektedir (Epa, 2012). 1,4 Dioksan kozmetik ürünlerde kansere yol açan maddelerin başında yer almaktadır. Deney hayvanlarında pankreas, akciğer, böbrek ve mesane kanserlerinin oluşumuna neden olduğu kanıtlanmıştır (Karadağ, 2005). 1,4 Dioksan ABD Çevre Koruma Ajansı tarafından insanlarda kansere sebep olabilen maddeler listesinde bulunmaktadır. Ayrıca solunum, deri ve oral yolla alımı sonucunda göz ve mukozada kaşıntı, deride tahriş ve merkezi sinir sisteminde depresyon görülebilmektedir. Bu kimyasala maruz kalma dozu arttıkça kan, karaciğer, kronik maruziyet durumunda ise karaciğer ve böbreklerde tahribata ve kan dokuda ise hasara neden olmaktadır (Health-report, 2012).

Bu çalışmanın amacı günlük yaşamımızda kullandığımız pek çok ürünün yapısında bulunan 1,4 Dioksanın toksik etkilerini *A. cepa* test materyalini kullanarak gözler önüne sermektir. Bu amaçla bu çalışma kapsamında 1,4 Dioksan uygulanmış *A. cepa* tohumlarında kök uzunluğu, ağırlık kazanımı ve çimlenme yüzdesi parametreleri ile kromozom anormallikleri ve MN sıklığı incelenmiştir.

MATERYAL VE YÖNTEM

Kök Uçlarının Hazırlanması

Bu çalışma 1,4 Dioksanın 50 ve 100 ppm'lik dozları kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Grup I: kontrol grubu, Grup II: 50 ppm 1,4 Dioksan uygulama grubu, Grup III: 100 ppm 1,4 Dioksan uygulama grubu olarak belirlenmiştir. Araştırma materyali olarak sağlıklı ve aşağı yukarı eşit büyüklükteki 150 adet *A. cepa* tohumları seçilmiştir. Tohumlar 85×100 çapında plastik beherlere yerleştirilmiş ve oda sıcaklığında 72 saat boyunca çimlenmeye bırakılmıştır. Süre zarfında kontrol grubundaki tohumlar çeşme suyu, uygulama grubundaki tohumlar ise 1,4 Dioksanın 50 ve 100 ppm'lik dozlarıyla muamele edilmiştir. Süre sonunda kök uçları distile su ile yıkanmış ve standart ezme preparasyon teknikleri kullanılarak sitogenetik analizler için hazır hale getirilmiştir (Wei, 2004).

Kök Uzunluğu, Ağırlık Kazanımı ve Çimlenme Yüzdesinin Belirlenmesi

Uygulama periyodu sonunda çimlenen tohumlardaki kök ucu uzunlukları radikula oluşumu temel alınarak milimetrik cetvel yardımıyla, ağırlık kazanımları ise hassas terazi yardımıyla ölçülmüştür. Ağırlık kazanımları uygulama öncesi ve sonrasında elde edilen tohum ağırlık farkları dikkate alınarak belirlenmiştir. Tohumların çimlenme yüzdeleri ise aşağıdaki eşitlik kullanılarak tespit edilmiştir (Atik ve Ersoy, 2007).

$$\text{Çimlenme Yüzdesi (\%)} = \frac{\text{Çimlenen tohum sayısı}}{\text{Toplam tohum sayısı}} \times 100$$

Kromozomal Anormallikler ve Mikronukleus (MN) Analizi

0.5 cm uzunluğunda kesilen kök uçları iki saat “Clarke” fiksatorü içerisinde (3:glasial asetik asit/1:distile su) fiske edilmiş, 15 dakika %96'lık etanolde yıkanmış ve $+4^{\circ}C$ 'de %70'lik etanolde saklanmıştır. Sonraki aşamada, kök uçları $60^{\circ}C$ 'de 17 dakika 1N HCl içerisinde hidrolize edilmiş, süre sonunda 30 dakika %45'lik asetik asit içerisinde bekletilmiştir. Sonraki aşamada kök uçları 24 saat Asetokarmin ile boyanmış ve %45'lik asetik asitte ezilerek binoküler ışık mikroskopu (Japan, Nikon Elipse, E600) altında fotoğraflanmıştır (Wei, 2004; Staykova et al., 2005).

Mikronukleus (MN) sıklığını belirlemek için, her bir uygulama grubu için hazırlanan preparatlardan toplamda 1000 hücre sayılmış ve MN'li hücrelerin varlığı binoküler ışık mikroskobu altında tespit edilerek fotoğraflandırılmıştır. MN sıklığının belirlenmesinde Fenench ve ark. (2003) tarafından belirlenen kriterler dikkate alınmıştır. Bu kriterlere göre:

(i) MN çapı ana nukleusun 1×10^{-1} olmalı,

(ii) MN ile hücrenin temel çekirdeğinin kenarları birbirlerine temas edebileceği gibi etmeyebilirde, fakat temas ettiği durumlarda bu aradaki sınırın belirgin bir şekilde ayırt edilmesi gerekmektedir,

(iii) MN boyandığında temel çekirdeğin aldığı renge yakın bir renk almalıdır.

BULGULAR

Çizelge 1. 1,4 Dioksan uygulamasının çimlenme yüzdesi üzerine etkisi

Gruplar	Çimlenen tohum sayısı	Çimlenmeyen tohum sayısı	Çimlenme yüzdesi %
Grup I	50	0	100
Grup II	39	11	78
Grup III	24	26	48

Grup I: Kontrol, Grup II: 50 ppm 1,4 Dioksan, Grup III: 100 ppm 1,4 Dioksan

1,4 Dioksanın *A. cepa*'da kök uzunluğu, ağırlık artışı, çimlenme yüzdesi üzerine etkileri ve kök ucu hücrelerinde teşvik ettiği kromozomal anormallikler Şekil 1, 2 ve Çizelge 1, 2'de gösterilmiştir.

1,4 Dioksanın çimlenme yüzdesi üzerine etkisi Tablo1'de verilmiştir. Tablodaki sonuçlardan da görüldüğü gibi en yüksek çimlenme yüzdesi kontrol gr-

bunda, en düşük çimlenme yüzdesi ise 1,4 Dioksan ile muamele edilen Grup III'de tespit edilmiştir. Kontrol grubunda %100 oranında çimlenme yüzdesi belirlenirken, Grup III' de %48 oranında çimlenme yüzdesi belirlenmiştir. Sonuç olarak 1,4 Dioksan uygulamasının *A. cepa* çimlenme yüzdesinde önemli derecede bir azalmaya sebep olduğu görülmüştür.

Çizelge 2. 1,4 Dioksan uygulamasının kök uzunluğu (cm) üzerine etkisi

Gruplar	Minimum	Maksimum	Ortalama
Grup I	7	10	8.75±1.37 ^{a*}
Grup II	1	3.5	1.97±0.85 ^{b*}
Grup III	0.1	0.7	0.35±0.17 ^{c*}

Grup I: kontrol, Grup II: 50 ppm 1,4 Dioksan, Grup III: 100 ppm 1,4 Dioksan

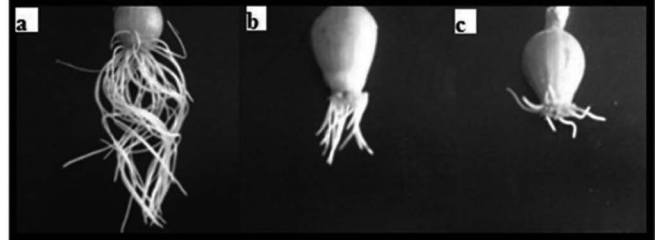
*Veriler ortalama ± standart sapma (SD) olarak gösterildi (n = 10). Ortalamalar arasındaki istatistiksel önem "Duncan" testi takiben "one-way" varyans analizi kullanılarak belirlendi. Aynı sütun içerisinde farklı harfler ile gösterilen ortalamalar istatistiksel açıdan önemlidir (P<0.05).

1,4 Dioksan uygulamasının *A. cepa* kök uzunluğu üzerine etkisi Şekil 1 ve Çizelge 2'de verilmiştir. Sonuçlardan da görüldüğü gibi en fazla kök uzunluğu

kontrol grubunda, en az kök uzunluğu ise 1,4 Dioksanın 100 ppm dozuyla muamele edilen Grup III'de tespit edilmiştir. Kontrol grubunda ortalama 8.7 cm kök

uzunluğu ölçülürken, Grup II’de ortalama 1.97 cm, Grup III’de ise ortalama 0.35 cm kök uzunluğu tespit edilmiştir. Ayrıca gruplar arasındaki bu kök ucu uzunlukları arasındaki farkın istatistiksel olarak önemli olduğu da belirlenmiştir ($P<0.05$). Dioksanın artan dozuyla kök uzunluğu arasında ters bir orantının olduğu da tespit edilmiştir.

Şekil 1. 1,4 Dioksan uygulamasının kök uzunluğu üzerine etkileri (a: kontrol grubu, b: 50ppm 1,4 Dioksan, c: 100ppm 1,4 Dioksan)

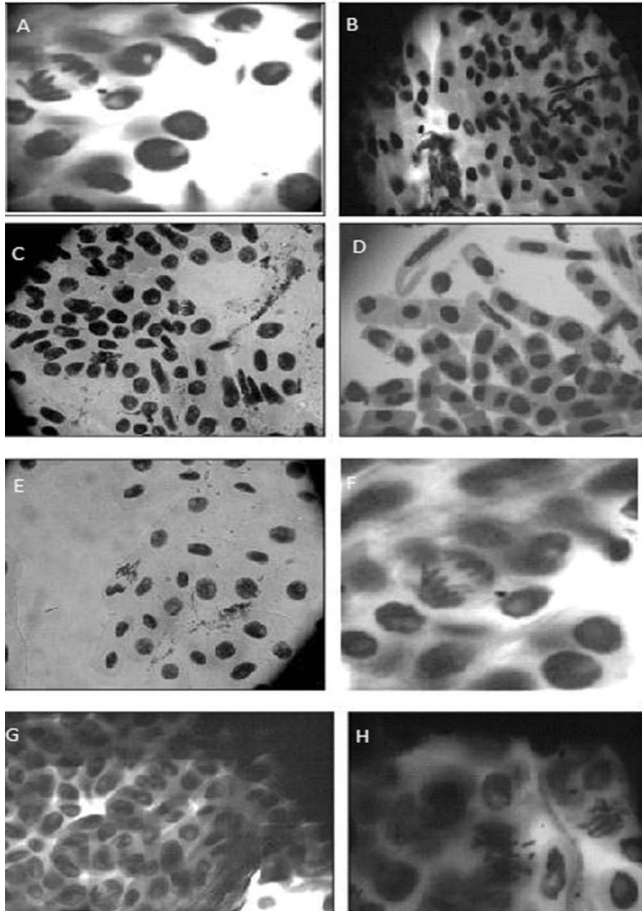


Çizelge 3. 1,4 Dioksan uygulamasının ağırlık artışı (g) üzerine etkisi

Gruplar	Başlangıç	Son	Ağırlık Artışı
Grup I	10.54±2.20 ^{b*}	15.67±2.90 ^{a*}	+5.13
Grup II	8.15±1.56 ^{b*}	9.93±1.39 ^{b*}	+1.78
Grup III	6.82±1.07 ^{c*}	7.78±1.02 ^{bc*}	+0.96

Grup I: kontrol, Grup II: 50 ppm 1,4 Dioksan, Grup III: 100 ppm 1,4 Dioksan

*Veriler ortalama ± standart sapma (SD) olarak gösterildi (n = 10). Ortalamalar arasındaki istatistiksel önem ‘‘Duncan’’ testini takiben ‘‘one-way’’ varyans analizi kullanılarak belirlendi. Aynı satır içerisinde farklı harfler ile gösterilen ortalamalar istatistiksel açıdan önemlidir ($P<0.05$).



Şekil 2. 1,4 Dioksan tarafından teşvik edilen kromozomal anormallikler (mn: mikronukleus [a-b-f] k: köprü [c-g] yk: yapışkan kromozom [c-d] ked: kromatinin eşit olmayan dağılımı [e-f] gk: geri kalmış kromozom [h])

1,4 Dioksan uygulamasının ağırlık artışı üzerine etkisi Çizelge 3’de gösterilmiştir. Tablodaki sonuçlardan da görüldüğü gibi başlangıç ağırlıkları dikkate alındığında 72. saatin sonunda en fazla ağırlık artışı kontrol grubunda, en düşük ağırlık artışı ise 100 ppm dozunda 1,4 Dioksan ile muamele edilen Grup III’de ölçülmüştür. Kontrol grubunda ortalama 5.13 g ağırlık artışı, Grup II’de ortalama 1.78 g, Grup III’de ise ortalama 0.96 g’lık ağırlık artışı belirlenmiştir. Bu gruplar arasındaki ağırlık artışının istatistiksel açıdan önemli olduğu da gözlenmiştir ($P<0.05$). Dioksan doz artışı ile tohum ağırlık artışı arasında ters bir orantının olduğu da tespit edilmiştir.

Çizelge 4. 1,4 Dioksan uygulamasının kök ucu hücrelerinde mikronukleus (MN) sıklığı üzerine etkileri

Gruplar	Hesap edilen hücre sayısı	Minimum	Maksimum	Ortalama (MN)
Grup I	1000	0	2	0.70±0.82 ^{c*}
Grup II	1000	1	36	22.40±8.44 ^{b*}
Grup III	1000	25	63	46.70±11.91 ^{a*}

Grup I: kontrol, Grup II: 50 ppm 1,4 Dioksan, Grup III: 100 ppm 1,4 Dioksan

*Veriler ortalama ± standart sapma (SD) olarak gösterildi (n = 10). Ortalamalar arasındaki istatistiksel önem "Duncan" testini takiben "one-way" varyans analizi kullanılarak belirlendi. Aynı sütün içerisinde farklı harfler ile gösterilen ortalamalar istatistiksel açıdan önemlidir (P<0.05).

A. cepa kök ucu hücrelerinde 1,4 Dioksan tarafından teşvik edilen MN varlığı ve sıklığı Şekil 2 ile Çizelge 4'de gösterilmiştir. Sonuçlardan da görüldüğü gibi; kontrol grubunda hemen hemen hiç MN oluşumuna rastlanmazken, Dioksan ile muamele edilen gruplarda ise Dioksan dozuna bağlı olarak MN sıklığında önemli

bir artış gözlenmiştir. Grup II'de 22.40 oranında, Grup III'de ise 46.70 oranında MN tespit edilmiştir. Söz konusu gruplarda belirlenen MN sayılarının istatistiksel açıdan önemli olduğu da belirlenmiştir (P<0.05). Sonuçta, Dioksanın artan dozu ile MN sıklığı arasında doğru bir orantının varlığı gözlenmiştir.

Çizelge 5. 1,4 Dioksan tarafından teşvik edilen kromozomal hasarlar

Gruplar	Kök Uçlarının Sayısı	Mitotik Hücrelerin Sayısı	YK	KED	KK	GK
Grup I	10	500	0.30±0.48 ^{c*}	0.00±0.00 ^{c*}	0.00±0.00 ^{c*}	0.00±0.00 ^{c*}
Grup II	10	500	23.80±4.73 ^{b*}	17.30±5.36 ^{b*}	12.30±2.87 ^{b*}	5.40±2.37 ^{b*}
Grup III	10	500	30.70±4.69 ^{a*}	23.70±4.92 ^{a*}	19.50±3.66 ^{a*}	10.90±2.96 ^{a*}

*Grup I: kontrol, Grup II: 50 ppm 1,4 Dioksan, Grup III: 100 ppm 1,4 Dioksan

*Veriler ortalama ± standart sapma (SD) olarak gösterildi (n = 10). YK: yapışkan kromozom, KED: kromatinin eşit olmayan dağılımı, KK kromozom köprüsü, GK geri kalmış kromozom. Kromozomal hasarlar için, her bir gruptaki her bir kök ucunda 500 hücre, toplamda ise 5000 hücre analiz edildi. Ortalamalar arasındaki istatistiksel önem "Duncan" testini takiben "one-way" varyans analizi kullanılarak araştırıldı. Aynı sütün içerisinde farklı harfler ile gösterilen ortalamalar istatistiksel açıdan önemlidir (P<0.05).

1,4 Dioksanın *A. cepa* kök ucu hücrelerinde teşvik ettiği kromozomal hasarlar ile ilgili veriler Şekil 2 ve Çizelge 5'de gösterilmiştir. Yapılan mikroskopik inceleme sonucunda 1,4 Dioksan tarafından teşvik edilen kromozomal hasarlar sırasıyla yapışkan kromozom, kromatinin eşit olmayan dağılımı, kromozom köprüsü ve geri kalmış kromozom şeklinde belirlenmiştir. 1,4 Dioksanın kromozomlar üzerine en büyük etkisi yapışkan kromozom olu-

şumu şeklindedir. Kontrol grubunda birkaç yapışkan kromozom dışında, herhangi bir hasara rastlanılmazken 1,4 Dioksan uygulanan gruplarda ise bu dört tip kromozomal hasarın tümüne rastlanılmıştır. Dioksan uygulanan gruplarda, Dioksanın artan dozu ile birlikte kromozomal hasar sayılarında da artış meydana geldiği ve bu artışların ise istatistiksel olarak önemli olduğu belirlenmiştir (P<0.05).

Çizelge 6. 1,4 Dioksan uygulamasının mitotik indeks (MI) üzerine etkileri

Gruplar	Minimum	Maksimum	Ortalama (MI) / (%)
Grup I	859	936	901±24.92 ^{a*} (9.01)
Grup II	687	756	724±24.18 ^{b*} (7.24)
Grup III	453	524	486±23.51 ^{c*} (4.86)

Grup I: kontrol, Grup II: 50 ppm 1,4 Dioksan, Grup III: 100 ppm 1,4 Dioksan

*Veriler ortalama ± standart sapma (SD) olarak gösterildi (n = 10). MI her bir kök ucu için 1000 hücre toplamda 10000 hücre sayılarak yüzde olarak hesaplandı. Ortalamalar arasındaki istatistiksel önem "Duncan" testini takiben "one-way" varyans analizi kullanılarak araştırıldı. Aynı sütün içerisinde farklı harfler ile gösterilen ortalamalar istatistiksel açıdan önemlidir (P<0.05).

Bölünen hücrelerin sayısını gösteren mitotik indeks (MI) ile ilgili veriler Çizelge 6'da verilmiştir. En yüksek MI yüzdesi kontrol grubunda tespit edilmiştir. Dioksan uygulanan gruplarda ise MI yüzdesinde önemli derecede azalma olduğu görülmüştür. Söz konusu gruplarda

sırasıyla 901,724 ve 486 oranında MI'e rastlanılmış, bu grupların MI sayıları arasındaki farkların ise istatistiksel olarak önemli olduğu tespit edilmiştir (P<0.05). Ayrıca Dioksanın artan dozu ile MI yüzdesi arasında ters bir orantının varlığı da belirlenmiştir.

TARTIŞMA VE SONUÇ

Bu çalışmada 1,4 Dioksanın doza bağlı olarak *A. cepa* kök ucu hücrelerinde meydana getirdiği fizyolojik ve sitogenetik etkiler incelenmiştir. Dioksan dozundaki artış ile çimlenme yüzdesi arasında ters bir orantı olduğu belirlenmiştir. En yüksek çimlenme yüzdesi kontrol grubunda, en az ise 100 ppm dozunda 1,4 Dioksanla muamele edilen grupta tespit edilmiştir. Daha önce çimlenme yüzdesi üzerine dioksanın etkilerini araştıran benzer tarzda bir çalışma olmaması nedeniyle, bizim bulgularımız diğer kimyasal maddeler ve ağır metal iyonlarının kullanıldığı çalışmaların bulguları kullanılarak tartışılmıştır. Düşük konsantrasyonda Fenol ve Naftanol uygulamalarının *A. cepa* tohum çimlenmesini azalttığı ve bu kimyasalların engelleyici etkilerinin ise mitoz bölünmenin metafaz ve anafaz safhalarında mutasyona sebep olmalarından kaynaklandığı belirtilmiştir (El-Barghathi and Asoyri, 2007). Muscolo ve ark. (2001) ise *Fagus sylvatica* L. ve *Pinus laricio* P.'da Fenolik bileşiklerin tohum çimlenmesi sırasında solunum enzimlerini etkilemek suretiyle tohum çimlenmesini engellediğini göstermişlerdir. Benzer bir çalışmada ise Weinberger ve Vladut (1981) bazı Fenol bileşiklerinin *Pinus banksiana* Lamb. ve *Betula papyrifera* March. türlerinde çimlenme yüzdesini azaldığı rapor etmişlerdir. Yine Verma ve Dubey (2003) yüksek konsantrasyonlarda Kurşuna (Pb) maruz kalan pirinç tohumlarında çimlenmede iki kat düşüş olduğunu belirlemişlerdir.

1,4 Dioksan dozundaki artışla kök uzunluğunun azaldığı tespit edilmiştir. En fazla kök uzunluğu kontrol grubunda, en az ise 100 ppm dozunda 1,4 Dioksanla muamele edilen grupta ölçülmüştür. 1,4 Dioksanın kök uzunluğu üzerine etkileri daha önce çalışılmamış olmasına rağmen, ağır metal iyonları ve diğer kimyasal ajanların kök uzunluğu üzerine etkileri konusunda pek çok çalışma gerçekleştirilmiştir. Örneğin Alüminyum (Al) elementinin kök hücre bölünmesini; Çinko (Zn), Bakır (Cu) ve Kurşun (Pb) elementlerinin ise kök hücre uzamasını engellemek suretiyle kök uzamasını inhibe ettiği belirlenmiştir. Ayrıca *A. cepa*'da yapılan çalışmalarla Al'nin nükleik asitlere bağlanarak kök ucu hücrelerinde sitokinezi engellediği gösterilmiştir. Benzer bir çalışmada ise Al'nin bir buğday varyetesinin kök hücrelerinde DNA replikasyonu ve hücre bölünmesini azalttığı ve kök büyümesini engellediği rapor edilmiştir (Hanson, 1984; Lane et al., 1987; Morimura et al., 1987; Bennet et al., 1985; Zhengua et al., 1993). Kurşunun (Pb) bazı bitkilerde örneğin *Brassica juncea* L.'da 10⁻⁴ M ve 10⁻⁵ M gibi düşük konsantrasyonlarının kök büyümesini teşvik ettiği, ancak aynı konsantrasyonların *Zea mays* L. ve *A. cepa*'da kök gelişimini engellediği tespit edilmiştir (Dou, 1988; Jiang and Liu, 1999). Farooqi ve ark. (2009) tarafından Kadmiyumun (Cd) *Albizia lebeck* L. fidelerinin büyümesi için oldukça toksik olduğunu rapor etmişlerdir. Benzer tarzda Kurşun (Pb) ve Civa (Hg)'nin *Cicer arietinum* L.'de toksik etkilerini belirlemek amacıyla yapılan bir çalış-

mada metal iyonlarının konsantrasyonu arttıkça kök büyümesinin engellendiği belirlenmiştir (Çavuşoğlu et al., 2009). Yine eğrelti türü olan *Salvinia molesta* D. Mitch. ile gerçekleştirilen bir çalışmada 2.5 ppm Fenol konsantrasyonunun kloroplast hasarına sebep olduğu gösterilmiştir. Benzer bir çalışmada ise, yabani bir ot türü olan *Lemna minor* L.'de 1.0 ppm Fenol dozunun klorofil kaybına yol açtığı belirlenmiştir (Özyiğit et al., 2007). Carlson ve Donald (2006) tarafından Glifosfat ile *Cirsium arvense* L. bitkisinde yapılan bir çalışmada Glifosfat miktarı arttıkça toplam kök sayısında azalma meydana geldiği belirlenmiştir.

1,4 Dioksan uygulamasının *A. cepa* tohumlarının ağırlık artışı üzerine de etkisi negatif yönde olmuştur. 72. saatin sonunda en fazla ağırlık artışı kontrol grubunda gözlenirken, en düşük ağırlık artışı ise 100 ppm dozunda 1,4 Dioksan ile muamele edilen grupta ölçülmüştür. Kontrol grubunda ortalama 5.13 g'lık bir ağırlık artışı, 100 ppm dozunda 1,4 Dioksanla muamele edilen grupta ise 0.96 g'lık bir ağırlık artışı tespit edilmiştir. Dioksan ile olmasada ağır metaller ve diğer kimyasal maddelerin *A. cepa* ve diğer test materyallerinde ağırlık artışı üzerine etkileri konusunda pek çok çalışma yapılmıştır. Örneğin 4000 µg Cu L⁻¹ uygulanan iki yıllık *Pinus resinosa* Ait. Bitkisinde solgunluk ve köklerinde kahverengileşme olduğu, lateral kök gelişiminin engellendiği ve kontrollere göre kuru ağırlıklarının %30 azaldığı rapor edilmiştir (Phalsson, 1989). Kurşun (Pb) uygulaması ile *Lens culinaris* Medik. ve *Phaseolus mungo* L. türlerinin taze ve kuru ağırlıkları oranında düşüş olduğu olduğu belirlenmiştir (Azmat et al., 2009; Walsh and Keeny, 1975). Çavuşoğlu ve ark. (2009a) tarafından gerçekleştirilen bir çalışmada, Çinko (Zn) ve Kadmiyum (Cd) metallerinin *Phaseolus vulgaris* L. bitkisinde ağırlık kazanımını baskıladığı ve azalttığı tespit edilmiştir. Benzer tarzdaki bir başka çalışmada ise *Vicia faba* L. kök ucu hücreleri üzerine Fenol'ün farklı konsantrasyonlarının sitotoksik etkileri araştırılmış, sonuçta ağırlık kazanımının uygulama periyodu süresince maruz kalınan Fenol dozlarına bağlı olarak azaldığı rapor edilmiştir. Fenolün ağırlık kazanımı üzerine toksik mekanizması henüz tam olarak açıklanamamasına rağmen, bunun Fenolün hücre bileşenleri ile etkileşime girerek bloklayıcı bir ajan gibi iş görmesinden kaynaklanmış olabileceği düşünülmüştür (Çavuşoğlu et al., 2009b). Ugrekhelidze ve ark. (1999) tarafından gerçekleştirilen bir çalışmada, Fenol'ün yapısında yer alan hidroksil grubunun (OH), çeşitli moleküllerin fonksiyonel grupları ile bağlanma yeteneğine sahip olduğu

gösterilmiş, bu bağlanmanında bitki dokularına besin maddelerinin girişine engel olduğu tespit edilmiştir. Benzer tarzdaki bir başka çalışmada ise Wallstedt ve ark. (2001) yüksek yapılı bitkilerde Fenol'ün doğrudan veya dolaylı olarak besin alımını azalttığını rapor etmişlerdir. Ağırlık kaybı için diğer bir önemli sebep ise terleme oranındaki artış olarak düşünülmüştür. Zira Mcfarlane ve ark. (1987) soya bitkilerinde bir Fenol türevi olan Nitrobenzen alımının, terleme oranını artırarak ağırlık kaybına neden olduğunu bildirmişlerdir. Bu çalışmada kullandığımız 1,4 Dioksanın da benzer tarzda bir etkiye sahip olduğu düşünülmektedir.

Bu çalışmada 1,4 Dioksanın *A. cepa* kök ucu hücrelerinde teşvik ettiği MN sıklığı da araştırılmıştır. Sonuçta Dioksan dozlarındaki artışla birlikte MN sıklığının da arttığı belirlenmiştir. Diğer bir ifadeyle, Dioksan dozlarındaki artışla MN sayısındaki artış arasında doğru bir orantı tespit edilmiştir. 1,4 Dioksanın MN oluşumunu teşvik ettiğine dair daha önce gerçekleştirilmiş bir çalışma olmamasına rağmen, diğer kimyasal ajanların MN sıklığı üzerine etkileri ayrıntılı olarak çalışılmıştır. Örneğin zeytinyağı üretim tesisinden elde edilen atık suyun farklı süre ve konsantrasyonlarda *Triticum aestivum* L. (buğday)'da çimlenmeyi negatif yönde etkilediği, nükleus parçalanmasına, mitotik anormalliklere, kromozomlarda yapısal ve sayısal mutasyonlara neden olarak MN oluşumunu teşvik ettiği rapor edilmiştir (Aybeke et al., 2000). Marine-Morales ve ark. (2006) ticari Trifluralinin (445g L⁻¹ safılıkta) 0.42ppm, 0.84ppm, 1.67ppm ve 3.74ppm'lik dozlarının, *A. cepa*'da MN sıklığını arttırdığını tespit etmişlerdir. Bir başka çalışmada ise sıvı gübre ve bitki büyüme düzenleyicisi olarak kullanılan Shaffer A'nın *Vicia faba*'da MN oluşumuna neden olduğu belirlenmiştir (Koca, 2008). Benzer tarzda bir diğer çalışmada ise özellikle elmada verim artırıcı olarak kullanılan Daminozitin hidrolizi sonucu oluşan UDMH'nin (1-1 dimetil hidrazid) DNA'yı metillediği (Mott, 1992; Sagelsdorff et al., 1998) ve ayrıca MN oluşumuna neden olduğu bildirilmiştir (Korkmaz et al., 1994).

Dioksan tarafından teşvik edilen kromozomal anormallik incelendiğinde ise, 1,4 Dioksan uygulamasının yapışkan kromozom, kromatinin eşit olmayan dağılımı, kromozom köprüsü ve geri kalmış kromozom oluşumuna neden olduğu belirlenmiştir. 1,4 Dioksanın kromozomlar üzerine en büyük etkisi, yapışkan kromozom oluşumu şeklinde olmuştur. Dioksan uygulanan gruplarda, dioksanın artan dozu ile birlikte 4 tip kromozomal hasarın sayısında artış tespit edilmiştir. Dioksanın

bitkilerde teşvik ettiği kromozomal hasarlar ile ilgili daha önce gerçekleştirilmiş herhangi bir çalışma bulunmamasına rağmen, Dioksanın hayvansal organizmalarda teşvik ettiği kromozomal hasarlar ve diğer kimyasal maddelerin bitki kök ucu hücrelerinde teşvik ettiği kromozomal anormalliklerle ilgili bazı çalışmalar bulunmaktadır. Örneğin Roy ve ark. (2005) tarafından fareler üzerinde gerçekleştirilen bir çalışmada, 1,4 Dioksanın farelerin kemik iliği ve karaciğer hücrelerinde genotoksik etkilere neden olduğu, kromozomal kırıklara yol açarak MN oluşumunu teşvik ettiği ve ayrıca karaciğer ve kemik iliği hücrelerinin çoğalmasını engellediği rapor edilmiştir. Bir başka çalışmada akuatik bir çevre kirleticisi olan Genisteinin 10 µM eşik değerinde, Chinese hamster V79 hücrelerinde herhangi bir etki göstermezken, yüksek konsantrasyonlarda (50-150 µM, 3 saat) ise MN oluşumunu arttırdığı ve kromozom kırıklarına neden olduğu belirlenmiştir (Snyder and Gillies, 2003). İnceer ve ark. (2003) tarafından gerçekleştirilen bir başka çalışmada, Bakır Klorür'ün *Helianthus annuus* L. bitkisinin kök ucu hücrelerinde kromozom yapışmalarına ve kırılmalarına neden olduğu tespit edilmiştir. Benzer tarzdaki bir diğer çalışmada ise Kumar ve ark. (2010) üç buğday (*Triticum aestivum* L.) varyetesi (HUW 234, HUW 468 ve HUW 533) üzerine 2,4-Diklorofenoksi Asetik Asit ve İzoproturon herbisitinin etkisi araştırılmış, sonuçta söz konusu kimyasalların kromozomlarda yapışma ve köprü gibi kromozomal bozulmalara yol açtığını rapor etmişlerdir. Bir diğer çalışmada ise, ağır metal olan Kurşun Nitratın arpa kök ucu hücrelerinde meydana getirdiği etkiler araştırılmış, sonuçta Kurşun Nitratın yapışkanlık, köprü, geri kalmış kromozom ve heterojen kromatin dağılımı şeklinde kromozomal hasarları teşvik ettiği belirlenmiştir (Doğan, 2002). Yine civalı bileşiklerin tohumlarda DNA replikasyonunu engelleyebileceği (De Flora et al., 1994), kromlu bileşiklerin ise kromatid kırılmalarına yol açabileceği gösterilmiştir (Klasterska et al., 1976).

Bu çalışmada son olarak 1,4 Dioksanın *A. cepa* kök ucu hücrelerinin mitotik indeksi (MI) üzerine etkileri araştırılmış, sonuçta en fazla MI kontrol grubu tohumlarının kök uçlarında, en az ise 1,4 Dioksanın 100 ppm dozuyla muamele edilen gruptaki tohumların kök uçlarında sayılmıştır. Diğer bir ifadeyle Dioksanın artan dozları ile MI sayıları arasında ters bir orantının varlığı tespit edilmiştir. 1,4 Dioksanın MI üzerine etkilerini inceleyen bir çalışma bulunmamasına rağmen, diğer kimyasalların MI üzerine etkilerini araştırılan kapsamlı pek çok çalışma bulunmaktadır. Örneğin, Gramoxo-

ne, Afalon ve Korthion pestisitlerinin *A. cepa* kök ucu hücrelerinde MI'yi doz ve süreye bağlı olarak azalttığı rapor edilmiştir (Bilaoğlu, 1985). Bir başka çalışmada, 2.5 µg ml⁻¹ Kurşun (Pb)'a maruz bırakılan *A. cepa*'da kök gelişimi ve mitotik aktivitenin, Pb uygulama süresine bağlı olarak azaldığı tespit edilmiştir (Wierzbicka, 1994). Benzer tarzdaki bir başka çalışmada ise, farklı konsantrasyonlarda Pb (NO₃)₂'in *A. cepa* (Liu et al., 1994), *Z. mays* (Xiong, 1988), *Brassica pekinensis* Rupr. (Jiang and Liu., 2000) ve *Brassica juncea* L. (Jiang et al., 2000) bitkilerinde bölünen hücre sayısını olumsuz yönde etkileyerek MI azalttığı belirlenmiştir. Rencüzoğulları ve ark. (2001) tarafından gerçekleştirilen bir diğer çalışmada ise Sodyum Metabisülfit'in *A. cepa*'da mitotik anormallikleri arttırdığı ve MI'yi azalttığı rapor edilmiştir.

Sonuç olarak günlük yaşamımızda sıkça kullandığımız ürünlerin yapısında yer alan 1,4 Dioksanın belli bir konsantrasyona ulaştığında toksik etkilere neden olabileceği, *A. cepa* test materyali kullanılarak gözler önüne serilmeye çalışılmıştır. Bu nedenle söz konusu kimyasalın kullanılmasının gerekli olduğu ürünlerde, kullanılmadan önce mutlaka uygun doz seviyesi belirlenmeli ve toksik etkiler sebep olabilecek doz seviyelerinden kaçınılmalıdır.

KAYNAKLAR

- Atik, M., Karagüzel, O., Ersoy, S., 2007. Sıcaklığın *Dalbergia sissoo* Tohumlarının Çimlenme Özelliklerine Etkisi. Akdeniz Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 20 (2): 203-210.
- Aybeke, M., Olgun, G., Sıdal, U., Kolankaya, D., 2000. Zeytinyağı Fabrikası Atık Suyunun Buğday (*Triticum aestivum* L.) Kök Ucu Hücrelerindeki Mitoz Bölünme ve Total Protein Miktarı Üzerine Etkisi. Türk Journal of Biology. Tübitak, 24: 127-140.
- Azmat, R., Haider, S., Riaz, M., 2009. An Inverse Relation Between Pb²⁺ and Ca²⁺ Ions Accumulation In *Phaseolus mungo* and *Lens culinaris* Under Pb Stress. Pakistan Journal of Botany, 41 (5) : 2289-2295.
- Bennet, R. J., Breen, C. M., Bandu, V. S., 1985. Aluminium Toxicity and Regeneration of The Root Cap: Preliminary Evidence For a Golgi-Apparatus Derived Morphogenesis in The Primary Roots of *Zea mays*. South African Journal of Plant and Soil, 51: 363-370.
- Bilaoğlu, R., 1985. Gramoxone, Afalon ve Korthion'un Hücre Bölünmesi ve Kromozomlar Üzerine Etkisi. Cumhuriyet Üniversitesi Fen Edebiyat Fakültesi Fen Bilimleri Dergisi, 2: 191-204.

- Carlson, S. J., Donald, W. W., 2006. Glyphosate Effects on Canada Thistle (*Cirsium arvense*) Roots, Root Buds, and Shoots. *Weed Research*, 28: 37-45.
- Çavuşoğlu, K., Ergene, A., Yalçın, E., Tan, S., Çavuşoğlu, K., Yapar, K., 2009. Cytotoxic Effects of Lead and Mercury Ions On Root Tip Cells of *Cicer arietinum* L. *Fresenius Environmental Bulletin*, 18 (9): 1654-1661.
- Çavuşoğlu, K., Yalçın, E., Dönmez, S., 2008. *Vicia faba* L. (Fabaceae) Kök Ucu Hücrelerinde Fenol Tarafından Teşvik Edilen Sitotoksitenin Belirlenmesi. Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Edebiyat Fakültesi, Fen Dergisi (E-Dergi), 3 (2): 139-148.
- Çavuşoğlu, K., Yalçın, E., Ergene, A., 2009. The Cytotoxic Effects of Zinc and Cadmium Metal Ions On Root tip Cells of *Phaseolus vulgaris* L. (Fabaceae). Süleyman Demirel Üniversitesi Journal Of Science (e-journal), 4 (1): 1-11.
- De Flora, S., Bennicelli, C., Bagnasco, M., 1994. Genotoxicity of Mercury Compounds. A Review. *Mutation Research*, 317: 57-79.
- Doğan, B., 2002. Kurşun Nitratın ($Pb(NO_3)_2$) Arpa (*Hordeum vulgare* L.) Mitotik Kromozomları Üzerine Etkileri. Balıkesir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 4 (1): 27-30.
- Dou, Z. X., 1988. The Pollution in Soil and Its Effects on Plants. *Agro Environmental Protection*, 7 (3): 38-39.
- El-Barghathi, M., Asoyri, H., 2007. Effect of Phenol, Naphthol and Gibberlic Acid on Seed Germination of *Allium cepa* L. (Onion). Garyonis University Press, *Journal of Science and Its Applications*, 1 (1): 6-13.
- Epa., 2012. Statistical database. Available: <http://www.epa.gov/iris/toxreviews/0326tr.pdf> (Erişim Tarihi: 20 Nisan 2012)
- Farooqi, Z. R., Iqbal, M. Z., Kabir, M., Shafiq, M., 2009. Toxic Effects of Lead and Cadmium On Germination and Seedling Growth of *Albizia Lebbeck* L. Benth. *Pakistan. Journal Botany*, 41(1): 27-33.
- Fenech, M., Chang, W. P., Kirsch-Volders, M., Holland, N., Bonassi, S., Zeiger, E., 2003. Human Micronucleus Project. HUMN Project: Detailed Description of The Scoring Criteria For The Cytokinesis-Block Micronucleus Assay Using Isolated Human Lymphocyte Cultures. *Mutation Research*, 534 (1-2): 65-75.
- Anonim, 2012. Statistical database. Available: <http://www.gidaraporu.com/kozmetik-vucut-bakim-urunlerinde-toksik-kimyasal-katkhttp/> (Erişim tarihi: 16 Nisan 2012)
- Hanson, J. B., 1984. The Function of Calcium in Plant Nutrition. *Advances in Plant Nutrition*, Newyork Praeger, 1: 149-248.
- Hawley, G. G., Lewis, R. J., 2001. 1,4-Dioxane – Inhalation. *Hawley's Condensed Chemical Dictionary*. John Wiley and Sons, New York. 14. Health and Environmental Research Online ID: 196089
- International Agency for Research on Cancer: IARC. 1999. Re-evaluation of Some Organic Chemicals, Hydrazine and Hydrogen Peroxide. 71 Part 2: 589-602. Technical Report. Lyon, France.
- Inceer, H., Ayaz, S., Beyazoğlu, O., Şentürk, E., 2003. Cytogenetic Effects of Copper Chloride on Root Tip Cells of *Helianthus annuus* L. *Turkish Journal of Biology*, 27: 43-46.
- Jiang, W., Liu, D., 2000. Effects of Pb^{2+} on Root Growth, Cell Division, and Nucleolus of *Zea mays* L. *Bulletin of Environmental Contamination Toxicology*, 65: 786-793.
- Jiang, W. S., Liu, D. H., 1999. Effects of Pb^{2+} on Root Growth, Cell Division and Nucleolus of *Bressica juncea* L. *Israel Journal of Plant Sciences*, 47: 153-156.
- Jiang, W., Liu, D., Hou, W., 2000. Hyper Accumulation of Lead By Roots, Hypocotyls, and Shoots of *Brassica juncea*, *Biologia Plantarum*, 43 (4): 603-606.
- Karadağ, Ö., 2005. Solvent Nedenli Sağlık Risklerinin Yönetimi. Türk Tabipleri Birliği Mesleki Sağlık ve Güvenlik Dergisi, 24: 21-27.
- Klusterska, I., Natarajan, A. T., Ramel, C., 1976. An Interperation of The Origin of Subchromatid Aberrations and Chromosome Stickiness As A Catogory of Chromatid Aberrations. *Hereditas*, 83: 153-162.
- Koca, S., 2008. The Cytogenetic Effects of Sheffer A, A Liquid Fertilizer and Growth Regulator in Root Tip Cells of *Vicia Faba* L. *University of Celal Bayar Journal of Science*, 4: (1) 121-126.
- Korkmaz, M., Çolak, A., Sezgin, I., 1994. Fare Kemik İliği Hücrelerinde in Vivo Olarak Mikronukleus Testi ile Daminozitin Etkisinin İncelenmesi. *Turkish Journal of Biology*, 18: 235-241.
- Kumar, S., Arya, S. K., Roy, B. K., Singh, A. K., 2010. The Effects of 2,4-Dichlorophenoxy Acetic Acid and Isoproturon Herbicides on The Mitotic Activity of Wheat (*Triticum aestivum* L.) Root Tips. *Turkish Journal of Biology*, 34: 55-66.
- Lane, S. D., Martin, E. S., Garrod, J. P., 1978. Lead Toxicity Effect on Indole-3-Acetic-Induced Cell Elongation. *Planta*, 144: 79-84.
- Lewis, R. J., 2000. Sax's Dangerous Properties of Industrial Materials. John Wiley & Sons, New York, NY. 10. Health and Environmental Research Online ID: 625540.
- Liu, D. H., Jiang, W. S., Wang, W. F., Zhao, M., Lu, F. M. C., 1994. Effects of Lead on Root Growth Cell Division and Nucleolus of *Allium cepa*. *Environmental Pollution*, 86: 1-4.
- Marine-Morales, M. A., Mazzeo, D. E. C., Fernandes, T. C. C., 2006. Mechanism of Micronuklei Formation in Polyploidized Cells of *Allium cepa* Exposed to Trifluralin Herbicide. *Pesticide Biochemistry Physiology*, 88 (3): 252-259.
- Mcfarlane, J. C., Pflieger, T., Fletcher J., 1987. Transpiration Effect on The Uptake and Distribution of Bromacil, Nitrobenzene, and Phenol in Soybean Plants. *Journal of Environmental Quality*, 16: 372-376.
- Morimura, S., Takahashi, E., Matsumoto, H., 1978. Association of Aluminum With Nuclei and Inhibition of Cell Division in Onion (*Allium cepa*) Roots. *Z. Pflanzenernahr. Bodenk*, 88: 395-401.

- Mott, L., 1992. Alar the aftermath. Science (New York, N.Y.), 7: 255 (5045): 665.
- Muscolo, A., Panuccio, M. R., Sidari, M., 2001. Respiratory Enzymes Activities During Germination of *Pinus laricio* Seeds Treated With Phenols Extracted From Different Forest Soils. Plant Growth Regulation. 35 (1): 31-35.
- Nuveforum., 2012. Statistical database. Available: <http://www.nuveforum.net/1187-terimler-sozlugu-d/231950-dioksan/> (Erişim tarihi: 03 Ağustos 2012)
- O'Neil, M. J., Smith, A., Heckelman, P. E., Obenchain, J. R., Galipeau, J. R., D'Arecca, M. A., 2001. The Merck index: An Encyclopedia of Chemicals, Drugs, and Biologicals. Whitehouse Station, NJ. 13th. Merck & Co. Inc. Health and Environmental Research Online ID: 595055. ISBN: 0911910-13-1.
- Özyiğit, İ. İ., Kahraman M. V., Ercan Ö., 2007. Relation Between Explant Age, Total Phenols and Regeneration Response in Tissue Cultured Cotton (*Gossypium hirsutum* L.). African Journal of Biotechnology, 6 (1): 3-8.
- Phalsson, A. M. B., 1989. Water, Air and Soil Pollution, 47: 287-319.
- Rencüzoğulları, E., Kayraldız, A., İla, H. B., Çakmak, T., Topaktaş, M., 2001a. The Cytogenetic Effect of Sodium Metabisulfite, a Food Preservative in Root Tip Cells of *Allium cepa* L. Turkish Journal of Biology, 25: 361-370.
- Roy, S. K., Thilagar, A. K., Eastmond, D. A., 2005. Chromosome Breakage is Primarily Responsible For The Micronuclei Induced By 1,4-Dioxane in The Bone Marrow and Liver of Young CD-1Mice. Mutation Research/ Genetic Toxicology and Environmental Mutagenesis, 586: 28-37.
- Sagelsdorff, P., Lutz, W. K., Schlatter., 1998. DNA Methylation in Rat Liver By Daminozide, 1.1 Dimethylhydrazine and Dimethylnitrosamine. Fundamental and Applied Toxicology, 11: 723-730.
- Snyder, R. D., Gillies, P. J., 2003. Reduction of Genistein Clastogenicity in Chinese Hamster V79 Cells By Daidzein and Other Flavonoids. Food and Chemical Toxicology, 41: 1291-1298.
- Staykova, T. A., Ivanova E. N., Velcheva I G., 2005. Cytogenetic Effect of Heavy Metal and Cyanide in Contaminated Waters From The Region of Southwest Bulgaria. Journal of Cell and Molecular Biology, 4: 41-46.
- Surprenant, K. S., 2002. Dioxane. Wiley-VCH Verlag. Ullmann's Encyclopedia of Industrial Chemistry, 309-314. Weinheim, Germany.
- Anonim, T.C. Millî Eğitim Bakanlığı MEGEP (Mesleki Eğitim ve Öğretim Sisteminin Güçlendirilmesi Projesi) Kimya Teknolojisi Katkı Maddeleri.2009. Polihidrik Alkoller-Etilen Glikol. 26. Ankara.
- Anonim, Toxic Chemical Ingredients in Cosmetics and Skin Care Products. <http://www.health-report.co.uk/ingredients-directory.htm#dioxane> (Erişim Tarihi: 20 Haziran 2012)
- Ugrekheldze, D., Kvesitadze, G., Arziani, B., Mithaishvili, T., Phiriashvili, V., 1999. Detoxication of Phenol in Annual Plant Seedlings. Ecotoxicology and Environmental Safety, 42 (2): 119-124.
- Verma, S., Dubey, R. S., 2003. Lead Toxicity Induces Lipid Peroxidation and Alters The Activites of Antioxidant Enzymes in Growing Rice Plants. Plant Science. 164: 645-655.
- Wallstedt, A., Sommarin, M., Nilsson, M. C., Munson, A. D., Margolis, H. A., 2001. The Inhibition of Ammonium Uptake in Excised Birch (*Betula pendula*) Roots By Batatasin-III. Physiologia Plantarum, 113: 368-376.
- Walsh, L. M., Keeny, D. R., 1975. Behavior and Phytotoxicity of Inorganic Arsenicals in Soils. In: Arsenical Pesticides (E.A. Woolson edition). American Chemical Society, Symposium Series, 7: 35-52.
- Wei, Q. X., 2004. Mutagenic Effects of Chromium Trioxide on Root Tip Cells of *Vicia faba*. Journal of Zhejiang University Science, 5: 1570-1576.
- Weinberger, P., Vladut, R., 1981. Comparative Toxic Effects of Some Xenobiotics on The Germination and Early Seedling Growth of Jack Pine (*Pinus banksiana* Lamb.) and White Birch (*Betula papyrifera* March). Canadian Journal of Forestry Research, 11: 796-804.
- Wierzbicka, M., 1994. Resumption of Mitotic Activity in *Allium cepa* L Root Tips During Treatment With Lead Salts. Environmental and Experimental Botany, 34: 173-180.
- Xiong, Z-T., 1998. Lead Uptake and Effects on Seed Germination and Plant Growth in A Pb Hyperaccumulator *Brassica pekinensis* Rupr. Bulletin of Environmental Contamination Toxicology, 60 (2): 285-291.
- Zhengua, S., Wang J., Guan H., 1993. Effect of Aluminum and Calcium on Growth of Wheat Seedlings and Germination of Seeds. Journal of Plant Nutrition, 16: 2135-2148.